

## SBORNÍK PŘEDNÁŠEK



### 6. CELOSTÁTNÍ STUDENTSKÁ KONFERENCE OPTOMETRIE A ORTOPTIKY s mezinárodní účastí

dne 15.10.2015

v prostorách posluchárny P31 Fakulty sociálních studií MU, Joštova 10, 60200 Brno



CooperVision™

Generální sponzor

Pořadatelé sborníku:

Doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc.<sup>1</sup>, Mgr. Sylvie Petrová<sup>1</sup>, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.<sup>1</sup>, Bc. Lucie Patočková, Bc. Zuzana Švambergová, Bc. Denisa Žličkařová

<sup>1</sup>Katedra optometrie a ortoptiky, LF MU Brno, Pekařská 53, 656 91 Brno.

## PROGRAM

### 6. celostátní studentské konference Optometrie a ortoptiky s mezinárodní účastí pořádané dne 15. 10. 2015 v 10:00 hod.

Posluchárna P31 FSS MU, Joštova 10, 60200 Brno

kontakt: [optobrno@med.muni.cz](mailto:optobrno@med.muni.cz)



9.00 – 9.45	Registrace účastníků - registration
10.00 – 10.20	<p>1. Zahájení – Introduction</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• za vedení: <b>doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc.</b>, přednosta KOO LF MU</li> <li>• za hosty: <b>Kristina Mihić, M.Sc.</b> in Vision Science and Business, University of Applied Sciences Velika Gorica</li> <li>• za sponzora: <b>Roman Veselý</b>, ředitel firmy Cooper Vision, generální sponzor, <b>Mgr. Emanuel Řehola</b>, ředitel společnosti Topcomed</li> <li>• za studenty: <b>Bc. Lucie Patočková</b>, zástupce studentů</li> </ul>
10.20 – 10.50	2. <b>Bc. Tomáš Dobřenský</b> : Technické parametry ovlivňující přesnou aplikaci kontaktních čoček a jejich kontrola - <b>Technical parameters influencing the accuracy of the fitting of contact lenses and their control</b>
10.50 – 11.00	3. <b>Bc. Pavla Hrabalová, Mgr. Jitka Krasňanská, Ph.D.</b> : Metodika vyšetření dynamické zrakové ostrosti - Methods of dynamic visual acuity testing
11.00 – 11.10	4. <b>Bc. Renáta Papcunová, Mgr. Andrea Jeřábková</b> : Diagnostika anomální retinální korespondence - The diagnosis of anomalous retinal correspondence
11.10 – 11.20	5. <b>Bc. Soňa Kervitcerová, Mgr. Jitka Krasňanská, Ph.D.</b> : Vizuální optometrie – Visual optometry
11.20 – 11.30	6. <b>Bc. Lucie Patočková, Mgr. Sylvie Petrová</b> : Rohovkový topograf – Corneal topographer
11.30 – 11.40	7. <b>Bc. Marie Kodetová, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.</b> : Korekce vrozených poruch barvocitu pomocí barevných filtrů - Correction of congenital color vision deficiencies using color filters
11.40 – 11.50	8. <b>Bc. Barbora Osičková, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.</b> : Chromagenové filtry a jejich vliv na rychlost čtení u dyslektiků - Chromagen filters and their effect on dyslexic's reading
11.50 – 11.55	diskuze k přednáškám – discussion
11.55 – 12.15	prezentace posterů - presentation of posters
12.15 – 13.00	1. přestávka - 1st break <b>WORKSHOP 2x15min</b>
13.00 – 13.10	9. <b>Mgr. Petr Langer</b> : Vliv velikosti a okolí optotypových znaků na jejich čitelnost - Effect of Size and Surroundings of Optotypes on Theirs Legibility
13.10 – 13.20	10. <b>Matic Vogrič, M.Sc. opt. Kristina Mihić</b> : Testování zraku elektronickými přístroji - Vision testing on electronic devices
13.20 – 13.30	11. <b>Bc. Andrea Hanušová, Mgr. Matěj Skrbek</b> : Přehled optických modelů oka – Optical Eye Models: A Review
13.30 – 13.40	12. <b>Bc. Dana Albrechtová, MUDr. Zuzana Bednaříková</b> : Korelace metod měření parametrů přední plochy rohovky - Comparison of anterior corneal surface measurement methods
13.40 – 13.50	13. <b>Bc. Lucie Rusnáková</b> : Binokulární vidění sportovců - Binocular vision in sport

13.50 – 14.00	14. <b>Bc. Zuzana Švambergová, MUDr. Monika Synková:</b> Oční komplikace diabetes mellitus - Ocular complications of diabetes mellitus
14.00 – 14.05	diskuze k přednáškám - discussion
14.05 – 14.50	2. přestávka - 2nd break <span style="float: right;">WORKSHOP 3x15min</span>
14.50 – 15.05	soutěž - competition
15.05 – 15.15	15. <b>Bc. Vendula Prudilová, Mgr. Ondřej Vlasák:</b> Hodnocení úspěšnosti korekce astigmatismu pomocí kontaktních čoček - Evaluation of the success of astigmatism correction using contact lenses
15.15 – 15.25	16. <b>Bc. Petra Zámečnicková, Mgr. Ondřej Vlasák:</b> Korelace mezi hodnotou refrakce a IQ - Correlation between refraction value and IQ
15.25 – 15.35	17. <b>Bc. Lucie Patočková:</b> Stáž na Kypru v Pantheo Eye Centre - Internship in the Pantheo Eye Centre in Cyprus
15.35 – 15.40	diskuze k přednáškám - discussion
15.40 – 16.05	3. přestávka + hodnocení konference <span style="float: right;">WORKSHOP 1x15min</span> 3rd break + review of the conference
16.05 – 16.20	18. zhodnocení studenty, sponzorem, hosty
16.20 – 16.30	19. doc.MUDr. Svatopluk Synek, CSc.: Závěrečné slovo - final speech

#### WORKSHOPY:

Šterbinová lampa, Bezkontaktní tonometr, Fundus kamera, Rohovkový topograf, ARK, Optotyp do blízka, Akomodometr, a další.

**AFTERPARTY:** Two Faces, Dominikánská 7, Brno.



18.00 – 18.15

#### Vyhlášení (Ceremony):

- nejzajímavější přednáška (the best oral presentation) – hodnotí účastníci konference,
- nejlepší poster – vyhodnotí komise ve složení: doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc., Mgr. Lucie Buriánková (optometrie) a Lucie Černá (ortoptika),
- výsledky soutěže + vylosování 3 výherců (competition results + lottery winners)

19.00- .....

**Raut, volná zábava (Raut, party)**

POSTERY:

- 1. Bc. Emese Nagyová, Mgr. David Severa**  
Srovnání akomodačně vergenčních vlastností vizuálního systému pro jednotlivé refrakční vady  
Comparison of the accommodative-vergence properties of the visual system for different types of refractive errors
- 2. Bc. Jan Olbrecht, MUDr. Veronika Pandoščáková**  
Vliv aberací vyšších řádů na kontrastní citlivost u pacientů s keratokonem  
The influence of higher order aberrations contrast sensitivity in patients with keratoconus
- 3. Bc. Nikola Celá, Mgr. Sylvie Petrová**  
Komparace kontrastní citlivosti při korekci torickou kontaktní čočkou a jejím sférickým ekvivalentem  
Comparison of contrast sensitivity by correction with toric contact lens and its spherical equivalent
- 4. Bc. Anežka Zemánková, MUDr. Tomáš Mňuk**  
Corneal Collagen Cross-linking  
Corneal Collagen Cross-linking
- 5. Bc. Aneta Ondraszek, MUDr. Petr Kus**  
Vliv operace katarakty na změny slzivosti  
Lacrimation changes after cataract surgery
- 6. Bc. Lucie Ženatá, MUDr. Kristýna Smolíková**  
Využití elektrofyziologických vyšetřovacích metod v diagnostice onemocnění sítnice  
Use of the electroretinography in the diagnosis of the retinal diseases
- 7. Bc. Lucie Klusoňová, Mgr. Sylvie Petrová**  
Oční protézy  
Ocular prosthesis
- 8. Bc. Larysa Baron, MUDr. Monika Synková**  
Záchyt rizikových diagnóz na optometrickém pracovišti  
Detection of risk diagnoses at the optometric workplace
- 9. Bc. Ladislava Fialová, Mgr. Simona Bramborová, DiS**  
Adaptace a její poruchy, oslnění. Minimální požadavky pro řidiče  
Adaptation and its disorders, glare. Minimum requirements for drivers
- 10. Bc. Lucie Kotrlová, MUDr. Monika Synková**  
Komplikace spojené s myopií  
Complications of myopia
- 11. Bc. Denisa Žličářová, MUDr. Petra Kocandová**  
Vliv antiglaukomatik na slzný film  
Effect of antiglaucomatic drugs on the tear film
- 12. Bc. Ilona Kachlíková, Mgr. Matěj Skrbek**  
Porovnání přínosu korekce stanovené subjektivní a objektivní metodou u pacientů s VPMD  
Comparison the benefits of correction determined through the use of subjective and objective methods for patients with AMD
- 13. Željka Jerković, Sara Barić, B.Sc.opt. Sonja Drugović, M.Sc.opt. Kristina Mihić**  
Posouzení hloubky přední komory pomocí štěrbinové lampy  
Slitlamp method of estimating the depth of anterior chamber
- 14. Lucija Batinović, B.Sc.opt., B.Sc.opt. Sonja Drugović, M.Sc.opt. Kristina Mihić**  
Kontaktní čočky a syndrom suchého oka  
Contact lenses and dry eye syndrome
- 15. Jelena Jelčić, B.Sc.opt., B.Sc.opt. Sonja Drugović, M.Sc.opt. Kristina Mihić**  
Barevné vidění a věkem podmíněná oční patologie  
Color vision and age-related diagnosis of eye diseases

## OBSAH (CONTENT)

1. Úvodní slova .....	7
2. Technické parametry ovlivňující přesnou aplikaci kontaktních čoček a jejich kontrola- Bc. Tomáš Dobřenský.....	9
Technical parameters influencing the accuracy of the fitting of contact lenses and their kontrol- Bc. Tomáš Dobřenský .....	12
3. Metodika vyšetření dynamické zrakové ostrosti- Bc.Pavla Hrabalová.....	15
Methods of dynamic visual acuity testing- Bc.Pavla Hrabalová.....	21
4. Diagnostika anomální retinální korespondence- Bc.Renáta Papcunová .....	26
The diagnosis of anomalous retinal correspondence- Bc.Renáta Papcunová.....	33
5. Vizuální optometrie- Bc.Soňa Kervitcerová.....	40
Visual optometry - Bc.Soňa Kervitcerová.....	48
6. Rohovkový topograf – Bc. Lucie Patočková .....	56
Corneal topographer – Bc. Lucie Patočková .....	64
7. Korekce vrozených poruch barvocitu pomocí barevných filtrů- Bc. Marie Kodetová.....	71
Correction of congenital color vision deficiencies using color filters- Bc. Marie Kodetová.....	74
8. Chromagenové filtry a jejich vliv na rychlost čtení u dyslektiků- Bc. Barbora Osičková.....	77
Chromagen filters and their effect on dyslexic's reading rate- Bc. Barbora Osičková.....	84
9. Vliv velikosti a okolí optotypových znaků na jejich čitelnost- Mgr.Petr Langer.....	90
Effect of Size and Surroundings of Optotypes on Theirs Legibility- Mgr. Petr Langer.....	94
10. Vision testing on electronic devices - Matic Vogrič.....	98
11. Přehled optických modelů oka - Bc. Andrea Hanušová.....	122
Optical Eye Models: A Review- Bc. Andrea Hanušová .....	130
12. Korelace metod měření parametrů přední plochy rohovky- Bc.Dana Albrechtová.....	138
Comparison of anterior corneal surface measurement methods- Bc.Dana Albrechtová .....	146
13. Binokulární vidění u sportovců – Bc. Lucie Russnáková .....	152
Binocular vision of athletes- Bc. Lucie Russnáková .....	156
14. Oční komplikace diabetes mellitus - Bc.Zuzana Švambergová.....	160
Ocular complications of diabetes mellitus - Bc. Zuzana Švambergová.....	167
15. Hodnocení úspěšnosti korekce astigmatismu pomocí kontaktních čoček - Bc.Vendula Prudilová.....	174
Evaluation of the success of astigmatism correction using contact lenses- Bc.Vendula Prudilová .....	180
16. Korelace mezi hodnotou refrakce a IQ- Bc.Petra Zámečníková.....	185
Correlation between refraction value and IQ- Bc.Petra Zámečníková.....	191
17. Stáž na Kypru v Pantheo Eye Centre- Bc. Lucie Patočková .....	198
Internship in the Pantheo Eye Centre in Cyprus- Bc. Lucie Patočková .....	202
POSTERY (POSTERS).....	206
18. Srovnání akomodačně vergenčních vlastností vizuálního systému pro jednotlivé refrakční vady- Bc.Emese Nagyová.....	206
Comparison of the accommodative-vergence properties of the visual system for different types of refractive errors- Bc.Emese Nagyová.....	216
19. Vliv aberací vyšších řádů na kontrastní citlivost u pacientů s keratokonem- Bc. Jan Olbrecht.....	227
The influence of higher order aberrations contrast sensitivity in patients with keratoconus- Bc. Jan Olbrecht.....	235
20. Komparace kontrastní citlivosti při korekci torickou kontaktní čočkou a jejím sférickým ekvivalentem- Bc.Nikola Celá.....	244
Comparison of contrast sensitivity by correction with toric contact lens and its spherical equivalent - Bc.Nikola Celá .....	253

21.	Corneal Collagen Cross-linking- Bc.Anežka Zemánková.....	263
	Corneal Collagen Cross-linking- Bc.Anežka Zemánková .....	269
22.	Vliv operace katarakty na změny slzivosti- Bc. Aneta Ondraszek.....	275
	Lacrimation changes after cataract Sumery - Bc. Aneta Ondraszek.....	282
23.	Využití elektrofyziologických vyšetřovacích metod v diagnostice onemocnění sítnice- Bc. Lucie Ženatá 289	
	Use of the electroretinography in the diagnosis of the retinal diseases- Bc. Lucie Ženatá.....	298
24.	Oční protézy- Bc. Lucie Klusoňová.....	307
	Ocular prosthesis- Bc. Lucie Klusoňová .....	313
25.	Záchyt rizikových diagnóz na optometrickém pracovišti- Bc.Larysa Baron.....	319
	Detection of risk diagnoses at the optometric workplace- Bc.Larysa Baron.....	332
26.	Adaptace a její poruchy, oslnění. Minimální požadavky pro řidiče- Bc. Fialová Ladislava.....	347
	Adaptation and its disorders, glare. Minimum requirements for drivers- Bc. Fialová Ladislava .....	356
27.	Komplikace spojené s myopií- Bc. Lucie Kotrlová.....	366
	Complications of myopia- Bc. Lucie Kotrlová.....	371
28.	Vliv antiglaukomatik na slzný film- Bc.Denisa Žličařová.....	377
	Effect of antiglaucomatic drugs on the tear film- Bc. Denisa Žličařová.....	384
29.	Porovnání přínosu korekce stanovené subjektivní a objektivní metodou u pacientů s VPMD- Bc.Ilona Kachlíková.....	392
	Comparison the benefits of correction determined through the use of subjective and objective methods for patients with AMD- Bc. Ilona Kachlíková .....	400
30.	Slitlamp method of estimating the depth of anterior chambre - Željka Jerković, Sara Barić.....	409
31.	Contact lenses and dry eye syndrome- Lucija Batinović .....	417

## 1. Úvodní slova

doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc.,  
přednosta Katedry optometrie a ortoptiky LF MU a Kliniky nemocí očních a optometrie FNUSA Brno

---

### Úvodní slovo

6. celostátní studentská konference optometrie a ortoptiky s mezinárodní účastí se na LF MU koná v tradičním podzimním termínu. Jaké změny se odehrály od našeho posledního setkání?

Kromě nového materiálního zázemí katedry je významná i prezentace brněnské optometrie na odborných konferencích, je třeba zmínit účast na kontaktologickém sjezdu v Nymburce, každoroční prezentace u příležitosti 10. Ročníku Slavíkových oftalmologických dnů v Brně, aktivní účastí na konferenci EAEO v Budapešti.

Významnou se stává i publikační činnost v odborném tisku a tvorba výukového materiálu v multimediální podobě na ELPORTALu LF.

Studium v kombinovaném magisterském programu pokračujícího studia optometrie v anglickém jazyce bylo v letošním roce zahájeno.

Věřím, že konference bude ukázkou znalostí, praktických dovedností, námětem do budoucnosti i přínosem pro vlastní praxi. Přeji účastníkům hodně odborných zážitků a zdárný průběh konference.

### Introduction

The 6th international student's conference of optometry and orthoptics is held in traditional autumn term. What about news from last meeting?

Our department obtained some new equipment (some devices on examination of binocular vision). Our staff and students took place in contact lens congress in Nymburk, 10th Slavik ophthalmologic days in Brno, and had an active presentation on EAEO in Budapest, Hungary.

Very significant is scientific publications of my colleagues in magazines with impact factor. Last but not least we cannot forget production of textbook on ELPORTAL (electronic portal) in medical faculty.

Two of another our teachers were graduated PhD.

Our Masters Degree program in English language was started in September.

I believe that conference will be demonstration of knowledge, practical skills, and bring a benefit for your own practice.

I wish participants many scientific experiences and successful proceeding.

**Úvodní slovo studentů – Bc. Lucie Patočková, Katedra optometrie a ortoptiky LF MU**

---

Vážení představitelé fakulty, vážení studenti a sponzoři,

již šestým rokem pořádá naše fakulta mezinárodní studentskou konferenci optometrie a ortoptiky. Ti, pro které je tento ročník poslední, jistě dosvědčí, že každý nový ročník je stále kvalitnější, nabízí nové inovace v programu a díky zapojení studentů čtyř významných univerzit získala prestiž u odborné veřejnosti.

Vítám zde i studenty prvních ročníků. Věřím, že pro vás bude konference velikou inspirací a motivací ke studiu. Pokud nebudete odborným tématům rozumět, nezoufejte. Pročtěte si tento sborník, který jistě mnohé vaše otázky zodpoví.

Veliké poděkování si zaslouží i vedení fakulty, které tuto událost spolu se sponzory zaštitili.

Věřím, že tato konference naplní vaše očekávání a že si z ní odnesete mnoho poznatků.

**Introduction from the students – Bc. Lucie Patočková, Department of Optometry and Orthoptics**

---

Dear headquarters, students and sponsors

The 6th international student's conference of optometry and orthoptics is organized by our Faculty of Medicine. You, for that this is last year of study, sure testify that every new year is more quality, has new innovation in program and thanks to involvement of four significant university's students it gets high prestige in professional society.

I also welcome the first year of study students. Believe that for you will be this conference huge inspiration for study. If it's happen that you will not understand the technical terms, don't worry about it and read this Collection of the fulltext. It answers you for all yours questions.

Immense thank you to headquarters of faculty and our sponsors for make this conference happen.

I hope, that this conference come up to expectations and that you learn a lot of knowledge.



## 2. Technické parametry ovlivňující přesnou aplikaci kontaktních čoček a jejich kontrola- Bc. Tomáš Dobřenský

*Afiliace: CooperVision Česká republika*

*Abstrakt: Stručná rekapitulace parametrů kontaktních čoček, jejich vzájemného vztahu a vlivu na přesnost aplikace. Další působící faktory, jako je materiál čočky a jeho vlastnosti. Způsoby hodnocení výsledné aplikace kontaktních čoček biomikroskopii na šterbinové lampě.*

---

Aplikace kontaktních čoček v sobě spojuje mnoho různých prvků, které ji ovlivňují. Rozhodujeme se na základě zrakové vady, klinického nálezu, technických parametrů a možností kontaktních čoček, ale i individuality jejich koncového uživatele. Svoji roli hraje osobnost očního specialisty, který svým rozhodnutím určuje do značné míry pozdější spokojenost klienta se zvoleným řešením. Proto je důležité naučit se orientovat v nabídce možných řešení, rozhodovat se podle zjištěných faktů a také, umět si ověřit správnost volby co nejvíce objektivním způsobem. Ve své přednášce jsem se zaměřil na oblast měkkých kontaktních čoček, vlivu některých parametrů a technických řešení na aplikaci a také se podíváme na kontrolu kontaktních čoček na oku.

Kontaktní čočky se liší v použitých materiálech, designu, režimech nošení a samozřejmě svým určením pro různé refrakční vady.

Konstrukce kontaktní čočky by měla splňovat následující základní kritéria:

Kontaktní čočka by měla co nejméně omezovat oplachování oka slzným filmem. S tím je totiž spojený dostatečný přísun kyslíku k rohovce a naopak odvod metabolických splodin od ní. Tento faktor je nejvíce ovlivněn celkovou konstrukcí, designem, čočky a hlavně oblastí jejího okraje.

### Design čočky

Podívejme se nejprve na základní popisné parametry kontaktních čoček, které jsou uvedeny na všech produktech:

Základní zakřivení (BC = basecurve)

Průměr (Dia = diameter).

Aplikaci kontaktních čoček ovlivňují oba tyto parametry, tedy přesněji řečeno, výsledná aplikace je vzájemným vztahem mezi zakřivením a průměrem kontaktní čočky. Otázkou je, nakolik oba tyto parametry skutečně popisují tvar kontaktní čočky.

Pokud jde o průměr čočky, tady je odpověď jednoznačná. Průměr kontaktní čočky v plně hydratovaném stavu je skutečně takový, jak je uvedeno na jejím balení. Rohovka má ve většině případů průměr do 12 mm, pro průměr měkké sklerokorneální čočky pak platí, že by měla přesahovat přes limbus alespoň o 0,5 mm na každé straně. Standardně se vyrábí nejmenší průměr měkkých kontaktních čoček 13,6 mm. Běžně pak je 14,0 až 14,5 mm.

Komplikovanější je to s otázkou zakřivení. Základní zakřivení kontaktní čočky je popisný údaj, který vyjadřuje centrální zakřivení čočky v oblasti přibližně dvou až tří milimetrů v průměru. Konstrukce zadní plochy čočky je ale ve většině případů asférická a tedy skutečná křivka této plochy není v celém svém tvaru odpovídající uvedenému číslu. Údaj zakřivení je z tohoto úhlu pohledu pro nás hodnotou orientační. V literatuře se nejčastěji uvádí, že hodnota zakřivení kontaktní čočky by měla být o jeden milimetr plošší, než je průměrná keratometrie centra rohovky. Toto pravidlo skutečně platí v případě, že křivka zadní plochy kontaktní čočky je blízká rotačnímu hyperboloidu. Ale současné křivky zadních ploch čoček jsou výrazně složitější. A navíc se většina kontaktních čoček dodává na trh v jednom, maximálně dvou různých zakřiveních tzv. unifitech. Tento stav nás často vede, v kombinaci s ostatními parametry čoček, k určitému aplikačnímu kompromisu. Dobře, ale jak tedy určí správně vybranou kontaktní čočku? Odpověď je jednoduchá: tuto jistotu bez kontroly aplikace na šterbinové lampě nejsem schopen potvrdit. Více si o celém hodnocení řekneme za chvíli.

Požadavek na přesnou aplikaci kontaktních čoček předpokládá, že tvar čočky bude „kopírovat“ tvar rohovky a výsledkem bude paralelní postavení kontaktní čočky vůči rohovce ve všech bodech. Tento ideální stav nastává velmi zřídka. Mnohem častější, vzhledem k nepravidelnému tvaru rohovek a většinou také kontaktních čoček, je situace, kdy v některých oblastech je kontaktní čočka povrchu rohovky blíž a jinde dál.

Obvykle je centrální optická oblast kontaktní čočky jako celek strmější než příslušně velká oblast rohovky. To je celkem paradoxní vzhledem k tomu, že pokud jde o uváděné centrální zakřivení (BC = basic curve), volíme popisně plošší hodnotu, než je průměrná keratometrie centra oka.

V oblasti přechodu mezi optickou a haptickou částí čočky, bývá její přiblížení k rohovce nejtěsnější. Okraj kontaktních čoček by pak opět měl směřovat mírně od povrchu oka. Charakteristika okraje kontaktní čočky ale může být velmi různorodá. Na obrázku z elektronového mikroskopu vidíme několik různých typů kontaktních čoček od různých výrobců. Je tu zřejmé, že k problematice okraje čoček rozhodně nepřistupují jednotně.

Dokonce se dají rozdělit do čtyř různých „kategorií“: okraje směřující vzhůru a to do břitového nebo zaobleného tvaru a podobně okraje směřující dolů: opět buď břitové, nebo zaoblené.

Z dříve řečeného se okraje směřující dolů zdají být celkem nelogickým řešením. Jenže, ono také záleží na tvaru přechodu mezi rohovkou a sklerou. Pokud je sklerokorneální úhel velmi otevřený, pak čočka s okrajem vzhůru může příliš odstávat od povrchu oka a výsledkem je neúměrné dráždění tarzální plochy víčka, případně okraj víčka může přímo hrnout takovou čočku z oka ven. Naopak, u ostřejšího sklerokorneálního úhlu by se čočka s okrajem dolů mohla okrajem opírat do perilimbální oblasti. Jednak tu bude působit otlak, ale především uzavře přirozený průtok slz pod kontaktní čočku. Výsledkem takové aplikace je hypoxie rohovky. Rohovce totiž chybí kyslík přiváděný výměnou slzného filmu a tento nedostatek není schopen pokrýt ani ten nejprodyšnější materiál na trhu.

Další důležitou vlastností kontaktní čočky je schopnost stejnoměrně rozkládat tlak, který na přední segment oka působí. Tento tlak vyvolávají oční víčka, především okraj tarzu. To platí při otevřeném oku a samozřejmě pak v průběhu mrknutí. Mrkání a tlak okrajů víček je určující veličinou při řadě dynamických dějů po aplikaci čočky na oku. U sférických nestabilizovaných kontaktních čoček je výsledkem tlaku okrajů víček při mrkání rotace čočky. Ta spolu s mírným pohybem nahoru a dolů a také s mírným „pumpovacím“ efektem přitlačení čočky k oku a opětovným uvolněním, rovněž napomáhá tolik potřebné výměně slz pod čočkou. No dobře, a co tedy kontaktní čočky, které záměrně na oku stabilizujeme – například všechny torické? Je realitou, že právě u těchto čoček je výměna slz pod čočkou nižší. Jednak chybí rotace, dále čočka kvůli stabilizačním mechanismům je tlustší a tedy pump efekt není tak silný. A často je čočka ještě i větší v průměru. O to více tady záleží na správné volbě parametrů čočky a jejich následné kontrole.

U měkkých kontaktních čoček se musí konstrukce podřídit obsahu vody, elasticitě, propustnosti pro kyslík, transportu tekutin v materiálu a evaporaci (osychání). Existují přesně stanovené hodnoty konstrukčních údajů, kde je mimo jiné uvedena minimální středová tloušťka čočky. Není problém takto tenké a nebo i tenčí čočky vyrobit, ale využít se prakticky nedají. Takto tenká čočka by se po aplikaci propadla v centrální oblasti a adheze slz přichytila k rohovce. Tím by se omezil její pohyb, nedocházelo by k výměně slz pod čočkou, tedy by se nepřiváděl kyslík a neodváděly splodiny metabolismu. Proto je nutné tloušťku čočky vždy vyvážit k příslušnému materiálu.

### **Vliv materiálu**

Základním a referenčním materiálem měkkých kontaktních čoček je hydroxyethylmetakrylát – HEMA. Schopnost síťovaného polymeru vázat vodu byla revoluční novinkou. Kontaktní čočky z čistého materiálu HEMA obsahují mezi 36 až 38% vody. Voda přitom má v čočce zcela zásadní význam pokud jde o snášenlivost materiálu na oku – většinou ji hodnotíme prostřednictvím smáčivosti povrchu, dále jeho jemnost a pružnost – obvykle dnes vyjádřenou modulem pružnosti čočky, a v neposlední řadě propustnost materiálu pro kyslík – nejčastěji uvádíme hodnoty  $Dk$  a  $Dk/t$ . Přídavkem kopolymerů, jako jsou například vinylpyrolidon, vinylakrylát nebo glycerylmetakrylát, je možné obsah vody zvýšit – technicky se používá maximální obsah vody okolo 70%. U hydrogelových materiálů se spolu s vyšším obsahem vody zlepšuje pružnost a jemnost materiálu i jeho propustnost pro kyslík. Samostatný polymer je totiž pro plyny nepropustný, proto je rozhodující obsah vody v hydrogelu, který určuje jeho difuzivitu.

V dnešní době se na trhu měkkých kontaktních čoček nejčastěji používají materiály s kategorie silikon hydrogelů. Obsah siloxanů v materiálu čočky výrazně zlepšuje její propustnost pro kyslík. Ta již není limitována obsahem vody v čočce, kdy voda působí jako transportní medium pro kyslík. Molekuly kyslíku stejně jako odpadního  $CO_2$  mohou procházet přímo strukturou materiálu. Teoreticky tak platí, že vyšší obsah vody v silikon hydrogelových materiálech propustnost pro kyslík snižuje. Na druhou stranu siloxanové struktury jsou mechanicky tužší a méně ohebné, než tomu je u hydrogelů. Výsledkem je vyšší hodnota modulu pružnosti. Čisté siloxany jsou také hydrofobní a to má za následek horší povrchovou smáčivost čočky a větší afinitu k vazbě lipidových depozit na povrch čočky. S těmito vlastnostmi se většina výrobců snaží bojovat a postupně se mění vnitřní provázanost jednotlivých struktur materiálu, stejně jako se hledá optimální vyvážený poměr obou složek pro zachování většiny výhod jak hydrogelů, tak silikon hydrogelů. Moderní silikon hydrogely se sice možná nepyšní nejvyššími hodnotami propustnosti pro kyslík, zato ale mají výrazně nižší modul pružnosti, lepší povrchovou smáčivost a vyšší celkový obsah vody.

Hydrogelové materiály jsou díky nižšímu modulu pružnosti více přizpůsobivé tvaru rohovky pod sebou. Také adhezní síly jsou u hydrogelů vyšší než u silikon hydrogelových čoček. Důsledkem toho může být menší pohyb čočky na oku a obtížnější hodnocení přesnosti její aplikace. Vyšší modul pružnosti u některých silikon hydrogelových čoček zase klade větší nároky na výběr správných parametrů.

### **Hodnocení aplikace na šterbinové lampě**

Pro hodnocení správně naaplikované kontaktní čočky používáme biomikroskopii s využitím šterbinové lampy. Prvním krokem je správné nastavení, tak abychom měli jasné a přehledné možnosti pozorování. Hodnotíme při malém zvětšení, je přehlednější a vidíme větší část čočky, za difuzního osvětlení.

Hodnocení se skládá z několika základních kroků. Nejprve prostý pohled na aplikovanou čočku na oku, klienta vyzvu k několika zamrknáním. Hodnotím centraci čočky, její pohyb a rychlost stabilizace. Následně klienta vyzvu k pohledům do stran, nahoru a dolů. Pokud mi vadí ve výhledu víčka, mohu je mírně přidržit, ale pozor, mají velmi zásadní vliv na stabilizaci a polohu čočky za normálních okolností.

Následně provádím push-up test, tedy nejprve odtažnu spodní víčko a následně jeho hranou lehce přistrčím čočku směrem vzhůru a uvolním. Pozoruji rychlost a „ochotu“ čočky vracet se do původní polohy, případně její přepadávání níž, než původně byla. U torických čoček je namístě také kontrola rotace čočky jejím vychýlením do stran.

Závěry provedené z pozorování:

aplikace je přesná – kontaktní čočka se přiměřeně hýbe na oku při mrkání, její pohyb je přibližně v intervalu 0,3 až 0,5 mm. Ochotně se pohybuje s okem při pohledech do stran, nezaostává, ale není ani těsná v mezních polohách. Ochotně reaguje na push-up test, vrací se prakticky okamžitě do výchozí polohy, při odtažení spodního víčka nemá tendenci klesat příliš nízko. Klient uvádí u prvních aplikací takto zvolených čoček, že je na oku vnímá, ale nejsou nepříjemné.

Aplikace je těsná – kontaktní čočka vykazuje minimální pohyb na oku. Někdy je centrálně umístěná, ale někdy být nemusí. Při pohybu do stran jde ochotně s okem, ale i v mezních polohách se neposunuje proti pohybu. Na push-up test reaguje jen neochotně, velmi pomalu, nebo téměř vůbec se nevrací do původní polohy – může trvat i několik mrknutí, než je opět centrovaná. Pozor: klient může takovou čočku hodnotit jako velmi pohodlnou, prakticky o ní na oku ani neví – zatím. Řešení: zvolit volnější parametr zakřivení čočky, nebo menší průměr.

Aplikace je volná – kontaktní čočka se velmi ochotně pohybuje při mrkání, klouže po oku, při pohybech do stran někdy až nestíhá. Push-up test: už při odtažení víček může být viditelný pokles čočky, na test samotný reaguje až příliš, po uvolnění poklesá pod výchozí polohu. Klient od začátku čočku vnímá a často uvádí, že čočka dráždí. Řešení: zvolit menší těsnější parametr zakřivení, nebo větší průměr.

V dnešní době změnit čočku znamená často sáhnout po jiném typu, nebojte se takové změny.

K hodnocení mohu použít také barvení slzného filmu fluoresceinem. Pozor: pokud hodnotím aplikaci měkkých kontaktních čoček, musím použít vysokomolekulární fluorescein.

Pro pozorování volím opět malé přehledné zvětšení s difuzním osvětlením, kdy přidávám kobaltový filtr a před objektivem biomikroskopu mohu použít ještě žlutou předsádku. Intenzita osvětlení musí být poměrně vysoká.

Hodnocení: všímáme si distribuce fluoresceinu (slzného filmu) v oblasti kontaktní čočky. Při přesné aplikaci je distribuce slzného filmu celkem rovnoměrná v celé ploše. Trochu víc se může barvit centrální oblast a je viditelný mírně přizvednutý okraj – orámování čočky. U těsné aplikace se objevují místa bez výrazného fluoresceinu. Výrazně větší nahromadění je naopak v centrální oblasti a orámování okraje čočky je někdy velmi slabé, nebo téměř chybí. U volné aplikace je velmi často oko výrazně zaslzené, větší množství fluoresceinu je nahromaděné hlavně pod širokým okrajovým pásem.

## **Technical parameters influencing the accuracy of the fitting of contact lenses and their kontrol- Bc. Tomáš Dobřenský**

*Afiliation: CooperVision Czech Republic*

*Abstract: A brief recapitulation of parameters of contact lenses, their relationship and influence on the accuracy of the application. Other acting factors, such as the lens material and its properties. Ways of assessing the final application of contact lenses by biomicroscopy on the slit lamp.*

---

Application of contact lenses combines many different elements that affect it. We decide on the basis of visual errors, clinical findings, the technical characteristics and the possibility of parameters of contact lenses, but also on the user's individuality. The role of personality of ECP, whose decisions determine to a large extent future client satisfaction with the chosen solution. It is important to learn how to navigate in the possibilities of solutions, make decisions according to established facts and also be able to verify the accuracy of the choice of the most objective manner. In my lecture, I focused on the area of soft contact lenses, the effect of some parameters and technical solutions to fitting process and also looking at the control contact lens on the eye.

Contact lenses differ based on the used materials, designs, and wearing schedules, and also which refractive error we must correct.

The construction of contact lens should meet the following basic criteria: The contact lens should at least limit the flushing of tear film on the eye. With this, it is in fact connected sufficient supply of oxygen to the cornea and also removal of metabolic combustion products from it. This factor is most influenced by the overall design of lenses and most their edge.

### **Lens design**

Let's look first at the basic descriptive parameters of the contact lenses that are provided for all the products:

Base curve (BC)

Diameter (Dia).

Application of contact lenses affect both of these parameters - the resulting application is the relationship between the curvature and diameter of contact lenses. The question is, whether these two parameters describe the real shape of a contact lens.

Regarding the diameter of the lens, there is a clear answer. Diameter of the contact lens in a fully hydrated state is indeed such as indicated on the package. The cornea has in most cases diameter to 12 mm and the diameter of the soft sclero-corneal lens then they should overlap the limbus at least about 0.5 mm on each side. Standard is produced the smallest diameter of the soft contact lenses as 13.6 mm. Most of production is between 14.0 and 14.5 mm.

Base curve is more complicated question. Standard BC of a contact lens is descriptive parameter, which expresses the central curvature of the lenses in approximately two or three millimeters in diameter. The rear surface of the lens but in most cases, and therefore the current aspheric curve of this surface is not in its shape corresponding to that number. Base curve is from this perspective for our value orientation only. The literature frequently indicates that the value of the BC of the contact lens should be about one millimeter flatter than the average keratometry of central cornea. This rule applies if the rear surface curve of the contact lens is close to oblate spheroid. But the current curve of the lens surface is more complex. Most contact lenses are available on the market in a one or maximum two different curvatures - Unifits. This condition often leads us, in combination with the other parameters of the lens, a fitting for a particular compromise. OK, but how do I determine correctly selected contact lens? The answer is simple: this assurance without checking applications on the slit lamp is not able to confirm. More about ratings I will say later.

The requirement for precise application of contact lenses assumes that the shape of the lens to "copy" the shape of the cornea and results in the parallel position of the contact lens against the cornea at all points. The ideal situation occurs very rarely. Much more common, due to the irregular shape of cornea and also contact lens, is a situation, where in some areas of contact lens are closer to corneal surface and others farther.

Usually the central optical part of the lens is a steeper than corresponding area of the cornea. It is quite paradoxical in view the fact, that the mentioned central curvature (BC) is chosen in descriptive value flatter than the average keratometry of center of eye.

The area between the optical and haptic part of the lens is its closest approach to the cornea. Edge contact lenses should be pointing again slightly from the surface of the eye. But edge of contact lens may be very diverse. On the pictures from electron microscope, we see several different types of contact lenses of different manufacturers. It's obvious that the issue of the edges of the lenses is definitely not treated uniformly. Even can be divided into four different "categories": the edges pointing upwards and into the shaped or rounded edges and the like pointing down: either shaped or rounded.

From previously said edges facing down seem quite illogical solution. However, it also depends on the shape of the

transition between the cornea and sclera. If sclero-corneal angle is very open, the lens edge can't protrude upward from the surface of the eye and result in excessive irritation of the tarsal area of eyelid or rim of the cap may directly pouring a lens out from the eye. Conversely, at a sharper angle should lens edge to edge down to lean perilimbal area. First, there is cause bruising, but also closes the natural flow of tears under the lens. The result is hypoxia of cornea. The cornea is lacking oxygen supply in exchange of the tear film, and this deficiency is not able to cover even the most permeable material on the market.

Another important feature is the ability contact lenses uniformly distribute the pressure that the front segment of the eye operates. This pressure rise eyelids, particularly edge of tarsus. This applies with open eyes and then, of course, during the blink. Blinking and eyelid margin pressure is decisive parameter in a number of dynamic processes, after fitting of the lens on the eye. For spherical contact lenses is the result of pressure at the edges of the eyelid during of blinking rotation of the lens. This, together with a slight up and down movement, and with a "pumping" effect of pressing the lens to the eye and re-release, also helps much needed exchange of tears under the lens. Well, what about the contact lenses we must stabilize on the eye - for example all torics? The reality is, that just for these lenses is the exchange of tears under the lens lower. First, lack of rotation, as well as a lens due the stabilizing mechanisms is thicker and thus pump effect is not so strong. And usually this kind of lenses is often even larger in diameter. That's more here depends on the correct choice of lens parameters.

In soft contact lenses construction must conform water content, elasticity, oxygen permeability, fluid transport in the material and evaporation (drying time). There are well-defined values of design data, which also indicate the minimum central thickness of the lens. There is no problem to produce this thin or even thinner lenses, but can't be used practically. Thus a thin lens should be dropped after application in the central region and by tears will be sticking by adhesion to the cornea. This would limit its movement, there would be no exchange of tears under the lens, therefore, would refrain from the not flow of oxygen and exhausts of metabolism. So this is why we must balance the thickness of each lens to the appropriate material.

### **Influence of Material**

The basic reference material for soft contact lenses is hydroxyethyl methacrylate - HEMA. The ability to cross-linked polymer to bind water was a revolutionary. Contact lenses from pure HEMA contain between 36-38% of water. Water content is crucial as regards the compatibility of the material on the eye - usually it evaluate by surface wettability, as well as its softness and flexibility - usually today expressed by the modulus of the lens, and finally permeability material for oxygen - typically shows values of  $Dk$  and  $Dk / t$ . Addition copolymers such as vinylpyrrolidone, vinyl acrylate or glyceryl methacrylate, it is possible to increase the water content - technically is used the maximum water content about 70%. For hydrogel materials, along with higher water content improves the flexibility and softness of the material and its permeability to oxygen. Isolated polymer is impermeable for gases, so water content is critical for the hydrogel to determine its diffusivity.

Current market with soft contact lenses most commonly used silicone hydrogels materials. Siloxanes content in the lens material greatly improves its oxygen permeability. That is no longer limited by the water content of the lens, where the water acts as a transport medium for the oxygen. Oxygen molecules as well as waste  $CO_2$  can flow directly across the structure of material. Theoretically, higher water content in the silicone hydrogel materials decreases oxygen permeability. On the other hand, siloxanes in structures are mechanically stiffer and less elastic than is the case of hydrogels. The result is a higher modulus value. Pure siloxanes are hydrophobic, and this results in worse surface wettability of the lens and a greater binding affinity for lipid deposits on the lens surface. With these features, the majority of manufacturers trying to fight and gradually changing the bones between the different parts of material, as it seeks an optimal balance of the two components to preserve most of the benefits as hydrogels and silicone hydrogels. Modern silicone hydrogels may perhaps have not highest values of oxygen permeability, but have significantly lower modulus, improved surface wettability and higher total water content.

Hydrogel materials are due to the lower modulus more adaptable to the shape of the cornea. Also, adhesive strength in hydrogels are higher than in the silicone hydrogel lenses. This can result in less movement of the lens on the eye and difficult to assess the accuracy of its application. Higher modulus of some silicone hydrogel lenses in turn places greater demands on the selection of the correct parameters.

### **Evaluation of the application by the slit lamp**

Pre-applied thread for evaluating the correct contact lens use biomicroscopy on a slit lamp. The first step is to set, so we have a great opportunity for observation. We evaluate low magnification to see more of the lens and diffuse lighting.

The assessment consists from a few basic steps. First, a simple view of the applied lens on the eye, and asked client to several blinked. Evaluate centration of the lens, its movement and speed of stabilization. Subsequently, we ask client to look on sideways, up and down. If that bothers me the eyelids, I can hold it gently, but be careful, have a very significant impact on stabilization and the position of the lens under normal circumstances.

Subsequently I will do push-up test: a first pull down the lower eyelid and then push up the lens by edge of eyelids slightly upwards and release. I observe speed and "willingness" to return the lens to its original position, or its assaults lower than it originally was. For toric lenses, it must also control the rotation of the lens deflecting it

sideways.

**Conclusions made from the observation:**

application is accurate - the contact lens is appropriately moves on the eye during blinking, the movement is approximately in the interval 0.3 to 0.5 mm. Willingly moves with the eye when looking sideways, not lag, but not even close to the limit positions. Readily react to the push-up test, almost immediately returns to the initial position and during retraction of the lower eyelid does not tend to fall too low. The client states for the first applications of the selected lens, the eye perceives, but not unpleasant.

The application is tight - contact lens has a minimum eye movement. Sometimes it is centrally located, but some may not. When the sideways movement goes readily to the eye, but in the limit positions is pushed against movement. On the push-up test only reluctantly responds very slowly or hardly at all will not be returned to its original position - it may take a few winks before it is again centered. Attention: client can evaluate such a lens very comfortable, practically on her eye does not know - yet. Solution: select looser curvature parameter of the lens, or a smaller diameter.

The application is loose - contact lens is very happy to move you blink, glides over the eye during sideways movements sometimes slow. Push-up test: already in tow eyelids may be visible decline lens to test itself reacts too, after releasing a decline below the starting position. Client from the beginning of the lens and often perceives that the lens irritating. Solution: select smaller tighter curvature parameter or a larger diameter.

Todayif the lens is for change means frequently resort to another type, do not be afraid of such changes.

The assessment can also be used fluorescein staining of the tear film. Caution: if you evaluate the application of soft contact lenses, you have to use high-molecule-fluorescein.

I vote again for observing small increase in the diffuse light when adding cobalt blue filter over the lens and can also use the yellow conversion lens. Light intensity must be relatively high.

Rating: we observe the distribution of fluorescein (the tear film) in contact lenses. When the precise application: the tear film distribution is fairly even across the surface. A little more can be dyed central region and is visible slightly raised edge - frame lenses. In tight space applications occur without significant fluorescein. Significantly greater accumulation of contrast in the central region and the edges of the lens frame is sometimes very weak or almost absent. For loose application is very often tearful eye significantly larger amount of fluorescein is accumulated mainly under the broad edge strip.

### 3. Metodika vyšetření dynamické zrakové ostrosti- Bc.Pavla Hrabalová

Vedoucí projektu: Mgr. Jitka Krasňanská, Ph.D.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

---

#### Úvod

V běžné optometristické praxi se dennodenně setkáváme s měřením zrakové ostrosti pomocí klasických optotypových tabulí. Jedná se však o měření statické zrakové ostrosti, kdy je vyšetřovaný i testové znaky v naprostém klidu, což příliš neodpovídá podmínkám běžného každodenního života. Pojem dynamická zraková ostrost představuje vidění za dynamických podmínek – tj. pohybuje-li se člověk samotný nebo předměty v jeho okolí. Možností, jak takového vyšetření dosáhnout, je vícero. Neexistuje však žádná oficiální norma k měření dynamické zrakové ostrosti.

Předpokladem pro měření dynamické zrakové ostrosti je kvalitní zraková ostrost statická, ke které je mimo jiné zapotřebí průchodnosti optického systému oka a správné funkce a spojení fotoreceptorů se zrakovými korovými centry. Z vnějších vlivů můžeme jmenovat kontrast samotných optotypových tabulí, intenzitu osvětlení či barvu světla. Vidění je samo o sobě velmi náročný proces, na kterém se podílí nespočet faktorů. Dynamické vidění vyžaduje vedle všech předpokladů pro statické vidění také správnou funkci motorického mechanismu – tedy konjugované pohyby očí, hlavy a těla, který zajistí udržení obrazu pohybujícího se předmětu na sítnici, respektive přímo v makule. Dále je dynamická zraková ostrost opět ovlivněna i okolním prostředím, a především rychlostí pohybu daného znaku či délkou jeho expozice. Je-li rychlost pohybu mezi pozorovatelem a předmětem nižší než 60-70 stupňů za sekundu, je statická a dynamická zraková ostrost v korelaci. Pokud úhlová rychlost vzroste nad tuto hodnotu, rapidně klesá rozlišovací schopnost.

#### Měření dynamické zrakové ostrosti

Jak již bylo zmíněno, vyšetření dynamické zrakové ostrosti může probíhat dvěma základními způsoby. První způsob probíhá za pohybu vyšetřovaného při použití klasických statických optotypových tabulí. Druhým způsobem je usazení pacienta, kterému jsou předloženy pohybující se znaky. Oba druhy měření však mají ještě svá další různá specifika, jako jsou například směr a způsob pohybu jak vyšetřované osoby (pohyb navozený vyšetřujícím, pohyb hlavy za chůze), tak použitých znaků (od/k vyšetřovanému, horizontální, rotační atd.) Jedno však mají všechny metody společné. Jedná se o subjektivní vyšetřovací metody, kde je zapotřebí aktivní spolupráce pacienta.

Východím bodem k měření dynamické zrakové ostrosti je zjištění naturálního vizu a v případě jeho poklesu také vykorigování ametropie klasickou metodou. Vyšetření probíhá většinou pouze binokulárně, a to s nejlepší korekcí, případně s vlastní korekcí (u emetropa bez korekce).

#### Dynamic Visual Acuity test – DVA test

Jedná se o vysoce spolehlivý funkční test, který hodnotí schopnost pacienta rozeznávat detaily znaků při pohybování hlavy. Primárně slouží k vyšetření dynamické zrakové ostrosti, může však sloužit i jako doplňkové vyšetření k odhalení nedostatečné funkce vestibulárního systému, jelikož tento kritický moment – pohyb hlavy, je vyrovnáván pomocí vestibulo-okulárního reflexu (VOR), který napomáhá fixovat a stabilizovat pohled pacienta na pozorovaný předmět tak, že pohyb očí je vždy v opačném směru vzhledem k pohybu hlavy.

Pacient je při vyšetření usazen před optotypovou tabulí ve vzdálenosti odpovídající použitému druhu optotypu. Nejprve je tedy změřena hodnota statické zrakové ostrosti. Po určení nejmenšího možného čitelného řádku je pacient uchopen vyšetřujícím oběma rukama za hlavu v oblasti uší a je proveden kývavý pohyb ze strany na stranu v četnosti zhruba dva cykly za sekundu, přičemž rozsah pohybu je přibližně okolo 10° na každou stranu. Vyšetřovaný má za úkol během cyklů číst co nejspodnější řádek. Pak je pozorovací vzdálenost lomená číslem tohoto řádku výslednou hodnotou dynamické zrakové ostrosti. Ta bývá obvykle o jeden až dva řádky horší než u statické metody. Větší rozdíl může poukazovat na některou z vestibulárních poruch.

Existuje i automatizovaná verze tohoto testu – tzv. cDVA neboli computerized Dynamic Visual Acuity test, kde odpadá pro mnohé nepříjemný fyzický kontakt s vyšetřující osobou. Postup i vyhodnocení jsou ale jinak prakticky stejné jako u neautomatizované verze. Jako optotypové znaky jsou použity „E“ symboly, popř. háky střídající se náhodně ve dvou pozicích, zobrazující se jen tehdy, pohybuje-li vyšetřovaný hlavou správným směrem a určitou rychlostí. Tuto skutečnost snímá senzor připevněný na jeho čele. Nevýhodou obou metod testování mohou být případné závrativé stavy či pocit dezorientace.



Metoda dle Hillmana

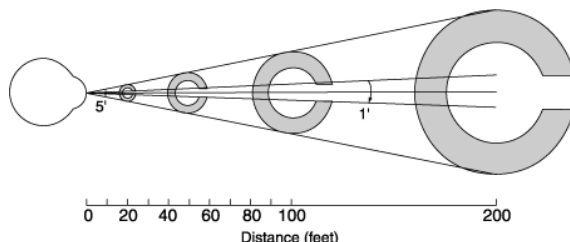
Metoda podle Hillmana využívá měření dynamické zrakové ostrosti během chůze na běžecím pásu. Nejprve je nutné zjistit zrakovou ostrost v základní pozici, tedy vestoje na pásu, který je až poté spuštěn. Následně je vyšetřovaný vyzván k chůzi na běžecím pásu bez držení madel. Je však jištěn bezpečnostními pásy pro případ ztráty rovnováhy. Za chůze čte nahlas znaky, jejichž velikost se zmenšuje vždy o 2 body z velikosti písma 20 na velikost 12 bodů. Znaky jsou promítány náhodně na obrazovce monitoru ve vzdálenosti 2 metry od vyšetřovaného. Jeden znak je promítán po dobu 3 sekund, přičemž pro každou velikost písma jsou promítnuty dva znaky – celkem tedy deset znaků. Tato metoda, ač se zdá velmi vhodná díky simulaci vcelku reálných podmínek, kdy je pohyb hlavy navozen došlapováním při chůzi, má ovšem také určité nedostatky. Jednak je prostorově i finančně velmi náročná, největší problém byl však shledán u samotných pacientů. Rychlost chůze na pásu byla totiž stanovena Hillmanem na 6,4 km/h. Takováto rychlost je ale například pro pacienty s kardiovaskulárním onemocněním, ortopedickými nebo nervosvalovými potížemi nevhodná a toto vyšetření by neměli vůbec podstupovat.

#### Test dynamické zrakové ostrosti

Jelikož se v České republice dynamická zraková ostrost běžně neměří mimo specializovaná pracoviště zabývající se vizuální či sportovní optometrií, nesetkáme se s žádným standardizovaným testem k jejímu měření. Test dynamické zrakové ostrosti je pouze teoretický návrh podle doktorky Krasňanské a kolektivu.

Při tomto testování již nedochází k pohybu pacienta, ale pouze k simulovanému pohybu znaků na LCD optotypu. Jako nejvhodnější znaky se pro tento typ měření ukázaly Landoltovy kruhy. Tyto kruhy, respektive mezikružní jsou považovány za neobjektivnější ze všech znaků vůbec. Jejich výška má velikost pěti jednotek („D“), výřez a tloušťka znaku zaujímají velikost jedné jednotky („d“), a lze je nabídnout v osmi různých polohách – dvou horizontálních, dvou vertikálních a čtyřech šikmých, přičemž rotace znaků není u tohoto druhu měření nutná. Jejich velikost se odvíjí od pozorovací vzdálenosti („a“), která je v tomto případě stanovena na 6,2 m pro zjednodušení dalších výpočtů, a především od hodnoty požadované zrakové ostrosti („VA“). Znak se má zvětšovat z hodnoty  $VA = 3,1$  až po  $VA = 0,1$  v ideálním případě lineárně spojitě, čímž dochází k simulaci pohybu směrem k vyšetřovanému. Teoreticky se ukázala rychlost  $v = 20$  m/s (72 km/h) jako dostačující hodnota rychlosti tohoto simulovaného pohybu.

Ze vzorce  $VA = \frac{a}{A}$ , kde „A“ je vzdálenost, ze které je znak čitelný pro člověka s normální zrakovou ostroší (oko s vizem 1,0) a „a“ je vyšetřovací vzdálenost, vypočteme hodnotu zrakové ostrosti pacienta. Přečetl-li by vyšetřovaný z vyšetřovací vzdálenosti „a“, na počátku (v čase  $t = 0$  s), znak čitelný pro oko s vizem 1,0 ze vzdálenosti  $A = 2$  m, byla by jeho zraková ostrost  $VA = 3,1$ . Pokud by však rozeznal znak až v čase  $t = 1$  s, kdy by



Obrázek 2. Landoltův kruh

měl znak díky rychlosti 20 m/s takovou velikost, aby byl čitelný pro oko s normální zrakovou ostroší ze vzdálenosti  $A = 22$  m, byla by hodnota jeho zrakové ostrosti  $VA = 0,28$ .

Výpočet velikosti samotného znaku a jeho detailů v jednotlivých polohách vychází ze závislosti VA na zorném



úhlu pozorování podle vzorce  $\omega = \frac{1}{VA}$ , kde výsledný zorný úhel dostáváme v úhlových minutách. Další nezbytně nutnou veličinou pro výpočet „d“ – velikosti kritického detailu, je hodnota „a“ – vyšetřovací vzdálenost (obě v metrech). Dle vzorce  $d = a \cdot \text{tg } \omega$  vypočítáme velikost detailu znaku, ze které po vynásobení pěti (ze vzorce  $D = 5 \cdot d$ ) dostaneme výslednou výšku celého znaku pro danou hodnotu VA. V neposlední řadě je potřeba zajistit, aby program LCD optotypu zobrazil znak beze změny této velikosti. Hodnoty „d“ a „D“ pro jednotlivé úrovně VA jsou zobrazeny v následující tabulce.

A[m]	t [s]	VA	$\omega$ [']	$\omega$ [°]	$\omega$ [rad]	d[m]	D[m]	d [mm]	D [mm]
<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3,10</b>	<b>0,32258</b>	<b>0,00538</b>	<b>0,00009</b>	<b>0,00058</b>	<b>0,00291</b>	<b>0,58</b>	<b>2,91</b>
3,1	0,055	2,00	0,50000	0,00833	0,00015	0,00090	0,00451	0,90	4,51
4	0,1	1,55	0,64516	0,01075	0,00019	0,00116	0,00582	1,16	5,82
6	0,2	1,03	0,96774	0,01613	0,00028	0,00175	0,00873	1,75	8,73
6,2	0,21	1,00	1,00000	0,01667	0,00029	0,00180	0,00902	1,80	9,02
8	0,3	0,78	1,29032	0,02151	0,00038	0,00233	0,01164	2,33	11,64
9,3	0,365	0,67	1,50000	0,02500	0,00044	0,00271	0,01353	2,71	13,53
10	0,4	0,62	1,61290	0,02688	0,00047	0,00291	0,01454	2,91	14,54
12	0,5	0,52	1,93548	0,03226	0,00056	0,00349	0,01745	3,49	17,45
12,4	0,52	0,50	2,00000	0,03333	0,00058	0,00361	0,01804	3,61	18,04
14	0,6	0,44	2,25806	0,03763	0,00066	0,00407	0,02036	4,07	20,36
15,5	0,675	0,40	2,50000	0,04167	0,00073	0,00451	0,02254	4,51	22,54
16	0,7	0,39	2,58065	0,04301	0,00075	0,00465	0,02327	4,65	23,27
18	0,8	0,34	2,90323	0,04839	0,00084	0,00524	0,02618	5,24	26,18
18,6	0,83	0,33	3,00000	0,05000	0,00087	0,00541	0,02705	5,41	27,05
20	0,9	0,31	3,22581	0,05376	0,00094	0,00582	0,02909	5,82	29,09
<b>22</b>	<b>1</b>	<b>0,28</b>	<b>3,54839</b>	<b>0,05914</b>	<b>0,00103</b>	<b>0,00640</b>	<b>0,03200</b>	<b>6,40</b>	<b>32,00</b>
24	1,1	0,26	3,87097	0,06452	0,00113	0,00698	0,03491	6,98	34,91
24,8	1,14	0,25	4,00000	0,06667	0,00116	0,00721	0,03607	7,21	36,07
26	1,2	0,24	4,19355	0,06989	0,00122	0,00756	0,03782	7,56	37,82
28	1,3	0,22	4,51613	0,07527	0,00131	0,00814	0,04072	8,14	40,72
30	1,4	0,21	4,83871	0,08065	0,00141	0,00873	0,04363	8,73	43,63
31	1,45	0,20	5,00000	0,08333	0,00145	0,00902	0,04509	9,02	45,09
32	1,5	0,19	5,16129	0,08602	0,00150	0,00931	0,04654	9,31	46,54
34	1,6	0,18	5,48387	0,09140	0,00160	0,00989	0,04945	9,89	49,45
36	1,7	0,17	5,80645	0,09677	0,00169	0,01047	0,05236	10,47	52,36
38	1,8	0,16	6,12903	0,10215	0,00178	0,01105	0,05527	11,05	55,27
40	1,9	0,16	6,45161	0,10753	0,00188	0,01164	0,05818	11,64	58,18
<b>42</b>	<b>2</b>	<b>0,15</b>	<b>6,77419</b>	<b>0,11290</b>	<b>0,00197</b>	<b>0,01222</b>	<b>0,06109</b>	<b>12,22</b>	<b>61,09</b>
44	2,1	0,14	7,09677	0,11828	0,00206	0,01280	0,06400	12,80	64,00
46	2,2	0,13	7,41935	0,12366	0,00216	0,01338	0,06690	13,38	66,90
48	2,3	0,13	7,74194	0,12903	0,00225	0,01396	0,06981	13,96	69,81
50	2,4	0,12	8,06452	0,13441	0,00235	0,01454	0,07272	14,54	72,72
52	2,5	0,12	8,38710	0,13978	0,00244	0,01513	0,07563	15,13	75,63
54	2,6	0,11	8,70968	0,14516	0,00253	0,01571	0,07854	15,71	78,54
56	2,7	0,11	9,03226	0,15054	0,00263	0,01629	0,08145	16,29	81,45
58	2,8	0,11	9,35484	0,15591	0,00272	0,01687	0,08436	16,87	84,36
60	2,9	0,10	9,67742	0,16129	0,00282	0,01745	0,08727	17,45	87,27

62	3	0,10	10,00000	0,16667	0,00291	0,01804	0,09018	18,04	90,18
----	---	------	----------	---------	---------	---------	---------	-------	-------

Výsledná hodnota dynamické zrakové ostrosti pak závisí na tom, v jakém časovém okamžiku je test zastaven. Jelikož je simulovaná rychlost pohybu znaku poněkud vysoká, mělo by být možné test pozastavit v libovolný okamžik – nejlépe, aby mohl být zastaven samotným vyšetřovaným ihned, jakmile rozpozná orientaci šterbiny. Bylo by však vhodné, aby se po zastavení testu znak již nezobrazoval. Vyšetřovaný by jinak mohl snadněji doostřit orientaci nepohybujícího se znaku a mohl by pak změnit konečnou odpověď o pozici šterbiny, kterou viděl původně. V případě správného rozpoznání můžeme hodnotu VA, na které vyšetřovaný test zastavil, považovat za hodnotu dynamické zrakové ostrosti. Ověření lze provést stejným způsobem za použití jiné polohy znaku.

### Metody sportovní optometrie

Výkon sportovce nezávisí pouze na jeho fyzické kondici, ale i na jeho zrakových schopnostech. Jedním z nejdůležitějších zrakových aspektů sportovce je právě jeho dynamická zraková ostrost, dále prostorové vidění, šířka zorného pole a také koordinace oko-ruka, popřípadě oko-noha, jež jsou umožněny díky správné spolupráci motorické a senzorycké složky. Extraokulární svaly, které představují motorickou složku, zajišťují správnou pohyblivost očí a je možné částečně zvýšit jejich účinnost vhodným tréninkem, stejně jako je tomu i u ostatních svalů těla. Senzorická složka reprezentovaná korovými centry v mozku je taktéž tvárná, a to nejlépe v útlém věku. Z toho vyplývá, že lze ovlivnit kvalitu zrakových funkcí.

U sportovců byla zjištěna kvalitnější dynamická zraková ostrost ve srovnání s nespportovci a čím byl provozovaný sport rychlejší a dynamičtější, tím bylo i toto dynamické vidění lépe vyvinuto. Sportovní optometrie se tedy začala zabývat takovou myšlenkou, že pokud vytrénujeme dynamické vidění, zkvalitníme tím i schopnosti sportovce. První experimenty spočívaly ve sledování dráhy letu míče či rozsvěčujících se světel, nebo například v házení si míčem při zatížení očí prizmaty. Poté bylo navrženo několik trenažérů, k měření či procvičení dynamické zrakové ostrosti, dále k trénování prostorového vidění, očních pohybů, akomodace, nebo třeba koordinace oko-ruka, oko-noha. Některé trenažéry jsou pak uzpůsobeny konkrétnímu typu sportu.

### Test podle Ludvigha a Millera

Dvojice oftalmologů – Ludvigh a Miller byli prvními, kteří přišli s pojmem dynamické zrakové ostrosti. Jejich test slouží k měření aferentního dynamického vidění. Jako znak je použit Landoltův prstenec pohybující se zrychleným pohybem zprava doleva na vypuklé ploše za standardního osvětlení a kontrastu. Vyšetřovaný má během vyšetření zafixovanou hlavu a jeho úkolem je tento pohybující se znak sledovat a rozpoznat orientaci šterbiny. Zjistíme, při jaké úhlové rychlosti pohybu znaku rozezná více než 80 % nabízených orientací.

### Rotátory

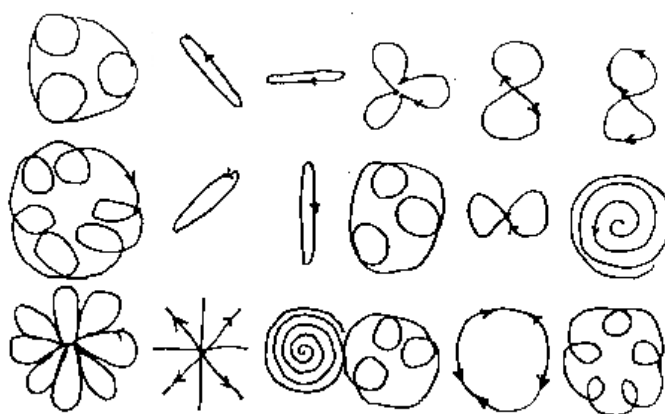
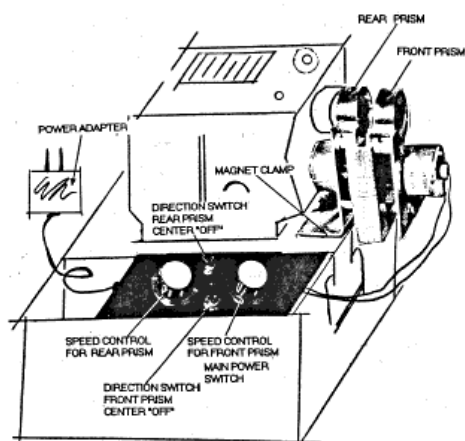
Rotátory jsou multifunkční přístroje využívající rotační pohyb znaku, který je jedním z nejpoužívanějších druhů pohybu pro měření dynamické zrakové ostrosti. Vyšetření může probíhat jak na dálku, tak do blízka. Jejich princip spočívá v počítačově naprogramovaném otáčení disku, na kterém jsou umístěny různé motivy, jejichž velikost je vybírána tak, aby byla pro vyšetřovaného hraniční. Rychlost rotace je záměrně volena vyšší, než by bylo potřeba k rozlišení, ale poté je pomalu snižována, dokud není znak rozeznán. To lépe podráždí zrakové funkce vyšetřované osoby a podnítlí je k vyšší aktivitě. Nakonec můžeme zaměnit disk za náročnější, tedy s menší velikostí znaků. Kromě možnosti měnit různé typy disků je možné měnit jejich rychlost, směr otáčení i sklon. Mezi výměnnými disků můžeme vedle disků k měření dynamické zrakové ostrosti najít například perforované disky pro vkládání hrotů sloužící k procvičení koordinace oko-ruka.



Obrázek 3. Rotátor

## Wayne Tachistoscope Rotator Scanner

Toto zařízení slouží k promítání rotujících prostorových obrazců (znaků, čísel, šipek aj.). Je složeno z ovládacího panelu a dvou prizmat rotujících před promítací čočkou. Rychlost každého z prizmat je nastavitelná v rozsahu od 20 do 240 otáček za minutu a směr otáčení je taktéž volitelný. Je třeba dbát správnému umístění prizmat plochou stranou směrem k plátnu, abychom zabránili distorzi obrazu. Takto nastavená prizmata nám umožní vytvořit rotující pohyb kruhový, spirálovitý, a to jak ve vertikálním, tak i v horizontálním směru. Úkolem pacienta usazeného před promítacím plátnem je rozeznat znak či obrazec, který se pohybuje po dráze vytvořené kombinací různých rychlostí a směrů rotace prizmat před čočkou tachistoskopu. Nutností je použití anaglyfických (3D) brýlí. Uplatnění přístroje je rozšířeno díky kombinacím různých kotoučů a filtrů. Ve sportovní optometrii je využíván



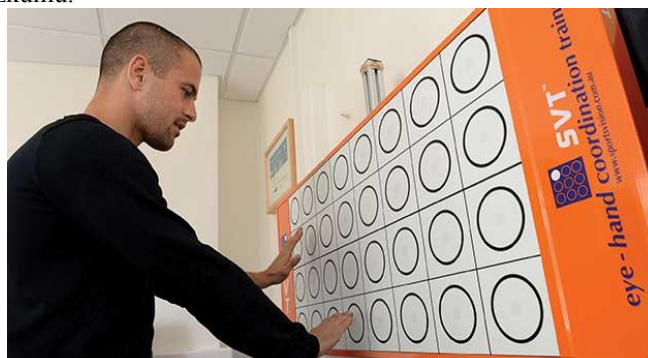
Obrázek 5. Rotátor

Obrázek 4. Wayne Tachistoscope Rotator Scanner

k vyšetření oční motoriky, akomodace, vergence, fúze, fixace a také k vyšetření dynamické zrakové ostrosti.

## Sports Vision Trainer – SVT

Sports Vision Trainer je v současnosti jedním z nejvíce využívaných přístrojů k procvičování vizuálně-motorických schopností sportovců i nespportovců. Skládá se z tabule obsahující 80 polí (menší přenosná verze 32 polí). Každé z nich má uprostřed barevné LED světlo obklopené kruhovou oblastí o průměru asi 8 cm, která funguje jako detektor. Na tabuli se náhodně rozsvěčují světla a trénovaný má za úkol dotknout se pole s právě svítícím světlem, čímž procvičuje především koordinaci oko-ruka. Přístroj pracuje ve třech základních módech s možností tento software volitelně upravit. Mód „proaction“ zajistí rozsvícení dalšího světla až poté, co se vyšetřovaný dotkne právě svítícího pole. Mód „reaction“ je nezávislý na dotyku vyšetřovaného. Prodleva mezi rozsvícením dalšího světla je nastavena obvykle na 0,5 s. Pokud vyšetřovaný správně zachytí rozsvícení více než 80 % světel, je možné tento časový rozestup snížit. Třetí mód „reactive random“ je v podstatě stejný jako druhý s tím rozdílem, že vyšetřující může nastavit časový rozestup mezi jednotlivými světly dle svého uvážení. První mód bývá spíše využíván při vyšetřování, další dva při trénování, což ale nemusí být vždy pravidlem. Lze ho také použít jako jakousi rehabilitační pomůcku k procvičení a vylepšení reakcí a reflexů u sportovců po úrazech. SVT je taktéž využíván v řadě studií a výzkumů.



Obrázek 6. Sports Vision Trainer

## Závěr

Měření dynamické zrakové ostrosti je vyšetření, které by v praxi mohlo najít hojně využití. Dynamické vidění je zapojeno nejen při sportu, ale při každodenních činnostech, jako je například řízení. V současnosti jsou řidiči posuzováni pouze podle statické zrakové ostrosti, barvocitu a šířky zorného pole. I přesto, že simulované podmínky v místnosti plně nenahradí reálnou situaci během řízení, bylo by vhodné v budoucnu zařadit vyšetření dynamické zrakové ostrosti mezi kritéria pro získání zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel, nebo alespoň mezi kritéria k ponechání řídičského oprávnění řidičům seniorům. První však musí být zajištěna určitá norma k tomuto měření, abychom byli schopni správně vyhodnocovat a porovnávat výsledky, a to nejen mezi jednotlivými vyšetřovanými, ale i výsledky různých metod mezi sebou.

## Zdroje:

ERICKSON, Graham B. Sports vision: vision care for the enhancement of sports performance. Oxford: Butterworth-Heinemann, c2007, xi, 308 p. ISBN 07-506-7577-2.

ROBERTS, R. A., R. E. GANS, E. L. JOHNSON a T. H. CHISOLM. Computerized Dynamic Visual Acuity with Volitional Head Movement in Patients with Vestibular Dysfunction. *Annals of Otology, Rhinology*. 2006-09-01, vol. 115, issue 9, s. 658-666. DOI: 10.1177/000348940611500902. Dostupné z:

<http://aor.sagepub.com/lookup/doi/10.1177/000348940611500902>

PIVODOVÁ, Lenka. Sportovní optometrie. Sborník přednášek 5. celostátní konference optometrie a ortoptiky. Brno, 2014, s. 294-302. Dostupné z:

[http://www.is.muni.cz/auth/do/med/zpravyprac/Optometrie/Sbornik\\_prednasek\\_5.CSKO\\_2014.pdf](http://www.is.muni.cz/auth/do/med/zpravyprac/Optometrie/Sbornik_prednasek_5.CSKO_2014.pdf)

<http://www.resourcesonbalance.com/neurocom/protocols/vorimpairment/dva.aspx>

<http://www.sportsvision.com.au/services/vision-training>

<http://www.wayneengineering.com>

## Methods of dynamic visual acuity testing- Bc.Pavla Hrabalová

Supervisor: Mgr. Jitka Krasňanská, Ph.D.

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

### *Introduction*

In common practice of optometrists, we meet day-to-day with measurement of visual acuity using classic test type boards. However, this is a measurement of static visual acuity while the examinee and also the test symbols are fixed, what does not correspond to the normal conditions of everyday life enough. The concept of dynamic visual acuity represents vision under dynamic conditions – i. e. while the person or subjects around are moving. There are several ways how to reach this kind of examination. However, there is no official standard for the measurement of dynamic visual acuity.

A prerequisite for the measurement of dynamic visual acuity is good static visual acuity, which requires among others transparency of an eye optical system and correct function and connection of photoreceptors with visual cortex centres. From external influences we can name a contrast of test types, intensity of illumination or colour of light. Vision is a very challenging process, whereon participate countless factors. Dynamic vision requires next to all the prerequisites for static vision also correct function of the motor mechanism – thus conjugate movements of the eyes, the head and the body, which ensures maintenance of an image of moving subject in the retina, or directly in the macula. Furthermore, the dynamic visual acuity is also affected by its background, especially by speed of the symbol's movement or by length of exposure. If the speed of the movement between the observer and the observed subject is less than 60-70 degrees per second, static and dynamic visual acuity are in correlation. If the angular speed rises above this value, the resolution is declining rapidly.

### *Measurement of dynamic visual acuity*

As already mentioned, the dynamic visual acuity examination can take place in two basic ways. The first way is investigation in motion of the examinee by using classic static test types. The second way is the seating of the patient who is exposed to the moving symbols. Both types of measurement, however, still have their different characteristics, such as the direction and way of movement of both the investigated person (movement induced by examiner, head movement while walking) and the symbols (from/to the examinee, horizontal, rotating movement, etc.). However all the methods have common attribute. All of them are subjective methods, where is the active cooperation of the patient needed.

The zero point for measuring dynamic visual acuity is to detect vision without correction (*vizus naturalis*) and in case of decline is necessary to correct this ametropia by classical method. The examination is usually only binocular and with the best correction, possibly with own correction (by emmetropic without correction).

### Dynamic Visual Acuity test – DVA test

This is a highly reliable functional test, which assesses the patient's ability to recognize the details of symbols when moving the head. Primarily used for testing dynamic visual acuity, but can also serve as a supplementary examination to reveal a lack of vestibular system function, because this critical moment – the movement of the head is compensated with vestibulo-ocular reflex (VOR), which helps to fix and stabilize the patient's view on the observed subject, so that eye movement is always in the opposite direction due to the head motion.

During the measurement the patient is seated in front of the test type board at a distance corresponding to the used type of the test type. At first the value of static visual acuity is measured. After determining the smallest readable line is the patient's head grabbed in the ear area by both examiner's hands and oscillatory motion is executed from side to side in the frequency of roughly two cycles per second, while the range of motion is approximately about 10° in either direction. The examinee's task during the cycles is to read the bottom line. Then the observation distance divided by the number of this bottom line is the final value of the dynamic visual acuity. This is usually about one to two lines worse than for a static method. The bigger difference may refer to one of the vestibular dysfunction.

There is also an automated version of this test – so-called cDVA or computerized Dynamic Visual Acuity test, where is no physical contact with examiner, which could be annoying for many. Procedure and evaluation are otherwise practically the same as for the non-automatic version. "E" symbols, respectively hooks alternating randomly in two positions, are used as test-type symbols, which appears only if the examinee moves with his head in the right direction and the right speed. This is scanned by the sensor attached to his forehead. The disadvantage of both methods of testing may be possible dizziness or a sense of disorientation.

### Hillman's method

Method according Hillman uses measurement of dynamic visual acuity during the walk on a treadmill. First, it is

necessary to get the static visual acuity in the basic position, thus standing on the treadmill, which is turned on after that. The examinant is called upon to walk without holding the handrail. However he is protected with safety belts for the case of balance loss. He reads the symbols aloud while walking. The size of symbols decreases by 2 points from the font size 20 to the size of 12 points. The symbols are shown randomly on the screen of the monitor at a distance of 2 metres from the investigated. Each symbol is shown for 3 seconds and for each font size are shown 2 symbols – that means ten symbols overall. This method seems very suitable thanks to simulating real conditions when the head movement is evoked by treading while walking, however there are also some disadvantages. At first it is spatially and financially very challenging, but the biggest problem was found by the patients. The speed of the walk on the treadmill was set to 6,4 km/h. For example, such a high speed is not suitable for patients with cardiovascular diseases, orthopaedic or neuromuscular problems and they should not be examined this way.

#### The test of dynamic visual acuity

Because in the Czech Republic is not the dynamic visual acuity normally measured excepting specialized departments dealing with visual or sport optometry, we meet with no standardised test to its measurement. The test of dynamic visual acuity is only a theoretical proposal by the doctor Krasňanská et al.

There is no longer movement of the patient in this measurement, only the symbols are moving by simulated motion on the screen of LCD test type. As the most appropriate symbols for this type of measurement has shown Landolt rings. These rings, respectively the open rings, are considered the most objective symbols of all symbols at all. Their height has a size of five units ("D"), and the thickness and the excision of the symbol occupy the size of one unit ("d") and which could be offered in eight different positions – two horizontal, two vertical and four oblique, whereas no rotation of the symbol is required in this test. Their size depends on the viewing distance ("a"), which is set in this case at 6.2 m to simplify other calculations, and especially from the value of the required visual acuity ("VA"). The size of the symbols should increase from VA = 3.1 to VA = 0.1 ideally continuously linearly, whereby simulating the movement toward examinant. In theory, the speed of  $v = 20$  m/s (72 km/h) has shown as sufficient value of the speed of this simulated movement.

From the formula,  $VA = \frac{a}{A}$ , where "A" is the distance from which the symbol is readable for human with normal visual acuity (eye with vizus 1.0) and the "a" is observation distance (6.2 m), we can calculate the value of the patient's visual acuity. If the patient would read from the observation distance "a" immediately, in the beginning (at time  $t = 0$ ), the symbol readable for the eye with vizus 1.0 from a distance  $a = 2$  m, his visual acuity would be VA = 3.1. However, if he would recognize the symbol at time  $t = 1$  s, when should the symbol (thanks to the speed of 20 m/s) has size to be legible for the eye with normal visual acuity from a distance  $a = 22$  m, then would be the value of his visual acuity VA = 0.28.

Calculation of the symbol size and its details in the individual positions is based on dependence VA on the vision angle according to the formula,  $\omega = \frac{1}{VA}$ , whereas the resulting angle is in arc minutes. The next essential value for the calculation of the "d"-size of a critical detail, is the value "a" – an observation distance (both in meters). According to the formula,  $d = a \cdot \text{tg } \omega$ , we can calculate the size of the symbol's detail, and after multiple by five (from the formula  $D = 5 \cdot d$ ) we will get the final height of the entire symbol for the given value of the VA. Finally we need to ensure that the program of the LCD test type depicts the symbols without changing their size. The value of the "d" and "D" for each level of the VA, are shown in the following table.

A[m]	t [s]	VA	$\omega$ [']	$\omega$ [°]	$\omega$ [rad]	d[m]	D[m]	d [mm]	D [mm]
2	0	3,10	0,32258	0,00538	0,00009	0,00058	0,00291	0,58	2,91
3,1	0,055	2,00	0,50000	0,00833	0,00015	0,00090	0,00451	0,90	4,51
4	0,1	1,55	0,64516	0,01075	0,00019	0,00116	0,00582	1,16	5,82
6	0,2	1,03	0,96774	0,01613	0,00028	0,00175	0,00873	1,75	8,73
6,2	0,21	1,00	1,00000	0,01667	0,00029	0,00180	0,00902	1,80	9,02
8	0,3	0,78	1,29032	0,02151	0,00038	0,00233	0,01164	2,33	11,64
9,3	0,365	0,67	1,50000	0,02500	0,00044	0,00271	0,01353	2,71	13,53
10	0,4	0,62	1,61290	0,02688	0,00047	0,00291	0,01454	2,91	14,54
12	0,5	0,52	1,93548	0,03226	0,00056	0,00349	0,01745	3,49	17,45
12,4	0,52	0,50	2,00000	0,03333	0,00058	0,00361	0,01804	3,61	18,04
14	0,6	0,44	2,25806	0,03763	0,00066	0,00407	0,02036	4,07	20,36
15,5	0,675	0,40	2,50000	0,04167	0,00073	0,00451	0,02254	4,51	22,54
16	0,7	0,39	2,58065	0,04301	0,00075	0,00465	0,02327	4,65	23,27
18	0,8	0,34	2,90323	0,04839	0,00084	0,00524	0,02618	5,24	26,18
18,6	0,83	0,33	3,00000	0,05000	0,00087	0,00541	0,02705	5,41	27,05
20	0,9	0,31	3,22581	0,05376	0,00094	0,00582	0,02909	5,82	29,09
22	1	0,28	3,54839	0,05914	0,00103	0,00640	0,03200	6,40	32,00
24	1,1	0,26	3,87097	0,06452	0,00113	0,00698	0,03491	6,98	34,91
24,8	1,14	0,25	4,00000	0,06667	0,00116	0,00721	0,03607	7,21	36,07
26	1,2	0,24	4,19355	0,06989	0,00122	0,00756	0,03782	7,56	37,82
28	1,3	0,22	4,51613	0,07527	0,00131	0,00814	0,04072	8,14	40,72
30	1,4	0,21	4,83871	0,08065	0,00141	0,00873	0,04363	8,73	43,63
31	1,45	0,20	5,00000	0,08333	0,00145	0,00902	0,04509	9,02	45,09
32	1,5	0,19	5,16129	0,08602	0,00150	0,00931	0,04654	9,31	46,54
34	1,6	0,18	5,48387	0,09140	0,00160	0,00989	0,04945	9,89	49,45
36	1,7	0,17	5,80645	0,09677	0,00169	0,01047	0,05236	10,47	52,36
38	1,8	0,16	6,12903	0,10215	0,00178	0,01105	0,05527	11,05	55,27
40	1,9	0,16	6,45161	0,10753	0,00188	0,01164	0,05818	11,64	58,18
42	2	0,15	6,77419	0,11290	0,00197	0,01222	0,06109	12,22	61,09
44	2,1	0,14	7,09677	0,11828	0,00206	0,01280	0,06400	12,80	64,00
46	2,2	0,13	7,41935	0,12366	0,00216	0,01338	0,06690	13,38	66,90
48	2,3	0,13	7,74194	0,12903	0,00225	0,01396	0,06981	13,96	69,81
50	2,4	0,12	8,06452	0,13441	0,00235	0,01454	0,07272	14,54	72,72
52	2,5	0,12	8,38710	0,13978	0,00244	0,01513	0,07563	15,13	75,63
54	2,6	0,11	8,70968	0,14516	0,00253	0,01571	0,07854	15,71	78,54
56	2,7	0,11	9,03226	0,15054	0,00263	0,01629	0,08145	16,29	81,45
58	2,8	0,11	9,35484	0,15591	0,00272	0,01687	0,08436	16,87	84,36
60	2,9	0,10	9,67742	0,16129	0,00282	0,01745	0,08727	17,45	87,27
62	3	0,10	10,00000	0,16667	0,00291	0,01804	0,09018	18,04	90,18

The resulting value of dynamic visual acuity depends on point of stopping the test. Because the speed of simulated movement of the symbol is pretty high, it should be possible to suspend the test at any moment – the best that it can be stopped by the examinant as soon as he detects the orientation of the slit. However, would be appropriate that the

symbol does not appear anymore after stopping the test. The examinant could otherwise easily sharpen the orientation of immoveable symbol and then could change the final answer about the position of the slit that he indicated before. In the case of correct recognition we can consider the value of VA, whereas the test was stopped, as the value of his dynamic visual acuity. Verification can be performed in the same way, using a different position of the character.

### *Sport optometry methods*

The athlete's performance does not depend only on his physical condition, but also on his vision skills. One of the most important visual aspects of the athlete is his dynamic visual acuity, stereoscopic vision, the width of the visual field and hand-eye, eventually the eye-foot coordination, which are made possible thanks to the good cooperation of the motor and sensory components. Extraocular muscles, which represent the motor component, ensure the correct mobility of the eye and their effectiveness could be improved partially by the right training, as well as for the other muscles of the body. The sensory component, which is represented by the visual cortex centres in the brain, is also plastic, and preferably at a tender age. That shows that we can affect the quality of visual functions.

By the athletes was identified better dynamic visual acuity in comparison with the non-athletes and how faster and more dynamic the type of the sport was, the dynamic vision was more developed. Sport optometry started to deal with an idea that if we train the dynamic vision, the athlete's skills get better. The first experiments consisted in monitoring the flight path of the ball or brightening lights, or, for example, in throwing the ball while eyes were loaded by prisms. Then was designed a few simulators for measuring or practicing dynamic visual acuity, stereoscopic vision, eye movements, accommodation, hand-eye or foot-eye coordination. Some of them are adapted to a specific type of sport.

#### Test according Ludvigh and Miller

A couple of ophthalmologists – Ludvigh and Miller were the first who came up with the concept of dynamic visual acuity. Their test is used to measure afferent dynamic vision. As the symbol is used Landolt's ring moving by an accelerated motion from the right to the left side of the convex surface under standard illumination and contrast. The examinant's head is during the examination fixed and his task is to follow this moving ring and to recognize the orientation of the slit. We are detecting in which angular speed of the movement of the symbol recognizes more than 80% of the offered orientation.

### Rotators

Rotators are multifunctional devices using the rotary motion of the symbol, which is one of the most widely used types of movement for the measurement of dynamic visual acuity. The examination can be done for the distance and also for the nearby. Their principle lies in the computer programmed rotation of the disk, on which are placed a variety of motives, whose size is selected so that for the examinant border. The speed of rotation is deliberately chosen higher than would be needed to distinguish, but then is slowly reduced, until the symbol is not recognized. It better affects the visual functions of the examined person and encourages them to greater activity. Finally, we can swap the disk for a more challenging, so with a smaller size of the symbols. In addition to the possibility to change the different types of discs it is also possible to change their speed, direction of rotation and inclination. Between the interchangeable disks, except to the disks for measurement of dynamic visual acuity, we can find, for example, perforated discs for the insertion of the spikes used for practicing the eye-hand coordination

#### Wayne Tachistoscope Rotator Scanner

This device is used for the projection of rotating shapes into space (signs, numbers, arrows, etc.). It is composed from the control panel and two rotating prisms in front of the projection lens. The speed of each of the prisms is adjustable in the range from 20 to 240 revolutions per minute and the direction of rotation is also optional. Care should be taken to the correct location of the prisms flat side towards the canvas, to avoid distortion of the image. Prisms set this way will allow us to create a rotating movement in the circular, spiral, and also in the vertical or in the horizontal direction. The task of the patient seated against the projection screen is to discern the sign or shape that moves along the path created by a combination of different speeds and directions of rotation of the prisms near the lens of tachistoscope. Necessity is the use of anaglyphic (3D) glasses. The application of this apparatus is extended thanks to the combinations of different discs and filters. In sport optometry is used for the examination of ocular motor skills, accommodation, vergence, fusion, fixation, and also to investigate the dynamic visual acuity.

#### Sports Vision Trainer – SVT

Sport Vision Trainer is currently one of the most used systems for practicing visually-motor skills of athletes and non-athletes. It consists of a board containing 80 boxes (smaller portable version of the 32 fields). Each of them has in the middle of the field a colourful LED light surrounded by a circular area with a diameter of about 8 cm, which



acts as a detector. The lights on the board are randomly switched on and the trained has the task to touch the field with just a shining light, thereby practising primarily hand-eye coordination. The device works in three basic modes with the possibility to edit the software. Mode "proaction" shall ensure the activation of the next light after that the examinant touches just luminous field. The mode "reaction" is independent on the touch of the investigated. The delay between the two lights is set usually at 0.5 s. If the examinant catches more than 80% of the lights correctly, it is possible to reduce this time gap. The third mode "reactive random" is essentially the same as the second, except that the examiner may set the time gap between lights according to his own discretion. The first mode is usually used in the investigation, two more by training, but this may not always be the rule. It can be also used as a rehabilitation tool to practice and improve reaction and reflexes in athletes after injury. SVT is also used in a number of studies and researches.

### *Conclusion*

Measurement of dynamic visual acuity is the examination, which could find an abundant application in practice. Dynamic vision is involved not only in sports, but in everyday activities such as driving. Currently, drivers are evaluated only according to their static visual acuity, colour vision and the width of the visual field. Even though the simulated conditions indoor do not fully substitute the real situation during driving, it would be advisable, in the future, to include the examination of dynamic visual acuity between the criteria for obtaining the driving eligibility, or at least between the criteria for retaining the driver's licence to the senior drivers. First, however, must be ensured a certain standard for this measurement, so we were able to correctly evaluate and compare the results, not only between the single examnants, but also the results of the different methods.

#### 4. Diagnostika anomální retinální korespondence- Bc. Renáta Papcunová

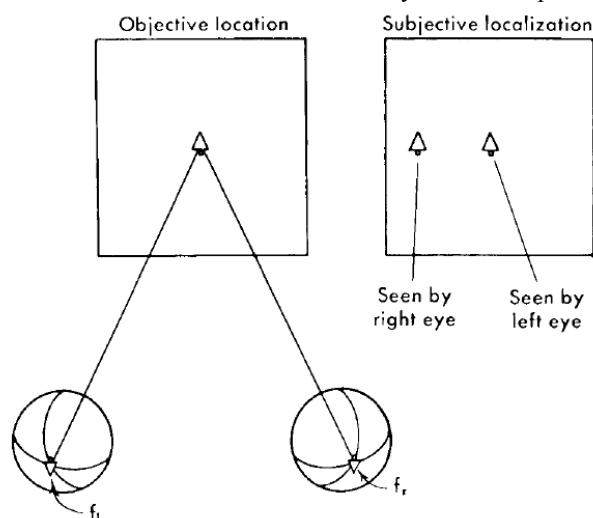
Vedoucí projektu: Mgr. Andrea Jeřábková

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

##### Úvod

Anomální retinální korespondenci je nutno chápat jako subnormální binokulární spolupráci, která je alternativním adaptačním mechanismem vznikajícím v důsledku dlouhodobě neléčené motorické anomálie – strabismu. [2, 3]

Důležitost správné diagnostiky retinální korespondence u šilhajících hraje významnou roli při rozhodování, zda strabismus operovat či neoperovat. Při fixované anomální retinální korespondenci, zvláště pak u dospělého jedince, hrozí po operaci vznik tzv. paradoxní foveo-foveolární diplopie. Tu již pacient nedokáže spontánně utlumit a dochází tak k nevratnému a významnému poškození kvality života daného člověka. [3]



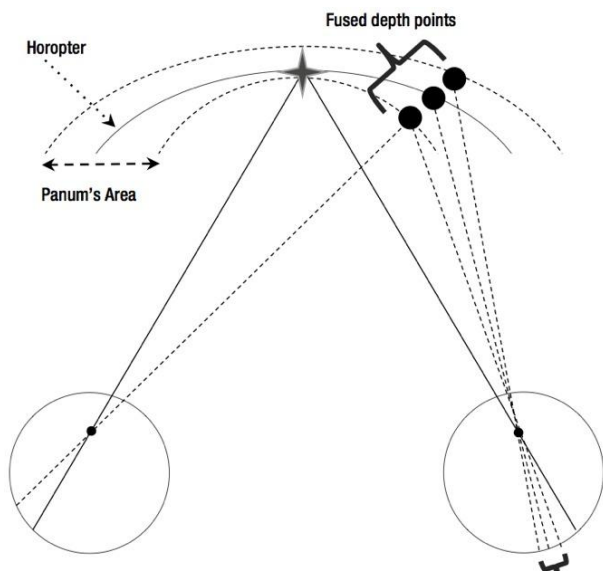
VON NOORDEN, Gunter K a E CAMPOS. *Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus*. 6th ed. St. Louis, Mo.: Mosby, c2002, xvi, 653 p. ISBN 03-230-1129-2

##### Retinální korespondence

Při fixaci daného předmětu v prostoru za fyziologických podmínek dopadá jeho obraz současně na foveu pravého i levého oka. Fovey obou očí tak sdílejí tzv. hlavní subjektivní pohledový směr a vytváří tzv. hlavní korespondující body. Předmět, jehož obrazy jsou promítnuty na tyto korespondující místa, je viděn jednoduše. Jednoduše však nejsou viděny pouze fixované předměty, ale i další body v prostoru. Jedná se o předměty, jejichž obrazy se zobrazí na korespondující místa se stejným místním vztahem vzhledem k hlavním korespondujícím bodům – foveám. [1-3]

Všechny ostatní body, vztahené ke konkrétnímu retinálnímu bodu druhého oka pro konkrétní pohledový směr, se nazývají nekorespondující neboli disparitní body sítnice. Dojde-li k zobrazení obrazů předmětu na tyto disparitní body, vzniká lokalizační rozpor mezi pravým a levým okem neboli disparita a daný předmět je viděn dvojitě. [1-3]

Plocha, která je složena ze všech bodů, jejichž obrazy dopadají na korespondující místa sítnic obou očí, je označována jako horopter. Body v prostoru, které neodpovídají horopteru, dopadají tedy na disparitní místa sítnice, vytváří určitý stupeň disparity. Je-li disparita malá, mozek je ještě schopen zřizování a daný bod v prostoru je viděn jednoduše. Tato malá disparita je základem pro prostorové vidění. Oblast v okolí horopteru, z níž se body zobrazují na lehce disparitní místa a z níž je umožněno prostorové vnímání, se nazývá Panumův prostor. [1-3]

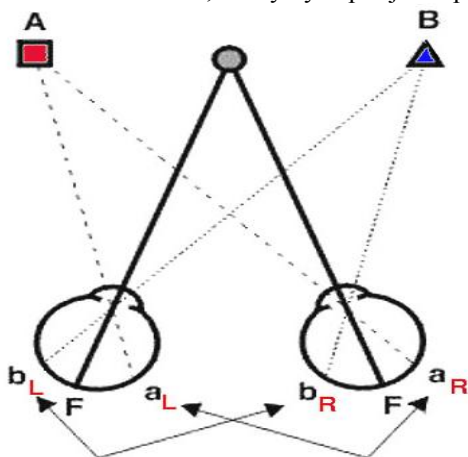


Computer  
Vision Metrics. *Www.embedded-vision.com* [online]. 2015 [cit. 2015-07-15]. Dostupné z: <http://www.embedded-vision.com/platinum-members/embedded-vision-alliance/embedded-vision-training/documents/pages/computer-vision-metrics-Ch1PtC>

Retinální korespondenci je možno rozdělit do dvou základních skupin:

Normální retinální korespondence (NRK)

Retinální korespondence je označována jako normální, pokud mají obě fovey společný pohledový směr a pokud sítnicové body nasáňně od fovey jednoho oka korespondují se sítnicovými body temporálně od fovey druhého oka. Normální retinální korespondence je jedním ze základních senzoričkých aspektů jednoduchého binokulárního vidění, nezbytných pro jeho správný vývoj a správnou funkci. [1-3]



PAVLINOVIČ,  
Stipe. *Metody a princip přístrojů používaných při vyšetření heteroforií*. Brno, 2011. Bakalářská práce.

Anomální retinální korespondence (ARK)

Retinální korespondence je abnormální, má-li fovea jednoho oka společný pohledový směr s extrafoveolární oblastí druhého oka. Foveolární oblast uchýleného oka je v takovém případě utlumena. Tento stav většinou nastává, pokud je úhle šilhání malý (5-10 pD) a stabilní. [1-3]

Za binokulárních podmínek při anomální retinální korespondenci je přítomen anomální korespondenční vztah mezi pravým a levým okem, kdy spolu fovea vedoucího oka a extrafoveolární oblast uchýleného oka sdílí subjektivní pohledový směr. Za monokulárních podmínek, kdy je vedoucí oko vyřazené, ztrácí však extrafoveolární oblast svou dominanci ve prospěch fovey, která tak získává zpět svůj primární pohledový směr. [1]

Anomální retinální korespondenci je dále možno rozdělit na harmonickou anomální korespondenci (HARK) a disharmonickou anomální retinální korespondenci (DARK). Harmonická anomální retinální korespondence představuje stav, kdy úhel anomálie (velikost korespondenčního „posuvu“) odpovídá objektivnímu úhlu a subjektivní úhel je roven nule. Jinak řečeno fovea vedoucího oka spolupracuje s místem na sítnici uchýleného oka, kde se vytváří obraz pozorovaného předmětu. V případě disharmonické anomální retinální korespondence je úhel anomálie menší než objektivní úhel. Úhel anomálie představuje rozdíl mezi objektivním a subjektivním úhlem deviace. Jedná se tedy o stav, při kterém s foveou vedoucího oka spolupracuje místo uchýleného oka, které leží mezi foveou a místem, kde se vytváří obraz pozorovaného objektu. [1-3]

Kromě NRK, HARK a DARK existuje ještě smíšená retinální korespondence a stav bez korespondence, který je charakteristický pro alternující strabismus u kongenitální esotropie. [3]

Kvalita jednoduchého binokulárního vidění získaného při anomální retinální korespondenci se liší pacient od pacienta, kdy u některých je přítomna i hrubá stereopse, zatímco u dalších je jednoduché binokulární vidění rudimentální. Kvalita binokulárního vidění bývá obvykle nepřímo úměrná velikosti úchylky. [1]

#### Diagnostické metody

Bagoliniho skla [1, 3]

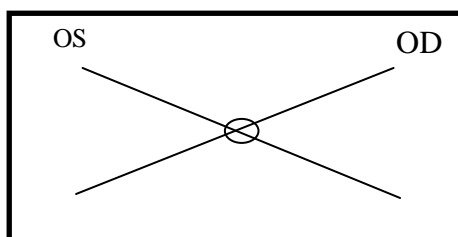
Pacient fixuje na dálku (5 m) i na blízko (33 cm) bodový zdroj světla. Před oči je mu předložena brýlová obruba s planárními rýhovanými skly, kdy pro pravé oko bývá rýhování v ose  $135^\circ$  a pro levé oko v ose  $45^\circ$  (kolmo na sebe). Tyto brýle neovlivňují vidění (pouze pohled jako přes znečištěné brýle) ani akomodaci pacienta. Přes jednotlivá skla je fixované světlo viděno jako linie kolmá na směr rýhování daného skla, takže pravé oko vidí paprsek v ose  $45^\circ$  a levé oko ve  $135^\circ$ . Binokulárně by tyto paprsky měly vytvářet písmeno X.

Interpretace výsledků může být následující:

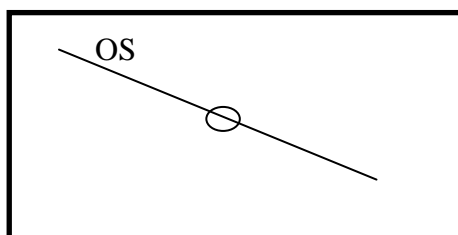
Křížení paprsků v pravém úhlu k sobě navzájem v jednom bodovém světle – do tvaru písmene X →

Pokud je přítomno paralelní postavení a ani zakrývací zkouška neodhalí žádný vyrovnávací pohyb → NRK

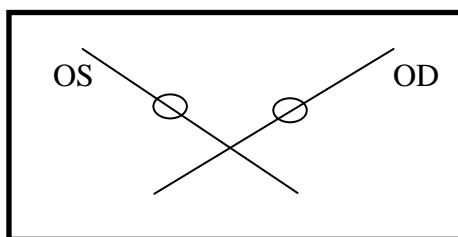
Jestliže zakrývací test odhalí vyrovnávací pohyb nebo je přítomna zjevná úchylka → ARK (HARK)



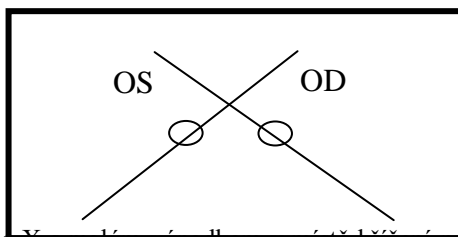
Jedno bodové světlo s jednou linií odpovídající buď pravému, nebo levému oku, nebo jsou viděny střídavě linie pravého a levého oka → Totální útlum daného oka nebo útlum střídavý



Dvě světla, dvě linie a světla jsou viděna nad křížením paprsků → Nezkřížená diplopie u esotropie a NRK



Dvě světla, dvě linie a světla jsou viděna pod křížením paprsků → Zkřížená diplopie u exotropie a NRK

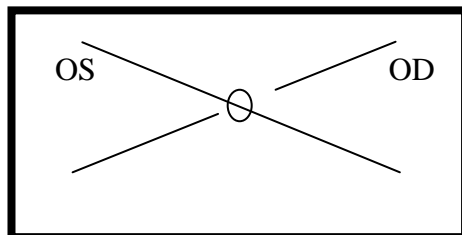


Křížení paprsků do tvaru písmene X s malým výpadkem v místě křížení na linii, která odpovídá oku s malým úhlem šilhání, při zachování periferní fúze →

Foveální supresní skotom (monofixační syndrom) →

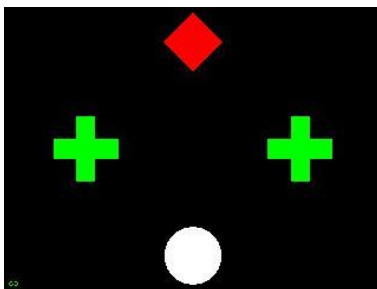
Pokud je přítomno paralelní postavení a ani zakrývací zkouška neodhalí žádný vyrovnávací pohyb → NRK

Jestliže zakrývací test odhalí vyrovnávací pohyb nebo je přítomna zjevná úchylka → ARK (HARK)



Worthova světla [1, 3]

Worthova světla představují anaglyfní test, který je složen z černého pozadí, na kterém se v horizontále nachází dvě zelené značky (většinou ve tvaru křížů), ve vertikále v horní části se nachází červená značka ve tvaru kára a v dolní části je kruhová bílá značka. Pacient značky pozoruje přes červenozelené brýle (nepsaným pravidlem je červený filtr před pravým okem a zelený filtr před levým okem). Za monokulárních podmínek tak pacient pravým okem vidí horní červenou značku a spodní bílou značku, kterou vidí červeně. Levým okem pak vidí vodorovné zelené značky a spodní bílou značku, kterou vidí zeleně. Za fyziologických binokulárních podmínek vidí všechny čtyři značky – dvě horizontálně uložené zelené značky, červenou horní značku a spodní značku, která může být buď bílá (při vyváženém binokulárním vjemu), nebo zelená či červená v závislosti na dominanci oka.

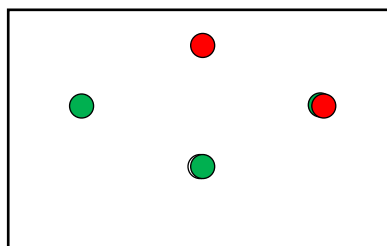


Interpretace testu je následující:

Pacient vidí všechna

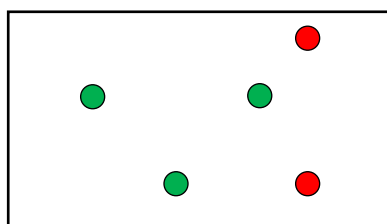
Lucas de Wörth. *Www.oocities.org* [online]. [cit.

2015-07-15]. Dostupné z: <http://www.oocities.org/vberbegal/optoIII.htm>

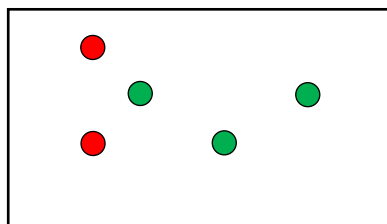


Pacient vidí pět světél a červené značky jsou posunuty směrem doprava od zelených značek →

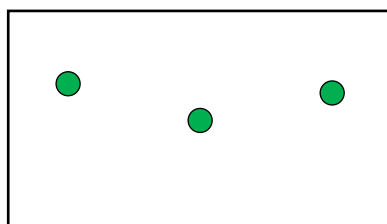
Nezkřížená diplopie u esotropie a NRK



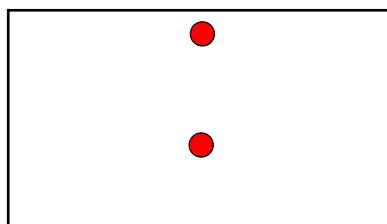
Pacient vidí pět světél a červené značky jsou posunuty směrem doleva od zelených značek →  
Zkřížená diplopie u exotropie a NRK



Pacient vidí tři zelené značky →  
Útlum pravého oka



Pacient vidí dvě červené značky →  
Útlum levého oka



Pacient střídavě vidí dvě červené a tři zelené značky →  
Střídavý útlum

Synoptofor, Troposkop – měření úhlu anomálie [1, 3]

Jako úhel anomálie je označován stupeň posunu pohledového směru, který se stanoví z rozdílu mezi objektivním a subjektivním úhlem úchytky.

Měření objektivní úchytky

Do tubusů přístroje se vloží obrázky pro superpozici (lev a klec) a ramena se nastaví na 0°. Následně se pohybuje obrázkem před nefixujícím okem ve směru úchytky. Nezbytné je současně sledovat rohovkové reflexy a ve chvíli, kdy jsou reflexy umístěny shodně na obou očích, pohyb ramene zastavit. Na stupnici přístroje se poté odečte velikost objektivní úchytky. Měření se provádí, jak v primárním tak sekundárním postavení (nezbytné pro odlišení konkomitantního a paralytického strabismu).

Měření subjektivní úchytky

Opět se využijí obrázky pro superpozici a ramena se nastaví na 0°. Následně dochází k pohybu obrázku před nefixujícím okem, dokud pacient neudá, že se obrázky překryly (lev je v kleci).

Interpretace tohoto testu je následující:

Úhel anomálie = Objektivní úhel – Subjektivní úhel → Rozdíl by neměl být větší než 3°

Subjektivní úhel = Objektivní úhel → NRK

Subjektivní úhel < Objektivní úhel → ARK

Úhel anomálie = Objektivní úhel → HARK

Subjektivní úhel = 0°

Úhel anomálie < Objektivní úhel → DARK

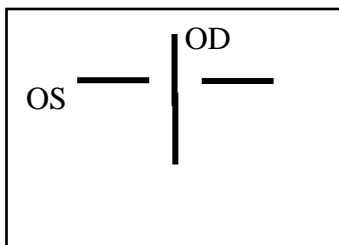
Test následných paobrazů dle Heringa-Bielschowského [1, 3]

Tento test se provádí v zatemnělé místnosti, kdy pacient nejdříve pravým okem sleduje svislou uprostřed přerušenu světelnou štěrbinu po dobu asi 20 sekund. Poté levé oko sleduje stejnou, ale horizontálně uloženou

šterbinu. Vyšetřuje se na vzdálenost 1 metru. Pro správné provedení a následné vyhodnocení je nezbytné důsledné zakrytí oka, které šterbinu zrovna nesleduje. Ve fovee, která má pohledový směr přímo vpřed, se tak vytvoří následný paobraz. Tento paobraz může být pozitivní, nebo negativní. Pozitivní paobraz je tvořen ze světlých čar na tmavém pozadí a vzniká při zavřených očích. Negativní paobraz představují tmavé čáry na světlém pozadí a vzniká při otevřených očích. Délku vyvolaných následných paobrazů a jejich intenzitu je možné zvětšit pomocí přerušovaného osvětlení místnosti nebo mrkáním. K vyvolání následných paobrazů lze také použít i upravený fotografický blesk, ale i moderní synoptofory, ve kterých je test zabudován.

Interpretace testu:

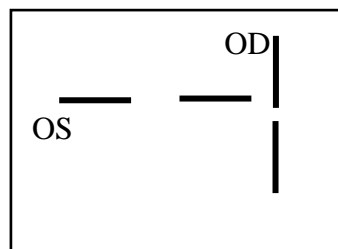
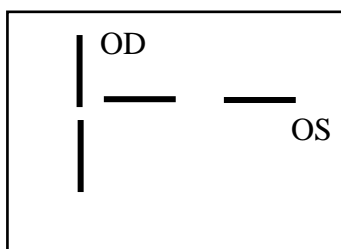
Pacient vidí symetrický kříž s překrývajícími se centrálními mezerami → NRK (obě fovey mají společný pohledový směr; bez ohledu na směr úchytky)



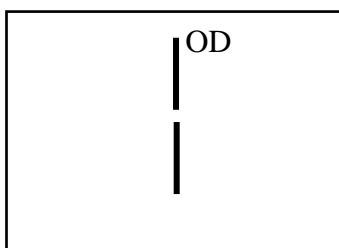
Pacient popisuje asymetrické křížení paobrazů pravého a levého oka do tvaru ležatého písmene T → ARK (fovey nemají společný pohledový směr; velikost asymetrie je určena velikostí úhlu anomálie)

Např.: Esotropie pravého oka → vertikální paobraz posunut doleva

Exotropie pravého oka → vertikální paobraz posunut doprava



Pacient vidí pouze jednu linii s mezerou → útlum druhého oka



Giessenský test (dle Cüpperse) [3]

Test se provádí na vzdálenost 5 metrů, kdy pacient fixuje středové světlo Maddoxova kříže. Před jedno oko se pacientovi předsadí sytě červený filtr. Na druhém, uchýleném oku je vyvolán bleskem následný paobraz. Tento následný paobraz slouží k určení objektivní úchytky, zatímco poloha červeného světla udává subjektivní úchytku očí.

Interpretace testu je následující:

Paobraz i červené světlo jsou viděny ve středu kříže → NRK

Paobraz i červené světlo jsou společně v určité poloze na stupnici ve směru úchytky → NRK (objektivní úhel = subjektivní úhel)

Červené světlo je viděno ve středu stupnice a paobraz se nachází na určitém stupni stupnice → HARK (objektivní úhel – subjektivní úhel = úhel šilhání)

Paobraz se nachází na určitém stupni a červené světlo je viděno na stupnici mezi paobrazem a středem kříže → DARK (objektivní úhel – subjektivní úhel < úhel šilhání)

Swanův anaglyfický test [3]

Test využívá červenozeleňých brýlí, přes které pacient sleduje ze vzdálenosti 1 metru bílé plátно.

Interpretace testu je následující:

Pacient vidí plátно v barvě vedoucího oka, nebo část plátна je viděna v zelené a část v červené barvě u konvergence nezkříženě, u divergence zkříženě (zastoupení polí je různé dle velikosti šilhání) → NRK

Pacient vidí část plátна červeně a část zeleně, ale v případě konvergence zkříženě a v případě divergence nezkříženě → ARK

RED test [1, 3]

Tento test má mnoho podob. V této práci budou zmíněny dvě možnosti provedení.

Vyšetřovaný na vzdálenost 5 metrů sleduje bílé světlo. Nejdříve je pomocí prizmat dorovnána úchylka, následně se před jedno oko předsadí červený filtr. Výsledky mohou být následující:

Pacient vidí jedno růžové světlo → NRK

Pacient vidí jedno červené a jedno bílé světlo u konvergence zkříženě a u divergence nezkříženě → ARK

Vzájemná vzdálenost světél odpovídá úhlu šilhání → HARK

Vzájemná vzdálenost světél je menší než úhel šilhání → DARK

U druhé možnosti pacient opět sleduje bodový zdroj světla na vzdálenost 5 metrů. Před jedno oko se již jen předloží červený filtr. Výsledky mohou být následující:

Pacient vidí jedno červené a jedno bílé světlo u konvergence nezkříženě, u divergence zkříženě → NRK

Pacient vidí pouze jedno růžové světlo → HARK

Pacient vidí jedno červené a jedno bílé světlo u konvergence zkříženě, u divergence nezkříženě a vzájemná vzdálenost světél neodpovídá (je menší) než by se očekávalo v závislosti na velikosti šilhání → DARK

#### Literatura

[1] BHOLA, Rahul. Binocular Vision [online]. 2006 [cit. 2015-07-15]

[2] DOSTÁLEK, Miroslav. Obecná fyziologie binokulárního vidění: Percepční složka I. Litomyšl, 2014

[3] ŠTĚRBOVÁ, Zuzana. Vyšetřovací metody v ortoptice se zaměřením na diagnostiku ARK. Hradec Králové, 2014



## The diagnosis of anomalous retinal correspondence- Bc.Renáta Papcunová

Supervisor: Mgr. Andrea Jeřábková

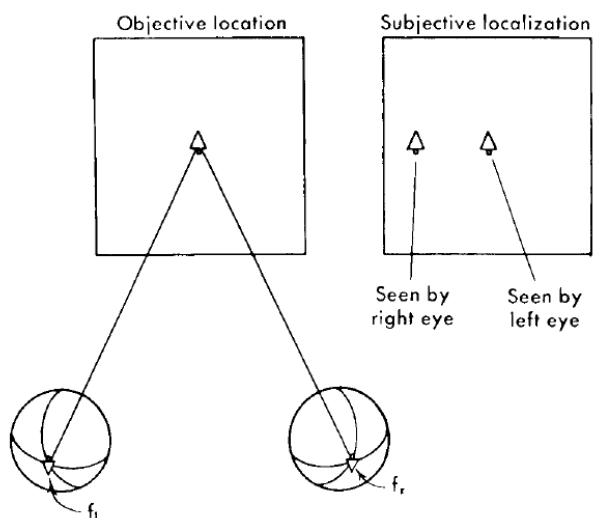
Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

### Introduction

The anomalous (or abnormal) retinal correspondence is subnormal binocular cooperation. It is an alternative adjustment mechanism, which is formed due to prolonged untreated strabismus. [2, 3]

Correct diagnosis of retinal correspondence is important for the decision whether operate the strabismus. If there is stable abnormal retinal correspondence, it may result in a paradoxical fovea-foveolar diplopia especially in adult. The patient cannot suppress this diplopia, that's way there is a significant and irreversible damage the quality of human life. [3]



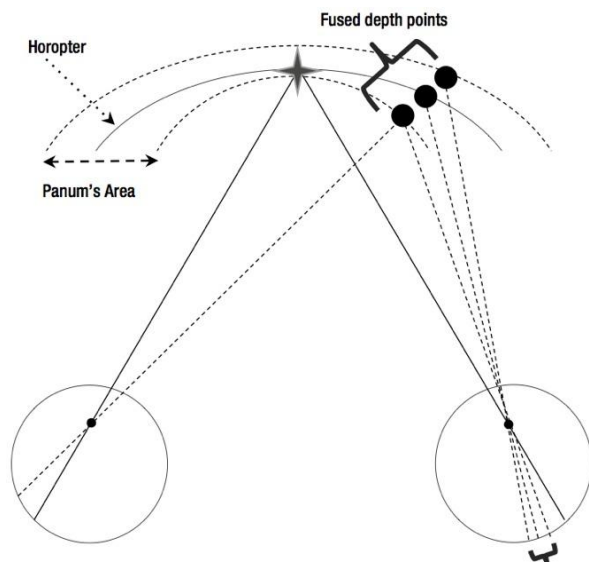
NOORDEN, Gunter K a E VON  
CAMPOS. *Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus*. 6th ed. St. Louis, Mo.: Mosby, c2002, xvi, 653 p. ISBN 03-230-1129-2

### Retinal correspondence

When the object in space is fixed under physiological conditions, its image simultaneously falls on the fovea of both the eyes. Foveae of both eyes share main subjective visual direction and create the corresponding main points. The object in space is seen singly, when its images fall on corresponding retinal points. Not only fixed objects are also seen singly. The images of these objects fall on the corresponding points with the same local relationship relative to the foveae. [1-3]

All other points, relative to the specific retinal point of second eye for specific visual direction, are called non-corresponding (or disparate). If the image of the object in space falls on disparate retinal points, contradiction of localization (disparity) between both eyes is formed and the object is seen double. [1-3]

The area consisting of points, which images fall on corresponding retinal points of both eyes, is called as horopter. All the points not lying on the horopter are imaged by disparate retinal elements and they generate a certain level of disparity. If the disparity is small, the brain is able to fusion and due to point in space is seen singly. This small disparity is basis for stereoscopic vision. Area around horopter, from which stereoscopic vision is possible, is called Panum's area. [1-3]

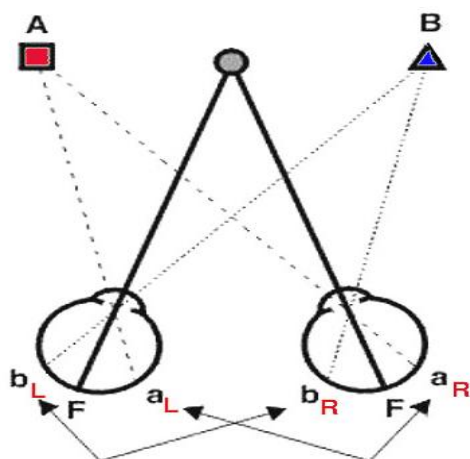


Computer Vision Metrics. *Www.embedded-vision.com* [online]. 2015 [cit. 2015-07-15]. Dostupné z: <http://www.embedded-vision.com/platinum-members/embedded-vision-alliance/embedded-vision-training/documents/pages/computer-vision-metrics-Ch1PtC>

Retinal correspondence can be of two types:

Normal retinal correspondence (NRC)

Retinal correspondence is called normal when both the fovea have a common visual direction and the retinal elements nasal to the fovea in one eye corresponds to the retinal elements temporal to the fovea in the other eye. Normal retinal correspondence is one of the basic sensory aspects of binocular single vision. It is important for its correct development and function. [1, 3]



PAVLINOVIĆ,

Stipe. *Metody a princip přístrojů používaných při vyšetření heteroforií*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Masarykova univerzita

Abnormal retinal correspondence (ARC)

Retinal correspondence is abnormal when the fovea of one eye has a common visual direction with an extrafoveal area in the other eye. Foveolar area of squinting eye is suppressed in this case. This is generally seen if the angle of deviation is small ( $5-10^\circ$ ) and stable. [1-3]

In ARC under binocular conditions the fovea and the extrafoveal point share the common subjective visual direction. But when the normal eye is closed the extrafoveal element loses any advantage over the fovea of that eye, which retains its primary visual direction. [1]

Abnormal retinal correspondence can be divided into harmonious ARC and unharmonious ARC. The harmonious ARC is a state, when the angle of anomaly (it is degree of shift in visual direction) corresponds with the objective angle and subjective angle is zero. In other words, the fovea of leading eye cooperates with spot on the retina of squinting eye, where the image of the observed object falls. In case of unharmonious ARC the angle of anomaly is smaller than objective angle and the angle of anomaly is determined by calculating the difference between the objective and subjective angles of deviation. It is condition, when fovea of leading eye cooperates with spot on the retina of squinting eye and this spot lies between the fovea and the place, where image of the observed object falls. [1-3]

Expect NRC, harmonious and unharmonious ARC there are also mixed retinal correspondence and state without correspondence (it is typical for alternating strabismus at congenital esotropia) [3]

The quality of binocular single vision obtained in ARC varies from patient to patient, in some cases there is useful gross stereopsis while in the others binocular vision is rudimentary. The quality of binocular vision is usually inversely proportional to the angle of deviation. [1]

Diagnostic methods

Bagolini 's striated glasses test [1, 3]

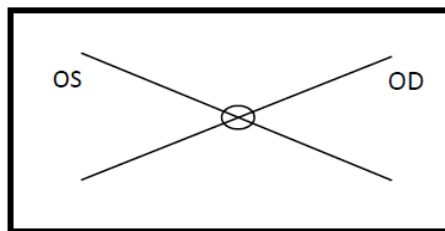
The patient fixates a small light (for distance or near) after being provided with plano lenses with narrow fine striations across one meridian (usually 135° OD and 45° OS). These glasses do not affect the vision or the accommodation of the patient. Fixed light through these glasses is seen as a line perpendicular to the striations. The right eye sees a line at 45 degree and the left eye at 135 degree. These lines should create letter X.

The interpretation of this test is as follows:

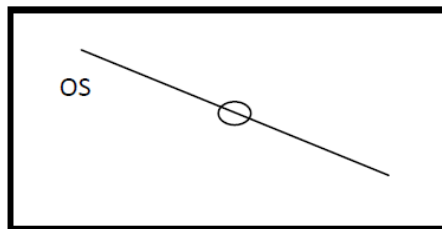
Crossing of the lines at right angles to each other

If cover test reveals no shift → NRC

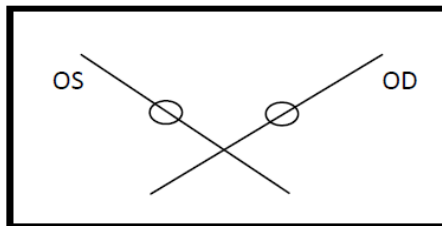
If cover test reveals a shift → harmonious ARC



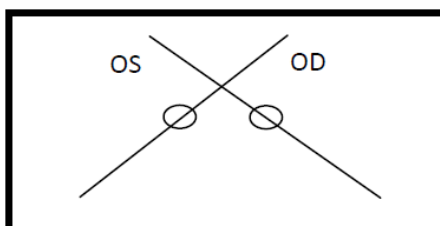
Single light with single line for the right or left eye or lines for the right and left eye are seen alternately → Total suppression or alternate suppression



Two lights, two lines and these lights are above the intersecting lines → uncrossed diplopia in esotropia and NRC



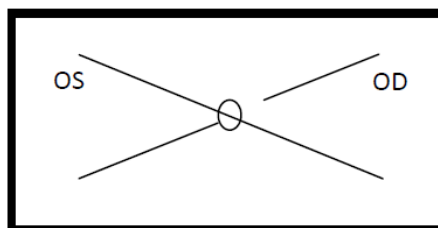
Two lights, two lines and these lights are below the intersecting lines → crossed diplopia in exotropia and NRC



Foveal suppression scotoma (fixation point scotoma) with peripheral fusion

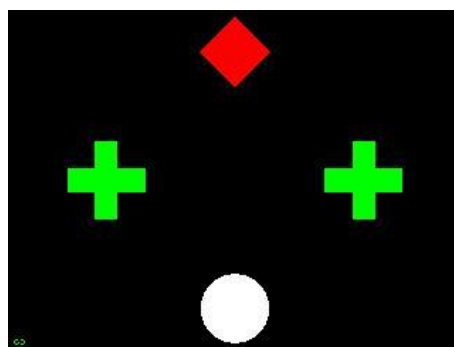
If no shift occurs with cover test → NRC

If shift occurs with cover test → ARC



Worth four dot test [1, 3]

This is anaglyphic test, which is composed of a black background with two horizontal green marks, vertical upper red mark and lower white mark. The patient wears red and green goggles (as a convention red in front of right and green in front of left). Under monocular conditions, the patient's right eye sees upper red mark and lower white mark, which is red. Left eye sees horizontal green marks and lower white mark, which is green. Under physiological binocular condition patient sees all four marks – two horizontal green marks, upper red mark and lower mark, which can be white (at balanced binocular condition) or red or green by ocular dominance.



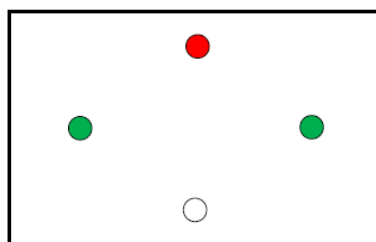
Lucas de Wörth. *Www.oocities.org* [online]. [cit. 2015-07-15]. Dostupné z: <http://www.oocities.org/vverbegal/optoIII.htm>

The interpretation of this test is as follows:

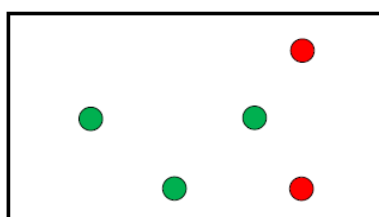
The patient sees all the four dots

No manifest deviation → NRC

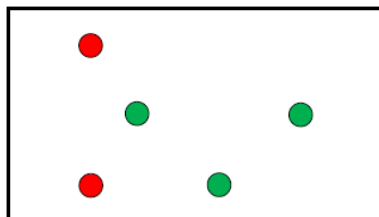
Manifest squint → harmonious ARC



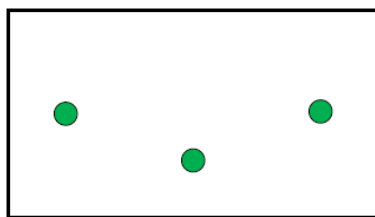
The patient sees five dots and red marks appear to the right of the green dots → Uncrossed diplopia in esotropia and NRC



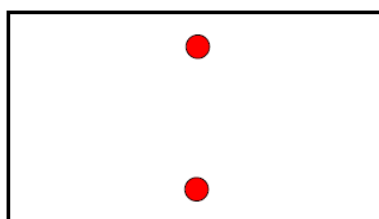
The patient sees five dots and red marks appear to the left of the green dots → crossed diplopia in exotropia and NRC



The patient sees three green dots → suppression of right eye



The patient sees two red dots → suppressions of left eye



The patient sees two red dots and three green dots alternately → alternate suppression

Synaptophore - Measurement of angle of anomaly [1, 3]

The angle of anomaly denotes the degree of shift in visual direction. It is determined by calculating the difference between the objective and subjective angles of deviation.

Measuring the objective angle:

Images for superpositions are used for this. The arms of the synaptophore are set at zero. Both of the arms of the instrument are moved in the direction of deviation. It is important to monitor corneal reflexes and at a time when reflexes are equally positioned in both eyes, the movement of the arms are stopped. The objective angle is deduced on a scale of synaptophore.

Measuring the subjective angle:

Images for superpositions are used for this, too. The arms of the synaptophore are set at zero. Both the arms of the instrument are moved until patient indicates that images are overlaid. The subjective angle is deduced on a scale of synaptophore.

The interpretation of this test is as follows:

Angle of anomaly = objective angle – Subjective angle → the difference should not be greater than 3 degrees

If subjective angle = Objective angle → NRC

If subjective angle < Objective angle → ARC

If angle of anomaly = Objective angle → Harmonious ARC

Subjective angle = 0 degree

If angle of anomaly < Objective angle → Unharmonious ARC

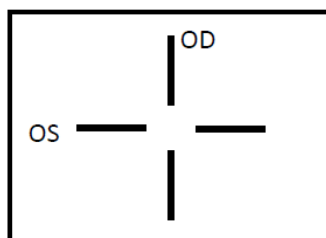
Hering Bielschowsky after-image test [1, 3]

This test is done in a darkened room. At first patient watches vertical light slot with interruption in the middle for 20 second. Then the patient watches horizontal slot for 20 second. This examination is done at the distance of 1 meter It is very important to properly cover the eye which is not observing.. In fovea the afterimage is formed. This afterimage may be positive or negative. Positive afterimage is formed by light lines on a dark background and it

occurs when the eyes are closed. Negative afterimage is formed by dark lines on a light background and it occurs when the eyes are open. The duration and intensity of the afterimage can be increased by intermittent lighting or blinking. Adjusted photographic flash can also be used for creating the afterimages. This test is also part of the modern synaptophore.

The interpretation of this test is as follows:

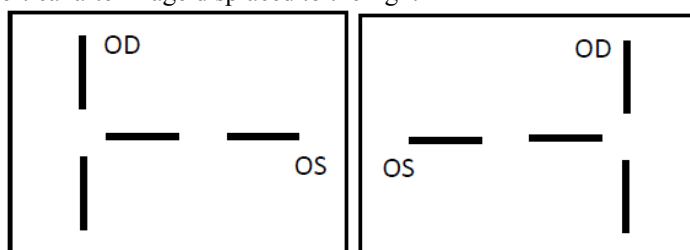
A symmetrical cross with central gaps superimposed → NRC



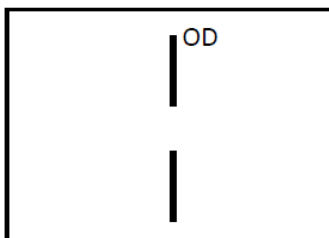
Asymmetrical crossing → ARC

For example: Esotropia of right eye → vertical afterimage displaced to the left

Exotropia of right eye → vertical afterimage displaced to the right



Single line with a gap → suppression in the fellow eye



Test of Cüppers [3]

This test is done at a distance of 5 m. The patient fixates the central light of Maddox scale. Red filter placed in front of the one patient's eye. On the second squinting eye the afterimage is done by flash. This afterimage defines the objective angle and location red light defines subjective angle.

The interpretation of this test is as follows:

The afterimage and red light are seen in the middle of scale → NRC

The afterimage and red light are seen together in a certain position of the scale in the direction of deviation → NRC

Red light is seen in the middle of scale and the afterimage is at some point on the scale → harmonious ARC

The afterimage is seen at some point of scale and red light is between afterimage and center of scale → unharmonious ARC

Swan's anaglyphic test [3]

The patient wears red and green goggles. The patient watches white canvas from a distance of 1 meter.

The interpretation of this test is as follows:

The patient sees the canvas in the color of dominant eye, or a part of the canvas is red and second part is green uncrossed in esotropia, crossed in exotropia → NRC

The patient sees a part of canvas red and second part green crossed in esotropia, uncrossed in exotropia → ARC

RED test [1, 3]

This test has multiples forms. In this work we will mention only two design options.

In the first option, the patient watches white light from a distance of 5 meters. First, the deviation is compensated by using prisms, next red filter is placed in front of one eye. The interpretation of this test is as follows:

The patient sees only one pinkish light → NRC

The patient sees one red and one white light crossed in esotropia and uncrossed in exotropia → ARC

The mutual distance of the lights is the same as the angle of deviation → harmonious ARC

The mutual distance of the lights is smaller than the angle of deviation → unharmonious ARC

In the second option, the patient watches light from a distance of 5 meters. Only red filter is placed in front of one eye. The interpretation of this test is as follows:

The patient sees one red and one white light uncrossed in esotropia and crossed in exotropia → NRC

The patient sees only one pinkish light → harmonious ARC

The patient sees one red and one white light crossed in esotropia and uncrossed in exotropia and the mutual distance of the light is smaller than would be expected according to the size of deviation → unharmonious ARC

[1] BHOLA, Rahul. Binocular Vision [online]. 2006 [cit. 2015-07-15]

[2] DOSTÁLEK, Miroslav. Obecná fyziologie binokulárního vidění: Percepční složka I. Litomyšl, 2014

[3] ŠTĚRBOVÁ, Zuzana. Vyšetřovací metody v ortoptice se zaměřením na diagnostiku ARK. Hradec Králové, 2014

## 5. Vizuální optometrie- Bc.Soňa Kervitcerová

Vedoucí projektu: Mgr. Jitka Krasňanská, Ph.D.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

---

### ÚVOD A HISTORIE

Za otce vizuální optometrie je považován Dr. A. M. Skeffington. Narodil se 28. srpna 1890 v Kansas City a zemřel 3. března 1976 v Saint Louis. Svůj život zasvětil zdokonalení optometrie. Vytvořil koncept, podle kterého je vidění naučená dovednost a díky správnému tréninku mohou lidé vidět efektivněji.



Obrázek 1: A. M. Skeffington

V roce 1917 dokončil studium na Needles Institute of Optometry v Kansas City. Poté si pronajal malou jednopatrovou budovu v Kerney a otevřel první výhradně optometrickou praxi ve státě.

Spolu se svou ženou Mary Jane podnikl v roce 1922 cestu na východ Spojených států, kde navštívil kolegy z oboru. Byl šokován jejich špatnou praxí a nedostatkem informací.

V roce 1923 se konal Western States Congress v Denveru. Cílem bylo, aby si optometristé vzájemně vyměnili své nápady. Pan Skeffington byl rozčarován, protože někteří přednášející hovořili o metodách diagnostiky a léčby, které podle něj nefungují. Později ho Kansas Optometric Association požádala o zopakování přednášek, které měl v Denveru. Odpověděl, že nechce přednášet, ale spíše předvádět praxi s využitím pacientů a u toho diskutovat s přihlížejícími.

Každoroční zasedání American Optometric Association se v roce 1924 konalo v Kansas City. Skeffington se zde seznámil s E. B. Alexanderem. Oba vystupovali v první oficiální demonstraci proti některým konvencím American Optometric Association.

Skeffington se rozhodl v roce 1926 zavřít svou optometrickou praxi v Kearney. Vznikla formální asociace mezi Alexandrovou vysoce organizovanou Southwest Oklahoma Study Group a Oklahoma Extension Program, který byl rozšířením Oklahoma Optometric Association's education program.

Název Optometric Extension Program (OEP) byl poprvé použit v roce 1928. Skeffington se stal ředitelem vzdělávání, cestoval a setkával se s optometristy na kongresech a seminářích.

V polovině 20. let a na začátku 30. let 20. století bylo optometrické vzdělávání neorganizované. Každá škola učila „svou vlastní optometrii“. Proto bylo vytvořeno tzv. 21 bodové vyšetření (21 Points Examination), které začalo využívat mnoho optometristů a bylo začleněno i do osnov některých škol.

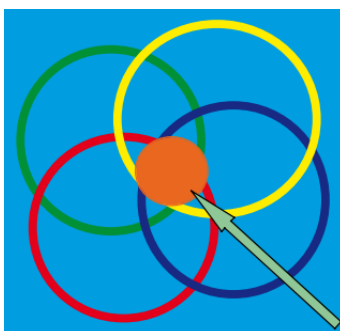
Skeffington se svými spolupracovníky pořádal konference, kterých se účastnili nejen optometristé, ale i odborníci z jiných oblastí (zejména experimentální psychologové a neurologové). Rozvíjela se radikální teorie, že vidění je naučená dovednost a díky správnému tréninku mohou lidé vidět efektivněji. Kvůli odlišení od ortoptiky (zabývá se oslabením očních svalů) Skeffington používal termín zrakový trénink.

Harmon upozornil Skeffingtona, že by měl brát v úvahu faktory životního prostředí. Jímí autoři zdůrazňovali, že vidění je dynamický proces, na kterém se podílí celé tělo a u kterého musí spolupracovat somatický a autonomní nervový systém.

Na Northwestern Congress v roce 1975 měl pan Skeffington svou poslední prezentaci. Parkinsonova nemoc mu však již nedovolila mluvit, proto pouze napsal prohlášení o své profesi.



M. Skeffington v 50. letech minulého století popsal model vidění jako spolupráci smyslů celého těla. Skeffingtonův model si lze představit jako 4 kruhy mající společný průnik.



Obrázek 2: Skeffingtonův model (zelená – antigravitace, žlutá – centrování, modrá – identifikace, červená – interakce, oranžový střed – optimální vidění)

Kruh	Odpověď na otázku
Antigravitace	Kde se nacházím?
Centrování	Kde to je vzhledem k mé poloze?
Identifikace	Co to je?
Interakce	Jaký je?

Tabulka 1: Kruhy podle Skeffingtonova modelu

## DIAGNOSTIKA A OBECNÝ LÉČEBNÝ POSTUP

### DIAGNOSTIKA

#### STANOVENÍ REFRAKČNÍ VADY

Po důkladné anamnéze je zapotřebí stanovit refrakční vadu. Používá se plná plusová korekce s binokulárním vyvážením.

#### POSOUZENÍ NESTRABICKÝCH PORUCH BINOKULÁRNÍHO VIDĚNÍ

Zhodnocení binokulárního vidění zahrnuje několik kroků.

První částí testování je měření velikosti a směru forie na dálku a na blízko a AC/A poměru. Řadíme sem zakrývací test, von Graefeho test, modifikovaný Thoringtonův test a testování fixační disparity.

Druhou částí je stanovení pozitivní a negativní fúznívergence pomocí přímých a nepřímých měření. Mezi přímá měření patří postupné (smooth) a krokové (step) testování fúznívergence a dále testování vergenční schopnosti. Mezi nepřímá měření patří negativní relativní akomodace (NRA), pozitivní relativní akomodace (PRA), fúzovaný zkřížený cylindr, binokulární akomodační schopnost (BAF = binocular accommodative facility) a metoda monokulárního odhadu (MEM = monocular estimation method). Testy se provádějí za binokulárních podmínek, proto mohou být jejich výsledky použity k potvrzení nebo popření hypotézy o poruše binokulárního vidění.

Třetí částí je amplituda konvergence, obecně známá jako blízký bod konvergence. Tento test je obzvláště důležitý při diagnostice jedné z nejběžnějších poruch binokulárního vidění – insuficience konvergence.

Poslední část, která by měla být zhodnocena, je senzoričský status. Primárně se jedná o testování suprese (Worthův test) a stereopse.

Kompletní posouzení binokulárního vidění by mělo zahrnovat všechny čtyři popsané části.

Měření velikosti a směru forie na dálku a na blízko a AC/A poměr	Zakrývací test Von Graefeho test Modifikovaný Thoringtonův test Testování fixační disparity
Stanovení pozitivní a negativní fúznívergence	Přímá měření Postupné (smooth) testování Krokové (step) testování Testování vergenční schopnosti Nepřímá měření Negativní relativní akomodace Pozitivní relativní akomodace

	Fúzovaný zkřížený cylindr Binokulární akomodační schopnost Metoda monokulárního odhadu
Amplituda konvergence	Blízký bod konvergence
Senzorický status	Testování suprese (Worthův test) Testování stereopse

Tabulka 2: Posouzení nestrabických poruch binokulárního vidění

### POSOUZENÍ PORUCH AKOMODACE

Zhodnocení akomodačních funkcí zahrnuje měření akomodační amplitudy (push-up test, minus lens test), akomodační schopnosti (testování s  $\pm 2,0$  čočkami) a akomodační odpovědi (metoda monokulárního odhadu).

Byla provedena studie zabývající se vztahem mezi uvedenými třemi oblastmi akomodace. Do studie bylo zahrnuto 200 dětí (bez šilhání a významné nekorigované refrakční vady). Pouze 4 % z nich měla deficity ve všech třech oblastech akomodace. Není tedy možné spoléhat na to, že pokud je v pořádku výsledek jedné části, tak budou v pořádku i výsledky ostatních částí. Měly by být proto vyšetřovány všechny tři uvedené oblasti akomodace.

Akomodační amplituda	Push-up test Minus lens test
Akomodační schopnost	Testování s $\pm 2,0$ čočkami
Akomodační odpověď	Metoda monokulárního odhadu

Tabulka 3: Posouzení poruch akomodace

### ZHODNOCENÍ OČNÍCH POHYBŮ

Vyšetření očních pohybů zahrnuje tři kroky – posouzení stability fixace, funkce sakád a sledovacích pohybů. Okulomotorické poruchy mohou odrážet vážné onemocnění centrálního nervového systému, funkční nebo vývojové problémy. Je důležité zvážit, zda abnormality nevyžadují neurologickou konzultaci.

Stabilita fixace	Sledování fixace po dobu 10 s
Sakády	Vývojový oční pohyb Readalyzer nebo Visagraph II NSUCO okulomotorický test
Sledovací pohyby	NSUCO okulomotorický test

Tabulka 4: Zhodnocení očních pohybů

(NSUCO = Northeastern State University College of Optometry)

### ANALÝZA PŘÍPADŮ A KLASIFIKACE

V optometrické literatuře bývá uváděno několik postupů analýzy. Každý má své výhody a nevýhody. Mezi čtyři nejčastější patří grafická analýza, analytická analýza (OEP = Optometric Extension Program), Morganova analýza a analýza fixační disparity.

Existuje také integrační postup analýzy, který se snaží využít co nejvíce výhod ostatních postupů (a vyhnout se jejich nevýhodám). Využívá konceptu OEP (stav zrakového systému se zhoršuje s časem, problémům se zrakem lze předcházet), Morganovy analýzy (je důležité sledovat skupinu parametrů, nejen jeden parametr), analýzy fixační disparity (vyšetření za binokulárních podmínek) a zahrnuje také analýzu akomodační schopnosti, vergenční schopnosti, MEM, oční motoriky. Integrační postup se skládá ze tří kroků – porovnání individuálních hodnot s normami, seskupení hodnot odchylojících se od normy, identifikace syndromu.

Často používaná je Duanova klasifikace, která rozlišuje insuficienci konvergence, exces konvergence, insuficienci divergence, exces divergence. Binokulární poruchy jsou popsány v závislosti na typu heteroforie naměřené na dálku a na blízko. Duanova klasifikace však má svá omezení. Nabízí pouze čtyři případy, v praxi se však setkáváme s řadou dalších. Například Wick upozornil na skutečnost, že neexistuje kategorie pro stejnou odchylku na dálku a na blízko. Dále není uvažována porucha fúznívergence.

Insuficience konvergence
Exces konvergence
Insuficience divergence
Exces divergence

Tabulka 5: Duanova klasifikace

Wick proto popsal alternativní klasifikační systém binokulárních poruch představující rozšíření Duanovy klasifikace. Je založen na posouzení forie na dálku (tonické vergence) a AC/A poměru. Dle tohoto klasifikačního systému existuje devět možných případů, které jsou rozděleny do tří hlavních kategorií na základě AC/A poměru – nízký AC/A poměr, normální AC/A poměr, vysoký AC/A poměr. Každá tato kategorie zahrnuje tři případy – ortoforii, exoforii, esoforii na dálku (insuficience a exces konvergence (dva typy insuficience a excesu konvergence), insuficience a exces divergence, dále porucha fúzní vergence, základní exoforie a esoforie).

Všechny výše uvedené binokulární poruchy jsou horizontální heteroforie. Mohou se ale vyskytnout také vertikální heteroforie – pravá a levá hyperforie.

Horizontální a vertikální heteroforie doplňuje akomodační klasifikační systém. Jeho původním autorem je Donders, rozšířen byl Duke-Elderem a Abramsem. Zahrnuje insuficienci akomodace, porušenou akomodaci, exces akomodace a neschopnost akomodace.

Posledním skupinou jsou okulomotorické poruchy týkající se problémů s fixací, sakádami a sledovacími pohyby.

Binokulární poruchy	Nízký AC/A poměr Ortoforie na dálku – insuficience konvergence Exoforie na dálku – insuficience konvergence Esoforie na dálku – insuficience divergence Normální AC/A poměr Ortoforie na dálku – porucha fúzní vergence Exoforie na dálku – základní exoforie Esoforie na dálku – základní esoforie Vysoký AC/A poměr Ortoforie na dálku – exces konvergence Esoforie na dálku – exces konvergence Exoforie na dálku – exces divergence
Vertikální poruchy	Pravá a levá hyperforie
Akomodační poruchy	Insuficience akomodace Porušená akomodace Exces akomodace Neschopnost akomodace
Okulomotorické poruchy	Okulomotorické poruchy

Tabulka 6: Klasifikace binokulárních, akomodačních a okulomotorických poruch

## OBEČNÝ POSTUP LÉČBY

Byly vytvořeny dotazníky, které se používají ke zhodnocení symptomů a kvality života před a po léčbě. Prvním z nich je Convergence insufficiency symptom survey= CISS (Convergence insufficiency treatment trial = CITT) a druhým College of optometrists in vision development quality of life outcomes assessment=COVD-QOL).

## DOTAZNÍKY

### CONVERGENCE INSUFFICIENCY SYMPTOM SURVEY = CISS

Dotazník CISS umožňuje analyzovat přítomnost a frekvenci výskytu příznaků. Skládá se z 15 otázek, pacient vždy vybere jednu z pěti možných odpovědí. Každá odpověď je bodována od 0 do 4 (0 = nikdy, 1 = zřídka, 2 = někdy, 3 = poměrně často, 4 = vždy). Sečtením bodů ze všech 15 otázek získáme CISS skóre (nejnižší možný výsledek je 0 = bez symptomů, nejvyšší možný výsledek je 60 = všechny symptomy). Za normu považujeme u dětí od 9 do 17 let CISS skóre nižší než 16 a u dospělých nad 18 let CISS skóre nižší než 21.

Jméno a příjmení:	Datum:
-------------------	--------

		nikdy	zřídka	někdy	poměrně často	vždy
1.	Jsou Vaše oči unavené při čtení nebo práci na blízko?					
2.	Je pro Vaše oči nepříjemné čtení nebo práce na blízko?					
3.	Máte bolesti hlavy při čtení nebo práci na blízko?					
4.	Cítíte se unaveně při čtení nebo práci na blízko?					
5.	Ztrácíte koncentraci při čtení nebo práci na blízko?					
6.	Máte problém si zapamatovat co jste četl?					
7.	Máte dvojité vidění při čtení nebo práci na blízko?					
8.	Zdá se Vám, že se slova na stránce pohybují, skáčou, plavou, vznášejí?					
9.	Máte pocit, že čtete pomalu?					
10.	Bolí Vás oči při čtení nebo práci na blízko?					
11.	Jsou Vaše oči citlivé při čtení nebo práci na blízko?					
12.	Máte pocit tahu kolem očí při čtení nebo práci na blízko?					
13.	Máte pocit, že jsou slova rozmazaná?					
14.	Ztrácíte své místo při čtení nebo práci na blízko?					
15.	Čtete opakovaně stejný řádek slov?					

Obrázek 3: Dotazník CISS

COLLEGE OF OPTOMETRISTS IN VISION DEVELOPMENT QUALITY OF LIFE OUTCOMES ASSESSMENT = COVD-QOL

Původně byl dotazník COVD-QOL vyvinut s 30 otázkami, později došlo k redukci na 19 otázek. Bylo prokázáno, že i zkrácená forma je dostatečně spolehlivá. U každé otázky pacient vybere z pěti možných odpovědí (nikdy, zřídka, někdy, poměrně často, vždy). Možnosti jsou opět skórovány od 0 (nikdy) do 4 (vždy). Z toho vyplývá, že nejnižší skóre je 0 a nejvyšší skóre je 76. Výzkumy ukazují, že skóre 20 a více svědčí pro signifikantní symptomy.

Jméno a příjmení:		Datum:				
		nikdy	zřídka	někdy	poměrně často	vždy
1.	Bolesti hlavy při práci na blízko					
2.	Slova při čtení běhají					
3.	Pálení, svědění, slzení očí					
4.	Přeskakování / opakování řádků při čtení					
5.	Naklánění hlavy / zavírání jednoho oka při čtení					
6.	Obtížné opisování z tabule					
7.	Vyhýbání se čtení nebo práci na blízko					
8.	Vynechávání malých slov při čtení					
9.	Psaní do kopce / z kopce					
10.	Nevyrovnané číslice / sloupce čísel					
11.	Nižší porozumění při čtení					
12.	Držení čteného textu příliš blízko					
13.	Potíže s udržením pozornosti při čtení					
14.	Potíže s plněním úkolů na čas					
15.	Vždy říká "mohu" před pokusem					
16.	Nešikovný					
17.	Neorientuje se v čase					
18.	Ztrácí věci					
19.	Zapomnětlivý / špatná paměť					

Obrázek 4: Dotazník COVD-QOL  
 OBECNÁ SEKVENCE LÉČEBNÉHO POSTUPU U AKOMODATIVNÍCH A NESTRABICKÝCH PORUCH BINOKULÁRNÍHO VIDĚNÍ

Sekvenci léčebného postupu určuje velikost AC/A poměru.

#### Sekvence

optická korekce ametropie  
přidání čoček  
prizma  
okluze  
zraková terapie  
chirurgie

### OPTICKÁ KOREKCE AMETROPIE

Hypermetropie	+ 1,5 D nebo více
Myopie	- 1,0 D nebo více
Astigmatismus	- 1,0 D nebo více
Anisometropie	1,0 D rozdíl ve sféře nebo cylindru

Tabulka 7: Významné refrakční vady

### PŘIDÁNÍ ČOČEK

Exces konvergence
Základní esoforie
Akomodační insuficience
Porušená akomodace

Tabulka 8: Přidávání spojných čoček

Vysoká exoforie
Exces divergence

Tabulka 9: Přidávání rozptylných čoček

### PRIZMA

Horizontální ulevující prizma
Vertikální ulevující prizma
Prizma používané jako pomůcka na začátku zrakové terapie
Prizma používané na konci zrakové terapie

Tabulka 10: Situace, ve kterých může být užitečně použito prizma

### OKLUZE

Okluze je běžně používanou možností léčby u strabizmu a přidružených stavů (amblyopie, excentrická fixace, suprese, anomální korespondence). Někdy se používá také u pacientů s heteroforií.

### ZRAKOVÁ TERAPIE

Velké procento pacientů s poruchami akomodace nebo binokulárního vidění nemůže být úspěšně léčeno pouze čočkami a prizmaty (v podstatě pouze insuficience akomodace, insuficience divergence, exces konvergence, základní esoforie, vertikální heteroforie). Zraková terapie je vhodná u insuficience konvergence, excesu divergence, poruchy fúznívergence, základní exoforie, excesu akomodace, neschopnosti akomodace, okulomotorických poruchách.

Kategorizace zrakové terapie – přístroje a postupy

Rozlišujeme dvě základní kategorie – přístrojová (instrument training) a prostorová (free spacetraining). U řady přístrojů a postupů není zcela jednoznačné, do které kategorie patří. Scheiman proto doporučuje klasifikaci založenou na typu používaných pomůcek.

Klasifikace dle Scheimana  
anaglyfní a polarizační filtry  
čočky, prizmata a zrcadla  
přepážky a otvory  
papír, tužka a různé úkoly  
stereoskopy  
následné obrazy, entopické fenomény a elektrofyziologické metody

#### CHIRURGIE

Chirurgická terapie není příliš obvyklá. Indikuje se především u velmi vysokých forií (pokud je velikost horizontální úchylny větší než 30 Δ, bývá konzervativní terapie neúspěšná).

#### POUŽITÁ LITERATURA

Scheiman Mitchel, Wick Bruce; Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders; Lippincott Williams & Wilkins, Wolters Kluwer; 2008; ISBN-13: 978-7817-7784-1

Vymyslický Ivan; Česká oční optika 3/2007

Vymyslický Ivan; Česká oční optika 2/2008

Cox James; A. M. Skeffington, O.D. – The Man; Journal of behavioral optometry; 1996; Dostupné na: <http://www.oepf.org/sites/default/files/journals/jbo-volume-8-issue-1/8-1%20Cox.pdf>

## Visual optometry - Bc. Soňa Kervitcerová

Supervisor: Mgr. Jitka Krasňanská, Ph.D.:

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

### INTRODUCTION AND HISTORY

Dr. A. M. Skeffington is considered the father of visual optometry. He was born in Kansas City, Missouri on August 28, 1890 and died in St. Louis on March 3, 1976. He dedicated his life to the betterment of optometry. He developed the concept that vision is a learned skill and through right training people could see more efficiently.



Figure: A. M. Skeffington

In 1917 he graduated from the Needles Institute of Optometry Needles in Kansas City. Then he rented a small one story building in Kerney and opened the first exclusively optometric practice in the state.

Together with his wife Mary Jane made in 1922 a tour of the eastern United States, where he visited colleagues. He was shocked by their poor practices and lack of information.

In 1923 was held Western States Congress in Denver. The aim was that optometrists mutually exchange their ideas. Mr. Skeffington was frustrated because some of the speakers talked about the methods of diagnosis and treatment which are according to him non-functional. Later he was requested by Kansas Optometric Association to repeat his Denver lectures. He replied that he would not lecture, but rather to demonstrate the practice of using patients and discuss it with onlookers.

The annual meeting of the American Optometric Association in 1924 was held in Kansas City. Skeffington here met with E. B. Alexander. Both were featured in the first official demonstration against some conventions of the American Optometric Association.

Skeffington decided in 1926 to close his optometric practice in Kearney. Established a formal association between Alexander's highly organized Southwest Oklahoma Study Group and Oklahoma Extension Program, which was an expansion of the Oklahoma Optometric Association's education program.

The name Optometric Extension Program (OEP) was first coined in 1928. Skeffington became director of education, traveled and met with optometrists at conferences and seminars.

In the middle 1920s and early 1930s optometric education was disorganized. Each college taught „its own optometry”. Therefore it was created 21 Points Examination, which began to use many optometrists and was incorporated into the curriculum of some schools.

Skeffington and his colleagues organized the conferences, which were attended not only by optometrists, as well as experts from other areas (especially experimental psychologists and neurologists). He developed the radical theory that vision is a learned skill and through right training people could see more efficiently. To differentiate it from orthoptics (dealing with the weakening of the eye muscles) Skeffington used the term visual training.

Harmon taught Skeffington to consider the environmental factors. Other authors emphasized, that vision is dynamic process involving a full body and for which must work together somatic and autonomic nervous system.

On the Northwestern Congress in 1975 had Mr. Skeffington his last presentation. Parkinson's disease would not let him speak therefore he only wrote a statement about his profession.

M. Skeffington in the 50s of last century described the vision as a cooperation senses of the all body. Skeffington's model can be thought as the 4 circles having a common intersection.



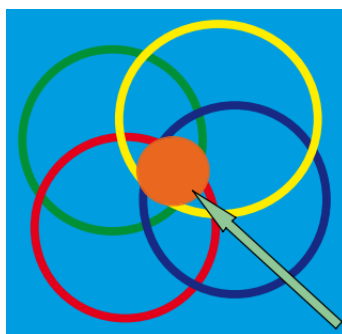


Figure 2: Skeffington's model (green – Antigravity, yellow– centering, blue – identification, red – interaction, orange middle – optimal vision)

Circle	Answer to question
Antigravity	Where am I?
Centering	Where it is due to my position?
Identification	What is it?
Interaction	Whatis?

Table 1: Circles according Skeffington's model

## DIAGNOSIS AND GENERAL TREATMENT APPROACH

### DIAGNOSIS

#### DETERMINATION OF REFRACTIVE ERROR

After a thorough anamnesis is needed to determine the refractive error. Used full plus correction with binocular balance.

#### ASSESSMENT OF NONSTRABISMIC BINOCULAR VISION DISORDERS

The evaluation of binocular vision involves several distinct steps.

The first part of the testing is the measurement of the magnitude and direction of the phoria at distance and near and AC/A ratio. We belong here cover test, von Graefe test, modified Thorington test and fixation disparity.

The second part is assessment of positive and negative fusional vergence through direct and indirect measurement. Among direct measurement include smooth and step fusion vergence testing and vergence facility testing. Among indirect measurements include negative relative accommodation (NRA), positive relative accommodation (PRA), fused cross-cylinder, binocular accommodative facility(BAF) and monocular estimation method (MEM). These procedures are performed under binocular conditions therefore their results can be used to confirm or deny a clinical hypothesis of a binocular vision disorder.

The third part is convergence amplitude, generally referred to as the near point of convergence. This test is particularly important in the diagnosis of one of the most common binocular vision disorders – convergence insufficiency.

The last part that should be evaluated is sensory status. Primarily it is testing of suppression (Worth four-dot test) and stereopsis.

A complete assessment of binocular vision should include all four of the components just described.

Measurement of the magnitude and direction of the phoria at distance and near and AC/A ratio	Cover test Von Graefetest Modified Thorington test Fixation disparity
Assessment of positive and negative fusional vergence	Direct measurement Smooth testing Step testing Vergence facility testing Indirect measurement Negative relative accommodation Positive relative accommodation Fused cross-cylinder Binocular accommodative facility Monocular estimation method
Convergence amplitude	Near point of convergence

Sensory status	Testing of suppression (Worth four dot test) Testing of stereopsis
----------------	---

Table 2: Assessment of nonstrabismic binocular vision disorders

### ASSESSMENT OF ACCOMMODATIVE DISORDERS

The evaluation of accommodative function involves measurement of the amplitude of accommodation (push-up test, minus lens test), accommodative facility (testing with  $\pm 2.0$  lenses) and accommodative response (monocular estimation method). It was conducted study which investigated relationship among three areas of accommodation. The study included 200 children (without strabismus and significant uncorrected refractive error). Only 4 % had deficits in all three of the accommodative functions. It is impossible to predict the results of one test based on the results another. All aspects of accommodation must be considered.

Amplitude of accommodation	Push-up test Minus lens test
Accommodative facility	Testing with $\pm 2.0$ lenses
Accommodative response	Monocular estimation method

Table 3: Assessment of accommodative disorders

### EVALUATION OF EYE MOVEMENTS

Examination of eye movements involves three distinct steps – assessment of stability of fixation, saccadic function, and pursuit function. Ocular motor disorders can reflect serious underlying central nervous system disease or functional or developmental problems. It is always important to consider that abnormalities may require a neurologic consultation.

Stability of fixation	Observation of fixation for 10 sec
Saccadic	Developmental eye movement Readalyzer or Visagraph II NSUCO oculomotor test
Pursuit	NSUCO oculomotor test

Table 4: Evaluation of eye movements  
(NSUCO = Northeastern State University College of Optometry)

### CASE ANALYSIS AND CLASSIFICATION

Several analytical approaches are presented in the optometric literature. Each has its own unique advantages and disadvantages. The four most common are graphical analysis, analytical analysis (OEP = Optometric Extension Program), Morgan analysis and analysis of fixation disparity.

There is also integrative analysis approach that attempts to make use most positive aspects of other case analysis approaches (and avoiding their negative aspects). This format uses the concepts of the OEP analytical system (the status the visual system can deteriorate over time, vision problems can be prevented), Morgan's analysis (it is important to look at group of parameters, not only at one parameter), analysis of fixation disparity (examination under binocular conditions) and includes an analysis of accommodative facility, vergence facility, MEM retinoscopy, ocular motor. Integrative approach consists of three steps – comparing the individual tests to a table of expected findings, grouping the findings that deviate from expected findings, identifying the syndrome.

Perhaps the most common is Duane's classification which distinguishes convergence insufficiency, excess convergence, divergence insufficiency, excess divergence. Binocular disorders are described depending on the type of heterophoria measured at distance and near. Duane classification has limitations. For example Wick said that it does not have a category for a deviation in which the exo- or esodeviations are equal at distance and near. Furthermore, it is not considered failure fusion convergence.

Convergence insufficiency
Convergence excess
Divergence insufficiency

Divergence excess

Table 5: Duan's classification

Wick described an alternative classification system for binocular anomalies that represents an expansion of Dane's classification. It is based on consideration of the distance phoria (tonic vergence) and AC/A ratio. According to this classification system there are nine possible cases which are divided into three main categories based on the AC/A ratio – low AC/A ratio, normal AC/A ratio, high AC/A ratio. Within each of these categories there are three possible cases – orthophoria, exophoria, esophoria at distance (insufficiency and excess convergence (two types of insufficiency and excess convergence), insufficiency and excess divergence, next fusional vergence dysfunction, basic esophoria and exophoria). All binocular vision anomalies described above are horizontal heterophoria. Vertical heterophoria can also occur – right or left hyperphoria.

Horizontal and vertical heterophoria complements accommodative classification system. Its original author is Donders, was expanded by Duke-Elder and Abrams. It includes accommodative insufficiency, ill-sustained accommodation, accommodative excess and accommodative infacility.

The last group are ocular motor anomalies related to problems with fixations, saccades and pursuits.

Binocular anomalies	Low AC/A ratio Orthophoria at distance – convergence insufficiency Exophoria at distance – convergence insufficiency Esophoria at distance – divergence insufficiency Normal AC/A ratio Orthophoria at distance – fusional vergence dysfunction Exophoria at distance – basic exophoria Esophoria at distance – basic esophoria High AC/A ratio Orthophoria at distance – convergence excess Esophoria at distance – convergence excess Exophoria at distance – divergence excess
Vertical anomalies	Right or left hyperphoria
Accommodative anomalies	Accommodative insufficiency Ill-sustained accommodation Accommodative excess Accommodative infacility
Ocular anomalies	Ocular motor dysfunction

Table 6: Classification of binocular, accommodative and ocular motor anomalies

GENERAL TREATMENT MODALITIES GUIDELINES

They were created questionnaires used to assess symptoms and quality of life before and after treatment. The first is Convergence insufficiency symptom survey = CISS (Convergence insufficiency treatment trial = CITT) and the second College of optometrists in vision development quality of life outcomes assessment = COVD-QOL).

QUESTIONNAIRES

CONVERGENCE INSUFFICIENCY SYMPTOM SURVEY = CISS

The questionnaire CISS allows to analyze the presence and frequency of symptoms. It consists of 15 items, patient always chooses one of five possible answers. Each answer is scored from 0 to 4 (0 = never, 1 = infrequently, 2 = sometimes, 3 = fairly often, 4 = always). The 15 items are summed to obtain the CISS score (the lowest possible score is 0 = asymptomatic, the highest possible score is 60 = most symptomatic). The norm for children aged 9 to 17 years is CISS score lower than 16 and for adults over 18 years is CISS score lower than 21.

Name:		Date:				
		Never	Infrequently (Not very)	Sometimes	Fairly often	Always

			often)			
1.	Do your eyes feel tired when reading or doing close work?					
2.	Do your eyes feel uncomfortable when reading or doing close work?					
3.	Do you have headaches when reading or doing close work?					
4.	Do you feel sleepy when reading or doing close work?					
5.	Do you lose concentration when reading or doing close work?					
6.	Do you have trouble remembering what you have read?					
7.	Do you have double vision when reading or doing close work?					
8.	Do you see the words move, jump, swim or appear to float on the page when reading or doing close work?					
9.	Do you feel like you read slowly?					
10.	Do your eyes ever hurt when reading or doing close work?					
11.	Do your eyes ever feel sore when reading or doing close work?					
12.	Do you feel a "pulling" feeling around your eyes when reading or doing close work?					
13.	Do you notice the words blurring or coming in and out of focus when					

	reading or doing close work					
14.	Do you lose your place while reading or doing close work?					
15.	Do you have to reread the same line of words when reading?					

Figure 3: Questionnaire CISS

COLLEGE OF OPTOMETRISTS IN VISION DEVELOPMENT QUALITY OF LIFE OUTCOMES ASSESSMENT = COVID-QOL

Originally was the questionnaire COVID-QOL developed with 30 items, later was reduced to 19 items. It has been shown that even the truncated form is sufficiently reliable. For each item the patient selects from five possible response (never, once in a long time, sometimes, a lot, always). The options are scored from 0 (never) to 4 (always). Thus, the lowest score is 0 and the highest score is 76. Researches indicate that a score of 20 or greater suggest that the patient has significant symptoms.

Name:		Date:				
		Never	Once in a long while	Sometimes	A lot	Always
1.	Headaches with near work					
2.	Words run together reading					
3.	Burn, itch, watery eyes					
4.	Skips/repeats lines reading					
5.	Head tilt/close one eye when reading					
6.	Difficulty copying from chalkboard					
7.	Avoids near work/reading					
8.	Omits small words when reading					
9.	Writes up/down hill					
10.	Misaligns digits/columns of numbers					
11.	Reading comprehension down					
12.	Holds reading too close					
13.	Trouble keeping attention on reading					
14.	Difficulty completing					

	assignments on time					
15.	Always says "can" before trying					
16.	Clumsy, knocks things over					
17.	Does not use his/her time well					
18.	Loses belongings/things					
19.	Forgetful/poor memory					

Figure 4: Questionnaire COVID-QOL

### GENERAL TREATMENT SEQUENCES FOR ACCOMMODATIVE AND NONSTRABISMIC BINOCULAR VISION ANOMALIES

The sequence of general treatment is determined by the size of AC/A ratio.

#### Sequence

- optical correction of ametropia
- added lens power
- prism
- occlusion
- vision therapy
- surgery

#### OPTICAL CORRECTION OF AMETROPIA

Hypermetropia	+ 1,5 D or greater
Myopia	- 1,0 D or greater
Astigmatism	- 1,0 D or greater
Anisometropia	1,0 D difference in sphere or cylinder

Table 7: Significant refractive errors

#### ADDED LENS POWER

Convergence excess
Basic esophoria
Accommodative insufficiency
Ill-sustained accommodation

Table 8: Added plus lenses

High exophoria
Divvergence excess

Table 9: Added minus lenses

## PRISM

Horizontal relieving prism
Vertical relieving prism
Prism used when vision therapy is inappropriate or impractical
Prism use at the end of vision therapy

Table 10: Situations in which the use of prism may be helpful

## OCCLUSION

Occlusion is commonly used treatment option of strabismus and associated conditions (amblyopia, excentric fixation, suppression, anomalous correspondence). Sometimes it is also used by patients with heterophoria.

## VISION THERAPY

A large percentage of patients with disorders of accommodation or binocular vision cannot be successfully treated only by lenses and prisms (only accommodative insufficiency, divergence insufficiency, convergence excess, basic esophoria, and vertical heterophoria). Visual therapy is sustainable for convergence insufficiency, divergence excess, fusional vergence dysfunction, basic exophoria, accommodative excess, accommodative infacility, and ocular motor dysfunction.

Categorization of vision therapy – instrumentation and procedures

There are two basic categories – instrument training and free spacetraining. For number of instruments and procedures it is not entirely clear in which category they belong. Scheiman therefore recommend classification based on the type of equipment used.

Classification according Scheiman

anaglyphs and polaroid filters

lenses, prisms, mirrors

septums and apertures

paper, pencil, miscellaneous tasks

stereoscopes

afterimages, entopic phenomena, electrophysiologic techniques

## SURGERY

Surgical therapy is not too common. It is indicated especially at very high phorias (if the size of the horizontal deviation is more than 30 Δ is conservative therapy failed).

## REFERENCES

Scheiman Mitchel, Wick Bruce; Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders; Lippincott Williams & Wilkins, Wolters Kluwer; 2008; ISBN-13: 978-7817-7784-1

Vymyslický Ivan; Česká oční optika 3/2007

Vymyslický Ivan; Česká oční optika 2/2008

Cox James; A. M. Skeffington, O.D. – The Man; Journal of behavioral optometry; 1996; Available at: <http://www.oepf.org/sites/default/files/journals/jbo-volume-8-issue-1/8-1%20Cox.pdf>

## 6. Rohovkový topograf – Bc. Lucie Patočková

Vedoucí projektu: Mgr. Sylvie Petrová

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

---

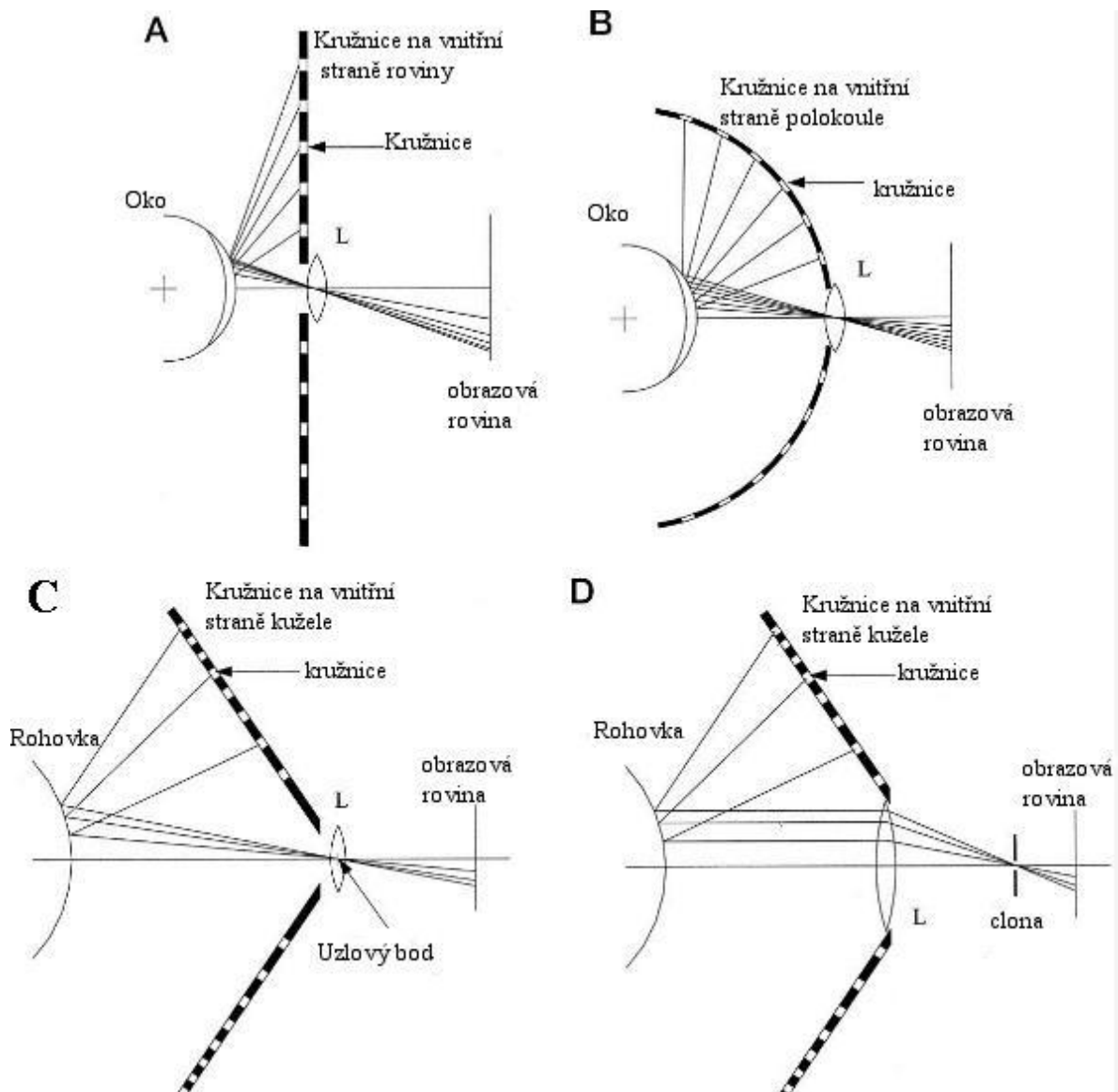
Rohovkový topograf je jedním z nejdůležitějších klinických přístrojů, kterým optometrista snadno a rychle zjistí na základě reflexe Placidových kružnic na rohovce její poloměry křivosti, tvar či případnou patologii přední plochy rohovky. Vyšetřením lze včas diagnostikovat např. počínající keratokonus, keratoglobus a pellucidní marginální degeneraci. Přístroj patří mezi bezkontaktní vyšetření, tedy mezi skupinu vyšetření s minimální zátěží pro pacienta.

### **Ohlédnutí do historie:**

Prvními použitými prostředky pro zjištění přední plochy rohovky byl přímý odlitek vyrobený z plastu nebo vosku a naprášení vrstvičky pudru na rohovku, ze které se fotogrammetrickou analýzou vyprojektovaly vrstevnice, jež se poté analyzovaly. V roce 1880 Antonio Placido da Costa vynalezl Placido disk a učinil tak nejvýznamnější objev v historii rohovkového topografu. Jednalo se o koncentrické černé a bílé kružnice. Ve středu disku se nacházela spojná čočka, která sloužila k lepšímu pozorování přední plochy rohovky. Zároveň s Placidovým diskem se objevily první keratometry, které měřily pouze poloměr křivosti ve dvou meridiánech v centrální části rohovky o průměru 2 - 4 mm, tudíž neposkytovaly celkovou topografii povrchu. Na tuto techniku navázal fotokeratoskop vynalezený na počátku třicátých let dvacátého století v Německu společností Zeiss. Vývojový pokrok v podobě automatizace fotogrammetrické analýzy, přijetí kamer a počítačové analýzy vedly k vytvoření videokeratometru.<sup>2</sup>

Samotný topograf prošel třemi hlavními změnami. První verze měla Placidovy kružnice umístěné na rovině. Vynálezce Knoll představil druhý typ s kružnicemi na vnitřní straně polokoule. Třetím a v současnosti používaným typem je Placido disk s kružnicemi umístěnými na vnitřní straně kužele.





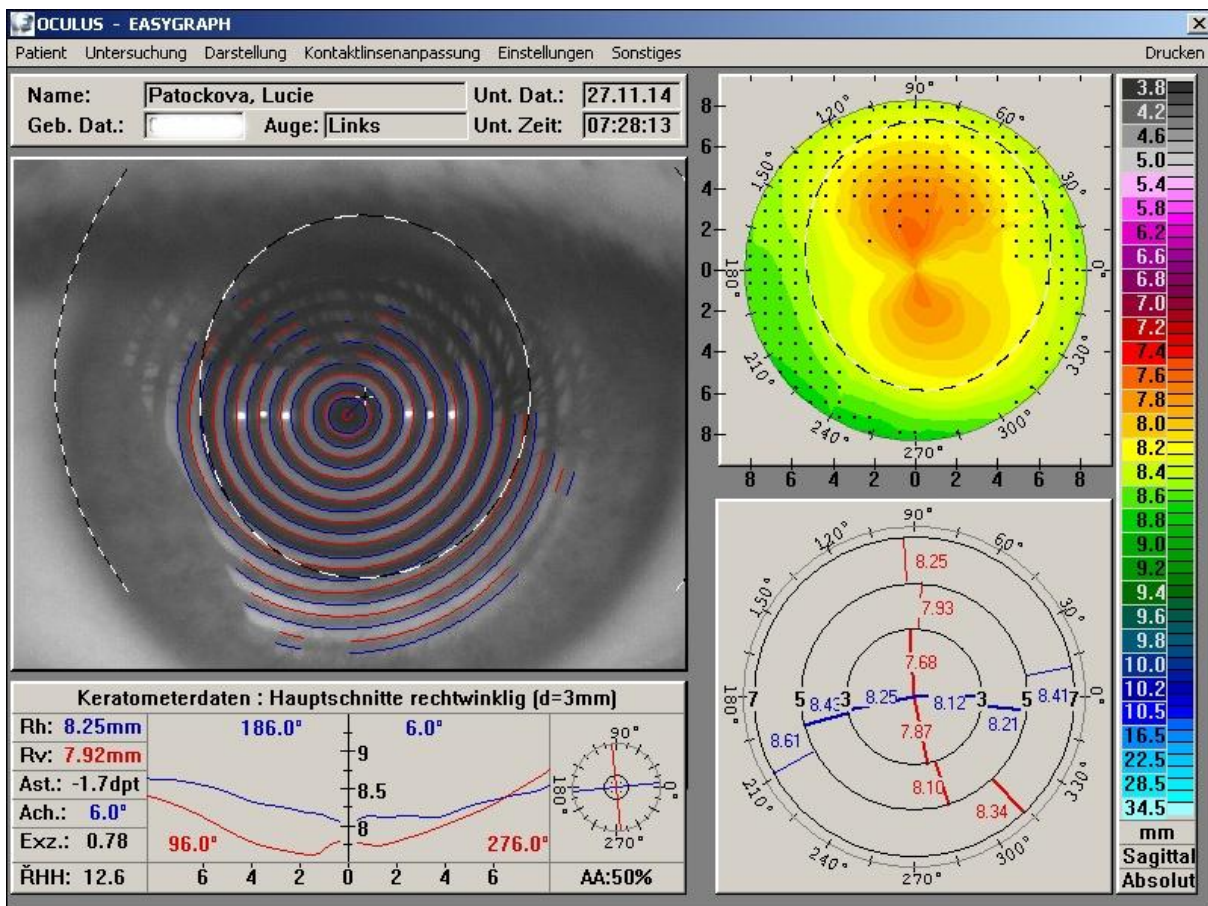
obr. 1: Vývoj umístění placidových kružnic v topografu.  
 Obr. A: Kružnice na vnitřní straně roviny Placidova disku.  
 Obr. B: Kružnice na vnitřní straně polokoule Placidova disku.  
 Obr. C a D: Kružnice na vnitřní straně kužele Placidova disku.

### Program topografu:

Tvar povrchu rohovky získáváme pomocí sofistikovaných programových algoritmů, které vyhodnocují podobu a polohu kružnic. Získané údaje se objeví v rozdílných, dvojrozměrných i trojrozměrných, barevně kódovaných schématech, které ilustrují různou charakteristiku (optické defekty, lokální zakřivení).

### Přehledová mapa:

Na hlavní obrazovce se po dokončení měření zobrazí námi zvolená mapa (např. mapa axiálního zakřivení), dále důležité keratometrické údaje, barevná stupnice a případně poznámky napsané vyšetřujícím.



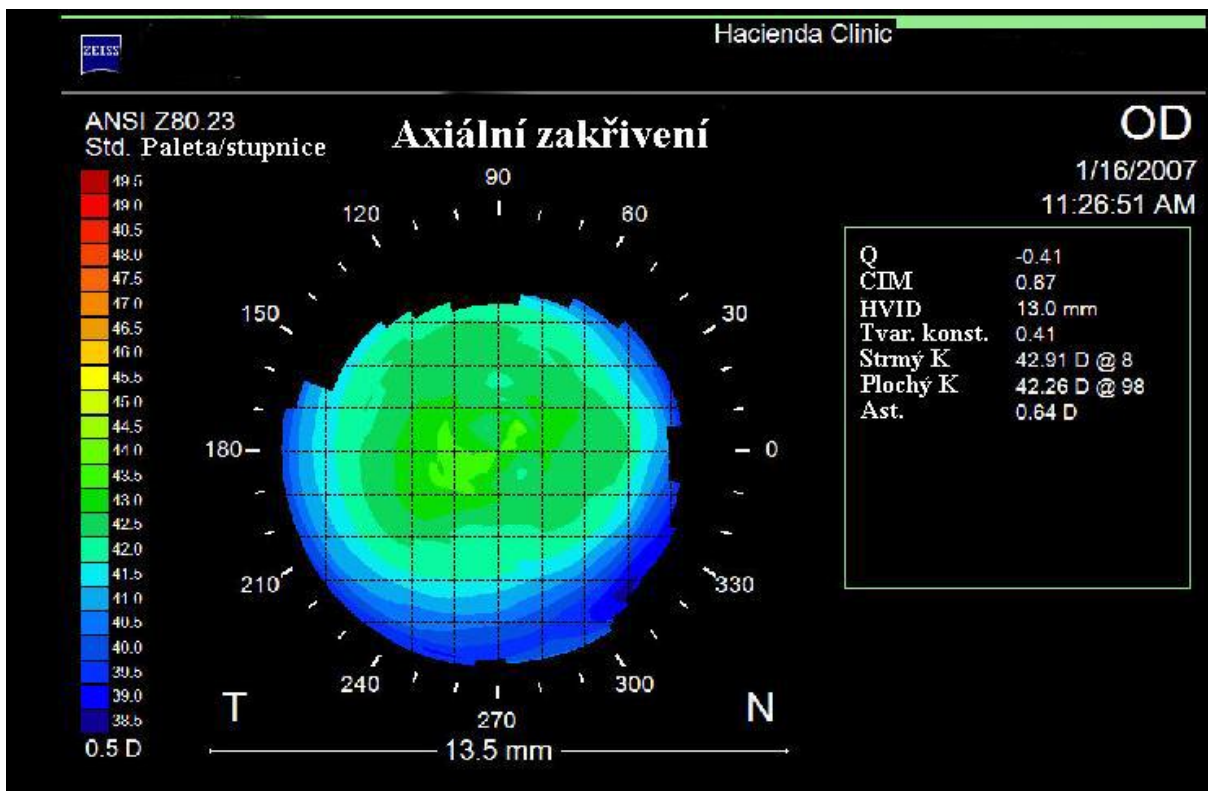
Obr. 2: Přehledová mapa na Easygraphu.

Červená, oranžová a žlutá barva představují strmé hodnoty. Zelená je přechodným stupněm mezi strmými a plochými hodnotami. Modré odstíny představují ploché části rohovky. Jelikož se rohovka k periferii oplošťuje, jsou modrozelené odstíny právě nejčastěji v periferii.

Software topografu umožňuje zobrazení rozdílných snímků. Jedná se o axiální, tangenciální a elevační mapu, dále je zde mapa nepravidelností, snímek keratometrie a kruhů, mapu optické mohutnosti a mapu průměrných zakřivení.

#### Mapa axiálního zakřivení:

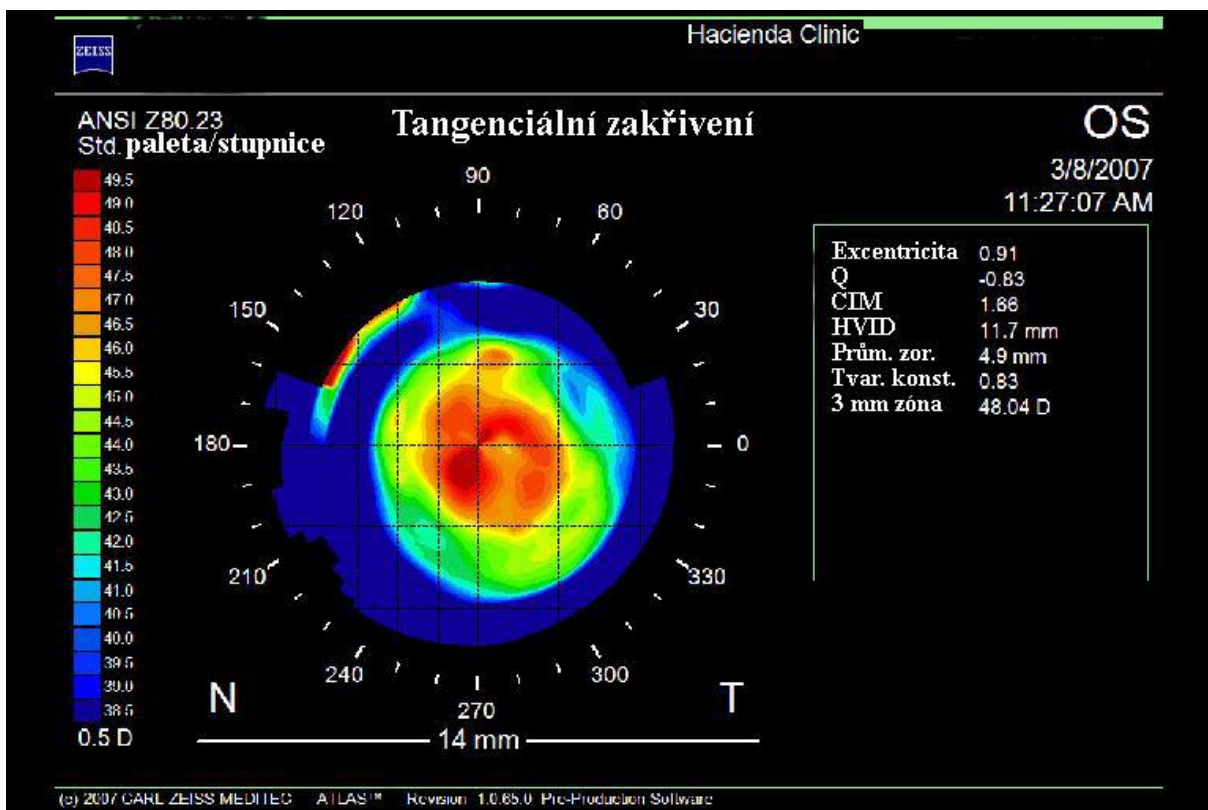
Nejpřesnější hodnoty u axiálního snímku jsou naměřené v centru. Při měření rohovky se nezobrazují jemné detaily na povrchu směrem od centra k periferii. Chceme-li zobrazit i tyto drobné nepravidelnosti, je vhodné použít tangenciální mapu. Toto zobrazení též nezaznamenává sférickou aberaci. Axiální snímek se sice v praxi používá nejčastěji, nezachycuje ale skutečné lokální zakřivení, které je lépe znázorněno právě tangenciální mapou.



Obr. 3: Mapa axiální zakřivení u Atlasu 9000

#### Mapa tangenciálního zakřivení:

Vypočet tangenciálního snímku je založen na odlišných matematických metodách a algoritmech. Výpočty jsou přesnější u okraje rohovky. Pomocí tohoto zakřivení snadněji poznáme přechody optické mohutnosti. Používá se především, chceme-li pozorovat proces hojení jizev.



Obr 4: Barevná mapa tangenciálního zakřivení u Atlasu 9000.

### 3D zobrazení

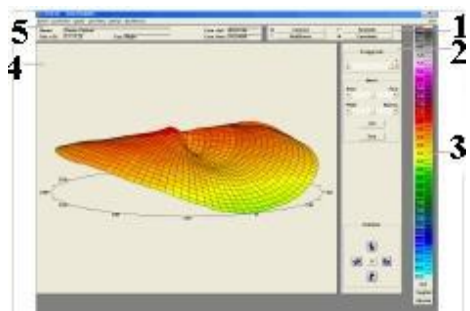
Program nabízí možnost zobrazení povrchu rohovky v podobě 3D barevné mapy. Režim zobrazení lze nastavit pomocí čtyř možností.

Barevné zobrazení: Barva povrchu odpovídá příslušnému poloměru křivosti.

Červené/zelené zobrazení: Při pohledu na tuto mapu pomocí červenozelených brýlí dosáhneme trojrozměrného efektu.

Reálné: V této mapě se zobrazí skutečný tvar rohovky.

Zakřivení: V této možnosti odpovídá výška zakřivení příslušnému bodu. Případné rozdíly v zakřivení rohovky jsou proto zřejmější než v reálném zobrazení.

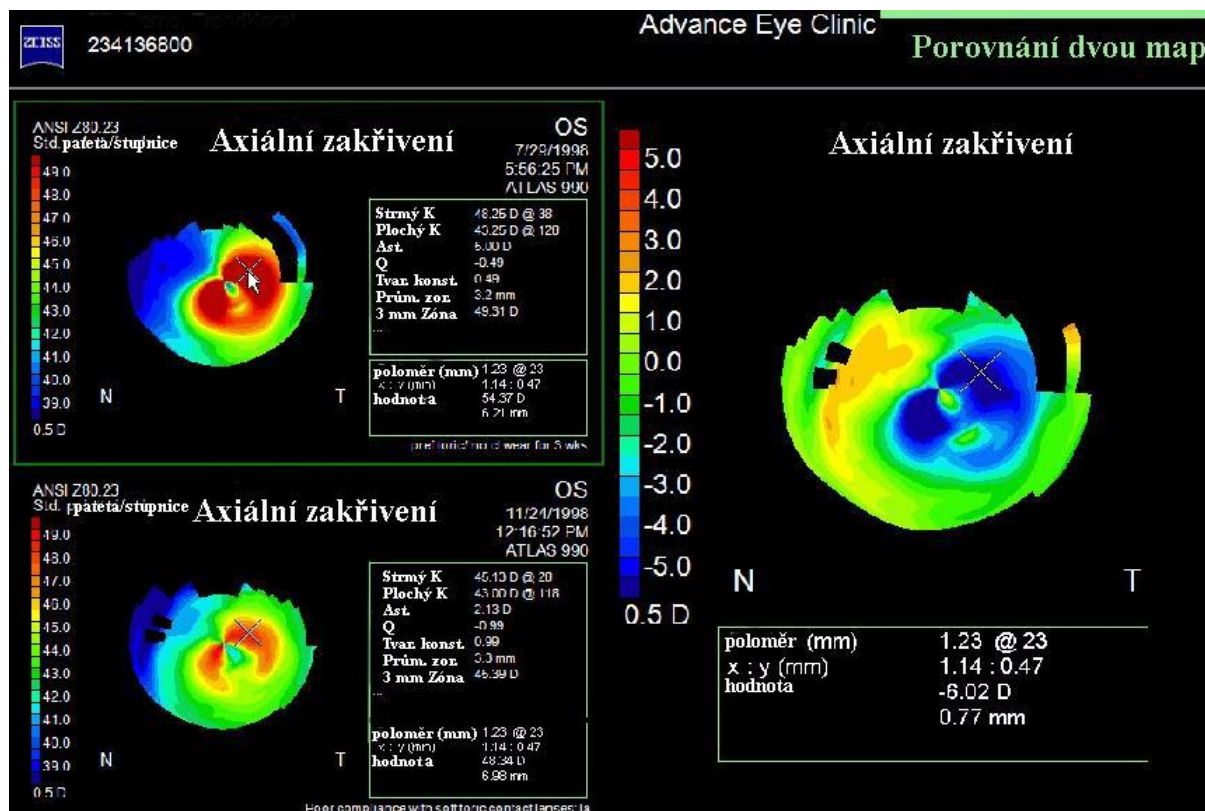


Obr. 5: 3D Zobrazení rohovky u Keratografu 4.

### Srovnávací mapa:

Můžeme porovnávat dvě až čtyři mapy zobrazené najednou. Všechny hodnoty odpovídající bodům pro každou z map je možno vidět pohybem kurzoru myši na dané mapě.

Vyšetřujícím jsou zobrazeny dvě vybrané mapy. Na třetí mapě se ukazuje rozdíl v zakřivení v každém bodě dvou porovnávaných map. Ve sloupci se zobrazí barevná stupnice ve vztahu ke každé hodnotě rozdílu.



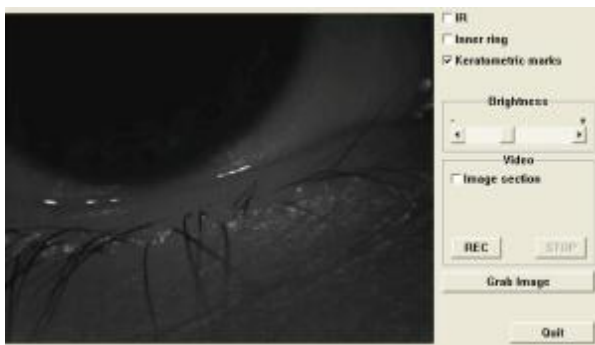
Obr. 6: Porovnání dvou axiálních map u Atlasu 9000.

### Novinky v softwaru topografu:

Keratograf 5M firmy Oculus obsahuje velkou řadu novinek, které usnadní diagnostiku přední plochy rohovky.

### Měření výšky slzného menisku

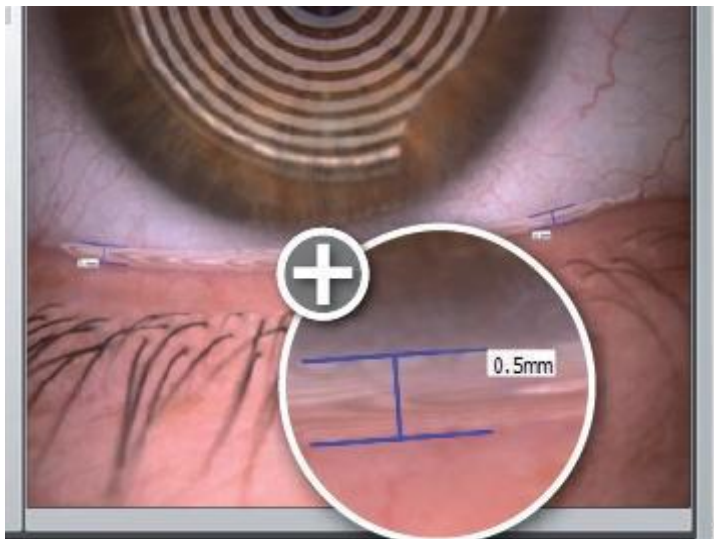
Měření se provádí stejně jako při získávání topografické mapy rohovky. Po dokončení měření se objeví následující okno:



Obr. 7: Zobrazení slzného menisku.

Měření výšky slzného menisku je důležité pro stanovení množství slzného filmu. Slzný meniskus menší než 0,2 milimetrů je považován za kritický a svědčí o nedostatečném množství slzného filmu.

Na obrázku z vyšetření slzného menisku změříme pomocí virtuálního pravítka výšku slzného menisku.



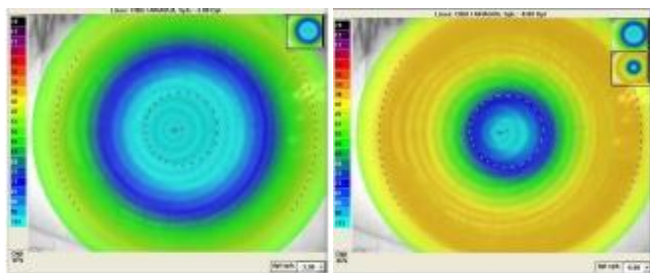
Obr. 8: Měření výšky slzného menisku.

### OxiMap

OxiMapa je barevnou prezentací propustnosti kyslíku (úroveň propustnosti kyslíku Dk/t) u měkkých kontaktních čoček. Dobrý přívod kyslíku k rohovce je nesmírně důležitý. Nové materiály použité pro měkké kontaktní čočky nabízejí vynikající propustnost pro kyslík (Dk/t). To je vizuálně prezentováno v barevné OxiMapě.

Světle modrá: Dobrá propustnost kyslíku.

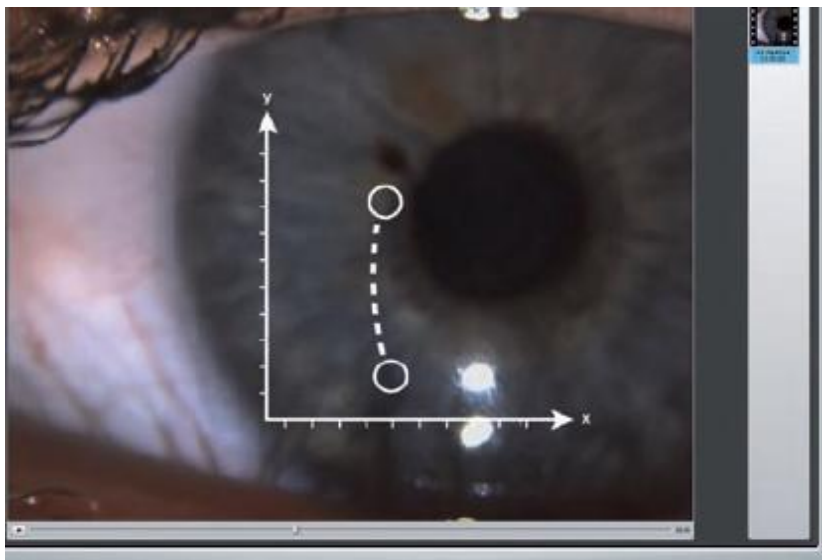
Červená až černá: Špatná nebo velmi špatná propustnost kyslíku.



Obr. 9: Porovnání propustnosti kyslíku pro -3,00 D (vlevo) a -8,00 D (vpravo).

### **TF dynamika**

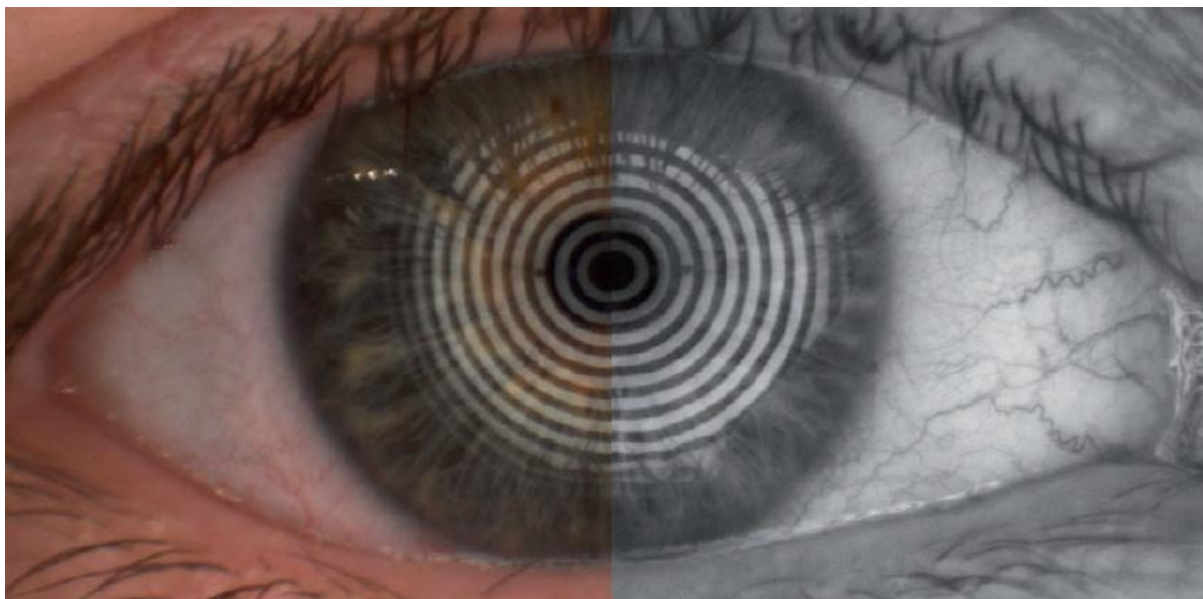
Přístroj vytvoří video s až 32 snímků za sekundu, na kterém lze pozorovat dynamiku slz na rohovce a také viskozitu slzného filmu.



Obr. 10: Měření dynamiky slzného filmu.

### **R-Scan**

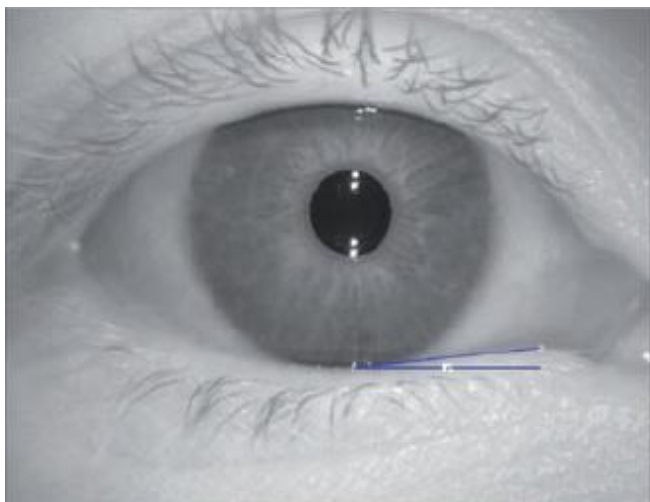
R-Scan je první a doposud jediná technologie, která objektivně klasifikuje stupeň bulbární a limbální injekce. Detekuje tenké krevní cévy ve spojivce a hodnotí jejich stupeň zarudnutí.



Obr. 11: V levé části obrázku jsou znázorněné spojivkové cévy a v pravé části obrázku byl použit bez červeného filtr (red-free).

### **Měření úhlu dolního víčka**

Měření úhlu dolního víčka v nasální části vzhledem k přední ploše rohovky. Hodnoty pomohou stabilizovat osu tórické kontaktní čočky a tím i zlepšit aplikaci kontaktní čočky.



Obr. 12: Měření úhlu dolního víčka.

**Závěr:**

Tempo technologického vývoje rohovkové topografie se nezpomalilo a dnešní topografy rohovky jsou stále kvalitnější. Zařízení dnes mají sofistikovanější algoritmy k získání zobrazení tvaru rohovky, odhalování patologie a dokonce navrhují individuální teoretické kontaktní čočky na základě získaných hodnot z měření.

**Zdroje:**

- RAO, SRINIVAS K. a SUBRAMANIAN, RAMYA. *Corneal topography – an overview*. [Online] 2011.  
SNOOK, RICHARD. *Video keratometer*. [Online] 1992.  
MALACARA, D a YOBANI, M. *A Review of Methods for Measuring Corneal Topography*. [Online] 2001.  
OCULUS, SPOL. S R. O. *Keratograph 4 ver.1.74 UG/70670/0209/en*. Firemní materiály. Německo  
OCULUS, SPOL. S R. O. *Keratograph 5M*. Firemní materiály. Německo  
CARL ZEISS MEDITEC INC. *Atlas 9000*. Firemní materiály, Praha  
PATOČKOVÁ, Lucie. Obhajoba bakalářské práce trochu jinak. *Česká oční optika*, 2014, č. 3, s. 48–50

## Corneal topographer – Bc. Lucie Patočková

Supervisor: Mgr. Sylvie Petrová

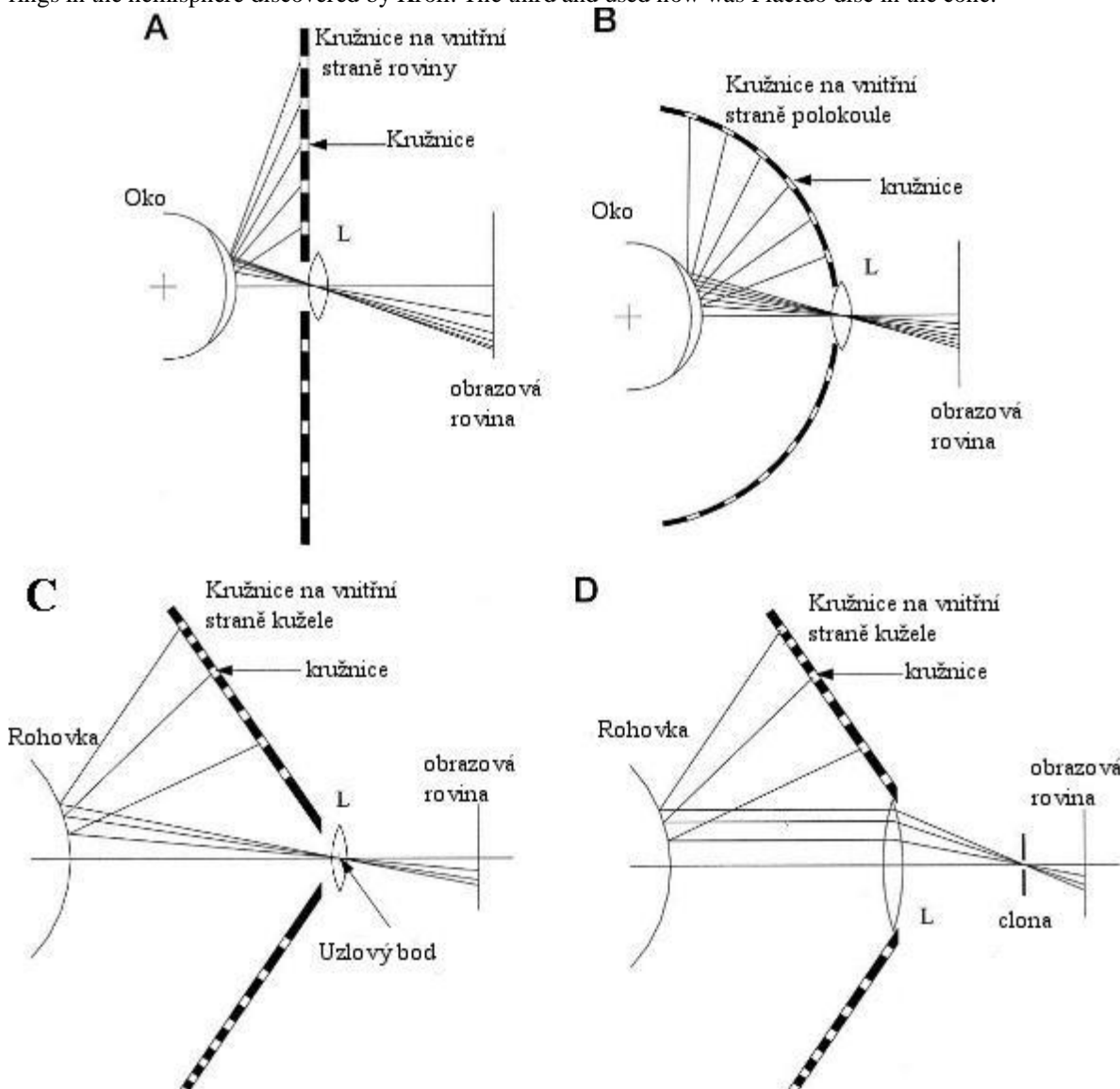
Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

The Corneal topographer is one of the most important clinic machine, with whom we can easily and fast thanks to the Placido rings find curvature of anterior cornea, shape or pathology of anterior cornea. We can diagnosis keratokonus, keratoglobus and pellucid marginál degeneration. It is non-contact machine.

### History of the Corneal topographer:

The first was plastic and wax cast of anterior cornea and thow layer of powder for fotogrammetric analysis, from them were made contour lines. At 1880 was made Placido disc by Antonio Placido da Costa. It was the most important discovery in history of topographer. It was concentric black and white rings with plus lens in the centre for better watching of a cornea. At the same time as Placido disc where the first keratometers, that measured curvature of two meridians in the centre. After this technique were keratoscopes that were discovered at the beginning of 30<sup>o</sup> of 20th century by Zeiss Company.

The corneal topographer had 3 main changes. The first was Placido rings on a plane. The second type was Placido rings in the hemisphere discovered by Kroll. The third and used now was Placido disc in the cone.



Pic. 1: Development of placement of Pacido rings in Topographer.

A: Rings in a plane

B: Rings in a hemisphere



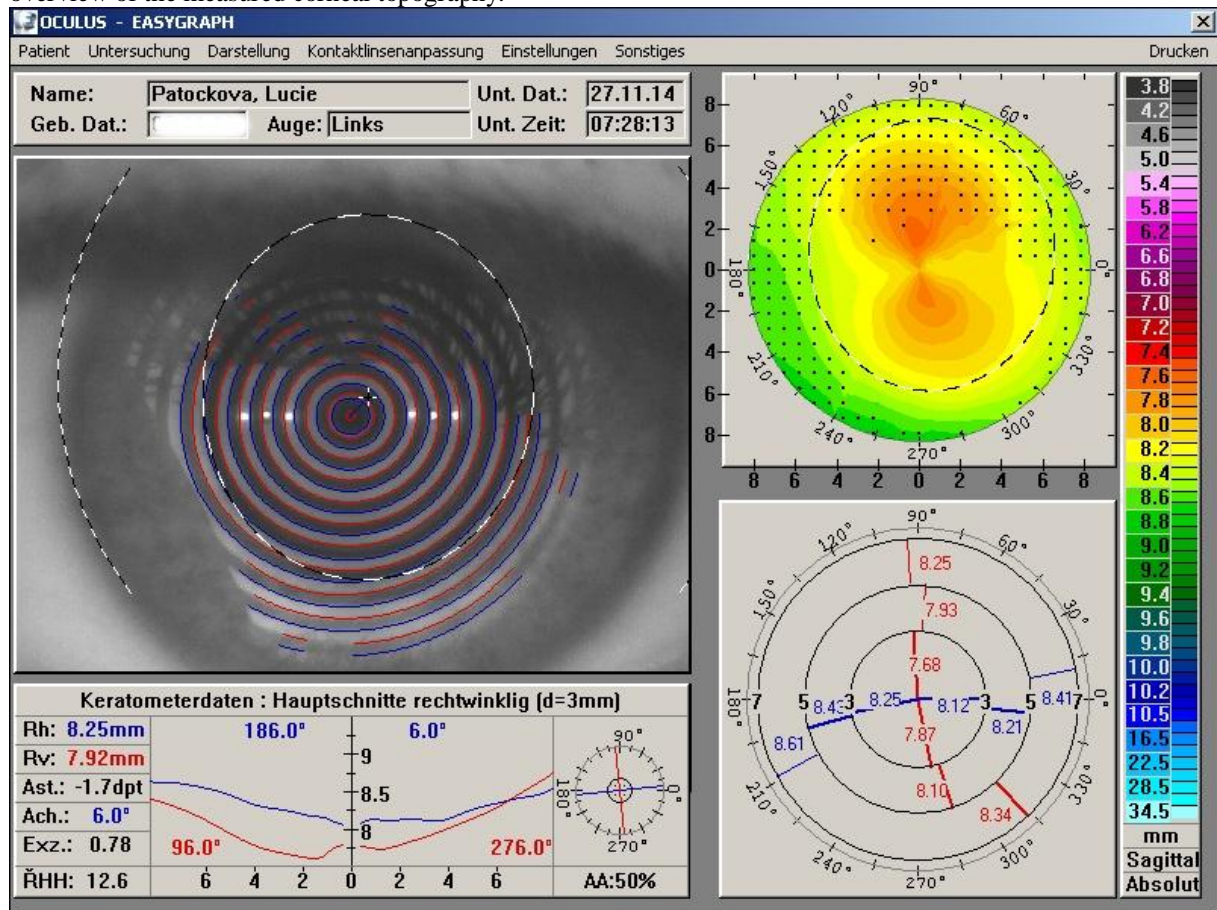
C and D: Rings in a cone.

**Software of topographer:**

We can get shape of a cornea by sophisticated algorithm. The results are shown in different, two dimension, three dimension, colorful maps, that means optician defects, local curvature...

**Overviev Display**

Multiple analysis presentations are displayed on the overview screen to give you a quick overview of the measured corneal topography.



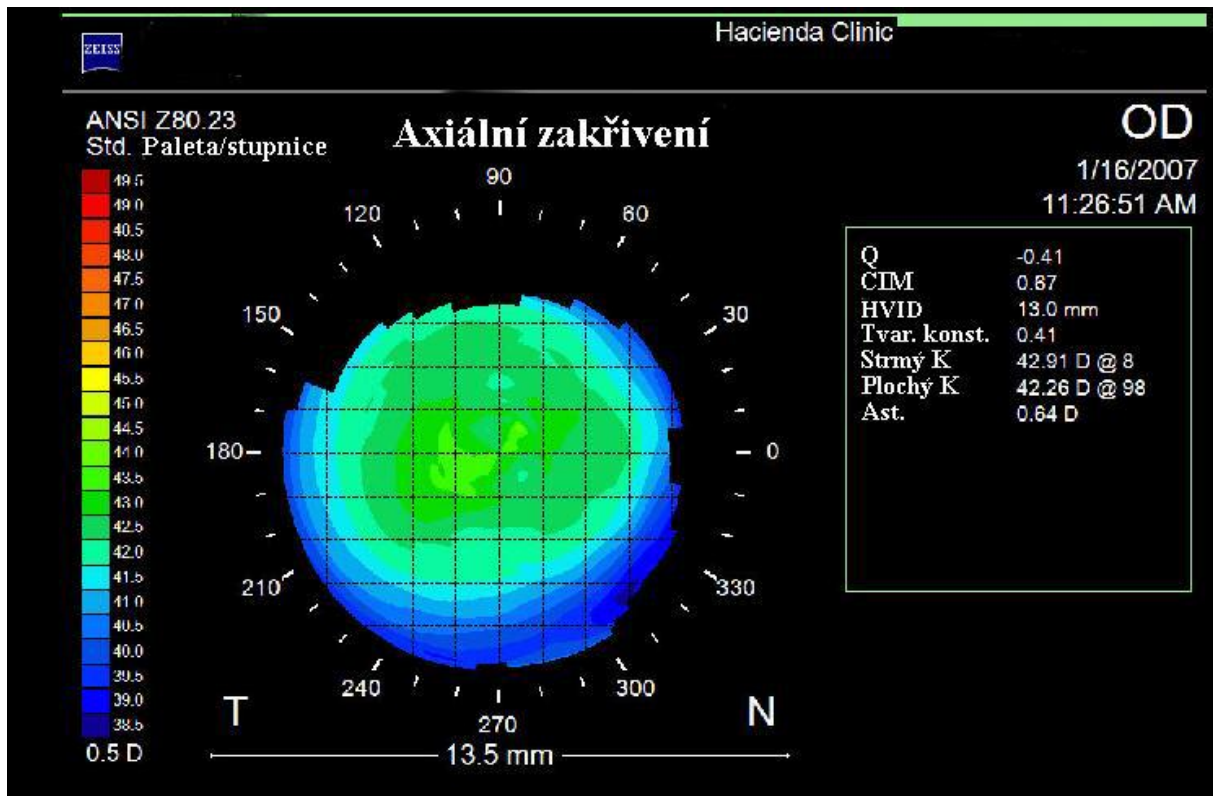
Pic. 2: Overview display on Easygraph

Red, orange and yellow color mean steep values. Green means temporary value between steep and flat values. Blue color means flat values of a cornea.

The software can show different maps. That are axial, tangential, elevation, keratometric values and refractive maps.

**Axial curvature:**

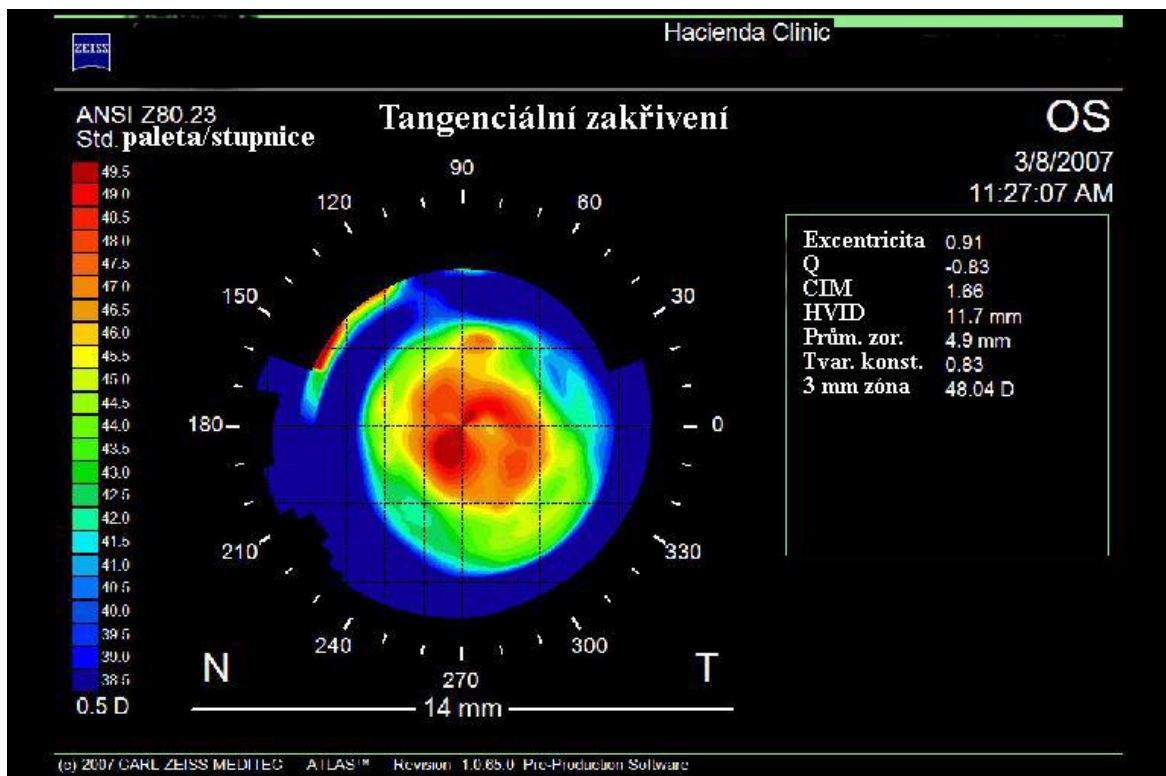
The most accurate values are in a centre. There are less details in a periphery. It is the most common map in practice. For details in periphery we can see thanks tangential map.



Pic. 3: Maps of axial curvature by Atlas 9000

**Maps of tangential curvature:**

This map is on the different mathematic algorithm than axial map. It is the most accurate in a periphery, good for recognition unevenness and for watching how a scars are healing,



Pic 4: Colourful map of tangential curvature by Atlas 9000.

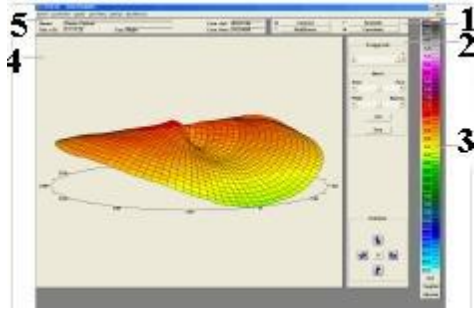
3D zobrazení

The program offers the option of outputting the surface of the cornea as a 3D- color map. The geometric ratios of the surface of the cornea can be easily demonstrated to the patient in this map. The patient and examination data are output in the top left section of the screen. The general mode of presentation can be set using the four options

Colored: A full color surface map is presented. The color on the surface corresponds with the assignment to the respective radius of curvature (color bar).

Red/Green: The map is shown as a wireframe. If you look at this map through red/green spectacles, you get a truly three-dimensional effect.

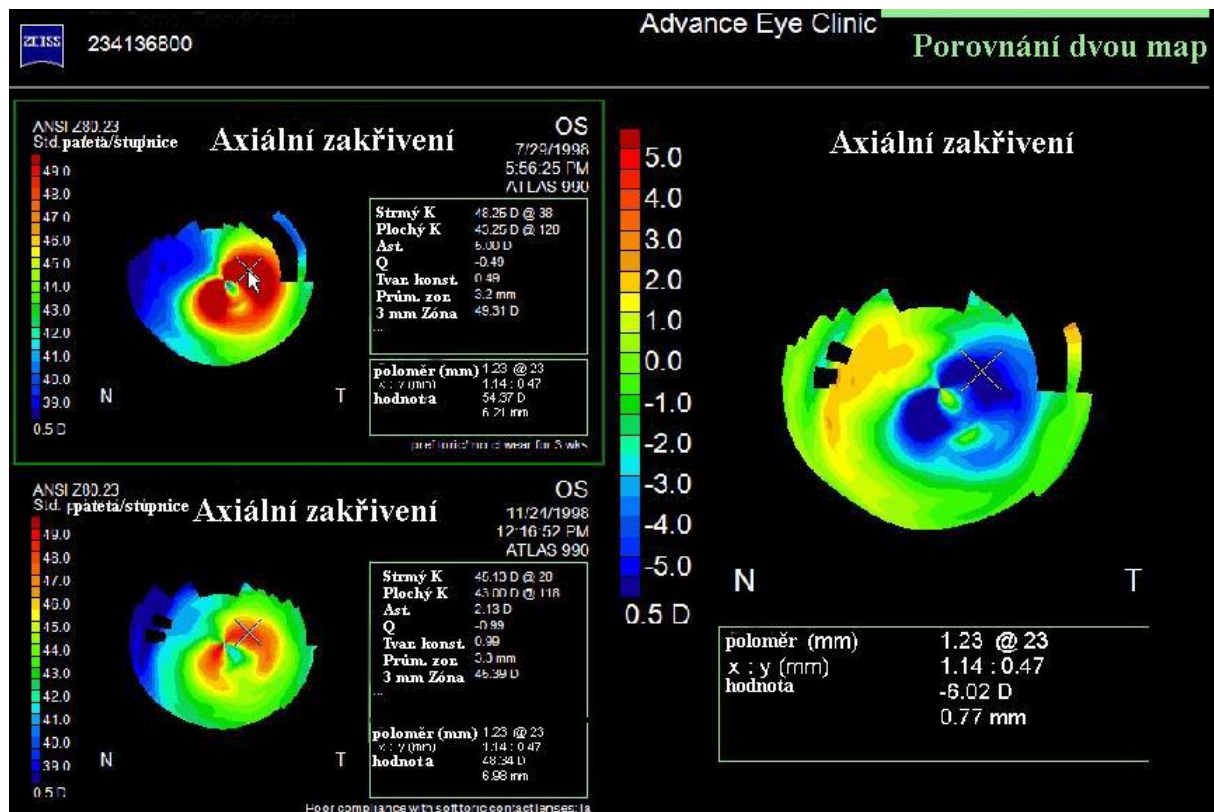
Realistic: In this map the actual shape of the cornea.



Pic. 5: 3D display by Keratograph 4.

### Compare examination:

In addition to the patient and examination data, the topography maps of up to four examinations can be displayed here. All values can be shown by moving with mouse cursor.



Pic. 6: Compare two axial maps by Atlas 9000.

### New thing at the development of topographer software:

Keratograf 5M by Oculus company contains a lot of new programmes.

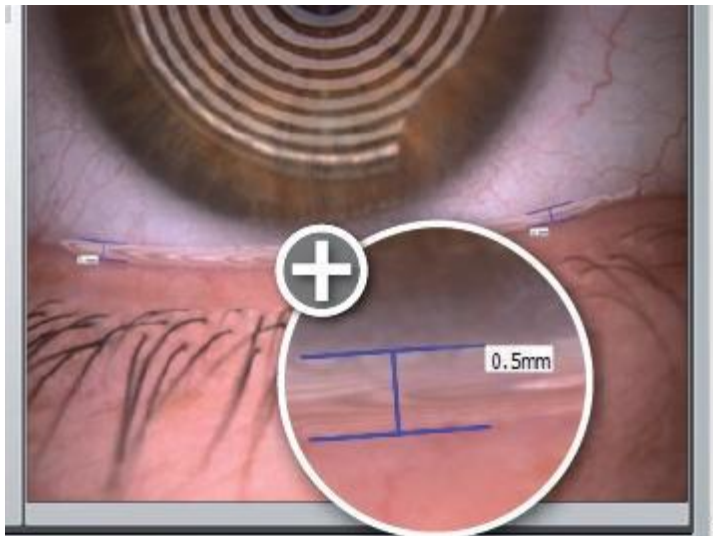
### Tear - meniscus-height

Measuring is the same as corneal topography. After measuring this window is appears.



Pic. 7: tear meniscus

With an integrated measuring guide and various magnification tools, you can measure the tear meniscus height and evaluate its characteristics along the lower lid margin. The result is saved in the patient file.



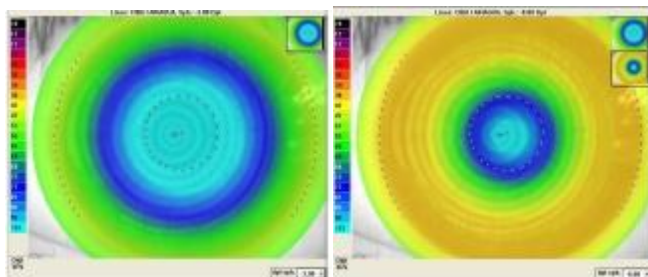
Pic. 8: Measure of tear meniscus

### OxiMap

The cornea needs oxygen and a good oxygen supply is fundamental for the comfort of a contact lens wearer. New materials used for soft contact lenses offer excellent oxygen transmissibility. You can easily show these color maps to your patients and help them choose better contact lenses

Blue: Good oxygen transparent.

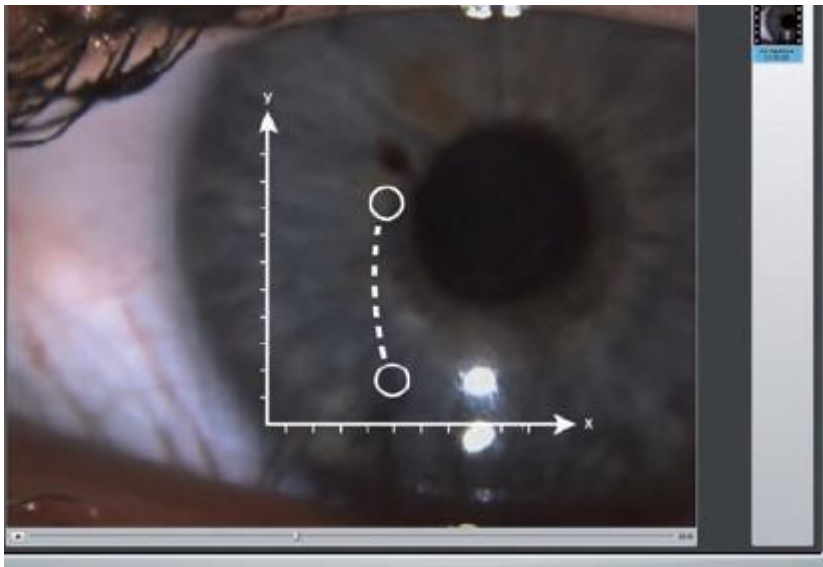
Red to black: Bad or very bad transparent for oxygen.



Pic. 9: Compare for -3,00 D (left) and -8,00 D (right).

### TF dynamics

A video recording with up to 32 images per second enables the observation of the tear film particle flow characteristics and shows the tear film viscosity

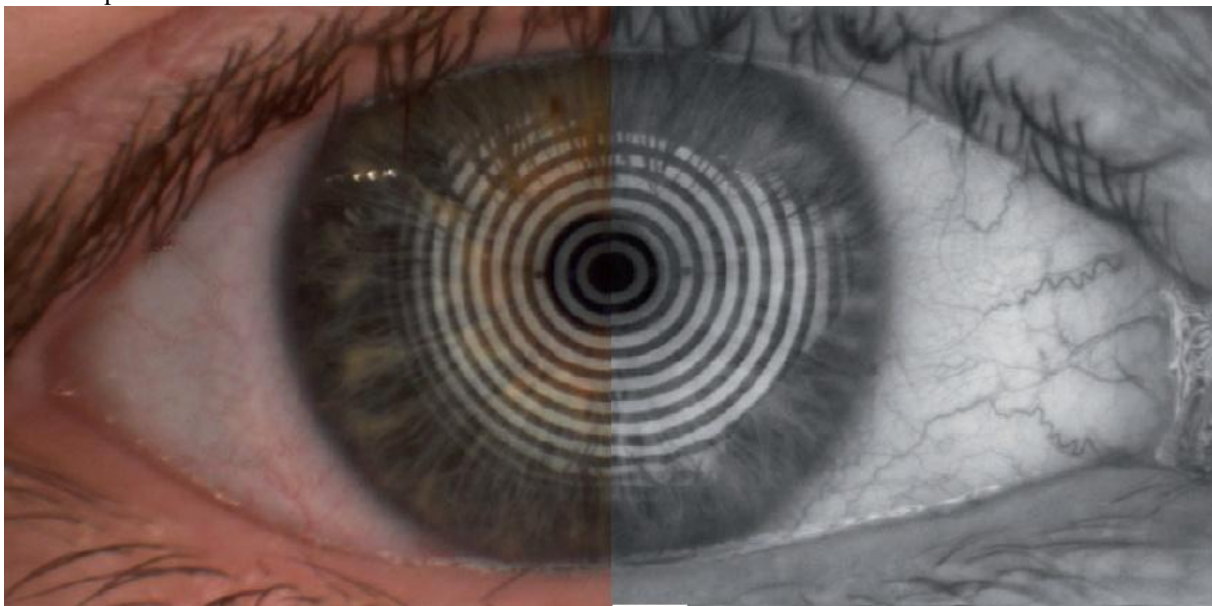


Pic. 10: Measuring of tear dynamics.

### R-Scan

The R-Scan is the first and only technology that automatically and objectively measures and classifies the bulbar and the limbal degree of redness.

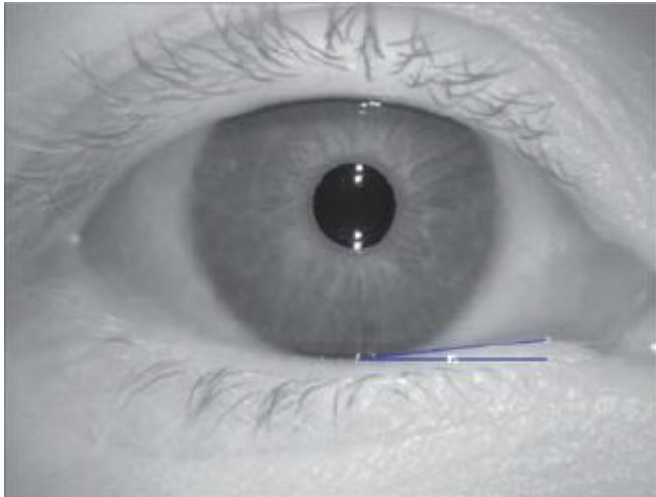
The R-Scan detects thin blood vessels in the conjunctiva and evaluates the degree of redness. With automatic evaluation, there is no need to manually compare the classification sheets and you can be more confident in the user-independent results.



Pic. 11: Only the thin blood vessels of the conjunctiva are detected and evaluated (the left picture), Under the green spectrum of visible light, blood vessels are richer in contrast and more visible (the right red free filter picture).

### Measuring of inferior lid angle

The measurement of the nasal lower palpebral angle facilitates the identification of the expected inclination or stabilization axis when fitting toric contact lenses.



Pic. 12: Palpebral angle measurement.

**Conclusion:**

Software are more sophisticated that yearsteday and are still better for recognition shape of anterior cornea, pathology and contact lens fitting.

**Literature:**

- RAO, SRINIVAS K. a SUBRAMANIAN, RAMYA. *Corneal topography – an overview*. [Online] 2011.  
SNOOK, RICHARD. *Video keratometer*. [Online] 1992.  
MALACARA, D a YOBANI, M. *A Review of Methods for Measuring Corneal Topography*. [Online] 2001.  
OCULUS, SPOL. S R. O. *Keratograph 4 ver.1.74 UG/70670/0209/en*. Firemní materiály. Německo  
OCULUS, SPOL. S R. O. *Keratograph 5M*. Firemní materiály. Německo  
CARL ZEISS MEDITEC INC. *Atlas 9000*. Firemní materiály, Praha  
PATOČKOVÁ, Lucie. Obhajoba bakalářské práce trochu jinak. *Česká oční optika*, 2014, č. 3, s. 48–50

## 7. Korekce vrozených poruch barvocitu pomocí barevných filtrů- Bc. Marie Kodetová

Vedoucí práce: Mgr. Petr Veselý, DiS., PhD.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

---

Barevné vidění, neboli schopnost organismu rozlišit světelné podněty na základě jejich vlnové délky, je jednou z esenciálních složek zrakového vjemu. Princip normálního lidského barvocitu je v první řadě podmíněn existencí tří skupin sítnicových čípků. Jednotlivé typy čípků jsou schopny společně reagovat na všechny odstíny viditelného spektra a vytvářet tak komplexní barevný vjem. V případě, že je funkce některého typu čípků poškozena, dochází k narušení barvocitu a s tím i k alteraci vnímaného spektra barev. Úbytek informací při vnímání barev ovlivňuje kvalitu života, snižuje spolehlivost zpracování informací, a tím ovlivňuje dobu potřebnou k reakci na zrakový podnět. Porucha vnímání barev proto může například bránit ve výkonu některých profesí, u kterých je ideální barvocit podmínkou. Dysfunkce vnímání barev mohou představovat značné znevýhodnění v každodenním životě. Je proto nutné se věnovat způsobům jejich korekce. V případě některých získaných poruch barvocitu, které byly sekundárně navozeny jiným poškozením, může vést odstranění původní příčiny jejich vzniku k obnovení vnímání barev. Nicméně u vrozených postižení, která tvoří většinu poruch barvocitu, v současné době neexistuje způsob terapeutického odstranění. Předřazení barevného filtru o vhodné vlnové délce však může zvýraznit rozdíl mezi jednotlivými barvami a sloužit tak jako pomůcka ke zlepšení rozlišovací schopnosti barvoslepého. Filtry fungují na principu posunu absorpčních maxim čočkového fotopigmentu změnou velikosti absorpce v závislosti na propustnosti filtru. Snaží se, aby bylo dosaženo posunutí absorpční schopnosti poškozeného čípku do normálních hodnot. S alterací vjemu poškozených čípků však dochází ke změně i u receptorů normálních, což vede k narušení komplexního zrakového vjemu. Barevné filtry jsou v dnešní době jediným způsobem úpravy poruchou narušeného barvocitu. Od roku 1971, kdy byly patentovány čočky X-Chrom jako první filtry sestavené za účelem korekce barevných vad, se na trhu objevila celá řada jim podobných výrobků. V současnosti se můžeme setkat například s čočkami iRo, ColorView, anebo kapesní pomůckou Seekey. Výjimku mezi prostředky pro úpravu barevného vnímání tvoří brýle značky EnChroma, které na rozdíl od ostatních produktů nefungují na principu změny chromatičnosti, nicméně na základě zvýraznění barev pomocí speciálního notch filtru. Reálná účinnost filtrů však stále není vědecky podložena. Oproti ostatním vynikají filtry ChromaGen, jejichž korekční vlastnosti byly oproti konkurenčním výrobkům testovány větším množstvím nezávislých studií. Filtry jsou vyráběny v osmi barevných odstínech – fialový (violet), purpurový (purple), oranžový (orange), žlutý (yellow), zelený (green), fuchsiový (magenta), světle modrý (aqua) a tmavě modrý (blue). Pro zajištění optimálního individuálního přizpůsobení pacientovým potřebám jsou navíc nabízeny ve třech úrovních barevné sytosti (světlé, střední a tmavé) a třech průměrech zabarvené zóny (5 mm, 6 mm a 7 mm). Při použití filtrů ChromaGen má pacient na výběr z korekce pomocí kontaktních nebo brýlových čoček, která je v případě potřeby možné vyrobit se sférickou či tórickou korekcí. Díky široké škále druhů barevných filtrů patří značce ChromaGen i přes nejednoznačnost výsledků studií stabilní místo v klinické korekci barvocitu. Na podzim roku 2014 byly účinky filtrů testovány i na půdě Fakultní nemocnice u svaté Anny v Brně. Cílem tohoto výzkumu bylo vytvoření uceleného postupu pro korekci poruch barvocitu pomocí filtrů typu ChromaGen. Tento postup byl následně testován a vyhodnocen v klinické praxi formou kazuistiky jednotlivých případů.

Vyšetření se zúčastnila skupina čtyř mužů české národnosti ve věku v rozmezí 25-47 let, trpících jednou z forem kongenitální červeno-zelené poruchy barvocitu.

Vlastní vyšetření bylo rozděleno do tří fází – diagnostické, korekční a evaluační.

V diagnostické fázi byla měřena a vyhodnocována kvalita naturálního barvocitu. V první části bylo provedeno orientační vyšetření pomocí pseudoizochromatických tabulek. Po srozumitelném vysvětlení principu testu byla pacientovi do čtecí vzdálenosti předložena sada tabulek k vyšetření barvocitu. U jednotlivých obrazů bylo hodnoceno, zda je přečte správně, špatně nebo vůbec. Hodnoty byly následně zaznamenány do připravené tabulky jako počet správně přečtených tabulek z celkového množství testů. Kvůli získání adekvátních a kvantifikovatelných výsledků byla u všech pacientů použita stejná sada patnácti testových tabulek.

Po orientačním hodnocení barvocitu pseudoizochromatickými tabulkami následovalo vyšetření pomocí 100-Hue testu na LCD optotypu. Měření bylo provedeno s vlastní dioptrickou korekcí ze vzdálenosti 1 m.

Navazoval test oční dominance, který sloužil k určení oka, před které bude vložen korekční filtr. Při určování oční dominance pacient pozoroval přes drobný otvor mezi prsty bod ve vzdálenosti 5 m. Střídavým zavíráním pravého a levého oka určil moment, kdy fixovaný bod zmizel z dohledu. Oko, u kterého nedošlo k posunu, je považováno za dominantní.

Ve druhé (korekční) fázi byl hledán vhodný filtr, který nejlépe korigoval pacientův deficit. Do zkušební obruby s předem vloženou vlastní dioptrickou korekcí byly před nedominantní oko postupně předkládány jednotlivé filtry ChromaGen. V první řadě pacient subjektivně hodnotil vÍzus před a po nasazení korekčního filtru. Následně byla hodnocena změna barevného vjemu při opakovaném čtení pseudoizochromatických tabulek. V první řadě byly pro rychlost ověřovány pouze ty tabulky, které pacient naturálně vyhodnotil chybně. U filtrů s nejlepším výsledkem byl posléze proveden test s celou sadou patnácti tabulek. Aby bylo sníženo riziko zapamatování, pacient četl ve finální fázi tabulky v obráceném nebo náhodném pořadí.

Poslední (evaluační) fáze se skládala z opětovného vyšetření na 100-Hue testu, nyní však s objektivně i subjektivně nejlépe hodnoceným filtrem. Výsledky měření po nasazení filtru byly porovnávány s původním měřením bez korekce.

Podobně jako v mnoha jiných publikovaných studiích zabývajících se filtry ke korekci poruch barvocitu, byly i výsledky tohoto klinického testování značně nejednoznačné. Dle výsledků 100-Hue testu na korekci reagovali ze čtyř testovaných subjektů dva kladně, jeden prakticky neutrálně a jeden vyšetřovaný vykazoval negativní odezvu. Pacienti, jejichž trichromatické vidění bylo do určité míry zachováno (protanomálie, deuteranomálie) reagovali na korekci lépe, než pacient trpící dichromazií (protanopie).

Na základě této studie nemůže být jednoznačně řečeno ani vyloučeno, zdali jsou filtry ChromaGen ideální volbou pro korekci poruch barvocitu. K vytvoření ideální metodiky předaplikačního měření vlivu filtrů ChromaGen je nutné vykonat podrobnější studii s větším počtem pacientů. Nejednoznačný výsledek mohl být ovlivněn nedostatečným počtem testovaných subjektů.



Výhodou filtrů ChromaGen oproti jiným značkám je fakt, že výrobce nabízí celou škálu odstínů brýlových i kontaktních čoček, které je možno ideálně přizpůsobit pacientovým potřebám. K získání validnějších výsledků mohlo vést testování filtrů o různých úrovních jasu anebo testování haploskopické aplikace, která v jiných klinických testech vykazovala největší úspěchy. Přesnost získaných dat by bylo teoreticky možno zvýšit opakovaným měřením.

Studie potvrdila předpoklad, že korekce pomocí barevných filtrů je značně individuální a i jedinci s podobnou vadou mohou reagovat značně rozdílně. K vytvoření ideální metodiky předaplikačního měření vlivu filtrů ChromaGen je nutné vykonat podrobnější studii s větším počtem pacientů.

Použitím barevných filtrů dojde ke spektrálnímu posunu, což může mít pozitivní vliv na subjektivní vnímání barev u pacientů s poruchou barvocitu. Předsažením filtrů sice není docíleno léčby barevné vady, nicméně vyvolaný efekt může u některých barvoslepých významně zlepšit kvalitu života. Vzhledem k tomu, že je tato forma korekce značně subjektivní a charakter i závažnost postižení se u každého různí, ne všichni korigovaní vnímají pozitivní změnu.

Pro docílení co nejlepšího efektu musí být k výběru filtru přistupováno individuálně. Je nutné mít vždy na paměti, že ani ideální korekce neumožní pacientovi získat normální barvocit a vykonávat tak profese, které jsou podmíněny dokonalým barevným viděním. Při aplikaci je esenciální, aby byl pacient srozuměn s reálnými účinky filtrů na jeho barevný vjem

#### Literatura:

- KODETOVÁ, M. Novinky v korekci poruch barvocitu, využití ChromaGen filtrů v optometrické praxi [online]. 21. duben 2015 [vid. 8. červen 2015]. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/393373/lf\\_b/](http://is.muni.cz/th/393373/lf_b/)
- SWARBRICK, H. A., P. NGUYEN, T. NGUYEN a P. PHAM. The ChromaGen contact lens system: colour vision test results and subjective responses. *Ophthalmic & Physiological Optics: The Journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*. 2001, roč. 21, č. 3, s. 182–196. ISSN 0275-5408.
- HABERLAND, T. Korigovat vrozené poruchy barvocitu pomocí barevných brýlových skel a kontaktních čoček? *Česká oční optika*. 2010, roč. 2010, č. 2, s. 20–24. ISSN 1211-233X.
- BROSCHMANN, Dieter a Jörn KUCHENBECKER. *Tabulky k vyšetření barvocitu*. Praha: Aventinum, 2012. ISBN 978-807-1512-677.
- ORIOWO, O. M. a A. Z. ALOTAIBI. Chromagen lenses and abnormal colour perception. *African Vision and Eye Health*. 2011, roč. 70, č. 2, s. 69–74.
- HODD, N. B. The Chromagen method for colour deficiency and specific learning difficulties. *Optometry Today*, November. 2000, roč. 17, s. 30–32.
- HODD, N. B. Putting ChromaGen to the test. *Optometry today*. 1998, s. 39–42.
- HARRIS, D. Lenses for colour vision deficiency and reading difficulties in optometric practice. *Optometry Today*. 2009, roč. 49, č. 7, s. 38–40.

## **Correction of congenital color vision deficiencies using color filters- Bc. Marie Kodetová**

Supervisor: Petr Veselý, DiS., Ph.D.:

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

One of the essential components of the vision is the ability to see and distinguish color. Perceiving color allows humans to discriminate objects on the basis of the distribution of the wavelengths of light that they reflect to the eye. Color vision is possible due to photoreceptors in the retina. Incoming light reacts with the several types of cone cells. Human retina consists of three types of photosensitive cone cells, each responsive to the different wavelengths of the spectral stimuli. Together they are able to create a full-scale color sensation which allows us to see all hues of the visible spectra. However if the cones are dysfunctional for instance due to lack of one or more light sensitive pigments then the sense of sight is impaired.

The loss of information received by color perception affects quality of life, reduces the reliability of information processing, and thus affects the time it takes to respond to a visual stimulus. The malfunction of color perception might cause an inability to perform several professions, for which perfect eyesight and color vision is a necessity. Dysfunction of color perception poses an obstacle and significant handicap in everyday life. It is therefore necessary to pursue ways to correct them.

Defective color vision can be either congenital or acquired. In case of some types of color vision deficiencies which have been secondarily induced by another disorder can treatment of original cause of their occurrence lead to recovery of functional color perception. However, in congenital disabilities, there is currently no way of treatment. The only currently known way of adjusting impaired color vision is by using of color filters. Color filters work by changing of the wavelength of each color going into one or both eyes that may enhance color perception and color discrimination. The filters are aiming to change an abnormal color perception of impaired type of cones to a normal level. However even the application of the most suitable filter is influencing not only the damaged type of cone but also the other types as well, thus changing the whole visual perception.

The first lenses constructed to adjust color vision were called X-Chrom. Since 1971, when the lenses were patented several other companies started to make other products of this kind. Nowadays it is for example lenses iRo, ColorView or handheld tool Seekey. Unlike the other products adjusting color perception, the sunglasses EnChroma do not perform on the basis of chromaticity changes, yet induces the color enhancement using the special notch filter. Nonetheless the real effectiveness of these filters is still not scientifically substantiated. Among other types excel the ChromaGen filters which correction features were tested in plentiful studies.

The filters are produced in eight colors - violet, purple, orange, yellow, green, magenta, aqua and blue. The optimal performance of certain hue can also be adjusted by changing the color density of the hue to light, medium, or dark. When using ChromaGen filters, patient has a choice of correction by contact lenses or spectacles where both can be made with a spherical or toric correction.

Wider range and variety of the color filters available ensure the ChromaGen clinical applicability despite the ambiguity of the published results.

In autumn 2014, the effects of the ChromaGen filters were tested in St. Anna's University Hospital in Brno. The aim of this research was to develop a comprehensive approach to correct color vision deficiency using ChromaGen filters. This procedure was tested and evaluated in clinical practice in the form of case studies.

The research was performed on group of four men Czech nationality aged between 25-47 years, suffering from a form of congenital red-green color vision deficiency.

The examination itself was divided into three phases - diagnosis, correction and evaluation.

The diagnostic phase measured and evaluated the quality of color perception. In the first part orientation examination was carried out using the pseudoisochromatic plate test (PIP test). After an explanation of the test, the patient was trying to read symbols written on plates. For each image was evaluated whether is he able to read it correctly, incorrectly or not at all. The values were then recorded in a prepared table as the number of tables correctly read out of the total number of plates. In order to obtain proper results, all patients used the same set of fifteen test plates.

An indicative assessment of color perception by PIP test was followed by a 100-Hue test using LCD optotype. The measurement was performed from the distance 1 m while patient was using his own spectacle or contact lenses.

The examination was followed by ocular dominance test. In determining ocular dominance patient watched fixed point through the tiny hole between his fingers at a distance of 5 meters. By alternately closing right and left eye was determined the moment when a point disappeared from sight. Eye, which was able to see the point without a shift, was considered as dominant.

The second stage (correction) consisted of selecting the optimal filter for patient's deficit. ChromaGen filters were respectively inserted into the test frames in front of non-dominant eye (with pre-loaded spherical and cylindrical correction of the patient). First, the patient subjectively evaluated visual acuity before and after insertion of the filter. Second, the filters were evaluated by the change of color perception during repeated reading of the PIP test. To reduce the risk of memorizing, the patient was reading plates in reverse or random order.

Last phase (evaluation) consisted of re-examination on a 100-Hue test, but now with objectively and subjectively best rated filter. The results of measurement with filter were compared with the initial measurement without correction.

Similar to other published studies dealing with filters aiming to correct color blindness, are the results of this clinical study contradictory. According to the results of 100-Hue test two out of four patients responded positively to the correction while one neutrally and one patient showed a negative response. Also patients whose trichromacy was maintained to a certain extent (protanomaly, deuteranomaly) responded better than patient suffering from dichromacy (protanopia).

Based on this study is not possible to clearly and definitely say, whether are ChromaGen lenses sufficient solution and for correction of color vision deficiencies. To create an ideal procedure of filter application it is necessary to perform more detailed study with a larger number of patients. To gain more conclusive results might be obtained by testing filters with different hue density for a longer period of time or testing of haploscopic method of application that showed the most promising results in other studies. Data accuracy should be theoretically increased by repeated measurements.

Probably the biggest advantage of ChromaGen filters over other brands is the fact that the manufacturer offers a wide range of colors that can be used both in form of contact and spectacle lenses, which can be ideally adapted to the patient's needs.

The study confirmed the hypothesis that correction of color vision deficiency using color filters is very individual and even patients with a similar defect may react quite differently. Using color filters leads to a spectral shift, which can have a positive subjective influence on color vision in patients with impaired color perception. By using of color filters it is not achieved of therapy of color vision deficiency, but in certain cases can the effect induced by wearing them significantly improve quality of life. Given that this form of correction is rather subjective, and nature and severity of impairment varies for each, not all of the patients with color vision defect can react positively.

If we want to achieve the best effect of the color filters, than every patient must be approached individually. It is necessary to always keep in mind that even a perfect filter selection does not allow the patient to gain a normal color vision and perform such professions that are conditioned by perfect color vision. It is essential that the patient always understands the effects of filters.

#### References:

- KODETOVÁ, M. Novinky v korekci poruch barvocitu, využití ChromaGen filtrů v optometrické praxi [online]. 21. duben 2015 [vid. 8. červen 2015]. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/393373/lf\\_b/](http://is.muni.cz/th/393373/lf_b/)
- SWARBRICK, H. A., P. NGUYEN, T. NGUYEN a P. PHAM. The ChromaGen contact lens system: colour vision test results and subjective responses. *Ophthalmic & Physiological Optics: The Journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*. 2001, roč. 21, č. 3, s. 182–196. ISSN 0275-5408.
- HABERLAND, T. Korigovat vrozené poruchy barvocitu pomocí barevných brýlových skel a kontaktních čoček? *Česká oční optika*. 2010, roč. 2010, č. 2, s. 20–24. ISSN 1211-233X.
- BROSCHMANN, Dieter a Jörn KUCHENBECKER. *Tabulky k vyšetření barvocitu*. Praha: Aventinum, 2012. ISBN 978-807-1512-677.
- ORIOWO, O. M. a A. Z. ALOTAIBI. Chromagen lenses and abnormal colour perception. *African Vision and Eye Health*. 2011, roč. 70, č. 2, s. 69–74.
- HODD, N. B. The Chromagen method for colour deficiency and specific learning difficulties. *Optometry Today*, November. 2000, roč. 17, s. 30–32.
- HODD, N. B. Putting ChromaGen to the test. *Optometry today*. 1998, s. 39–42.
- HARRIS, D. Lenses for colour vision deficiency and reading difficulties in optometric practice. *Optometry Today*. 2009, roč. 49, č. 7, s. 38–40.

## 8. Chromagenové filtry a jejich vliv na rychlost čtení u dyslektiků- Bc. Barbora Osičková

Vedoucí práce: Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

---

### Úvod

Dyslexie je jednou z nejnámějších specifických poruch učení. Významně ovlivňuje život postiženého jedince v mnoha různých aspektech. Jedná se o omezenou schopnost naučit se číst, a to navzdory normální inteligenci a nepřítomnosti tělesných či duševních poruch, které by proces čtení znemožňovaly nebo znesnadňovaly. [6, 11] Čtenářský výkon dyslektika, hodnocený z hlediska rychlosti, přesnosti a porozumění, zdaleka nedosahuje očekávané úrovně přiměřené jeho věku, naměřené hodnotě IQ a dostatečné vzdělávací nabídce. Může být narušeno chápání textu, schopnost rozpoznávání čtených slov i čtení nahlas. Dítě luští písmena, hláskuje, neúměrně dlouho slabikuje, nebo naopak čte zbrkle, domýšlí slova. Dyslexie může být diagnostikována i u dítěte, které čte přiměřeně rychle, pokud není schopno chápat obsah textu. Čtení dyslektiků bývá často zatíženo vysokou chybovostí. Nejtypičtějšími chybami jsou záměny písmen tvarově podobných (b-d-p), zvukově podobných (t-d) nebo i zcela nepodobných. Běžná je také nesprávná technika čtení, kdy si dítě nejprve přečte slovo potichu po hláskách a poté je vysloví nahlas. Jedná se o tzv. dvojí čtení. V některých případech ovšem nedochází ke spojování jednotlivých písmen do slov. Stupeň porozumění pak závisí na úrovni všech předchozích ukazatelů. Uvedené znaky čtenářského výkonu mohou být postiženy různě z hlediska intenzity a v různých kombinacích. Často se přidružují také potíže se psaním. V důsledku všech zmíněných obtíží bývá zhoršena i školní úspěšnost těchto dětí. [5, 11]

### Typy dyslexie

Dyslexii můžeme rozdělit do několika kategorií, které bývají označovány velkými písmeny. Typ A se vyznačuje převahou poruch v základní organizaci smyslových dat. Smyslové vady musí být zároveň vyloučeny. Tato kategorie se dále dělí na podtypy A1 a A2. U prvního podtypu, A1, označovaného dříve jako slovní hluchota, se objevují potíže hlavně ve sluchové analýze a diferenciaci, což se projevuje neschopností zachytit pořadí jednotlivých hlásek či slabik a chybováním v diktátech. Pro dyslektiky podtypu A2 je charakteristická převaha obtíží ve zrakové analýze a diferenciaci, proto byl dříve označován jako slovní slepota. Vyznačuje se záměnou podobných písmen a převrácením pořadí písmen. Obraz typu B se velmi podobá typu A, avšak v osobní anamnéze se často objevuje lehká mozková dysfunkce. U typu C převládají poruchy v integračních mechanismech. Jedinci s podtypem C1 mají problém s naplněním čteného textu významem. Dítě čte relativně bez chyb, ale i bez porozumění. Diktáty zvládá dobře, ale není schopno se samostatně písemně vyjadřovat. Pro podtyp C2 jsou typické obtíže v syntetizaci. Dítě dokáže rozpoznat jednotlivá písmena, ale není schopno je spojit ve větší celky. Závažné čtenářské chyby se u tohoto podtypu neobjevují, ale čtení zůstává na úrovni hláskování nebo slabikování. U typu D jsou přítomny poruchy v základní reaktivitě a projevuje se nadměrnou impulsivností. [5]

### Obtíže dyslektiků

Dyslexie zahrnuje deficit na více úrovních. Podle fonologické teorie je druhem jazykové poruchy, která spočívá v tzv. fonémovém uvědomění, čímž se myslí schopnost analyzovat dále nedělitelné fonémy ve slovním celku. Každému fonému jsou přiřazeny grafické tvary – písmena. Dyslektici mají potíže s jejich identifikací, což jim následně znesnadňuje čtení. Protože fonologická teorie nedokáže objasnit všechny obtíže dyslektiků, byla vytvořena další hypotéza, která popisuje deficit v rychlém zpracování podnětů. Podle jiné teorie, tzv. teorie vizuálního deficitu, mají někteří dyslektici velké potíže se zhodnocením zrakových vjemů a text jim splývá ve shluky grafických tvarů. Mozek dyslektiků se z neurobiologického hlediska odlišuje od mozku nedyslektiků. Byly zjištěny metabolické změny v různých mozkových oblastech, a to v závislosti jak na úlohách jazykových, tak nejazykových. Evokované potenciály odhalily u dyslektiků delší latence, nepřiměřenou sílu reakce i neschopnost časově sladit děje potřebné při čtení, což bylo označeno jako synchronizační deficit. Dyslexie je považována za širokospektrální poruchu, která nemá pouze jedinou příčinu. [5]

U jedinců trpících dyslexií byly prokázány neuroanatomické odchylky magnocelulárního systému, který je zodpovědný za rychlost zpracování informací. Neuronů jsou nevyvinuté, menší, pozorujeme pokles jejich počtu a mohou být poškozené. Ve shodě s oslabenou funkcí magnocelulárního systému jsou

vykládány také obtíže dyslektiků. Potřebují delší interstimulační intervaly, aby vnímali jednotlivé obrazy odděleně. Čtenářský text bývá charakterizován vysokou hustotou vizuální informace, tedy velkým množstvím informace na malé ploše. Vzhledem k tomu, že se vyznačuje krátkými interstimulačními intervaly, dyslektičtí čtenáři jej nedokáží dostatečně rychle zpracovat a výsledkem je splývání textu, vizuální chaos a potřeba zpomalit tempo. [5, 8]

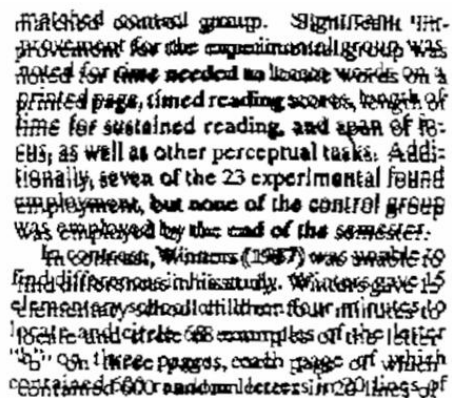
### Proces čtení

Čtení je složitý několikastupňový proces, jehož základ tvoří přeměna vizuálních symbolů do jejich fonologické a lingvistické podoby. Čtecí výkon je podmíněn normální funkcí očních pohybů. Při vlastním čtení nejsou uplatňovány hladké oční pohyby, nýbrž sakadické s mezisakadickými intervaly – fixacemi. Dokonce ani při fixacích očí v pohybu zcela neustávají, neboť vykonávají tzv. mikrosakády. Během čtení se mohou objevovat regrese, tedy pohyby očí orientované v protisměru, kdy se čtenář vrací k již přečtené části textu. Mohou být projevem obtíží s jazykovým či percepčním zpracováním textu, kam patří např. záměny vizuálně podobných písmen. S postupným zdokonalováním procesu čtení se zkracuje doba fixace, sakády se prodlužují a ubývá počet regresí. [5, 8]

### Meares-Irlen syndrom

U velké části dyslektiků jsou pozorovány projevy vizuálního stresu, mezi které řadíme rozmazání textu, pohyb písmen, jejich zdvojování nebo oslnění bílým pozadím (viz obr. 1). Čtení se stává nepohodlným, objevují se bolesti hlavy a rychleji se dostavuje únava. Samotná existence tohoto syndromu je stále velmi diskutována. Podle jeho zastánců jím ovšem trpí až 46 % jedinců s dyslexií a může být příčinou jejich čtecích obtíží. V roce 1983 vyvinula Helen Irlen systém léčby tohoto syndromu pomocí barevných filtrů. [3]

Helen Irlen tyto projevy považuje za důsledek zvýšené citlivosti k určitým vlnovým délkám spektra. Nazvala je jako syndrom skotopické citlivosti. [3] Wilkins obtíže připisuje abnormálnímu vizuálnímu kortexu u některých lidí, jenž způsobuje zvýšenou citlivost na vysokokontrastní pruhy. Některé geometrické obrazce a pruhy mohou být pro určité jedince velmi nepříjemné a vyvolat záchvaty u pacientů s epilepsií, fotofobií u pacientů s migrénami a deformace obrazu u lidí se čtecími obtížemi. Také vertikální tahy v rámci jednotlivých slov, ale i samotné uspořádání řádků textu, můžou značně připomínat pruhy. Soubor příznaků pojmenoval jako Meares-Irlen syndrom. [3] Harrisova teorie popisuje možný rozdíl v rychlosti přenosu vizuální informace do mozku mezi oběma očima. [3]



matched control group. Significant improvement for the experimental group was noted for time needed to locate words on a printed page, timed reading scores, length of time for sustained reading, and span of letters, as well as other perceptual tasks. Additionally, seven of the 23 experimental found employment, but none of the control group was employed by the end of the semester. In contrast, Winters (1987) was unable to find differences in his study. Winters gave 15 elementary school children four minutes to locate and circle 66 examples of the letter 'b' on three pages, each page of which contained 600 random letters in 20 lines of

Obr. 1: Vizuální stres (Dostupné z: <http://dyscoverlearning.com/2015/03/09/dyslexia-and-visual-problems/>)

### Chromagenové filtry

Jednou z možností, jak dětem s dyslexií a projevy vizuálního stresu pomoci, může být používání chromagenových filtrů. Jedná se o tónované brýlové či kontaktní čočky o přesně stanovených vlnových délkách. Brýlové čočky jsou vyráběny v osmi barevných variantách, z nichž každá má svou charakteristickou spektrální propustnost. Účinek chromagenových filtrů je založen na principu posuvu vlnových délek a působení na magnocelulární systém jedince. Sítnicový obraz se stává tmavším, dochází k prodloužení latentního času, tedy doby mezi absorbováním světla sítnicí a jeho zpracováním mozkiem. Filtry by měly zajistit resynchronizaci a selektivní změny informací takovým způsobem, který může vést ke zlepšení čtecích a psacích obtíží u postižených jedinců. Kromě dyslexie mohou být používány také u

osob s poruchami barvocitu. Dokáží zlepšovat barevné vidění a čtecí dovednosti, ale nemohou vyléčit vlastní příčinu obtíží. [2, 7]

### Rychlost čtení

Rychlost čtení je udávána počtem slov za minutu. Při suboptimálních podmínkách vykazuje výraznou závislost na kontrastu a velikosti písma. Maxima rychlosti, kterých může čtenář dosáhnout, jsou vždy ve fovea centralis vyšší, než v periferních oblastech sítnice. Prozatím pro rychlost čtení neexistuje žádný celosvětově standardizovaný test. V rámci vědeckých studií je často používán Wilkinsův test rychlosti čtení. Tvoří jej 10 řádků obsahujících 15 jednoduchých, opakujících se, ale různě uspořádaných slov. Testovaný čte úryvek nahlas tak rychle, jak je to možné. Je měřen celkový čas a jsou zaznamenávány všechny chyby. Rychlost čtení se pak udává v počtu správně přečtených slov za minutu. Test je krátký, ale dostatečně citlivý na to, aby odhalil případné změny v plynulosti čtení (např. při použití barevných filtrů). [8]

### Cíle studie

Cílem studie je posoudit vliv individuálně volených chromagenových filtrů, umístěvaných do zkušební brýlové obruby, na rychlost čtení u dyslektických dětí. Výsledky testování jsou porovnávány s kontrolní skupinou, kterou tvoří jedinci bez čtecích obtíží.

### Materiál a metody

V první fázi studie byla testována kontrolní skupina, tedy jedinci bez diagnostikované dyslexie, u nichž se zároveň nevyskytovaly poruchy barvocitu. Jednalo se o žáky základní školy ve věku 7-8 let. Museli splňovat také další požadavky, jakými jsou emetropie (příp. korigovaná ametropie), dostatečný visus na blízko (min. 0,8), schopnost číst jednoduchý text a také přiměřená inteligence pro pochopení průběhu testu. V prvním kroku byla kontrolována neporušenost barvocitu pomocí Ishiharových tabulek, ve kterých měl subjekt rozpoznávat barevně odlišené číslice či jiné znaky. Následoval test vízu do blízka pomocí čtecích tabulek, u nichž byl požadavek přečíst na klasičnou čtecí vzdálenost (40 cm) s korekcí minimálně řádek 0,8. V dalším kroku bylo zjišťováno, které oko je dominantní. Při výběru vhodné barvy chromagenových brýlových čoček se pak začínalo okem nedominantním. Výběr barvy byl časově omezen. Zatímco testování sledovali černý text na bílém pozadí, byly jim postupně předkládány všechny barevné varianty. Vybírali takovou, která se jim jevila pro čtení jako nejpříjemnější. Stejný postup byl uplatňován i u oka dominantního. S takto zvolenými chromagenovými čočkami, umístěnými ve zkušební brýlové obrubě, pak četli text po dobu jedné minuty. Skládal se z jednoduchých, vzájemně nesouvisejících slov (viz obr. 2). Byl zapisován počet přečtených slov a množství chyb. Obdobné testování rychlosti čtení probíhalo i bez použití filtrů. U části subjektů bylo prováděno testování ve schématu FBBF, u druhé části ve schématu BFFB, přičemž F znamená čtení s filtry a B čtení bez filtrů, a to z důvodu možného zkreslení výsledku prvním čtením, které je u všech subjektů oproti opakovanému čtení výrazně pomalejší. S dalším opakováním již nejsou rozdíly v rychlosti čtení tak markantní.

Barva:

Počet chyb:

Slov za minutu:

**Kočka pro ten vy ne nad můj pes vidět do je jít hrát podívat a vidět vy pes pro je kočka podívat**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22

**hrát můj ten nad a jít ne do podívat kočka vidět můj a pes ten je hrát jít ne pro do**

23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43

**vy nad můj vidět je ten jít hrát podívat pro a nad do kočka vy pes ne a vy kočka podívat do**

44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65

**vidět ne můj pes ten pro jít je nad hrát pes do a hrát nad jít vy ten ne je kočka**

66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86

**podívat pro můj vidět ten hrát podívat kočka vidět nad jít pro můj vy a ne je do pes pro do ne**

87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108

**vy jít hrát ten podívat kočka vidět je pes nad a můj vy pes a pro nad ne vidět můj kočka je**

109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130

**ten hrát jít do podívat jít ne a do vidět vy je hrát podívat nad do kočka pes můj pro**

131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150

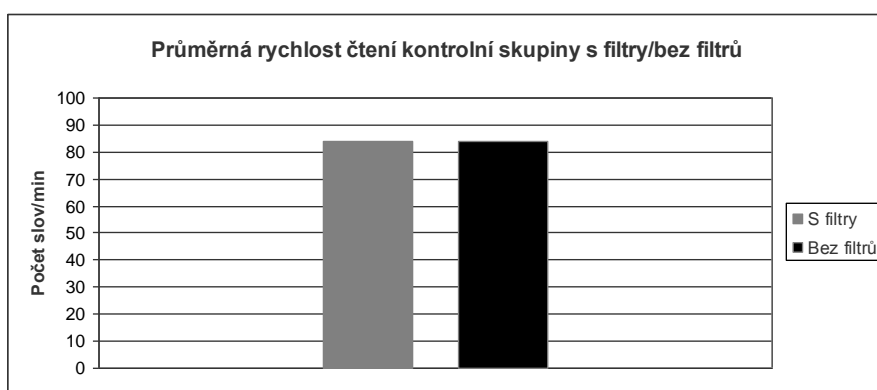
*Obr. 2: Test rychlosti čtení*

Nyní probíhá testování skupiny dyslektiků. Zde je očekáváno výrazné zvýšení rychlosti čtení při použití vhodných chromagenových filtrů a redukce počtu chyb.

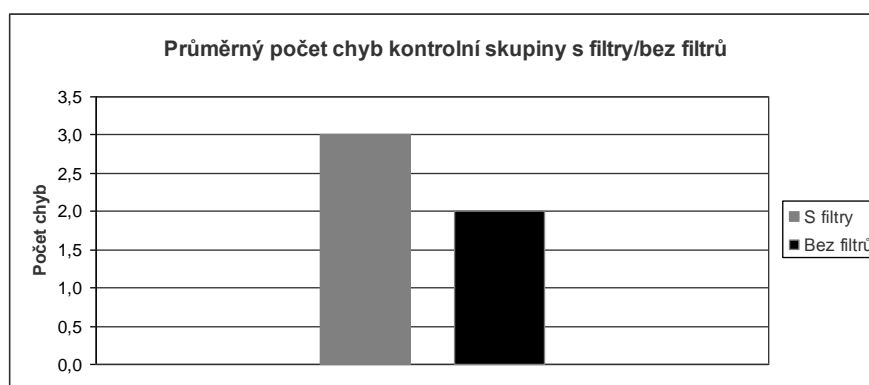


## Výsledky

V první fázi výzkumu byla testována kontrolní skupina. Celkem čítala 30 subjektů, z nichž bylo ke statistickému zpracování použito 24 výsledků. Zbýlých 6 bylo vyloučeno z důvodu zachování poměru testovaných podle schématu FBBF a podle schématu BFFB. V rámci této skupiny nebyl prokázán pozitivní vliv chromagenových filtrů na rychlost čtení. Průměrná rychlost byla při použití filtrů 83,83 slov/min, bez filtrů pak 84,44 slov/min. Po zaokrouhlení na celá slova byla rychlost čtení v obou případech shodná, tj. 84 slov/min (graf č. 1). Rozdíl není statisticky významný (Wilcoxon test,  $p = 0,7$ ). Byl však zjištěn statisticky významný rozdíl v počtu chyb při čtení bez filtrů a s filtry (Wilcoxon test,  $p < 0,05$ ). Při použití filtrů byl průměrný počet nesprávně přečtených či vynechaných slov 3, zatímco bez filtrů 2 slova (graf č. 2).



Graf č.1: Rychlost čtení kontrolní skupiny



Graf č. 2: Počet chyb kontrolní skupiny

## Diskuze

Bylo provedeno již poměrně velké množství studií, které posuzovaly účinek barevných filtrů na rychlost čtení u dyslektiků. Jako příklad lze uvést studii Hollise a Allena z roku 2006 [1], v níž autoři prokázali zvýšení rychlosti čtení u dyslektiků až o 25 % při použití těchto filtrů. Zároveň došlo ke zlepšení přesnosti čtení a porozumění textu. U kontrolní skupiny pozitivní vliv barevných filtrů pozorován nebyl. Singleton a Hendersonová ve studii z roku 2007 [10] pozorovali daleko větší zlepšení v rychlosti čtení při použití barevných filtrů u skupiny dyslektiků než u skupiny kontrolní. Ritchie a kol. naopak ve své studii z roku 2011 [9] popřeli okamžitý pozitivní vliv barevných filtrů na rychlost čtení u jedinců se čtecími obtížemi. Studie se významně rozcházejí, nelze z nich tedy odvodit jednoznačný závěr o účinku barevných filtrů na

rychlost čtení.

Byl proveden menší počet studií, které by k testování využívaly přímo brýlové či kontaktní čočky sady ChromaGen. Harris a MacRow-Hill ve studii z roku 1999 [4] prokázali, že došlo ke zvýšení rychlosti čtení u dyslektiků s projevy vizuálního stresu při použití chromagenových filtrů. Takové výsledky jsou v této studii také očekávány.



Obr.3: Chromagenové filtry (Dostupné z: <http://www.ireadbetternow.com/dyslexia-science>)

#### Závěr

V první fázi studie nebyl prokázán pozitivní vliv chromagenových filtrů na rychlost čtení u jedinců kontrolní skupiny bez poruch čtení. Tento dílčí závěr potvrzuje předpoklad, že zvýšení rychlosti čtení s použitím individuálně zvolených filtrů bude u dětí bez dyslexie jen nepatrné nebo vůbec žádné. Zároveň u tohoto vzorku došlo k prokázání statisticky významného rozdílu v počtu nesprávně přečtených či vynechaných slov s a bez použití filtrů. Navzdory subjektivním pocitům pohodlnějšího a příjemnějšího čtení s použitím chromagenových filtrů, se objevovala větší chybovost při čtení s filtry než bez nich. Kontrolní skupina by měla být dále rozšiřována. Druhá fáze výzkumu se zaměřuje na testování dyslektických dětí, u nichž jsou zároveň vyloučeny poruchy barvocitu. Obě skupiny budou následně porovnávány. U dyslektických čtenářů s projevy vizuálního stresu se předpokládá výrazné zvýšení rychlosti čtení při použití vhodně zvolených chromagenových filtrů a redukce počtu chyb.



Obr. 4: Brýlová obruba s chromagenovými filtry (Dostupné z: <http://www.colourblindawareness.org/colour-blindness/treatment/>)

Výzkum je realizován v rámci projektu specifického výzkumu rektora MUNI/C/1285/2014.

#### Literatura

- ALLEN, P. M., J. M. GILCHRIST a J. HOLLIS. Use of Visual Search in the Assessment of Pattern-Related Visual Stress (PRVS) and Its Alleviation by Colored Filters. *Investigative Ophthalmology*. 2008-05-23, vol. 49, issue 9, s. 4210-4218. DOI: 10.1167/iovs.07-1587. Dostupné z: <http://www.iovs.org/cgi/doi/10.1167/iovs.07-1587>
- HABERLAND, Tomáš. Korigovat vrozené poruchy barvocitu pomocí barevných brýlových skel a kontaktních čoček?. *Česká oční optika*. Brno: Společenstvo českých optiků a optometristů, 2010, č. 2.
- HALL, Roger, Nicola RAY, Priscilla HARRIES a John STEIN. A comparison of two-coloured filter systems for treating visual reading difficulties. *Disability and Rehabilitation* [online]. 2013, vol. 35, issue 26, s. 2221-2226 [cit. 2015-04-16]. DOI: 10.3109/09638288.2013.774440.
- HARRIS, D a SJ MACROW-HILL. Application of ChromaGen haplosopic lenses to patients with dyslexia: a double-masked, placebo-controlled trial. [online]. 1999 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
- JOŠT, Jiří. Čtení a dyslexie. Vyd. 1. Praha: Grada, 2011, 384 s. *Pedagogika (Grada)*. ISBN 978-802-4730-301.
- JOŠT, Jiří. Oční pohyby, čtení a dyslexie. 1. vyd. Praha: Fortuna, 2009, 173 s. ISBN 978-80-7373-055-0.
- ORIOWO, O Matthew a Abdullah Z ALOTAIBI. Chromagen lenses and abnormal colour perception. *The South African optometrist. Suid-Afrikaanse oogkundige* [online]. 2010 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://avehjournal.org/index.php/aveh/article/viewFile/101/69>
- OSIČKOVÁ, Barbora, Petr VESELÝ a Svatopluk SYNEK. Barevné filtry a jejich vliv na rychlost čtení u dyslexie. *Česká oční optika*, Expo Data s.r.o., 2015. ISSN 1211-233X.
- RITCHIE, S. J., S. D. SALA a R. D. MCINTOSH. Irlen Colored Overlays Do not Alleviate Reading Difficulties. *PEDIATRICS*[online]. 2011-09-30, vol. 128, issue 4, e932-e938 [cit. 2014-04-02]. DOI: 10.1542/peds.2011-0314. Dostupné z: <http://pediatrics.aappublications.org/cgi/doi/10.1542/peds.2011-0314>
- SINGLETON, Chris a Lisa-Marie HENDERSON. Computerised screening for visual stress in reading. *Journal of Research in Reading*. 2007, vol. 30, issue 3, s. 316-331. DOI: 10.1111/j.1467-9817.2007.00341.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1467-9817.2007.00341.x>
- ZELINKOVÁ, Olga. Poruchy učení: dyslexie, dysgrafie, dysortografie, dyskalkulie, dyspraxie, ADHD. 11. vyd. Praha: Portál, 2009, 263 s. ISBN 978-807-3675-141.

## **Chromagen filters and their effect on dyslexic's reading rate- Bc. Barbora Osičková**

Supervisor: Petr Veselý, DiS., Ph.D.

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

### Introduction

Dyslexia is one of the most famous specific learning disabilities. Life of handicapped individuals is significantly affected in many different aspects. Dyslexia is defined as a limited ability to learn to read, despite normal intelligence and absence of physical or mental disorders that would make impossible or hindering a process of reading. [6, 11] Dyslexic's reading performance, evaluated in terms of speed, accuracy and understanding, is far below the expected level appropriate to his age, measured value of IQ and adequate educational offer. Understanding of the text, ability to recognize words and reading aloud can be distorted. Child recognizes letters, spells, syllabifies too long or reads hastily, guesses the word. Dyslexia can be also diagnosed at child who reads reasonably quickly, if is not able to understand the content of the text. Dyslexic's reading is often associated with high error rates. The most typical errors are mismatch of shaped like (b-d-p), sound similar (t-d) or completely dissimilar letters. A reading technique is often also incorrect. Children read words quietly and then they read them aloud. This technique is also called a double reading. In some cases children are not able to connect individual letters into words. Level of understanding depends on the level of the above mentioned phenomena. These characteristics of reading performance may be affected differently in terms of intensity and in different combinations. Writing problems can also be associated very often. As a result of all these problems the academic success of children can be impaired. [5, 11]

### Types of dyslexia

Dyslexia can be divided into several categories, which are marked by the capital letters. Type A is characterized by a predominance of failures in the basic organization of sensory data. Sensory defects must also be excluded. This category is further divided into subtypes A1 and A2. In the first subtype, A1, known formerly as the word deafness, problems occur mainly in the acoustic analysis and differentiation, which results in an inability to capture a sequence of individual sounds or syllables and errors in dictation. A2 dyslexia subtype is characterized by the predominance of the difficulties in visual analysis and differentiation. It is formerly known as word blindness. It is characterized by substituting similar letters and inverting the order of the letters. Type B is very similar to type A, but in personal anamnesis often appears brain dysfunction. In type C dominate disturbances in integration mechanisms. Individuals with subtype C1 have a problem with comprehension of the text. Children read relatively error free, but without understanding. They handle dictations well but they are not able to express in writing separately. For subtype C2 are typical difficulties in synthesising. A child can recognize individual letters, but is not able to join larger units. Serious reader's errors in this subtype do not appear, but the reading remains at spelling or syllabication. In type D are disturbances in the reactivity and it exhibits by excessive impulsiveness. [5]

### Difficulties of dyslexics

Dyslexia includes deficit on multiple levels. According to the phonological theory it is a kind of language disorder, which lies in the phoneme awareness, it means the ability to analyze indivisible phonemes in a verbal unit. Graphic shapes – letters – are assigned to each phoneme. Dyslexics have problems with their identification, which makes it difficult to read. Because phonological theory fails to explain all the difficulties of dyslexics, another hypothesis was created. It describes deficit in the rapid processing of stimuli. According to the theory of visual deficit dyslexics have some problems with visual perception and the text merges in clusters of graphic shapes. The dyslexic's brain differs in neurobiological perspective from the non-dyslexic's brain. Metabolic changes were detected in different brain regions, depending on linguistic or non-linguistic tasks. Evoked potentials revealed longer latency at dyslexics, excessive force and inability to align actions needed during reading, which was identified as a synchronization deficit. Dyslexia is considered a broad-spectrum disorder, which has not only one cause. [5] Dyslexics have neuroanatomical deviations of magnocellular system which is responsible for the speed of information processing. Neurons are undeveloped, smaller, there is a decrease in their number and they can be damaged. Difficulties of dyslexics are also interpreted in compliance with limited function of magnocellular system. They need longer periods to perceive different images separately. Reading text is characterized by a high density of visual information, large amount of information on a small surface.

Because of short interstimulative intervals the text cannot be processed fast enough by dyslexic readers. The results are merging of text, visual chaos and need of slow down the reading rate. [5, 8]

### The process of reading

Reading is a multistage process, which is based on a transformation of visual symbols into their phonological and linguistic expressions. Reading performance is conditioned by the normal function of eye movements. During the reading are not applied smooth eye movements but saccadic with intersaccadic intervals – fixations. Moving eyes don't completely stop even during fixation, because of microsaccadic movement. During reading may appear regressions, eye movements oriented in the opposite direction, the reader returns to the already read part of the text. They may be to the reason of difficulties with language or perceptual processing of text, which includes e.g. confusion of visually similar letters. With the gradual improvement of the reading process, the time of fixation is reduced, saccades are extended and the number of regressions is lower. [5, 8]

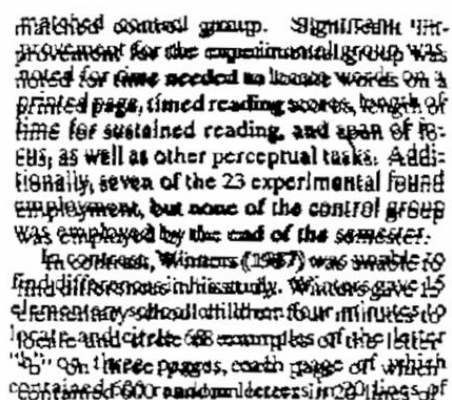


Fig. 1: Visual stress (From: <http://dyscoverlearning.com/2015/03/09/dyslexia-and-visual-problems/>)

### Meares-Irlen syndrome

Symptoms of visual stress, such as blurring of text, movement of letters, duplication or glare by white background (see Fig. 1), are observed in a large proportion of dyslexics. Reading become uncomfortable, there are headaches and faster fatigue.

The existence of this syndrome is still very much debated. However according to its proponents up to 46% of individuals with dyslexia suffer with it and it may be the cause of reading difficulties. In 1983, Helen Irlen had developed a system of treatment of this syndrome - using of colored filters. [3]

Helen Irlen thinks these symptoms are the result of increased sensitivity to certain wavelengths of the spectrum. It is called scotopic sensitivity syndrome. [3] Wilkins attributed difficulties to abnormal visual cortex in some people, which can cause an increased sensitivity to high contrast stripes. Some geometric shapes and stripes can be for certain individuals very uncomfortable and cause seizures in patients with epilepsy, photophobia at patients with migraines and distortions for people with reading difficulties. Also vertical moves within individual words and arrangement of lines of text can greatly remind stripes. A set of symptoms was named as Meares-Irlen syndrome. [3] Harris's theory describes the possible difference in transmission speed of visual information to the brain between the two eyes. [3]

### Chromagen filters

One way of assistance to children with dyslexia and visual stress symptoms may be using of chromagen filters. They are tinted spectacle or contact lenses of well-defined wavelengths. Spectacle lenses are manufactured in eight colors, each with its own characteristic spectral transmittance. Effect of chromagen filters is based on the principle of wavelength shift and the effect on magnocellular system of individuals. Retinal image becomes darker, it prolongs latency time. It is the time between the light absorbing by retina and brain processing. Filters should ensure resynchronization and selective changes of the information in a way that can lead to improved reading and writing difficulties in affected individuals. Apart from dyslexia it can also be used for people with color vision deficiency. They can improve color vision and reading skills, but cannot cure the cause of their own problems. [2, 7]

## Reading rate

Reading rate is given by the number of words per minute. At suboptimal conditions reading rate showed significant dependence on contrast and font size. Maximum speed the reader can reach is always higher in the fovea centralis than in the peripheral areas of the retina. For the reading speed there is no globally standardized test. In the scientific study is often used Wilkins reading rate test. It consists of 10 lines containing 15 simple, repetitive, but variously arranged words. Tested subjects read a passage aloud as fast as possible. Total time is measured and all errors are recorded. The reading rate is then measured in the number of correctly read words per minute. The test is brief, but sensitive to detect any changes in reading fluency (e.g. when using color filters). [8]

## Objectives of the study

The aim of the study is to assess the influence of individually elected chromagen filters, which are placed into experimental frames, on reading speed at dyslexic children. Results of testing are compared with the control group consisting of individuals without reading difficulties.

## Material and methods

A control group was tested in the first phase of the study (individuals without diagnosed dyslexia and without the color vision deficiency). These were elementary school pupils aged 7-8. They must also meet other requirements, such as emmetropia (or corrected ametropia), sufficient visus to close distance (min. 0.8), the ability to read a simple text and reasonable intelligence for understanding the process of the test. The first step was checking of the integrity of color perception using Ishihara test. Subject should recognize color-coded numbers or other characters. It was followed by a test of reading at close distance on classic reading distance (40 cm) with a correction - at least line 0,8. The next step was finding out which eye is dominant. Choosing of appropriate colors of chromagen lenses began with non-dominant eye. Choice of colors is time limited. All color alternatives were presented while subject was watching the black text on a white background. They chose color which they appeared the best to read. The same procedure was used also to dominant eye. They read a text with selected chromagen filters for one minute. It was consisted of single, unrelated words (see Fig. 2)

Barva:	Počet chyb:	Slov za minutu:
<b>Kočka pro ten vy ne nad můj pes vidět do je jít hrát podívat a vidět vy pes pro je kočka podívat</b>		
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22		
<b>hrát můj ten nad a jít ne do podívat kočka vidět můj a pes ten je hrát jít ne pro do</b>		
23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43		
<b>vy nad můj vidět je ten jít hrát podívat pro a nad do kočka vy pes ne a vy kočka podívat do</b>		
44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65		
<b>vidět ne můj pes ten pro jít je nad hrát pes do a hrát nad jít vy ten ne je kočka</b>		
66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86		
<b>podívat pro můj vidět ten hrát podívat kočka vidět nad jít pro můj vy a ne je do pes pro do ne</b>		
87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108		
<b>vy jít hrát ten podívat kočka vidět je pes nad a můj vy pes a pro nad ne vidět můj kočka je</b>		
109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130		
<b>ten hrát jít do podívat jít ne a do vidět vy je hrát podívat nad do kočka pes můj pro</b>		
131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150		

Fig. 2: The test of reading rate

The number of read words and number of errors was recorded. A similar test of reading rate was carried out without using filters. In some of the subjects was performed testing in the scheme FBBF, the second part in the scheme BFFB, where F is reading with filters and B reading without filters, because of possible distortion on the result of the first reading, which is for all individuals significantly slower. In following repetitions are not so large differences in reading rate. Now a group of dyslexic is tested. There should appear substantive increase of reading rate with individual selected chromagen filters and decrease of number of errors.

## Results

In the first phase of the research has been tested a control group. It counted 30 individuals, for statistical

processing were used 24 results. The remaining 6 were excluded in order to maintain a number of tested by FBBF and BFFB. The positive impact of chromagen filters on reading rate was not demonstrated within this group. The average speed was with filters 83.83 words / min, without filters 84.44 words / min. Reading speed was the same in both cases after rounding to whole word, 84 words / min (Chart 1). The difference was not statistically significant (Wilcoxon test,  $p = 0.7$ ). There was a statistically significant difference in the number of errors with and without filters (Wilcoxon test,  $p < 0.05$ ). With filters the average number of read incorrectly or omitted words was 3 while without filters 2 words (Chart 2).

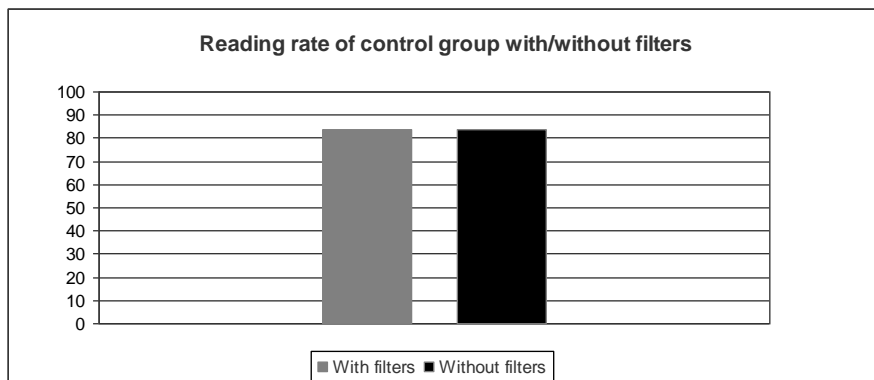


Chart 1: Reading rate of control group



Chart 2: Number of mistakes of control group

## Discussion

A large number of studies that have assessed the effect of color filters on the reading rate at dyslexics were done. As an example, the study of Hollis and Allen in 2006 [1] in which authors demonstrated an increase in dyslexic's reading rate up to 25 % when using these filters. The accuracy of reading and comprehension were improved at the same time. In the control group a positive effect of color filters was observed. Singleton and Henderson in a study in 2007 [10] observed a much greater improvement in reading rate when using color filters in the group of dyslexics than in the control group. On the contrary Ritchie et al. denied an immediate positive effect of color filters on reading rate in individuals with reading difficulties in a study in 2011 [9]. Studies significantly diverge. We cannot deduce a definite conclusion on the effect of color filters on reading rate from them. There was made lower number of studies using for testing chromagen's sets of spectacle or contact lenses. Harris and MacRow-Hill's study in 1999 [4] demonstrated increased reading rate at dyslexics with symptoms of visual stress when using chromagen filters. These results are also expected in this study.



Fig.3: Chromagen filters (From: <http://www.ireadbetternow.com/dyslexia-science>)

### Conclusion

The first phase of the study has not demonstrated the positive impact of chromagen filters to reading rate at control group of individuals without reading disorders. This partial conclusion confirms the hypothesis, which assumes that the increase in reading rate while using individually selected filters will be at children without dyslexia little or none at all. At the same time there was demonstrated a statistically significant difference in the number of read incorrectly or omitted words with and without the use of filters. Despite the subjective feelings more comfortable and more enjoyable reading during using chromagen filters, there appeared more errors with filters than without them. The control group should be further extended. The second phase of the research focuses on the testing of dyslexic children without color vision deficiency. Both groups will be compared. In dyslexic readers with symptoms of visual stress we can expect dramatically increase of reading rate and reducing the number of errors while using well chosen chromagen filters.



Fig. 4: Frames with chromagen filters (From: <http://www.colourblindawareness.org/colour-blindness/treatment/>)

The research is realized as a project of Specific research of rector MUNI/C/1285/2014.

### Literature

ALLEN, P. M., J. M. GILCHRIST a J. HOLLIS. Use of Visual Search in the Assessment of Pattern-Related Visual Stress (PRVS) and Its Alleviation by Colored Filters. *Investigative Ophthalmology*. 2008-05-23, vol. 49, issue 9, s. 4210-4218. DOI: 10.1167/iovs.07-1587. Dostupné z: <http://www.iovs.org/cgi/doi/10.1167/iovs.07-1587>

HABERLAND, Tomáš. Korigovat vrozené poruchy barvocitu pomocí barevných brýlových skel a kontaktních čoček?. *Česká oční optika*. Brno: Společnost českých optiků a optometristů, 2010, č. 2.

HALL, Roger, Nicola RAY, Priscilla HARRIES a John STEIN. A comparison of two-coloured filter systems for treating visual reading difficulties. *Disability and Rehabilitation* [online]. 2013, vol. 35, issue 26, s. 2221-2226 [cit. 2015-04-16]. DOI: 10.3109/09638288.2013.774440.

HARRIS, D a SJ MACROW-HILL. Application of ChromaGen haplosopic lenses to patients with dyslexia: a double-masked, placebo-controlled trial. [online]. 1999 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>



- JOŠT, Jiří. Čtení a dyslexie. Vyd. 1. Praha: Grada, 2011, 384 s. Pedagogika (Grada). ISBN 978-802-4730-301.
- JOŠT, Jiří. Oční pohyby, čtení a dyslexie. 1. vyd. Praha: Fortuna, 2009, 173 s. ISBN 978-80-7373-055-0.
- ORIOWO, O Matthew a Abdullah Z ALOTAIBI. Chromagen lenses and abnormal colour perception. The South African optometrist. Suid-Afrikaanse oogkundige [online]. 2010 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://avehjournal.org/index.php/aveh/article/viewFile/101/69>
- OSIČKOVÁ, Barbora, Petr VESELÝ a Svatopluk SYNEK. Barevné filtry a jejich vliv na rychlost čtení u dyslexie. Česká oční optika, Expo Data s.r.o., 2015. ISSN 1211-233X.
- RITCHIE, S. J., S. D. SALA a R. D. MCINTOSH. Irlen Colored Overlays Do not Alleviate Reading Difficulties. PEDIATRICS[online]. 2011-09-30, vol. 128, issue 4, e932-e938 [cit. 2014-04-02]. DOI: 10.1542/peds.2011-0314. Dostupné z: <http://pediatrics.aappublications.org/cgi/doi/10.1542/peds.2011-0314>
- SINGLETON, Chris a Lisa-Marie HENDERSON. Computerised screening for visual stress in reading. Journal of Research in Reading. 2007, vol. 30, issue 3, s. 316-331. DOI: 10.1111/j.1467-9817.2007.00341.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1467-9817.2007.00341.x>
- ZELINKOVÁ, Olga. Poruchy učení: dyslexie, dysgrafie, dysortografie, dyskalkulie, dyspraxie, ADHD. 11. vyd. Praha: Portál, 2009, 263 s. ISBN 978-807-3675-141.

## 9. Vliv velikosti a okolí optotypových znaků na jejich čitelnost- Mgr.Petr Langer

Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta

---

### Úvod a cíle

Každý z nás se jistě někdy podrobil vyšetření u optometristy nebo očního lékaře. Takové vyšetření spočívá mimo jiné ve zjištění zrakové ostrosti pomocí písmen, čísel či jiných znaků na optotypech. Optotypy využívané v optometristických i oftalmologických praxích musí splňovat předepsané normy a podmínky týkající se konstrukce celého optotypu i jednotlivých znaků na optotypu, aby vyšetření proběhlo co nejvíce přesně a aby výsledek nebyl ovlivněn nežádoucími jevy.

Optotypy i optotypové znaky se během 20. století vyvíjely na základě provedených studií, které svými výsledky upozorňovaly na nedostatky a chyby v konstrukci optotypů i jednotlivých optotypových znaků. Měnily se velikosti mezer mezi písmeny a mezi řádky, velikosti písmen, progresse velikosti řádků, počty znaků na jednom řádku a v neposlední řadě i jednotlivé znaky či celé sady znaků. Všechny tyto aspekty totiž mají vliv na čitelnost prezentovaných znaků. Při nedostatečných separacích mezi znaky totiž může docházet k efektům, které výrazně omezují čitelnost znaků a negativně tak ovlivňují hodnotu zrakové ostrosti. Tyto efekty se nazývají konturová interakce a crowding fenomén.

Cílem prvního experimentu je experimentálně ověřit čitelnosti písmen užití sady znaků. Cílem druhého experimentu bylo porovnat efekty způsobené působením konturové interakce a crowding fenoménu. Konturová interakce vzniká pouze na základě působení okolních kontur (inhibice, integrace), zatímco efekt crowding fenoménu je ovlivněn právě konturovou interakcí a navíc také fixačními pohyby očí (inhibice) a rozdělením pozornosti mezi ostatní znaky (prostá záměna). Na základě porovnání těchto dvou efektů bylo cílem ověřit vliv okolí prezentovaných písmen na jejich čitelnost, porovnat intenzitu konturové interakce a crowding fenoménu a zjistit, zda se konturová interakce podílí na crowding fenoménu. Předpokládá se, že crowding fenomén, jehož je konturová interakce součástí, bude mít větší negativní vliv na čitelnost znaků než samotná konturová interakce.

Pro účely této diplomové práce se výzkumu zúčastnilo pět figurantů (tři ženy

a dva muži) ve věku od 20 do 38 let, průměrný věk 25 let se směrodatnou odchylkou  $\pm 7,42$ . Jediné požadavky na figuranty byly – dobrý zdravotní stav, normální zraková ostrost (s korekcí) a dostatečná fyzická a psychická kondice v den měření, jelikož měření bylo časově náročné.

### Vliv hodnoty logMÚR na čitelnost znaků

#### Metody

Výzkum byl prováděn v laboratoři na katedře optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Pro prezentaci znaků byl vytvořen speciální program. Znaky byly subjektům zobrazeny na širokoúhlém 22palcovém monitoru značky ASUS VW220T s následujícím interním nastavením: jas 100, kontrast 80. Znaky byly prezentovány v černé barvě na bílém pozadí. Reálný jas pozadí byl  $200 \text{ cd/m}^2$ , jas znaků byl  $7 \text{ cd/m}^2$ . Jednalo se tedy o fotopické podmínky při vysokém kontrastu znaků. Měření probíhalo monokulárně s centrální fixací znaku, figuranti si sami vybírali, které oko bude měřeno. Druhé oko bylo zakryto umělohmotným okluzorem. Znaky byly prezentovány z důvodu velké vyšetřovací vzdálenosti pomocí zrcadla, které bylo umístěno 5,5 metru před stanovištěm figuranta a pomocí výše zmíněného monitoru postaveného 1 metr za figurantem, tedy 6,5 metru od zrcadla. Vyšetřovací vzdálenost byla tedy nastavena na 12 metrů.

Samotné měření začínalo stanovením výchozí hodnoty (hladiny) logMÚR,

ze které pak celé měření daného subjektu vycházelo. Hodnota logMÚR se stanovila tak, aby při prezentaci izolovaných písmen bez jakéhokoliv vlivu okolí (bez kontur a jiných znaků) bylo správně rozlišeno právě 75 % - 85 % z prezentovaných písmen. Nejprve byla hodnota logMÚR nadhodnocena (větší velikost písmen), v takovém případě se hladina blížila ke 100 %. Postupně se pak hodnota logMÚR snižovala tak, aby se hladina pohybovala právě ve výše zmíněném intervalu. Na začátku však bylo potřeba pamatovat na efekt učení se, při kterém se subjekt seznamoval s 10 písmeny sady Sloan letters. Proto bylo nutné výchozí hladinu a hodnotu logMÚR několikrát ověřit a zjistit, zda stále nedochází k nárůstu procenta správných odpovědí. Jedno měření obsahovalo prezentaci 100 písmen. Po ustálení hladiny mohlo začít vlastní měření, v jehož průběhu se výchozí hladina také pravidelně ověřovala, aby byl vyloučen případný vliv učení se nebo vliv únavy. V případě opakované výrazné změny hladiny během měření bylo vhodné takové měření přerušit a pokračovat jiný den. Pokud se i další den hladina výrazně lišila od té původní, musela se všechna předchozí vlastní měření zopakovat s novou hodnotou logMÚR.

Při vlastním měření byly v tomto experimentu figurantům prezentovány samostatně izolované znaky bez

vlivu okolí. Při měření bylo pořadí znaků náhodné, přičemž bylo zajištěno, aby se neopakovaly dva stejné znaky po sobě. Čitelnost sady písmen Sloan letters se zjišťovala na pěti postupně se snižujících hodnotách logMÚR, z nichž první byla právě původní stanovená hodnota a každá následující hodnota se snížila o 0,05 logMÚR, čímž se zmenšovala velikost písmen. Celkem probíhalo měření na pěti hodnotách logMÚR. Pro každou hodnotu logMÚR byly provedeny 2 měření po 100 znacích. Úkolem figurantů bylo správně identifikovat prezentované písmeno. Výsledná hodnota správných odpovědí byla zaznamenána pomocí používaného programu do podoby matice, která později sloužila pro podrobné vyhodnocení výsledků týkajících se čitelnosti jednotlivých písmen při různé hodnotě logMÚR. Se snižující se hodnotou logMÚR (znaky se zmenšují) klesá i čitelnost prezentovaných znaků. Identifikace menších písmen tak mohla být obtížná, nicméně v takovém případě museli figuranti písmeno odhadnout. Pro každé z deseti písmen Sloan letters byla zjištěna jeho čitelnost. Průměrná čitelnost všech deseti znaků je rovna 0,814 se směrodatnou odchylkou  $\pm 0,108$ . Rozsah čitelností (rozdíl čitelností nejvíce a nejméně čitelného písmene) je 0,348.

## Výsledky

Čitelnost písmene C je oproti ostatním znakům sady Sloan letters nízká, dosahuje hodnoty 0,739, což je druhá nejnižší čitelnost u písmen této sady. Čitelnost písmene D je v porovnání s ostatními písmeny průměrná a má hodnotu 0,786. Stejně jako čitelnost písmene D, tak i čitelnost písmene H, která dosahuje hodnoty 0,803, se blíží průměrné čitelnosti Sloan letters. Čitelnost písmene K je 0,858, nachází se mírně nad průměrnou hodnotou čitelnosti všech deseti znaků. Čitelnost písmene N je ve srovnání s dalšími písmeny zkoumané sady průměrná a má hodnotu 0,810. Písmeno O je na základě výsledků ze všech deseti písmen sady Sloan letters nejméně čitelné. Čitelnost písmene je 0,644. Písmeno R je čitelné s pravděpodobností 0,784, čitelnost je tedy lehce pod průměrem celkové čitelnosti všech deseti písmen. U písmene S byla naměřena čitelnost 0,741. Čitelnost písmene V dosahuje vůbec nejvyšší hodnoty ze všech písmen sady Sloan letters, a to 0,992. Také písmeno Z má vysokou čitelnost, ta dosahuje hodnoty 0,983.

## Závěr

Zjištěné čitelnosti písmen sady Sloan letters vykazují poměrně velký rozptyl. Nejčitelnějšími písmeny jsou písmena V a Z, která dosahují takřka 100% čitelnosti. Tato vysoká čitelnost je způsobena pravděpodobně specifickým vzhledem obou písmen. Oba znaky mají ostré hrany, což napomáhá ke snazší identifikaci. Ostrými hranami podobné písmeno K dosahuje také nadprůměrné čitelnosti, avšak rozdíl oproti písmenům V a Z je zřejmý. Rozdíl může být způsoben vyšší mírou záměny s podobnými znaky, což jsou písmena N a H. Právě tato dvě písmena vykazují téměř shodnou čitelnost, což je způsobeno skoro identickým tvarem, s rozdílem pouze ve sklonu vnitřní linie písmene. Obě písmena tak byla mezi sebou často zaměňována. Všech pět písmen – D, R, S, C, O si je navzájem velmi podobných, zejména svými zaoblenými a okrouhlými tvary. Např. písmena R a S, která byla často zaměňována, jsou si velmi podobná. Stejně tak písmena D, C a O mají téměř totožnou podobu, zejména díky jejich kruhovitému tvaru. Velmi nízká čitelnost písmene O je způsobena pravděpodobně zaměnitelností hlavně s písmeny D a C. Výsledky tak přinesly dvě extrémní hodnoty – vysokou čitelnost písmen V a Z a naopak velmi nízkou čitelnost písmene O.

Zjištěné čitelnosti písmen Sloan letters potvrdily a ověřily výsledky dvou předchozích experimentů. Znepokojivý je však zejména rozsah čitelnosti písmen, který dosahuje v naší i Reichově a Bedellově studii vysoké hodnoty 0,348. Každý řádek na optotypu by měl být průměrně stejně čitelný, což v případě náhodně generovaných řádků počítačového optotypu není zaručené. Bylo by vhodné ověřit složení řádků na optotypech a zjistit tak průměrnou čitelnost jednotlivých řádků. K tomu mohou být využity výsledky naší práce.

Výsledky výzkumu jasně ukazují, že písmena s ostrými hranami (V, Z) jsou výrazně čitelnější než písmena s kulatými tvary (D, R, S, C, O), protože kulaté tvary značně omezují jejich identifikaci. Mezi sebou často zaměňovaná písmena (K, N, H) mají průměrnou čitelnost.

Vliv okolí znaků na jejich čitelnost

## Metody

Měření pro druhou část výzkumu se účastnili totožní figuranti jako v prvním experimentu. Měření probíhalo na u každého figuranta individuálně stanovené výchozí hladině logMÚR, která odpovídala

celkové úspěšnosti v rozlišení znaků mezi 75 % až 85 %. Tato hladina byla převzata z předchozího experimentu a v průběhu tohoto měření pouze kontrolně ověřována. Po ověření hladiny se přistoupilo k měření vlivu konturové interakce a crowding fenoménu na čitelnost písmen. Následující měření u obou efektů probíhala již jen při této hodnotě logMÚR. Figurantům byla opět prezentována sada deseti písmen Sloan letters, které měli figuranti za úkol správně rozlišit. Rozlišitelnost prezentovaných písmen však byla snížena jejich okolím, a to buď konturami nebo jinými písmeny. Stejně jako v předchozím experimentu, měření probíhalo monokulárně s centrální fixací. Vyšetřovací vzdálenost byla taktéž nastavena na 12 metrů (pomocí zrcadla) za využití stejného monitoru jako v prvním experimentu. Pro účely experimentu byly vytvořeny dva programy, pomocí kterých byly figurantům prezentovány znaky s konturami, respektive s jinými písmeny. Znaky byly vybírány zcela náhodně, přičemž stejný znak nebyl prezentován dvakrát po sobě.

Měření vlivu konturové interakce na rozlišitelnost písmen probíhalo při různých hodnotách separací, tedy při různé vzdálenosti kontur od fixovaného písmene. Centrálně fixované písmeno bylo obklopeno konturami ze všech čtyř stran – zprava, zleva, shora

a zespodu. Šířka kontury odpovídala šířce detailu znaku (1/5 šířka celého znaku), délka kontury odpovídala šířce celého znaku. Hodnoty separace byly v našem případě brány jako vzdálenost edge to edge, tedy od hrany kontury ke hraně znaku a tyto hodnoty byly vztaženy k šířce prezentovaného písmene. Měření probíhalo při šesti různých separacích, a to v 10 % šířky znaku (0,5x šířka detailu), ve 20 % (1x šířka detailu), ve 40 % (2x šířka detailu), v 60 % (3x šířka detailu), v 80 % (4x šířka detailu) a ve 100 % šířky znaku (5x šířka detailu). Pro každou hodnotu separace bylo provedeno jedno měření, ve kterém měli figuranti identifikovat 100 prezentovaných písmen. Během každého měření následovala po prezentaci zhruba 50ti znaků velmi krátká přestávka (cca 10 sekund). Průběžně byla ověřována hladina, zda nedošlo ke změně vlivem únavy nebo efektem učení se. Nemohl-li figurant znak vůbec identifikovat, byl znak hádán. Po zjištění počtu správných odpovědí (v %) pro všechny hodnoty separace a po kontrole hladiny následovalo obdobné měření při působení crowding fenoménu.

Měření vlivu crowding fenoménu na rozlišitelnost znaků probíhalo za totožných podmínek jako při měření konturové interakce. Jediný rozdíl spočíval v okolí prezentovaných písmen. Namísto konturami byl fixovaný znak ze všech čtyř stran obklopen písmeny. Docházelo tak k již zmíněnému crowding fenoménu. Zatímco na místě centrálního znaku se náhodně objevovalo všech deset písmen sady Sloan letters, v jeho okolí se na místě distraktoru střídala pouze 4 písmena této sady, a to D, K, N a O, přičemž všechny 4 distraktory byly při prezentaci jednoho znaku shodné a zároveň se neshodovaly s centrálním písmenem, např. pokud bylo na místě fixovaného znaku písmeno D, toto písmeno se v tento okamžik neobjevilo jako distraktor. Bylo zajištěno, aby nebyl jeden distraktor prezentován dvakrát po sobě. Měření probíhalo s totožnou hodnotou logMÚR, jejíž hladina se opět průběžně kontrolovala. Hodnoty separace písmene od okolních písmen byly opět 10 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % a 100 % šířky znaku a pořadí separací bylo voleno náhodně. Při každé hodnotě separace bylo provedeno jedno měření se 100 prezentovanými písmeny, které měli figuranti za úkol správně identifikovat.

## Výsledky

Celkové výsledky naznačují velmi podobný průběh křivek pro konturovou interakci a pro crowding fenomén, a tedy i podobný vliv těchto efektů na vidění. Malý rozdíl je patrný při separaci 80 %, kdy crowding fenomén působí na vidění více negativně než konturová interakce. Větší rozdíl vlivu nastal až při menších separacích, a to při 20 % a 10 %, při kterých se projevila větší intenzita crowding fenoménu. Rozsah obou efektů se neliší, strmý pokles křivek nastává v obou případech u separace 60 %.

Na základě analýzy rozptylu metodou dvoufaktorová ANOVA s opakovaným měřením na hladině významnosti  $p = 0,05$  se prokázal významný vliv separace

( $p < 10^{-10}$ ). V případě obou křivek ale nebyl prokázán významný vliv typu distraktoru (kontury nebo písmena), ani interakce tohoto faktoru se separací. Vzhledem k tomu, že při separaci 10 % je na grafu patrný výrazný rozdíl mezi konturovou interakcí a crowding fenoménem, byla konkrétně tato separace samostatně hodnocena jednofaktorovou ANOVOU s opakováním. V tomto případě je rozdíl mezi oběma hodnotami významný ( $p = 0,00252$ ).

Průběh měření byl pomocí programu zaznamenáván do matic, které byly poté převedeny na relativní hodnoty (tzv. chybové matice), pomocí kterých se snadno určovala záměnnost jednotlivých písmen nebo skupiny písmen použité sady znaků.

Při konturové interakci byla nejčastěji zaměňována písmena H za prezentované písmeno N; N za H; C za D; O za C; N za O; D za Z (vždy první písmeno z uvedené dvojice označuje znak, který byl chybně vyřknut při prezentaci druhého znaku z téže dvojice). Při crowding fenoménu docházelo k nejčastějším záměnám písmen C a N za prezentované písmeno K; D a R za prezentované N; D za O; N za S; R za N; V za prezentované písmeno Z.

## Závěr

Při vyhodnocení výsledků se předpokládala větší záměnnost za distraktory při crowding fenoménu než za téže písmena při konturové interakci, jak předpokládají některé modely crowding fenoménu. Vyšší záměnnost za distraktory při crowding fenoménu sice nastala, ale stejně tak se zvýšila i záměnnost za ostatní znaky. Poměr mezi záměnností skupiny distraktorů a ostatních znaků je dokonce větší při konturové interakci, což znamená překvapivě větší podíl těchto čtyř písmen na záměnnosti písmen vlivem tohoto faktoru než vlivem crowding fenoménu. V případě konkrétních písmen nastal mírný nárůst počtu záměn prezentovaných znaků za písmena C, D, K, N, S a Z. Naopak mírný pokles byl u písmen O a R. Překvapivě velmi výrazný nárůst hodnoty nastal u písmen H a V. Nelze tak jasně prokázat, že častěji dochází k záměnám prezentovaných písmen za D, K, N a O u crowding fenoménu než u konturové interakce, protože záměna distraktorů za prezentovaná písmena je překryta jinými jevy. U crowding fenoménu se tak projevuje zejména míšení znaků vlivem inhibice a integrace než prostá záměna centrálního a periferního znaku.

Záměna písmen při konturové interakci může být způsobena inhibicí, integrací a náhodnou chybou; při crowding fenoménu navíc i prostou záměnou. Při konturové interakci docházelo k inhibici při záměně písmene C za prezentované písmeno D, kdy útlumem pravé části znaku D, která je nejbližší konturám, mohlo dojít k chybnému vjemu písmene C. Dále mohlo docházet k inhibici centrální části znaku a následně záměně za znak s podobnými okraji (N za H a H za N). K integraci kontur s promítaným znakem mohlo dojít při záměně písmene O za prezentované písmeno C. Kombinací obou jevů pak mohlo dojít k záměnám N za O a D za Z. Při crowding fenoménu docházelo ke zcela jiným záměnám. Ty záměny, které často nastaly při konturové interakci, se při crowding fenoménu vyskytovaly v mnohem menší míře. U crowding fenoménu lze procesem inhibice zdůvodnit záměny písmene C za prezentovaný znak K; D za N; N za K; N za S; R za N a V za Z. Integrace pak nastala u záměn písmene D za O a společně s inhibicí u záměny N za prezentované K a také v případě N za S.

Zřejmý je vliv přítomnosti distraktorů na záměnnost písmen. Zatímco při prezentaci izolovaných písmen nedocházelo k téměř žádným systematickým záměnám, ale spíše k záměnám vlivem náhody (přibližně hodnoty od 0,001 do 0,199), při měření s okolními distraktory relativní hodnoty záměn výrazně narostly. Tyto záměny lze jednoznačně připsat konturové interakci a crowding fenoménu. Tímto se prokázal vliv okolí znaků na jejich čitelnost. Z uvedených výsledků nelze vyloučit, že konturová interakce tvoří podmnožinu crowding fenoménu, což bylo předpokládáno.

Získané výsledky vysvětlují dnes častý problém, při kterém jsou mnohdy důležitá sdělení obtížně čitelná a rozeznatelná. Jestliže je v bezprostřední blízkosti textu nevhodné okolí, stává se tento text obtížněji rozeznatelným. Na základě našich výsledků je tak možné určit, jaká hodnota separace je vhodná a která již snižuje rozlišení textu. To je velmi důležité např. při sestavování dětských učebnic, knih a slabikářů. Poruchy učení mohou být podpořeny právě nevhodně umístěnými texty nebo obrázky v učebnicích, což by mohlo mít za následek snížení pozornosti a větší chybovost při čtení.

### Introduction and Objectives

Each of us certainly sometimes undergo examination by an optometrist or ophthalmologist. This investigations involve determination visual acuity using letters, numbers or other symbols on the charts. Optotype charts are used in ophthalmic practices and must have prescribed standards and conditions relating to the construction of the optotype and individual characters optotype that the examination goes as accurately as possible and that the result wasn't affected by adverse effects.

Optotypes and letters were developing during the 20th century, the case studies, whose results pointed to the shortcomings and errors in the design of visual acuity tests and individual optotype characters. The size of the spacing between letters and between the lines, the size of the letters progression in rows, number of letters per line, and the individual letters or entire letter sets were changing. All these aspects have affect on the readability of characters that are presented. When there are inadequate separations between the characters there may be effects, which greatly limit the readability of characters and thus adversely affect the value of visual acuity. These effects are called contour interaction and crowding phenomenon.

The aim of the first experiment is to verify the readability of the letters. The second experiment was to compare the effects caused by the contour interaction and crowding phenomenon. Contour interaction is only based on the surrounding contour (inhibition, integration), while the effect of crowding phenomenon is influenced by the contour interaction and in addition also the fixation eye movements (inhibition) and dividing attention between other characters (simple substitution). Based on the comparison of these two effects was to verify the effect of the environment presented letters to their readability, compare the intensity contour interactions and crowding phenomenon and determine whether the contour interaction contributes to crowding phenomenon. It is believed that crowding phenomenon will have a greater negative effect on the legibility of the characters than contour interaction.

For the purpose of this thesis participated in the study five patients (three women and two men) aged 20-38 years, mean age 25 years, with a standard deviation of 7,42. The only requirements were good health, normal visual acuity (with correction) and sufficient physical and psychological condition in the day of measurement, because the measurement was time-consuming.

### Effect of Size of Optotypes on Theirs Legibility

#### Methods

The research was conducted in the laboratory at the Department of Optics of Palacky University in Olomouc. It was made a special program for the presentation of letters. Letters were shown on a widescreen 22-inch monitor ASUS VW220T with the following internal settings: brightness 100, contrast 80. Characters were presented in black on a white background. The real background brightness was 200 cd / m<sup>2</sup>, brightness of letters was 7 cd / m<sup>2</sup>. It is a photopic conditions in high contrast letters. The measurements were made with monocular central fixation of letters. Patients themselves chose which eye will be measured. The other eye was covered with a plastic occluder. Because of the large distances, letters were presented using a mirror which was located 5,5 meters before the station and using monitor stood 1 meter behind patient, so 6,5 meters away from the mirror. Measurement distance was therefore set at 12 meters.

The measurements began by setting default values (levels) – logMAR. LogMAR value is determined so that, when presenting letters are isolated without any influence of the surroundings (without contours and characters) and were correctly distinguished in 75 % - 85 % of the presented letters. First, the value of the logMAR was overestimated, in such a case, the level was close to 100%. Gradually logMAR value was reduced so that the levels fluctuated in the interval 75 % - 80 %. At the beginning it was necessary to remember the learning effect in which the subject familiarized with 10 letters sets Sloan letters. It was therefore necessary to check initial levels and value of logMAR and see if there is still an increase in the percentage of correct answers or not. One measurement contained a presentation of 100 letters. After steady of level, measurements could start, during measurements the default level regularly verified in order to exclude possible effect of learning or influence of fatigue. When the level was changing during the measurement, it was appropriate to discontinue such measurement and continue another day. If another day level was significantly different from the original one, it was needed to do all previous measurements again with the new value of logMAR.

During the measurement in this experiment there were presented separated and isolated letters without

affecting the surrounding area. The measurement had a random sequence of letters, while it was ensured that two same letters weren't in a row. Legibility of Sloan letters was examined on five gradually decreasing logMAR values, the first of which has just been established initial value and each subsequent value decreased by 0,05 logMAR, thereby diminishing the size of the letters. Total it was measured on five values of logMAR. For each value of logMAR, two measurements were performed with 100 letters in one measurement. The task for the patients was to correctly identify the presented letter. The value of correct answers was recorded using the software in the form of a matrix. With decreasing value of logMAR (letters are shrinking) decreases as readability of letters that were presented. Smaller letters were worse to identify so in this case patients had to guess them. For each of the ten Sloan Letters the readability was detected. The average readability of ten letters is equal to 0,814 with a standard deviation of 0,108. Readability range (difference between the most and the least readable character) is 0,348.

## Results

The letter legibility of C is 0,739, which is the second lowest readability for the letters that set. Readability of D has an average value of 0,786. The legibility of the letter H is 0,803, approaching average readability Sloan letters. Legibility letter K is 0,858, it is slightly above the average of the readability of all ten characters. Readability letter N has an average value of 0,810. The letter O is least legible from all ten sets of letters Sloan letters. Legibility letter is 0,644. The letter R is readable with a probability of 0,784, readability is thus slightly below average readability of the ten letters. The letter S has readability of 0,741. Legibility of V reaches the highest values of all the Sloan letters, it has 0,992. Also, the letter Z has high readability, it reaches 0,983.

## Conclusion

Letters readability of Sloan letters show a relatively large spread. The most readable letters are V and Z, which reach almost 100% readability. This high readability is caused probably by specific shape of both letters. Both letters have sharp edges, which help to easier identification. The letter K is also achieved above average readability, but the difference with the letters V and Z is obvious. The difference may be due to a higher degree of confusion with similar letters, which are the letters N and H. Now these two letters show an almost identical readability, which is due almost identical in shape, with the only difference in the slope of the inner line of the letter. Both letters were so often confused with one another. All five letters - D, R, S, C, O are very similar to one another. E.g. letters R and S, which has often been confused, they are very similar. Similarly, the letters D, C and O have an almost identical appearance, in particular due to their shape. Letter O is probably attributable mainly mistaken with letters D and C. The results brought two extremes - high legibility letters V and Z, and conversely a very low readability of the letter O.

Identified readability of Sloan letters confirmed and verified the results of two previous experiments. However, it is particularly worrying that extent of readability of letters has high value 0,348. Each line on the optotype should be equally readable, but in the case of randomly generated computer optotype it is not guaranteed. It would be advisable to check the composition of lines, to see an average readability individual lines. This can be used by the results of our work.

Research results clearly show that letters with sharp edges (V, Z) are significantly easier to read than letters with round shapes (D, R, S, C, O), because round shapes severely limits their identification. Among themselves often confused letters (K, N, H) have an average readability.

## Effect of Size and Surroundings of Optotypes on Theirs Legibility

### Methods

Measurements for the second part of the research attended identical patients as in the first experiment. Measurements were carried out for each helper individually set the default level logMAR, it should be always between 75% and 85%. This level was taken from the preceding experiment and during that measurement was only controlled. After verifying the level it was decided to measure the impact of contour interaction and crowding phenomenon. The following measurements of both effects have been held only at this value of logMAR. For patients there was again presented a set of ten Sloan letters. As in the previous experiment, measurements were made with a monocular central fixation. Investigative distance was also set on 12 m (using mirrors) with the same monitor as in the first experiment. For the purposes of the experiment, two programs were created. Characters were selected randomly, the same character was not presented twice in a succession.

Measuring of the impact of contour interaction performed in different separations. Centrally fixed letter was surrounded by contours from all four sides - right, left, up and down. Width fits the contours in size of the letter detail (1/5 of the entire width of the letter), the length of the contours fit the entire a letter. The measurement was performed at six different separations, so in 10 % of the width of the letter (0.5x width of detail), in 20 % (1x width of detail), in 40 % (2x width of detail), in 60 % (3x width of detail), in 80 % (4x width of detail) and 100 % of the letter width (5x width of detail). For each value of separation, one measurement was performed, in which had patients identified 100 presented letters. During each measurement was a short break (about 10 seconds). Level was verified if there weren't changes due to fatigue or the effects of learning. If patient could not identify a letter, he had to guess. After finding the number of correct answers (in %) for all values of separation and after checking levels followed similar measurements when exposed to crowding phenomenon.

Measuring the impact of crowding phenomenon on distinguishability letters conducted under the same conditions as in measuring the contour interaction. The only difference was in the area of presented letters – letters were surrounded by four other letters ( D, K, N, or O). Measurements were carried out with the same value of logMAR, whose level was again continually controlled. Values of separation from the surrounding letters were again 10 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % and 100 % of the letter's width and separation sequence was chosen randomly. At each separation, in each measurement was 100 presented letters.

## Results

The results indicate very similar curves for contour interaction and crowding phenomenon, and therefore a similar influence of these effects on vision. Little difference is apparent in the separation 80 %. Larger difference between curves occurred only at smaller separations, namely at 20 % and 10 % where crowding phenomenon had larger intensity. The extent of both effects isn't different.

Based on the analysis of variance using two-factor ANOVA with repeated measures with a significance level of  $p = 0,05$  was shown to significantly effect of the separation ( $P < 10^{-10}$ ). When the separation is 10 %, the graph shows a marked difference between a contour interactions and crowding phenomenon, namely the separation was evaluated separately by single-factor ANOVA with repetition. In this case, the difference between the two values is significant ( $p = 0,00252$ ). The measurement process was recorded using a matrix, which were then converted to relative values (the error matrix).

Contour interaction frequently caused mistaken for the letters H when the letter N was presented; then N for H; C to D; O for C; N for O; D for Z (the first letter of the pair indicates the letter that was incorrectly said when the second letter was presented). Crowding phenomenon caused frequently confusion of letters C and N when letter K was presented; D and R when N presented; D for O; N for S; R for N; and V when letter Z was presented.

## Conclusion

We supposed greater value of mistakes for distractors in crowding phenomenon than for the same letters in contour interaction. Greater confusion for distractors was in crowding phenomenon, but so was the increasing confusion for other letters. The ratio between the confusion of distractors and other letters is even greater in contour interaction. In the case of specific letters there was a slight increase in the number of substitutions presented symbols for the letters C, D, K, N, S and Z (these letters were said wrongly). In contrast, a slight decline was reported with the letters O and R. Surprisingly very significant increase in value occurred with the letters H and V.

Confusion of letters in contour interaction may be caused by inhibition, integration and random error; in crowding phenomenon simple swapping in addition. In contour interaction was inhibition by changing the letter C when the letter D was presented with inhibition of right part of the letter D, which is the closest to the contours. It could lead to an erroneous perception of the letter C. Moreover, it could lead to an inhibition of the central part of the letter so letters could be confused for letters with a similar edge (N for H and H for N). The integration of contours with presented letters could occur when patient confused letter O when the letter C was presented. The combination of both effects in turn could lead to confusion for N instead of presented O and D instead of Z. In crowding phenomenon there occurred quite different confusions. In crowding phenomenon inhibition could occur confusion of letters C for presented letter K; D for N; N for K; N for S; R for N and V for Z. Integration could occur by confusing the letter D for presented letter O and together with the inhibition of confusion letter N for presented letter K and in case of letter N for presented letter P.

The effect of the presence of distractors on the legibility of letters is obvious. When were isolated letters presented, no systematic mistakes occurred, but rather confusion due to chance (approximately values from 0,001 to 0,199). When were letters presented with the surrounding distractors, relative values of confusion dramatically increased. These confusions can be clearly attributed to the contour interaction and crowding phenomenon. This demonstrated impact on surroundings of letter legibility. These results can not



excluded that the contour interaction is a subset of crowding phenomenon, which was expected. The results explain a common problem - important messages are often difficult to read and recognize. If it is in the immediate vicinity of text unsuitable surroundings, it becomes more difficult to recognize that text. Based on our results, it is possible to determine what is the suitable value of separation and that already reduces the resolution of that text. This is very important eg. in the compilation of children's books and spelling books. Learning disabilities can be supported just inconveniently placed text or images in textbooks, that could result in reduced attention and increasing error in reading.

## 10. Vision testing on electronic devices - Matic Vogrič

*Supervisor: M.Sc. opt. Kristina Mihić*

University of applied sciences Velika Gorica

---

Vision testing on electronic devices

Technology is developing astronomically in the last two decades and has a direct impact on our daily lives. Many useful tests for testing vision are only available in paper or cardboard form. Using an application for smartphones and tablets would help optometrists and eye care practitioners with specific eye tests. Statistics show that 53% of college students own a smartphone<sup>1</sup> and 82% of all students use their phones for school-related tasks. Every student graduated from Optometry course will eventually work in a practice using the range of tests that were taught at university, but not everyone would remember their function and how to interpret them. My vision of the future for these students is that my application will remind them how to do it and why to do it, as every test will have an explanation, result interpretation and the description of the procedure. To make it even more interesting, I am going to try to make every test as interactive as possible for the client to be motivated and In my final dissertation I am going to try to prove that using electronic devices in optometry speeds up an eye examination and motivates clients in cooperation.

I am going to research if the following theses are going to be confirmed:

1. People would not have an app because of high price
2. The application will motivate clients and enhance their cooperation when being tested
3. The application will be accepted more by young adults – students than the older eyecare practitioners

In my research I will be mostly using technique of survey, so all the results will be based on the answers of eye practitioners, students and professors, who are my target group. I will be attending EAEO conference in Budapest in May, where I will try to get as many people to take a part in my questionnaire. I will attend a session where they represent a few different types of mobile applications, so this will be an excellent place to get people from. My goal is to get people to answer the questions from all over the Europe, so the survey be as unique as possible.

---

<sup>1</sup><https://smallbusiness.yahoo.com/advisor/smartphone-college-students-infographic-153840365.html>



Slika 1: Usage of phone among college students

## Survey

The survey I have used for getting information from optometrists, ophthalmologists, eye practitioners and students.  
Vision testing on electronic devices

Hello, I am Matic Vogrič, Slovenian student who is currently studying Optometry at Veleučilište Velika Gorica. For my research I chose how to test people's sight using modern electronic devices. I would like to hear from you, dear colleagues, practitioners and eye specialists, your opinions and possible technical improvements. Please fulfil the questionnaire and help me with my final dissertation.

1. Gender (circle the answer):

- a) Male
- b) Female

2. What is your age?

- a) Below 20
- b) 21-30
- c) 31-40
- d) 41-50

e) 51 or above

3. What is your current status?

- A. Student
- B. Professor
- C. Eye practitioner/specialist
- D. Unemployed

4. Do you agree with the statement: "For a professional and exact eye exam a lot of time is required (including anamnesis, functional tests, refraction, binocular testing, colour vision, depth perception, slit lamp examination,...)?"

- A. Yes, I completely agree
- B. Yes, I partly agree
- C. No, I disagree
- D. No, I partly disagree

Vision testing on electronic devices

Matic Vogrič Page 5

5. Consider you have got a mobile application for testing sight. What should be its most important characteristics? (Circle one answer)

- A. Speed
- B. Result interpretation
- C. Simplicity
- D. Functionality
- E. Free of charge
- F. Motivates clients
- G. Other: \_\_\_\_\_

6. This application would have at least ten different tests (colour vision, measuring heterophoria, macular anomalies, nerve difficulties, contrast sensitivity,...). Every test would have explained the purpose, setup and result interpretations. Would you be interested in using this application?

- A. Yes, I completely agree
- B. Yes, I partly agree
- C. No, I disagree
- D. No, I partly disagree

Why yes or why not?

- A. Yes, \_\_\_\_\_
- B. No, \_\_\_\_\_

7. Name three tests that you would definitely use if they were available in the application? You can also describe it or tell what would you seek in the application to be the main reason for using it?

- A. \_\_\_\_\_
- B. \_\_\_\_\_
- C. \_\_\_\_\_

8. What are potential risks you are seeing that could prevent or discourage you from using the application? Please arrange the risks from A to C on their importance!

- A. \_\_\_\_\_
- B. \_\_\_\_\_
- C. \_\_\_\_\_

Vision testing on electronic devices

Matic Vogrič Page 6

9. In which phase of the eye exam would you think you would use the application?

- A. At the beginning
- B. At the end
- C. when anomaly is suspected
- D. anytime to motivate a client with an interactive test

Various tests will be used to comprise as many possible ocular anomalies as possible. I have divided test into several groups, depending on which ocular function is being tested. Modern and conventional methods/tests will be used to compare two ways of testing sight. Tests that are standardised and known worldwide will be used, as shows the list below:

Heterophoria

- 1. Mallet OXO
- 2. Schober test
- 3. Worth four dot

Heterotropia

- 4. Hirshberg test

Contrast sensitivity function

- 5. Contrast sensitivity

Colour blindness

- 6. Colour vision test

Neurological and visual field defects

- 7. Amsler grid

- 8. Red desaturation test

- 9. OKN strips

Accommodation

- 10. MEM retinoscopy

- 11. Accommodative facility test

Binocular Balance

- 12. Prism – dissociated duochrome test

Aniseikonia

- 13. Red – green bracket test

Visual acuity

- 14. VA at near

Vision testing on electronic devices

Matic Vogrič Page 7

## Survey summary and interpretation

I used an online survey Anketa 1ka application which helped me to get the sufficient information from people all over Europe. I created survey on 25th of May and it was active for 30 days till 26th of June. On average, a person needed 4 minutes and 36 seconds to finish the whole survey. I Took into account that not everyone would finish the survey in total, so I decided that I would consider the fulfilled survey only by the ones that answered more than 80% of the questions. 289 people started the link to the survey, 161 people opened the question page and 129 people filled more than 80% of the survey. From statistics it shows, that people participating in the survey came from different countries, such as: Slovenia, Croatia, Austria, Ireland, England, Germany, Finland, Sweden, Russia, South Korea, Turkey, Serbia, Italy and Hungary.

Table of the connections where the people get the link to the survey from

Media (internet source/page)	Number of click
Anketa 1ka	15
Facebook	98
Emails (yahoo, gmail, vvg,...)	9
Linkedin	41
Dicectclick	125
Others	1
Total	289

Table of the devices people used for answering the questions (the ones that filled more than 80%)

Device used	Number of users
computer	77
tablet	5
phone	47
Total	129

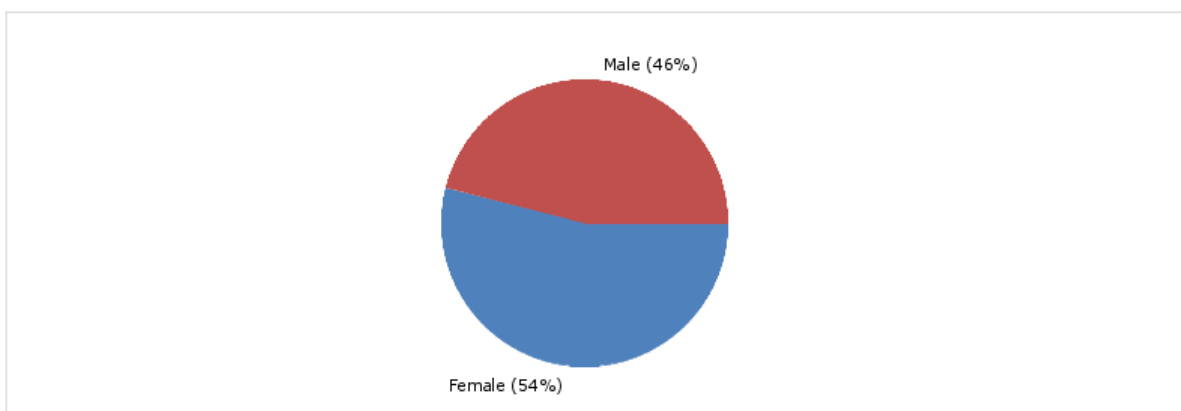
Table of the operation systems used for filling in the survey

Operation system	Number of users
Android	20
Mac OSX	4
Win 7, Win 8, Win 8.1, Win Vista, WinXP	73
iOS	32
Total	129

Answers interpretation

Question1 Gender:					
	Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	1(Male)	60	46%	46%	46%
	2(Female)	69	53%	54%	100%
Valid	Alltogether	129	100%	100%	

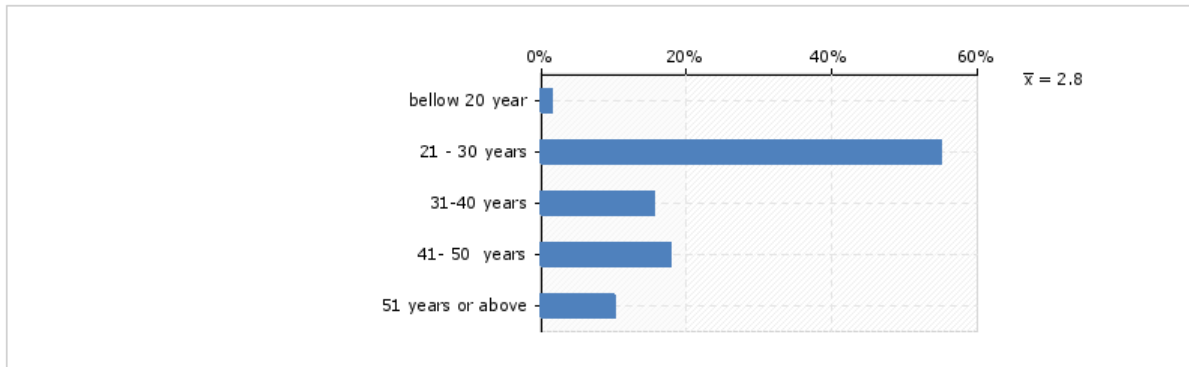
Average	1.5	Standarddeviati on	0.5
---------	-----	-----------------------	-----



From 129 people, 60 were males and 69 were females.

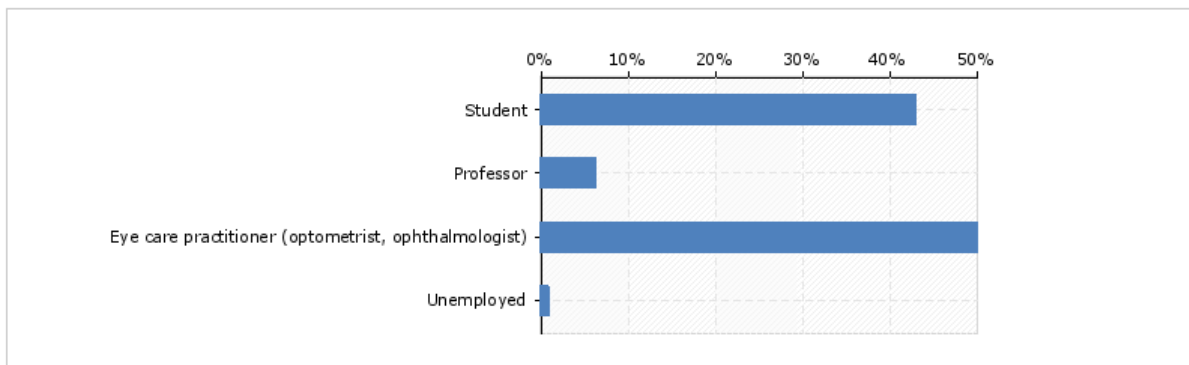
Question2 Statewhichagegroupareyou!					
	Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	1(bellow20year)	2	2%	2%	2%
	2(21-30years)	71	55%	55%	57%
	3(31-40years)	20	16%	16%	72%
	4(41-50years)	23	18%	18%	90%
	5(51yearsorabove)	13	10%	10%	100%
Valid	Alltogether	129	100%	100%	

Average	2.8	Standarddeviati on	1.1
---------	-----	-----------------------	-----



The majority of the people that answered the survey were in the age group 21-30 years old, which represent 55%. I was very pleased with the result because at least 10 people were from every age group, except the younger ones, which is not as important information, because majority of the people that entered university course related to eyecare starts with 18 years of age.

Question3 What is your current status?					
	Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	1(Student)	55	43%	43%	43%
	2(Professor)	8	6%	6%	49%
	3(Eyecarepractitioner(optometrist, ophthalmologist))	64	50%	50%	99%
	4(Unemployed)	1	1%	1%	100%
Valid	Alltogether	128	99%	100%	
		Average	2.1	Standarddeviation	1.0

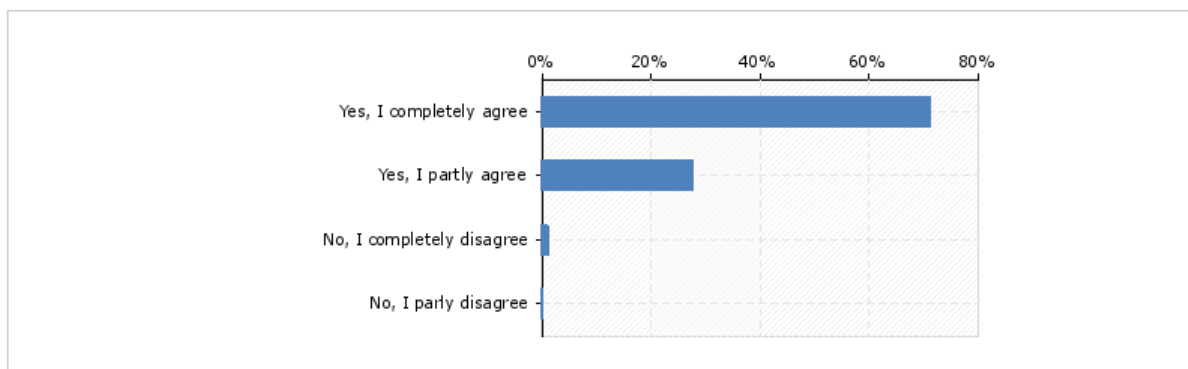


The results I got were quite impressive because half of all the people that answered the questions were already working in the eyecare practice, so the answers I got from them were even more important. Students represented 43% of the people and also 8 professors took a part in the survey.



Question4	Doyouagreewiththestatement:“Foraprofessionalandexacteyexamalotoftimeisrequired(includinganamnesis functionaltests refraction binoculartesting colourvision denthperception slitlampexamination )?				
	Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	1(Yes,Icompletelyagree)	72	56%	71%	71%
	2(Yes,Ipartlyagree)	28	22%	28%	99%
	3(No,Icompletelydisagree)	1	1%	1%	100%
	4(No,Iparlydisagree)	0	0%	0%	100%
Valid	Alltogether	101	78%	100%	

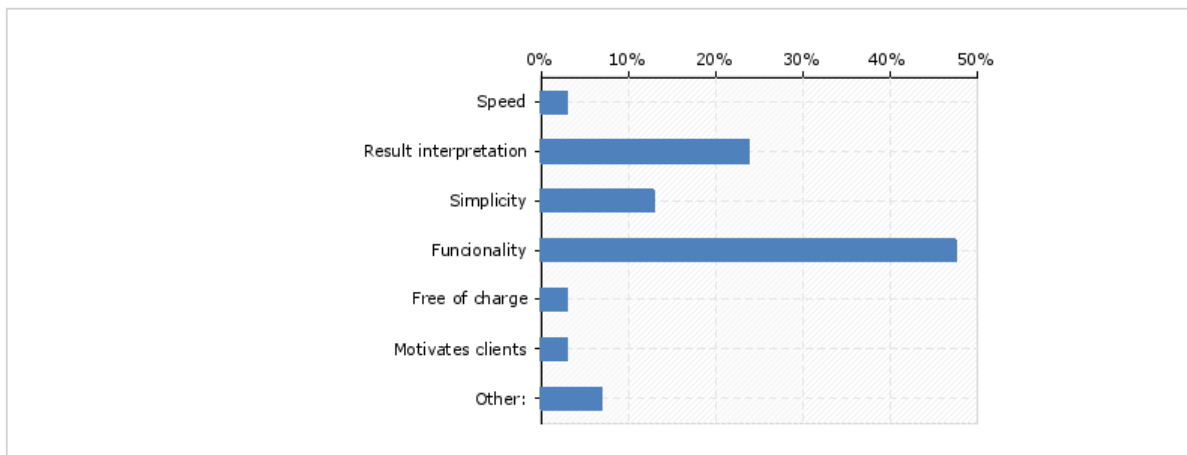
Average	1.3	Standarddeviati on	0.5
---------	-----	-----------------------	-----



From 101 people 99% answered positively, so that for a professional and exact exam lot of time is required. Only one person answered with no, I completely disagree.

Question5	Consideryouhavegotamobileapplicationfortestingsight.Whatshouldbeitsmostimportantcharacteristics?				
	Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	1(Speed)	3	2%	3%	3%
	2(Resultinterpretation)	24	19%	24%	27%
	3(Simplicity)	13	10%	13%	40%
	4(Functionality)	48	37%	48%	87%
	5(Freeofcharge)	3	2%	3%	90%
	6(Motivatesclients)	3	2%	3%	93%
	7(Other:)	7	5%	7%	100%
Valid	Alltogether	101	78%	100%	

Average	3.6	Standarddeviati on	1.4
---------	-----	-----------------------	-----



The most common answer for this question was functionality, 43 people agreed with that. Result interpretation and simplicity followed as second and third. People that answered with other, stated also accuracy, reliability and repetability. Only three participants answered that the only important characteristics for using the app is free of charge. Furthermore, it means only 2% of all participants would consider having an app only by the price criteria. My first thesis is confirmed saying: People would not have an app because of high price.

Question5 (Other:)					
	Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	accuity	1	1%	14%	14%
	foruseindevelopingcountries	1	1%	14%	29%
	natančnostinzanesljivostmetode	1	1%	14%	43%
	reliability	1	1%	14%	57%
	detailedbinocularproblemtesting	1	1%	14%	71%
	repeatability	1	1%	14%	86%
	accuracy	1	1%	14%	100%
Valid	Alltogether	7	5%	100%	

Question6 This application would have at least ten different tests (colour vision, measuring heterophoria, macular anomalies, nervedifficulties, contrastsensitivity,...). Every test would have explained the purpose, setup and result interpretations. Would you be interested in using this application?					
	Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	1(Yes,Icompletelyagree)	64	50%	63%	63%
	2(Yes,Ipartlyagree)	30	23%	30%	93%
	3(No,Icompletelydisagree)	1	1%	1%	94%
	4(No,Ipartlydisagree)	6	5%	6%	100%
Valid	Alltogether	101	78%	100%	

Average	1.5	Standard deviation	0.8
---------	-----	--------------------	-----

I was quite surprised that 93% answered that they would be interested in using this application, and only 7 people would not. I was more interested why people would not use it rather than the ones that would, so I would try to understand what the possible distractions are and how to fix them.

Question6 Whyesorwhynot?(explain)					
	Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	1(Yes:)	94	73%	93%	93%
	2(No:)	7	5%	7%	100%
Valid	Alltogether	101	78%	100%	

Average	1.1	Standard deviation	0.3
---------	-----	--------------------	-----

Question6 Yes					
	Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	iwoulduseitfitwouldbeverypreciseandnothardtoworkwith	1	1%	2%	2%
	itmayserveasaquickscreeningtoolwhichcanbedelegatedtosupportstaff	1	1%	2%	3%
	alwaysavailable	1	1%	2%	5%
	thiscouldbeaniceandfunctionalinnovationthatcouldbeincludedinday-to-daypractice	1	1%	2%	7%
	somethingnewandfunctional	1	1%	2%	8%
	itiseasy,canbe usedeverywhere	1	1%	2%	10%
	becauseiusedalreadymanydifferenttestandformewillbepredictifcangetallthatestononeapplication	1	1%	2%	11%
	becausethisisfunctionalandeasyandyoucandothiseverywhere	1	1%	2%	13%
	usingonedevicetoperformavarietyoftestscansignificantlyreducetestingtimeaswellasmaketestingsimpleras	1	1%	2%	15%

it would be innovative and easy to use (it's a bit expensive but I think).	1	1%	2%	16%
because it's very practical.	1	1%	2%	18%
zalažjou porabo aplikaciji	1	1%	2%	20%
it would be easier.	1	1%	2%	21%
let's give it a try!	1	1%	2%	23%
all in one	1	1%	2%	25%
mobile exams	1	1%	2%	26%
application would make daily work easier because not every test is available in the office	1	1%	2%	28%
podpiram raziskave, kisonosilecna predka	1	1%	2%	30%
it will enhance my work and facilitate diagnoses	1	1%	2%	31%
because my vision is very important.	1	1%	2%	33%
it is good to have an option of testing vision by yourself, together with information about the quality of your vision and possible abnormalities that may occur	1	1%	2%	34%
if it is only for professional use, not available for everyone	1	1%	2%	36%
is this app for use at home by patients, or is it for use by eye care professionals to use instead of current tests? development of such apps are already underway. very important to see scientific proof of the tests are sensitive to pick anything up (measurement)	1	1%	2%	38%
aa	1	1%	2%	39%
something new	1	1%	2%	41%
availability	1	1%	2%	43%
like multifunctional devices, I hate looking in the wordrobe for the test (mostly when I rotate in my office with other ophthalmologists)	1	1%	2%	44%
because everything goes in this direction	1	1%	2%	46%
make work faster and easier whenever everything is in one place	1	1%	2%	48%
because an application like this would be very easy to transport	1	1%	2%	49%
it would help for home vision checks, and patients self checks	1	1%	2%	51%
very useful	1	1%	2%	52%
if any anomalies are noted it would prompt the patient to have it investigated further	1	1%	2%	54%
if it is efficient it would make some diagnoses easier	1	1%	2%	56%
tests with result interpretation everywhere I want	1	1%	2%	57%
I guess it would be useful for my eyes	1	1%	2%	59%
it's silly but it will be useful but the point is how much it is specific and sensitive... and who can use it otherwise the optometrist	1	1%	2%	61%

	lenses that you can buy it from pizza restaurant.				
	i am mobile optometrist	1	1%	2%	62%
	it can be very useful in office and in emergency room.	1	1%	2%	64%
	portable quick test for everyone	1	1%	2%	66%
	if it would be mainly a sale point as a pose to a functional testing device.	1	1%	2%	67%
	because you have a way to do many tests in only one device, so the patient uses less time for it and people like this kind	1	1%	2%	69%
	it will be maybe easier to do when patient don't have enough time.	1	1%	2%	70%
	if the test would be functional, simple to use and would not be spend too much time on it the application would be very useful. there is only a question to ask ourselves, if the app is free on the market and everyone have use of, will they need our assistance anymore (optometrist) as they need now. everyone can already have it developed. see www.dvop.org for details.	1	1%	2%	72%
	patients are impressed of using technologies gadgets.	1	1%	2%	74%
	because it is useful	1	1%	2%	75%
	its new approach to the patients and it can be useful	1	1%	2%	77%
	test always a hand	1	1%	2%	79%
	more people will have access	1	1%	2%	80%
	i am looking for this kind of app for a long time.	1	1%	2%	82%
	if it suppose it would be functional and faster, but it would probably be annoying to use cell phone all the time at work because you have to charge the battery because it will be empty quickly. i am more of traditional test type person but this is cool cause you have everything you need at one place and you can use it	1	1%	2%	84%
	i think it will be helpful	1	1%	2%	85%
	because it saves me time	1	1%	2%	87%
	depends on the situation with the client and his/her problems	1	1%	2%	89%
	practical purpose	1	1%	2%	90%
	not to forget all important steps when doing testing	1	1%	2%	92%
	A	2	2%	3%	93%
	because clients love that kind of service.	1	1%	2%	97%
	because this awareness they should go to the optometrist and examine their eyes if would be something wrong with it.	1	1%	2%	98%
Valid	All together	61	47%	100%	

At the end I interpret all the answers and divided them in 6 groups

Answers	Number of answers
Easy	12
Quick/fast	7
Availability/handy	15
New/interesting	7
Practical/useful	14
Other answers (app already exist, a, aa, blank spaces,...)	6
<b>Total</b>	<b>61</b>

Question 6	No	Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
		app exist	1	1%	14%	14%
		because i have quite good equipment and there is no need to have additional stuff	1	1%	14%	29%
		patient contribution and communication between patient and practitioner is required in some tests. application is just a computer and cannot replace a practitioner	1	1%	14%	43%
		you have to examine front and back of eye which cannot necessarily be seen by patient	1	1%	14%	57%
		i do not use smartphone in my praxis	1	1%	14%	71%
		light, contrast, greasy screen, wieving angle	1	1%	14%	86%
		my job role is concerned with mental health and sight problems	1	1%	14%	100%
Valid		All together	7	5%	100%	

People (7) that answers with no represent 5% of all the valid surveys. Answers that were given are:

- Application exists
  - Because of having good equipment in the practice and no need of having additional stuff
  - Patient contribution and communication is required, because application cannot replace a practitioner
  - Not able to access retina with an application
  - Not using a smartphone
  - Light, contrast, greasy screen and wieving angles are questionable
  - My job is concerned with mental health and sight problems
- From these answers only two or three are helpful, the others do not make a lot of sense.

This is why more than 100 people were needed that also quality answers were given. From 7 people that answered with no, everyone were older than 30, so my third thesis was right: The application will be accepted more by young adults – students than the older eyecare practitioners

More than half of all (57%) participants that are younger than 30 answered all positively about using the application.

#### Question 7

Name three tests that you would definitely use if they were available in the application? You can also describe it or tell what would you seek in the application to be the main reason for using it?

Question7 Namethreeteststhatyouwoulddefinitelyuseiftheywereavailableintheapplication?Youcanalsodescribeitortellwhatwouldvouseekintheapplicationtobethemainreasonforusingit?								
	Questions	Units					Navedbe	
		Frekvence	Veljavni	%-Veliavni	Ustrezni	%-Ustrezni	Frekvence	%
Q5a	1sttest:	48	48	100%	129	37%	48	35%
Q5b	2ndtest:	45	48	94%	129	35%	45	32%
Q5c	3rdtest:	46	48	96%	129	36%	46	33%
	Alltogether	139	48		129		139	100%

Question7 1sttest:					
	Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	heterophoria	1	1%	2%	2%
	foriaandtropiaanomalies	1	1%	2%	4%
	contrastssensitivity	1	1%	2%	6%
	measurephorias	1	1%	2%	8%
	ananmesis	1	1%	2%	10%
	chowen	1	1%	2%	13%
	dyopacitytest	1	1%	2%	15%
	visualacitytest	1	1%	2%	17%
	shobertest	1	1%	2%	19%
	schobertest	1	1%	2%	21%
	fixationdisparity-toexamvisualaxis-dotheyfocusbehindthefixationpoint?-determines:isitexoporeso?	1	1%	2%	23%
	ishiharatest	1	1%	2%	25%
	eyemovementevaluationwithvideo	1	1%	2%	27%
	ishiharatests	1	1%	2%	29%
	amsler	1	1%	2%	31%
	fundoscopycamera	1	1%	2%	33%

vsc	1		1	%	2	%	35%
visualacuityfara	ndnear	1	1	%	2	%	38%
worth4dot	1		1	%	2	%	40%
vision(far,near)	1		1	%	2	%	42%
va/nearva	1		1	%	2	%	44%
ishihara	1		1	%	2	%	46%
amslergrid	2		2	%	4	%	50%
worth	1		1	%	2	%	52%
bikrombalans	1		1	%	2	%	54%
nearfixationdisp	arity	1	1	%	2	%	56%
presbyopictests-	more	1	1	%	2	%	58%
backeyepicture	1		1	%	2	%	60%
all eye diseases &diagnoses		1	1	%	2	%	63%
maybered-green	duochrome test	1	1	%	2	%	65%
korekcijabližinsk	ih cilindrov	1	1	%	2	%	67%
heteroforiatest	1		1	%	2	%	69%
contrastsensitivi	tytest	1	1	%	2	%	71%
colourvision	4		3	%	8	%	79%
Ishara	1		1	%	2	%	81%
neardistancetes	ts	1	1	%	2	%	83%
retinalproblems	1		1	%	2	%	85%
bi-chromebalance1			1	%	2	%	88%
visualacuity	5		4	%	10%	98%	
worthtest	1		1	%	2	%	100%
Valid	Alltogether	4	8	37%	10	0%	

Question7	2ndtest	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	Answers				
	visualfields	2	2%	4%	4%
	contrastsensitivitty	1	1%	2%	7%
	stopinjecilindrov	1	1%	2%	9%
	stereopsis	1	1%	2%	11%
	schober	1	1%	2%	13%
	dvatireda	1	1%	2%	16%



maculaintegrity	1	1%	2%	18%
green	1	1%	2%	20%
colortest	1	1%	2%	22%
visualacuity	1	1%	2%	24%
simplemeasurements	1	1%	2%	27%
comparisonofbinocularvisionanomalies	1	1%	2%	29%
bicromeballance	1	1%	2%	31%
contraststabilitytest	1	1%	2%	33%
macularanomalies	1	1%	2%	36%
contrast	1	1%	2%	38%
colourtest	1	1%	2%	40%
testforastigmatism	1	1%	2%	42%
acuity	1	1%	2%	44%
distanceandnearvisiontesting	1	1%	2%	47%
Functional	1	1%	2%	49%
applicationtoevaluateopticnerve/macula	1	1%	2%	51%
amslerchart	1	1%	2%	53%
maddoxtest	1	1%	2%	56%
stereovision	1	1%	2%	58%
contraststability	1	1%	2%	60%
stereopsyttest	1	1%	2%	62%
colourvision	2	2%	4%	67%
nearbinocularvisiontests	1	1%	2%	69%
colorvision	2	2%	4%	73%
crossstest	1	1%	2%	76%
funduscheck	1	1%	2%	78%
nearacuity	1	1%	2%	80%
Presbiopia	1	1%	2%	82%
convergenceranges-ittakestomuchtime	1	1%	2%	84%
astigmatismtests-dot...	1	1%	2%	87%
amslertest	1	1%	2%	89%
binocularvisionanomalies	1	1%	2%	91%
nervouscomplications	1	1%	2%	93%
dyopcolortest	1	1%	2%	96%

Maddo	x	1	1	%	2	%	98%
test motiliteta	1		1	%	2	%	100%
Valid	Alltogether	4	5	35%	10	0%	

Question7	3rdtest	Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
		blizinskitest	1	1%	2%	2%
		amsler	5	4%	11%	13%
		simpletest	1	1%	2%	15%
		accuratecolourvisiontest(moresensitivethan nishihara)	1	1%	2%	17%
		maybepolarizedtests(malett/stereoetc)	1	1%	2%	20%
		stereotest	1	1%	2%	22%
		colortest	1	1%	2%	24%
		hirshberg	1	1%	2%	26%
		sometestsforchildren	1	1%	2%	28%
		3d-stereopsis	1	1%	2%	30%
		schober	1	1%	2%	33%
		phorias	2	2%	4%	37%
		slitlamp	1	1%	2%	39%
		binocualvisiontesting	1	1%	2%	41%
		graphanalysisofbinocularvision	1	1%	2%	43%
		ophtalmoskop	1	1%	2%	46%
		contactlensesprescribing	1	1%	2%	48%
		polariziranikriž	1	1%	2%	50%
		visionacuity,fromdifferentdistances	1	1%	2%	52%
		heterophoria	1	1%	2%	54%
		optotypes	1	1%	2%	57%
		contrastsensivity	1	1%	2%	59%
		binokularnaizravnava	1	1%	2%	61%
		binocularartest	1	1%	2%	63%
		colourvision	2	2%	4%	67%
		stereopsis	1	1%	2%	70%
		binocularity	1	1%	2%	72%
		color	1	1%	2%	74%

phoria	1	1	%	2	%	76%
dyopimpaired	nt test 1	1	%	2	%	78%
iop	1	1	%	2	%	80%
crosscylinder	1	1	%	2	%	83%
amslergrid	1	1	%	2	%	85%
phoria tests-c	ross, hooks..... 1	1	%	2	%	87%
unsure of axis	rd test 1	1	%	2	%	89%
phoria test	1	1	%	2	%	91%
amsler test	2	2	%	4	%	96%
colour test	1	1	%	2	%	98%
convergence test	1	1	%	2	%	100%
Valid	Alltogether 4	6	36%	10	0%	

From all three answers I made a table of most frequent test mentioned

Test	Number of answers
Heterophoria / heterotropia*	27
Colour vision / Ishihara	17
Visual acuity	16
Bichrome / Cowen / red-green	14
Contrast sensitivity	12
Amsler chart	11
Stereopsis	7
Astigmatism test	6
Binocular anomalies (graphs, analysis,...)	4
Fundus camera / macular assessment / Optic nerve integrity / slit lamp/	8
Slit lamp/ visual field/ tonometry / ophthalmoscope	4
Eye movement / functional tests / simple measurement / children test / CL prescribing	5
Polarised tests (Malett, stereo,...)	2
Accommodation / presbyopia	2
Anamnesis / diagnosis	2
Dyop colour and impairment test	2
Total answers	139

\*In this test I included answers like Maddox, Schober, Worth four dot, convergence test and cross test

Question8 What are potential risks you are seeing that could prevent or discourage you from using the application? Please arrange the risks from A to C on their importance!								
Questions		Units					Navedbe	
		Frekvence	Veljavni	%-Veljavni	Ustrezni	%-Ustrezni	Frekvence	%
Q6a	Risk1:	48	48	100%	129	37%	48	43%
Q6b	Risk2:	35	48	73%	129	27%	35	32%
Q6c	Risk3:	28	48	58%	129	22%	28	25%
All together		111	48		129		111	100%

Question8 Risk1					
Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative	
lack of functionality	1	1%	2%	2%	
everyone might try to examine people not only vs specialists	1	1%	2%	4%	
complicated	1	1%	2%	6%	
wrong result interpretation	1	1%	2%	9%	
no standardization of methods	1	1%	2%	11%	
accuracy	1	1%	2%	13%	
light conditions	1	1%	2%	15%	
no	1	1%	2%	17%	
patient thinks she's OK and pathology not discovered	1	1%	2%	19%	
inconvenience	1	1%	2%	21%	
not functional and difficult to handle (complicated use)	1	1%	2%	23%	
unreliable	1	1%	2%	26%	
not accurate results	1	1%	2%	28%	
security of patient's data	1	1%	2%	30%	
affordability	1	1%	2%	32%	
patients will be testing themselves without specialist	1	1%	2%	34%	
if biased towards eyesight more than vision	1	1%	2%	36%	
accuracy of tests	1	1%	2%	38%	
we only have the 1st patent in the USA and Europe	1	1%	2%	40%	
missed pathology	1	1%	2%	43%	
unclear instructions	1	1%	2%	45%	
complex	1	1%	2%	47%	
accuracy/test reliability	1	1%	2%	49%	
bad result	1	1%	2%	51%	

big differences	1	1	%	2	%	53%	
if the tests will not experts	be approved from	1	1	%	2	%	55%
slabapono v ljivost	1	1	%	2	%	57%	
poor quality of the	product	1	1	%	2	%	60%
poor quality of tests	s	1	1	%	2	%	62%
nemarizika	1	1	%	2	%	64%	
too complicated, no should be as it	as simply as it	1	1	%	2	%	66%
patients will stop examine eyes at	optometrist or ophthalmologist, because	1	1	%	2	%	68%
they will think it enough	accuracy	1	1	%	2	%	70%
low sensitivity	1	1	%	2	%	72%	
there is no risk.	1	1	%	2	%	74%	
distance	1	1	%	2	%	77%	
netočne bojenane	kimtestovi, a	1	1	%	2	%	79%
interpretation of results	sults	1	1	%	2	%	81%
inaccuracy	2	2	%	4	%	85%	
screen glare	1	1	%	2	%	87%	
unreliability	1	1	%	2	%	89%	
quality	1	1	%	2	%	91%	
high cost	1	1	%	2	%	94%	
maybe if the app with the results could not interpretate	sitshou	1	1	%	2	%	96%
calibration of these screens	reen	1	1	%	2	%	98%
don't suspect of a	ny risk for now	1	1	%	2	%	100%
Valid	All together	4	8	36%	10	0%	

Question8	Risk2	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	Answers				
	not user friendly	1	1%	3%	3%
	too much options/tests	1	1%	3%	6%
	misinterpreted results	1	1%	3%	9%
	reliability	2	2%	6%	15%
	buggy app	1	1%	3%	18%
	precision	1	1%	3%	21%
	patient thinks it will not be accurate	1	1%	3%	24%
	electronic devices might fail	1	1%	3%	27%

none unless logmar	not available	1	1	%	3	%	30%
poor reliability		1	1	%	3	%	33%
nizka specifičnost		1	1	%	3	%	36%
poor recurrence		1	1	%	3	%	39%
funkcionalnost		1	1	%	3	%	42%
application will not help patients as an interview with nd that's what of mistakes in results there could be a		1	1	%	3	%	45%
patient finding correct increase in action which might blyopia or strabismus provoke		1	1	%	3	%	48%
velika variabilnost rezultata		1	1	%	3	%	52%
lack of accuracy		1	1	%	3	%	55%
low specificity		1	1	%	3	%	58%
risk management		1	1	%	3	%	61%
people do not go for when needed a full eye exam		1	1	%	3	%	64%
price of application		1	1	%	3	%	67%
doctors don't believe how bad and		1	1	%	3	%	70%
clients are bored		1	1	%	3	%	73%
nonspecific		1	1	%	3	%	76%
slow loading speed		1	1	%	3	%	79%
nema rizika		1	1	%	3	%	82%
range of use		1	1	%	3	%	85%
difficulty to handle		1	1	%	3	%	88%
photometric status of backlight		1	1	%	3	%	91%
generalization		1	1	%	3	%	94%
set of available tests		1	1	%	3	%	97%
contrast		1	1	%	3	%	100%
Valid	All together	3	5	26%	10	0%	

Question 8	Risk 3	Frequency	Percentage	Valid	Cummulative
	too complicated	1	1%	4%	4%
	shranjevanje rezultatov (zaščitazase bnosti-osebnih podatkov)	1	1%	4%	7%
	reproducibility	1	1%	4%	11%
	simplicity vs. regular eye exam	1	1%	4%	15%
	nonsensitive	1	1%	4%	19%

foroldpeople	1	1	%	4	%	22%	
permanentrelativac	commodation	1	1	%	4	%	26%
usefulness	1	1	%	4	%	30%	
timeconsuming	1	1	%	4	%	33%	
lackofuniversalfile	export possibility	1	1	%	4	%	37%
justasinsensitiveastestornotc	alreadyavailablecv	1	1	%	4	%	41%
omparabl speed	1	2	%	7	%	48%	
nemarizika	1	1	%	4	%	52%	
price	1	1	%	4	%	56%	
nestandardiziranites	ti	1	1	%	4	%	59%
cost	1	1	%	4	%	63%	
http://www.rodenstose-of- better- ck.com/com/en/hou ion-test/adjust-	1	1	%	4	%	67%	
cuses alotofbatter	yof the device	1	1	%	4	%	70%
highprice	1	1	%	4	%	74%	
ihavemoreworkto	doonother patents	1	1	%	4	%	78%
expense	1	1	%	4	%	81%	
difficulttouse	1	1	%	4	%	85%	
clientisnotgood	1	1	%	4	%	89%	
fullofcommercials	1	1	%	4	%	93%	
insufficientbaseofd	ata	1	1	%	4	%	96%
accuracy	1	1	%	4	%	100%	
Valid	Alltogether	2	8	21%	10	0%	

From all three answers I made a table of most frequent risks mentioned

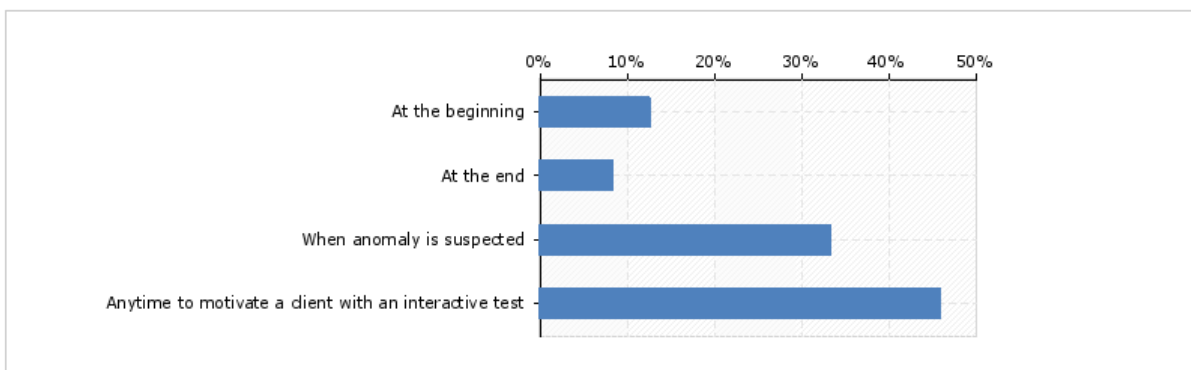
Risk	Number of answers
Not accurate, not reliable	16
Complicated	14
Poor quality (slow, bugs, battery usage, commercials)	13
Wrong result interpretation	11
Light conditions (contrast, background, colour calibration, glare)	9
Lack of functionality	7
High cost	6
Repeatability	5
Accessible to everyone (not professional anymore)	5

Security of patient's data / possibility of data export	5
Not standardised method	3
Client is bored / difficulty with elderly / client is not appropriate	3
Distance of testing / permanent relative accommodation	2
No risks	12
<b>Total</b>	<b>111</b>

Majority of answers were related to the test accuracy (16) and its complexity (14). On the third place, the answers were related to the technical side of the app (battery usage, bugs, commercials, etc). It is very useful to get the risks stated, because before the application is made, the improvements and updates can be done. Here we can also see that only 6 out of 111 people answered that the high cost would affect their choice of having an application. This is also another argument for my first thesis saying: People would not have an app because of high price

Question 9: In which phase of the eye exam would you think you would use the application?					
Answers	Frequency	Percentage	Valid	Cumulative	
1 (At the beginning)	6	5%	13%		13%
2 (At the end)	4	3%	8%		21%
3 (When an anomaly is suspected)	16	12%	33%		54%
4 (Anytime to motivate a client with an interactive test)	22	17%	46%		100%
Valid	48	37%	10	0%	

Average	3.1	Standard deviation	1.0
---------	-----	--------------------	-----



One of my theses was that the application will motivate clients and enhance their cooperation when being tested. The research showed that 22 people out of 48, which represent 46%, would use the application anytime to motivate a client with a use of

Vision testing on electronic devices

Matic Vogrič Page 26

interactive test. Second most frequent answer was when anomaly is suspected with 16 people clicked that answer, representing 33% of the all valid answers. The results show, that an interactive test, a technological feature plays a role as a motivator during an eye exam. People are used to have a conventional eye exam, involving no electronics and not having a variety of tests to manifest different areas of vision. My third thesis is therefore also confirmed saying: The application will motivate clients and enhance their cooperation when being tested.



## **Bibliography**

Payne, J. Smartphone Use By College Students (Infographic). Available at  
<<https://smallbusiness.yahoo.com/advisor/smartphone-college-students-infographic153840365.html>>  
[Accessed 5 May 2015].

Benjamin, W. J. 1998. Borish's Clinical Refraction. [e-book] Elsevier Inc. Available at:  
<[http://www.ebook3000.com/William-J--Benjamin---Borish-s-Clinical-Refraction\\_88756.html](http://www.ebook3000.com/William-J--Benjamin---Borish-s-Clinical-Refraction_88756.html)>  
[Accessed 26 May 2015].

karpecki P, M. 2007. Individualized High Definition Vision. [online] Available at:  
<<http://www.optometricmanagement.com/articleviewer.aspx?articleID=100600>>  
[Accessed 26 April 2015].

## 11. Přehled optických modelů oka - Bc. Andrea Hanušová

Vedoucí práce: Mgr. Matěj Skrbek

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

---

Znalost příslušných optických parametrů očního dioptrického systému je potřebná pro podrobný rozbor chodu optických paprsků okem a pro teoretické výpočty zobrazení optickou soustavou oka.

Lidské oko je unikátní pro každého jedince. Proto je nutné spokojit se s modelem oka, který s větší či menší přesností reprezentuje průměrný stav. V následujícím textu jsou uvedeny některé z těchto modelů. Vzhledem k jejich různému stupni zjednodušení mají tyto jednotlivé modely různé oblasti uplatnění.

Poloměry křivosti v těchto modelech bývají konvenčně vyznačovány ve směru od vrcholu příslušné optické plochy, přičemž za kladný směr je považován směr chodu světelných paprsků (obvykle je zvolen levo-pravý směr). Poloměr zakřivení konvexní (vypuklé) plochy je tedy kladný, konkávní (vydutá) plocha má poloměr zakřivení záporný. Vzdálenosti se vyznačují od vrcholu vztažné lomivé plochy nebo od hlavních bodů [1], [2].

Každou optickou soustavu charakterizují tzv. základní body, mezi které patří předměťové ohnisko F a obrazové ohnisko F', předměťový a obrazový hlavní bod H, H', předměťový i obrazový uzlový bod N, N'. Nejdůležitější body charakterizující optickou soustavu jsou ohniska. Obrazové ohnisko F' je paraxiální obraz nekonečně vzdáleného bodového předmětu X, ležícího na optické ose, naproti tomu předměťové ohnisko F je předměťový bod na optické ose, jehož paraxiální obraz leží v nekonečnu.

Hlavní předměťový a obrazový bod je dvojice opticky sdružených bodů určujících hlavní předměťovou a obrazovou rovinu. Leží-li předmět v hlavní předměťové rovině, potom obraz leží v hlavní obrazové rovině. Výsledný obraz je stejně velký a má stejnou orientaci (jako předmět), tzn. příčné zvětšení je rovno jedné. Vzdálenost od předměťového hlavního bodu k předměťovému ohnisku F se nazývá předměťová ohnisková vzdálenost  $f$ , stejně tak vzdálenost od obrazového hlavního bodu k obrazovému ohnisku F' je obrazová ohnisková vzdálenost  $f'$ .

Uzlový předměťový a uzlový obrazový bod patří (stejně jako hlavní předměťový a hlavní obrazový bod) mezi opticky sdružené body. Dopadá-li paprsek do předměťového uzlového bodu N, postupuje dále z obrazového uzlového bodu N' bez změny svého směru, z čehož vyplývá, že úhlové zvětšení je rovno jedné [3].

V souvislosti s hodnotami měřenými v dioptriích je třeba definovat optickou mohutnost následujícím vztahem:

$$\varphi = -\frac{n}{f} = \frac{n'}{f'}$$

[D~m<sup>-1</sup>]

kde  $\varphi$  je optická mohutnost,  $n$  je index lomu předměťového prostředí,  $n'$  je index lomu obrazového prostředí,  $f$  je předměťová ohnisková vzdálenost a  $f'$  je obrazová ohnisková vzdálenost [2].

Gullstrandovo schematické oko

Počátkem 20. století sestavil Švédský oftalmolog Allvar Gullstrand (1862 – 1930), nositel Nobelovy ceny za oftalmologii z roku 1911, nejpodrobnější optický model průměrného lidského oka.

Centrovanou optickou soustavou schematického oka tvoří šest kulových lámavých ploch – dvě rohovkové (přední a zadní lomivá plocha) a čtyři čočkové (jádro a kůra čočky), dané poloměry křivosti. Obklopují je optická prostředí definovaná indexy lomu, které jsou pro komorovou vodu a sklivce shodné (1,336). Jako předměťové prostředí je uvažován vzduch o indexu lomu 1. Poloměry křivosti jednotlivých optických ploch, jejich polohu a polohu předměťového a obrazového ohniska F a F', předměťového a obrazového hlavního a uzlového bodu H, H' a N, N' i polohu sítnice uvádí s příslušnými indexy lomu tab. 1, a také jsou ilustrovány na obr. 1.

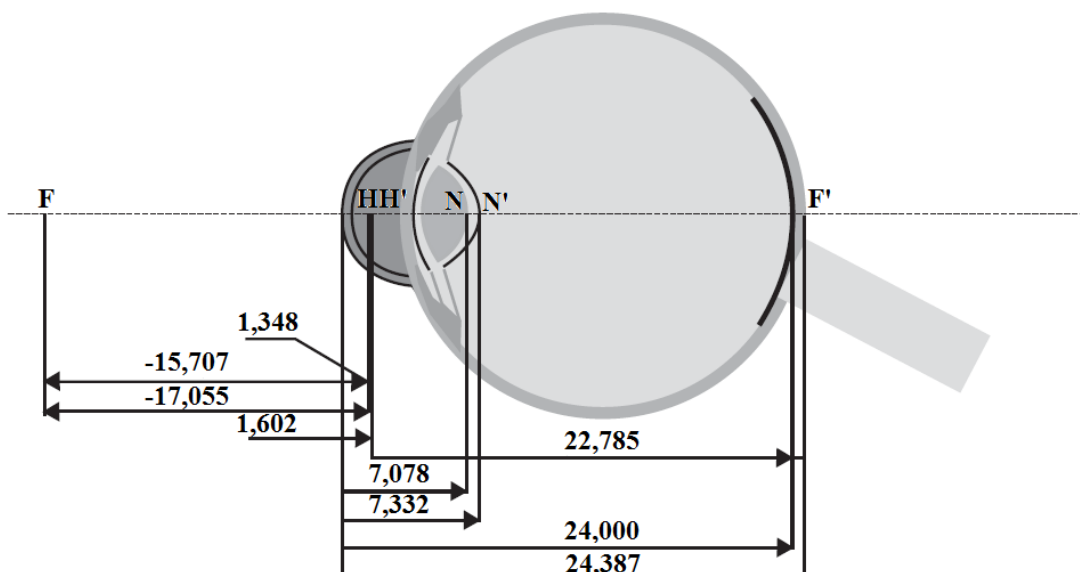
Celková optická mohutnost této dioptrické soustavy je při uvolněné akomodaci +58,64 D, při maximální akomodaci vzroste její mohutnost na +70,57 D. Předměťová a obrazová ohnisková vzdálenost činí -17,055 mm a +22,785 mm v neakomodovaném stavu a -14,169 mm a +18,03 mm při maximální akomodaci.

Porovnáním údajů polohy sítnice (24 mm) a obrazového ohniska (24,387 mm), uvedených v tab. 1, vyplývá, že ostrý obraz nekonečně vzdáleného bodového předmětu leží u Gullstrandova schematického oka ve vzdálenosti -0,387 mm před sítnicí, na sítnici se tedy vytvoří rozptýlný obrazec. Pro podrobné

teoretické výpočty je však tento model vyhovující [1], [2], [4].

Tab. 1 Parametry Gullstrandova schematického oka – hodnoty v závorkách odpovídají maximální akomodaci oka, ostatní hodnoty odpovídají oku neakomodovanému nebo, pokud údaj v závorce chybí, se při akomodaci nemění [1].

	Vzdálenost vrcholu rohovky (mm)	od	Poloměr křivosti (mm)	Index lomu
přední plocha rohovky	0,000		7,700	-
rohovka	-		-	1,376
zadní plocha rohovky	0,500		6,800	-
komorová voda	-		-	1,336
přední plocha čočky	3,600 (3,200)		10,000 (5,3300)	-
periferie čočky	-		-	1,386
přední plocha jádra čočky	4,146 (3,8725)		7,911 (2,655)	-
jádro čočky	-		-	1,406
zadní plocha jádra čočky	6,665 (6,5275)		-5,760 (-2,655)	-
zadní plocha čočky	7,200		-6,000 (-5,33)	-
sklivec	-		-	1,336
předmětové ohnisko	-15,707(-12,397)		-	-
obrazové ohnisko	24,387 (21,016)		-	-
předmětový hlavní bod	1,348 (1,722)		-	-
obrazový hlavní bod	1,602 (2,086)		-	-
předmětový uzlový bod	7,078(5,663)		-	-
obrazový uzlový bod	7,332 (5,997)		-	-
poloha sítnice	24,000		-	-



Obr. 1 Gullstrandovo schematické oko [1]; upraveno.

## Modifikovaný Gullstrandův model oka (Vojniković & Tamajo)

Jak je patrné z tab. 1, Gullstrandův model oka předpokládá stejné indexy lomu pro sklivce i komorovou vodu. Tento předpoklad lze však vyvrátit díky rozdílným teplotám sklivce a komorové vody v oku, což má za následek i jejich rozdílné hodnoty indexu lomu. Reálná teplota komorové vody dosahuje 33 °C, sklivce má však teplotu o 3 °C větší, tedy 36 °C. Za pomoci Abbeova refraktometru při těchto upravených teplotách byla experimentálně naměřena nová hodnota indexu lomu komorové vody  $n_k = 1,334$ , index lomu sklivce zůstal nepozměněn ( $n_s = 1,336$ ).

Za použití nové hodnoty indexu lomu komorové vody, nabývá celková optická mohutnost oka po jejím přepočtení hodnoty +59,98 D (o 1,34 D více než klasický Gullstrandův model), z čehož rohovková optická mohutnost je +42,7643 D a čočková asi +19,4392 D, předmětová a obrazová ohnisková vzdálenost jsou -16,67 mm a +22,27 mm. Poloha předmětového a obrazového hlavního bodu činí 1,46 mm a 1,73 mm od rohovkového vrcholu, předmětového a obrazového uzlového bodu pak 7,66 mm a 7,88 mm od rohovkového vrcholu [5].

## Model oka akomodujícího na vzdálenost -300 mm

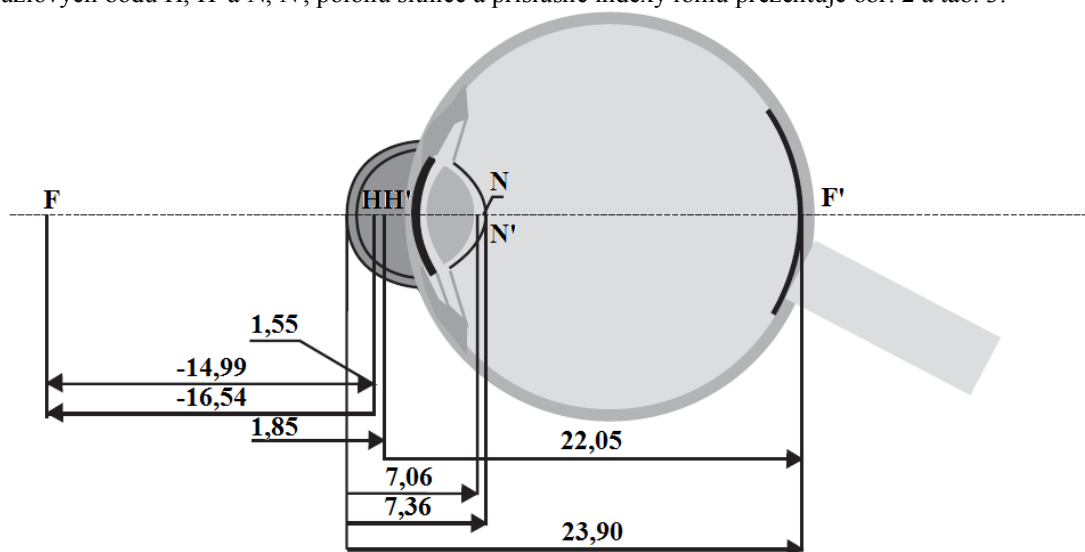
Ledley, Cheng a Ludlam vytvořili model oka vhodný pro pozorování předmětů vzdálených -300 mm. Jímí představená soustava tvoří přechod mezi složitým a zjednodušeným Gullstrandovým modelem. Rohovka i čočka jsou tvořené dvěma lámavými plochami. Poloměry křivosti jednotlivých ploch, jejich vzájemná vzdálenost a příslušné indexy lomu popisuje tab. 2 [2]

Tab. 2 Parametry modelu oka akomodujícího na vzdálenost -300 mm [2]; upraveno.

Poloměr křivosti (mm)	Vzdálenost mezi vrcholy sousedními lámavých ploch (mm)	Index lomu prostředí	Prostředí
$r_1 = 7,7$		$n_1 = 1$	vzduch
$r_2 = 6,8$	$d_1 = 0,5$	$n_1' = n_2 = 1,376$	rohovka
$r_3 = 7,89$	$d_2 = 2,7652$	$n_2' = n_3 = 1,336$	komorová voda
$r_4 = -5,564$	$d_3 = 4,1064$	$n_3' = n_4 = 1,410$	čočka
		$n_4' = 1,336$	sklivce

## Emsleyova – Graffova modifikace zjednodušeného Gullstrandova schematického oka

Vzhledem k tomu, že Gullstrandův schematický model oka je relativně složitý, byl Gullstrandem navržen zjednodušený model, který obsahuje pouze tři lámavé optické plochy (rohovka tvoří jednu optickou plochu a čočka zbylé dvě). Tento model byl podle nových měření upraven Emsleyem a Graffem. Poloměry křivosti, polohy všech tří optických ploch, obrazových a předmětových ohnisek  $F, F'$ , hlavních a uzlových bodů  $H, H'$  a  $N, N'$ , polohu sítnice a příslušné indexy lomu prezentuje obr. 2 a tab. 3.



Obr. 2 Emsleyova - Graffova modifikace zjednodušeného Gullstrandova schematického oka [1]; upraveno.

Tab. 3 Parametry Emsleyovy – Graffovy modifikace zjednodušeného Gullstrandova schematického oka při uvolněné akomodaci [1].

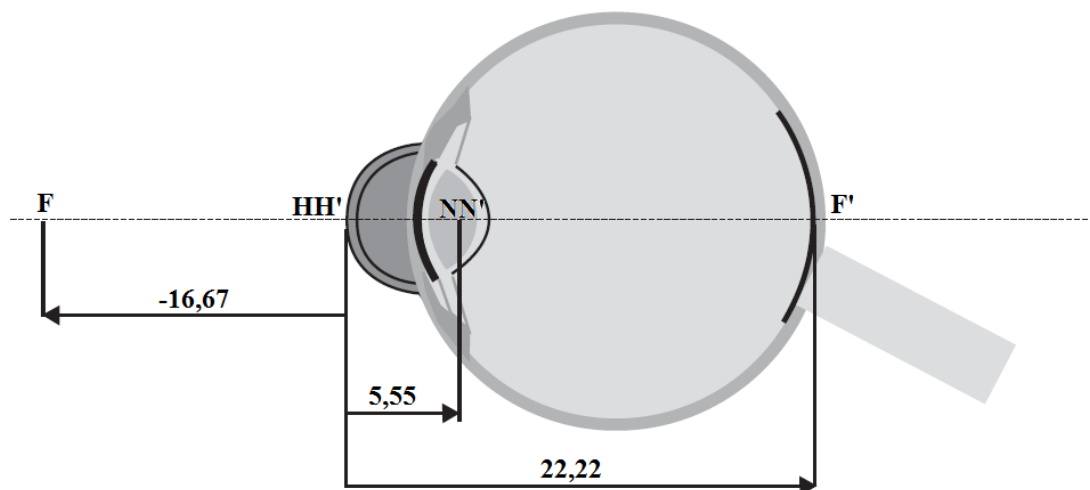
	Vzdálenost od vrcholu rohovky (mm)	Poloměr křivosti (mm)	Index lomu
plocha rohovky	0,000	7,8	-
komorová voda	-	-	4/3
přední plocha čočky	3,6	10,0	-
Čočka	-	-	1,416
zadní plocha čočky	7,2	-6,0	-
Sklivec	-	-	4/3
předmětové ohnisko	-14,99	-	-
obrazové ohnisko	23,90	-	-
předmětový hlavní bod	1,55	-	-
obrazový hlavní bod	1,85	-	-
předmětový uzlový bod	7,06	-	-
obrazový uzlový bod	7,36	-	-
poloha sítnice	23,90	-	-

Celková optická mohutnost této soustavy je +60,48 D. Předmětová a obrazová ohnisková vzdálenost činí -16,54 mm a +22,05 mm. Uvedený model je díky své jednoduchosti vhodný a dostatečně přesný pro běžné výpočty [1], [2].

Redukované schematické oko

V roce 1952 navrhl Emsley redukovaný model oka, který je vhodný pro orientační a ilustrační výpočty a geometrické konstrukce paprskového zobrazení v oku. Jedná se o nejjednodušší model oka charakterizovaný pouze jednou lámavou plochou (přední plocha rohovky) a jedním indexem lomu pro celé oko.

Obrázek 3 demonstruje hlavní body H, H', které splývají a leží na optické ose ve vrcholu lámavé plochy, rovněž splývající uzlové body N, N' nacházející se ve středu křivosti této plochy. Poloměr křivosti, index lomu, polohy obrazových a předmětových ohnisek F, F', hlavního a uzlového bodu i polohu sítnice představuje tab. 4.



Obr. 3 Emsleyovo schematické redukované oko [1]; upraveno.

Celková optická mohutnost soustavy je +60 D, předmětová a obrazová ohnisková vzdálenost  $f, f'$  činí -16,67 mm a +22,22 mm.

Tab. 4 Parametry standardního redukovaného oka při uvolněné akomodaci [1].

	vzdálenost od vrcholu přední plochy modelu (mm)	poloměr křivosti (mm)	index lomu
přední plocha modelu	0,00	5,55	-
vnitřní prostředí modelu	-	-	4/3
předmětové ohnisko	-16,67	-	-
obrazové ohnisko	22,22	-	-
hlavní bod	0,00	-	-
uzlový bod	5,55	-	-
poloha sítnice	22,22	-	-

Jak ukazuje tab. 4, standardní redukované oko je emetropické (poloha obrazového ohniska se shoduje s polohou sítnice). O nestandardním redukovaném oku mluvíme v případě, kdy jsou modelové hodnoty (například délka oka) vhodně upraveny z daných důvodů (například u ametropického oka). V případě redukovaného oka se obrazové ohnisko nachází ve foveole.

Porovnáním početních výsledků získaných aplikací tohoto modelu s údaji obdržnými užitím předchozího modelu je třeba k vrcholovým vzdálenostem (vzdálenostem měřeným od vrcholu optické plochy) standardního redukovaného oka připočítat 1,68 mm [1], [6].

Redukované oko také navrhli Bennett a Rabbets, které je (stejně jako Emsleyovo redukované oko) charakterizované jedním indexem lomu a jednou lámavou plochou. Oproti Emsleyovu modelu se však liší hodnotově – index lomu soustavy je 1,336. Poloměr zakřivení lámavé plochy je 5,6 mm. Celková optická mohutnost dosahuje +60 D, obrazová ohnisková vzdálenost činí 22,27 mm [6].

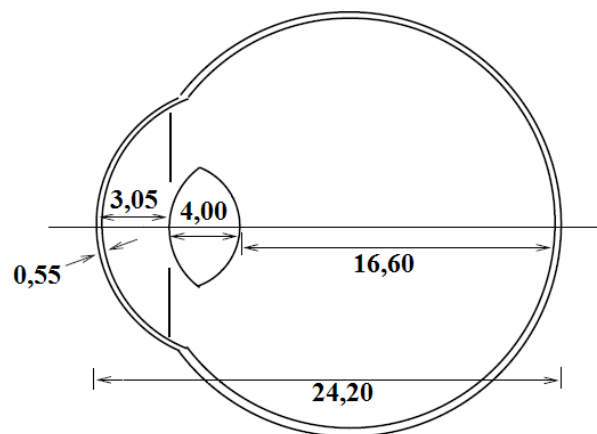
Gullstrand – Le Grandův model oka

K modelům, které využívají k výpočtům pouze sférických optických ploch, patří Gullstrand – Le Grandův model pravděpodobně k nejvyužívanějším. Tento model je zjednodušením Gullstrandova schematického oka. Obsahuje čtyři lámavé plochy – první dvě tvoří rohovka, zadní dvě čočka. Poloměry křivosti jednotlivých optických ploch, jejich polohu a polohu předmětového a obrazového ohniska  $F$  a  $F'$ , předmětového a obrazového hlavního a uzlového bodu  $H$ ,  $H'$  a  $N$ ,  $N'$  i polohu sítnice uvádí s příslušnými indexy lomu tab. 5 a obr. 4 [6], [7].

Tab. 5 Parametry Gullstrand – Le Grandova modelu oka při uvolněné akomodaci.

	Vzdálenost od vrcholu rohovky (mm)	Poloměr křivosti (mm)	Index lomu
přední plocha rohovky	0,0	7,8	-
Rohovka	-	-	1,3771
zadní plocha rohovky	0,55	6,5	-
komorová voda	-	-	1,3374
přední plocha čočky	3,6	10,2	-
Čočka	-	-	1,42
zadní plocha čočky	7,6	-6,0	-
sklivec	-	-	1,336
předmětové ohnisko	-15,089	-	-
obrazové ohnisko	24,2	-	-
předmětový hlavní bod	1,594	-	-
obrazový hlavní bod	1,908	-	-
předmětový uzlový bod	7,2	-	-
obrazový uzlový bod	7,514	-	-
poloha sítnice	24,2	-	-

Celková optická mohutnost soustavy nabývá hodnoty +59,94 D, z čehož optická mohutnost rohovky je +42,356 D a čočky +21,779 D. Předmětová a obrazová ohnisková vzdálenost činí -16,68 mm a 22,29 mm [6], [7].



Obr. 4 Gullstrand Le - Grandův model oka [6]; upraveno.

#### Advanced Human Eye Model (AHEM)

AHEM představuje komerční systém pro vytváření binokulárních optických modelů. Započítává vliv refrakce, difrakce (ohybu), odrazu, transmise a rozptylu, čímž zvyšuje reálnost a umožňuje personalizaci pomocí biometrie. Jak již bylo zmíněno, jedná se o binokulární model, který poskytuje novou úroveň reálnosti.

AHEM může simulovat různé oční onemocnění nebo změny vyvolané refrakční chirurgií. Také pomáhá lékařům při plánování léčby a analýzy klinických výsledků, uplatňuje se i při výzkumu zrakové problematiky [8], [9].

#### Zhodnocení

Mezi mnou vybrané a popsané modely patří Gullstrandovo schematické oko, Model oka akomodujícího na vzdálenost -300 mm, Emsleyova – Graffova modifikace Gullstrandova oka, redukované schematické oko a Gullstrand – Le Grandův model oka mezi sférické optické modely, které se vyznačují velkou sférickou a chromatickou aberací a neodpovídají tak přesně optickým vlastnostem reálného oka. Rovněž autoři těchto modelů používají indexy lomu pouze pro jednu vlnovou délku, proto tyto modely nejsou schopny popsat komplexní chování oka pro jiné vlnové délky.

Gullstrandovo schematické oko patří bezpochyby mezi nejpodrobnější, nejznámější a dodnes používaný optický model, který je založen na anatomii oka. Jedná se o model lehce hypermetropický. Je navržen ve dvou modifikacích, a to pro oko relaxované a maximálně akomodující. Využívá se zvláště pro výpočet optické mohutnosti umělé nitrooční čočky (IOL), právě díky své podrobnosti. Díky relativně velkému počtu lámavých ploch bývá složitější na výpočet, proto byly navrženy (i samotným Gullstrandem) zjednodušené optické modely. Na základě trasování paprsků pomocí softwaru Zemax bylo dokázáno, že Gullstrandovo oko dosahuje lepších optických vlastností, než je předpokládáno u reálného emetropického oka.

Emsleyova – Graffova modifikace Gullstrandova oka je jednodušší než původní Gullstrandův model. Jedná se o model emetropického a neakomodovaného oka (na rozdíl od Gullstrandova schematického oka). Dostačuje pro většinu praktických optických výpočtů, které nejsou tak náročné, protože obsahuje pouze tři lámavé plochy.

Emsleyovo redukované schematické oko je velmi jednoduché na výpočet optické mohutnosti celého oka, proto je vhodné pro orientační a ilustrační výpočty. Jedná se o model neakomodovaného oka (stejně jako Emsleyova – Graffova modifikace Gullstrandova oka). Redukované oko je anatomicky velmi nepřesné, nezohledňuje ani to, že oko má dva hlavní optické elementy, a to rohovku a čočku (představuje pouze jednu lámavou plochu), proto může být jen stěží reálně aplikovatelné.

Gullstrand – Le Grandův model je navržen ve dvou modifikacích pro oko relaxované a maximálně akomodující. Jedná se o model emetropický.

Model oka akomodujícího na vzdálenost -300 mm je vhodný, jak již název napovídá, pro řešení úloh při pozorování z konvenční zrakové vzdálenosti ( $l = 250$  mm), což je jeho výhodou (oproti výše popsaným modelům, které jsou buď jen při uvolněné akomodaci, případně při maximální akomodaci) a zároveň i nevýhodou, protože není vhodný při pozorování do dálky.

Jak již bylo zmíněno, výše popsané modely poměrně přesně odhadují optickou mohutnost oka a polohu



hlavních bodů. Avšak díky využití pouze sférických lámavých ploch vykazují mnohem větší sférickou aberaci, než je tomu právě u lidského zrakového orgánu. Z tohoto důvodu v roce 1971 vytvořil Lotmar dioptrickou soustavu vycházející z Gullstrand-Le Grandova modelu, kde využil asférickou přední plochu rohovky a zadní plochu čočky ke snížení otvorové vady. Kooijman v roce 1983 zkonstruoval optický model oka se všemi čtyřmi asférickými plochami. Podobný model o dva roky později zformoval Navarro, ovšem s tím rozdílem, že zohlednil vliv chromatické aberace [6]. Asférické modely jsou modernější, udržují sférickou i chromatickou aberaci v mírných hodnotách a svými optickými vlastnostmi se tak více blíží průměrnému oku.

Představený softwarový nástroj AHM je nejmodernější. Obrovskou výhodou je, že vytváří binokulární modely a je schopný přesně nasimulovat vlastnosti oka. Nevýhodou je, že se jedná o komerční, a tak nezcela dostupný systém [1], [2], [6], [10], [11], [12].

#### SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KUCHYNKA, P. et al., Oční lékařství. Praha: Grada Publishing, a.s., 2007, 768 s.
- [2] POLÁŠEK, J. et al., Technický sborník oční optiky. Praha: SNTL, 1975, 580 s.
- [3] JEXOVA, S., Geometrická optika. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2010, 218 s.
- [4] NAJMAN, L., Základy brýlové optiky: 2. část. Česká oční optika, 2009, ročník 50, č. 2, str. 44-48.
- [5] VOJNIKOVIČ, B. a TAMAJO, E., Gullstrand's Optical Schematic System of the Eye - Modified by Vojnikovič & Tamajo. Collegium Antropologicum, 2013, ročník 37, č. 1, str. 41-45.
- [6] GUANG-MING, D., Wavefront Optics for Vision Correction. SPIE Press, 2008, 347 s.
- [7] HLAVÁČKOVÁ, E., Počítačová simulace zobrazení na modelech lidského oka. Brno, 2014. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita Brno, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Prof. RNDr. Radim Chmelík, Ph.D.
- [8] DONELLY, W., The Advanced Human Eye Model (AHM): a personal binocular eye modeling system inclusive of refraction, diffraction, and scatter. Journal of Refractive Surgery, 2008, ročník 24, č. 9, str. 976-983.
- [9] BREULT RESEARCH ORGANIZATION, INC., Using the Advanced Human Eye Model (AHM): BIO Toolkit interactive script for ASAP. ASAP Technical Publication, listopad 2008.
- [10] HERBERT, G., BLECHINGER, F., a ACHTNER, B., Handbook of Optical Systems, Volume 4, Survey of Optical Instruments. Wiley, 2008, 1092 s.
- [11] NAVARRO, R., GONZALEZ, L., a HERNANDEZ-MATAMOROS, J. L., On the Prediction of Optical Aberrations by Personalized Eye Models. Journal of Optometry & Vision Science, 2006, ročník 83, str. 371-381.
- [12] STORANI DE ALMEIDA, M. a CARVALHO, L. A., Different schematis eyes and their accuracy to the in vivo eye: a quantitative comparison study. Brazilian Journal of Physics, 2007, ročník 37, č. 2, str. 378-387.

## Optical Eye Models: A Review- Bc. Andrea Hanušová

Supervisor: Mgr. Matěj Skrbek

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

The knowledge of relevant optical parameters of eye dioptric system is necessary for the detail analysis of optical beam course via the eye as well as for the theoretical background of visualisation in the optical eye system.

For each individual subject, the human eye is unique. Due to this fact, it is necessary to approximate the human eye by the representation of its, more or less, average state. The following text contains a brief list of some used eye models. Nevertheless, each model has its own individual field of usage according to its simplification level.

The radii of curvature tend to be conventionally marked in the direction from the top of relevant optical surface, while the positive direction is defined by the light beam course (usually left-right direction). Thus, the radius of curvature is positive for convex surfaces and negative for concave surfaces. The distances are marked from the top of reference fracture surface or from the main points [1], [2].

Each optical system is defined by so called basic points- namely the object focus F and image focus F', object and image main points H, H', object and image nodal points N, N'.

The most important points characterizing the optical system are called focuses. The image focus F' is defined as the paraxial image of scatter object X in infinite distance lying on the optical axis. Contrary, the object focus F is the object point on the optical axis, for which the paraxial image lies in the infinity.

The couple of optically associated points is created by the main object and image point defining the main object and image planes. Which means if object lies in the main object plane, then the image lies in the main image plane. The final image is same size as the object and also has the same orientation, which leads to the transverse zoom value equals 1. The distance from main object point to object focus F is called the object focus length f, as well as the distance from main image point to image focus F' is called as the image focus length f'.

The object and image nodal points belong to (as well as the object and subject main points) optically associated points. If beam leads to object nodal point N, it goes further from the image nodal point N' without any direction change leading to fact, that angle zoom value is equal to 1 [3].

According to values measured in diopters, the optical cardinality has to be defined by following equation:

$$\varphi = -\frac{n}{f} = \frac{n'}{f'} \quad [\text{D} \sim \text{m}^{-1}]$$

where  $\varphi$  is optical cardinality, n is the refractive index of object environment, n' is the refractive index of image environment, f stands for object focus distance and f' for image focus distance [2].

Gullstrand's schematic eye

In early twentieth century, the most detail optical model of an average human eye was introduced by Swedish ophthalmologist Allvar Gullstrand (1862 – 1930), the 1911 Nobel prize winner.

Centralized optical system of schematic eye is created by six spherical refractive surfaces - two corneal (front and rear refractive surface) and four lenticular (the core and the cortex of lens), each defined by radius of curvature. Each surface is surrounded by optical environments defined by refractive indexes, equal for aqueous humour and vitreous to 1,336. Air is selected as the objective environment and its refractive index is 1. The radii of curvature for each individual optical surface, their position and the position of object and image focus F and F', object and image main and nodal point H, H' and N, N' as well as the retina position with relevant refractive indexes are listed in Tab. 1 and further illustrated in Fig. 1.

The total optical cardinality of this system is equal to +58,64 D for loose accommodation, and equal to +70,57 D for the maximum accommodation. The object and image focal length is -17,055 mm and +22,785 mm for loose accommodation and equal to -14,169 mm and +18,03 mm for maximum accommodation.

By the comparison of values of retina position (24 mm) and image focus (24,387 mm) listed in Tab. 1 leads to the fact, that the sharp image of infinitely distant point lies for Gullstrand's schematic eye in the distance of -0,387 mm in front of retina. Obviously, the scattered image is generated on the retina's surface, but for detail theoretical computing, this model is absolutely satisfied [1], [2], [4].

Modified Gullstrand's eye model (Vojniković & Tamajo)

Obviously from Tab. 1, Gullstrand's eye model presumes identical refractive indexes for vitreous as well as for aqueous humour. Due to different temperatures between vitreous and aqueous humour, this presumption can be declined. This fact leads to different refractive indexes of both parts. The real

temperature of aqueous humour is 33 °C, the temperature of vitreous is higher by 3 °C, exactly 36 °C. By using the Abbe's refractometer and experimentally set temperatures, the new value of refractive index of aqueous humour was measured and its value is  $n_k = 1,334$ , the refractive index of vitreous has been kept ( $n_s = 1,336$ ).

By using the new refractive index of aqueous humour, the total optical cardinality is calculated to +59,98 D, which is higher by 1,34 D than for original Gullstrand's eye model, where the retinal cardinality is +42,7643 D and lenticular cardinality is approximately +19,4392 D, the object and image focal lengths are -16,67 mm and +22,27 mm. The position of object and image main point is 1,46 mm and 1,73 mm respectively from the retina's top, the position of object and image nodal point is 7,66mm and 7,88 mm from the top of the retina [5].

Table 1 Parameters of Gullstrand's schematic eye – values in bracket are for state in maximum accommodation, other values refer to not accommodated state or if the value in brackets is missing, the change does not occur during the accommodation [1].

	Distance from the top of cornea (mm)	Radius of curvature (mm)	Refractive index
Cornea's front surface	0,000	7,700	-
Cornea	-	-	1,376
Cornea's rear surface	0,500	6,800	-
Aqueous humour	-	-	1,336
Front surface of lens	3,600 (3,200)	10,000 (5,3300)	-
Periphery of lens	-	-	1,386
Front surface of lens' core	4,146 (3,8725)	7,911 (2,655)	-
Lens' core	-	-	1,406
Rear surface of lens' core	6,665 (6,5275)	-5,760 (-2,655)	-
Back surface of lens	7,200	-6,000 (-5,33)	-
Vitreous	-	-	1,336
Object focus	-15,707(-12,397)	-	-
Image focus	24,387 (21,016)	-	-
Object main point	1,348 (1,722)	-	-
Image main point	1,602 (2,086)	-	-
Object nodal point	7,078(5,663)	-	-
Image nodal point	7,332 (5,997)	-	-
Retina position	24,000	-	-

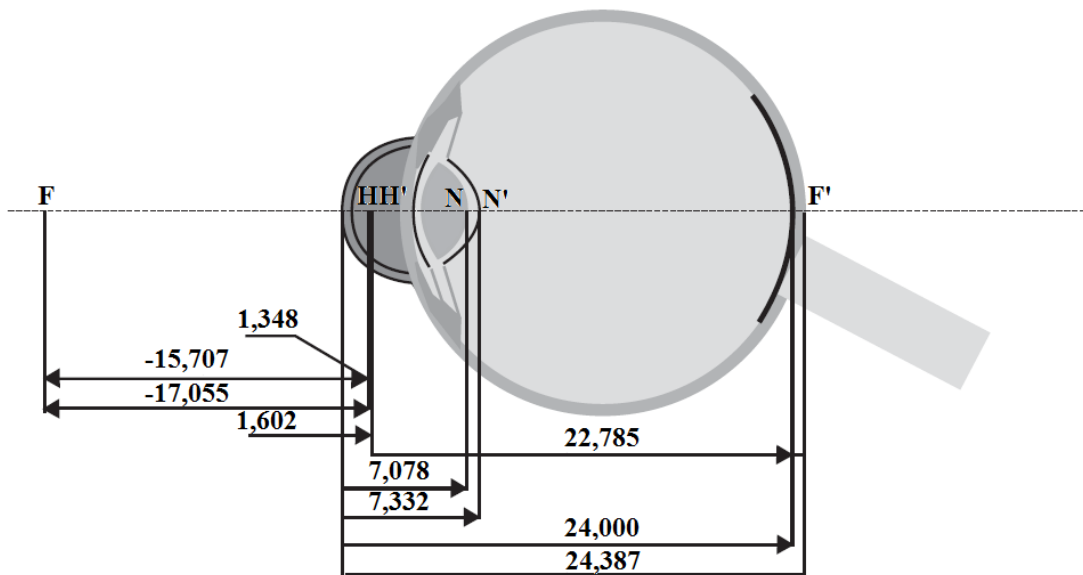


Figure 1 Gullstrand's schematic eye [1]; edited.

#### Eye model accommodating to distance -300 mm

Ledley, Cheng and Ludlam created the eye model suitable for the observation of objects to the distance -300 mm. This introduced system can be defined as the transition between the difficult and simplified Gullstrand's eye model. The cornea and lens are created by two refractive surfaces. The radius of curvature relevant to each individual surface, including the mutual distance and relevant refractive indexes are listed in Tab. 2 [2].

Tab. 2 Parameters of eye model accommodating to distance -300 mm [2]; edited.

Radius of curvature (mm)	Distance between tops of neighbouring refractive surfaces (mm)	Refractive index of environment	Environment
$r_1 = 7,7$		$n_1 = 1$	air
$r_2 = 6,8$	$d_1 = 0,5$	$n_1' = n_2 = 1,376$	cornea
$r_3 = 7,89$	$d_2 = 2,7652$	$n_2' = n_3 = 1,336$	aqueous humour
$r_4 = -5,564$	$d_3 = 4,1064$	$n_3' = n_4 = 1,410$	lens
		$n_4' = 1,336$	vitreous

#### Emsley – Graff's modification of simplified Gullstrand's schematic eye

According to difficulty of the original Gullstrand's schematic eye model, the simplified eye model was designed also by Gullstrand, which contains only three refractive surfaces (one surface is created by cornea, the two others are created by the lens). This model has been modified by Emsley and Graff according to newly achieved measurements.

The radii of curvature of all three optical surfaces, image and object focuses F, F', main and nodal points H, H' and N, N', the retina position a relevant refractive indexes are illustrated in Fig. 2 and further described in Tab. 3.

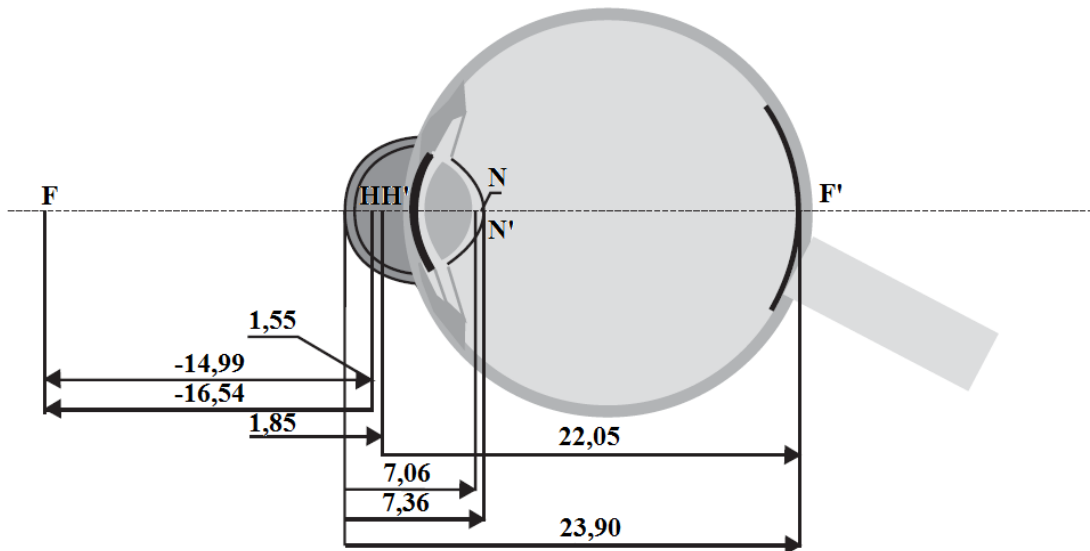


Figure 2 Simplified Gullstrand's schematic eye model modified by Emsley and Graff [1]; edited.

The total optical cardinality of this system is +60,48 D. The object and image focal length are equal to -16,54 mm and +22,05 mm. Due to its simplicity, presented model is satisfactory precise and suitable for ordinary calculations [1], [2].

#### Reduced schematic eye

The reduced schematic eye was designed by Emsley in 1952. This model is appropriate mainly for tentative and illustrative calculations as well as for geometrical construction of beam imagine in the human eye. This model is the most simple and it is characterized only by one refractive surface (the front surface of cornea) and by one refractive index for the whole eye.

Figure 3 illustrates the main points H, H', which merge together and lie on the optical axis at the top of the refractive surface. The nodal points N, N' are also merged and are situated in the centre of curvature of this surface. The radius of curvature, refractive index, the position of image and object focus F, F', the main and nodal point are listed in Tab. 4 as well as the retina position.

The total optical cardinality of this system is +60 D, the object and image focal length  $f, f'$  is -16,67 mm and +22,22 mm respectively.

Table 3 Parameters of Emsley – Graff's modification of simplified Gullstrand's schematic eye for loose accommodation [1].

	Distance from the top of cornea (mm)	Radius of curvature (mm)	Refractive index
Cornea's surface	0,000	7,8	-
Aqueous humour	-	-	4/3
Front surface of lens	3,6	10,0	-
Lens	-	-	1,416
Rear surface of lens	7,2	-6,0	-
Vitreous	-	-	4/3
Object focus	-14,99	-	-
Image focus	23,90	-	-
Object main point	1,55	-	-
Image main point	1,85	-	-
Object nodal point	7,06	-	-
Image nodal point	7,36	-	-
Retina position	23,90	-	-

Obviously from Tab. 4, the standard reduced eye is emmetropic (the position of image focus is identical with the position of retina). In the case of non-standard reduced eye, the model values, e.g. the length of eye, appropriately modified due to correct reasons, i.e. ammetropic eye and so on. The image focus is situated in the fovea in the case of reduced eye.

By comparing of results achieved for this model with the parameters reached by previous model, it is necessary to add 1,68 mm to top distances (measured from the top of the optical surface) of standard reduced eye [1], [6].

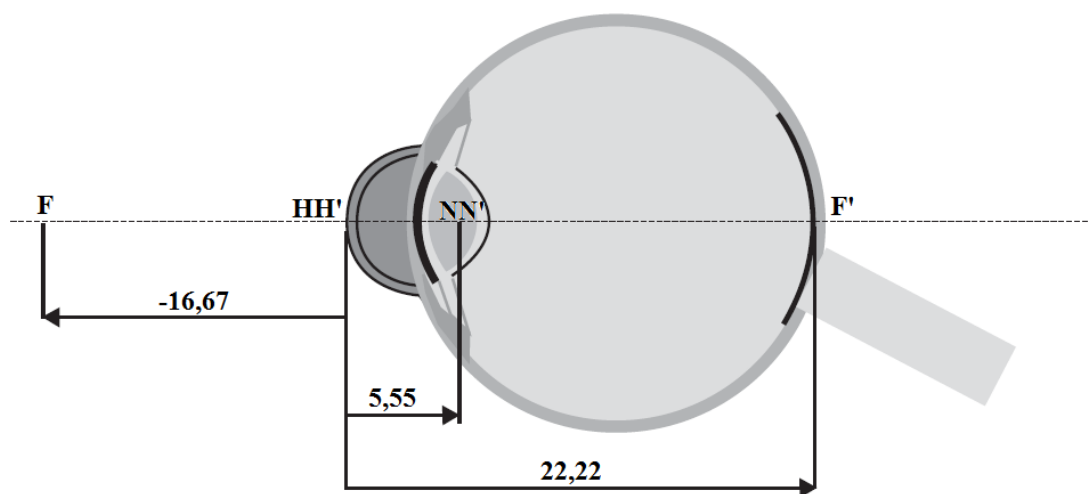


Figure 3 Emsley's schematic reduced eye [1]; edited.

Table 4 Parameters of standard reduced eye for loose accommodation [1].

	Distance from the front surface of model (mm)	Radius of curvature (mm)	Refractive index
Front surface of model	0,00	5,55	-
Model's inner environment	-	-	4/3
Object focus	-16,67	-	-
Image focus	22,22	-	-
Main point	0,00	-	-
Nodal point	5,55	-	-
Retina position	22,22	-	-

Reduced eye has been also designed by Bennett and Rabbets. This reduced eye is (as well as the Emsley's reduced eye) defined by single refractive index and by single refractive surface. Contrary to Emsley's model, the values of these parameters are different. The refractive index is 1,336 and the radius of curvature for the refractive surface is 5,6 mm. The total optical cardinality reaches value +60 D and image focal length is equal to value 22,27 mm [6].

### Gullstrand – Le Grand's eye model

In the eye model group using only spherical surfaces for calculation, the Gullstrand –Le Grand's model is probably the most used. This model can be defined as the simplification of Gullstrand's schematic eye and it contains four refractive surfaces – the first two are generated by cornea, two others are created by lens. The radii of curvature for each individual surface, their positions and the position of object and image focus  $F$  and  $F'$ , object and image main and nodal point  $H$ ,  $H'$  and  $N$ ,  $N'$  as well as the retina position with relevant refractive indexes are listed in Tab. 5 and further shown in Fig. 4 for better illustration [6], [7].

Table 5 Parameters of Gullstrand – Le Grand's eye model for loose accommodation.

	Distance from the top of cornea (mm)	Radius of curvature (mm)	Refractive index
Cornea's front surface	0,0	7,8	-
Cornea	-	-	1,3771
Cornea's rear surface	0,55	6,5	-
Aqueous humour	-	-	1,3374
Front surface of lens	3,6	10,2	-
Lens	-	-	1,42
Rear surface of lens	7,6	-6,0	-
Vitreous	-	-	1,336
Object focus	-15,089	-	-
Image focus	24,2	-	-
Object main point	1,594	-	-
Image main point	1,908	-	-
Object nodal point	7,2	-	-
Image nodal point	7,514	-	-
Retina position	24,2	-	-

The total optical cardinality of this system reaches the value +59,94 D, further divided into retina's optical cardinality (+42,356 D) and lens' optical cardinality (+21,779 D). The object and image focal length are - 16,68 mm and 22,29 mm respectively [6], [7].

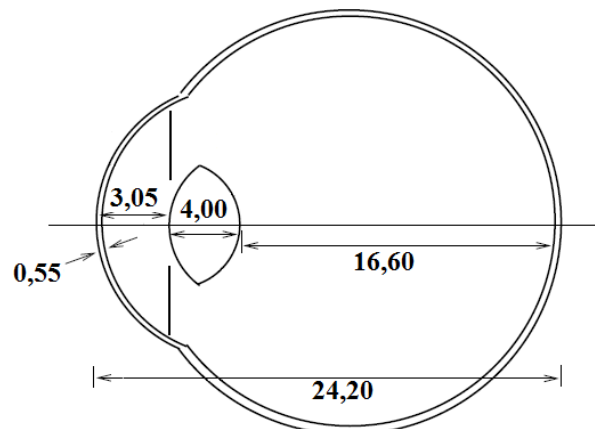


Figure 4 Gullstrand Le - Grand's eye model [6]; edited.

## Advanced Human Eye Model (AHM)

AHEM performs the commercial system for generation and analysis of binocular optical eye models. It uses the influence of refraction, diffraction, reflection, transmission and the scattering, which leads to increasing the reality of reached results and gives the opportunity to personalisation results by using the biometry. As it has been mentioned, this model is binocular and enables the novel level of reality.

AHEM can simulate different eye disease and defects or changes generated by refractive surgery. AHEM also helps to medics for the treatment planning and analysis of clinical results. It is also applied in the case of research in the visual field and similar topics [8], [9].

## Concluding comparison

In this paper, a short survey of used human eye models is presented. Within these models are introduced and described Gullstrand's schematic eye, eye model accommodating to distance -300 mm, Emsley - Graff's modification of Gullstrand's eye, reduced schematic eye and Gullstrand - Le Grand's eye model. These models can be categorized as spherical optical models, which are specific by their own high spherical and chromatic aberration. Thus, they do not exactly fit to parameters of real human eye. The authors of these models also use refractive indexes only for one wavelength, thus these models are not able to describe the changes and complex behaviour of the eye for other wavelengths.

Gullstrand's schematic eye is the most described in detail, popular and the mostly used eye model based on the real human eye anatomy. Generally, it is slightly hyperopic model. It is designed in its two modifications for loose and maximally accommodating human eye. It is mostly used for calculation of the optical cardinality of the synthetic intraocular lenses (IOL), due to its detail description. Due to significant amount of refractive surfaces, this model is more computationally challenging. According to this fact, simplified versions of this model were designed, even by Gullstrand. By results of beam tracking obtained by software Zemax, it has been proved that the Gullstrand's eye reaches better results than the presumption in the case of real emmetropic eye.

Emsley – Graff's modification of the Gullstrand's eye is more simple than the original Gullstrand's model. The emmetropic non-accommodated (contrary to Gullstrand's model) eye is modelated. It is suitable for the majority of practical optical calculations where reaches satisfactory results and it is not computationally challenging, because it contains only three refractive surfaces.

Emsley's reduced eye is very simple for calculation of the total optic cardinality for the whole eye. Due to this reason, it is appropriate for tentative and illustrative calculations. Non-accommodated eye is modelled as same as Emsley – Graff's modification of Gullstrand's eye. The reduced eye is anatomically inaccurate without the fact of two main optical elements of the eye, i.e. cornea and lens (it calculates only with one refractive surface) leading to hard applicability in real situations.

Gullstrand – Le Grand's eye model is designed in two modifications for loose eye and eye in the maximal accommodation. This model is emmetropic.

The eye model accommodating to distance -300 mm is suitable, due to its name, for problem solution in conventional visual distance ( $l = 250$  mm), which is its significant advantage (contrary to previously described models suitable only for loose or maximal accommodation) and concurrently its disadvantage because it is not suitable for observations in long distances

As it has been mentioned, previously described models quite precisely estimate optic cardinality of human eye and the position of main points. However, these models are higher influenced by spherical aberration than for real human eye (because of using only spherical refractive surfaces). Due to this reason in 1971, the dioptric system based on Gullstrand-Le Grand's model was designed by Lotmar. In this model, the aspherical front surface of cornea is used for reduction of spherical defect. In 1983, the optical eye model containing all four aspherical surfaces was created by Kooijman. Similar model was created by Navarro two years later, but with the difference of the impact of chromatic aberration was taken in account [6]. Aspherical models are more modern, they keep spherical and chromatic aberrations in low values a thank to their optical properties are closer to the real average human eye.

Introduced software tool AHEM is the most modern and sophisticated. The most significant advantage is the fact o creating binocular models and it is able to simulate eye properties exactly. The disadvantage is the fact, that it is a commercial product which leads to it is not ordinary available system [1], [2], [6], [10], [11], [12].



## REFERENCES

- [1] KUCHYNKA, P. et al., *Ocni lekarstvi* (in Czech). Praha: Grada Publishing, a.s., 2007, 768 p.
- [2] POLASEK, J. et al., *Technicky sbornik ocni optiky* (in Czech). Praha: SNTL, 1975, 580 p.
- [3] JEXOVA, S., *Geometricka optika* (in Czech). Brno: Narodni centrum osetrovatelstvi a nelekarskych zdravotnickych oboru, 2010, 218 p.
- [4] NAJMAN, L., *Zaklady brylové optiky: 2. cast* (in Czech). Ceska ocni optika, 2009, vol. 50, no. 2, pp. 44-48.
- [5] VOJNIKOVIC, B. a TAMAJO, E., Gullstrand's Optical Schematic System of the Eye - Modified by Vojnikovic & Tamajo. Collegium Antropologicum, 2013, vol. 37, no. 1, pp. 41-45.
- [6] GUANG-MING, D., *Wavefront Optics for Vision Correction*. SPIE Press, 2008, 347 p.
- [7] HLAVACKOVA, E., *Pocitacova simulace zobrazeni na modelech lidskeho oka* (in Czech). Brno, 2014. Bachelor's thesis. Masaryk University in Brno, Faculty of Medicine. Supervisor: Prof. RNDr. Radim Chmelik, Ph.D.
- [8] DONELLY, W., The Advanced Human Eye Model (AHEM): a personal binocular eye modelling system inclusive of refraction, diffraction, and scatter. *Journal of Refractive Surgery*, 2008, vol. 24, no. 9, pp. 976-983.
- [9] BREULT RESEARCH ORGANIZATION, INC., *Using the Advanced Human Eye Model (AHEM): BIO Toolkit interactive script for ASAP*. ASAP Technical Publication, Nov. 2008.
- [10] HERBERT, G., BLECHINGER, F., a ACHTNER, B., *Handbook of Optical Systems, Volume 4, Survey of Optical Instruments*. Wiley, 2008, 1092 p.
- [11] NAVARRO, R., GONZALEZ, L., a HERNANDEZ-MATAMOROS, J. L., On the Prediction of Optical Aberrations by Personalized Eye Models. *Journal of Optometry & Vision Science*, 2006, vol. 83, pp. 371-381.
- [12] STORANI DE ALMEIDA, M. a CARVALHO, L. A., Different schematic eyes and their accuracy to the in vivo eye: a quantitative comparison study. *Brazilian Journal of Physics*, 2007, vol. 37, no. 2, pp. 378-387.

## 12. Korelace metod měření parametrů přední plochy rohovky- Bc.Dana Albrechtová

Vedoucí práce: MUDr. Zuzana Bednaříková

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

---

### ÚVOD

---

Pro praxi optometristy je velmi důležité znát přesné zakřivení přední plochy rohovky, a to především z hlediska aplikace kontaktních čoček. Tyto parametry jsou ale důležité i z hlediska refrakční chirurgie, pokud se provádějí zákroky na rohovce, jde o jeden z nejdůležitějších parametrů. Sledování těchto parametrů je důležité pro srovnání a vyhodnocení refrakčního zákroku.

Základní hodnoty rohovky se pohybují v její střední části o průměru přibližně 3 – 4 mm, zde je její zakřivení víceméně kruhové, směrem ke krajům se poté oplošťuje. Změřené hodnoty můžeme zapisovat jak v dioptriích, tak v mm. Průměrné zakřivení rohovky je nejčastěji mezi hodnotami 7,4 – 8,2 mm (45,5 Dpt – 41,25 Dpt). Pokud naměříme parametry rohovky pod 7,4 mm, označujeme ji jako strmou, se zakřivením nad 8,2 mm se poté označuje jako plochá. (1)

Při provádění měření zjišťujeme parametry dvou hlavních meridiánů, které vůči sobě v kolmém postavení. Měření zakřivení nám umožňuje velké množství přístrojů. Ty pracují na různých principech od mechanických po plně automatické. Zakřivení rohovky provádí v různě velké ploše rohovky. Zakřivení je možné buď pouze ve střední části rohovky, nejmodernější přístroje umožňují měření zakřivení po celé ploše rohovky.

### MATERIÁL A METODY

---

Hlavním cílem tohoto výzkumu spočívá ve srovnávání nejčastěji využívaných přístrojů mezi sebou a následné zhodnocení, zda je možná jejich záměna mezi sebou jak pro použití v praxi optometristy, tak pro hodnoty důležité v práci oftalmologa. Přístroje použité pro měření jsou stále stejné, jedná se o jeden mechanický, kterým je Litmannův keratometr a poté tři automatické – autokeratorefraktometr, rohovkový topograf a pentacam. Následuje popis jednotlivých přístrojů:

Litmannův keratometr firmy Zeiss, jak již bylo zmíněno je v tomto výzkumu jediným zástupcem mechanického druhu. V tomto přístroji jsou testovými značkami plný a dutý kříž, tyto se při měření mechanicky zasouvají do sebe. Uvnitř přístroje jsou testové značky umístěny v ohniscích kolimátorů, tak je možné, aby byly zobrazovány do nekonečna. Dále následuje čočka objektivu a hranolový systém, který rozděluje pomocí vnitřní polopropustné zrcadlové plochy přicházející paprskový svazek do dvou energeticky vyvážených svazků, tak aby byl vyplněný celý průměr vstupní pupily. Následující hranol oba dva paprsky sloučí a další čočka objektivu vytvoří ve svém ohnisku obraz testových značek, zobrazených na měřené rohovce. Zdvojení je umožněno dvojicí slabých rozptylek, ty je možné vůči sobě decentrovat.

(2)



Obrázek 7 Litmannův keratometr

Autokeratorefraktometr - KR – 800 značky TOPCON. Výhodou tohoto přístroje je možnost kombinace a získávání více parametrů během jednoho měření. Jedná se především o refrakční stav oka, dále keratometrii, pachymetrii a některé umožňují i současné měření nitroočního tlaku. Všechna měření probíhají bezkontaktně, jsou velmi rychlé a přesné.

Při měření keratometrie zjišťuje přístroj hodnotu nejploššího a nejstrmějšího meridiánu. Základním principem pro měření je využívání infračervené oblasti záření pohybující se kolem 880 nm, tak je zaručeno, že vyšetřované oko nebude oslněno. Tento přístroj dále obsahuje optický systém, který slouží k maximálnímu uvolnění akomodace. Toto je umožněno díky principu zamlžení, ten funguje tak, že testová značka je před měřením a i během něj rozostřována, jako obraz této značky bývají voleny většinou obrazy vzdáleného cíle (např.: balón na obloze). (3)



Obrázek 8 Autokeratorefraktometr

Rohovkový topograf – Easygraph od firmy Oculus. Jedná se o zařízení analyzující odraz Placidových disků na rohovce, přesněji odchylek jejího povrchu. Měření vychází ze skutečnosti, že rohovka není úplně dokonale sférická, proto je pro popsání jejího tvaru nutné získat co nejvíce údajů o jejím povrchu. Z těchto údajů je následně vytvořena široká škála map, které jsou barevně kódovány pro snadnější interpretaci a možnosti odečtu údajů. Rohovkové topografy většinou mívají rozsah měření rohovky od 7 – 9mm, na rohovku se promítá 12 – 24 kružnic, z nichž je možno získat 2 600 – 22 000 bodů.

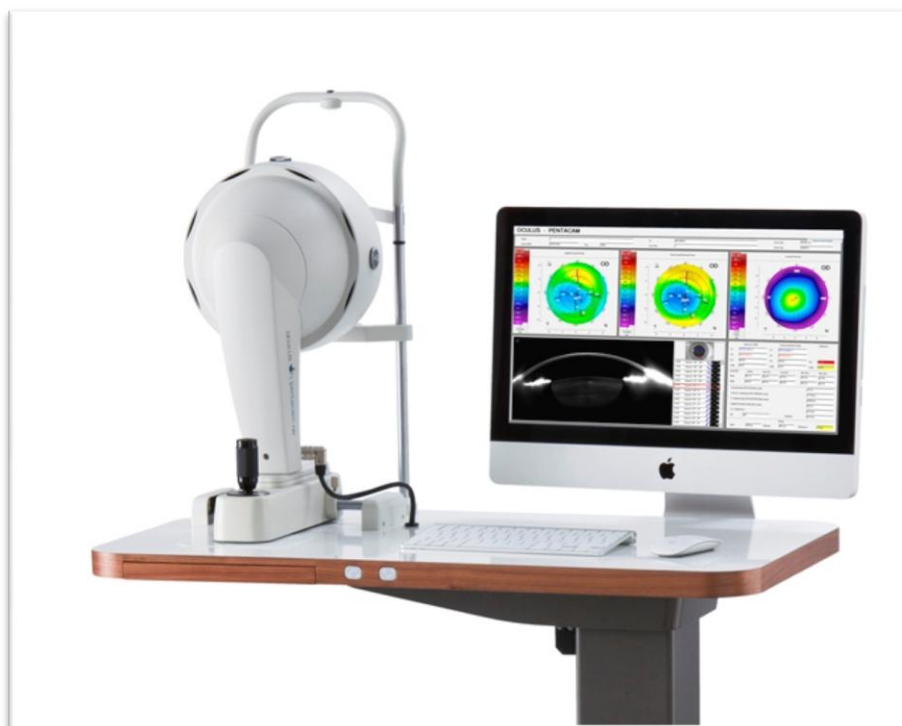
Pomocí rohovkového topografu můžeme měřit nejen zakřivení přední plochy rohovky, ale díky různému softwarovému vybavení je možné získat fotografie rohovky, ze kterých je následně možné získávat údaje o šířce rohovky, výšce slzného filmu a další. (4)



Obrázek 9 Rohovkový topograf

Pentacam – firmy Oculus je vysoce specializovaný přístroj, je zkonstruován především pro analýzu přední oční komory. Při měření je využíváno Scheimpflugova principu. Ten umožňuje takové optické podmínky, při kterých je možné zaznamenat všechny vypouklé objekty a to s maximální hloubkou ostrosti a s minimálním zkreslením. Osa objektivu přitom svírá s osou optického řezu velmi ostrý úhel –  $45^\circ$ . Přední komora je osvětlena štěrbinou, která obsahuje LED diodu. Výsledný obraz je zachycen pomocí CCD kamery. Tato kamera má možnost zaznamenání 12, 25 či 50 snímků. Jednotlivé obrazy jsou zachyceny v rozmezí  $0 - 180^\circ$ , v pravidelných úhlových rozestupech (v případě 25 snímků je úhel  $7,7^\circ$ , při snímání 50 snímků  $3,6^\circ$ ).

Dále obsahuje pentacam kameru, kterou je možné kontrolovat fixaci vyšetřovaného, aby mohla být zajištěna vysoká kvalita naměřených údajů. (5) Přístroj poté vyhodnotí procento spolehlivosti pro dané měření a stupeň fixace očí. Při mrknutí pacienta přístroj upozorní na možné chyby v měření.



Obrázek 10 Pentacam

## VÝSLEDKY

---

V rámci tohoto počátečního sběru dat bylo zatím změřeno 8 žen, které měly věkový průměr  $23 \pm 1,5$  let (rozmezí 23 – 27 let). Při výzkumu byly změřeny obě oči. Refrakční vady jednotlivých měřených osob se pohybovaly v průměrné sférické hodnotě  $-1,75 \pm 1,3$  Dpt (rozmezí od +0,25 do -4,25 Dpt). Výsledky jsou následně porovnány na základě celkových průměrných hodnot a dále z průměrných hodnot v obou hlavních meridiánech. Provedené měření je bráno jako předvýzkum k celé práci, avšak výsledky takto zjištěné již naznačují, že jednotlivé přístroje mezi sebou mají určité odchylky.

Měření na všech čtyřech přístrojích probíhalo v co nejkratších časových odstupech kvůli možnosti změn zakřivení rohovky v průběhu času. Tyto změny nejsou pro celkovou funkci rohovky významné, avšak pro toto měření je důležité zachytit rohovku ve stejných podmínkách.

Naměřené hodnoty průměrného zakřivení přední plochy rohovky jsou shrnuty v následujícím grafu:



Konkrétní naměřené hodnoty pro jednotlivé přístroje jsou následující:

Litmanův keratometr  $7,81 \pm 0,3$  mm,

Autokeratometr  $7,77 \pm 0,23$  mm

Rohovkový topograf  $7,78 \pm 0,23$  mm

Pentacam  $7,79 \pm 0,22$  mm (6)

Hodnoty pro I. Meridián jsou následující:



Konkrétní naměřené hodnoty pro jednotlivé přístroje jsou následující:

Litmanův keratometr  $7,87 \pm 0,16$ mm,

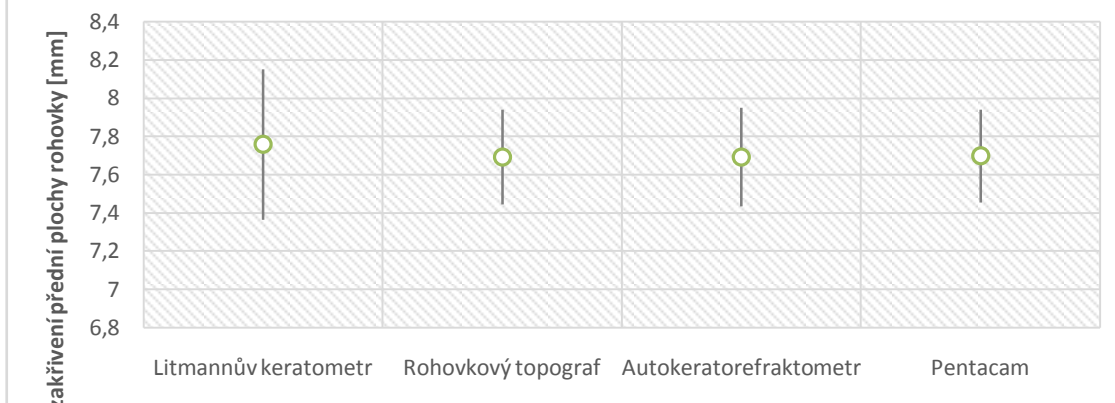
Autokeratometr  $7,86 \pm 0,16$  mm

Rohovkový topograf  $7,87 \pm 0,16$  mm

Pentacam  $7,88 \pm 0,14$  mm (6)

Hodnoty zakřivení pro II. meridián:

## Srovnání zakřivení přední plochy rohovky v II. meridiánu



Konkrétní naměřené hodnoty pro jednotlivé přístroje jsou následující:

Littmanův keratometr  $7,76 \pm 0,39$  mm,

Autokeratometr  $7,69 \pm 0,26$  mm

Rohovkový topograf  $7,69 \pm 0,25$  mm

Pentacam  $7,69 \pm 0,24$  mm (6)

### DISKUSE

Studií srovnávající jednotlivé přístroje mezi sebou je poměrně mnoho. Většinou však mezi sebou porovnávají pouze automatické přístroje. Nejnovější provedená studie uveřejněná v roce 2015 v České oční optice provedená Mgr. Radkem Anderlem, mezi sebou retrospektivně srovnávala zobrazení dvou hlavních meridiánů naměřených autokeratorefraktometrem a pentacamem. Změřeno bylo 784 očí. Výsledky této studie ukazují, že při srovnání prvního meridiánu se hodnoty liší v průměru o  $0,04 \pm 0,07$  mm a v druhém meridiánu o  $0,04 \pm 0,08$  mm (7). Tyto výsledky ukazují, že hodnoty získané v provedeném předvýzkumu ukazují na stejnou tendenci. (6)

### ZÁVĚR

Z výsledků provedeného předvýzkumu je znát, že jednotlivé přístroje se liší jen ve velmi malých odchylkách. V průměrných hodnotách mezi sebou svými hodnotami nejvíce od ostatních přístrojů liší Litmannův keratometr. Tato výraznější odchylka může být nejspíše důsledkem lidské chyby. Avšak z dosavadně získaných hodnot je možné říci, že jednotlivé přístroje je možné mezi sebou zaměnit, především z hlediska praxe optometristy, který využívá keratometrii nejčastěji pro aplikaci kontaktních čoček. Pro ukládání výsledků a dlouhodobý monitoring, například při sledování vývoje keratokonu, je lepší používat stejný přístroj, kvůli vyšší kvalitě porovnání dat v průběhu času. (6)



## PODĚKOVÁNÍ

---

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucí své diplomové práce paní doktorce Zuzaně Bednaříkové a také fakultní nemocnici u svaté Anny, která mi umožnila měření na jejích přístrojích.

## LITERATURA

---

Petrová, Sylvie. Základy aplikace kontaktních čoček. Brno : MIKADAPRESS, 2008.

Ruterle, Miloš. Přístrojová optika. Brno : institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. str. 189.

Kureková, Zuzana. Vliv zakřivení rohovky a délky oka na výpočet optické mohutnosti nitrooční čočky. Brno : autor neznámý, 2009. str. 113.

Wiedemann, Doreen. Development and realization of a new non-invasive method for tear film assessment using a corneal topographer. Wetzlar : Oculus, 2000. ISO 9001-2000.

Sinjab, Mazen M. Corneal topography in clinical practice. Basic and Clinical Interpretation. New Delhi : Jaypee Brothers Medical Publishers, 2012. str. 234. ISBN 978-9350255759.

59. Studentská vědecká konference. Albrechtová, Dana. Brno : ASTRON studio CZ, 2015. ISBN 978-80-210-7852-9.

Anderle, Radek. Srovnání základní keratometrie. Česká oční optika. 2015, 1.

## ZDROJE OBRÁZKŮ

---

Obrázek 1.: [http://netzpoliska.pl/sklep-internetowy/s/keratometr\\_-\\_oftalmometr\\_netz.html](http://netzpoliska.pl/sklep-internetowy/s/keratometr_-_oftalmometr_netz.html)

Obrázek 2.: <http://www.mdt.pl/en>

Obrázek 3.: <http://www.oculus.cz/topografy>

Obrázek 4.: [http://www.opthalmic.com.my/store/pic/opthalmic/item/OCULUS\\_PentacamHR.jpg](http://www.opthalmic.com.my/store/pic/opthalmic/item/OCULUS_PentacamHR.jpg)

## Comparison of anterior corneal surface measurement methods- Bc.Dana Albrechtová

Supervisor: MUDr. Zuzana Bednaříková

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

### HOME

In practice optometrist it is very important to know the exact curvature of the front surface of the cornea, particularly in terms of contact lens applications. These parameters, however, are also important for refractive surgery, when carried out interventions on the cornea, it is one of the most important parameters. Monitoring these parameters is important for comparison and evaluation of refractive surgery. Basic values corneal move in its central part with a diameter of approximately 3-4 mm, there is a more or less circular curvature, towards the edges are then flattened. The measured values can be written both in diopters and in mm. The average curvature of the cornea is most often between values of 7.4 to 8.2 mm (45.5 Dpt - 41.25 Dpt). If we measure the parameters of the cornea 7.4 mm, we refer it as steep, with the curvature of 8.2 mm was then known as flat. (1)

When performing measurements of parameters we find two main meridians, which relative to each other in the perpendicular position. Curvature measurement allows us large number of machines. They operate on different principles from mechanical to fully automatic. Curvature of the cornea performed to varying surface of the cornea. Curvature can be either only in the central part of the cornea, the most modern devices allow measurement of curvature over the entire surface of the cornea.

### MATERIALS AND METHODS

The main objective of this research is to compare the most commonly used devices among themselves and then evaluate whether it is possible their confusion among themselves how to use in practice optometrist and values that are important in the work of the ophthalmologist. Instruments used for measurement are the same, it is a mechanical one, which is Litmann's keratometer and then three automatic - autokeratorefraktometer, corneal topographer and Pentacam. A description of each instrument:

Litmann's keratometer Zeiss, as already mentioned in this in this research, the sole representative of the mechanical kind. In this unit are filled by test marks a hollow cross, when these measurements mechanically inserted into each other. Inside the instrument are placed in the test marks foci collimator, it is possible to be displayed indefinitely. Followed by a lens and prism system which divides through a semi-permeable inner mirror surfaces exposed beam beam into two beams of energy-balanced, so it is filled full diameter of the entrance pupil. Next prism merge the two rays and other lens creates a focal point in your image test marks displayed on the cornea measured. Doubling is enabled by a pair of diverging lenses weak, they can be relative to each decentry. (2)



Picture 11: Litmann's keratometer

Autokeratorefraktometer - KR - 800 Topcon. The advantage of this device is the possibility of obtaining a combination of several parameters during a single measurement. These are mainly the refractive state of the eye, as keratometry, pachymetry, and some also allow simultaneous measurement of intraocular pressure. All measurements are performed without contact, they are very fast and accurate.

When measuring device detects keratometry value the most steep and steepest meridian. The basic principle of measurement is the use of infrared radiation of between about 880 nm, so it is guaranteed that the examined eye is not dazzled. This device further comprises an optical system which serves to release the maximum accommodation. This is possible thanks to the principle of fog, it works so that the brand is a Test before measuring the blurring even during it, as the image of the brand are chosen mostly images of the distant goal (eg .: balloon in the sky). (3)



Picture 12: Autokeratorefraktometer

Corneal Topographer-Easygraph from Oculus. It is a device to analyze the reflection on the cornea Placid's discs, more deviations of its surface. Measurements based on the fact that the cornea is not completely perfectly spherical, it is therefore to describe its shape necessary to obtain as much data on its surface. This data is subsequently created a wide variety of maps that are color-coded for easier interpretation and the possibility of reading data. Corneal topographers usually have corneal measurement range from 7-9 mm, the cornea is projected 12 to 24 circles of which it is possible to have 2600 to 22000 points.

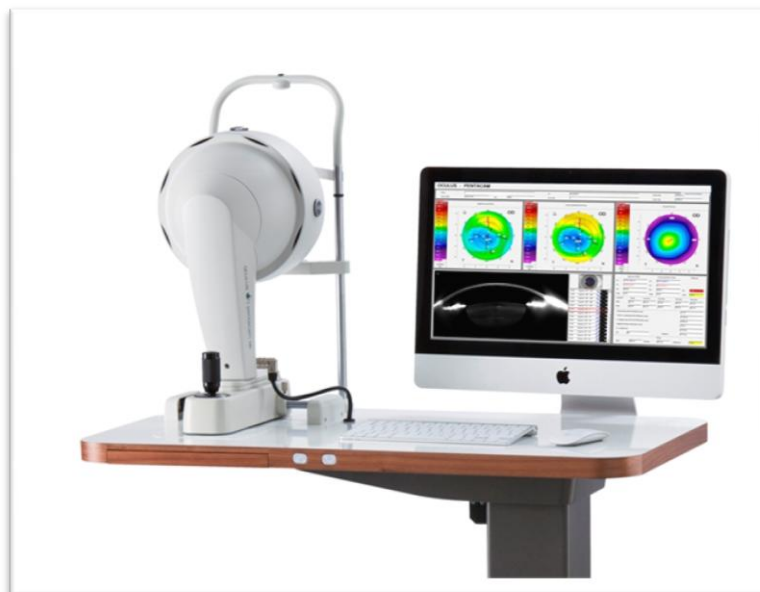
Using the corneal topography can measure not only the curvature of the anterior corneal surface, but due to different software equipment can be obtained photographs of the cornea from which it is then possible to obtain information about the width of the cornea, the height of the tear film, and others. (4)



Picture 13: Corneal Topographer

Pentacam - the company Oculus is a highly specialized device is designed primarily for analysis of the anterior chamber. When the measurement is used Scheimpflug principle. This allows such optical conditions in which it is possible to record all objects embossed with a maximum depth of focus with minimal distortion. The lens while forms with the axis of the optical cut very sharp angle - 45 degrees. The front chamber is illuminated by a slit, which contains LED. The resulting image is captured using a CCD camera. This camera has the option of recording 12, 25 or 50 frames. The individual images are captured in the range of 0 - 180 ° at regular angular intervals (25 frames in the case the angle is 7.7 °, when taking 50 pictures of 3.6 °).

It also contains Pentacam camera that can be controlled fixation of the patient, in order to ensure high quality measurement data. (5) The device will then evaluate the percentage of reliability for the measure and degree of eye fixation. Wink patient device warn you of possible errors in measurement.



Picture 14: Pentacam

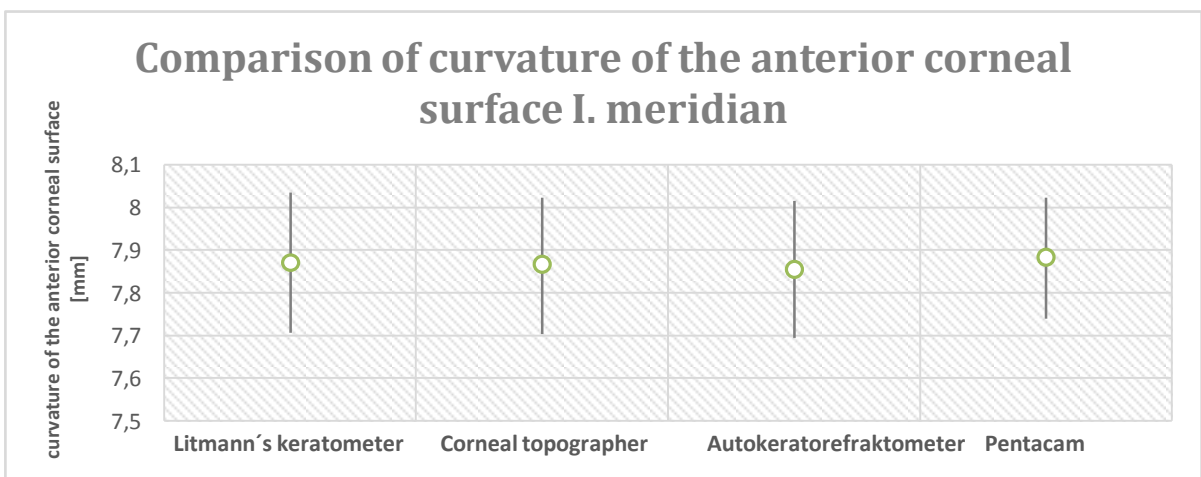
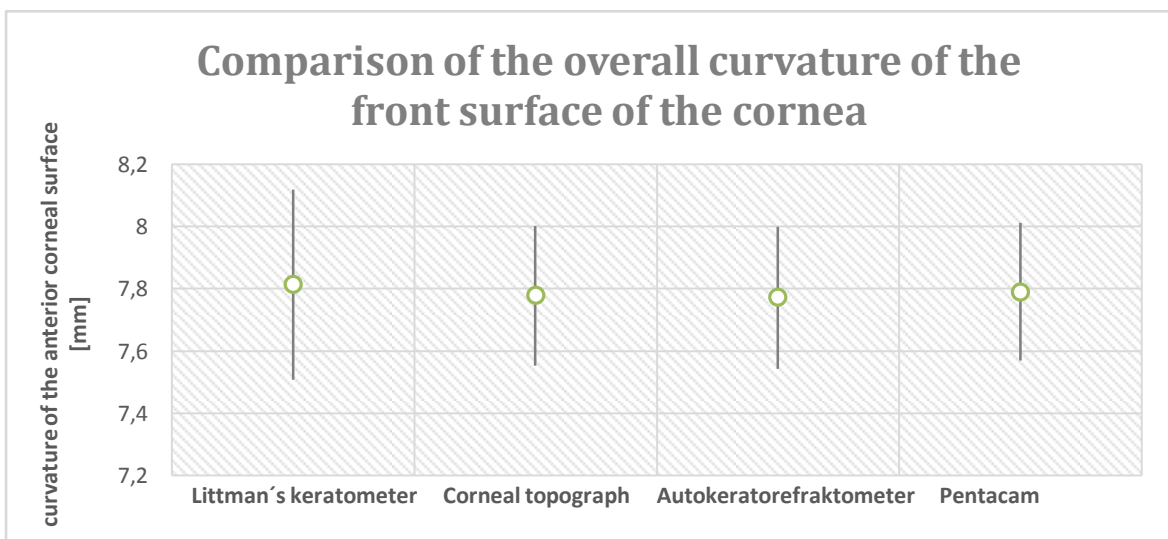
## RESULTS

Within this initial collection of data was not measured 8 women who had an average age of  $23 \pm 1.5$  years (range 23-27 years). During the research they were measured in both eyes. Refractive errors of the individual measured people were in the mean spherical value of  $-1.75 \pm 1.3$  Dpt (ranging from +0.25 to -4.25 Dpt). The results are then compared on the basis of average values and the average values in both main meridians. The new accurate measurement is seen as a pilot study for the entire work, but the results thus determined already suggest that the various instruments between them they have some deviation.

Measurements for all four devices was carried out in the shortest possible time intervals due to possible changes in curvature of the cornea over time. These changes are not significant overall function of the cornea, but for this measurement is important to capture the cornea in the same conditions.

The measured values of the average curvature of the anterior corneal surface are summarized in the following chart:

Specific measurement values for the individual devices are as follows:

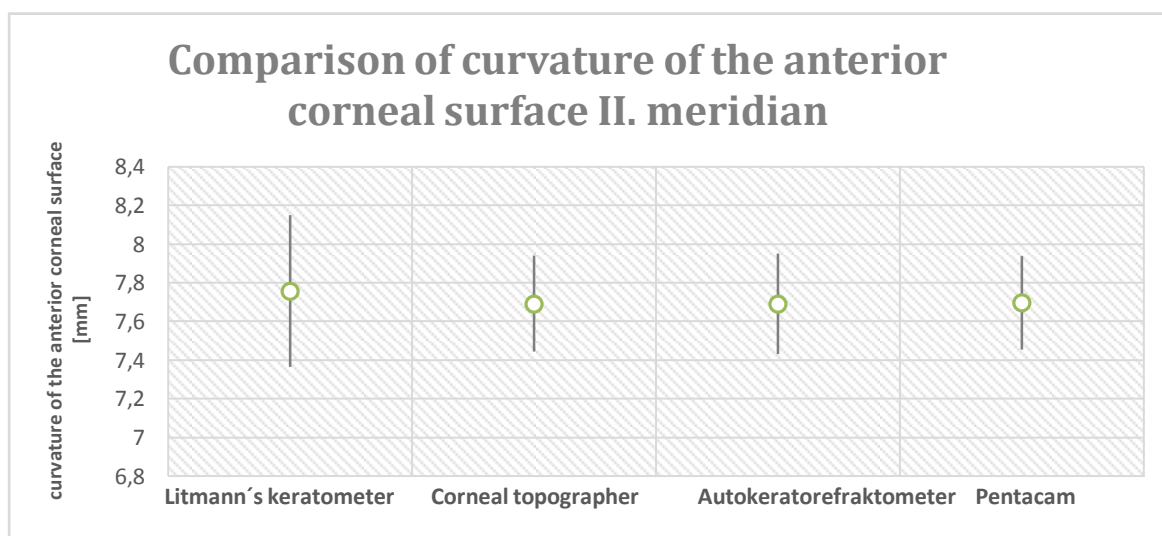


- Littman'skeratometer  $7.81 \pm 0.3$  mm;
  - Autokeratometr  $7.77 \pm 0.23$  mm
  - Corneal Topographer  $7.78 \pm 0.23$  mm
  - Pentacam  $7.79 \pm 0.22$  mm (6)
- Values for I. Meridián are as follows:

Specific measurement values for the individual devices are as follows:

Littman'skeratometer  $7.87 \pm 0.16$  mm,  
 Autokeratometr  $7.86 \pm 0.16$  mm  
 Corneal Topographer  $7.87 \pm 0.16$  mm  
 Pentacam  $7.88 \pm 0.14$  mm(6)

Values for curve II. meridian:



Specific measured values for the individual devices are as follows:

- Littman'skeratometer  $7.76 \pm 0.39$  mm,
- Autokeratometr  $7.69 \pm 0.26$  mm
- Corneal Topographer  $7.69 \pm 0.25$  mm
- Pentacam  $7.69 \pm 0.24$  mm (6)

## DISCUSSION

Studies comparing the various instruments among themselves is quite a lot. But mostly among themselves they compare only automatic machines. Latest conducted study published in 2015 in the Czech eyewear made by Mgr. Radek Anderle, among them retrospectively compared the views of two main meridians measured autokeratorefraktometrem and Pentacam. 784 eyes were measured. The results of this study show that when compared with the first meridian values differ by an average of  $0.04 \pm 0.07$  mm and the second meridian of  $0.04 \pm 0.08$  mm (7). These results show that the values obtained in the pilot study carried out to show the same trend. (6)

## CONCLUSION

From the findings of this pilot study is to know that the individual devices differ only in very small deviations. The average values among themselves their values most different from the other device Litmann's keratometer. This significant deviation could be probably caused by human error. However, from its previously obtained values, it is possible to say that the individual devices can be confused with one another, especially in terms of practice optometrist who uses keratometry mostly for contact lens fitting. For storing results and long-term monitoring, for example, in monitoring the progress of keratoconus, it is better to use the same apparatus, because of the higher quality data comparison over time. (6)

## THANKS

I would like to thank my thesis leading lady Dr. Susan Bednařiková and the University Hospital St. Anna, which made my measurements on their devices.

## LITERATURE

- Petrová, Sylvie. Základy aplikace kontaktních čoček. Brno : MIKADAPRESS, 2008.
- Ruterle, Miloš. Přístrojová optika. Brno : institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. str. 189.
- Kureková, Zuzana. Vliv zakřivení rohovky a délky oka na výpočet optické mohutnosti nitrooční čočky. Brno : autor neznámý, 2009. str. 113.
- Wiedemann, Doreen. Development and realization of a new non-invasive method for tear film assessment using a corneal topographer. Wetzlar : Oculus, 2000. ISO 9001-2000.
- Sinjab, Mazen M. Corneal topography in clinical practice. Basic and Clinical Interpretation. New Delhi : Jaypee Brothers Medical Publishers, 2012. str. 234. ISBN 978-9350255759.
59. Studentská vědecká konference. Albrechtová, Dana. Brno : ASTRON studio CZ, 2015. ISBN 978-80-210-7852-9.
- Anderle, Radek. Srovnání základní keratometrie. Česká oční optika. 2015, 1.

## SOURCES OF PICTURES

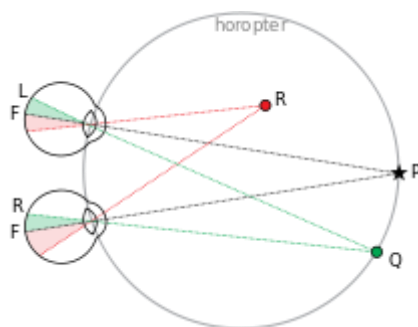
- Picture 1.: [http://netzpolska.pl/sklep-internetowy/s/keratometr\\_-\\_oftalmometr\\_netz.html](http://netzpolska.pl/sklep-internetowy/s/keratometr_-_oftalmometr_netz.html)
- Picture 2.: <http://www.mdt.pl/en>
- Picture 3.: <http://www.oculus.cz/topografy>
- Picture 4.: [http://www.opthalmic.com.my/store/pic/opthalmic/item/OCULUS\\_PentacamHR.jpg](http://www.opthalmic.com.my/store/pic/opthalmic/item/OCULUS_PentacamHR.jpg)

### 13. Binokulární vidění u sportovců – Bc. Lucie Russnáková

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

Vidění je nejvytíženější smysl ze všech. Většinu informací, které získáváme o věcech ve svém okolí, detekujeme právě zrakovým ústrojím. Optometrie je obor, který se očima a jejich provázání s mozkem zabývá několik desetiletí, přesto pořád nejsou jasné všechny principy, které stojí za podstatou vidění. Moderní optometrie se ubírá směrem zkoumání behaviorální částí tohoto oboru. Jedná se tedy o zjišťování nejen toho, jak co nejlépe vidět, ale zejména jak nejlépe propojit chování konkrétního člověka s používáním zraku a to v době, která klade vysoké požadavky právě na kvalitu vidění. Zaměřuje se tedy zejména na binokulární vidění, kdy zdravý člověk má oči dvě a tyto vzájemně spolupracují a ovlivňují se.

Binokulární vidění sestává z několika stupňů, které svojí kvalitou určují kvalitu celého binokulárního vidění. Prvním a základním stupněm je superpozice. Superpozice je schopnost překrýt oběma očima nesejné obrázky. Fúze potom představuje schopnost centrální nervové soustavy spojit stejné obrázky obou očí v jeden vjem, samotná fúze se dále rozděluje na foveolární, makulární a paramakulární. Nejvyšším dosažitelným stupněm v oblasti binokulárního vidění je superpozice, která představuje schopnost vytvořit hloubkový vjem na základě dvou podobných obrazů dopadajících na lehce disparátní místa sítnice. Superpozice bývá omezena zejména u jedinců, kteří mají jedno nebo obě oči tupozraké, u jedinců se všemi vyvinutými stupni binokulárního vidění, lze zjišťovat jejich kvalitu.



Obrázek 15: Principy fungování binokulárního vidění

Je tedy jasné, že binokulární vidění a jednotlivé jeho aspekty jsou důležité pro co nejkvalitnější vidění. Existují povolání, která jsou vázána na dobré vidění, v této souvislosti se však většinou počítá s tím, že perfektní vidění znamená dobrou zrakovou ostrost případně ještě i neporušený barvocit. Jedná se o profese jako řidič, pilot nebo například astronaut. Může však ve výkonu jejich povolání těmto lidem pomoci dobré binokulární vidění? Určitě ano. Pokud totiž mechanismy, které toto vidění umožňují, fungují dobře, zrak se v takové míře neunavuje. To přispívá k větším pracovním výkonům. Jedna z lidských činností, kde se uplatňuje ve velké míře spolupráce obou očí je sportování. Lze tedy zvýšit sportovní výkon právě cvičením zraku a naopak trénuje se zrak tím, že člověk pouze provozuje nějaký sport? Odpověď je trochu složitější. Nejprve je potřeba si uvědomit, že stejně jako je několik aspektů vidění, je i množství různých sportů. Ale co to vlastně ten sport vlastně je? Pro zjednodušení si definujeme sport jako dynamickou činnost, při které se využívá těla jako jeden (případně jediného) z nástrojů k dosažení určitého cíle a při tom je potřeba reagovat adekvátně na aktuální situaci. Když jsme si definovali, co to sport je, můžeme si situaci s trénováním zraku probrat trochu podrobněji.





**Obrázek 2: Sport je dynamická činnost, při které je mít potřebnou dioptrickou korekci**

Co se týče zrakové ostrosti a jejího trénování, tak to je téma, kterému se optometrie věnuje přibližně od poloviny 20. století právě s příchodem behaviorální optometrie. Výzkumy ukázaly, že zrakovou ostrost trénovat lze pomocí vizuálního tréninku. U všech jedinců však výsledky nebyly uspokojivé. U některých se zraková ostrost nezlepšila u jiných sice ano, ale po delší době bez zrakového tréninku se vrátila na původní hodnoty. Navíc se toto testování provádělo pouze u myopických očí. To však nemění nic na skutečnosti, že se zrakový trénink začal používat v praxi a že nejlepší sportovci světa tento trénink podstupují. To znamená, že dobré vidění – v tomto případě dobrá zraková ostrost – souvisí s kvalitním sportovním výkonem. Lze však trénovat binokulární vidění? Otázka zatím zůstává nepodložena výzkumy, ale zkusme si uvést příklad. Mezi aspekty binokulárního vidění patří například koordinace oko-ruka respektive oko-noha. Tyto typy koordinace většina právě sportujících lidí používá prakticky při každém pohybu. A je známo, že pokud člověk dostatečně trénuje, tak se „postřeh“ zlepšuje. Tento postřeh z pohledu vidění odpovídá právě dříve zmíněné koordinaci. Je sice pravda, že toto zlepšení vzniká z fyziologického hlediska na podkladě posilování nervového spoje, který je často používán, přesto je to určitá naděje ve výzkumné činnosti. Navíc otázka postřehu chápaného jako koordinace oko-ruka respektive oko-ruka částečně odpovídá na druhou otázku, tedy zda lze „pouze“ sportem zlepšit výkon zrakového ústrojí, potažmo binokulárního vidění. Pokud bychom se tedy dívali na aspekt koordinace oko-ruka a oko-noha, tak můžeme říct, že ano. Ale podepíše se to na hodnotách, kterými bychom mohli binokulární vidění změřit a které tyto hodnoty jsou? Právě touto otázkou jsem se rozhodla zabývat ve svém výzkumu. Tento výzkum stále probíhá a zatím má bohužel malý počet naměřených osob, aby se z něj daly vyvozovat závěry. Lze však pojmenovat měřitelné veličiny binokulárního vidění, na jejich základě může být určena jeho kvalita. Těmito veličinami se zabývám ve svém výzkumu, jehož metodika je obsažena dále v příspěvku.

O vidění sportovců toho bylo napsáno a řečeno spousta. Od toho, že sportovci by měli mít co nejlépe změřený zrak, přes vhodnost jednotlivých refrakčních pomůcek jako kontaktní čočky nebo dioptrické brýle. Také různé materiály jsou určeny právě zejména pro sportovce. Je také potřeba danou korekční pomůcku zkusit při konkrétním sportu, protože ten je dynamickou činností na rozdíl od zjišťování nejlepší refrakce. Je však potřeba si uvědomit, zda je na to český trh připravený. A tady vidím jednu otázku, na kterou odpovědět můžu i přes to, že můj výzkum není dokončen. Většina sportovců a i sportovních klubů, které je připravují, neví o možnostech a výhodách vizuálního tréninku. Ani sami sportovci, kteří sami sport provozují a znají jeho specifika, nemají pocit, že by jim zlepšení zraku mohlo pomoci k lepšímu sportovnímu výkonu. Je proto na nás optometristech, abychom ji tuto možnost nabídli a vysvětlili její možný profit.

Cíle studie:

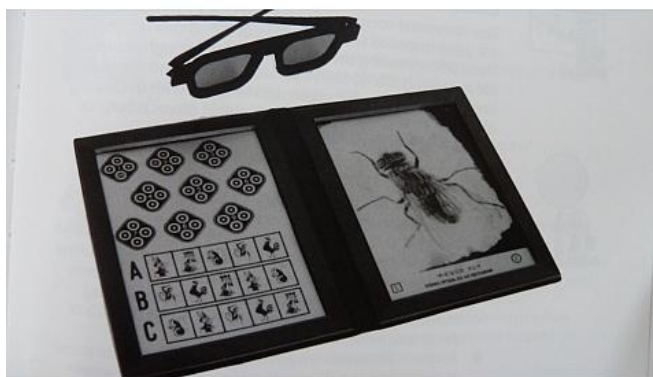
Samotná studie si klade za cíl prokázat nebo vyvrátit fakt, že sportovci mají lepší binokulární vidění, než se považují za průměrné. Toto chci prokázat pomocí parametrů, díky kterým lze kvalitu binokulárního vidění hodnotit. Při dostatečném vzorku si také kladu za cíl zhodnotit, zda jsou v těchto hodnotách rozdíly mezi jednotlivými sporty zejména pak mezi těmi, kde se využívá hlavně jedna končetina oproti druhé (tedy srovnat ty, které jsou zaměřeny na koordinaci oko-ruka s druhým typem oko-noha)

Metody:

Každé moje měření začíná malým dotazníkem. V tom daný subjekt hodnotí svoje vidění, zda ho považuje za kvalitní. Stejně jako zbytek výzkumu je i tato otázka zaměřená na vidění ve své vlastní korekci, kterou používá při sportu. Další otázka se týká potřebné kvality zrakového vjemu při sportu, který vyšetřovaný provádí. Kromě toho se snažím zjistit, zda je vůbec česká společnost připravena pojímat za své fakt, že vizuální trénink může napomoci zlepšení sportovního výkonu, toto provádím také

pomocí jednoduché otázky.

Při každém vyšetření je potřeba zjistit aktuální nejlepší monokulární korekci a její binokulární snášení. Kromě toho se výzkum zabývá zhodnocením výchozí binokulární situace. Tedy je-li přítomna heterotropie případně heteroforie a v jaké míře. Samotné měření ukazuje na to, zda je u daného jedince možná superpozice. Toto je vždy potřeba provádět nejen na dálku, ale také na blízko, pro toto měření byla zvolena vzdálenost 33 cm, která odpovídá akomodaci +3D. Pro to, abychom mohli zjistit, zda může být případná heteroforie snášena bez prizmatické korekce slouží fúzní rezervy, pro jejíž zjištění je potřeba prokázat možnost fúze. To se provádí pomocí jednoduchého testu, kdy se před jedno oko předkládá prizma hodnoty kolem 4pD (tak, aby byl patrný pohyb, ale ještě byla možná fúze) bází dovnitř případně zevně a vyšetřující sleduje vyrovnávací pohyb oka, to stejné po odstranění prizmatu. Po průkazu fúze můžeme zjišťovat fúzní rezervy tak, že předkládáme prizma bází zevně pro zjištění konvergenční horizontální fúzní rezervy, dovnitř pro divergenční a nahoru nebo dolů pro zjištění rezervy vertikální. To vše zjišťujeme do dálky i do blízka. Právě tyto fúzní rezervy jsou hlavní složkou mého výzkumu, protože předpokládám, že sportovci, kteří mají vytrénovaný zrak, budou mít tyto rezervy větší než jsou průměrné. Poslední důležitou složkou binokulárního vidění tedy stereopsi zjišťují také. Její průkaz je prováděn pomocí polarizačního Titmusova testu za pomoci brýlí, ve kterých jsou vsazeny polarizační fólie. Součástí tohoto testu jsou také pole pro zjišťování stereoskopické paralaxy. Stereoskopická paralaxa představuje úhel, který oči svírají při pohledu na nějaký bod. V praxi při provádění již zmíněného testu se jedná o zjišťování nejmenšího úhlu, při kterém je ještě možný prostorový vjem. Nevýhoda testování je, že se provádí pomocí jednotlivých obrázků, kde je hodnota odstupňovaná, tudíž nelze zjistit přesnou hodnotu, kterou bychom získali při měření spojitěm, které v tomto případě není možné.



Obrázek 3: Titmusův test

Posledním prováděným testem je test koordinace oko – ruka. U tohoto testu využívám počítačové techniky a vlastní jednoduchý program. Jeho princip je podobný jako u jednoduchých postřehových PC her. Jedná se o to, že se v určitém předem daném časovém rozestupu objevují černé kolečko a cílem vyšetřovaného je pohybem myši na toto kolečko kliknout. Časový rozestup je pokaždé jiný, ale test se opakuje pro všechny subjekty stejně, je tedy stejný časový interval a stejná poloha zaměřovaného cíle. Tento test je velmi krátký a spíše zábavný, proto jsem se rozhodl do svého výzkumu zařadit. Líbila se mi také možnost vytvořit vlastní program, který je dostupný a mohl by pomoci při vyšetřování osob, které požadují dynamické vidění, avšak skýtá několik úskalí. O některých bych se ráda na tomto místě zmínila. Jedná se zejména o to, že tento test může odrážet spíše zručnost při práci s počítačovou myší, to lze ovlivnit tím, že si člověk navolí citlivost myši tak, jak je zvyklí ji používat. Druhou nevýhodou je, že i když je tento test jednoduchý a dal by se tedy využít jako online test, tak by v tom případě jeho velikost, vzdálenost a korekce při testu nebyly standardizovány a v tu chvíli by mohly převážít úskalí nad výhodami a nebyl by vhodný pro výzkum.

Výsledky

Jak už je napsáno v předchozím textu, tak bohužel na to, aby se výsledky mohly brát jako směrodatné, tak se mého výzkumu zatím neúčastnil dostatečný počet respondentů. Avšak co se týče otázek, které jsem pokládala, tak tady už jistou odpověď dát mohu a to zejména proto, že ačkoliv já sama žádný sport závodně neprovozují, tak se mezi sportovci pohybují a běžně se s nimi bavím mimo jiné i o zraku ve sportu. Je sice pravda, že se mě sami aktivně ptají na zrak, ale většinou pouze v souvislosti s tím, že špatně vidí, případně že užívají jako korekce brýlové čočky a chtěli by využít možnosti korekce kontaktními čočkami. Většinou jim však trvá dlouhou dobu, než se vůbec odhodlají k tomu, aby tento problém vyřešili, pokud vůbec.

Různé sporty jsou z hlediska zrakových potřeb také různé a samozřejmě každý sportovec je osobnost, takže nemůžeme, jak se lidově říká, házet všechny do jednoho pytle. Ale po několika desítkách

rozhovorů se sportovci, kteří dělají svůj sport na celorepublikové případně i na světové úrovni, jsem zjistila několik zajímavých zkušeností. V první řadě, že někteří sportovci, ačkoliv mají dioptrickou korekci, na sport ji nenosí. Jedná se zejména o případy nízké myopie, většinou do jedné dioptrie. Z rozhovorů bohužel nemůžu vyvodit, zda v případě vyšších dioptrií nejsou sportovci podkorigováni. V případě korekce se většinou spíše spoléhají při sportu na korekci kontaktními čočkami než brýlemi, ty využívají spíše v případě použití brýlí jako ochranné pomůcky případně při nesnášenlivosti kontaktních čoček. Co se týče vlivu zraku na sportovní výkon, tak to je oblast, kde máme naše klienty ještě co učit. V podstatě ve většině případů sportovci nevidí souvislost mezi nejlepší možnou korekcí po všech stránkách a výkonem při své sportovní činnosti, což vyplývá i z toho, že ne vždy svůj zrak korigují, i když mají refrakční vadu, které jsou si vědomi. To se týká i dynamických sportů jako cyklistika nebo volejbal. Z toho lehko usuzovat na to, že i vizuální trénink tedy považují jako věc, která se spíše hodí pro lidi, kteří mají problémy se zrakem, nikoliv pro ně jako pro sportovce. V této oblasti tedy máme jako optometristé velký potenciál. Spolupráce optometristy a výkonnostního sportovce tak může být užitečná pro obě strany, protože většina z nás nemá osobní zkušenosti s tímto druhem práce a tak to zlepšuje i naši odbornost. Kromě toho se můžeme dozvědět zajímavé informace o konkrétním sportu a tím se také dále rozvíjet. Při dlouhodobé spolupráci také můžeme dosáhnout prodeje různých brýlových pomůcek a proto je toto spojení výhodné i z ekonomického hlediska.

#### Závěr

Většina věcí, o kterých pojednává tento příspěvek, už byla někdy napsána či vyslovena. A v rámci výzkumů byly i tyto věci často analyzovány a byla jim přikládána důležitost. Jistě většina optometristů, kteří se aktivně zajímají o svůj obor, slyšela, jak by se mělo pracovat se člověkem, který obětuje sportovní činnosti čas a úsilí a chce se v ní neustále zlepšovat. Avšak ne všichni z těchto optometristů to používají v praxi. Důvodů je několik a myslím, že většina z nich byla zmíněna výše v textu. Je to zejména neochota sportovců a jejich nedůvěra v tyto metody. Avšak do určité míry to můžeme ovlivnit my sami a do té míry, co to jde, bychom to taky dělat měli. Jedná se zejména o to informovat sportovce o jednotlivých možnostech a motivovat je k tomu, aby sami chtěli tyto možnosti vyzkoušet. Jenom tak totiž můžeme aplikovat svoje znalosti ze sportovní optometrie a dále se v tomto oboru rozvíjet. Z vlastní zkušenosti vím, že je těžké zařadit do zaběhnuté rutiny něco nového, ale v tomto případě bychom se o to měli pokusit, protože tím posouváme dopředu nejen sebe, ale také svůj obor, který je pořád trochu ve stínu oftalmologie, ačkoliv by měl být spíše postaven na stejnou úroveň.



**Obrázek 4: Tenis je jeden z dynamických sportů, ve kterém světové špičky používají výhody zrakového tréninku, ačkoliv i tady jsou zatím rezervy**

Zdroje:

RYBNÍČKOVÁ, A. *Binokulární vidění – vývoj, principy, vyšetření*. Bakalářská práce. Brno, 2010.

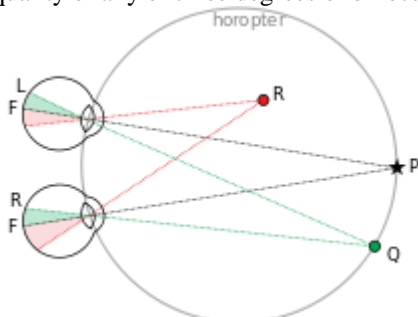
VYMYSLICKÝ T., *Vizuální optometrie v praxi*, Bakalářská práce. Brno, 2011

## Binocular vision of athletes- Bc. Lucie Russnáková

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

Vision is the busiest of all human sense. Most of information that we get about things from our neighbourhood detect by eyesight. Optometry is specialization, that deal with function of connection between eyes and brain for several decades and we still don't know exactly everything about how it works. Modern optometry investigates that part, which can be called behavioral optometry. It means, that we don't want to know just what is the best correction for someone's vision, but we want to know how can it be connected with people's need. And our century also put high demands on our quality of vision sensation. Behavioral optometry therefore explores binocular vision. That means, that a healthy person has two eyes which can cooperate and influence each other.

Binocular vision consists of three degrees, which quality determines quality of binocular vision. First component is superposition. Superposition is ability to connect two different pictures with both eyes. Second is fusion. Fusion means, that someone's central nervous system can combine same pictures of both eyes into one visual percept. Fusion can be foveolar, macular and paramacular. The highest level of binocular vision is certainly stereopsis. Stereopsis is ability to merge two similar images which are registered on slightly disparate places on retina. These two pictures then create three-dimensional view. A person with restricted superposition or fusion has usually one or both eyes amblyopic. In healthy humans we can research quality of any of three degrees of binocular vision.



Picture 1: Principles of binocular vision

It is clear that binocular vision and its various aspects are important for the best possible vision. There are many professions which are closely associated with perfect vision. But in these cases it means, that you have to have really good visual acuity possibly intact color sense. It is a profession as a driver, pilot or astronaut example. However, you may in the exercise of their profession these people help good binocular vision? Definitely yes. If in fact the mechanisms that enable this vision, work well, the sight is as much tiring. This contributes to higher work performance. One of the human activities, which applies to a high extent the cooperation of both eyes is sports. Can it improve athletic performance just practicing eye and coached the vision that man only playing sports? The answer is a complicated. First you need to realize that just as there are several aspects of the vision is the number of different sports. What is the sport anyway? For simplicity, we can define sport as a dynamic activity, which uses the body as a (possibly the only) tool to achieve certain goal, and when it is needed to respond appropriately to the current also dynamic situation. When we defined what sport is, we have a situation with the coaching eye discuss in more detail.



Picture 2: Sport is dynamic activity which needs to have dioptric correction

As far as visual acuity and her training is one topic that is dedicated to optometry from

approximately half of the 20th century was the advent of behavioral optometry. Research has shown that visual acuity can practice using visual training. But the results were not satisfactory. For some, the visual acuity improved in other, although, yes, but after a long period without visual training, returned to their original values. Moreover, this test is performed only by the myopic eye. This does not alter the fact that the visual training began using in practice and that the best athletes in the world are undergoing the training. This means that good vision - in this case a good visual acuity - related to quality sports performance. However, train binocular vision? The question still remains unsubstantiated investigations, but try to give an example. Among the aspects of binocular vision include hand-eye coordination or eye-foot. These types of coordination, most people use just in sports virtually every movement. And it is known that if a person is sufficiently trained, so the "observation" improves. This observation from the perspective of vision corresponds exactly to the aforementioned coordination. It is true that this improvement arises from a physiological point of view on the basis of strengthening neural connections, which is often used, but it is some hope in research activities. Moreover, the question of perception understood as eye-hand coordination or eye-hand part corresponds to the second question, namely whether "only" sport to improve the performance of the optic tract, hence binocular vision. If we therefore looked at the aspect of eye-hand coordination and eye-leg, so we can say yes. But the signs are that the values of which we can measure binocular vision and that those values are? Now this question, I decided to engage in their research. This research is still ongoing and has not yet measured a small number of people that it gave to draw conclusions. However identify measurable quantities of binocular vision, based on them may be determined by its quality. I deal with these variables in their research, the methodology of which is included below in the article.

The vision of athletes has been written and said a lot. From that athletes should have the best eyesight measured over the suitability of individual refractive devices such as contact lenses or eyeglasses. Also, different materials are being designed especially for athletes. It is also necessary to try the correction tool in a particular sport, because it is a dynamic activity, unlike the detection best refraction. However, it is important to realize that it is the Czech market ready. And here I see one question that I can answer, despite the fact that my research is completed. Most athletes and even sports clubs, which are prepared, knows the possibilities and advantages of visual training. Neither the athletes themselves, who themselves operate sport and know its specifics, do not feel that they would improve eyesight could help to improve sports performance. It is therefore up to us optometrist us to offer this option and explain its potential profit.

Study objectives:

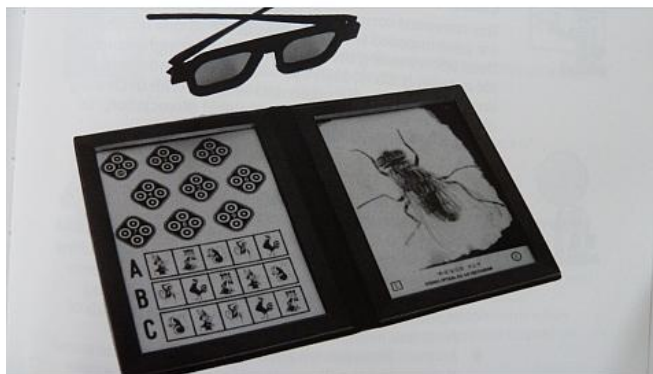
The actual study aims to prove or disprove the fact that athletes have better binocular vision than is deemed average. I want to prove this using parameters that enable to evaluate the quality of binocular vision. If sufficient sample also aims to assess whether these values differences between sports especially among those where it is used mainly one limb over the other (ie compare those that are focused on eye-hand coordination with the surrounding of the second type eye-leg)

Methods:

Each measurement begins with my little questionnaire. In this particular entity assesses their vision, whether it considers quality. The rest of the research is also focused on this issue in their own vision correction that is used during sports. Another issue concerns the necessary quality of visual perception in sports conducting the investigation. In addition, I try to find out whether it is prepared to hold Czech company for it's the fact that the visual training can help improve sports performance, also doing this with a simple question.

Every time a test is needed to determine the current best corrected monocular and binocular its toleration. In addition, the research focused on evaluation of the initial situation binocular. Thus, if present heterotropia possibly heterophorias and to what extent. The actual measurement indicates whether a given individual is best superposition. This is always necessary to perform not only remotely, but also close to this measurement was selected distance thirtythreecentimeters, which corresponds to accomodate +3D. For us to be able to determine whether it can be tolerated without any heterophorias prismatic correction serves fusion reserves, for which detection is needed to prove the possibility of a merger. This is done using a simple test when the front of one eye by prism values around 4pD (so that there is a movement, but it was still possible M) inside the base and optionally externally investigating monitors compensatory movement of the eye, after removal of the same prism. After the merger the card can detect fusion reserve so that we present prism base externally to determine the convergence of horizontal fusion reserve in the divergence and up or down to determine the reserve vertical. All this we find far and near. It is these fusion reserves are a major component of my research, because I assume that athletes who have trained eye, these reserves will be larger than average. The last important component of binocular stereopsis vision, therefore, I find, too. The card is performed by a polarizing Titmusova assay using glasses, in which they are embedded polarizing film. This test is also a field for detecting stereoscopic parallax. The stereoscopic parallax is the angle which enclose eyes looking at a point. In practice in carrying out the

forementioned test is a detection of the smallest angle at which it is still possible spatial feeling. The disadvantage is testing that is done by the individual images, which is the value graduated, thus can not determine the exact value that we gained in continuous measurements, which in this case is impossible.



Picture 3: Titmus test

The final test is conducted test eye coordination - hand. For this test I use computer technology and my own simple program. Its principle is similar to the simple postřehových PC games. It is a fact that at a certain predetermined time intervals of emerging black dial and objective investigation is moving the mouse to click on the wheel. Time lag is different each time, but the test is repeated for all subjects as well, so it is the same time period and the same position of the focused targets. This test is very short and rather funny, so I decided to do her research to include. I liked also the option to create a custom program that is available and could help in the investigation of individuals who require a dynamic vision, but has several drawbacks. Some would like to mention at this point. In particular, the fact that this test can reflect more skill when working with a computer mouse, it can be influenced by the fact that one selects the sensitivity of the mouse as it is accustomed to use it. The second drawback is that even if this test is simple and could therefore be used as an online test, and would in that case its size, distance and correction of the test were not standardized, and at that moment could outweigh the benefits and pitfalls would not be appropriate forresearch.

#### Results

As it is written in the text above, unfortunately, that the results could be taken as authoritative, so my research so far did not participate in a sufficient number of respondents. However, in terms of issues that I considered, so here I can give a certain answer, especially because, although I myself do not do any sport competitively, so the athletes move normally and with them talking to us also about the vision of the sport. It is true that I have to actively ask for sight, but mostly only in connection with the fact that poor eyesight or that are used as correction lenses and would like to take advantage of the correction contact lenses. However, it usually takes a long time before they ever dare to make in order to solve this problem, if at all.

Various sports are in terms of visual needs and also different course every athlete's personality, so we can not, as is popularly called, throwing all into one bag. But after a few dozen interviews with athletes who are doing their sport on a national or even at the global level, I found some interesting experiences. In the first place, that some athletes, even though they have diopter adjustment, sport wear it. This is particularly the case for low myopia, usually within one diopter. Interviews unfortunately I can not conclude that if the higher diopters are athletes podkorigováni. If corrections are usually rather rely on the sport for a correction contact lenses over glasses, you use more if you use protective gear such as goggles or during contact lens intolerance.

Regarding the impact of vision on sports performance, so this is an area where we have our clients have a lot to learn. In fact, in most cases, athletes do not see the connection between the best possible correction in all aspects and performance during their sporting activities, which arises from the fact that not always correcting his eyesight, even if they have refractive error, which they are aware. This also applies to the dynamic sports such as cycling or volleyball. It easily conclude that the visual training, therefore, be regarded as a thing that is more suited for people who have vision problems, and not for them as athletes. In this area, therefore we have great potential as optometrists. Cooperation optometrist and performance athletes can be useful for both sides, because most of us have personal experience with this kind of work and it improves our expertise. In addition, we can learn interesting information about a particular sport and this will also be further developed. Long-term cooperation we can also achieve a variety of spectacle sales aids and therefore the connection is advantageous from an economic point of view.

## Conclusion

Most of the things we discussed in this post, it was ever written or spoken. And conduct research and these things were often analyzed and were attached importance. Sure, most optometrists who are actively interested in their field, heard how it should work with a man who sacrifices sport time and effort and wants to continually improve it. However, not all of these optometrists use it in practice. There are several reasons, and I think most of them were mentioned in the text above. It is a particular reluctance athletes and their distrust of these methods. But to some extent we can influence ourselves and to the point, what's going on, we should do it, too. This is particularly so inform athletes about the various options and to motivate them to make themselves wanted these options to try. Only in this way because we can apply their knowledge of sports Optometry and further develop in this field. From my own experience I know that it is hard to classify into well-established routines something new, but in this case we should try for it because that we move forward not only themselves but also their discipline, which is still a little bit in the shadow of ophthalmology, although it should be rather built on the same level.



**Picture 4: Tennis is one of the dynamic sports where world leaders use the advantages of visual training.**

## Sources:

RYBNÍČKOVÁ, A. *Binokulární vidění – vývoj, principy, vyšetření*. Bakalářská práce. Brno, 2010.  
VYMYSLICKÝ T., *Vizuální optometrie v praxi*, Bakalářská práce. Brno, 2011

## 14. Oční komplikace diabetes mellitus - Bc.Zuzana Švambergová

Vedoucí práce: MUDr. Monika Synková

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

---

### ÚVOD

V roce 2012 bylo v České republice zaznamenáno více než 841 tisíc pacientů s diabetes mellitus, což je přibližně 8 % populace, přičemž tento počet neustále roste. Diabetes mellitus tedy představuje nejen u nás ale i na celém světě poměrně vážný sociálně – ekonomický a zdravotní problém. Toto onemocnění je doprovázeno orgánovými komplikacemi, z nichž nejzávažnější jsou diabetická nefropatie, diabetická retinopatie a diabetická noha. Výskyt jmenovaných komplikací je v rámci ČR rovněž sledován a podle posledních statistik byla z těchto komplikací nejčastěji zaregistrována právě diabetická retinopatie.

Diabetická retinopatie a její komplikace jsou hlavní příčinou ztráty zraku u populace v produktivním věku. Ke ztrátě zrakových funkcí však přispívají i další oční komplikace diabetu. Z tohoto hlediska je u diabetiků důležitě pravidelně provádět důkladné oftalmologické vyšetření všech očních struktur a zachytit tak veškeré oftalmologické odchylky.

### DIABETES MELLITUS

Diabetes mellitus (DM) je skupina chronických, etiopatogeneticky heterogenních onemocnění, jejichž společným projevem je hyperglykémie (zvýšená hladina cukru v krvi). Vzniká v důsledku poruchy sekrece nebo účinku inzulínu, popřípadě jejich kombinace, která vede ke komplexní poruše metabolismu cukrů, tuků a bílkovin. Následkem této poruchy dochází k rozvoji dlouhodobých cévních komplikací, které pro diabetes mohou být specifické (mikrovaskulární: retinopatie, nefropatie, neuropatie) nebo nespecifické (makrovaskulární: urychlená ateroskleróza).

Klasifikace diabetes mellitus a poruch glukózové homeostázy

Diabetes mellitus

Diabetes mellitus 1. typu

autoimunitní

idiopatický

Diabetes mellitus 2. typu

převážně inzulinrezistentní

převážně inzulindeficitní

Ostatní specifické typy diabetu

Gestační diabetes mellitus

Další poruchy homeostázy glukózy (prediabetes)

Hraniční glykémie nalačno

Porušená glukózová tolerance

### OČNÍ KOMPLIKACE DIABETU

Diabetes mellitus způsobuje četné oční komplikace, které se mohou komplexně označovat jako diabetická oftalmopatie. Tyto komplikace postihují přibližně 50 milionů lidí na celém světě a nejzávažnější z nich je diabetická retinopatie.

Víčka

V nazální části horních víček se u diabetiků často vyskytují xantelasmata, což jsou tuková ložiska žlutavé barvy uložená těsně pod povrchem kůže. Vznikají v důsledku poruchy metabolismu tuků. Kromě diabetu se mohou xantelasmata objevovat při zvýšeném obsahu cholesterolu v krvi, zánětu slinivky břišní, atd.





Obr. 1: Xantelasma

Pro diabetiky jsou rovněž příznačné často se opakující záněty víček jako je hordeolum (ječné zrno) – akutní hnisavý zánět Zeissových žlázek, chalazion (vlčí zrno) – zánět Meibomských žlázek s delším průběhem, a blefaritida – zánět víčkových okrajů. Na rozdíl od nediabetiků je běžná medikamentózní léčba těchto zánětů u diabetiků méně účinná, jelikož neochotně reagují na antibiotika i kortikosteroidy.

#### Spojivka

Patologické změny spojivky byly zaznamenány u více než 86 % diabetických pacientů. Mezi tyto změny patří především zvýšený výskyt skvamózních metaplazií a pokles počtu pohárkových buněk.

Bylo také zjištěno, že v závislosti na trvání diabetu dochází k nárůstu morfologických změn spojivkových cév a že se u diabetiků v bulbární spojivce častěji vyskytují mikroaneurysmata.

Diabetici jsou rovněž vystaveni vyšším riziku rozvoje bakteriální infekce spojivky včetně akutní infekční konjunktivitidy.

#### Slzný film

Kvantitativní i kvalitativní změny slzného filmu jsou u diabetiků poměrně časté, což samozřejmě souvisí s vyšším výskytem syndromu suchého oka v diabetické populaci. Rozvoj syndromu suchého oka u diabetiků souvisí především s periferní neuropatií, metabolickou dysfunkcí a abnormální sekrecí slz. Periferní neuropatie mimo jiné způsobuje snížení citlivosti rohovky, což má negativní vliv na reflexní sekreci slz. U dlouhodobě trvajících diabetu dochází také k mikrovaskulárnímu poškození cév zásobujících slznou žlázu, v důsledku čehož je narušena slzná sekrece. Bylo také zjištěno, že složení proteinů slz se liší od složení proteinů slz pacientů bez diabetu, přičemž čím déle pacient trpí diabetem, tím markantnější jsou tyto změny. Svoji roli ve vlivu na strukturu slzného filmu má i snížený počet pohárkových buněk spojivky, které produkují mucinovou vrstvu slzného filmu, která umožňuje rozptýlení slzného filmu po povrchu oka a jeho stabilitu.

#### Rohovka

Diabetes může způsobit změny ve všech vrstvách rohovky a to změny jak z hlediska morfologického, metabolického ale i fyziologického.

Změny rohovkového epitelu se projevují téměř u každého čtvrtého diabetika a mohou vést ke vzniku eroze rohovky, rohovkového vředu či k trvalému defektu rohovkového epitelu. Příčinou vzniku těchto stavů může být zastavení buněčného dělení, zhoršení adheze buněk bazální vrstvy rohovkového epitelu nebo snížení citlivosti rohovky.

Rohovkový endotel může vykazovat abnormality v morfologii buněk. Dochází také ke snížení počtu endotelových buněk a k poškození jejich buněčné struktury. Výsledkem bývá edém rohovky.

#### Přechodné změny refrakce

Přechodné změny refrakce mohou být prvním příznakem diabetu a projevují se také při špatné kompenzaci již diagnostikovaného diabetu. V závislosti na kolísání hladiny cukru v krvi dochází ke změnám v čočce. Významný vzestup glykémie vede ke zvýšení obsahu glukózy v čočce, jejímž biologickým zpracováním dochází ke vzniku sorbitolu, který zapříčiňuje difuzi vody do čočky a její zvýšenou hydrataci, následkem čehož dochází k myopizaci. U náhlého poklesu glykémie se naopak čočka dehydratuje a nastává hypermetropizace.

Stanovení subjektivní refrakce kvůli předepsání správné korekce je třeba provést až po stabilizaci stavu diabetika.

#### Katarakta

Výskyt katarakty u diabetických pacientů mladších než 65 let je čtyřikrát vyšší a starších než 65 let dvakrát vyšší s porovnáním se zdravou populací. Na vzniku katarakty u diabetiků se pravděpodobně podílí osmotický stres, mechanismy vedoucí k posttranslačním změnám čočkových proteinů a dlouhodobé působení patologických metabolitů.

V diabetické populaci můžeme rozlišit dva typy katarakty. Prvním typem je vzácná metabolická diabetická katarakta, která se vyskytuje u mladých pacientů s diabetem typu I. Často dochází k náhlému zkalení čočky a rychlé progresi. Objevují se oboustranné subkapsulární vločkovité šedobělavé zákaly a špicovité až klínovité zákaly kortexu. Výsledkem progresu tohoto typu katarakty může být intumescentní až maturní katarakta. Tento typ katarakty vzniká nejčastěji v důsledku dlouhodobě neléčené hyperglykémie, proto se s ním v dnešní době můžeme setkat jen zřídka.



Obr. 2: Metabolická diabetická katarakta

Častějším typem katarakty u diabetiků je senilní katarakta, která však vzniká časněji a častěji než u zdravé populace, jinak se od běžné senilní katarakty nedíabetiků neliší. (BP, aj článek)

#### Neovaskulární glaukom

Neovaskulární glaukom je závažnou komplikací pokročilé proliferativní diabetické retinopatie. Je spojen s tvorbou neovaskularizací, které se zpočátku objevují hlavně na duhovce a následně prorůstají do komorového úhlu společně s fibrózní tkání, což způsobuje zhoršený odtok komorové vody a vzestup nitroočního tlaku.

U některých pacientů může být neovaskulární glaukom zcela bez příznaků, častěji je ale spojen s krutými bolestmi oka a hlavy, světloplachostí a poklesem zrakové ostrosti až slepotou. Objektivně pak můžeme pozorovat ciliární až smíšenou injekci, edém rohovkového epitelu, rigidní zornici, neovaskularizace na duhovce i v komorovém úhlu či hyfěmu.



Obr. 3: Rubeóza duhovky

#### Sklivec

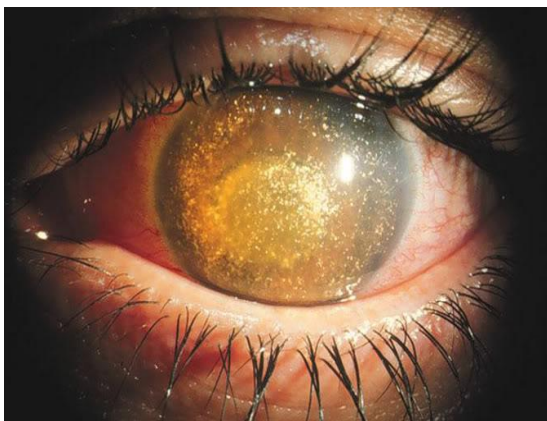
U diabetických pacientů dochází ve sklivci k abnormálním změnám kolagenu a k neenzymatické glykaci, což vede k předčasnému zkapalnění a následnému odchlípení zadní části sklivce.

S diabetem jsou také spojovaná degenerativní onemocnění sklivce jako je asteroidní hyalóza a sychsis scintillans, jejichž vznik souvisí s pokročilými stádii diabetické retinopatie.

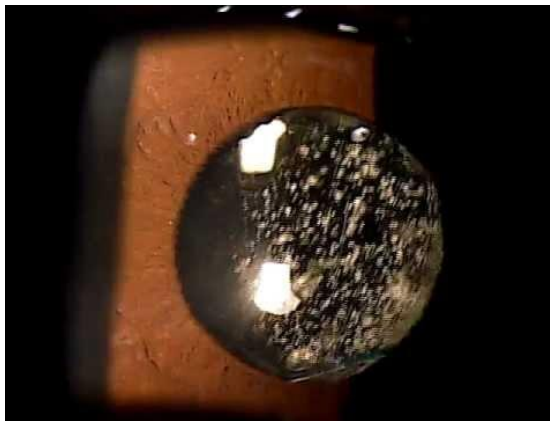
Asteroidní hyalóza je obvykle jednostranná a je charakterizována přítomností zákalků, obsahujících převážně vápník, fosfor a stopy tuků, ve sklivci. Jen výjimečně tento stav ovlivňuje zrakovou ostrost.

Sychsis scintillans představuje četné drobné, žlutavé nebo různobarevné zákalky ve sklivci, které jsou tvořeny hlavně krystaly cholesterolu.

Koncentrují se především v dolní polovině sklivce, někdy však mohou být ve sklivci hustě rozptýleny, čímž zabraňují rozlišení sítnicových struktur a značně snižují vizus. Případně je můžeme pozorovat i v přední komoře.



Obr. 4: Asteroidní hyalóza



Obr. 5: Synchysis scintillans

#### Diabetická retinopatie

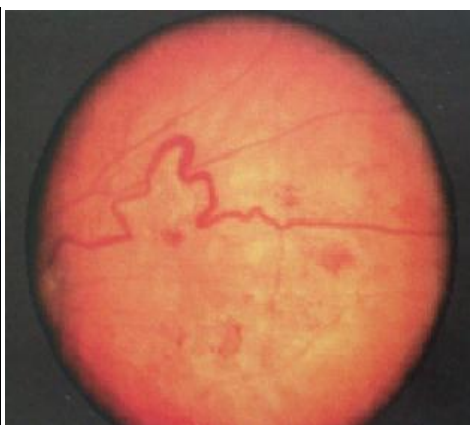
Diabetická retinopatie (DR) je mikrovaskulární a neurodegenerativní onemocnění, které vyvolává změny ve funkci a stavbě všech buněčných struktur sítnice. Patofyziologie tohoto onemocnění je poměrně komplikovaná a podílí se na ní řada známých i neznámých faktorů. Hlavním etiopatogenetickým činitelem je chronická glykémie, která stojí v pozadí všech retinálních změn. V rozvinutých zemích je diabetická retinopatie a její komplikace hlavní příčinou praktické slepoty u osob ve věku 20 – 65 let.

Subjektivní příznaky diabetické retinopatie jsou rozličné, od asymptomatického průběhu přes změnu refrakčního stavu oka, neostře a zvlněné vidění, světelné záblesky, plavající vločky v zorném poli, postupně bezbolestné snížení zrakové ostrosti až po absolutní ztrátu zraku případně bolesti oka nebo očníce. V případě, že není postižená makula, probíhá diabetická retinopatie dlouho bez jakýchkoliv subjektivních potíží i přesto, že pacient již může mít závažné poškození sítnice. Ve chvíli, kdy pacient zaznamená určité změny ve vidění, je terapeutický zásah často omezený a méně účinný, v nejhorších případech zcela nemožný.

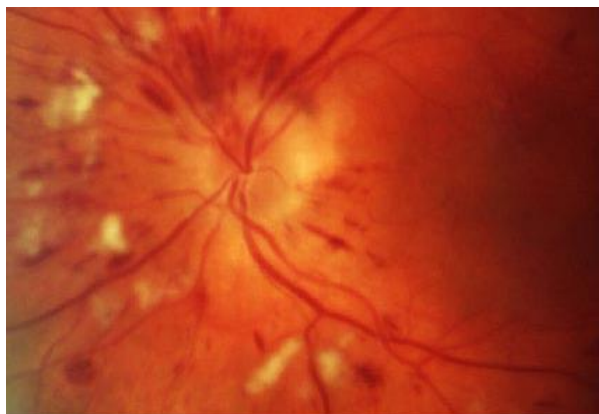
Mezi klinické příznaky diabetické retinopatie patří: mikroaneuryzmata, hemoragie, vatovitá ložiska, retinální edém, tvrdé exsudáty, venózní abnormality (flebopatie), intraretinální mikrovaskulární abnormality, bílé cévy, neovaskularizace, fibrózní tkáň.



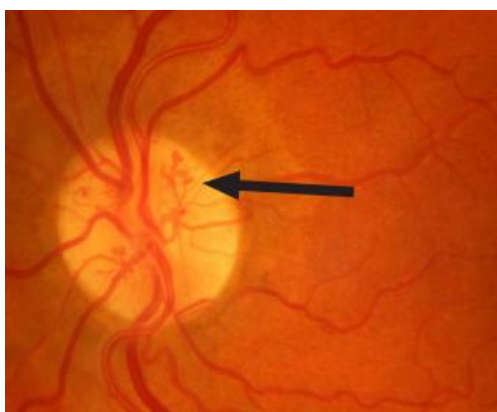
Obr. 6: Diabetický makulární edém s tvrdými exsudáty



Obr. 7: Venózní abnormality



Obr. 8: Vatovitá ložiska a plaménkovité hemoragie



Obr. 9: Neovaskularizace papily ZN

Na základě dynamiky sítnicových změn můžeme rozlišovat následující klinická stádia a formy diabetické retinopatie:

Neproliferativní diabetická retinopatie (NPDR)

počínající NPDR

středně pokročilá NPDR

pokročilá NPDR

Proliferativní diabetická retinopatie (PDR)

počínající PDR

vysoce riziková PDR

pokročilá PDR

Diabetická makulopatie

makulární edém

fokální makulární edém

difúzní makulární edém

cystoidní makulární edém

ischemická makulopatie

smíšená forma

klinicky signifikantní makulární edém

Diabetická papilopatie

Diabetická papilopatie je charakterizována benigním edémem papily zrakového nervu, který se objevuje u diabetiků ve 20. – 40. roce života. Je provázena mírným poklesem zrakové ostrosti, někdy může být přítomný aferentní pupilární defekt, výjimečně altitudinální výpadky v zorném poli.

Neuropatie optiku

Neuropatie optiku je postupně vznikající porucha při dlouhodobém diabetu. K obecným projevům patří změny na ERG a VEP, snížení kontrastní citlivosti, barvocitu a relativní skotomy. Konečným stádiem je bledá atrofie papily optiku.

### Oftalmoplegie

Následkem diabetické mikroangiopatie mohou vznikat izolované obrny hlavových nervů, které inervují okoohybné svaly. Jde o třetí (n. oculomotorius), šestý (n. abducens) a vzácně i čtvrtý (n. trochlearis) hlavový nerv. Jejich postižením dochází k izolovaným či konjugovaným parézám příslušných okoohybných svalů, které se nejzřetelněji projevují při pohledu ve směru maximálního účinku svalu. Mezi rizikové faktory vzniku diabetické oftalmoplegie patří věk a trvání diabetu. Hlavně se jedná o starší pacienty se středně pokročilou nebo pokročilou diabetickou retinopatií a neuropatií.

Obrna třetího hlavového nervu je poměrně často způsobena právě diabetickou oftalmoplegií. Přibližně 20 % pacientů při postižení n. oculomotorius přichází s bolestmi hlavy, obvykle na straně postiženého oka, které mohou samotnou obrnu o několik dní předcházet. Následuje jednostranný pokles víčka a vznik diplopie. Zornice bývá téměř vždy ušetřena (tj. nedochází k její dilataci). K úplné úpravě funkce nervu dochází většinou do 3 měsíců.

Na vzniku izolované obrny n. abducens se častěji podílejí jiné patologické stavy než diabetes mellitus. Porucha není spojena s bolestí, má stejný vývoj a úpravu jako obrna n. oculomotorius.

### Infekční onemocnění

Mezi predisponující faktory k infekci u diabetes mellitus patří poruchy imunity, hyperglykémie a diabetická mikroangiopatie.

### Endoftalmitida

Výsledky několika studií poukazují na zvýšené riziko rozvoje pooperační bakteriální endoftalmitidy u pacientů s diabetem.

### Mukormykóza

Mukormykóza je vzácná a závažná mykotická infekce postihující zejména diabetiky a imunosuprimované pacienty.

Přibližně 50 % všech postižených tvoří právě pacienti s diabetem I. typu a diabetickou ketoacidózou. Ke klinickému obrazu mukormykózy patří černé přiškvarky nosní sliznice a tvrdého patra, zevní i vnitřní oftalmoplegie, diplopie, exoftalmus, ptóza, chemóza, orbitální a faciální bolest. Kvůli trombóze centrální sítnicové arterie dochází ke ztrátě vidění. I při správné léčbě končí přibližně 50 % případů smrtí, která nastává zhruba po 1 – 2 týdnech od vzniku infekce.

### ZÁVĚR

Pacienti s diabetes mellitus jsou vystaveni velkému množství očních problémů, přičemž většina z nich nemusí způsobovat žádné výrazné potíže. Pro zachování zraku a dobré zrakové ostrosti pacienta je tedy důležité, aby byl obeznámen se všemi možnými riziky a upozorněn na pravidelnou návštěvu svého oftalmologa.

### Seznam literatury

KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 1.vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 978-802-4711-638.

SKARBEZ, Kathryn, Yos PRIESTLEY, Marcia HOEPF a Steven B KOEVARY. Comprehensive review of the effects of diabetes on ocular health. Expert Review of Ophthalmology. 2010, 5(4): 557-577. DOI: 10.1586/eop.10.44. ISSN 1746-9899. Dostupné také z: <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.1586/eop.10.44>

ŠVAMBERGOVÁ, Zuzana. Diabetická retinopatie. Brno, 2014. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce MUDr. Monika Synková.

### Zdroje obrázků

Obr. 1: Xanthelasma. HxBenefit: Health Informations [online]. c 2010 [cit. 2014-03-30].

Dostupné z: <http://www.hxbenefit.com/xanthelasma.html>

Obr. 2: TASMAN, William a Edward A. JAEGER. Duane's Ophthalmology [online]. 2006 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.oculist.net/downaton502/prof/ebook/duanes/index.html>

Obr. 3, 4, 5: MACHAMER, Robert a Georg MICHELSON. INTERNATIONAL COUNCIL OF OPHTHALMOLOGY. Atlas of Ophthalmology: ONLINE MULTIMEDIA DATABASE [online]. [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.atlasophthalmology.com>

Obr. 6, 8: Vitreous & Retina: Retinal Vascular Disease. EDWARD S. HARKNESS EYE INSTITUTE. Digital Reference of Ophthalmology [online]. c 2003 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://dro.hs.columbia.edu/vr3.htm#top>

Obr. 7: PERUŠIČOVÁ, Jindra. Diabetické makroangiopatie a mikroangiopatie. 1. vyd. Praha: Galén, 2003, 262 s. ISBN 80-726-2187-4.

Obr. 9: DEWHIRST, Richard a Sue COBBOLD. SUFFOLK PCT DIABETIC EYE SCREENING SERVICE. Atlas of Diabetic Retinopathy [online]. 2006 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.eyescreening.org.uk/data/ocm/PDF%20files/Suffolk%20DRS%20Manual.pdf>

## Ocular complications of diabetes mellitus - Bc. Zuzana Švambergová

Supervisor: MUDr. Monika Synková

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

### INTRODUCTION

In 2012, it was registered more than 841 thousand patients with diabetes mellitus in the Czech republic, that is around 8 % of population of the Czech republic and this number is constantly increasing. Diabetes mellitus is the worldwide social, economic and health problem. This disease is accompanied by the organs complications, the gravest of them are diabetic nephropathy, diabetic retinopathy and diabetic foot. The incidence of these complications is also registered in the Czech republic and the last statistics shows that the most frequent complication is the diabetic retinopathy.

Diabetic retinopathy and its complications are the main causes of the loss of vision of the population in the productive age. Also other ocular complications contribute to the loss of visual functions. And for this reason it's very important to do ophthalmic examination of all eye's structures at regular intervals.

### DIABETES MELLITUS

Diabetes mellitus is a group of chronic, etiopathogenetic heterogeneity diseases characterized by hyperglycemia (high blood sugar). It is caused by the disorder of secretion or function of insulin, or by the combination of these two disorders, which leads to the complete disturbance of the metabolism of carbohydrates, lipids and proteins. The result of this disturbance is the development of the long-term vascular complications which can be specific (microvascular: retinopathy, nephropathy, neuropathy) or unspecific (macrovascular: accelerated atherosclerosis) for diabetes.

The classification of diabetes mellitus and disorders of glucose homeostasis

Diabetes mellitus

Type 1 diabetes mellitus

autoimmune

idiopathic

Type 2 diabetes mellitus

mostly insulin-resistant

mostly insulin-deficient

Other specific types of diabetes

Gestational diabetes mellitus

Other disorders of glucose homeostasis

Limit glycemia on an empty stomach

Impaired glucose tolerance

### OCULAR COMPLICATIONS OF DIABETES

Diabetes mellitus causes a lot of ocular complications which we can call diabetic ophthalmopathy. Around 50 million people in the world suffer from these complications. The severest of them is the diabetic retinopathy.

Lids

Xanthelasmata often occur in the nasal area of the upper eyelids in diabetics. Xanthelasmata are the yellowish deposits of the fat underneath the skin. They arise due to the lipid metabolism disorders. Except for diabetes, xanthelasmata may appear with increased blood cholesterol, inflammation of the pancreas etc.



Pic. 1: Xanthelasmata

The recurrent inflammation of the eyelids like hordelium (stye) - acute purulent inflammation of the glands of Zeis, chalazion (lupine seed) – inflammation of the Meibomian glands with a longer course, and blepharitis – inflammation of a lid margins are also typical for diabetics.

The common drug therapy is less effective in diabetics unless non-diabetics because diabetics respond reluctantly to antibiotics and corticosteroids.

#### Conjunctiva

The pathological changes in the conjunctiva were detected in more than 86% of diabetic patients. These changes include mainly the increased incidence of squamous metaplasia and a decrease in the number of goblet cells.

It was also found that depending on the duration of diabetes there is increased incidence of morphological changes in conjunctival blood vessels, and more frequent occurrence of microaneurysms in the bulbar conjunctiva.

Diabetics are also exposed to a higher risk of developing a bacterial infection of the conjunctiva, including acute infective conjunctivitis.

#### Tear film

Quantitative and qualitative changes in the tear film are quite common in diabetics, which is related to a higher incidence of dry eye syndrome in the diabetic population. The development of dry eye syndrome in diabetic patients is mainly related to peripheral neuropathy, metabolic dysfunction and abnormal tear secretion. Peripheral neuropathy among other causes decreased corneal sensitivity, which has negative effect on the reflex tear secretion. For long lasting diabetes also occurs microvascular damage of blood vessels supplying the lacrimal gland resulting in disruption of tear secretion. It was also found that the protein composition of diabetic tears differs from the non-diabetic tears, when the longer duration of diabetes is, the more obvious are these changes. A role in influences on the tear film structure has a reduced number of conjunctival goblet cells which produce mucin layer of the tear film, which allows the spreading of the tear film over the ocular surface and its stability.

#### Cornea

Diabetes can cause changes in all layers of the cornea and these changes could have morphological, metabolic and also physiological character. Changes in corneal epithelium are manifested in nearly every fourth diabetic patient and can lead to corneal erosion, corneal ulceration or permanent corneal epithelial defect. The cause of these conditions may be: stopping the cell division, deterioration of the cell adhesion of corneal epithelial cells or reduction of corneal sensitivity.

The corneal endothelium can exhibit abnormalities in cell morphology. There is also a reduction in the number of endothelial cells and damaging their cellular structure. It can result in corneal edema.

#### Temporary changes in refraction

Temporary changes in refraction may be the first symptom of diabetes and show up also in poor compensation in already diagnosed diabetes. Depending on the fluctuations in blood sugar there are changes in the crystalline lens. Significant increase of blood glucose leads to an increase of glucose in the lens whose biological processing occurs the formation of sorbitol which causes the diffusion of water into the lens and its increased hydration, which results in myopia. In a sudden drop in blood glucose, by contrast, lens dehydrates and this results in hypermetropia. Determination of the subjective refraction for prescribing proper correction should be made after the stabilization of diabetic's condition.

#### Cataract

The incidence of the cataract is four times higher in the diabetics younger than 65 years and twice



higher in the diabetics older than 65 years with the comparison of the healthy population. Osmotic stress, mechanisms which lead to the post-translational changes of the lens proteins and long-term effect of the pathological metabolites probably participate in the development of the cataract in diabetics.

We can distinguish two types of cataract in diabetic population. The first one is rare metabolic diabetic cataract which occurs in young diabetics with I-type diabetes. This condition is characterized by the sudden turbidity of the eye lens and quick progression. Bilateral subcapsular grey-and-white opacities with the shape of the snowflakes and wedge-shaped opacities of the cortex appear. The result of the progression of this type of cataract can be intumescent or mature cataract. This kind of cataract in most cases arises as the result of the non-treatment of the hyperglycemia in the long term and that is the reason why we can find this cataract just sporadically.



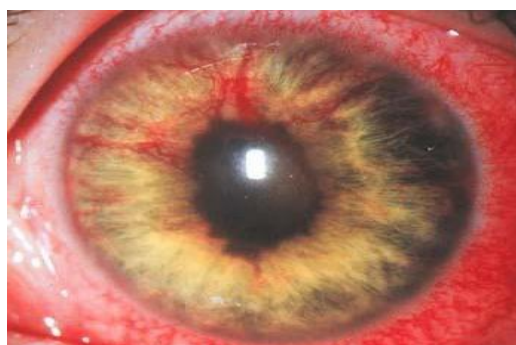
Pic. 2: Metabolic diabetic cataract

The more common type of cataract in diabetics is the senile cataract which arise more early and more frequently than in the healthy population. There is no other difference between the senile cataract of diabetics and the senile cataract of non-diabetics.

#### Neovascular glaucoma

Neovascular glaucoma is a severe complication of the advanced proliferative diabetic retinopathy. It is connected with the formation of the neovascularization which appear mainly in the iris at the beginning and later it grows into the angle of anterior chamber together with the fibrous tissue. This condition is responsible for the deteriorated outflow of the aqueous humor and the increase of the intraocular pressure.

Neovascular glaucoma can be without symptoms at all in some patients but more often it is the condition connected with the severe pain of the eye and head, photophobia and the decrease of the visual acuity even blindness. Objective symptoms are ciliary or mixed injection, edema of the corneal epithelium, rigid pupil, neovascularization in the iris and angle of the anterior chamber or hyphema.



Pic. 3: Rubeosis iridis

#### Vitreous body

There are some abnormal changes of collagen and non-enzymatic glycation in the vitreous body of diabetics and it leads to premature liquefaction and resulting detachment of the posterior part of the vitreous body.

The degenerative diseases of the vitreous body are also connected with the diabetes such as asteroid hyalosis and synchysis scintillans. The development of these diseases is connected with the advanced

stages of the diabetic retinopathy.

Asteroid hyalosis is usually unilateral and it is characterized by the presence of the opacities containing calcium, phosphorus and the trace of the lipids in vitreous body. This condition affects the visual acuity just extraordinarily.

Synchisis scintillans is the disease with the numerous, tiny, yellowish or multicoloured opacities in the vitreous body which are composed mainly of crystals of cholesterol. These opacities are concentrated mainly in the lower part of the vitreous body, sometimes they can be densely suspended and that is the way how they complicate the differentiation of the structures of the retina and decrease the visual acuity. Sometimes, we can also find them in the anterior chamber.



Pic. 4: Asteroid hyalosis



Pic. 5: Synchisis scintillans

#### Diabetic retinopathy

Diabetic retinopathy is the microvascular and neurodegenerative disease which causes the changes in the function and structure of all cell parts of the retina. Pathophysiology of this disease is quite complicated as it is the result of many known and unknown factors. The main etiopathogenetic factor is chronic glycemia. Diabetic retinopathy and its complications is the main cause of the practical blindness of the people at the age of 20 – 65 in the developed countries.

The subjective symptoms of the diabetic retinopathy are varied – from asymptomatic course to changes of the refraction of the eye, blurry and wavy vision, light flashes, floating flakes in the vision field, gradual painless decreasing of the visual acuity and absolute loss of the vision. In the case that the macula is not affected, the retinopathy develops without subjective symptoms for a long time even though the retina is severely damaged. It is often late to effective treatment when the patient realizes his problems, in the worst cases the treatment is absolutely impossible.

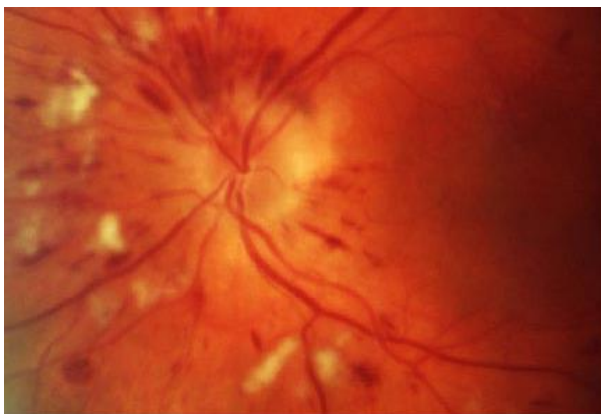
Clinical symptoms of the diabetic retinopathy include: microaneurysms, hemorrhage, cotton wool spots, edema of the retina, hard exudates, venous abnormalities (phlebotomy), intraretinal microvascular abnormalities, white vessels, neovascularization, fibrous tissue.



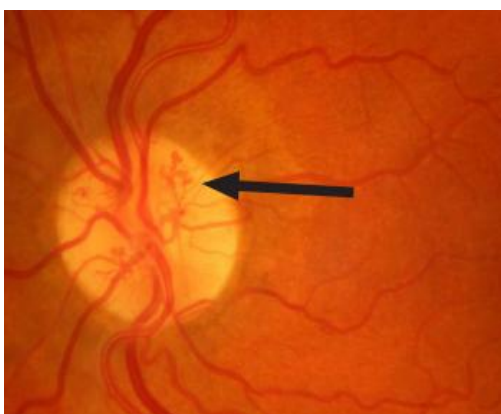
Pic. 6: Diabetic macular edema with hard exudates



Pic. 7: Venous abnormalities



Pic. 8: Cotton wool spots and hemorrhage



Pic. 9: Neovascularization of the optic disc

On the basis of the dynamic changes of the retina, we can distinguish following clinical stages and forms of the diabetic retinopathy:

Nonproliferative diabetic retinopathy (NPDR)

incipient NPDR

intermediate NPDR

advanced NPDR

Proliferative diabetic retinopathy (PDR)

incipient PDR

high-risk PDR

adv PDR

Diabetic maculopathy

macular edema

focal macular edema

diffused macular edema

cystoid macular edema

ischemic maculopathy

mixed form

clinical significant macular edema

Diabetic papillopathy

Diabetic papillopathy is characterized by benign edema of the optic disc, which occurs between 20th and 40th year of life of diabetics. It is accompanied by a slight decrease in visual acuity. Afferent pupillary defect may be present sometimes.

Optic neuropathy

Optic neuropathy is gradually emerging disorder in a long term diabetes. The common symptoms include: changes in ERG and VEP, reduced contrast sensitivity, reduced color perception and relative

scotoma. The final stage is the pale atrophy of the optic papilla.

#### Ophthalmoplegia

As a result of microangiopathy there can arise isolated paralysis of cranial nerves, which innervate the extraocular muscles. This includes third (n. oculomotorius), sixth (n. abducens) and rarely fourth (n. trochlearis) cranial nerve.

Their disabilities lead into isolated or conjugated paresis to appropriate extraocular muscles, which are mostly manifested during the look in the direction of the maximum effect of the muscle. The risk factors of diabetic ophthalmoplegia are age and duration of diabetes. The most commonly affected are older patients with intermediate or advanced diabetic retinopathy and neuropathy.

Third cranial nerve palsy is quite often due to diabetic ophthalmoplegia. Approximately 20 % of patients with n. oculomotorius disability comes with headache, usually on the side of the affected eye, followed by a one-sided ptosis and the development of diplopia. The pupil is almost always spared from dilatation. The function of the nerve is fully renewed within 3 months.

On the formation of isolated paralysis n. abducens are more frequently involved other pathological states than diabetes. This disorder is not associated with pain. It has the same evolution and treatment as n. oculomotorius palsy.

#### Infectious diseases

Predisposing factors for infection in diabetes include immune disorders, hyperglycemia and diabetic microangiopathy.

#### Endophthalmitis

The results of several studies suggest an increased risk of postoperative bacterial endophthalmitis in diabetic patients.

#### Mucormycosis

Mucormycosis is a rare and serious fungal infection affecting mainly diabetics and immunosuppressed patients.

Approximately 50% of all patients affected by mucormycosis are made of type I diabetics and diabetic ketoacidosis patients. To the clinical picture of mucormycosis belongs black eschars in the nasal and hard palate mucosa, internal and external ophthalmoplegia, diplopia, exophthalmos, ptosis, chemosis, orbital and facial pain. Because of the central retinal artery thrombosis there is a loss of vision. Even with proper treatment approximately 50 % of cases end by death, which occur 1 - 2 weeks after the development of infection.

#### CONCLUSION

Patients with diabetes mellitus are exposed to a large number of eye problems. Most of them do not cause significant problems. To maintain good vision and good visual acuity of diabetic patients it is important to inform them about all the potential risks and advise them to regularly visit their ophthalmologist.

#### List of bibliography

KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 1.vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 978-802-4711-638.

SKARBEZ, Kathryn, Yos PRIESTLEY, Marcia HOEPF a Steven B KOEVARY. Comprehensive review of the effects of diabetes on ocular health. Expert Review of Ophthalmology. 2010, 5(4): 557-577. DOI: 10.1586/eop.10.44. ISSN 1746-9899. Dostupné také z: <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.1586/eop.10.44>

ŠVAMBERGOVÁ, Zuzana. Diabetická retinopatie. Brno, 2014. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce MUDr. Monika Synková.

#### Sources of pictures

Obr. 1: Xanthelasma. HxBenefit: Health Informations [online]. c 2010 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.hxbenefit.com/xanthelasma.html>

Obr. 2: TASMAN, William a Edward A. JAEGER. Duane's Ophthalmology [online]. 2006 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.oculist.net/downaton502/prof/ebook/duanes/index.html>

Obr. 3, 4, 5: MACHAMER, Robert a Georg MICHELSON. INTERNATIONAL COUNCIL OF OPHTHALMOLOGY. Atlas of Ophthalmology: ONLINE MULTIMEDIA DATABASE [online]. [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.atlasophthalmology.com>

Obr. 6, 8: Vitreous & Retina: Retinal Vascular Disease. EDWARD S. HARKNESS EYE INSTITUTE. Digital Reference of Ophthalmology [online]. c 2003 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://dro.hs.columbia.edu/vr3.htm#top>

Obr. 7: PERUŠIČOVÁ, Jindra. Diabetické makroangiopatie a mikroangiopatie. 1. vyd. Praha: Galén, 2003, 262 s. ISBN 80-726-2187-4.

Obr. 9: DEWHIRST, Richard a Sue COBBOLD. SUFFOLK PCT DIABETIC EYE SCREENING SERVICE. Atlas of Diabetic Retinopathy [online]. 2006 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.eyescreening.org.uk/data/ocm/PDF%20files/Suffolk%20DRS%20Manual.pdf>

## 15. Hodnocení úspěšnosti korekce astigmatismu pomocí kontaktních čoček - Bc.Vendula Prudilová

Vedoucí práce: Mgr. Ondřej Vlasák

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

---

Astigmatismus je řazen mezi asférické refrakční vady. Při dopadu rovnoběžných paprsků na oko se v různých meridiánech netvoří ohniska ve stejné rovině. Tento jev je způsoben rozdílnou optickou mohutností oka v různých meridiánech. U oka, které je zatíženo touto refrakční vadou, lze vždy najít jeden meridián s maximálním refrakčním účinkem a druhý meridián s nejmenším refrakčním účinkem. Tyto meridiány bývají označovány jako hlavní.

Jako první popsal astigmatismus anglický fyzik Isaac Newton v roce 1727. V roce 1801 na něj navázal Thomas Young, který astigmatismem sám trpěl a podrobně tuto refrakční vadu popsal. Následovala první korekce pomocí cylindrické čočky, kterou provedl v roce 1827 anglický astronom George Biddell Airy. Následně se v roce 1864 začal podrobně zabývat klinickým významem astigmatismu nizozemský oftalmolog Franciscus Donders. [1]

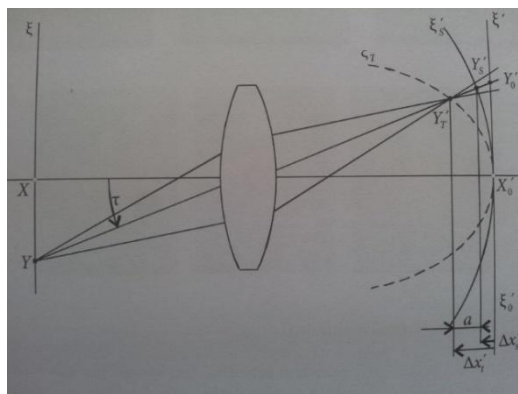
Astigmatismus z pohledu geometrické a brýlové optiky

Při astigmatickém zobrazení se předmětový bod nezobrazí jako bod, ale jako dvě úsečky. Z tohoto důvodu je astigmatické zobrazení nebodové. Při astigmatickém zobrazení dochází současně také ke zklenutí. K oběma jevům dochází při zobrazování mimoosového předmětového bodu úzkým, monochromatickým svazkem paprsků.

Svazek paprsků světla, které vycházejí z předmětového bodu, je tvořen hlavním a dalšími paprsky. Při průchodu paraxiálním prostorem a po průchodu optickou soustavou protne hlavní paprsek obrazovou rovinu v bodě  $Y_0'$ . Hlavní paprsek je součástí dvou rovin a to sagitální a tangenciální, které jsou na sebe navzájem kolmé. Tangenciální rovina obsahuje předmětový bod, hlavní paprsek a optickou osu. Sagitální rovinou prochází hlavní paprsek. V těchto dvou rovinách se liší jak poloměr zakřivení optické čočky, tak i její lomivost. Paprsky, které procházejí sagitální a tangenciální rovinou, vytvoří dva různé obrazové body. Paprsky v sagitální rovině protnou obrazovou rovinu v bodě  $Y_S'$  a paprsky v tangenciální rovině vytvoří obrazový bod  $Y_T'$ . Vzdálenost těchto dvou obrazových bodů, která se měří ve směru optické osy, bývá nazývána jako astigmatická difrakce, astigmatický rozdíl nebo astigmatismus. Současně s astigmatismem dochází také ke zklenutí a je rozlišováno zklenutí sagitální a tangenciální. Jako sagitální sklenutí je označována vzdálenost  $\Delta x_s'$  (vzdálenost bodu  $Y_S'$  a paraxiální roviny  $\xi_0'$ ) a jako tangenciální zklenutí vzdálenost  $\Delta x_t'$  (vzdálenost bodu  $Y_T'$  a paraxiální roviny  $\xi_0'$ ). Po vytvoření všech obrazových bodů, které vznikly zobrazením bodů z předmětové roviny, vzniknou dvě rotační plochy (tangenciální rotační plocha  $\xi_T'$  a sagitální rotační plocha  $\xi_S'$ ), které se vzájemně dotýkají v obrazovém bodě  $X_0'$  ležícím na optické ose.

Ke zklenutí v obrazové rovině dochází z důvodu, že obrazem předmětové roviny, která je kolmá na optickou osu, je zakřivená plocha. Proto není možné získat v obrazové rovině, která je kolmá na optickou osu, ostrý obraz v celém rozsahu. Z tohoto důvodu je obraz, který vznikne na rovině ploše, matnici nebo filmu, ostrý buďto pouze v centru anebo v periférii. Po průchodu optickou soustavou má svazek paprsků eliptický průřez, který se v místě mezi oběma obrazy mění v kruhový a v obrazových bodech  $Y_S'$  a  $Y_T'$  vznikají úsečky. V případě, že se předmětový bod nachází v nekonečnu, jsou úsečky nazývány jako ohniskové přímky nebo fokály. V místě, kde nedochází k tvarovým změnám obrazu, se nachází kroužek nejmenšího rozptylu.

Astigmatismus, ale také zklenutí je možné znázornit graficky. Na horizontální ose bude zaznačeno tangenciální či sagitální zklenutí ( $\Delta x_t'$ ,  $\Delta x_s'$ ) nebo astigmatická diference (a) a na vertikální ose úhel  $\tau$  svírající optickou osu s hlavním paprskem světelného svazku. Se zvětšováním úhlu  $\tau$  dochází k nárůstu jak astigmatismu, tak i zklenutí. [3]



Obr. 1: Astigmatismus a zklenutí [3]

Astigmatické brýlové čočky se od sférických brýlových čoček výrazně liší. Zásadní rozdíl je ve zdeformování obrazu a tvarové struktury pozorovaného předmětu. Astigmatické čočky vznikají kombinací astigmatických (asférických) ploch s plochou planární, konvexní nebo konkávní. Tyto kombinace se v průběhu historie měnily a vyvíjely.

#### Plan-cylindrické čočky

Tato brýlová skla bývají označována zkratkou pl. cyl. a jsou nejstarším typem astigmatického skla. Tato čočka je tvořena funkčními plochami, které jsou odvozeny z cylindru (válece). Jednotlivé funkční plochy vzniknou řezem, který je veden válcem rovnoběžně s jeho rotační osou. V případě, že je vzdálenost dělicí roviny a osy válce větší než poloměr válce, vznikne konkávní cylindrické sklo. V opačném případě, tedy pokud je vzdálenost dělicí roviny a osy válce menší než poloměr válce, vznikne konvexní cylindrické sklo. V rámci optických účinků cylindrických ploch se určují dva směry s extrémními hodnotami. Jedná se o I. a II. hlavní řez. Každá rovina, která protíná válec rovnoběžně s jeho osou, vytváří I. hlavní řez a jeho optická mohutnost je minimální (nulová). II. hlavní řez je vytvořen rovinou, která válec protíná ve směru kolmém na jeho osu a optická mohutnost v tomto řezu je maximální. V plan – cylindrickém skle se optická mohutnost mezi I. a II. hlavním řezem mění podle vzorce  $\varphi_{\alpha} = \varphi'_{\max} \cdot \cos^2 \alpha$  ( $\alpha$  - úhel, který svírá příslušná osa s osou II. hlavního řezu). Rozdíl optických mohutností mezi dvěma hlavními řezy je nazýván jako astigmatická diference a v případě planocylindrických čoček je přímo roven optické mohutnosti válcové plochy.

#### Sféro-cylindrické čočky

Zkráceně bývají tyto čočky označovány sph. cyl. Tento typ brýlových čoček vznikne výměnou rovinné plochy za plochu sférickou. Ve srovnání s planocylindrickou čočkou už nebude optická mohutnost v I. hlavním řezu nulová, ale bude mít hodnotu sférické plochy. Ani tato čočka nevedla ke kvalitnímu zobrazení při korekci očního astigmatismu a tak byla nahrazena čočkou torickou.

#### Sféro-torické čočky

Čočky, které jsou zkráceně označené zkratkou sph. tor., bývají často v praxi nazývané pouze jako čočky torické. Konstrukcí torických čoček se podařilo odstranit vysoký stupeň astigmatismu šikmých paprsků, který se projevoval při pohledu přes periferní části korekčních skel. Torická plocha vzniká rotací kružnice mimo svůj střed, čímž dochází ke vzniku toroidního útvaru, který může připomínat sud. Čím se však torická plocha liší od plochy cylindrické nejvíce, je skutečnost, že ani v jednom směru není optická mohutnost nulová. V průběhu zkoumání se došlo k závěru, že neúčinnější je zkombinovat torickou plochu s plochou sférickou. Takto vytvořené čočky se dnes používají ke korekci očního astigmatismu a je možné vyjádřit optický účinek ve dvou na sebe kolmých hlavních řezech, jako součet optických mohutností torické a sférické funkční plochy. [5]

#### Etiologie astigmatismu

Vznik astigmatismu je nejčastěji připisován změně zakřivení rohovky v různých meridiánech, ojedinele se však vyskytuje také astigmatismus čočkový.

Ve většině případů se jedná o vrozenou refrakční vadu, která bývá způsobena nepoměrem mezi růstem rohovky a dalších lomivých prostředí. Příčinou vrozeného astigmatismu může být také změněná pevnost očních obalů, snížený či zvýšený nitrooční tlak a v neposlední řadě také tlak víček. Právě tlaku horního víčka bývá připisován vznik fyziologického většího zakřivení rohovky ve vertikálním meridiánu, který může dosahovat až 1D.

Ke změnám zakřivení rohovky může dojít také úrazem, při oční operaci, či různých onemocnění

rohovky. Takto vzniklý astigmatismus označujeme jako získaný.

Astigmatismus, jehož vznik je spojený s nitrooční čočkou, bývá poměrně vzácnější. Může být způsobený jak změnou zakřivení předního a zadního pólu čočky (lentikonus), tak také luxací či subluxací čočky, nebo změnou jejího indexu lomu zejména při začínající kataraktě. Vzhledem ke spojitosti mezi nitrooční čočkou a akomodací se může čočkový astigmatismus vlivem akomodace měnit. Tento stav bývá označován jako dynamický nebo akomodativní astigmatismus. [1]

#### Rozdělení astigmatismu

Základní dělení astigmatismu je na astigmatismus pravidelný a nepravidelný. Pravidelný astigmatismus je dále dělený na astigmatismus jednoduchý, složený, smíšený a dále na astigmatismus přímý, nepřímý a šikmých os. Astigmatismus může být také dále rozdělen na astigmatismus rohokový a čočkový.

#### Pravidelný astigmatismus

Jako pravidelný označujeme astigmatismus v případě, že oba hlavní meridiány jsou na sebe kolmé (svírají úhel  $90^\circ$ ) a refrakční výkon je rovnoměrně rozložen mezi dvě krajní hodnoty.

Pravidelný astigmatismus lze dále dělit podle rozložení dvou hlavních ohnisek, tedy podle refrakčního stavu maximálního a minimálního meridiánu.

Astigmatismus jednoduchý neboli simplex: jeden ze dvou hlavních meridiánů je emetropický a druhý myopický nebo hypermetropický.

Astigmatismus složený neboli compositus: oba hlavní meridiány jsou buďto myopické nebo hypermetropické.

Astigmatismus smíšený neboli mixtus: jeden z hlavních meridiánů je myopický a druhý hypermetropický.

Pravidelný astigmatismus je možné dále rozdělit na astigmatismus přímý, nepřímý a šikmých os.

Astigmatismus přímý neboli podle pravidla: meridián s maximálním optickým účinkem je orientován vertikálně (mezi  $70^\circ$  a  $110^\circ$ ). Tento typ astigmatismu se vyskytuje častěji u mladých lidí a nejčastěji je způsoben zvýšeným tlakem horního víčka a často bývá kompenzován čočkovým astigmatismem, který je orientován opačně.

Astigmatismus nepřímý neboli proti pravidlu: meridián s maximálním optickým účinkem je orientován horizontálně (mezi  $160^\circ$  a  $200^\circ$ ).

Astigmatismus šikmých os neboli obliquus: oba hlavní meridiány leží šikmo, přibližně pod  $45^\circ$  a  $130^\circ$ . [5]

#### Nepravidelný astigmatismus

Nepravidelný astigmatismus je popisován jako stav, kdy dva hlavní meridiány nesvírají pravý úhel. Jeho nejčastější příčinou bývají stavy po onemocnění rohovky, kdy dochází k jejímu nepravidelnému vyklenutí. Často bývá přítomen při keratokonu nebo může být způsoben poraněním oka. Tento typ astigmatismu je velmi těžké korigovat a korekce brýlovými skly bývá neúspěšná. Nejčastější je korekce tvrdou kontaktní čočkou a v některých případech je indikována operace. [1,2]

#### Rohokový a čočkový astigmatismus

Nežřídka se objevuje stav, kdy oba typy astigmatismu, jak čočkový tak rohokový, dosahují výrazných hodnot. Tyto hodnoty se ale vzájemně mohou vyloučit a celkový astigmatismus oka tak může být minimální, nebo nulový. V takovém to případě může docházet ke komplikacím při aplikaci kontaktních čoček. Slzná čočka, která se vytvoří mezi vnitřní plochou kontaktní čočky a přední plochou rohovky vyhladí nepravidelnosti a tím vyloučí rohokový astigmatismus. Pokud je ovšem přítomný čočkový astigmatismus, tak dojde k jeho projevení. Nastalou situaci je možné řešit dokorekcí pomocí brýlových skel. Jak již bylo popsáno výše, u mladších lidí se často setkáváme s astigmatismem přímým, který bývá způsoben zmenšením poloměru křivosti rohovky ve vertikálním směru. Naopak s přibývajícím věkem, kdy dochází k úbytku tukové tkáně v očnici, bulbus postupně „zapadá“ a tlak horního víčka na rohovku se zmenšuje. Výsledkem je potom snížení rohokového astigmatismu a převaha astigmatismu čočkového, který bývá nejčastěji proti pravidlu.

Výsledný celkový astigmatismus  $A_{stC}$  vznikne součtem astigmatismu rohokového  $A_{stR}$ ,



astigmatismu čočkového  $Ast_C$  a astigmatismu zbytkového, který bývá zanedbatelného stupně a jeho nejčastější příčinou je šikmé uložení nitrooční čočky a nepravidelné utvoření žluté skvrny. Z výzkumů vyplývá, že přibližně u 40,3% osob je astigmatismus rohovky vyšší než astigmatismus celkový, což je způsobeno kompenzačním účinkem astigmatismu čočkového. Dále 44,3% osob vykazuje astigmatismus rohovkový stejný jako astigmatismus celkový a přibližně u 15,4% osob byl zjištěn astigmatismus celkový vyšší než astigmatismus rohovkový, což je připisováno zesilujícímu účinku astigmatismu čočkového.

Vztah mezi astigmatismem rohovkovým, čočkovým a celkovým je popisován tzv. Javalovou podmínkou. Tak je pro astigmatismus rohovkový přímý vyjádřena vztahem  $Ast_C = 1,25Ast_R - 0,5$  a pro astigmatismus rohovkový nepřímý vztahem  $Ast_C = 1,25Ast_R + 0,5$ . Astigmatismus rohovkový je stejný jako astigmatismus celkový v případě, že nitrooční čočka vykazuje svým tvarem sféricitu. V opačném případě, tedy pokud má sférický tvar rohovka, se astigmatismus čočkový podílí na astigmatismu celkovém 2/3. Vzorec pro astigmatismus čočkový je tedy  $Ast_C = 3/2(Ast_C - Ast_R)$ .

Nejvíce se na rohovkovém astigmatismu podílí její přední lámavá plocha, která je rozhraním mezi vzduchem o indexu lomu 1 a tkání rohovky s indexem lomu přibližně 1,37. Díky velkému rozdílu indexů lomů i malé změny poloměru křivosti přední plochy rohovky způsobí zanedbatelnou změnu optické mohutnosti této lámavé plochy. Zadní plocha rohovky je rozhraním mezi indexem lomu rohovky (1,37) a indexem lomu komorové tekutiny (1,336). Tento rozdíl indexů lomů je velmi minimální a proto se deformace této plochy podílí na změně optické mohutnosti zanedbatelně a nedojde ke vzniku vyššího astigmatismu než 0,1 až 0,2D. [1, 5]

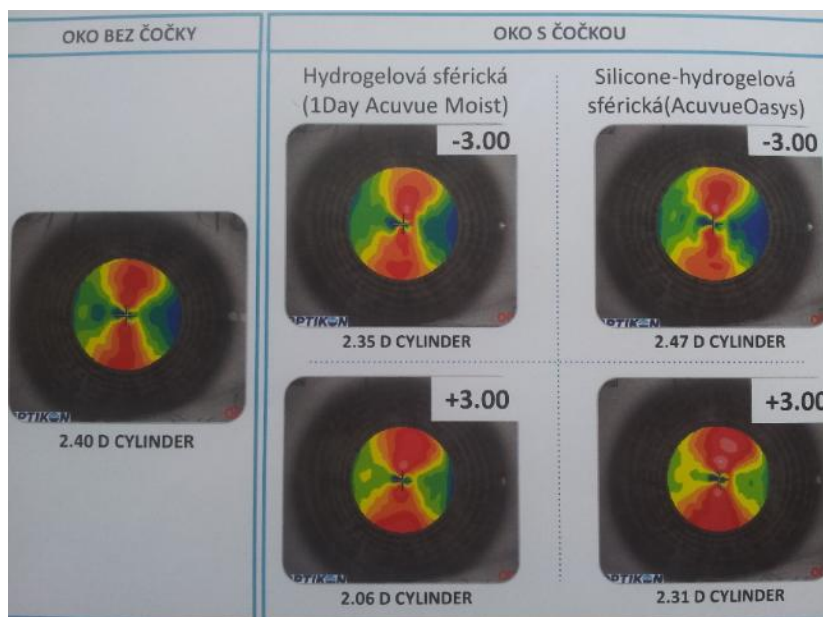
#### Korekce astigmatismu kontaktními čočkami

Při korekci astigmatismu kontaktními čočkami vycházíme z přesně naměřené brýlové korekce. Po zjištění požadované sféro-cylindrické korekce, je důležité přepsat zápis na cylindricko-cylindrický. Tím zjistíme dioptrické hodnoty ve dvou na sebe vzájemně kolmých řezech. Tento zápis je velmi významný v případě, že jedna z cylindrických hodnot je vyšší než +/-4D. V případě vyšších hodnot způsobuje změna vertex vzdálenosti (vzdálenost od vrcholu přední plochy rohovky k zadní ploše korekční čočky v brýlové obrubě) změnu požadované dioptrie kontaktní čočky o více než +/-0,25D. Změnu dioptrie lze vypočítat podle vzorce  $S'_{KC} = S'_B / (1 - \Delta d \cdot S_B)$ , kde  $S'_{KC}$  je výsledná dioptrická hodnota kontaktní čočky,  $S'_B$  je dioptrická hodnota v brýlové obrubě a  $\Delta d$  je vertex vzdálenost. V případě zjištění astigmatismu s cylindrem nižším než -0,75D je vhodné použít ke korekci sférický ekvivalent. Tedy polovinu cylindrické hodnoty přičíst k hodnotě sférické. Pokud je naměřen astigmatismus s cylindrem  $\geq -0,75D$  je vhodné aplikovat cylindrickou kontaktní čočku. [4]

#### Korekce tórickými kontaktními čočkami

Statistiky prokázali, že přibližně 47% klientů s korekcí zraku má cylindr  $\geq 0,75D$  nejméně na jednom oku a 70% klientů s astigmatismem  $\leq 0,50D$  na obou očích, přičemž nižší astigmatismus je běžnější než vyšší. Dále bylo prokázáno, že prevalence astigmatismu je asi 2x vyšší u myopů než u hypermetropů, a to konkrétně 31,7% ku 15,7%. Tržní data také ukazují, že méně než 20% měkkých čoček jsou tórické.

V dnešní době jsou kladeny vysoké nároky nejen na stabilní a ostré vidění, ale také na pohodlné nošení a zdraví očí. Na ostrosti vidění se podílí zejména precizní optika, předvídatelná orientace a stability kontaktní čočky, nezávislá na pohybu očí či hlavy. V případě pohodlnosti nošení kontaktních čoček hrají hlavní roli tenký design čočky, povrch s nízkým třením a optimální modul pružnosti. Pro zachování zdraví očí je důležitý dostatečný přísun kyslíku, nízká tvorba usazenin, krátký interval výměny a UV filtr. [7]



Obr. 2: Maskování astigmatismu sférickou kontaktní čočkou [6]

Jak je možné vidět na obrázku, tak hydrogelová ani silikon-hydrogelová čočka není schopna zamaskovat vyšší cylindr, proto je kladen velmi velký důraz na aplikaci právě tórických kontaktních čoček. K průzkumu a vyhodnocení byl použit přístroj Keratron. Přístroj byl použit pro změření cylindru bez kontaktní čočky a následně s nasazenou hydrogelovou nebo silikon-hydrogelovou čočkou. Z obrázku vyplývá, že cylindr je patrný i s kteroukoliv nasazenou kontaktní čočkou. Výsledkem toho výzkumu tedy je, že sférické čočky ze současně nejnovějších materiálů rohovkový astigmatismus výrazně nemaskují.

Je důležité uvědomit si potenciál v případě aplikace tórických čoček, protože je stále významný nepoměr mezi výskytem astigmatismu a počtem nositelů tórických kontaktních čoček. Je tedy potřeba zaměřit se na potřeby a požadavky astigmatiků a snížit tak počet přerušení nošení.

Při aplikaci tórických kontaktních čoček vycházíme z přesné aktuální refrakce, převedení brýlového zápisu podle vertex vzdálenosti na čočkový a následně aplikace čočky s cylindrem a osou co nejbližšími předpisu. Současné tórické kontaktní čočky vynikají zlepšenou výrobou, reprodukovatelností a optickou kvalitou a vylepšeným designem, který je tenčí, pohodlnější, zajišťuje rychlejší a konzistentní stabilizaci. Objevují se čočky s vylepšenými materiály, možností volby frekvence výměny a se značným rozsahem parametrů.

Nejvíce využívané designy čoček jsou prizmatický balast, dvojitá ztenčená zóna a ASD technologie, která je nejnovější a zajišťuje největší stabilitu kontaktní čočky při pohybu očí a hlavy.

Právě při aplikaci tórických kontaktních čoček je velmi důležitý čas, potřebný k jejich usazení (cca 30 min.). Po této době je potřeba vyhodnotit rotaci a orientaci čočky. Tuto změnu jsme schopni posoudit na štěrbinové lampě díky značkám vyražených na povrchu kontaktní čočky. V případě rotace po směru hodinových ručiček upravíme výslednou osu cylindru tím, že přičteme stupně, o které čočka zrotovala a v případě rotace proti směru hodinových ručiček tyto stupně odečteme. Je důležité myslet na to, že těsná čočka může zabraňovat orientaci a pomaleji se reorientovat, naopak čočka volná rotuje velmi rychle a může být nestabilní. [6, 7]

#### SEZNAM LITERATURY

- [1]ANTON, M. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. Brno: NCONZO, 2004. 96 s. ISBN 80-7013-402-X.
- [2]ESSILOR. Praktická refrakce. Listy očních optiků. Essilor International: 2007
- [3]JEXO VÁ, S. Geometrická optika. Brno: NCONZO, 2010. 218 s. ISBN 978-80-7013-521-1.
- [4]PETROVÁ, Sylvie, MAŠKOVÁ, Zdeňka a JUREČKA, Tomáš. Základy aplikace kontaktních čoček. Brno: NCONZO, 2008. 219 s. ISBN 978-80-7013-470-2.
- [5]RUTRLE, M. Brýlová optika. Brno: NCONZO, 1993. 144 s. ISBN 80-7013-145-4.
- [6]THE VISION CARE INSTITUTE OF JOHNSON AND JOHNSON S.R.O. Astigmatismus. 2015.
- [7]VRBA, Jakub. Nové poznatky o astigmatismu. Česká oční optika. Praha, 2015, č. 1, s. 84-86. ISSN 1211-233X

## Evaluation of the success of astigmatism correction using contact lenses- Bc.Vendula Prudilová

Supervisor:Mgr. Ondřej Vlasák

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

Astigmatism is reckoned as an aspherical refractive errors. When the impact of parallel rays to the eye in various meridians do not form foci in the same plane of symmetry. This phenomenon is caused by different optical power of the eye in different meridians. In the eye, which is burdened by the refractive error, is possible to find one meridian with maximum refractive effect and the second meridian with the lowest refractive effect. These meridians are called main.

The first person who described the astigmatism was English physicist Isaac Newton in 1727. In 1801 he was followed by Thomas Young, who himself suffered from astigmatism and he described this refractive defect in detail. Followed by the first correction using a cylindrical lens that was performed in 1827 by English astronomer George Biddell Airy. Subsequently, in 1864, Dutch ophthalmologist Franciscus Donders began closely deal with the clinical significance of astigmatism. [1]

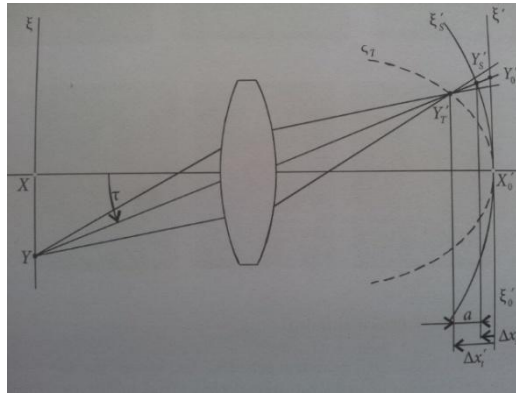
Astigmatism in terms of geometrical optics and spectacle optics

By the astigmatic subject-specific point of view does not appear as a point but as two lines. For this reason is the astigmatic non-pointdisplay. By the astigmatic display it simultaneously also comes to a flattener lens. Both phenomena occur when viewing off-axis subject-specific point narrow, monochromaticrays.

Beam of light, which are based on subject-specific point consists of the main and other rays. When passing through the paraxial area, and after passing through the optical system main beam intersects the image plane at point  $Y_0'$ . The main beam is a part of the two planes and the sagittal and tangential, which are perpendicular to one another. A tangential plane contains the subject point, the main beam and the optical axis. The main beam passes through the sagittal plane. In these two planes is the radius of curvature of the optical lens and its fragility different. Rays that pass through the sagittal and tangential plane creates two different imagepoints. Rays in the sagittal plane intersect the image plane at point  $Y_S'$  and rays in tangential plane creates a image  $Y_T'$ . The distance of these two points, which is measured in the direction of the optical axis is referred to as an astigmatic diffraction, astigmatic difference or astigmatism.

Along with astigmatism it also comes to a flattener and flattenersagittal and tangential is distinguished. As a sagittal flattener is considered distance  $\Delta x_s'$  (distance of point  $Y_S'$  and paraxial plane  $\xi_0'$ ) and a tangential flattener distance  $\Delta x_t'$  (distance point  $Y_T'$  and paraxial plane  $\xi_0'$ ). After creation of imagepoints that arose by displaying points from the subject plane, two cylindrical surfaces are formed (tangential rotational plane  $\xi_T'$  and sagittalrotational plane  $\xi_S'$ ) which touch each other at the image point situated on  $X_0'$  optical axis. The flattener of the lens in the image plane occurs because the image of the object plane which is perpendicular to the optical axis is a curved surface. Therefore it is not possible to obtain sharp images in their entirety in the image plane that is perpendicular to the optical axis. For this reason, it is an image that arises on a flat plane, focusing screen or a film, only sharp either in the center or in the periphery. After passing through the optical system has a beam an elliptical cross-section that changes in the place between the two images into circular and in imagepoints  $Y_S'$  and  $Y_T'$  are line segments being formed. In the case of subject-specific point is located at infinity, they are referred to as focal lines or focals. At the point where there are no shape image changes is the ring of smallest scattering.

Astigmatism, but also flattener lenscan be depicted graphically. On the horizontal axis is the tangential or sagittal flattener lens marked ( $\Delta x_t'$ ,  $\Delta x_s'$ ) or astigmatic difference (a) and on the vertical axis forming an angle  $\tau$  of the optical axis with the main ray of the light beam. With the increase in the angle  $\tau$  it becomes to increasing both astigmatism and the flattener lens. [3]



Picture 1: Astigmatism and flattener [3]

Astigmatic spectacle lenses vary from the spherical lenses significantly. The essential difference is in the deformation image and the structure of the observed object. Astigmatic lenses are created by the combination of astigmatic (aspherical) planes with planar plane, convex or concave. These combinations changed and developed over the history.

#### Plan-cylindrical lenses

This spectacle lenses are usually abbreviated as pl. cyl. and they are the oldest type of the astigmatic glass. This lens is formed by functional planes, which are derived from the cylinder (cylinder). Individual functional planes emerge by a section, which is kept parallel to the cylinder's axis of rotation. In case that the distance of separating plane and the cylinder axis is bigger than the radius of the cylinder concave cylindrical glass is being formed. Otherwise, if the distance of separating plane and the cylinder axis is less than the radius of the cylinder convex cylindrical glass is being formed. Within the optical effects of the cylindrical planes are determined two directions with extreme values. It is the I. and II. a major incision. Each plane that intersects the cylinder parallel to its axis, creates first major incision and its optical cardinality is minimal (zero). The second main section is formed by a plane which intersects the cylinder in a direction perpendicular to its axis and the optical capacity of this cut is at a maximum. In the plan - cylindrical glass with optical power between I and II. a major incision varies according to the formula  $\varphi_{\alpha} = \varphi'_{\max} \cdot \cos^2 \alpha$  ( $\alpha$ - angle that the respective axis press together with the axis II. of the main section). Optical power difference between the two main sections is called astigmatic difference as in case of plancylindrical lenses is directly equal to the optical power of the cylindrical plane.

#### Sfera-cylindrical lenses

In short, these lenses are called sph. cyl. This type of lenses is formed by the exchange of planar surface for a spherical surface. In comparison with the plancylindrical lens is the optical power no longer zero in the first main section, but will have a value of the spherical surface. Even this lens did not lead to the quality view by correction of ocular astigmatism, and so was replaced by a toric lens.

#### Sfera-toric lenses

The lenses, which are abbreviated as sph. tor., are in practice often called merely as toric lenses. By the construction of toric lenses have managed to eliminate a high degree of astigmatism of oblique rays, which manifested itself by view through a peripheral part of corrective lenses. Toric surface is formed by rotation of a circle outside its center, which leads to the formation of a toroidal structure, which may resemble a barrel. The toric surface differs from the cylindrical surface the most by the fact that in either direction is not the optical power zero. During the investigation it was concluded that the most effective is to combine toric surface with a spherical surface. Thus formed lenses are used today for correcting ocular astigmatism and it is possible to express the optical effect in two mutually perpendicular main sections, as the sum of optical power toric and spherical functional surfaces. [5]

#### Etiology of astigmatism

The origin of astigmatism is most often attributed to a change of curvature of the cornea in different meridians, however, lenticular astigmatism also rarely occurs.

In most cases, this is the congenital refractive defect, which is caused by an imbalance between the growth of the cornea and other refractive environment. The cause of congenital astigmatism can also be the change of strength of the eye, reduced or increased intraocular pressure, and last but not least, the pressure of eyelid. Just the pressure of the upper eyelid may be attributed to the formation of

greater physiological curvature of the cornea in the vertical meridian of the cornea, which can reach to 1D.

The changes in curvature of the cornea can also occur by the accident during ocular surgery, or various corneal diseases. This astigmatism is called acquired.

Astigmatism, whose origin is associated with an intraocular lens, is relatively rare. It can be caused both by changing the curvature of the anterior and posterior pole of the lens (lentikonus), as well as luxation or subluxation of the lens, or by changing its index of refraction especially by the starting cataracts. Because of the connection between the intraocular lens and the accommodative lens astigmatism may change due to accommodation. This condition is known as dynamic or accommodative astigmatism. [1]

#### Division of astigmatism

The basic division of astigmatism is regular and irregular astigmatism. Regular astigmatism is further divided into astigmatism simple, compound, mixed and further on astigmatism direct, indirect and oblique axes. Astigmatism can also be further divided into astigmatism cornea and lenses.

#### Regular astigmatism

As regular we denote astigmatism in case, that both main meridians are perpendicular to each other ( $90^\circ$  angle) and the refractive power is equally distributed between the two extreme values.

Regular astigmatism can be further divided according to the distribution of the two main focuses, therefore, according to refractive state of maximum and minimum meridian.

Simple astigmatism or simplex: one of the two main meridians is emmetropic and the second is myopic or hyperopic.

Compound astigmatism or compositus: both main meridians are either myopic or hypermetropic.

Mixed astigmatism or mixtus: one of the main meridians is myopic and one hyperopic.

Regular astigmatism can be further divided into astigmatism direct, indirect and oblique axes.

Direct astigmatism or by rules: meridian with maximal optical effect is oriented vertically (between  $70^\circ$  and  $110^\circ$ ). This type of astigmatism occurs more frequently among young people, and most often is caused by increased pressure of the upper eyelid and is often being compensated by lenticular astigmatism, which is oriented oppositely.

Indirect astigmatism or against the rule: meridian with maximal optical effect is oriented horizontally (between  $160^\circ$  and  $200^\circ$ ).

Oblique axes astigmatism or obliquus: two main meridians are located obliquely, approximately about  $45^\circ$  and  $135^\circ$ . [5]

#### Irregular astigmatism

Irregular astigmatism is described as a state where two main meridians do not meet at a right angle. The most common cause are the states after cornea disease, which leads to its irregular convexity. Often is present by keratoconus or may be caused by eye injuries. This type of astigmatism is very difficult to correct and correction by spectacle lenses is often unsuccessful. Frequent correction is presented by hard contact lens, and in some cases, surgery is indicated. [1, 2]

#### Corneal and lenticular astigmatism

It often occurs a state where both types of astigmatism, such as corneal lens, achieve significant values. These values, however, may disturb each other and the total astigmatism of the eye can thus be minimal or zero. In this case, it may cause complications in the application of contact lenses. Lacrimal lens, which is formed between the inner surface of the contact lens and the anterior surface of the cornea smoothes irregularities and thereby cancels out the corneal astigmatism. However, if the lens astigmatism is present, this leads to its manifestation. The situation can be solved by decorection of spectacle lenses. As described above, by younger people we often come across straight astigmatism, which is caused by decreasing the radius of curvature corneal in the vertical direction. Conversely, with increasing age, which leads to loss of adipose tissue in the eye socket, the eye gradually "fits" and the pressure of the upper eyelid to the cornea is reduced. The result is a reduction in corneal astigmatism and the superiority of lenticular astigmatism, which is usually against the rule.

The resulting overall astigmatism  $Ast_C$  arises by the sum of corneal astigmatism  $Ast_R$ , lenticular astigmatism  $Ast_L$  and residual astigmatism, which is of a negligible level and its most common cause is an oblique placement of intraocular lens and irregular formation of the yellow spot. Research shows that approximately 40.3% of the corneal astigmatism greater than the total astigmatism, which is due to the compensation effect of lens astigmatism. Furthermore, 44.3% of people showing astigmatism

corneal equal to the astigmatism total and approximately 15.4% of total astigmatism was detected higher than corneal astigmatism, which is attributed to the effect of increasing lenticular astigmatism. The relationship between corneal, lens and total astigmatism is described by the so-called Javalov's condition. So is corneal astigmatism directly expressed by the formula  $Ast_c = 1,25Ast_R - 0,5$  and corneal astigmatism indirect by formula  $Ast_c = 1,25Ast_R + 0,5$ . Astigmatism corneal astigmatism is the same as the total when the intraocular lens exhibits by its shape a sphericity. Otherwise, if cornea has a spherical shape, lens astigmatism contributes to astigmatism overall 2/3. The formula for lens astigmatism is therefore  $Ast_c = 3/2(Ast_c - Ast_R)$ .

Most of the corneal astigmatism participate its front refracting surface which is the interface between the air having a refractive index of corneal tissue 1 and a refractive index of approximately 1.37. Due to the large difference in refractive index even small changes of radius of curvature of the front surface of the cornea causes a considerable change in the optical power of the refracting surface. Posterior corneal surface is the interface between the refractive index of the cornea (1,37) and the refractive index of aqueous humor (1,336). This refractive indexes difference is really minimal and therefore the deformation of this surface contributes to the negligible change in optical power and will not occur in a higher astigmatism than 0,1 up to 0,2D. [1, 5]

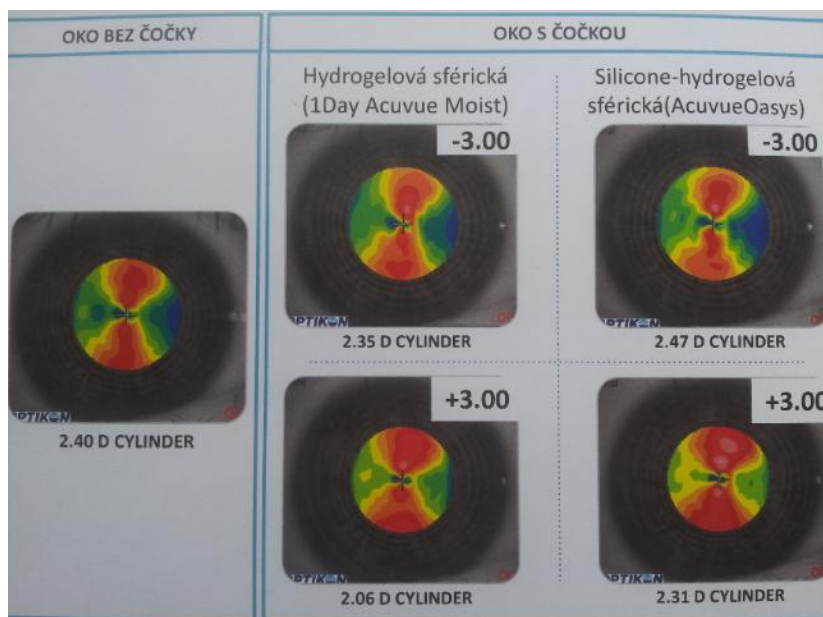
#### Correction of astigmatism by contact lenses

When correcting astigmatism by contact lenses we start from precisely measured spectacle correction. After finding the desired sphere-cylindrical correction, it is important to rewrite the writing on the cylindrical-cylindrical. Thus we find diopter values in two mutually perpendicular sections. This notation is very important in the case, that one of the cylinder value is higher than +/- 4D. In case of higher values is the change vertex distance caused (distance from the top of the front surface of the cornea to the posterior surface of corrective lenses in eyeglass frames) change required diopter lens by more than +/- 0,25D. Diopter change can be calculated using the formula  $S'_{KC} = S'_B / (1 - \Delta d \cdot S_B)$  where  $S'_{KC}$  is the resulting diopter lens value,  $S'_B$  is the diopter value of spectacle frames and  $\Delta d$  is the vertex distance. In case of astigmatism with the cylinder lower than -0,75D it is suitable to use a spherical equivalent for correction. Thus, half of the cylindrical values added to the spherical value. If the astigmatism with cylinder  $\geq -0,75D$  is measured, it is appropriate to apply a cylindrical contact lens. [4]

#### Correction by toric contact lenses

Statistics have shown that approximately 47% of clients with vision correction have cylinder  $\geq 0,75D$  at least at one eye and 70% of clients with astigmatism  $\leq 0,50D$  in both eyes, where the lower astigmatism is more common than higher. It was also shown that the prevalence of astigmatism is about 2 times higher by myopia than by hypermetropia, namely 31,7% to 15,7%. Market data also show that less than 20% of the soft lenses are toric.

Nowadays there are high demands not only on a stable and sharp vision, but also on comfortable-to-wear and eye health. The precision optics participate on sharpness of vision, predictable orientation and stability of contact lens, independent of eye movements or head. For comfortable using contact lenses, the slim design of the lens surface with low friction and optimal modulus of elasticity play a major role. To maintain eye health, the adequate oxygen, low formation of deposits, short intervals of change and a UV filter are very important.



Picture 2: Masking astigmatism by spherical contact lenses [6]

As can be seen in the picture, the hydrogel or silicone-hydrogel lens is not able to mask the upper cylinder, therefore the great emphasis on the application toric contact lenses is being put. To the exploration and evaluation was used a device called Keratron. The device was used to measure the cylinder without contact lens and then attached with the hydrogel or silicone-hydrogel lens. This picture shows that the cylinder is shown with any of the contact lenses. The result of this research shows, that spherical lenses made of the latest materials do not significantly mask the corneal astigmatism.

It is important to realize the potential in the application of toric lenses, because there is still a significant disparity between the occurrence of astigmatism and the number of users of toric contact lenses. Therefore it is necessary to focus on the needs and requirements of astigmatism and reduce the number of interruption usage.

When applying toric contact lenses, we start from the exact actual refraction, transfer of spectacle notice by vertex distance to the lens and the subsequent application of lens with the cylinder and the axis closest to the prescription. Current toric contact lenses excel in improved production, reproducibility and optical quality and improved design, that is thinner, more convenient, faster and a consistent stabilization. There are lenses with improved materials, choice of frequency exchange and a considerable range of parameters.

The most widely used lens designs are prismatic ballast, dual thinned zone and ASD technology that provides the latest and greatest stability of contact lens in the eyes or head movements.

Just by the application of toric contact lenses is required time for their establishment (30 min.) very important. After this time is important to assess the rotation and orientation of the lens. We are able to assess this change on the slit lamp thanks to brands stamped on the surface of the contact lens. In the case of clockwise rotation we adjust the final axis of the cylinder that we add stage on which lens has rotated and in case of counterclockwise rotation we subtract these stages. It is important to remember that the tight lens may prevent the orientation and slower to reorient, on the contrary free lens rotate very fast and may be unstable. [6, 7]

#### READING LIST

- [1] ANTON, M. Refractive errors and their investigative methods. Brno: NCONZO, 2004. 96 s. ISBN 80-7013-402-X.
- [2] ESSILOR. Practical refraction. Opticians papers. Essilor International: 2007
- [3] JEXOVÁ, S. Geometric optics. Brno: NCONZO, 2010. 218 s. ISBN 978-80-7013-521-1.
- [4] PETROVÁ, Sylvie, MAŠKOVÁ, Zdeňka a JUREČKA, Tomáš. Basics of application of contact lenses. Brno: NCONZO, 2008. 219 s. ISBN 978-80-7013-470-2.
- [5] RUTRLE, M. Spectacle optics. Brno: NCONZO, 1993. 144 s. ISBN 80-7013-145-4.
- [6] THE VISION CARE INSTITUTE OF JOHNSON AND JOHNSON S.R.O. Astigmatism. 2015.
- [7] VRBA, Jakub. New findings on astigmatism. Czech Optician. Praha, 2015, č. 1, s. 84-86. ISSN 1211-233X



## 16. Korelace mezi hodnotou refrakce a IQ- Bc.Petra Zámečnicková

Vedoucí práce: Mgr. Ondřej Vlasák

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

---

### Úvod

Dlouhou dobu se vedou diskuze na témata týkající se dědičnosti myopie a inteligence, zdali tyto dědičnosti jsou k sobě vázané. Cílem článku je provést pilotní studii k výzkumu zabývajících se touto otázkou. Hypotéza byla stanovena takto: Myopové mají v průměru vyšší IQ než emetropové nebo hypermetropové.

Dále článek charakterizuje refrakční vady, tedy myopii, hypermetropii a astigmatismus. Možnosti vyšetření refrakčních vad. Použití objektivních a subjektivních metod. Nastihuje základní problematiku inteligenčního kvocientu a možnost jeho testování. V závěru článku budou prezentovány průběžné výsledky pilotního výzkumu zabývajících se korelací refrakce a IQ.

### Refrakce

#### Refrakční vady

Pokud se paprsky světla procházející přes optická média (rohovka, komorová voda, čočka, sklivec) rovnoběžně s optickou osou oka potkávají na sítnici, jedná se o emetropii. Tedy o oko bez refrakční vady, kde je poměr, určující refrakci, mezi délkou oka, zakřivením lomivých médií (rohovka a čočka) a jejich optickou mohutností ideální[1,2,3].

Pokud poměr není ideální a paprsky procházející do oka se nestřetávají na sítnici, jedná se o oko s refrakční vadou, o ametropii. Refrakční vada označována jako hypermetropie, neboli dalekozrakost, je typická ohniskem procházejících paprsků za sítnicí. Kdežto myopie, nazývána též dalekozrakost, má své ohnisko před sítnicí. Vedle myopie a hypermetropie, jenž jsou řazeny mezi vady sférické, lze odlišit i vadu asférickou, tedy astigmatismus. Astigmatismus je vada, kdy rovnoběžné paprsky vstupující do oka mají v různých meridiánech (řezech) ohnisko v různé rovině, způsobuje to odlišná optická mohutnost v jednotlivých řezech optického systému[2,3,4,5].

#### Objektivní refrakce

Objektivní refrakce je způsob měření refrakčních vad bez velké pomoci vyšetřovaného, po něm může být požadována spolupráce při fixování bodu a umístění hlavy, ale subjektivní informace od pacienta o kvalitě vidění v průběhu vyšetření nejsou potřeba. Objektivní refrakce si našla stabilní pozici v celkovém vyšetření refrakčního stavu oka, neboť přináší úsporu času při subjektivní refrakci, která po ní následuje[3,5,6].

#### Automatické oční refraktometry

Už od počátku 70. let minulého století se objevují na trhu a jsou nedílnou součástí vyšetření refrakce oka. Prošly a stále procházejí řadou změn a inovací. Využívají infračervené světlo, metodiky Jacsonových zkřížených cylindrů, zamlžovací cylindrické metody nebo komplementárních testů. Při vyšetření dochází k promítnutí obrázku na retinu a pomocí detektorů je vyhodnocen odražený paprsek, jenž prošel přes optická média tam a zpět. Dle nasbíraných dat dojde k vyhodnocení objektivní refrakce oka[3,4,6].

#### Subjektivní refrakce

Subjektivní refrakce navazuje na refrakci objektivní. Vyšetření zrakové ostrosti je jedno ze základních očních vyšetření. Schopnost oka rozlišit dva body ležící u sebe se nazývá minimum separabile, neboli zraková ostrost[3,4].

Cílem subjektivní vyšetřovací metody je určení sféry, cylindru a jeho osy. Tyto metody využívají optotypů a předkládání zkušebních čoček, jenž jsou umístovány do zkušební obruby nasazené na obličej pacienta nebo pomocí foropteru, mechanického zařízení, které obsahuje sady sférických, cylindrických, prizmatických čoček a speciálních filtrů[9].

Optotypy jsou tabule, desky, displeje, TV, na kterých jsou znaky v různých velikostech. Každý symbol (písmeno, číslice, obrázek) je většinou zaznamenán do čtvercové sítě 5x5 jednotek, tloušťka čáry znaku nebo mezery odpovídá jedné jednotce. Výsledek testu je vyjádřen jako zlomek. Čítatel představuje vzdálenost klienta od optotypu a jmenovatel reprezentuje vzdálenost, ze které by emetropické oko daný znak vidělo. Například, čte-li osoba řádek 6/30 (0,2) ze vzdálenosti 6 metrů, je zraková ostrost 6/30 neboli 0,2. Z toho plyne, že tento vyšetřovaný je schopen vidět z 6 metrů optotypový znak, který vidí emetrop z metrů třiceti [3,4,7,8].

Dnes používané optotypy využívají dva principy zobrazování znaků: Snellenův optotyp a optotyp uplatňující použití logaritmické řady. Původní Snellenův optotyp měl sedm úrovní o zmenšující se velikosti. Na nejvyšší velikostní úrovni bylo pouze jedno písmeno, a menší řádky byly doplněny o jednu číslovku. Se snižující se velikostí řádku docházelo k zvyšování počtu znaků na řádek. Dnes se označení Snellenův optotyp používá pro všechny designy s jedním velkým písmenem na začátku a dále se zmenšující řádky, na kterých přibývá písmeno. Pro optotypy uplatňující použití logaritmické

řady je typické, že velikost má logaritmickou progresy, je tedy konstantní poměr mezi jednotlivými řádky (0,1 log jednotek). Na každé úrovni je zachován stejný počet znaků. Mezery mezi písmeny i mezi řádky jsou úměrné velikosti znaků. [3,5,7].

Optotypové znaky

Optotypy používající písmena, Landoltův kruh nebo Pflügerův hák jsou konstruovány do sítě pět na pět a šíře linie znaku je rovna jedné pětině šíře sítě. Optotypy používající písmena jsou vhodná pouze pro osoby ovládající abecedu, používá se patkové i bezpatkové písmo[3,5].

Landoltův kruh, nebo-li Landoltovo C, se skládá z kruhu s přerušením. Vnější průměr znaku odpovídá 5 jednotkám čtverce, vnitřní průměr odpovídá 3 jednotkám a přerušení je rovné jedné jednotce. Cílem vyšetřovaného je identifikovat umístění mezery na každém kruhu. Na rozdíl od většiny ostatních optotypů je zde rozhodující detail dobře definovatelný a jednoznačný, je to mezera v kruhu. [3,5].

Pflügerovy háky, někdy označované jako „negramotné E“. E je zobrazeno v různých směrech na každé velikostní úrovni a úkolem vyšetřovaného je určit, kterým směrem míří ramena písmena. Znak E má většinou všechny ramena stejně dlouhá a lze, stejně jako Landoltův kruh, použít pro děti a osoby, které neumí číst[3,5].

Obrázkové optotypy jsou vhodné pro malé děti. Symboly nejsou zapsány striktně do sítě pět krát pět, jsou špatně definovatelné a jejich design se liší podle autora, někteří preferují obrazy zobrazovaných předmětů, jiní siluety[5,6].

IQ-inteligenční kvocient

IQ, inteligenční kvocient, udává stupeň rozumových schopností. Dříve se IQ definovalo jako poměr mentálního věku a věku skutečného, podle vzorce[10,11]:

$$IQ = \frac{\text{mentální věk}}{\text{skutečný věk}} \cdot 100$$

Dnes už jsou výpočty pro IQ mnohem propracovanější.

Podle IQ můžeme sestavit tuto stupnici rozumových schopností[10,11]:

Nad 140	vysoká, výjimečná inteligence
Více jak 120	vysoký nadprůměr
110-120	nadprůměrná inteligence
100-110	normální, vysoce průměrná inteligence
90-100	podprůměrná inteligence
80-90	slabý podprůměr
70-80	menší stupeň slabomyslnosti
50-70	debilita, slabomyslnost
20-50	imbecilita, střední stupeň slabomyslnosti
0-20	idioti, nejtěžší stupeň slabomyslnosti

Ravenovy progresivní matrice (matice)

Progresivní matrice byly sestaveny Ravenem již v minulém století. Testovací sešit je tvořený 60 úlohami rozdělených do 5 setů (A až E) po 12 úkolech. Úloha se skládá z černobílého nákresu, v němž jedna část chybí. Úkolem vyšetřovaného je najít v nabídce 6 nebo 8 odpovědí chybějící díl, jenž dotvoří smysluplný a logický celek. Z nabízených odpovědí je vždy jen jedna správná a obtížnost matic roste, od nejjednodušších po nejtěžší. Celý test je neverbální, lze tedy říci, že se jedná o test mezinárodní. Dle Ravena zkouška měří výkon chápat tvary, jejich povahu, vztahy mezi nimi a jejich logické uspořádání. Testem nelze změřit absolutní inteligenci nebo inteligenci všeobecnou[10,11].

Vyšetřovaný dostane testovací sešit s progresivními maticemi a záznamový arch, do něhož zapisuje, dle jeho mínění, správné odpovědi. Je žádoucí, aby testovaný subjekt postupoval od první úlohy k poslední, nepřeskakoval úkoly a nevracel se k žádnému. Prvních pět matic slouží k ověření, zdali vyšetřovaný pochopil zadání, u těchto úloh je i dovoleno pomáhat. Doba trvání testu je neomezená, avšak pohybuje se mezi 30 až 40 minutami[10,11].

Výzkumná část

### 3.1. Hypotéza a cíl práce

Cílem práce je zmapovat korelaci refrakčních vad a IQ na vybraném vzorku probandů. A následné porovnání se studii zabývající se obdobným tématem. Pro naplnění cíle práce byla stanovena tyto hypotézy:

Myopové mají v průměru vyšší IQ než emetropové nebo hypermetropové.

Metodika práce

V článku je popsán výzkum zabývající se korelací refrakčních vad a IQ. Data budou shromážděna během vyšetření skládající se z objektivní a subjektivní refrakce a testování pomocí Ravenových

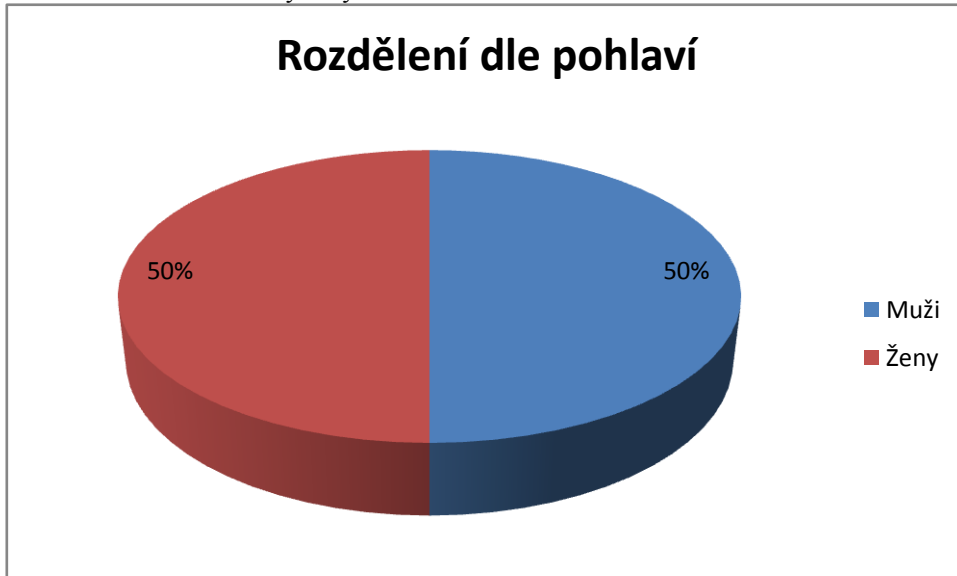
standardních progresivních matric v Optice D+P,s.r.o. (v pobočkách Tábor a Soběslav). Data budou pořízena v průběhu roku 2015. Do pilotní studie byl zahrnut každý proband nad 15 let, u něhož byla změřena velikost refrakční vady a otestováno IQ. Výsledky studie jsou dále prezentovány v grafech a porovnány s ostatními studiemi, týkajícími se korelace refrakčních vad a IQ.

Pod pojmem myop se ve studii rozumí člověk s myopií nebo s myopickým astigmatismem. Pod pojmem hypermetrop se ve studii rozumí jedinec s hypermetropií nebo s hypermetropickým astigmatismem. Astigmatická složka vady je na sférickou přepočtena pomocí principu sférického ekvivalentu. Proband je hodnocen podle oka se závažnější vadou.

Pro Ravenovy progresivní matrice neexistují normy pro současnou populaci, naposledy vydané normy jsou zastaralé. V rámci výzkumu tuto skutečnost můžeme zanedbat, protože jde o porovnání inteligence mezi zkoumanými probandy, ne o porovnání vůči celé populaci.

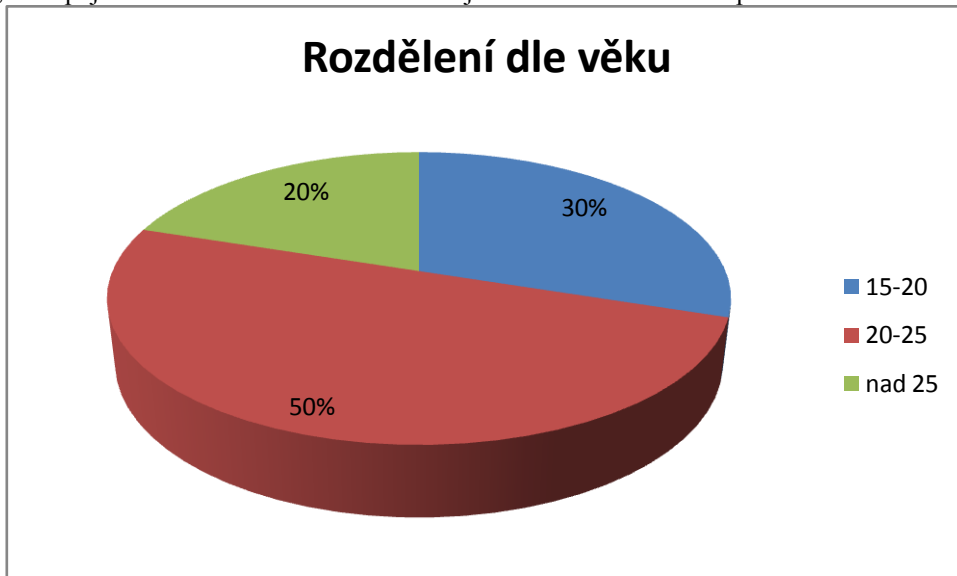
Zkoumaný vzorek

Pilotní studie byla provedena na vzorku deseti lidí. Zastoupení žen a mužů bylo stejné, tedy 50% jedinců tvořili muži a 50% tvořily ženy.



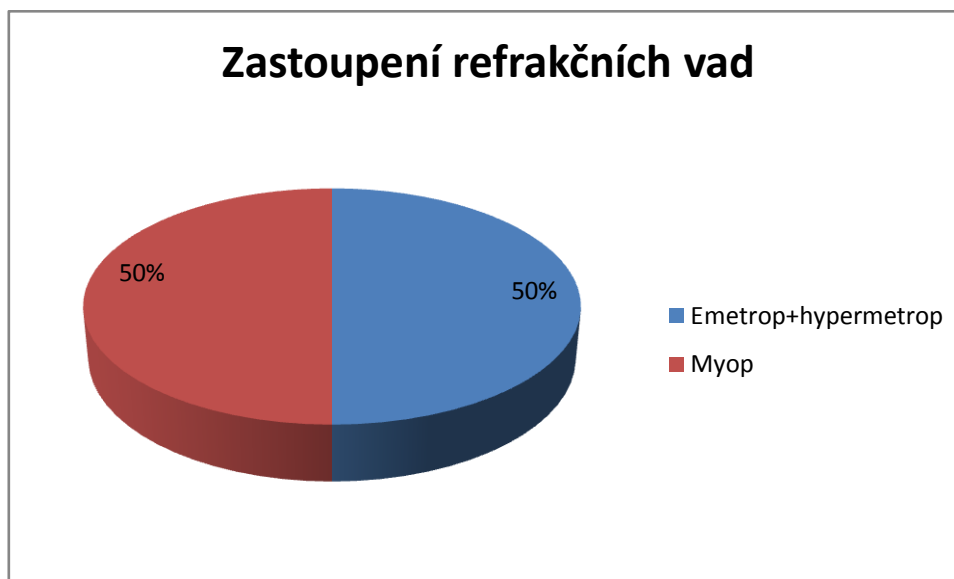
Graf č.1: Zastoupení mužů a žen v pilotní studii

Následující graf zobrazuje zastoupení jednotlivých věkových skupin probandů. Pět jedinců je ve věku 20 až 25 let, společně tvoří polovinu vzorku. Druhou nejpočetnější skupinou je věková kategorie 15 až 20 let, zastupující 30% z celkového vzorku. 20% jedinců se nachází ve skupině nad 25 let.



Graf č.2: Zastoupení probandů ve studii dle věku

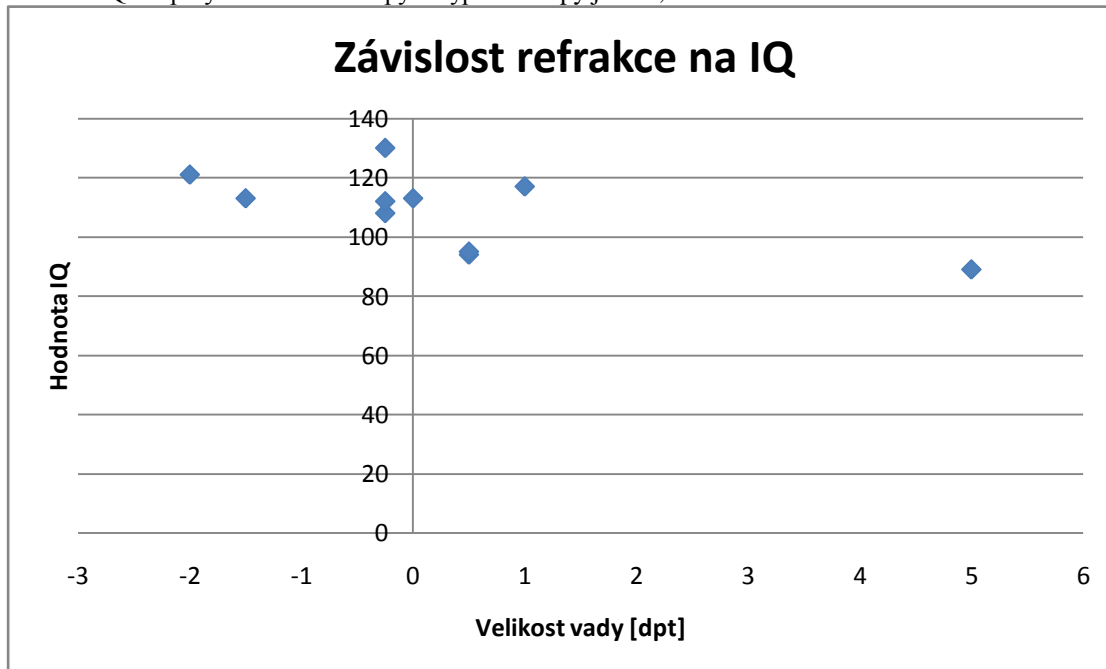
Pilotní vzorek byl vybrán tak, aby zastoupení myopů tvořilo 50% ze všech jedinců. Druhou polovinu pak tvoří emetropové s hypermetropové. Toto rozdělení je vyobrazeno v následujícím grafu.



Graf č.3. Zastoupení refrakčních vad v pilotní studii

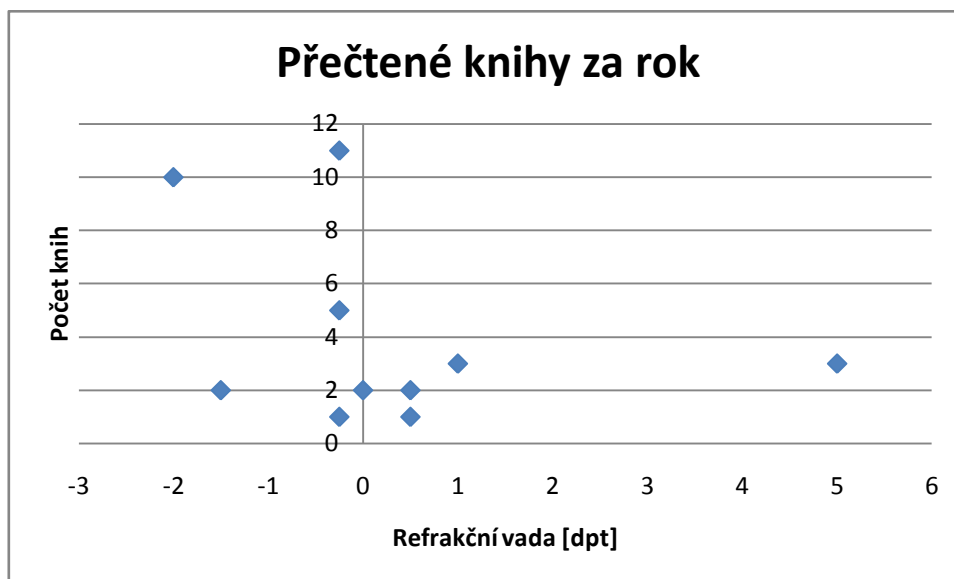
#### Výsledky pilotní studie

Následující graf zaznamenává závislost refrakční vady na hodnotě IQ. Velikost IQ u zkoumaného vzorku se pohybuje v rozmezí 89-130. V levé polovině grafu jsou zaznamenány hodnoty pro jedince s myopií a v pravé polovině hodnoty pro emetropy a hypermetropy. Z daného grafu vyplývá skutečnost, že probandi s krátkozrakostí dosahují lepšího výsledku v IQ testu oproti jedincům bez refrakční vady nebo s dalekozrakostí. Zatímco průměrné IQ myopa ve vzorku je 116,8, průměrná hodnota IQ skupiny tvořené emetropy a hypermetropy je 101,6.



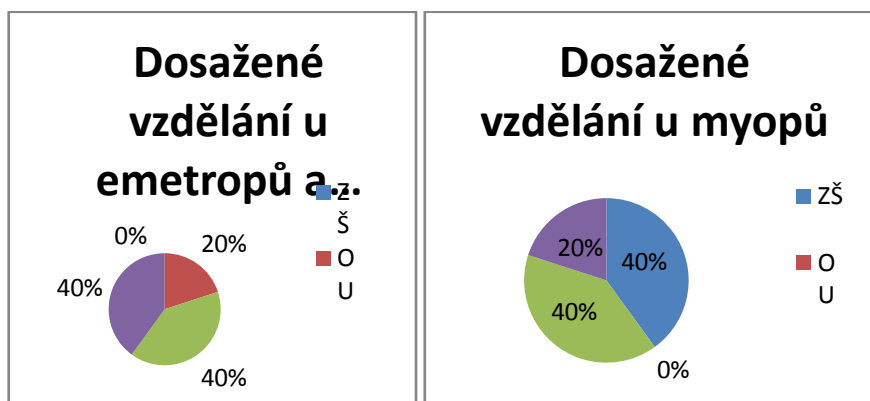
Graf č.4: Závislost velikosti refrakční vady na IQ

Studie se také zabývá porovnáním refrakční vady a počtem přečtených knih za rok, neboť inteligence je do značné míry ovlivněná vzděláním. Z následujícího grafu vyplývá, vyšší čtenářská aktivita u jedinců s myopií oproti osobám s emetropií či hypermetropií.



Graf č.5: Poměr mezi refrakční vadou a přečtenými knihami

Následující dvojice grafů zaznamenává dosažené vzdělání vzhledem k refrakční vadě. Z grafů lze vyčíst vyšší vzdělání u lidí s hypermetropií nebo emetropií, mohlo by se tedy zdát, že hodnota IQ nesouvisí se vzděláním, ale pravděpodobně je tento fakt způsoben průměrně nižším věkem probandů ve skupině myopů, tedy mladší myopové, ještě vzhledem k věku, nemohli dosáhnout vyššího vzdělání.



Grafy č. 6 a 7: Maximální dosažené vzdělání u emetropů a hypermetropů, Maximální dosažené vzdělání u myopů

#### Diskuze výsledků

Z pilotní studie plyne souvislost mezi IQ a refrakční vadou. Průměrné IQ myopa ve vzorku je 116,8, zatímco průměrná hodnota IQ skupiny tvořené emetropy a hypermetropy je 101,6. Stejného závěru se dobraly studie Jensena, které potvrdily, že myopové mají v průměru o několik bodů vyšší IQ než emetropové nebo hypermetropové. Studie provedená v Singapuru kolektivem autorů prokázala také vyšší hodnoty IQ u myopů, tato studie byla zaměřena na děti školního věku. Singapurská studie porovnávala i IQ s počtem přečtených knih a došla k závěru, že děti s vyšší myopií přečtou průměrně více knih[12,13].

#### Závěr

Cílem článku bylo seznámit čtenáře s pojmy, jako jsou refrakční vada a inteligence, objasnit jejich dělení a metody vyšetření. Nastínit vztah mezi refrakcí a IQ. V rámci práce byla stanovena hypotéza: Myopové mají v průměru vyšší IQ než emetropové nebo hypermetropové. A provedena pilotní studie, jež tuto hypotézu potvrdila. Na pilotní studii chci navázat ve své diplomové práci, kde chci výzkum dále rozvíjet a rozšířit. Průběžné výsledky budou prezentovány na 6. celostátní studentské konferenci optometrie a ortoptiky, 15. října 2015.

#### Citace

- [1] ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2006, 373 s. ISBN 80-246-1213-5.
- [2] AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ. Nauka o zraku. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2002, 226 s. ISBN 80-701-3362-7.
- [3] ZÁMEČNÍKOVÁ, Petra. Výskyt refrakčních vad u dětí a jejich korekce. Kladno, 2014. Bakalářská práce. FBMI, ČVUT v Praze. Vedoucí práce Mgr. Markéta Žáková.
- [4] ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 3. přeprac. vyd. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004, 96 s. ISBN 80-701-3402-X.
- [5] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. Borish's clinical refraction. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006, xviii, 1694 p. ISBN 07-506-7524-1.
- [6] RUTRLE, Miloš. Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometry a oftalmology. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, 189 s. ISBN 80-701-3301-5.
- [7] KRAUS, Hanuš. Kompendium očního lékařství. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1997, 341 s. ISBN 80-716-9079-1.
- [8] STEIN, Harold A., Raymond M. STEIN a Melvin I. FREEMAN. The ophthalmic assistant: a text for allied and associated ophthalmic personnel. 8th ed. Philadelphia: Elsevier Mosby, 2006, xviii, 871 p. ISBN 0-3230-3330-X.
- [9] MICHAEL BASS, editor-in-chief, Jay M. associate editor JAY M. ENOCH a associate editor VASUDEVAN LAKSHMINARAYANAN. Handbook of optics. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2010. ISBN 978-007-1629-287.
- [10] RAVEN, J.C., J.H. COURT a K. HENNELOVÁ (překl.). Ravenove standardní progresivní matice. Bratislava: Psychodiagnostika Bratislava, 1991.
- [11] RAVEN, J.C., J.H. COURT a K. HENNELOVÁ (překl.). Ravenove standardní progresivní matice: Testovací zošit. Bratislava: Psychodiagnostika Bratislava, 1991.
- [12] Cohn SJ, Cohn CM, Jensen AR. Myopia and intelligence: a pleiotropic relationship? Hum Genet. 1988 Sep;80(1):53-8. PubMed PMID: 3417304.
- [13] SEANG-MEI SAW; SAY-BENG TAN; DANIEL FUNG; KEE-SENG CHIA; DAVID KOH; DONALD T. H. TAN; RICHARD A. STO. IQ and the Association with Myopia in Children. IOVS. 2004, roč. 45, č. 9.

## Correlation between refraction value and IQ- Bc.Petra Zámečnicková

Supervisor: Mgr. Ondřej Vlasák

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

### Introduction

For a long time, discussions on topics related to heredity of myopia and intelligence, whether these are heredity tied together. This article aims to conduct a pilot study to research dealing this question. The hypothesis was established: Myopic people have a higher average IQ than emmetropic or hyperopic people.

The article also describes the refractive errors: myopia, hyperopia and astigmatism. Options examinations refractive errors. Using objective and subjective methods. It outlines the basic problems of intelligence quotient and the possibility of testing. In conclusion, the article will be presented interim results of the pilot study regarding the correlation of refraction and IQ.

### Refraction

#### The Refractive Errors

If light rays passing through the optical media (cornea, aqueous humor, lens, vitreous) parallel to the optical axis of the eye to meet on the retina, it is an emmetropia. It is an eye without refractive error. The ratio between the length of the eye, the curvature of refractive media (cornea and lens), and their optical power is ideal [1,2,3].

If the ratio is not ideal, and the rays passing through the eye on the retina do not interfere, it is a refractive error of the eye, the ametropia. The refractive error referred to as hyperopia, or farsightedness, a typical light rays focus behind the retina. And myopia, also known as farsightedness, has its focus before the retina. Myopia and hyperopia are ranked among the spherical defects. Astigmatism is an aspherical defect. Astigmatism is a defect when the parallel rays entering in the eye are in different meridians outbreak in a different plane, this causes different optical power in the different sections of the optical system [2,3,4,5].

#### The Objective Refraction

Objective refraction is how to measure refractive errors without much help examined. After the patient may be required to cooperate in the fixing point and the placement head, but subjective information from the patient about the quality of vision in the course of investigation are not needed. Objective refraction found a stable position in the overall examination of the refractive state of the eye, as it saves time during subjective refraction.[3,5,6].

#### The Automatic Eye Refractometers

Automatic eye refractometers appear on the market since the early 70s and they are an integral part of refraction of the eye. They have gone through and are still going through a lot of changes and innovations. They use infrared light, the methodology Jackson's crossed cylinders, cylinder fogging method or complementary tests. When the examination is to project the image on the retina using a detector evaluates the reflected beam that passed through the optical media back and forth. According to the collected data will be evaluated objective refraction[3,4,6].

#### The Subjective Refraction

Subjective refraction follows the objective refraction. Visual acuity is one of the basic eye examination. Minimum separabile is called the eye's ability to distinguish between two points lying at each other. Minimum separabile means visual acuity [3,4].

The aim of the subjective examination methods is to determine the sphere, cylinder and axis. These methods used presenting optotypes and test lenses, which are placed in the test frame or using phoropter. It is the mechanical device which comprises a set of spherical, cylindrical, prismatic lenses and special filters [9].

Optotypes are boards, panels, displays, TVs, on which the characters are in different sizes. Each symbol (letter, number, figure) is usually recorded in a square grid of 5x5 units, line thickness, or the character spacing corresponds to one unit. The test result is expressed as a fraction. Nominator represents the distance of the client from the tests and the denominator represents the distance from which the emmetropic eye saw the character. For example, if a person reads a line of 6/30 (0.2) from a distance of six meters, the visual acuity of 6/30 or 0.2. It follows that the examinee is able to see from six meters optotypes character who sees emmetropic eye of thirty meters [3,4,7,8].

Today, used eye chart used two principles the characters: The Snellen test type and test type exercising using a logarithmic series. Original Snellen optotype have seven levels of decreasing size. At the highest level, the size was only one letter, and smaller lines were supplemented by one numeral. The decreasing size of the line there was increase in the number of characters per line. Today, the Snellen test type designation used for all designs with a single capital letter at the beginning and decreasing lines that increasing the letter. Optotypes for applying logarithmic range is typical that the size has a logarithmic progression is thus a constant ratio between the individual lines (0.1 log). At each level is maintained the same number of characters. Spacing between letters between the lines are proportional to the size of the characters.[3,5,7].

### The Optotypes Signs

Optotypes using letters, Landolt's circle or Pflüger's symbols are designed into the network five to five and a line width character equals one fifth of the breadth of the network. Eye chart using the letters are only suitable for the person controlling the alphabet used serif and sans serif[3,5].

Landolt's circle, Landolt's C, consists of a ring with interruptions. The outer diameter of the character corresponding to 5 units of square inner diameter corresponding three interruption units and is equal to one unit. The aim is examined to identify locations on each ring gap. Unlike most other optotypes is a crucial detail is well defined and clear, this is a gap in the ring.[3,5].

Pflüger's hooks, sometimes termed "illiterate E". E is displayed in the different directions at each high level task is examined to determine which direction pointing shoulders letters. E character is usually all equally long arms and can, like Landolt's circle, used for children and people who cannot read[3,5].

Picture optotypes are suitable for small children. Symbols are written strictly to the net five times five, are ill-defined and their design varies according to the author, some prefer images displayed objects, silhouettes others[5,6].

### IQ

IQ, intelligence quotient, it indicates the degree of cognitive ability. Previously IQ defined as the ratio of mental age and actual age, according to the formula [10,11]:

$$IQ = \frac{\text{mental age}}{\text{real age}} \cdot 100$$

Today, the calculations for the IQ more sophisticated.

According IQ we can build this scale of intellectual abilities [10,11]:

140 more	high, exceptional intelligence
120-140	high above average
110-120	above average intelligence
100-110	normal, high-average intelligence
90-100	below average intelligence
80-90	substandard weak
70-80	lesser degree of idiocy
50-70	debility, imbecility
20-50	imbecility, middle level idiocy
0-20	idiots to serious mental decline

### The Raven's Progressive Matrices

Progressive matrices were compiled by Raven in the last century. Test workbook is composed of 60 tasks divided into five sets (A to E) of 12 tasks. The task consists of a monochrome drawing, in which one part is missing. The task of the investigation is to find the menu 6 or 8 replies missing piece that



will complete a meaningful and logical whole. From all the answers is always only one correct and matrices growing difficulty, from easiest to hardest. The entire assay is nonverbal, it can say that it is an international test. According Raven's test measures the performance to understand shapes, their nature, their relationships and their logical arrangement. Test does not measure the absolute intelligence or general intelligence [10,11].

The patient gets a test workbook with progressive matrices and answer sheet to which writes the correct answer. It is desirable that the test subject has progressed from the first to the last task, not to skip the tasks and not to return to none. The first five matrices are used to verify whether the examinee to understand the assignment, with those tasks is also allowed to help. The duration of the test is limitless, but ranges between 30 to 40 minutes [10,11].

### The Research Section The Hypothesis

The aim is to map the correlation of refractive errors and IQ on a selected sample of subjects. A comparison with studies dealing with the same topic. To fulfill the objectives of the work was determined gone hypothesis:

People with myopia have a higher average IQ than emetropic or hypermetropic people.

### The Methodology of the Work

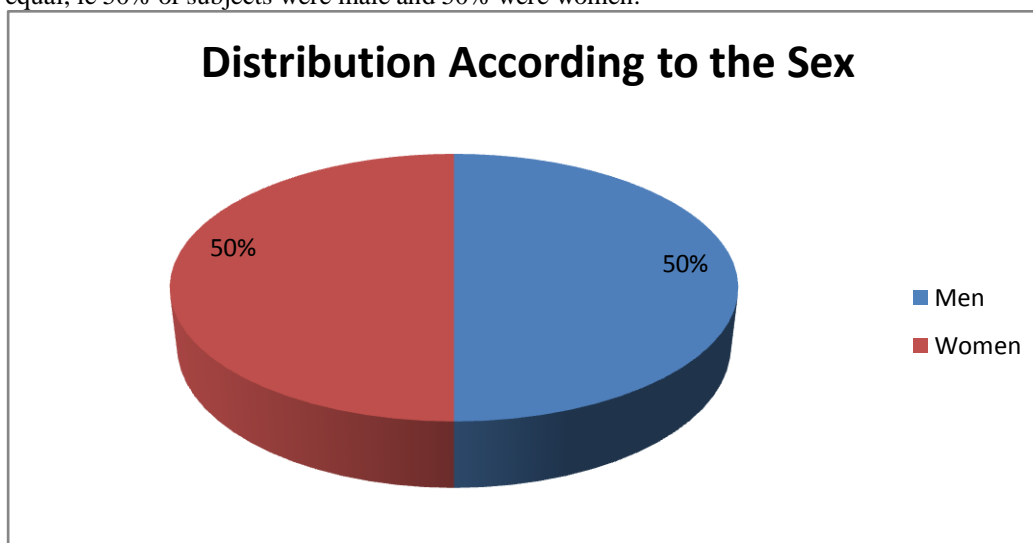
The article describes research into the correlation of refractive defects and IQ. Data will be collected during an examination consisting of objective and subjective refraction and testing Ravens Standard Progressive Matrices in Optics D + P, s.r.o. (branches in Tabor and Sobeslav). Data will be taken during 2015. The pilot study was included in each probands over 15 years old, which has been measured by the size of refractive errors and tested IQ. The study results are also presented in graphs and compared with other studies regarding the correlation of refractive errors and IQ.

The term myopic man in the study means a person with myopia or myopic astigmatism. The term hyperopic man in the study means a person with hyperopia or hyperopic astigmatism. Astigmatic component defects for spherical recalculated using the principle of spherical equivalent. Probands are evaluated by eye to more serious faults.

For Raven's Progressive Matrices standards does not exist for the current population, recently published standards are outdated. The research of this fact can be ignored because it is a comparison between examined probands intelligence, not compared to the whole population.

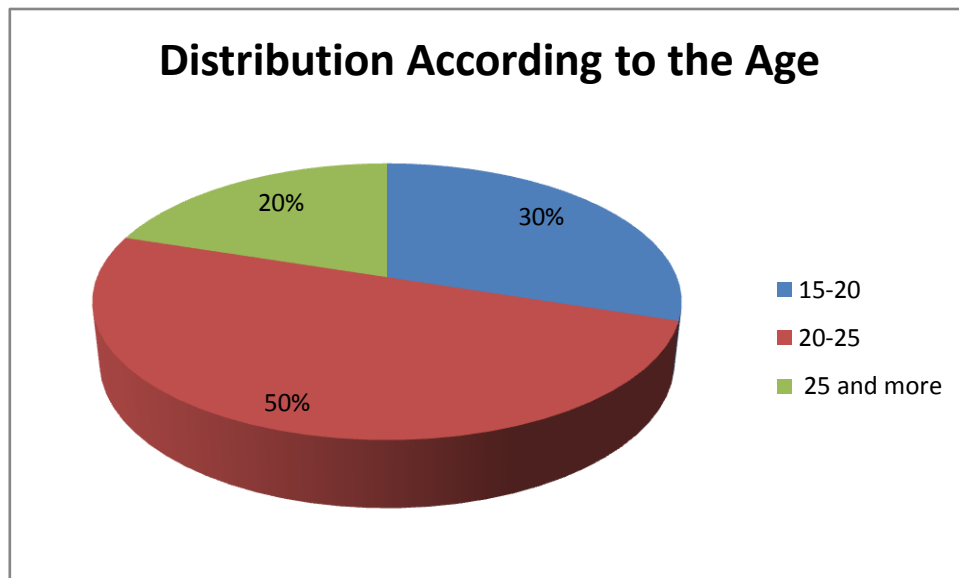
### The Research Sample

A pilot study was conducted on a sample of ten people. Representation of women and men were equal, ie 50% of subjects were male and 50% were women.



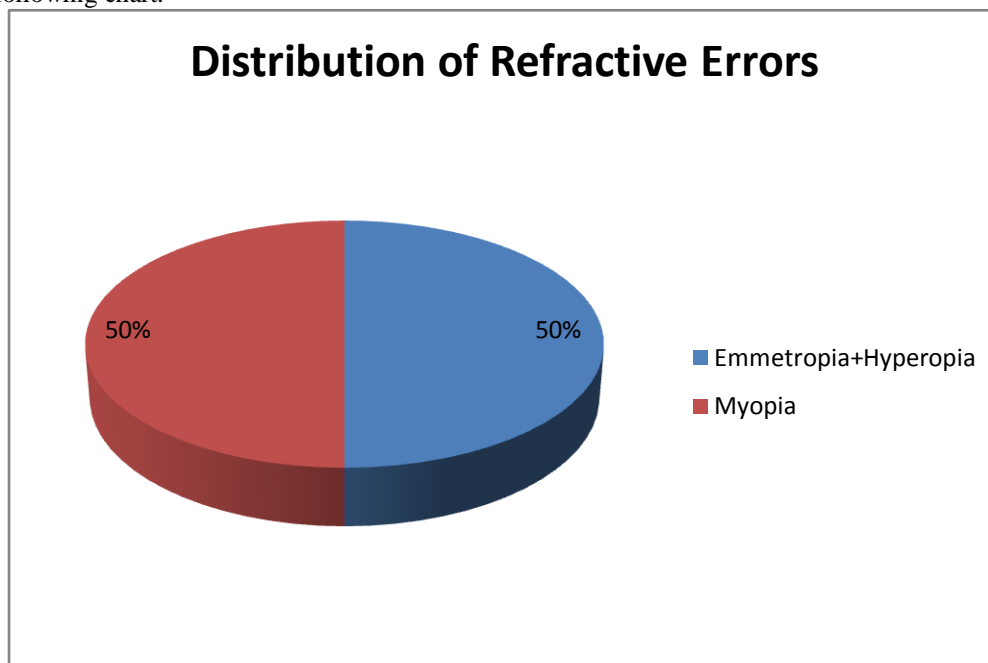
Graph 1: Distribution of men and women in the pilot study

The following graph shows the distribution of age groups probands. Five subjects, aged 20-25 years, together make up half of the sample. The second largest group is the age category 15-20 years, representing 30% of the total sample. 20% of individuals located in the group above 25 years.



Graph 2: Representation of the subjects in the study by age

The pilot sample was chosen so that the proportion of people with myopia accounted for 50% of all individuals. The other half consists of people with emmetropia or hyperopia. This distribution is shown in the following chart.

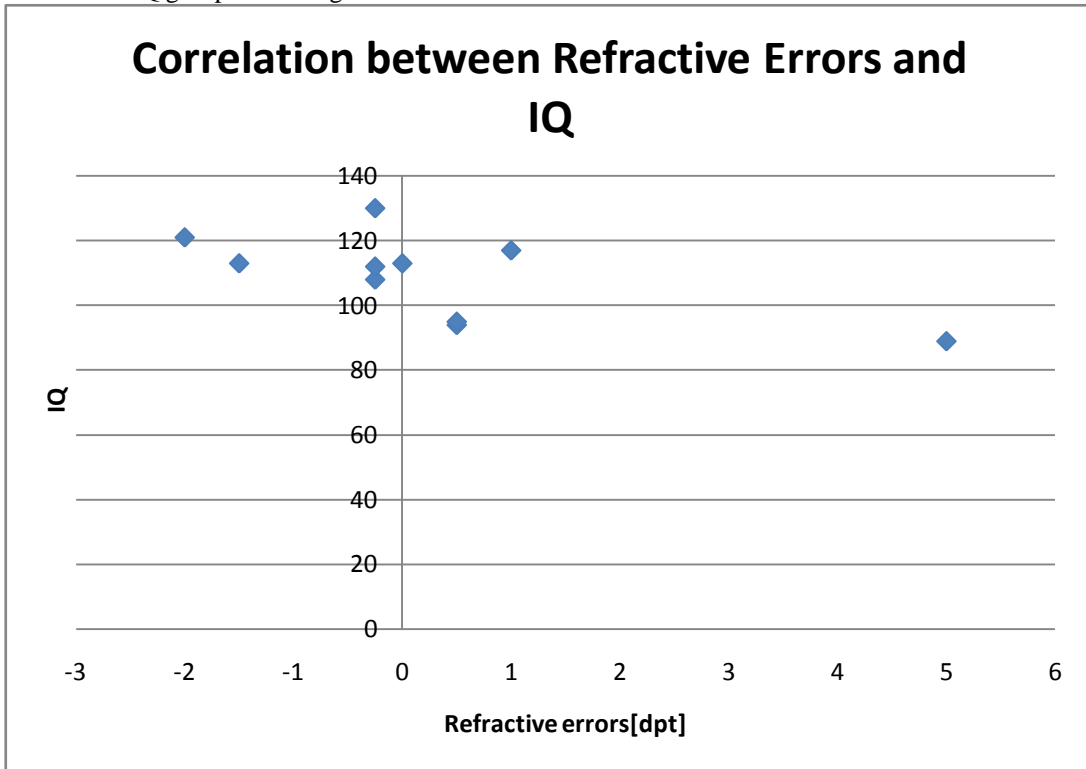


Graph 3. Representation refractive errors in a pilot study

#### The Results of the Pilot Study

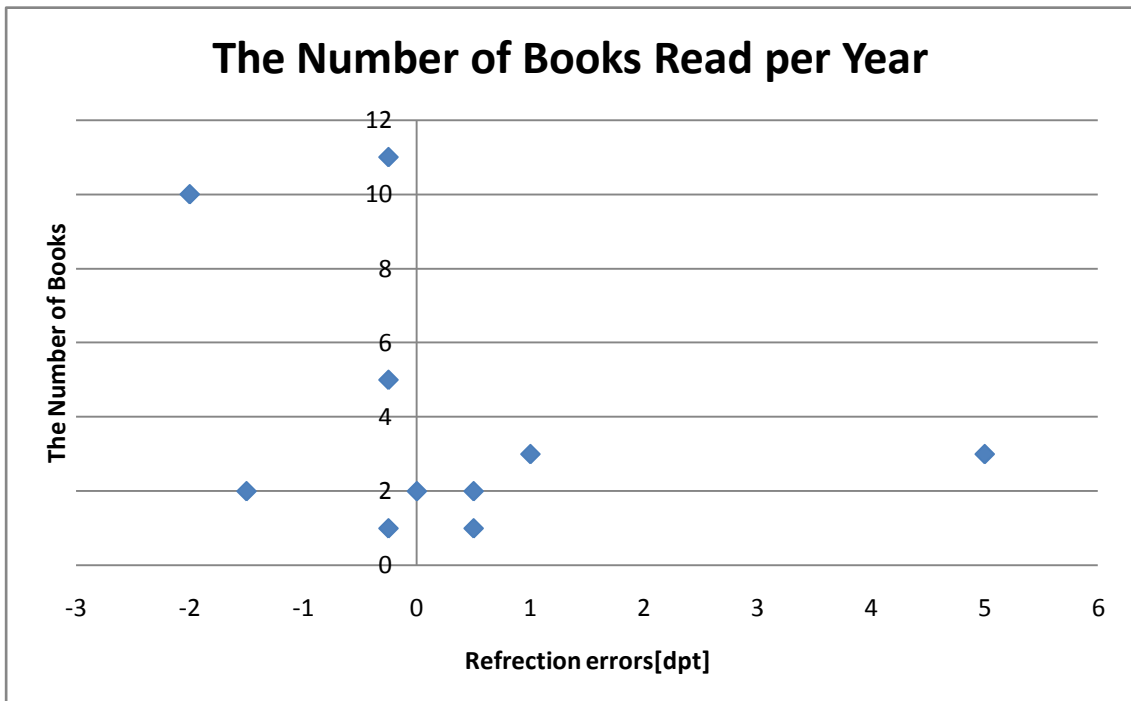
The following chart records the dependence of refractive error on the value of IQ. IQ for the sample is in the range from 89 to 130. In the left half of the graph below, the values for individuals with myopia and the right half of the value of people with emmetropia and hyperopia. From the graph shows that probands with myopia achieve better results in IQ tests compared with individuals without refractive errors, or farsightedness. The average IQ of people with myopia in a sample is 116.8, the average

value of the IQ group consisting others is 101.6.



Graph 4: Dependence size refractive errors on IQ

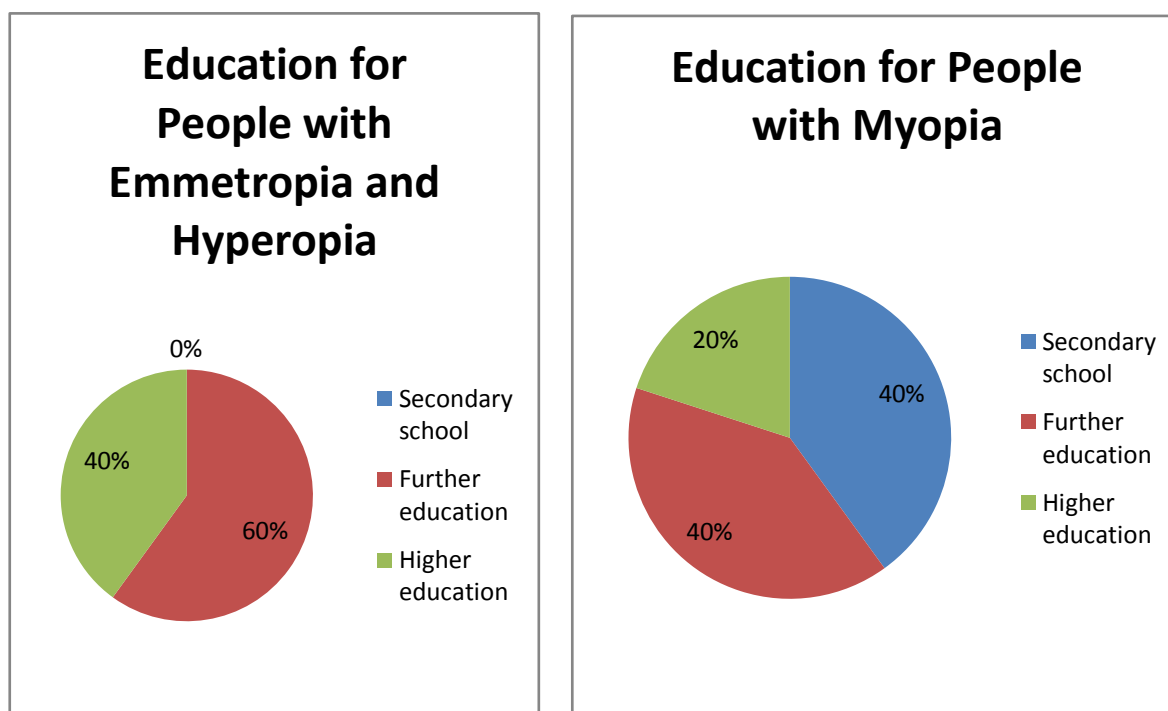
The study also presents a comparison of refractive error and the number of books read in a year, because intelligence is largely influenced by education. The chart below shows, the higher reading activities for individuals with myopia compared to persons with emmetropia and hyperopia.



Graph 5: Ratio between refractive error and the read books

The following pair of graphs Records education due to refractive error. The graphs can be read higher education for people with hyperopia or emmetropia, it might seem that the value of IQ is not related to education, but this fact is probably due to the lower average age of subjects in the group of people with myopia, that younger myopic people, yet with respect to age, could achieve higher education.

Graphs 6 and 7: Maximum level of education for people with hyperopia and emmetropia, maximum educational attainment in myopic people



### The Discussion of Results

The pilot study follows correlation between IQ and refractive error. The average IQ of myopic people is 116.8 in the sample, while the average value of IQ group consisting of people with emmetropia or hypermetropia is 101.6. Jensen's studies have the same results, that myopic people have a few points higher IQ than emmetropic and hyperopic people. A study conducted by the Singapore team of authors also demonstrated that the higher the IQ of myopic humans, this study was focused on school-age children. Singapore's study compared the IQ and the number of books read and concluded that children with higher average myopia read more books [12,13].

### Conclusion

The aim of the article was to inform the reader about terms such as refractive error and intelligence, to explain their division and methods of the examination. Foreshadow the relationship between IQ and refractions. The hypothesis was formulated in this work: Myopic people have an average IQ higher than emmetropic and hyperopic people. A pilot study confirmed this hypothesis. I want to continue in the study in my diploma thesis, in which I want to research, develop and expand. Interim results will be presented at the 6th National Student Conference of Optometry and Orthoptics, October 15, 2015.

### The Citation

- [1] ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2006, 373 s. ISBN 80-246-1213-5.  
 [2] AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ. Nauka o zraku. 1. vyd. Brno: Institut pro další

- vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2002, 226 s. ISBN 80-701-3362-7.
- [3] ZÁMEČNÍKOVÁ, Petra. Výskyt refrakčních vad u dětí a jejich korekce. Kladno, 2014. Bakalářská práce. FBMI, ČVUT v Praze. Vedoucí práce Mgr. Markéta Žáková.
- [4] ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 3. přeprac. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004, 96 s. ISBN 80-701-3402-X.
- [5] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. Borish's clinical refraction. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006, xviii, 1694 p. ISBN 07-506-7524-1.
- [6] RUTRLE, Miloš. Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometry a oftalmology. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, 189 s. ISBN 80-701-3301-5.
- [7] KRAUS, Hanuš. Kompendium očního lékařství. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1997, 341 s. ISBN 80-716-9079-1.
- [8] STEIN, Harold A., Raymond M. STEIN a Melvin I. FREEMAN. The ophthalmic assistant: a text for allied and associated ophthalmic personnel. 8th ed. Philadelphia: Elsevier Mosby, 2006, xviii, 871 p. ISBN 0-3230-3330-X.
- [9] MICHAEL BASS, editor-in-chief, Jay M. associate editor JAY M. ENOCH a associate editor VASUDEVAN LAKSHMINARAYANAN. Handbook of optics. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2010. ISBN 978-007-1629-287.
- [10] RAVEN, J.C., J.H. COURT a K. HENNELOVÁ (překl.). Ravenove standardní progresivní matice. Bratislava: Psychodiagnostika Bratislava, 1991.
- [11] RAVEN, J.C., J.H. COURT a K. HENNELOVÁ (překl.). Ravenove standardní progresivní matice: Testovací zošit. Bratislava: Psychodiagnostika Bratislava, 1991.
- [12] Cohn SJ, Cohn CM, Jensen AR. Myopia and intelligence: a pleiotropic relationship? Hum Genet. 1988 Sep;80(1):53-8. PubMed PMID: 3417304.
- [13] SEANG-MEI SAW; SAY-BENG TAN; DANIEL FUNG; KEE-SENG CHIA; DAVID KOH; DONALD T. H. TAN; RICHARD A. STO. IQ and the Association with Myopia in Children. IOVS. 2004, roč. 45, č. 9.

## 17. Stáž na Kypru v Pantheo Eye Centre- Bc. Lucie Patočková

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

---

Jak jsem stáž získala:

Již druhým rokem jsem členem mezinárodní studentské organizace IAESTE Czech Republic. Jedním z projektů a naším nejvýznamnějším posláním je zajišťovat studentům především technických oborů praxi v zahraniční firmě. Tento systém funguje na principu reciprocity. To znamená, že chodíme na osobní schůzky do českých firem, kde nabízíme projekty naší organizace a také právě Mezinárodní program stáží. Když firma projeví zájem o zahraničního stážistu, tak s ní sepíšeme tzv. O-form, formulář s požadavky na obor studia a kvalifikaci daného studenta. Právě tyto o-formy poté vyměňujeme na mezinárodní výroční konferenci IAESTE, která se koná většinou na přelomu ledna a února. Systém je nastavený tak, že všechny praxe získané do této konference se vyměňují kus za kus. Příkladem je například vyměňování praxe s Indií, kdy my jim dáme praxi v jedné české firmě a oni nám naopak dají praxi v jedné indické firmě. Tím se umožní vyjet na zahraniční stáž jednomu českému studentovi do Indie a indickému studentovi přijet k nám. Nestihne-li se celý proces s firmou uzavřít před výroční konferencí, tak se stáž nabízí všem členským zemím, kterých je v současné době 86.

Za svoji velmi aktivní práci v organizaci mi byla umožněna účast v podobě delegáta za Českou republiku na této konferenci. A právě zde mi Demetra Valtas, zástupkyně kyperského IAESTE, pověděla o firmě shánějící na stáž optometristu. Problém byl v tom, že ještě nebyli rozhodnutí na sto procent, a tak ani nebyl vystavený o-form pro výměnu kus za kus. Případná stáž se tedy nabídne všem členským zemím. Ještě ten den jsem sepsala svůj životopis a motivační dopis v angličtině a přes Demetru jej zaslala firmě. Pak už mi nezbývalo nic, než čekat.

Přibližně za 14 dní po odeslání životopisu mi volala Demetra, že si se mnou firma přeje mít skype hovor. Pečlivě jsem se na něj připravila a raději svůj skype zapnula o 30 minut dříve. Jaké bylo mé překvapení, když jsem měla 4 nepřijaté hovory. S uvědoměním si, že je na Kypru pravděpodobně o hodinu více, jsem začala hovor s obrovskými omluvami. Vše bylo ihned odpuštěno a po základních otázkách ohledně mých znalostí a zkušeností mě zástupci firmy schválili jako trainee letní stáže.

Po zaslání oficiálních akceptačních formulářů od IAESTE, jsem měla 14 dní na vyplnění. Jednalo se především o zadání osobních údajů, přesné datum mého započatí a ukončení stáže, výpis známek a potvrzení o studiu v angličtině a zaslání poplatku za zprostředkování stáže. V druhém kroku jsem si musela zakoupit letenku a zdravotní pojištění.

Základní údaje o firmě Pantheo Eye Centre:

Pantheo Eye Centre je soukromá klinika nacházející se v kyperském městě Limassol (řecky Lemesos). Má pět plus jedna základních oddělení.

Prvním oddělením je operační sál, který se skládá ze tří samostatných sálů, ve kterých se provádí různé operace předního segmentu počínaje a zadního segmentu konče.

Druhým oddělením je sál pro refrakční chirurgii.

Třetím a významným oddělením je ortoptické pracoviště, které je hned vedle ambulance dětského očního lékaře. Pracují zde 2 ortoptistky z celkového počtu 4 lidí s ortoptistickým vzděláním na Kypru.

Čtvrtým pracovištěm je oddělení okuloplastiky. Toto pracoviště se zabývá léčbou abnormalit víček, obočí, očních tkání a slzného systému.

Páté oddělení a místo mého působení je optometrické pracoviště, které se skládá ze 4 hlavních místností. První místnost obsahuje pascal laser, perimetr a orbscan. Druhá místnost šterbinovou lampu, manuální fokometr a zkušební sadu. Třetí místnost je vybavena OCT přístrojem, fundus kamerou a YAG laserem. Čtvrtá místnost slouží především pro aplikaci kontaktních čoček a je vybavena šterbinovou lampou a zkušební sadou.

Šesté oddělení je pracovištěm očních protéz. Toto pracoviště zařizuje specialistka z Řecka, která protézy sama vyrábí. Bohužel vzhledem k malému množství pacientů vyžadující její služby do kliniky přijíždí výjimečně. Její pracoviště jsem si po většinu času zabrala já pro měření refrakce pacientům.

Vnitřní rozdělení pracovních povinností:

Co se mi zde opravdu líbí, je systém rozdělení práce mezi doktory. Každý jednotlivý doktor má svoji specializaci, kterou se zabývá.

První specializaci vykonávají doktoři na pediatrické a strabologické klinice. V Pantheu jsou dva, Kyriaki Evangelatou, MD a Antonis Christophorou, MD. Jejich polem působnosti je široká škála dětských očních onemocnění v podobě strabismu, novorozenecké retinopatie, kongenitální katarakty a dědičných onemocnění. Samozřejmostí je i úzká spolupráce s ortoptistkami a s elektrodiagnostickými techniky.

V pořadí druhá je glaukomová klinika. Tu má na starosti Katia Papastavrou, MD, která je zároveň i moji mentorkou a hlavní kontaktní osobou pro potřeby celé stáže. Úkolem pracoviště je záchyt a léčba všech druhů glaukomu, do kterého spadá kongenitální glaukom, glaukom s otevřeným úhlem, glaukom s uzavřeným úhlem a sekundární glaukom. Vzhledem k velké potřebě vyšetření zorného pole a vzhledu optického nervu je většina pacientů posílána na mé pracoviště, kde je vyšetřují na OCT a perimetru. V případě selhání všech konzervativních metod se pacientům ošetří sítnice pomocí YAG laseru, SLT (selektivní laserová trabekuloplastika) a diodového laseru. Chirurgickou léčbou je trabekulotomie.

Třetí a pro mě nejoblíbenější je rohovková klinika. Rohovkovým expertem je Michalis Palos, MD, který vystudoval 1. lékařskou fakultu Karlovy univerzity a poté byl dalších 18 let oftalmologem v pražské nemocnici. Nejenže je mi rohovka, co se týče mého oboru studia, nejbližší, ale zároveň fakt, že s panem doktorem mohu mluvit česky a obrátit se na něj se všemi kypersko-českými nedorozuměními, dělá toto pracoviště opravdu výjimečným. Doktor Palos řeší dystrofie rohovky, keratokonus, transplantaci rohovky, transplantaci amniotické membrány (membrána z placenty, která napomáhá rychlejšímu hojení) a další onemocnění. Když jsem neměla žádné pacienty na vyšetření, tak jsem vždy docházela do této kliniky, kde jsem se dozvíдалa spoustu nových věcí.

Čtvrtým pracovištěm je diabetologická klinika. Pacienti z ní jsou k nám posíláni na vyšetření fundus kamerou a fluorescenční angiografií. Toto vyšetření provádí můj nadřízený, optometrista Constantinos Kallias. Vzhledem ke své náročnosti testu pouze asistuji. Naším úkolem zde je zjištění změn na sítnici oka a předání informací doktorovi k zhodnocení. Ten potom zvaží možnost konzervativní léčby nebo případně fotokoagulaci nebo léčbu laserem.

Předposlední je klinika operace katarakty, ve které pracuje 7 doktorů. Většina z nich provádí také refrakční chirurgii. S tímto odvětvím jsem se setkala pouze při zjišťování biometrie oka. Co se pracoviště refrakčních chirurgů týče, tak kromě sálu mají i místnost, ve které se nachází foropter, šterbinová lampa a projekční optotyp.

Poslední je sítnicová a makulární klinika, odkud jsme dostávali nejvíce pacientů na vyšetření. Jednalo se o vyšetření zorného pole (tzv. perimetr), OCT a fluorescenční angiografií.

Vyšetření pacienta:

Každý pacient, který k nám přijde, se nejprve ohlásí na recepci. Tam si ho převezme zdravotní sestra, která odebere anamnézu a zjistí naturální visus, visus s brýlemi a visus se stenopeickým otvorem. Poté, je – li potřeba, jej odešlou k nám na pracoviště, kde mu změříme refrakci. V případě, že refrakce není potřeba, je odeslán k příslušnému specialistovi, který ho opět může odeslat k nám na vyšetření. Líbí se mi, že je zde tolik specialistů, kteří mají na starosti pouze určitou část oka. Myslím si, že se tím velmi zefektivňuje dělení práce a ošetření pacientů je mnohem kvalitnější.

Vzhledem ke svým úspěchům a vyhlášenou vysokou odborností personálu k nám na kliniku přijíždějí pacienti z celého Kypru.

Co se na mém pracovišti vůbec nepoužívá, je autorefraktometr, který je nahrazený retinoskopem, a automatický tonometr, který nahrazuje měření nitroočního tlaku Goldmannovým aplanačním

tonometrem. Naopak se zde oproti České republice používá pouze jednoduchý nástěnný optotyp se Snellovým uspořádáním písmen.

Mé pracovní povinnosti:

Práce optometristy se tu v mnohém výrazně liší od náplně práce v České republice. Následující výčet pracovních povinností seřadím od nejčastěji vykonávané až po nejméně časté.

Nejčastějším výkonem je vyšetření na očním koherenčním tomografu (OCT), kde vyšetřujeme jak makulu, tak i papilu zrakového nervu. Vyšetření je krátké a pacienti snadno chápou pokyny, které jim při vyšetření uděluji. Výsledky po změření vytisknu a svážu do desek, které pacient dostane.

Druhým nejčastějším vyšetřením je vyšetření zorného pole na perimetru. Z pohledu obsluhy je to velmi jednoduché vyšetření, nicméně se mi velmi často stává, že vyšetřuji staré lidi, kteří nemluví anglicky. To poté vyšetření trvá nejen dlouho, ale je i pro pacienta náročné z důvodu snižující se koncentrace. Tento problém se snažím co nejvíce redukovat naučením se základních slovíček v řečtině, která jsou potřebná pro vyšetření. Výsledky opět pacient dostane svázané v deskách.

Až teprve na třetím místě je zjišťování refrakce. Jelikož mám v systému od zdravotních sester zjištěné hodnoty visu, tak začínám nejprve statickou retinoskopií a poté subjektivně dokorigovávám na dálku s případnou následnou adicí do blízka. Refrakci jsem zde mohla zjišťovat hned od prvního dne po složení menší zatěžkávací zkoušky v podobě zjištění refrakce jednomu na zrak velmi náročnému doktorovi.

Na čtvrtém místě je aplikace tvrdých RGP kontaktních čoček především pacientům s keratokonem. Zde pouze asistuji a učím se, jak rozeznat počínající změny na rohovce.

Pátou a poslední náplní je fluorescenční angiografie a vyšetření fundus kamerou. I u tohoto vyšetření pouze asistuji.

Všechny zjištěné patologické nálezy mi vždy mí nadřízení podrobně popíší a vysvětlí. Následně mi i dovolí si všechny nálezy prohlédnout na šterbinové lampě. Poprvé se učím, jak si prohlédnout sítnici pomocí Volkovy čočky. Za dozoru lékařů mohu i aplikovat oční kapky. Doktoři jsou zde natolik milí a nápomocní, že mi nabízí naprosto vše k vyzkoušení. Odmítla jsem jen gonioskopii a měření nitroočního tlaku Goldmannovým aplanačním tonometrem.

Mé první dny v práci:

Pantheo Eye Clinic mi nabídlo stáž v rozmezí trvání 6 – 8 týdnů. Bohužel vzhledem ke zkouškovému období a srpnové dovolené všech zaměstnanců kliniky, jsem mohla přijet pouze na 6 týdnů od 29. 6 – 7. 8. 2015. Na samotnou stáž jsem odlétala dva dny po dokončení všech zkoušek a to v pátek 26. 6. 2015.

Pondělí: Ráno mě před kolejiemi vyzvedla Demetra a autem zavezla do práce, kde se prvně setkávám s Dr. Papastavrou, která je po čas celé mojí stáže hlavní kontaktní osobou. Sdělila mi, že první den bude především o rozkoukávání v novém prostředí. V její glaukomové klinice jsem byla asi hodinu, pak mě poslala k Dr. Palosovi, rohovkovému specialistovi, který žil v Praze 24 let. Odpoledne mě Dr. Papastavrou provedla celou klinikou a seznámila se všemi zaměstnanci. Den jsem zakončila svým prvním měřením refrakce na klinice.

Úterý: Tento den jsem začala pracovat jako optometrista, což především obnášelo obsluhování perimetru a OCT. Viděla jsem i 2 fluorescenční angiografie. Odpoledne jsem asistovala u aplikace RGP čoček.

Doktoři mi doporučili, abych po skončení pracovní doby zůstala i nadále v práci a přiučila se pozorováním novým věcem. Tento den jsem byla v práci 11 hodin a na klinice jsem viděla např. multifokální nitrooční čočku a duhovkové změny pacienta s neurofibromatózou.

Středa: Už jsem začala zvládat téměř vše sama a jména doktorů mi přestaly dělat problém. Celý den jsem strávila zjišťováním zorného pole a stavu sítnice. Před odchodem domů jsem ještě změřila refrakci 2 pacientům v presbyopickém věku.



Čtvrtek: Ve čtvrtek je můj nadřízený, Costantinos Kallias, na klinice v Larnace a jen výjimečně se v tyto dny stávalo, že byla sjednaná vyšetření. Tento konkrétní čtvrtek jsem strávila na rohovkové klinice s Dr. Palosem. Na pracovišti jsem viděla pacientku s Riegerovou anomálií. Další byl muž, který byl polit kyselinou do obličeje a který většinu kyseliny i spolkl. V nemocnici bojovali o jeho život a neřešili oko, které bylo také zasaženo. Přes všechny špatné prognózy přežil, ale oko mu, bohužel, prasklo. Po něm přišel mladý muž, kterému se následkem farmak podávaných po transplantaci kostní dřeně rozleptaly obě rohovky. Jednu měl krytou spojivkou a na druhé mu začínal leukom. Ve volných chvílích zjišťuji refrakci Dr. Palosovi a jsem velmi překvapena, že je to první člověk, se kterým jsem se kdy setkala, kdo by tak striktně odmítal čtvrtkový cylindr z důvodu nevolnosti.

Pátek: Ráno proběhlo rutinními vyšetřeními OCT a perimetru. Poté mě z důvodu nedostatku pacientů posílal můj nadřízený domů, nicméně jsem odmítla a šla se naučit novým věcem na rohovkovou kliniku. Díky tomuto rozhodnutí jsem viděla Fuchsovu dystrofii a Floopy eyelid.

Závěrem:

Má mimoškolní aktivita a tvrdá práce na seberealizaci mi přinesla tuto neuvěřitelnou zkušenost. Proto vám radím dát do studia vysoké školy víc než „jen“ učení se skript nazpaměť. Snaha, kterou vynaložíte, se vám v budoucnu vrátí několikanásobně.

Užitečné odkazy:

PATOČKOVÁ, Lucie. Život optomisty. Blogger, 2015. Dostupné z:  
<http://zivotoptomisty.blogspot.com/>

<http://www.pantheo.com/>

<http://www.iaeste.cz/praxe-informace>

## **Internship in the Pantheo Eye Centre in Cyprus- Bc. Lucie Patočková**

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

This is my second year what I am member of the student's organization IAESTE Czech Republic. We have one and the most significance project that ensures professional experience for students of technical fields of study in a foreign companies. This system works on principle of reciprocity. It's means that a member of czech IAESTE goes to company, in which he offers our Internship programme and other projects. When the Company wants participate of this programme, we prepare the so-called O-form, in which the Company puts details about Intership. We take the O-forms on the IAESTE Annual Conference where we exchange them piece fo piece. For example: If we exchange one O-form with India, one Czech student will go to the Indian company and one Indian student will arrive to the Czech company. If it doesn't meet the deadline until the Annual Conference, the Internship will be offer to all member countries.

For my very intensive and active job in the non-profit institution IAESTE I was sent as Czech delegate for the Annual conference. And in this Conference I met Demetra Valtas, the Cypriot delegate, that told me about potential Internship for optometrist. I wrote my CV and cover letter and sent it to the Company.

Approximately 14 days later I had skype calling with representative of the Pantheo Eye Clinic. After some basic questions they decided that they accept me for the Intership.

I filled acceptance forms, which included personal informations, date of my arrival and departure to the Cyprus, paid fee to IAESTE and bought fly ticket and medical insurance.

Basic informations about the Pantheo Eye Centre:

Pantheo is privat clinic that is situated in cyprian city Limassol (in greek Lemesos). There are six departments.

The first is Operating Department. It is made of three operating theatres. General, local and topical anaesthetic facilities are available. Procedures performed range across the whole field of both anterior and posterior segment surgery . Surgical procedures including oculoplastic and cataract surgery is performed both usingphacoemulsification and AquaLase technology. Posterior segment eye surgeryincluding trauma, retinal detachment repair, diabetic tractional detachmentrepair, macular hole surgery and epiretinal membrane excision are standard procedures performed on a very frequent basis. Squint surgery including adjustablestrabismus surgery are performed usually under general anaesthesia.

The second is Refractive Surgery Department. It is fully equipped with the latest generation excimer laser. Pre operative assessment, using Wavefront technology and Orbscan corneal assessment are standard procedures, prior to advising the patient of the best refractive correction option. Both PRK and Lasik are offered to patients.

The third is Orthoptic Department. Department is staffed by UK trained orthoptists and has full range of orthoptic facilities. Both screening and pre operative assessment of ocular motility disorders is performed.

The fourth is Oculoplastic Department, that specializes in the evaluation and management of both cosmetic and functional abnormalities which affect the eyelids, eyebrows, orbital tissues, and tear drainage system.

The oculoplastic surgeons at the Eye Centre combine in-depth knowledge of the eye with expertise in reconstructive surgery to treat a broad range of conditions such as drooping eyelids (ptosis), turning out of the eyelids (ectropion), in-turning of the eyelids (entropion), misdirection of eyelashes (trichiasis), excessive eyelid skin, wrinkles, eye muscle spasms and eyelid injuries.

Surgery to the tear drainage system (dacryocystorhinostomy or DCR for short) is a commonly performed procedure to relieve the symptoms of constant or excessive tearing (otherwise known as epiphora) and recurrent tear sack infections.

The fifth and place of my work is Optometry Department. Apart from routine adult refractions, paediatric refractive work is performed and there are pre arranged specialist refractive days dealing with difficult contact lens management problems including keratoconus contact lens fitting.

The sixth is Ocular Prosthetic Department, that provides custom made ocular prostheses, cosmetic scleral shells and facial prostheses to Patients who have undergone enucleation or evisceration and to Patients with microphthalmia or anophthalmia, also to patients who have suffered trauma, congenital deformity, or have undergone reconstructive or corrective surgery for malignancy or disease.

An impression procedure is carried out to obtain an accurate model of the socket. A wax model of the impression is made and sculptured to obtain optimum contour, eyelid closure, mobility and comfort. The artwork of the iris is hand painted by the Ocularist. The patient is fitted and a full instruction is given on how to remove, refit and care for the ocular prostheses. In the laboratory procedures, the materials used are the most recent medical Polymethylmethacrylate/ P.M.M.A.

Internal dividing of work

Every doctor is specialized for one part of eye.

The first one is paediatric clinic deals with a wide range of children's eye problems including strabismus, congenital cataract and inherited ocular disorders. Screening for retinopathy of prematurity (ROP) are planned and performed in this clinic. With the support of orthoptic department and electrodiagnostic clinic it provides a full range of treatment and investigations for the children who visit the Centre. There are two specialist - Evangelatou, MD and Antonis Christophorou, MD.

The second one is glaucoma department that is geared towards the screening and management of all types of glaucoma. This includes congenital glaucoma, primary open angle glaucoma, angle closure glaucoma, and secondary glaucoma. Visual field testing and optic nerve OCT aids in the long term monitoring of patients. When conservative treatment fails or is inappropriate, Yag laser, SLT and cyclodiode laser are available for the treatment of our patients. Surgical treatments available include trabeculectomy, with and without mitomycin and valve surgery. There is only one specialist – Katia Papastavrou, MD

The third one is corneal clinic that deals with difficult and complicated corneal pathology including keratoconus, corneal dystrophies and severe corneal infections. The planning and assessment of patients undergoing corneal transplantation is performed in this clinic. Amniotic membrane grafts are available and both full thickness (PKP) and partial thickness (DSEAK, DALK) corneal transplants performed. The leader of this clinic is czech speaking Michalis Palos, MD

The fourth is diabetic clinic that is dedicated to the treatment and assessment of diabetic retinopathy. With the aid of OCT technology and fundus fluorescein angiography (FFA), patients are assessed for proliferative diabetic retinopathy, clinically significant macular oedema, and tractional retinal detachments. Panretinal Photocoagulation (PRP), Focal laser treatment including micropulse therapy is planned in this clinic. The use of more invasive therapy such as avastin or lucentis (anti VEGF) or vitrectomy surgery is also organised and fully explained to the patient here.

The fifth is cataract assessment clinic that is designed to pre operatively assess and correctly plan cataract removal on a patient guided basis. Topography, ultrasound biometry and refractive Zeiss IOL master biometry is performed on every patient. Dilated fundoscopy for correct macular assessment is performed by the operating surgeon. Full details and anaesthetic planning are given to the patient including a tour of the operating department so as to alleviate any pre operative stress. Premium multifocal implants are offered if appropriate and refractive options explained. There are seven specialized doctors.

The sixth is clinic of retinal and macular disorders are performed with the aid of OCT technology. Fundus fluorescein angiography (FFA) and indocyanine green angiography (ICG) is performed when indicated. The assessment of macular degeneration (AMD) and planning of treatment for wet AMD using photodynamic therapy (PDT), lucentis therapy or avastin therapy (anti VEGF) is planned in this clinic. Follow up of patients having received such treatment is also performed.

Patient examination:

Every patient has to make an appointment at the reception. After it The patient follows the nurse. The nurse measures a natural visual acuity, acuity with glasses and with pin hole. If it is necessary, the nurse sends the patient to us for refraction measuring. When the refraction is not needed, the patient is sent to specialized clinic.

Because of success and high professionalism of personnel we have patients from all parts of the Cyprus.

What we, as an optometrist, don't use are autorefractometer, automatic tonometer and automatic focometer. We use retinoscope, Goldmann applanation tonometer and wall Snellen optotype.

What is my working obligation

My work is very often different from the working obligations of the Czech optometrist. The following list of my duty I arrange according to the most frequent to the less.

The most frequent is OCT measuring, where I make scan of a macula and also a disc of optic nerve. The examination is very short and patients easily understand order that I give to them. All measuring I print and bind to the book and give it to the patient.

The second most common is examination on Perimeter. For me it is a little bit harder to give an order to the non-English speaking patient. The examination is time-consuming and is really exacting due to high requirement for concentration. I try to reduce the problem of non-English speaking patients to learning basic Greek words. The results I also print and bind.

At the third place is measuring of a refraction. I make retinoscopy and after it I make subjective refraction for far distance (with potential refraction for reading).

At the fourth is RGP contact lens fitting especially for patients with keratoconus.

The fifth and the last one is fluorescein angiography and fundus camera. I'm only assistant in this examination.

All pathological findings are explained for me by my supervisor. I can also check them on slit lamp. It's first time what I'm learning using Volk lens. I can also apply drops into the eyes. If I want I can do everything (I just refuse Goldman tonometer and gonioscopy).

My first day in the work:

Pantheo Eye Clinic has offered me Internship for 6 – 8 weeks. Because the exam time and the work vacation in August for all employers, I had to choose 6 weeks period from 29. 6. – 7. 8. 2015.

On Monday: I was in Dr. Papastavrou office. She said me that first week will start very slowly and that I don't need worry that they show me everything. I spent one hour in her Glaucoma office and after it I went to corneal specialist Dr. Palos.

At the end of the day I made my first refraction.

On Tuesday: This day I started work as an optometrist. I worked with OCT and Perimeter, also was assistant for two fluorescein angiography and RGP contact lens fitting.

I stayed at my work for 11 hours because I want learn new interesting things. Thanks to this I saw multifocal intraocular lens and iris changes of patient with neurofibromatosis.

On Wednesday: All day I made OCT and Perimeter. At the afternoon I made refraction for 2 patients.

On Thursday: This day isn't my boss, Costantinos Kallias, at the work, so I spent time with corneal specialist Dr. Palos. I saw patient with Rieger's anomaly; man that was injured by acid and his eye burst and man that after using medicine for transplantation of bone marrow had problem with the cornea.

Between the examination of patients I measure refraction for Dr. Palos.

On Friday: The Morning was about OCT and Perimeter routine. At the afternoon I was with Dr. Palos and saw Fuchs dystrophy and Floopy eyelid.

At the end:

Thanks of my activite not only in my field of study I got this opportunity to improve my optometrist skills. So there is my advice for you: The university is not only about studying but also about your activity out of your obligations.

Useful literature:

PATOČKOVÁ, Lucie. Život optomisty. Blogger, 2015. Dostupné z:  
<http://zivotoptomisty.blogspot.com/>

<http://www.pantheo.com/>

<http://www.iaeste.hr/>

## POSTERY(POSTERS)

### 18. Srovnání akomodačně vergenčních vlastností vizuálního systému pro jednotlivé refrakční vady- Bc.Emese Nagyová

Vedoucí práce:Mgr. David Severa

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

#### Úvod

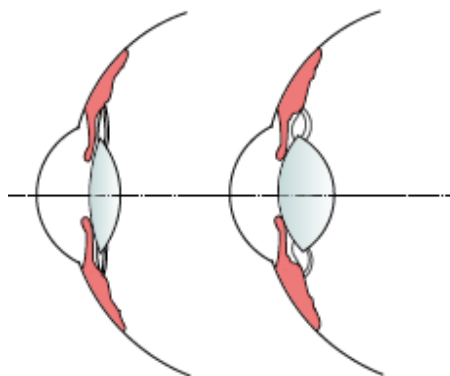
Cílem této práce je porovnání akomodačně vergenčních vlastností oka pro dva základní typy refrakčních vad – myopie a hypermetropie. V práci definujeme a charakterizujeme co je akomodace a konvergence a jak úzce vzájemně souvisejí. Další část se zabývá tím, jak mohou být tyto dva procesy ovlivněny jednotlivými typy refrakčních vad. Odlišnosti se mohou projevovat např. v rozsahu akomodačního intervalu, v akomodační šíři nebo v AC/A poměru. Přitom na hodnoty vynaložené akomodace a konvergence může působit i typ korekce, který je použit při vykorigování jednotlivých refrakčních vad.

#### Akomodace

Akomodace je schopnost oka, která zajišťuje ostré vidění na různé vzdálenosti změnou lomivosti oční čočky. (Autrata, 2006)

Oční čočka neboli lens cristalina je tkáň bez přímého cévního a nervového zásobení. (Kuchynka, 2007) Má bikonvexní tvar, její ekvatoriální průměr je kolem 10 mma předozadní tloušťka 3,5 mm. (Kvapilíková, 2010) Poloměr zakřivení přední plochy čočky v klidovém stavu tj. při pohledu do dálky, činí 10 mm, což je více než poloměr zadní plochy, který je

-6 mm. (Rutrlé, 1993) Uvedené hodnoty odpovídají minimální, resp. statické akomodaci. Tvar čočky je udržován napětím zonulárních vláken závěsného aparátu, přitom ciliární sval je v relaxovaném stavu. Optická mohutnost oční čočky je podle Gullstranda +19,11 D. Při pohledu do blízka, když akomodace narůstá, se ciliární sval kontrahuje a zonulární vlákna se uvolňují. Díky tomu čočka získává více konvexní tvar. (Kuchynka, 2007) Důsledkem je to, že poloměr křivosti přední plochy klesá z původních hodnot na -5,33 mm a její optická mohutnost se zvýší na +33,06 D. Z toho uvedeného vyplývá, že při akomodaci se změní hlavně tvar přední plochy čočky. (Rutrlé, 1993)



Obr. č. 1. Akomodace oka (vlastní)

#### Fyzikální a fyziologická akomodace

Akomodace oka je závislá na dvou faktorech. Zaprvé je velmi důležitá elasticita čočky tj. schopnost čočky měnit svůj tvar. Tento fyzikální děj se měří v dioptriích a nazývá se fyzikální akomodace. Zadruhé je tento proces ovlivněn činností ciliárního svalu, a taková složka akomodace se označuje jako fyziologická. Její jednotkou je myodiotrie. (Anton, 2004)

## Akomodační interval a šíře

Jak už bylo výše zmíněno, pomocí akomodace je člověk schopen vidět ostře předměty nacházející se v různé vzdálenosti. Bod, který se nachází na optické ose a jeho obraz při minimální akomodaci dopadá na sítnici, se nazývá daleký bod (punctum remotum). Naopak bod, který se zobrazí na sítnici při maximální akomodaci, je označován jako blízký bod (punctum proximum). Mezi těmito dvěma body leží akomodační interval, ve kterém oko vidí ostře.

Akomodační šíři, která vyjadřuje momentální schopnost oka akomodovat, lze vyjádřit z rozdílu reciprokých hodnot vzdáleností dalekého a blízkého bodu. Jednotkou je dioptrie. (Rutrlé, 1993)

### Složky akomodace

Na procesu akomodace se účastní čtyři základní složky:

Tonická akomodace – je přítomná bez jakéhokoliv stimulu. (Keirl, 2007) Její příčinou je klidové napětí ciliárního svalu. Její hodnota se rovná cca. + 0,75 D, v případě že je oko zaostřeno na 1,33 m. (Pluháček a Musilová, 2013)

Vergenční akomodace – představuje nejdůležitější složku. Jedná se o část akomodace, která je navozená konvergencí. U mladších činí reakční doba konvergencí vyvolané akomodační odezvy cca 0,2 sekund. (Keirl, 2007)

Proximální akomodace – je navozena vědomím blízkého předmětu a odhadem vzdálenosti (Keirl, 2007)

Reflexní akomodace – je to samovolná reakce na rozmazaný sítnicový obraz s cílem jeho zaostření

Keirl (2007) jako pátou složku uvádí volní akomodaci, pro kterou je charakteristické, že není závislá na žádném podnětu, může být ovládána vůlí a často je ve spojení s volní konvergencí.

### Vergence

Podmínkou jednoduchého binokulárního vidění je, aby sítnicové obrazy obou očí dopadaly na hlavní korespondující body sítnice tj. na fovey obou očí, byly ostré a přibližně stejně velké. (Grosvenor, 2007)

Jednoduché binokulární vidění je zajištěno třemi složkami: optická, motorická a senzorická. Optická složka zajišťuje, aby obraz pozorovaného předmětu na sítnici byl ostrý. Motorická složka staví obě oči tak, aby obrazy mohly dopadat do fovey každého oka. Poslední, senzorická složka zabezpečuje převod informace ze sítnice do korových center. (Pluháček – NBV - prezentace)

Vergence je nekonjugovaný pohyb očí, který tvoří motorickou složku jednoduchého binokulárního vidění. Tento pohyb je zajištěn okohybnými svaly, které vedou k zaměření zrakových os obou očí na sledovaný objekt. Když je svalová rovnováha nějakým způsobem narušená, jednoduché binokulární vidění nemusí být zachováno a může docházet i k šilhání. (Kuchynka, 2007; Pluháček – NBV - prezentace)

V závislosti na vzdálenosti fixačního objektu můžeme horizontální vergence rozdělit na dvě formy:

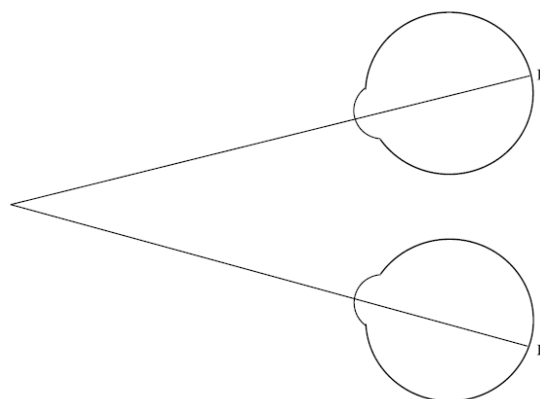
Konvergence – oči se při pohledu na bližší předmět stáčí směrem dovnitř.

Divergence – oči se při pohledu na vzdálenější předmět stáčí směrem ven.

(Pluháček – NBV-  
prezentace)

### Konvergence

Konvergenční pohyb je nekonjugovaný, kdy se oči stácejí dovnitř, osy vidění se přitom protínají před okem ve fixovaném předmětu. Takto je umožněno jednoduché vidění, které by mělo být udržováno v jakékoliv fixační vzdálenosti. (Khurana, 2008)



Obr. č. 2. Konvergence (vlastní)

Konvergence úzce souvisí s akomodací a zúžením zornic. (Autrata, 2006) Rozdíl mezi nimi spočívá v tom, že konvergence oproti akomodaci zůstává během života víceméně stejná. (Khurana, 2008) Analogie mezi těmito dvěma procesy je, že výkonnost konvergence můžeme taky popisovat blízkým bodem. Blízky bod konvergence je charakterizován nejmenší vzdáleností pozorovaného bodu, kdy je předmět ještě viděn jednoduše. Nemusí odpovídat blízkému bodu akomodace. (Anton, 2004) U dospělých leží obvykle ve vzdálenosti 8 cm před okem, u dětí 5 cm. (Autrata, 2006) Větší vzdálenost než 8 cm ukazuje na snížení konvergenční schopnosti. (Anton, 2004)

Jednotkou konvergence je metrový úhel, který je založen na vztahu akomodace a konvergence. Představuje úhel, který svírají obě oči při fixaci předmětu ve vzdálenosti 1 m. Člověk konverguje tolik metrových úhlu, kolik dioptrií zároveň akomoduje. Děti s akomodačním strabizmem konvergují více metrových úhlu než akomodují. (Autrata, 2006)

#### Složky konvergence

Konvergence je velice komplexní proces. Může být jak volní, tak reflexní. Volní konvergence je typ, který je ovladatelný vůlí a může být naučený během života. Nicméně ne každý člověk je schopen se tyto pohyby naučit a volním úsilím konvergenci vyvolat.

Reflexní konvergence představuje proces, který je nevědomý a uplatňuje se při pohledu na bližší předměty. (Khurana, 2008) Rozlišujeme čtyři základní složky:

Tonická konvergence – oči jsou v klidovém stavu drženy základním tonem vnitřních přímých svalů v rovnoběžném postavení, kdy nedochází ke stimulaci očí žádným podnětem. (Khurana, 2008)

Proximální konvergence – tato složka je vyvolána odhadem vzdálenosti nebo vědomím blízkého předmětu. Může být považována za psychologický proces, kdy si subjekt myslí, že se dívá na blízký předmět, avšak ve skutečnosti tomu tak není. Může se projevit nejčastěji při vyšetření na přístrojích. (Khurana, 2008)

Akomodační konvergence – je konvergence, která je navozená akomodací. Podrobnější popis o tomto typu konvergence najdete v kapitole 4.1.

Fúzní konvergence – upravuje osy vidění tak, aby obrazy fixovaného předmětu dopadaly na korespondující místa sítnice. (Khurana, 2008) Pomáhá kompenzovat případný exces nebo insuficienci tonické nebo akomodační konvergence, čímž brání vzniku dvojitého vidění (diplopie). (Grosvenor, 2007) Fúzní konvergence může být konvergenční, divergenční a vertikální. Hodnota fúzní konvergence je největší, do dálky činí 10 – 25 pD, do blízka 15-30 pD. Fúzní divergence je nižší, do dálky se rovná 4 – 8 pD, do blízka 12 – 18 pD. Vertikální konvergence je ze všech nejmenší, její hodnota je kolem 3 – 6 pD. (Anton, 2004)



## Akomodačně vergenční mechanismus

Akomodace a vergence jsou procesy vzájemně úzce související. Pokud oko akomoduje, je zároveň stimulována i konvergence a naopak konvergence je impulsem k akomodaci. (Pluháček a Musilová, 2013)

Pohledové osy jsou při pohledu do dálky v paralelním postavení, obraz pozorovaného předmětu dopadá na žlutou skvrnu. V tomto případě je akomodace minimální. Při pohledu na bližší předmět se oči musejí stáčet z paralelního postavení směrem dovnitř, tj. konvergují, což umožňuje zobrazení obrazu pozorovaného předmětu opět na foveách. (Anton, 2004) Konvergence je provázená akomodací a miózou (zúžení zornic), čímž je zabezpečeno i ostré vidění blízkého předmětu. (Khurana, 2008)

Vztah mezi akomodací a vergencí (resp. konvergencí) se v klinické praxi popisuje pomocí AC/A a CA/C poměru. Tyto poměry jsou velice důležité při měření kvality binokulárních funkcí vizuálního systému. (Pluháček – NBV - prezentace)

## Akomodační konvergence

Akomodační konvergence představuje složku konvergence, která je navozená akomodacím impulsem. Podnětem u této složky oproti fúzní konvergenci, kde je stimulem sítnicová disparita (obrazy sledovaného objektu nedopadají na foveách obou očí), je rozostřený sítnicového obrazu. (Khurana, 2008)

## AC/A poměr

Vztah mezi akomodační konvergencí a akomodací kvantitativně vyjadřuje AC/A poměr. Předpokládá jeho relativní stabilitu během celého života. Akomodační konvergence se měří v prizmatických dioptriích (pD), jednotkou akomodace je dioptrie (D). AC/A poměr tedy vyjadřuje, o kolik prizmatických dioptrií se změní konvergence při změně akomodace o 1D.

Za normální hodnotu je považována poměr cca. 3-5 pD : 1 D (Khurana, 2008)

## Konvergenční akomodace

Při konvergenci dochází ke stimulaci akomodace, tj. akomodace se zvyšuje o její konvergenční složku. Tato složka akomodace se označuje jako konvergenční akomodace (CA). (Kersten a Legge, 1983)

## CA/C poměr

Tento poměr udává změnu konvergenční akomodace na jednotku změny v konvergenci.

Vyjadřuje kolik dioptrií akomodace je použito při 1pD konvergence. Obvykle činí 1:10. (Pluháček – NBV – prezentace)

## Akomodačně vergenční vlastnosti vizuálního systému pro jednotlivé refrakční vady

### 5.1. Refrakční vady

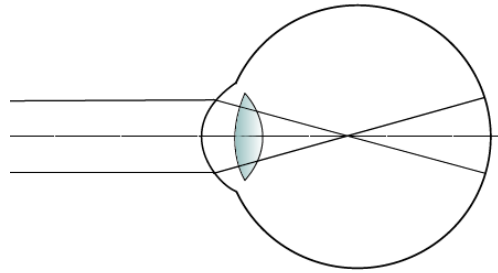
Refrakce oka je vyjádřena poměrem mezi délkou očního bulbu a optickou mohutností lomivých ploch oka. Pokud optická mohutnost rohovky a čočky je v optimálním poměru s délkou oka, oko se označuje jako emetropické. Paprsky, které jdou rovnoběžně s optickou osou se v tomto případě protínají na sítnici. Vznikne ostrý obraz pozorovaného předmětu. Když poměr mezi optickou mohutností rohovky a čočky s délkou oka není v rovnováze, paprsky dopadající do oka se neprotnou na sítnici. Takové oko je označováno za ametropické. (Lang, 2000; Rutrle, 1993)

Ametropie můžeme rozdělit na dvě základní skupiny: sférické ametropie a asférické ametropie. Mezi sférické ametropie patří myopie a hypermetropie. Charakteristické na nich jsou sférické lámavé plochy. Asférické ametropie jsou charakterizované tím, že lámavé plochy oka nemají sférický tvar, ale asférický. Do této skupiny patří astigmatismus. (Anton, 2004; Kuchynka, 2007). Dále se budeme zabývat myopií a hypermetropií a jejich vlivem na akomodačně vergenčních vlastností oka.

### Myopie

Myopie neboli krátkozrakost je sférická refrakční vada. Paralelní paprsky s optickou osou, které

přicházejí do oka během akomodačního klidu, se protnou před sítnicí.



Obr. č. 3. Myopie (vlastní)

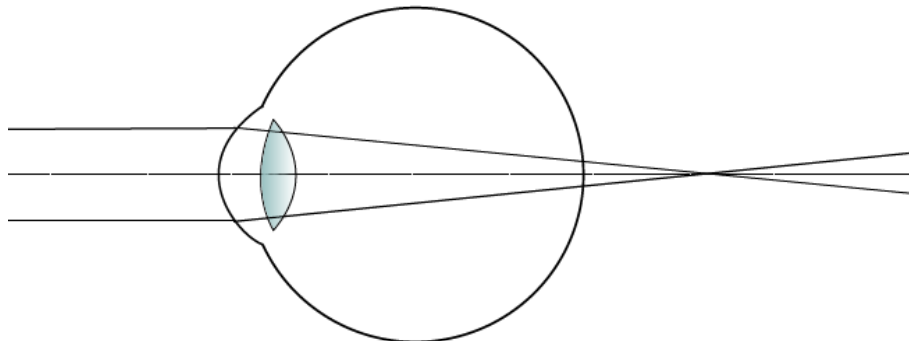
Za nejběžnější příčinu vzniku krátkozrakosti je považována prodloužená délka očního bulbu ( $d > 24$  mm). Tento typ se označuje jako osová neboli axiální myopie. (Anton, 2004)

Další, vzácnější formou této refrakční vady je systémová forma, kdy je délka oka standardní, ale celková lomivost oka je větší než optická mohutnost Gullstrandova oka ( $\varphi > 58,64$  D). Za jednu z příčin vzniku systémové myopie můžeme považovat menší poloměr křivosti rohovky nebo čočky (rádiusová forma). Dalším důvodem vzniku systémové myopie může být zvýšení indexu lomu čočky (indexová forma). (Rutrlé, 1993)

Myopii korigujeme rozptylnými brýlovými čočkami, eventuálně kontaktními čočkami. Paprsek, který prochází přes tyto optické pomůcky, bude mít divergující charakter a zajišťuje tak vznik obrazu na sítnici. (Anton, 2004)

#### Hypermetropie

Hypermetropie neboli dalekozrakost je druhý typ sférických ametropií. Paralelní paprsky s optickou osou, které přicházejí do oka během akomodačního klidu, se protnou za sítnicí. (Anton, 2004)



Obr. č. 4. Hypermetropie (vlastní)

Podobně jako u myopie existují různé formy hypermetropie. Prvním základním typem je osová neboli axiální hypermetropie, kdy je předozadní délka oka menší ( $d < 24$  mm). Druhou skupinu tvoří systémová hypermetropie, která je charakterizována menší celkovou lomivostí oka ( $\varphi < 58,64$  D). To může být způsobeno zvětšením poloměru křivosti (rádiusová) nebo snížením indexu lomu lomivých optických médií oka (indexová). (Rutrlé, 1993)

Pro korekci je použita spojná brýlová čočka, eventuálně kontaktní čočka. Paprsek, který prochází přes tyto optické pomůcky bude mít konvergující charakter a zajišťuje tak vznik obrazu na sítnici. (Anton, 2004)

Srovnání akomodačně vergenčních vlastností vizuálního systému pro jednotlivé refrakční vady

Tato kapitola se zabývá charakteristikou a srovnáním akomodačně vergenčních vlastností myopického a hypermetropického oka. Rozdíly se mohou projevovat u korigované a nekorigované vady např. v akomodačním intervalu, v akomodační šíři. Refrakční vady mají vliv i na AC/A poměr oka. Odlišnosti v hodnotě vynaložené akomodace avergence mohou být způsobeny brýlovou nebo i

kontaktní čočkou při korekci jednotlivých typů ametropie. Podrobněji tyto změny popisujeme v následujících kapitolách.

### 5.2.1. Akomodační interval a refrakční vady

Akomodační interval, jak již bylo výše uvedeno, je oblast mezi dalekým ( $a_R$ ) a blízkým bodem ( $a_P$ ) oka, v níž oko vidí ostře. Měří se v metrech (m). Matematicky lze vyjádřit rozdílem dalekého a blízkého bodu dle následujícího vzorce:

$$\Delta a = a_R - a_P \quad \text{nebo} \quad \Delta a = \frac{1}{A_R} - \frac{1}{A_P}$$

Akomodační interval nekorigovaného myopického a hypermetropického oka se liší od akomodačního intervalu emetropického oka. Největší, tj. nekonečně velký interval má emetropické oko, protože jeho daleký bod se nachází v nekonečnu.

#### Myopie

Kratší akomodační oblast nacházíme u nekorigovaného myopického oka. Příčinou je to, že jeho daleký bod leží už v konečné vzdálenosti před okem a blízký bod je posunut blíže směrem k oku. Důsledkem toho je, že myop má vyšší stupeň rozlišení na blízkou vzdálenost bez korekce, než věkově stejně starý emetrop. To znamená, že má schopnost pozorovat bližší objekty bez většího namáhání. Nevýhodou na druhé straně je to, že vzdálenější předměty, které leží za dalekým bodem, myop již nevidí ostře. Tento problém lze vyřešit správným vykorigováním pomocí vhodné konkávní (rozptylné) čočky. Z myopického oka se stane pseudoemetropické, které má skoro stejně velký akomodační interval jako emetropické oko. Někteří krátkozrací jsou zvyklí, podle stupni své vady, odložit kvůli pohodlnosti vidění svou korekci při práci do blízka. (Rutrlé, 1993)

#### Hypermetropie

Nekorigované dalekozraké oko má ve srovnání s emetropickým okem opět odlišný akomodační interval. Jeho daleký bod se nachází v konečné vzdálenosti za okem, který je tím blíže k oku, čím větší je refrakční vada. Blízký bod zobrazený při maximální akomodaci na sítnici leží podle závislosti na stupni refrakční vady před okem nebo v nekonečnu. Platí ovšem to, že akomodační interval hypermetropického oka po komparaci s emetropickým a myopickým okem, je posunut dále od oka. To způsobí, při pozorování předmětu v bližší vzdálenosti, větší akomodační zátěž, což může způsobit astenopické potíže. Pro korekci je použita konvexní (spojná) čočka, která zajišťuje dobré a pohodlné vidění bez nadměrného zatížení akomodačního systému.

Důležitou charakteristikou hypermetropie je také to, že při dostatečně velké akomodační šíři může jedinec vykompenzovat značný stupeň své vady. Tuto schopnost mají zejména jedinci v dětském nebo v mladším věku. Stárnutím se akomodační rezervy snižují a mohou se projevit poklesem zrakové ostrosti. (Rutrlé, 1993)

Nakonec uvedeme příklad pro lepší pochopení výše popsaného:

Předpokládejme emetropa s akomodační šíří  $A_S = 5 \text{ D}$ . Axiální refrakce ( $A_R$ ) je nulová, tj. daleký bod leží v nekonečnu. V tomto případě polohu blízkého bodu můžeme vypočítat jednoduše z reciproční hodnoty akomodační šíře. Výsledkem je, že blízký bod leží ve skutečném předmětovém prostoru - 20 cm před okem. Akomodační interval tedy můžeme zapsat ve formě:  $(-\infty; -20 \text{ cm})$

Jiná je situace u myopického oka, u které je axiální refrakce nenulová ( $A_R = -5 \text{ D}$ ), ale

akomodační šíře zůstává stejná jako v prvním příkladu. Reciproční hodnota axiální refrakce udává polohu dalekého bodu (-20 cm). Polohu blízkého bodu vyjadřujeme ze vzorce pro akomodační šíři (-10 cm). Z výsledku plyne, že akomodační interval myopického oka je  $(-20 \text{ cm}; -10 \text{ cm})$ .

Axiální refrakce hypermetropického oka je  $A_R = +5 \text{ D}$ , akomodační šíře zůstává stejná. Po dosažení a vypočítání, stejným způsobem jako je uvedeno u myopie dostaneme polohu dalekého bodu (20 cm) a blízkého bodu, který leží v nekonečnu. Akomodační interval v tomto případě tedy bude vypadat takto:  $(-\infty; 20 \text{ cm})$ .

Shrnutím můžeme potvrdit výše uvedené tvrzení, že myop má menší akomodační interval než emetrop, ale zato může pozorovat předměty v bližší vzdálenosti bez většího namáhání akomodace. Hypermetrop má akomodační interval posunutý dále od oka, je schopen zobrazit předměty v nekonečnu, ale jenom krátkodobě, protože k tomu musí použít maximální akomodaci. (Rutrlé, 1993)

### 5.2.2 Akomodační amplituda a refrakční vady

Akomodační amplituda neboli akomodační šíře vyjadřuje momentální akomodační schopnost oka, tj. největší možný nárůst refrakční síly oka způsobenou změnou lomivosti oční čočky. Měří se v dioptriích (D). Během života se zvyšujícím se věkem její hodnota klesá a vzniká stařecká vetchozrakost neboli presbyopie. Fyziologický akomodační úbytek je nahrazen tzv. přidavkem do blízka, tj. addicí. Vztah mezi věkem a akomodační amplitudou znázorňuje Duanův graf. (Rutrlé, 1993) Podle Antona (2004) mezi hlavními rizikovými faktory patří refrakční vady a okolní teplota. My se dále zaměřujeme na vztah refrakčních vad s akomodační amplitudou.

Ve dvou studiích – Abraham a kol. (2005) a McBrien a kol. (1986) – byla prokázána souvislost mezi velikostí akomodační amplitudy a jednotlivými typy refrakčních vad.

McBrien a kol. (1986) vyšetřili 41 žen a 39 mužů ve věkovém rozmezí 18 – 22. Vyšetřovaní byli rozděleni do čtyř skupin: myopie s nástupem před 13 rokem věku a po 15 věku života, hypermetropie a emetropie. Výsledky, které měřením získali jsou následující:

myopie s nástupem <13 věk: Aš = 9,87 D

myopie s nástupem >15 věk: Aš = 10,77 D

emetropie: Aš = 9,28 D

hypermetropie: Aš = 8,63 D.

Pokud srovnáme jednotlivé skupiny, vidíme, že myopové mají větší akomodační amplitudu než hypermetropové a emetropové. Abraham a kol. (2005) v jejich studii přišli na stejné tvrzení. Pravděpodobně to je důvod, proč se u krátkozrakosti objevují presbyopické symptomy později. Hypermetropové mají navíc ještě menší akomodační amplitudu, než emetropové, a proto u nich obvykle presbyopie manifestuje dříve. (Abraham, 2005; McBrien, 1986)

### Rozdíly akomodačně vergenčních vlastností oka pro jednotlivé refrakční vady

Jak již bylo uvedeno výše, akomodace a konvergence jsou dva velice úzce související procesy. Akomodace dává impuls pro konvergenci, a naopak, konvergence je podnětem pro akomodaci. Jejich vztah může být vyjádřen vztahem CA/C a AC/A. (Pluháček a Musilová, 2013)

CA/C poměr vyjadřuje množství konvergenční akomodace, která je vyvolaná konvergencí. Měření tohoto poměru ještě stále není moc rozšířené v klinické praxi. (Scheiman, 2008)

Měření AC/A poměru je v klinické praxi více rozšířené. Vyjadřuje množství akomodační konvergence, která je vyvolána akomodací. (Scheiman, 2008)

Hodnota AC/A poměru může být ovlivněna jednotlivými typy ametropie. Při nekorigovaných refrakčních vadách nebo při jejich nesprávné korekci může být vyvoláno prostřednictvím AC/A poměru i skryté šilhání tj. heteroforie. (Cvancigerová, 2013)

Nekorigovaní myopové akomodují méně na předměty ležící mezi dalekým a blízkým bodem oka ve srovnání s emetropickým okem. Toto může vést i k oslabení ciliárního svalu. (Kuchynka, 2007)

Krátkozraký člověk je tedy zvyklý konvergovat bez akomodace. (Anton, 2004) To znamená, že prostřednictvím AC/A poměru je navozena slabší akomodační konvergence, což může způsobit i divergentní úchylku tj. exoforii do blízka. (Rutrlé, 1993) Manas a kol. (1953) prokázali, že hodnota AC/A poměru u nekorigovaných myopů je vyšší. Měření bylo provedeno u 100 krátkozrakých osob. Průměrná hodnota AC/A poměru se rovná  $5,1 \pm 2,1$  pD/D. Rosenfield a kol. (1987) přišli na stejné tvrzení. Pokud ale dostane myop správnou korekci, ze začátku může vznikat přechodná esoforie do blízka kvůli zvýšené akomodaci. To se však odstraní postupně s návykem na korekci. (Cvancigerová, 2013)

Dalekozraký, který nenosí korekci, svou vadu koriguje zvýšenou akomodací při pohledu do dálky i do blízka. Nadměrné zatížení akomodací, a spolu s ní i konvergencí, může vést ke vzniku astenopických potíží a esoforii do blízka. (Anton, 2004; Rutrlé, 1993) Bylo prokázáno Manasem a kol. (1953), že u nekorigované hypermetropie hodnota AC/A poměru je nižší, než u myopie ( $4,0 \pm 2,2$  pD/D). To je potřeba, aby bylo zachováno jednoduché binokulární vidění u nekorigované hypermetropie. Jediněc v tomto případě akomoduje, aniž by konvergoval tolik, kolik by mu za normálního AC/A kvocientu příslušelo. (Skrbek, 2009)

### 5.2.4. Rozdíly v akomodaci a konvergenci při korekci refrakčních vad s brýlovou a kontaktní čočkou

Refrakční vady mohou být korigovány brýlovými eventuálně kontaktními čočkami. Tyto korekční členy však mají různou strukturu a odlišnou vzdálenost od oka, což může ovlivnit a způsobit změny i

v akomodačně - vergenčním mechanismu oka.

### Myopie

Krátkozrakost se koriguje pomocí rozptylky. U lidí s vyšší myopií nebo u mladších jedinců bylo prokázáno, že změna z brýlové korekce na kontaktní čočku může vyvolávat větší akomodaci i konvergenci. To závisí na více faktorech:

U krátkozrakých, kteří nosí rozptylnou brýlovou čočku pro korekci jejich vad, dojde při pohledu do blízka k prizmatickému účinku s bázi dovnitř. Tento prizmatický efekt při pohledu do blízka způsobuje snížení konvergenční potřeby. Pokud je místo brýlové čočky aplikována kontaktní čočka, u které tento prizmatický efekt chybí, pak je vyžadováno větší konvergenční úsilí. (Robertson a Ogle, 1967)

Další příčinou může být překorigování refrakční vady s nesprávnou volbou vrcholové lámavosti kontaktní čočky. Platí pravidlo, že snížením vertex distance musí být sníženo i vrcholová lámavost rozptylné korekční čočky. Pokud tomu tak není, překorigováním můžeme vyvolat větší akomodační zátěž. (Robertson a Ogle, 1967)

Větší akomodační úsilí je vyvoláno při aplikaci kontaktních čoček i tím, že ve srovnání s brýlovými čočkami vytvoří obraz pozorovaného předmětu v bližší vzdálenosti vůči hlavní rovině oka než brýlová čočka. Toto tvrzení může být ověřeno přepočty, jejichž výsledky jsou:

akomodace s brýlovou čočkou: 3,35 D

akomodace s kontaktní čočkou: 3,78 D. (Nagyová, 2014)

Mladí myopové, kteří začínají nosit kontaktní čočku, mají ještě dostatečně velkou akomodační rezervu, proto si rychle zvyknou na vyšší potřebu akomodace a konvergence. Problémy mohou vznikat při aplikaci kontaktních čoček u jedinců s vyšším stupněm myopie, nebo u jedinců okolo cca 40 let věku, kdy je již akomodační amplituda snížena. (Hermann, 1973) Kontaktní čočky v tomto případě mohou vyvolat předčasné presbyopické symptomy. (Robertson a Ogle, 1967; Bennett a Weismann, 2005)

### Hypermetropie

Pro korekci dalekozrakosti se používá spojná brýlová čočka nebo kontaktní čočka. Stejně jako je tomu u myopie, i u tohoto typu ametropie dochází ke změně ve stupni vynaložené akomodace a konvergence při změně brýlové korekce na kontaktní čočku. V tomto případě se ale volba kontaktních čoček ukazuje jako výhodnější, protože využitelnost akomodace a konvergence je nižší než u myopie. Důvody jsou následující: (Hermann, 1973)

Spojná brýlová čočka použitá pro korekci hypermetropie je charakterizovaná prizmatickým efektem bázi zevně. Tento efekt způsobuje zvýšenou potřebu konvergence. Nosí-li hypermetrop kontaktní čočku, tento efekt není přítomen, takže stačí i menší množství konvergence. (Harris a kol, online)

Hypermetropové s kontaktními čočkami akomodují méně, než s brýlovými čočkami. Větší akomodační úsilí při korekci s brýlovou čočkou je způsobeno tím, že poloha obrazu pozorovaného blízkého předmětu vzniká dále od oka než s kontaktními čočkami. Po přepočtech vyšly hodnoty, které ověřují toto tvrzení:

akomodace s brýlovou čočkou: 4,34 D

akomodace s kontaktní čočkou: 3,79 D. (Nagyová, 2014)

Je nutné ještě zmínit, že při změně typu korekční pomůcky, je třeba přepočítat hodnotu vrcholové lámavosti (kvůli změně vertex distance). Vrcholová lámavost kontaktní čočky při korekci hypermetropie se musí zvýšit, aby nedocházelo k podkorigování. (Ruttle, 1993)

Můžeme konstatovat, že kontaktní čočky u hypermetropie odstraní nežádoucí účinky brýlové korekce v akomodačním a konvergenčním procesu. Dalekozrací jedinci ve věku kolem 40 let při aplikaci kontaktních čoček mohou mít výhodu v tom, že nemusí vynaložit tak velké akomodační úsilí a díky tomu se mohou příznaky presbyopie objevit později. (Bennett a Weismann, 2005)

## Seznam použité literatury:

- ABRAHAM, L.M. et al.: Amplitude of Accommodation and its Relation to Refractive Errors. *Indian Journal of Ophthalmology* [online]. 2005, pages 105-108. [vid. 2015-07-04]. Dostupné z: <http://www.ijo.in/article.asp?issn=03014738;year=2005;volume=53;issue=2;spage=105;epage=108;aurlast=abraham>
- ANTON, M. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 3. přepracované vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů Brno, 2004. 96 s. ISBN 80-7013-402-X
- AUTRATA, R., ČERNÁ, J. Nauka o zraku. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2006. 226 s. ISBN 80-7013-362-7
- BENNETT, E.S. and WEISSMAN B.A.: *Clinical Contact Lens Praktice*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. ISBN 0-7817-3705-2
- CVANCIGEROVÁ, Gabriela. Screening heteroforií a heterotropií v populaci využitím zakrývací a odkrývací zkoušky. Brno, 2013. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta lékařská. Vedoucí diplomové práce: Pavel Kříž
- GROSVENOR, Theodore: *Primary care optometry*. 5th ed. St. Louis: Butterworth - Heinemann, 2007. 510 s. ISBN 13-978-0-7506-7575-8.
- HARRIS M.G. a kol.: *Vision with contact lens*. Berkeley Optometry: Optometry 260A. [online] [vid: 2015-07-05]. Dostupné z: [http://optometry.berkeley.edu/class/opt260a/othertopics\\_pp/cleval\\_vision.htm](http://optometry.berkeley.edu/class/opt260a/othertopics_pp/cleval_vision.htm)
- HERMANN, JS. The accommodation requirement in myopia and hyperopia. *Contact lenses versus spectacles*. *Int Ophthalmol. Clin.* [online]. 1971. Winter, pages: 217-224 [vid. 2015-07-05]. Dostupné z: [http://www.unboundmedicine.com/medline/citation/5940759/The\\_accommodation\\_requirement\\_in\\_myopia\\_\\_A\\_comparison\\_of\\_contact\\_lenses\\_and\\_spectacles\\_](http://www.unboundmedicine.com/medline/citation/5940759/The_accommodation_requirement_in_myopia__A_comparison_of_contact_lenses_and_spectacles_)
- KEIRL, A., CHRISTIE, C. *Clinical Optics and Refraction: A Guide for Optometrists, Contact Lens Opticians and Dispensing Opticians*. 1st edition. Elsevier – Bailliere-Tindall, 2007. 368 s. ISBN: 978-0750688895
- KERSTEN, D. and LEGGE, G.E. Convergence accommodation. *J. Opt. Soc. Am.* [online]. 1983 /Vol.73, No. 3/, March, pages 332-338. [vid. 2015-07-03]. Dostupné z: [legge.psych.umn.edu/pdf/Kersten83.pdf](http://legge.psych.umn.edu/pdf/Kersten83.pdf)
- KUCHYNKA, P. a kol. *Oční lékařství*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2007. 812 s. ISBN 978-80-247-1163-8.
- KHURANA, A. K.: *Theory And Practice Of Optics And Refraction*. India: Elsevier, 2008. ISBN 978-81-312-1132-8.
- KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometry a oftalmology*. 1. vyd. dotisk. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2010, 206 s. ISBN 80-7013-313-9.
- LANG, G. K. et al. *Ophthalmology: A Short Textbook*. Stuttgart: Thieme, 2000. 586 s. ISBN 3-13-126161-7.
- MANAS, L. The inconstancy of the AC/A ratio. *Am J Optom Arch Am Acad Optom.* [online]. 1955; 32: pages 304–315 [vid. 2015-07-01]. Dostupné z: <http://links.ebsco.com/linking.aspx?sid=google&id=pmid:14388112>
- McBRIEN, N. A., MILLODOT, M.: Amplitude of Accommodation and Refractive Error. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* [online] 1986, July, pages 1187-1190 [vid. 2015-07-04]. Dostupné z: <http://europepmc.org/abstract/med/3721800>
- NAGYOVÁ, E.: Komparace korekce refrakčních vad brýlovou a kontaktní čočkou z hlediska brýlové a geometrické optiky. Brno, 2014. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta lékařská. Vedoucí diplomové práce: Pavel Kříž
- PLUHÁČEK, František a Lenka MUSILOVÁ. Akomodace avergence. In: *Optometrie UP* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra optiky, 2013 [cit. 2015-07-01]. Dostupné z: [www.optometry.cz/obsah/materialy/AV/AV](http://www.optometry.cz/obsah/materialy/AV/AV)
- PLUHÁČEK, František: Normální binokulární vidění - prezentace k předmětu Binokulární vidění, Katedra optiky PřF UP v Olomouci
- RUTRLE, M. *Brýlová optika*. 2. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. 144 s. ISBN 80-7013-145-4.
- ROBERTSON, D.M. and OGLE, K.N. Influence of Contact Lenses on Accommodation : Theoretic considerations and clinical study. *American Journal of Ophthalmology*. [online].

1967 (Vol 64, Issue 5) November, pages 860-871 [vid. 2015-07-04]. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0002939467922283>  
ROSENFELD, M. and GILMARTIN, B.: Effect of a near-vision task on the response  
AC/A of a myopic population. *Ophtal. Physiol. Opt.* [online] 1987 /Vol. 7, No. 3/  
pages 225-233 [vid. 2015-07-04]. Dostupné z:  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-1313.1987.tb00737.x/abstract>  
SCHEIMAN, M. Clinical management of binocular vision: Heterophoric,  
accommodative, and eye movement disorders. 3. vydání. Philadelphia: Lippincott  
Williams & Wilkins a Wolters Kluwer, 2008. ISBN 978-0-7817-7784-1.  
SKRBEK, Matěj. Přínos korekce malých refrakčních vad [online]. Brno, 2009 [cit. 2015-  
07-02]. 193 l. Dostupné z:  
[http://is.muni.cz/th/142311/lf\\_m/Diplomova\\_prace.pdf?zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3DMAL%3%9DCH%20REFRAK%C4%8CN%C3%8DCH%20VAD%20agenda:th%26start%3D1](http://is.muni.cz/th/142311/lf_m/Diplomova_prace.pdf?zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3DMAL%3%9DCH%20REFRAK%C4%8CN%C3%8DCH%20VAD%20agenda:th%26start%3D1). Diplomová  
práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Katedra optometrie a ortoptiky.

## Comparison of the accommodative-vergence properties of the visual system for different types of refractive errors- Bc.Emese Nagyová

Supervisor:Mgr. David Severa

Department of Optometry and Orthoptics, MedicalFaculty, Masaryk University

---

### Introduction

The aim of this study is to compare the accommodative - vergence properties of the eye for two basic types of refractive errors - myopia and hyperopia. The study includes definition and characteristic of accommodation and convergence, and then describes their relationship. Another chapters discuss how can be affected these two processes by different types of refractive errors. Distinctions occur e.g. in accommodative interval, accommodative amplitude, in AC / A ratio. The value of the expended accommodation and convergence is influenced by the type of correction that is used to correct of refractive errors.

### Accommodation

Accommodation is the ability of the eye that provides sharp vision at different distances by changing the refractive power of the lens. (Autrata, 2006)

Lens or crystalline lens is a tissue without direct blood and nerve supply. (Kuchynka, 2007) It has a biconvex shape, its diameter is about 10 mm and thickness 3.5 mm. (Kvapilíková, 2010). The radius of the curvature of the anterior surface of the lens in the resting state i.e. when looking into the distance, is 10 mm, which is larger than the curvature of the posterior surface, which is - 6 mm. (Rutrlé, 1993) In this case, the accommodation is minimal. The shape of the lens is maintained with tension of the zonular fibers while the ciliary muscle is in a relaxed state. The refractive power of the lens is equal to + 19.11 D. Looking at a close object, the accommodation will be maximal, the ciliary muscle contracts and the tension of the zonular fibers is decreased. The shape of the lens will be more convex (Kuchynka, 2007). The result is, that the radius of curvature of the anterior surface of the lens decreases from initial values to - 5.33 mm and the refractive power is increased to + 33.06 D. It follows also that during accommodation changes mainly the shape of the anterior surface of the lens. (Rutrlé, 1993)

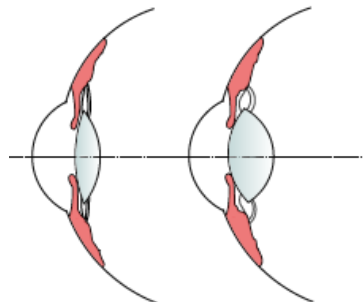


Fig. 1. Accommodation

### Physical and physiological accommodation

Accommodation of the eye is dependent on two factors. Firstly, elasticity of the lens i.e. the ability of the lens to change its shape is very important. This physical process is measured in diopters and is called physical accommodation. Secondly, this process is affected by the contraction of the ciliary muscle, which is referred to as physiological accommodation. Its unit is myodioter. (Anton, 2004)

### Accommodative interval and amplitude

As already mentioned above, accommodation is the ability to see sharp objects at the different



distances. The far point is the point, which is placed along the optical axis and its image is focused on the retina when the eye is not accommodating. Conversely the near point is the point that appears on the retina when the accommodation is maximal. Between these two points is accommodative interval in which the eye sees sharply.

Amplitude of accommodation reflects current ability of the lens to accommodate.

It can be expressed as the reciprocal of the value of far and near point. The results are measured in diopters. (Rutrlé, 1993)

#### Components of accommodation

On the process of accommodation participate four basic components which are:

- Tonic accommodation – represent the resting state of accommodation, being that amount of accommodation present in the absence of a stimulus. (Keirl, 2007) Its cause is the resting tension of ciliary muscle. Its value is equal ca. + 0.75 D, if the eye is focused on 1.33 m. (Pluháček a Musilová, 2013)
  - Convergence accommodation – is that amount of accommodation stimulated by convergence. The reaction time for convergence in youth is about 0.2 seconds. (Keirl, 2007)
  - Proximal accommodation – is the amount of accommodation induced by the individual's awareness of the proximity of an object. (Keirl, 2007)

Reflex accommodation – is the normal involuntary response to blur in order to maintain a clear retinal image. (Keirl, 2007)

As the fifth component Keirl presents the voluntary accommodation. This type does not depend on the presence of a stimulus. The ability to relax accommodation from some near focus position is easily learned. (Keirl, 2007)

#### Vergence

Prerequisites for single binocular vision are that the retinal images for the two eyes must be image/project on the main corresponding retinal points (fovea). These images must be sharp and approximately equally large. (Grosvenor, 2007)

Single binocular vision is ensured by three components: optical, motoric and sensory.

Optical component ensures that the retinal image was sharp. Motoric component turn both eyes so that image of the object could fall on the fovea of each eye. Sensory component provides information transfer from the retina to the cortical centers. (Pluháček – NBV - prezentace)

Vergence is a disjunctive eye movement, which is a motoric component of binocular vision. This movement is ensured by extraocular muscles that focus the both visual axis of eyes on the viewed object. When extraocular muscle balance is impaired, it can occur to binocular vision disorders for example strabismus. (Kuchynka, 2007; Pluháček – NBV - prezentace)

Depending on the distance of the fixation object horizontal vergence can be divided into two forms:

Convergence - the eyes are looking at closer object and rotate towards each other

2. Divergence – the eyes are looking at distant object and rotate away from each other.

(Pluháček – NBV - prezentace)

#### Convergence

As was already mentioned, convergence is a disjunctive movement in which both eyes rotate inward so that the lines of sight intersect in front of the eyes. It allows bifoveal single vision to be maintained at any fixation distance. (Khurana, 2008)

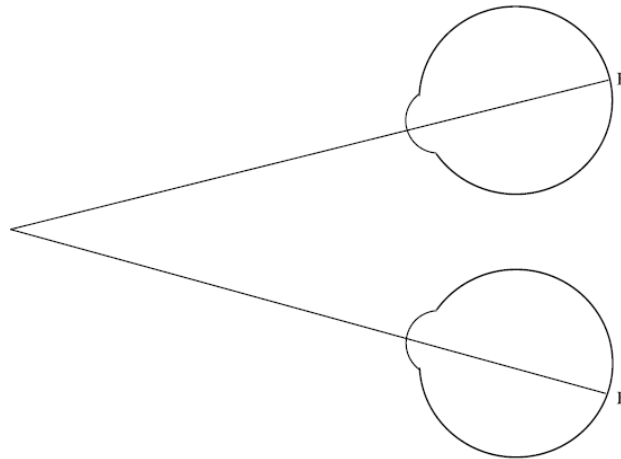


Fig. 2. Convergence

Convergence is closely related to accommodation and to miosis. (Atrata, 2006) The difference between convergence and accommodation lies in the fact that convergence compared to accommodation remains more or less same throughout life. (Khurana, 2008) The analogy between these two processes is the presence of near point that describes the maximum convergence ability. Near point of convergence characterizes the smallest distance of the viewed object when this object is still seen single. May not correspond to the near point of accommodation. (Anton, 2004) In adults it is generally at a distance of 8 cm before the eye, children have this point usually 5 cm before the eye. (Atrata, 2006) Greater distance than 8 cm indicates a decrease in convergence abilities. (Anton, 2004)

#### Components of convergence

Convergence is a very complex process. It may be voluntary or reflex. Voluntary convergence is the convergence of visual axes which can be produced at will. This type is involved in normal visual activities, and not every one is capable of doing or learning this. Reflex convergence is the convergence of visual axes which is not under complete voluntary control. This type of convergence has four components: tonic, proximal, accommodative and fusional. (Khurana, 2008)

Tonic convergence – it is the convergence that results from resting tension of the extraocular muscles when the patient is awake. (Khurana, 2008)

Proximal convergence – this component of reflex convergence is induced by the proximity of the object of regard or the awareness of the proximity of a near object. It appears to be initiated by psychological factors, since it occurs also when a subject just believes that he or she is looking at a near object although he or she actually not. (Khurana, 2008)

Accommodative convergence – it is the convergence that occurs when the eyes accommodate. More detailed description of this type of convergence can be found in Chapter 4.1.

Fusional convergence – is the convergence that is produced to ensure that similar retinal images are projected onto corresponding retinal areas.

(Khurana, 2008) Compensates any excess or deficit in tonic convergence. Keeps the person from seeing double.

(Grosvenor, 2007) Fusional convergence can be convergent, divergent and vertical. The largest value is of fusional convergence – 10 – 25 pD into the distance and 12 – 18 pD for near. Fusional divergence is lower – 4 – 8 pD into the distance and 12 – 18 pD for near. Vertical vergence is the smallest of all, its value is around 3 – 6 pD. (Anton, 2004)

Accommodation and convergence are two closely related processes. If eye accommodates, convergence is also stimulated and contrary, convergence is impulse for accommodation. (Pluháček a Musilová, 2013)

Visual axes of the eyes when looking into the distant object are in parallel position, the image of this object fall on the macula. Accommodation in this case is minimal. Looking at the near object, eyes must be rotate from parallel position inward (convergence). (Anton, 2004) Convergence, accommodation and miosis provide sharps vision to the near distance. (Khurana, 2008)

The relation between accommodation and vergence (resp. convergence) in clinical practice describes using by AC/A and CA/C ratio. These ratios are very important by measuring the quality of binocular functions of the visual system. (Pluháček – NBV - prezentace)

#### Accommodative convergence

Accommodative convergence is component of the convergence which is induced by accommodative impulse. Thus, the stimulus for fusional convergence is the retinal disparity, than the stimulus for accommodative convergence is blurred retinal image. (Khurana, 2008)

#### AC/A ratio

The quantitative relationship between the accommodative convergence and accommodation is expressed as the accommodative convergence/accommodation (AC/A) ratio. Throughout life is relatively stable. In it the accommodative convergence is measured in prism diopters and the accommodation in lens diopters. The AC/A ratio is therefore expressed as so many prism dioptres per 1 D of accommodation. The normal AC/A ratio is about 3-5 prism diopters for 1 D of accommodation. (Khurana, 2008)

#### Convergence accommodation

Convergence accommodation is an accommodative response that accompanies a change in the state of convergence of the eye. (Kersten a Legge, 1983)

#### CA/C ratio

This ratio shows change in convergence accommodation resulting from a unit change in convergence. Expresses how much diopters of accommodation is used at 1 pD convergence. Usually this value is 1:10. (Pluháček – NBV – prezentace)

### Comparison of the accommodative – vergence properties of the visual system for the different types of refractive errors

#### 5.1. Refractive errors

Refraction of the eye is defined as ratio of the axial length and refractive power of the refractive media of the eye. If the optical power of the cornea and the lens and the length of the eye is balanced, this condition is called emmetropia. Rays of light which are parallel with optical axis in this case formed sharp image on the retina. When this ratio is not in balance, rays of light does not meet on the retina. This condition of the eye is calles ametropia. (Lang, 2000; Ruttle, 1993)

Ametropia can be divided into two groups: spherical and aspherical ametropia. In the group of spherical ametropia belong myopia and hyperopia. Typical for them are spherical refracting surface. Aspherical ametropia is characterized that the refractive surface of the eye are not spherical, but aspherical. This group includes refractive error called astigmatismus. (Anton, 2004; Kuchynka, 2007)

##### 5.1.1. Myopia

Myopia or nearsightedness is a spherical refractive error. Parallel light rays coming from infinity, when accommodation is minimal, focused on a point in front of the retina.

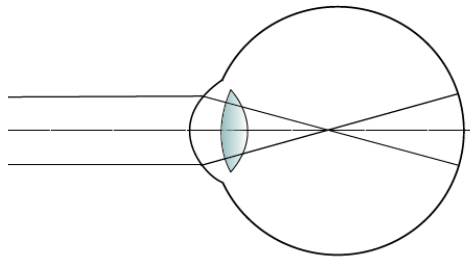


Fig. 3. Myopia

The most common cause of myopia is an extended length of the eyeball ( $d > 24$  mm). This type is referred as axial myopia. (Anton, 2004) Other rarer form of this refractive error is systemic myopia. This type is characterized with an optimal axial length of the eye, but the overall refractive power of the eye is greater than the optical power of the Gullstrands's eye ( $\varphi > 58,64$  D). The first reason for establishing a systemic myopia can be considered a smaller radius of curvature of the cornea or crystalline lens (curvature myopia). The second type of systemic myopia may be caused by an increase in the refractive index of the lens (index myopia). (Rutrl, 1993) Myopia is corrected with concave spectacle lenses or contact lenses. Light ray that passes through these optical devices will have divergent character that ensures formation of the image on the retina. (Anton, 2004)

#### 5.1.2. Hyperopia

Hyperopia or farsightedness is a second type of spherical ametropia. Parallel light rays coming from infinity, when accommodation is minimal, focused on a point behind the retina. (Anton, 2004)

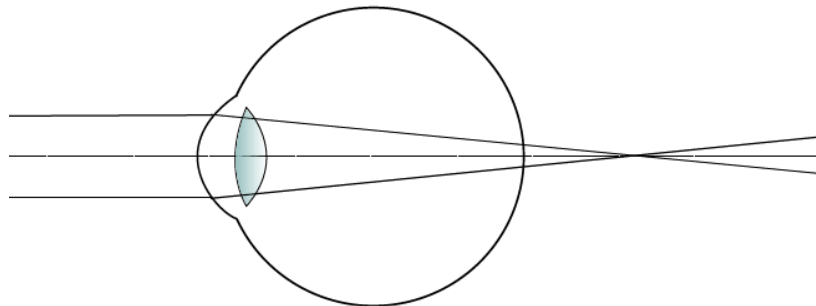


Fig. 4. Hyperopia

There are various types of hyperopia. The first basic type is the axial hyperopia characterized by smaller axial length of the eye ( $d < 24$  mm). The second group consists the systemic hyperopia, which is characterized by a smaller overall refractive power ( $\varphi < 58,64$  D). This may be caused by increasing of the radius of curvature (curvature hyperopia) or decreasing of refractive index of the optical media of the eye (index hyperopia). (Rutrl, 1993)

Hyperopia is corrected by convex spectacle lenses or contact lenses. Light ray that passes through these optical devices will have convergent character that ensures formation of the image on the retina. (Anton, 2004)

Comparison of the accommodative – vergence properties of the visual system for the different types of refractive errors

This chapter as well as the title suggests, deals with the characterization and comparison of accommodative – vergence properties of myopic and hyperopic eye. Differences may be manifested in corrected and also in uncorrected refractive error e.g. in accommodative interval, in accommodative amplitude. Refractive errors also have an influence on AC/A ratio of the eye, but distinctions in the

value of expended accommodation and convergence can be caused by glasses or contact lenses used for correction of various types of ametropia. More detail of these changes are described in the following chapters.

#### Interval of accommodation

Accommodative interval, as described above, is the area between the far ( $a_R$ ) and a near point ( $a_P$ ) of the eye, in which the eye sees sharply. It is measured in meters (m). Mathematical expression can be defined as the difference of the distance of the far and near point:

$$\Delta a = a_R - a_P \quad \text{or} \quad \Delta a = \frac{1}{A_R} - \frac{1}{A_P}$$

Accommodative interval of the uncorrected myopic and hyperopic eye is different from the interval of emmetropic eye. The largest, i.e. infinitely large interval has emmetropic eye because its far point is located at infinity.

#### Myopia

Shorter accommodative interval is found in uncorrected myopic eye. The reason is that the far point of the myopic eye lies at a finite distance in front of the eye and the near point is shifted closer towards the eyes. The result is that myopic eye has a higher degree of resolution at near without correction than emmetrop as same age. It means, that has the ability to see closer objects without greater accommodation tension. The disadvantage on the other side is that the distant object which lie behind the far point of the eye, do not seen sharply. This problem can be easily resolved using the right corrective concave lens. From the myopic eye becomes pseudoemmetropic, which has an almost big accommodative interval as emmetrop. Someone with myopia according to the degree of refractive error, are accustomed to not wear their correction to the near distance, because of laziness of vision.

#### Hyperopia

Uncorrected hyperopic eye in comparison with emmetropic eye also has a different accommodative interval. Its far point lies at a finite distance behind of the eye, which is as closer to the eye, as larger the refractive error. Near point can be in front of the eye or at infinity. The interval of accommodation in comparison with emmetropic and myopic eye is moved further from the eye. This results when the subject is looking at a near object in greater accommodative demand that max cause asthenopic problems. Convex spectacle lens is used to correct this refractive error, which provides a good and comfortable vision and and a minimal accommodation. An important characteristic of hyperopia is that when the accommodative amplitude is enough great, the eye has the ability to correct substantial degree of its error. This ability have especially in childhood or youth. Aging can cause problems with vision, when the accommodative reserves are reduced. (Rutrlé, 1993)

Finally, here is an example for better understanding the above described:

Assume an emmetropic eye with accommodative amplitude  $A_S = 5 \text{ D}$ . Axial refraction ( $A_R$ ) is zero, i.e. the far point of the eye lies at infinity. In this case, the position of the near point can be calculated easily from the reciprocal value of the amplitude of accommodation. The result is that the near point is located in the real object space  $-20 \text{ cm}$  in front of the eye. Accommodative interval is:  $(-\infty; -20 \text{ cm})$ .

In case of myopia the situation is different. Axial refraction is not zero, but  $A_R = -5 \text{ D}$ , amplitude of accommodation is the same as in the first example. Reciprocal value of the axial refraction indicates the position of the far point ( $-20 \text{ cm}$ ). Location of the near point is expressed with the formula for amplitude of accommodation ( $-10 \text{ cm}$ ). The results show that the accommodative interval of the myopic eye is:  $(-20 \text{ cm}; -10 \text{ cm})$ .

Axial refraction of the hyperopic eye is  $A_R = +5 \text{ D}$  and the amplitude of accommodation remains the same. After calculating in the same manner as described in myopia we get the position of the far point ( $20 \text{ cm}$ ). The near point is located at infinity. Accommodative interval in this case will appear as:  $(-\infty; 20 \text{ cm})$ .

Summary: we can confirm the above argument that myop has shorter accommodative interval than emetrop, but can view objects at closer distance without greater straining his accommodation. Hyperop has accommodative interval shifted from the eye, is able to view objects at infinity, but only temporarily, since have to use the maximal accommodation. (Rutrlé, 1993)

### 5.2.2. Amplitude of accommodation

Amplitude of accommodation reflects the momental accommodative ability of the eye, i.e. the greatest possible increase in the refractive power of the eye caused by the change of the refraction of the lens. It is measured in diopters (D). Throughout life with increasing age its value decreases, it occurs conditions called as presbyopia. Physiological reduce in the accommodation replaced with plus lens. The relationship between age and accommodative amplitude is shown on the Duane's graph. (Rutrlle, 1993) Anton (2004) includes between the main risk factors refractive errors and ambient temperatures. We will focus on the relationship of refractive errors with accommodative amplitude.

In two studies – Abraham et al. (2005) and McBrien et al. (1986) – has been proven a correlation between the amplitude of accommodation and the different type of refractive errors.

McBrien et al. (1986) examined 41 women and 39 men with an age range of 18 to 22 yr. The subjects were divided into four refractive groups: earlier onset myopes (onset 13 yr or earlier), and late onset myopes (onset 15 yr or later), hyperopia and emmetropia. The results that were given during the measurement are as follows:

earlier onset myopes:  $A\check{s} = 9,87$  D

late onset:  $A\check{s} = 10,77$  D

emmetropia:  $A\check{s} = 9,28$  D

hyperopia:  $A\check{s} = 8,63$  D.

If we compare each groups, we can see that myops have higher accommodative amplitude than hypermetros and emmetrops. Abraham et al. in their studies came to the same argument. This is probably the reason why myopes develop presbyopic symptoms later. Hypermetrops on the other side have a lower accommodative amplitude than emmetrops. They will need near addition at a younger age. (Abraham, 2005; McBrien, 1986)

#### Differences in the accommodative – vergence properties for the different types of refractive errors

As we already wrote the accommodation and the convergence are two very closely related processes. Accommodation gives impulse to the convergence, and vice versa, convergence is a stimful for accommodation. Their relationship can be expressed with ratio CA/C and AC/A. (Pluháček a Musilová, 2013)

The CA/C ratio determines the change in accommodation that occurs when the patient converges or relaxes convergence a given amount. This ratio is still not commonly assessed in the clinical situation. (Scheiman, 2008)

Measurement of the AC/A ratio is even more widespread in the clinical practice. It determines the change in accommodative convergence that occurs when the patient accommodates or relaxes accommodation by a given amount. (Scheiman, 2008)

The value of AC/A ratio is affected by different types of ammetropia. If the refractive error is uncorrected, or wrong correction is used, heterophoria can be through AC/A ratio induced. (Cvancigerová, 2013)

Uncorrected myops use less accommodation than emmetrops for objects lying between the far and the near point of the eye. This may also lead to a weakening of the ciliary muscle. (Kuchynka, 2007) Nearsighted person is therefore accustomed to convergence without accommodation. (Anton, 2004) This means that through AC/A ratio is induced lower accommodative convergence which can cause a divergent deviation – exophoria at near. (Rutrlle, 1993) Manas et al. (1953) have demonstrated in their study that the AC/A ratio is higher at an uncorrected myopia. Measurement were made at 100 (myopic) subject, where the average value of AC/A ratio is equal to  $5.1 \pm 2.1$  pD / D. Rosenfield et al. (1987) in their study came to the same allegations. But if myop started to wear correction, at the beginning may occur to the esophoria at near. It is removed gradually with addiction on the correction. (Cvancigerová, 2013)

Hyperop, who does not wear correction, when looking into the distance and near its refraction error corrects increased accommodation, Excessive accommodation, and with it the convergence may lead to asthenopic symptoms and to esophoria at near. (Anton Rutrlle) Manas et al. shown in their study that for uncorrected hyperopia value of AC / A ratio is lower than that of myopia ( $4.0 \pm 2.2$  pD / D). This is needed to maintain the single binocular vision. An individual in this case accommodates without convergence as much as it would need for a normal AC / A ratio. (Skrbek, 2009)

#### Differences in accommodation and convergence by correction of refractive

## errors with spectacles and contact lenses

Refractive errors can be corrected with spectacle eventually contact lenses. These correction devices have different structures and different distance from the eye that can affect and cause changes also in the accommodative vergence mechanism of the eye.

### Myopia

Myopia is corrected by using a concave spectacle event. contact lens. It has been shown in people with high myopia or myops in the pre-presbyopic age that changing spectacle correction to contact lenses may cause higher accommodative and convergence response. Several reasons might account for this:

Myopic person who wears minus spectacle lenses experiences a salutary base-in prismatic effect when fixating near objects. This prismatic effect decreases the need for convergence. When contact lenses are worn in place of spectacles, the effect is lost and, consequently, a greater convergence effort is required. (Robertson and Ogle, 1967)

Second, there may be an overcorrection in the minus power of the contact lens, due either to the errors inherent in contact-lens fitting or perhaps to a failure to reduce the power of the lens relative to the decreased vertex distance. This overcorrection forces a greater accommodative effort. (Robertson and Ogle, 1967)

Greater accommodative effort can be involved by application of contact lenses when we comparing the position of the image created by spectacles and contact lenses. Image formed by contact lenses is closer to the eye, it means that with this correction device myopic eye accommodates more than with spectacles. This statement can be verified by calculations, results are:

accommodation with spectacles: 3,35 D

accommodation with contact lenses: 3,78 D. (Nagyová, 2014)

In many young myopes with high degree of refractive error started to use contact lenses, have enough reserve to expend easily increased accommodative effort and complain of problems with near vision during the first few days of contact lens wear. Myops in the pre-presbyopic age or the myope with low reserve of accommodation or convergence, an accommodative breakdown max occur with severe symptoms resulting. (Hermann, 1973) Thus possibly precipitating presbyopia. (Robertson and Ogle, 1967; Bennett and Weismann, 2005)

### Hyperopia

Hyperopia is corrected by convex spectacles or contact lenses. It has been shown also in hyperopia that the spectacles and the contact lenses have influence on the accommodation and the convergence. In the hyperope the switch to contact lenses is beneficial, because spectacle – corrected hyperope has an increased accommodation and convergence requirement.

Reasons are the following: (Hermann, 1973)

The hyperope looks through base-out prism when converging with spectacles, which increases convergence demand. Thus, the hyperope has a decreased demand with contact lenses. (Harris et al., online)

Comparing the position of the image created by spectacles and contact lenses, we can say that the image formed by the contact lens is closer to the eye. So hyperopic eye corrected with a contact lens needs less accommodation to the near objects than with a spectacle lens. This statement is verified by calculations, results are:

accommodation with spectacles: 4,34 D

accommodation with contact lenses: 3,79 D. (Nagyová, 2014)

It necessary to say when contact lens are used to correct the refractive error, the value of the refractive power have to be recalculated. Refractive power of the contact lens using for correcting to hyperopia should be increased. (Rutrlé, 1993)

Summary: Pre-presbyopic hyperopes may benefit from lessening of accommodative demand with contact lenses, because the symptoms of presbyopia can occur later. (Bennett and Weismann, 2005)

## References:

- ABRAHAM, L.M. et al.: Amplitude of Accommodation and its Relation to Refractive Errors. *Indian Journal of Ophthalmology* [online]. 2005, pages 105-108. [vid. 2015-07-04]. Dostupné z: <http://www.ijo.in/article.asp?issn=03014738;year=2005;volume=53;issue=2;spage=105;epage=108;aulast=abraham>
- ANTON, M. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 3. přepracované vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2004. 96 s. ISBN 80-7013-402-X
- AUTRATA, R., ČERNÁ, J. *Nauka o zraku*. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2006. 226 s. ISBN 80-7013-362-7
- BENNETT, E.S. and WEISSMAN B.A.: *Clinical Contact Lens Praktice*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. ISBN 0-7817-3705-2
- CVANCIGEROVÁ, Gabriela. Screening heteroforií a heterotropií v populaci využitím zakrývací a odkrývací zkoušky. Brno, 2013. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta lékařská. Vedoucí diplomové práce: Pavel Kříž
- GROSVENOR, Theodore: *Primary care optometry*. 5th ed. St. Louis: Butterworth - Heinemann, 2007. 510 s. ISBN 13-978-0-7506-7575-8.
- HARRIS M.G. a kol.: *Vision with contact lens*. Berkeley Optometry: Optometry 260A. [online] [vid. 2015-07-05]. Dostupné z: [http://optometry.berkeley.edu/class/opt260a/othertopics\\_pp/cleval\\_vision.htm](http://optometry.berkeley.edu/class/opt260a/othertopics_pp/cleval_vision.htm)
- HERMANN, JS. The accommodation requirement in myopia and hyperopia. *Contact lenses versus spectacles*. *Int Ophthalmol. Clin.* [online]. 1971. Winter, pages: 217-224 [vid. 2015-07-05]. Dostupné z: [http://www.unboundmedicine.com/medline/citation/5940759/The\\_accommodation\\_requirement\\_in\\_myopia\\_\\_A\\_comparison\\_of\\_contact\\_lenses\\_and\\_spectacles\\_](http://www.unboundmedicine.com/medline/citation/5940759/The_accommodation_requirement_in_myopia__A_comparison_of_contact_lenses_and_spectacles_)
- KEIRL, A., CHRISTIE, C. *Clinical Optics and Refraction: A Guide for Optometrists, Contact Lens Opticians and Dispensing Opticians*. 1st edition. Elsevier – Bailliere-Tindall, 2007. 368 s. ISBN: 978-0750688895
- KERSTEN, D. and LEGGE, G.E. Convergence accommodation. *J. Opt. Soc. Am.* [online]. 1983 /Vol.73, No. 3/, March, pages 332-338. [vid. 2015-07-03]. Dostupné z: [legge.psych.umn.edu/pdf/Kersten83.pdf](http://legge.psych.umn.edu/pdf/Kersten83.pdf)
- KUCHYNKA, P. a kol. *Oční lékařství*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2007. 812 s. ISBN 978-80-247-1163-8.
- KHURANA, A. K.: *Theory And Practice Of Optics And Refraction*. India: Elsevier, 2008. ISBN 978-81-312-1132-8.
- KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. 1. vyd. dotisk. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2010, 206 s. ISBN 80-7013-313-9.
- LANG, G. K. et al. *Ophthalmology: A Short Textbook*. Stuttgart: Thieme, 2000. 586 s. ISBN 3-13-126161-7.
- MANAS, L. The inconstancy of the AC/A ratio. *Am J Optom Arch Am Acad Optom.* [online]. 1955; 32: pages 304–315 [vid. 2015-07-01]. Dostupné z: <http://linksource.ebsco.com/linking.aspx?sid=google&id=pmid:14388112>
- McBRIEN, N. A., MILLODOT, M.: Amplitude of Accommodation and Refractive Error. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* [online] 1986, July, pages 1187-1190 [vid. 2015-07-04]. Dostupné z: <http://europepmc.org/abstract/med/3721800>
- NAGYOVÁ, E.: *Komparace korekce refrakčních vad brýlovou a kontaktní čočkou z hlediska brýlové a geometrické optiky*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta lékařská. Vedoucí diplomové práce: Pavel Kříž
- PLUHÁČEK, František a Lenka MUSILOVÁ. Akomodace avergence. In: *Optometrie UP* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra optiky, 2013 [cit. 2015-7-1]. Dostupné z: [www.optometry.cz/obsah/materialy/AV/AV](http://www.optometry.cz/obsah/materialy/AV/AV)
- PLUHÁČEK, František: Normální binokulární vidění - prezentace k předmětu Binokulární vidění, Katedra optiky PřF UP v Olomouci
- RUTRLE, M. *Brýlová optika*. 2. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. 144 s. ISBN 80-7013-145-4.
- ROBERTSON, D.M. and OGLE, K.N. Influence of Contact Lenses on Accommodation :



Theoretic considerations and clinical study. American Journal of Ophthalmology. [online]. 1967 (Vol 64, Issue 5) November, pages 860-871 [vid. 2015-07-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0002939467922283>

ROSENFELD, M. and GILMARTIN, B.: Effect of a near-vision task on the response AC/A of a myopic population. Ophthal. Physiol. Opt. [online] 1987 /Vol. 7, No. 3/ pages 225-233 [vid. 2015-07-04]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-1313.1987.tb00737.x/abstract>

SCHEIMAN, M. Clinical management of binocular vision: Heterophoric, accommodative, and eye movement disorders. 3. vydání. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins a Wolters Kluwer, 2008. ISBN 978-0-7817-7784-1.

SKRBĚK, Matěj. Přínos korekce malých refrakčních vad [online]. Brno, 2009 [cit. 2015-07-02]. 193 l. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/142311/lf\\_m/Diplomova\\_prace.pdf?zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3DMAL%C3%9DCH%20REFRAK%C4%8CN%C3%8DCH%20VAD%20agenda:th%26start%3D1](http://is.muni.cz/th/142311/lf_m/Diplomova_prace.pdf?zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3DMAL%C3%9DCH%20REFRAK%C4%8CN%C3%8DCH%20VAD%20agenda:th%26start%3D1).

Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Katedra optometrie a ortoptiky.



# SROVNÁNÍ AKOMODAČNĚ VERGENČNÍCH VLASTNOSTI VIZUÁLNÍHO SYSTÉMU PRO JEDNOTLIVÉ REFRAKČNÍ VADY



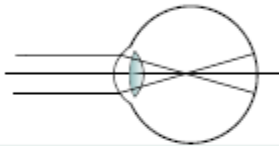
Bc. Emese Nagyová, vedoucí diplomové práce Mgr. David Severa  
Katedra optometrie a ortoptiky, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Brno

## Abstrakt

Cílem této práce je porovnání akomodačně vergenčních vlastností oka pro dva základní typy refrakčních vad – myopie a hypermetropie. Odlišnosti se mohou projevovat např. v rozsahu akomodačního intervalu, v akomodační šíři nebo v AC/A poměru. Přitom na hodnoty vynaložené akomodace a konvergence může působit i typ korekce, který je použit při vykorigování jednotlivých refrakčních vad.

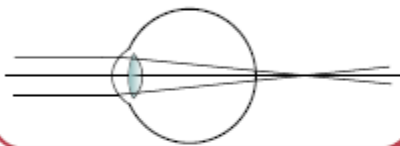
### MYOPIE

Paralelní paprsky s optickou osou, které přicházejí do oka během akomodačního klidu, se protnou před sítnicí.



### HYPERMETROPIE

Paralelní paprsky s optickou osou, které přicházejí do oka během akomodačního klidu, se protnou za sítnicí.



## AKOMODAČNĚ VERGENČNÍ VLASTNOSTI VIZUÁLNÍHO SYSTÉMU PRO JEDNOTLIVÉ REFRAKČNÍ VADY

### AKOMODAČNÍ INTERVAL

Myop má menší akomodační interval než emetrop, ale zato může pozorovat předměty v bližší vzdálenosti bez většího namáhání akomodace.

Hypermetrop má akomodační interval posunutý dále od oka, je schopen zobrazit předměty v nekonečnu, ale jenom krátkodobě, protože k tomu musí použít maximální akomodaci.

### AKOMODAČNÍ ŠÍŘE

Myopové mají větší akomodační šíři než emetropové a hypermetropové. Pravidlo podobně to je důvod, proč se u krátkozrakosti objevují presbyopické symptomy později.

Hypermetropové mají menší akomodační amplitudu, než emetropové a myopové, a proto u nich obvykle presbyopie manifestuje dříve.

### AC/A POMĚR

Nekorigovaní myopové akomodují méně ve srovnání s emetropickým okem. Jsou tedy zvyklí konvergovat bez akomodace. Pro středních AC/A poměru je navazena slabší akomodační konvergence, což může způsobit i divergentní úchytku tj. esofořii do blízka. Hodnota AC/A poměru u nekorigovaných myopů je vyšší.

U nekorigovaného hypermetropie nadměrné zatížení akomodací a spolu s ní i konvergencí, může vést ke vzniku astenopických potíží a esofořii do blízka. Hodnota AC/A poměru je nižší, než u myopie.

### ROZDÍLY PŘI KOREKCI REFRAKČNÍCH VAD

U lidí s vyšší myopií nebo u mladších jedinců bylo prokázáno, že změna z brýlové korekce na kontaktní čočku může vyvolávat větší akomodaci i konvergenci.

U hypermetropie volba kontaktních čoček se ukazuje jako výhodnější, protože využitelnost akomodace a konvergence je nižší než u myopie.

Literatura a vyřádky od autora (Kontakt: makato@gmail.com)

## 19. Vliv aberací vyšších řádů na kontrastní citlivost u pacientů s keratokonem- Bc. Jan Olbrecht

Vedoucí práce: MUDr. Veronika Pandošáková

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

---

### Úvod

Dnešní moderní postupy v oftalmologii nám umožňují provést detailnější vyšetření a analýzu u pacientů s keratokonem, než tomu bylo v dřívějších dobách. Proto bylo provedeno u pacientů s tímto degenerativním onemocněním rohovky vyšetření pomocí aberometru. Zároveň pacienti podstoupili více jak půl roku před touto analýzou zákrok cross – linking. Abychom docílili i lepšího porovnání vidění, bylo provedeno testování kontrastní citlivosti. Snahou tohoto článku je přinést informace z mešní studie, která se zajímá výše uvedenou problematikou.

V tomto textu budou následně popsány pojmy jakými jsou keratokonus, cross – linking, aberace vyšších řádů a kontrastní citlivost. V závěru budou shrnuty aktuální výsledky z této menší studie.

### Keratokonius

Keratokonem nazýváme degenerativní onemocnění rohovky, které se projevuje následným ztenčením stromatu. Jedná se o kuželovité vyklenutí rohovky, u něhož z důvodu protenčení, není apex rohovky umístěn přímo v centru, ale je posunut níže pod horizontálu. V souvislosti s tímto onemocněním se hovoří o poruše kolagenových vláken rohovky [1,2].

Keratokonius patří mezi dědičné onemocnění, kde nedochází k úplné penetraci genu. Klinická manifestace začíná okolo druhého decennia života. Vyskytuje se obvykle oboustranně, ačkoli nemusí být průběh onemocnění na obou očích totožný. Buď se vyskytuje samostatně, nebo častěji v souvislosti s jinými chorobami, např. Downův syndrom, Turnerův syndrom, Marfanův syndrom, Ehlersův-Danlosův syndrom, ale i senná rýma, atopická dermatitis a jiné. Hovoříme – li o geneticky podmíněném keratokonu, jeho manifestace bývá spuštěna zevními vlivy jako např. stres, nevhodná životospráva, ale i dlouhodobým, nevhodným nošením měkkých kontaktních čoček [1,2].

Mezi první příznaky tohoto degenerativního onemocnění rohovky můžeme zařadit nejprve rychle manifestující nárůst myopie. Ze začátku může být myopie v kombinaci s pravidelným astigmatismem, který později přechází v nepravidelný a z toho důvodu, jej nelze korigovat brýlovými čočkami. Ke klinickým příznakům můžeme zařadit Fleischerův prstenec, což je žlutohnědý kruh, který je tvořen hemosiderinem ukládajícím se v epitelu rohovky. Fleischerův prstenec obkružuje vyklenutý apex rohovky. Ve středu rohovky lze pozorovat nařazení lamel stromatu tzv. Vogtovy strie, které je způsobeno horizontálními trhlinami Descementské membrány. Dále se vyskytuje Munsonův příznak, což je úkaz spojený s díváním se pacienta směrem dolů. Vytvoří se zde vyklenutí dolního víčka ve tvaru písmene V. U pokročilých stádií onemocnění se objevuje Axenfeldův příznak, což je ztráta citlivosti ve ztenčeném vrcholu rohovky. Vlivem ruptury Descementské membrány dochází k edému rohovky a následně také k zhoršení vidění, čímž dochází k rozvoji tzv. akutního keratokonu [1,2,3].

### Možnosti korekce a léčby keratokonu

V prvotních stádiích lze keratokonus korigovat cylindrickými brýlovými čočkami. V případě, že již není tato korekce účinná, lze provést korekci pomocí terapeutických tvrdých kontaktních čoček. Dochází – li i nadále k ztenčování rohovky a hrozí tak její perforace, či objevují se trhliny v Descementské membráně s následným edém rohovky, přistupuje se k operačnímu zákroku, k perforující keratoplastice [1,2].

U perforující keratoplastiky se rohovka pacienta odstraní v celé své tloušťce a je nahrazena rohovkou dárce, kadaverózním terčem. Po operaci je možné provést dokorekci pomocí terapeutických tvrdých kontaktních čoček, či měkkých torických kontaktních čoček. Další alternativou vedoucí ke stabilizaci rohovky je aplikace intrastromálních prstencových segmentů, tzv. kera – ringů. Tyto prstence jsou zhotoveny s polymetylmakrylátu. Tím, že vkládáme tyto segmenty do stromatu, dochází k vyrovnání nepravidelností rohovky [1,2].

Dnes lze provést stabilizaci rohovky u pacientů s keratokonem pomocí metody corneal cross – linking. Jedná se o aplikaci riboflavinu a jeho následný osvit UVA zářením. Existují dvě techniky tohoto zákroku. Buď se prvně provede abraze epitelu a na stroma se aplikuje riboflavin. Nebo lze provést bezabrazní techniku, při které je riboflavin aplikován na epitel rohovky. V dnešní době se považuje bezabrazní

technika za šetrnější a stejně účinnou jako abrazní. Na riboflavin působíme pomocí UVA záření o vlnové délce 365 nm po dobu 30 minut. Během zákroku aplikujeme přibližně v tří minutových intervalech riboflavin. Vlivem působení fotosenzitivní látky riboflavinu a UVA záření se uvolňují vodíkové radikály, které mají za následek vytvoření nových spojů ve stromatu a tím dojde k zpevnění rohovky [2,4].

#### Aberace oka

Aberace lidského oka jsou rozdílem mezi ideálním obrazem a obrazem, který je vytvořen optickým systémem. Kdyby se lidské oko chovalo jako ideální optický systém, tedy bez aberací, vznikl by perfektní obraz. Tedy pozorovaný bod by se zobrazil opět jako bod. Jelikož oko člověka nezachovává sféricitu vlnoploch vzniká nedokonalý obraz. Pozorovaný bod se totiž nezobrazí jako bod [3,5].

Aberace dělíme na chromatické a monochromatické. Chromatické aberace jsou způsobeny disperzí světla v optických médiích oka. Dochází k rozložení viditelného světla na jednotlivé spektrální barvy. Z toho důvodu je index lomu médií závislý na vlnových délkách světla. Vlnoplocha zelené barvy konverguje přímo na sítnici, modré barvy před sítnicí (myopie) a vlnoplocha červené barvy konverguje za sítnicí (hypermetropie). Monochromatické aberace jsou závislé na dané vlnové délce světla. Lze je dále rozčlenit na aberace nižších řádů a aberace vyšších řádů, které jsou znázorněny v Zernikeově polynomické expanzi [5,6].

Mezi aberace nižších řádů, 1. a 2. řádu, řadíme sférické aberace. Myopii, hypermetropii a astigmatismus. Můžeme je proto korigovat pomocí sférických, popřípadě sférocylindrických brýlových čoček, kontaktních čoček a refrakčními zákroky [5,6].

#### Aberace vyšších řádů

Aberace vyšších řádů, též nazývanými higher – order aberration (HOA), jsou odchylky optického systému oka, které způsobují nedokonalé vidění. Mezi HOA řadíme aberace od 3. řádu výše. Dnes dokážeme analyzovat aberace až 10. řádu, avšak pro vidění mají nevýznamnější vliv aberace 3. a 4. řádu. Aberace vyšších řádů mohou způsobovat halo efekt (kruhy kolem světla), na kterém se nejvíce podílí sférické aberace a koma. Dále glare, neboli oslnění, na němž má svůj podíl především sférická aberace. Můžeme se nadále setkat s ghost efektem, který způsobuje koma. Jsou popisovány případy monokulární diplopie až polyplopie. V neposlední řadě dochází vlivem HOA k snížení zrakové ostrosti a kontrastní citlivosti [3,5,6].

K aberacím třetího řádu patří koma vertikální Z (3,-1) a koma horizontální Z (3, 1). Dále do HOA třetího řádu řadíme trefoil sinové fáze Z (3,-3) a trefoil kosinové fáze Z (3,3). Do aberacím čtvrtého řádu patří sférická aberace vyššího řádu Z (4,0), dva typy sekundárního astigmatismu Z (4, -2) a Z (-4, 2). V neposlední řadě patří do HOA čtvrtého řádu dva typy quadrafoilu Z (4,-4) a Z (4, 4) [5,6].

#### Aberometrie

Metoda analýzy aberací vyšších řádů se nazývá aberometrie (wavefront analýza). Aberometrem zjišťujeme deformaci sférické vlnoplochy poté, co projde optickým systémem. Nejčastěji využívaný způsob detekce aberací je pomocí Shack-Hartmannova senzoru. Diodovým laserem je vyslán do oka tenký paprsek, který je fokusovaný do bodu na retině. Odražená vlnoplocha je zachycena při návratu z oka sestavou mikročoček a rozdělena na řadu paprsků. Tyto paprsky jsou posléze zachyceny a analyzovány CCD kamerou [3,5,6].

Shack-Hartmannův senzor je součástí aberometru WASCA, iProfiler, ZYWAVE. Oční klinika Fakultní nemocnice U sv. Anny využívá aberometr WASCA. Pomocí WASCA aberometru získáme podrobný popis optického stavu oka z několika stovek bodů a následně obdržíme vlnoplochu, která definuje lomivý aparát vyšetřovaného oka. Součástí WASCA aberometru je zdroj světla, neboli superluminiscenční dioda, o vlnové délce 850 nm. Poté obsahuje detektor, čímž je již zmíněný Shack-Hartmannův senzor. Mezi jeho další součásti patří záznamové a vyhodnocovací zařízení [3,5,6].

#### Kontrastní citlivost a její testování

Vyšetření kontrastní citlivosti nám umožňuje podrobněji analyzovat zrakovou funkci. Schopnost správně rozlišovat drobné detaily v prostoru závisí na dvou parametrech a to na již zmíněné kontrastní citlivosti a prostorové frekvenci. Kontrastní citlivost definujeme jako převrácenou hodnotu kontrastního prahu. Kontrastním prahem je myšleno rozeznání nejmenšího viditelného kontrastu, tedy jak je oko schopno od sebe odlišit dva různé světelné objekty. Kontrastní práh u zdravých očí dosahuje hodnoty 0,01. Prostorová

frekvence nám udává počet cyklů na úhlový stupeň (c/st.), kde stupněm je myšlena úhlová šířka jednoho tmavého a sousedního světlého pruhu. Funkce popisující kontrastní citlivost se nazývá křivka kontrastní citlivosti. Jedná se o konkrétní kontrastní prahy v závislosti na různých prostorových frekvencích. Jelikož je lidské oko nejcitlivější na prostorové frekvence mezi 3 – 6 c/st, má křivka kontrastní citlivosti zvonovitý tvar. Nízké prostorové frekvence umožňují rozlišení velkých objektů a prahů. Oproti tomu vysoké prostorové frekvence určují okraje, detaily a linie. U prostorové frekvence 60 c/st. je kontrastní citlivost nulová. V centru retiny jsou lépe vnímány vyšší prostorové frekvence než v periférii. Binokulární kontrastní citlivost je vyšší oproti monokulární [7,8].

#### Testování kontrastní citlivosti

Kontrastní citlivost měříme pomocí testů, které se dělí do dvou skupin. První skupina testů využívá sinusovou mřížku, druhá skupina je tvořena písmenovými testy. Testy mohou být vyhotoveny jako vyšetřovací tabule, případně jsou součástí monitoru či LCD optotypu [7,8].

Testy se sinusovou mřížkou jsou zkonstruovány na základě Michelsonova kontrastu, který definujeme jako rozdíl maximálního a minimálního jasu dělený součtem obou hodnot jasů.

$$K = (L_{\max} - L_{\min}) / (L_{\max} + L_{\min})$$

K testům, které využívají sinusovou mřížku lze zařadit Ardenovy tabule, Ginsburgovy tabule, Vision Contrast Test Systém (VCTS 6500), Cambridge Low Contrast Chart, CSV – 1000 a jiné [7,8].

Testy, které využívají při detekci kontrastní citlivosti písmena, využívají Weberův kontrast. Jedná se o rozdíl jasu mezi pozadím a objektem, který je dělený jasnem pozadí.

$$K = (L_p - L_o) / L_p$$

K písmenovým testům řadíme Pelli-Robson Contrast Sensitivity Test, Hemilton-Veale Contrast Sensitivity Test, Mars Letter Contrast Sensitivity Test, Reganovy tabule a další [7,8].

Testování kontrastní citlivosti má své opodstatnění, jelikož v incipientní fázi u různých onemocnění může být kontrastní citlivost snížena a to především ve vyšších prostorových frekvencích. Sníženou kontrastní citlivost lze rozdělit na skupiny z optických a neoptických příčin. Z optických příčin je to např. katarakta, keratokonus, nekorigovaná refrakční vada, refrakční chirurgie a onemocnění rohovky. Do skupiny neoptických příčin lze zařadit amblyopii, onemocnění sítnice v oblasti makuly, glaukom, onemocnění zrakového nervu, diabetes mellitus a jiné [7,8].

#### Výzkumná část

##### Cíl a hypotéza

Cílem práce je zjistit vliv aberací vyšších řádů na kontrastní citlivost u pacientů, kteří mají keratokonus. Dále je snahou provést srovnání se studii, které se zabíraly stejným či obdobným tématem. K dosažení objektivního cíle byla stanovena tato hypotéza:

Kontrastní citlivost bude snížena vlivem aberací vyšších řádů u minimálně 50% pacientů.

##### Metodika

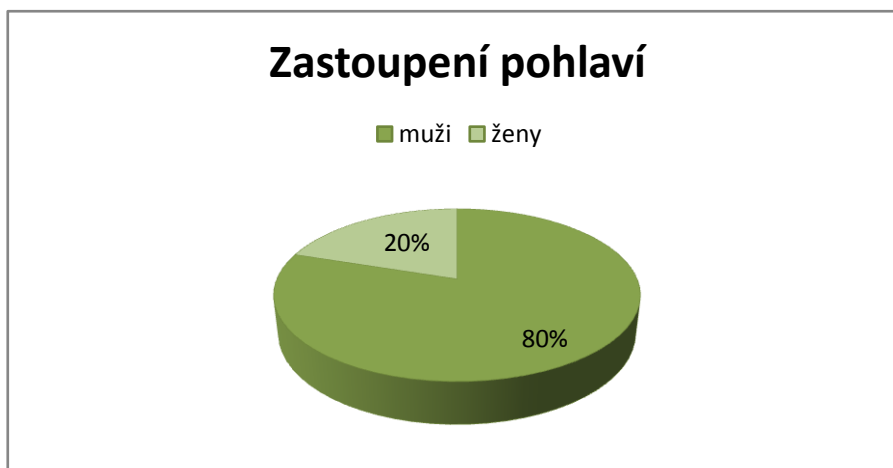
V článku se zabýváme aberacemi vyšších řádů a jejich vlivem na kontrastní citlivost u pacientů, kteří mají keratokonus. Data do studie jsou sbírána na Refrakčním centru ve Fakultní nemocnici U svaté Anny v Brně. Aktuálně sesbíraná data jsou z období od prosince 2014 do května 2015. Užší vzorek obsahuje data od dvaceti pacientů. Do vzorku byli zahrnuti pacienti s keratokonem, kteří minimálně půl roku před vyšetřením podstoupili zákrok cross – linking. Ve studii jsou zahrnuti i pacienti, kteří mají jednostranný keratokonus.

U pacientů je nejprve změřena kontrastní citlivost na testu CSV – 1000. Tento test využívá sinusových mřížek. Jedná se o vyšetřovací tabuli, která má vlastní osvětlení 85 cd/m<sup>2</sup>, proto není zapotřebí další přídatné osvětlení. Vyšetřovací vzdálenost je 2,5 m. Tabule obsahuje 4 řádky pro prostorovou frekvenci 3, 6, 12 a 18 c/st. Každý řádek obsahuje osm dvojic terčů se sinusovou mřížkou. Pacient určí, zda se sinusová mřížka nachází v horním terči, dolním terči, případně že jsou oba terče prázdné. Toto je provedeno u každé prostorové frekvence. Poslední správně označený terč se zaznamenává do grafu pro CSV – 1000 a následně je z něj sestavena křivka kontrastní citlivosti. Měření kontrastní citlivosti je provedeno vždy pro každé oko zvlášť.

Následně je provedeno měření aberací vyšších řádů na aberometru WASCA. Tento typ aberometru využívá Shack- Hartmannův senzor. Následně získáme podrobný popis optického stavu oka z několika stovek bodů a obdržíme vlnoplochu, která definuje lomivý aparát vyšetřovaného oka. Vyšetření je prováděno za skotopických podmínek, abychom také docílili potřebného průměru zornice a to okolo 6 mm. U aberací vyšších řádů se zaměřuji především na 3. řád HOA a to konkrétně na horizontální a vertikální koma.

Zkoumaný vzorek

Ve zkoumaném vzorku byla provedena aberometrie a vyšetření na kontrastní citlivost u 20 pacientů. Tento vzorek je sestaven z 16 mužů a 4 žen. U 5 pacientů nebyl proveden oboustranný corneal cross – linking. Z toho důvodu je ve vzorku zahrnuto 17 pravých a 18 levých očí.



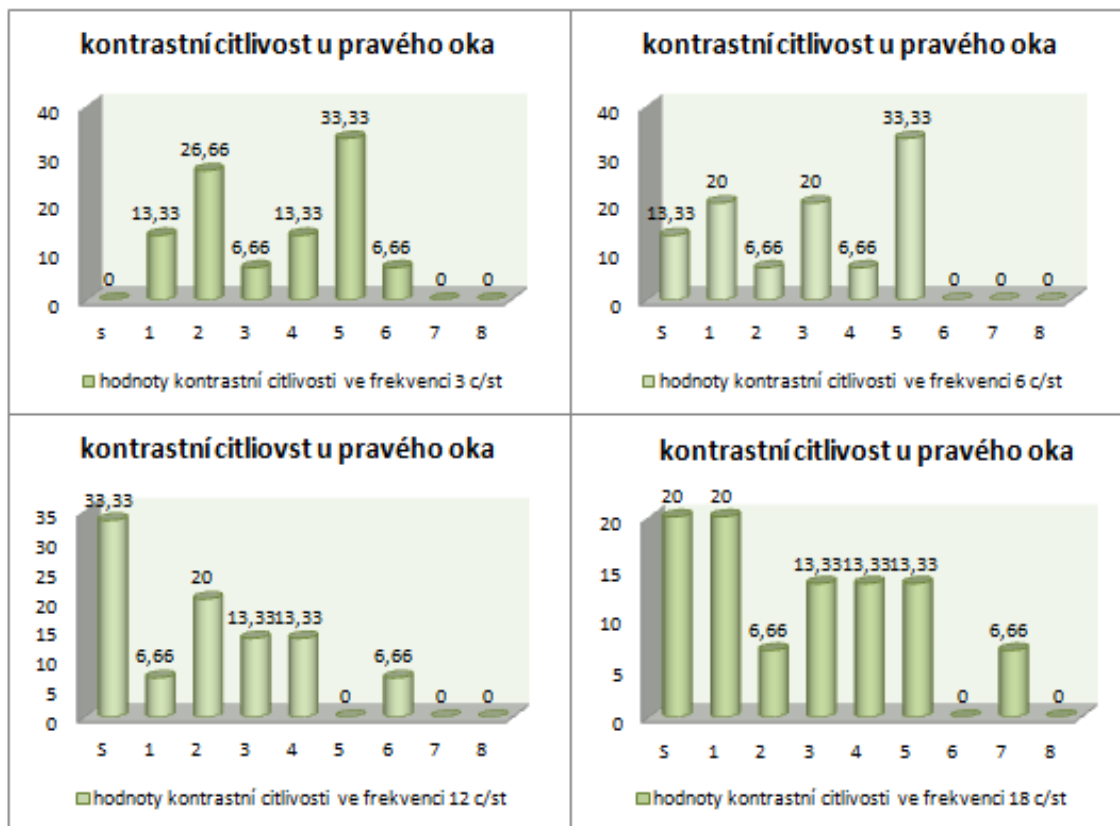
Graf č. 1: Zastoupení mužů a žen ve zkoumaném vzorku



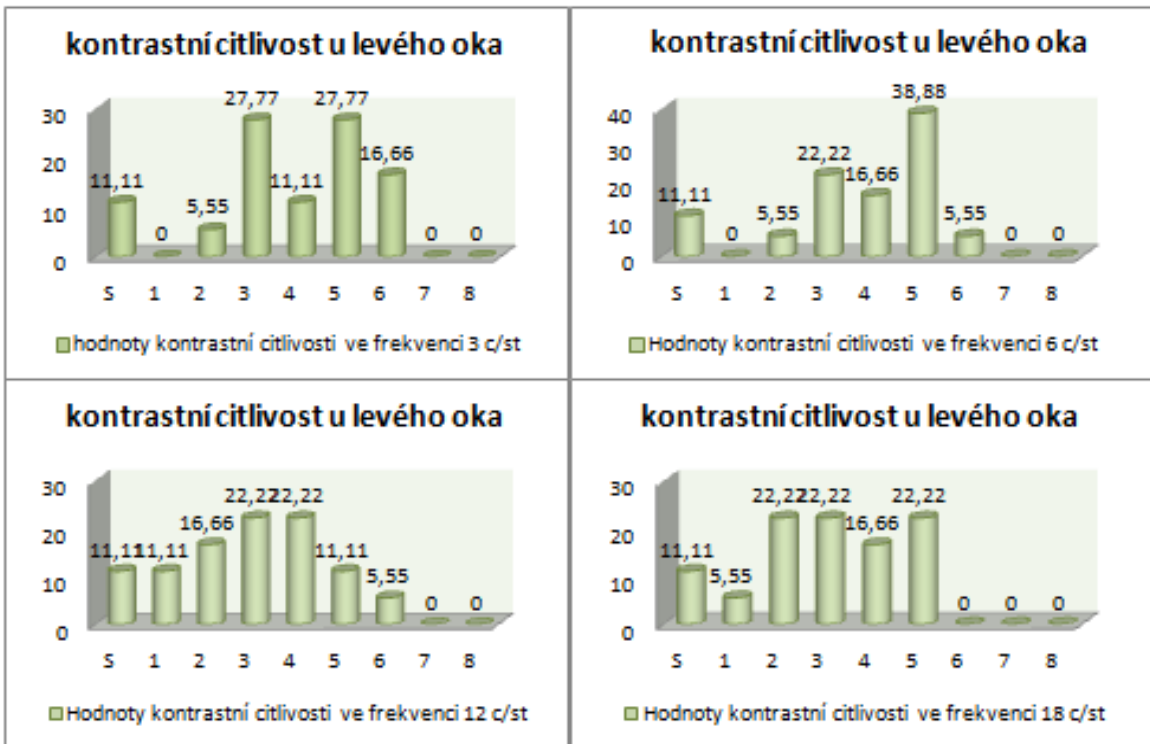
Graf č. 2: Zastoupení měřených očí ve zkoumaném vzorku.

Graf č. 3 zachycuje kontrastní citlivost na pravém oku v prostorových frekvencích 3 c/st.; 6 c/st.; 12 c/st. a 18 c/st. Osa x nám popisuje jednotlivé terče se sinusovou mřížkou u testu CSV – 1000. Na ose y je procentuální zastoupení pravých očí. Z grafu je patrné, že kontrastní citlivost je snížena ve všech prostorových frekvencích.

Graf č. 3: Kontrastní citlivost pravého oka v daných prostorových frekvencích

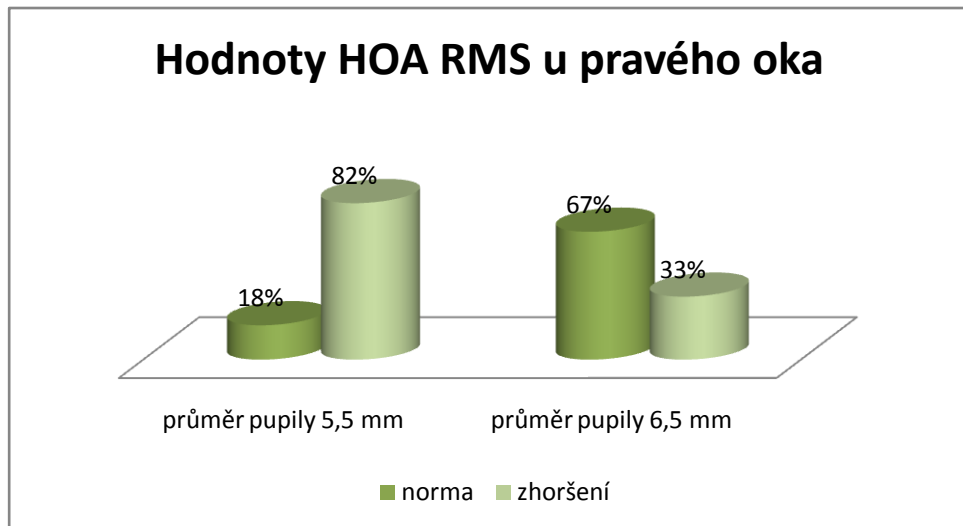


Graf č. 4 zachycuje kontrastní citlivost levého oka v prostorových frekvencích 3 c/st.; 6 c/st.; 12 c/st. a 18 c/st. Osa x nám popisuje jednotlivé terče se sinusovou mřížkou u testu CSV – 1000. Na ose y je procentuální zastoupení levých očí. Z grafu lze vyčíst, že kontrastní citlivost je zhoršena ve všech prostorových frekvencích.



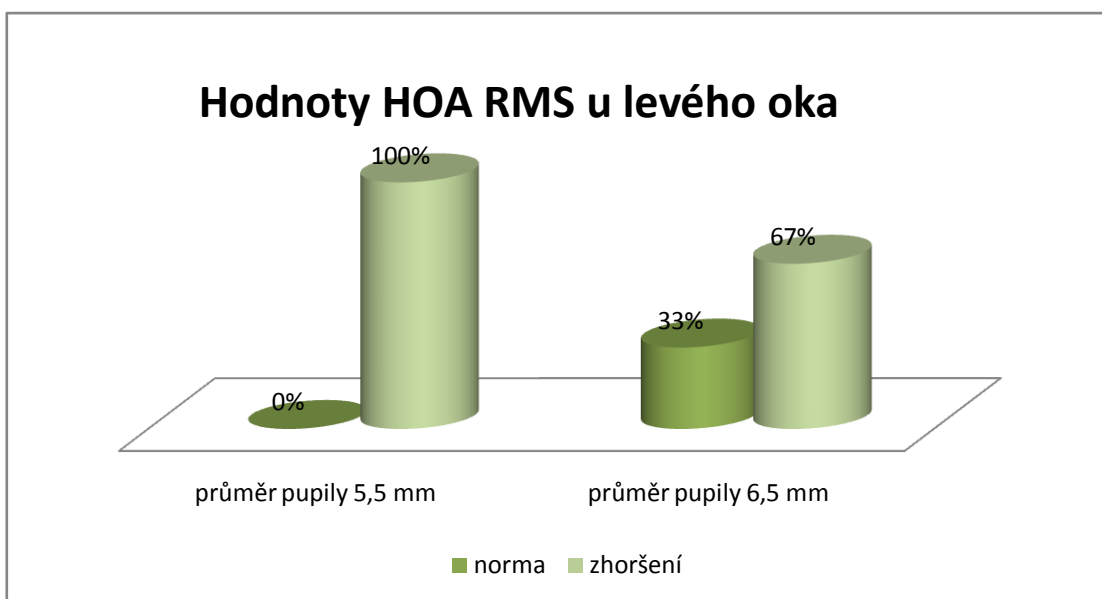
Graf. č.4: kontrastní citlivost levého oka v daných prostorových frekvencích.

Graf č. 5 popisuje procentuální zastoupení aberací vyšších řádů na pravém oku u zkoumaného vzorku podle celkové směrodatné odchylky RMS náležející všem aberacím vyšších řádů. Ve vzorku je zahrnuto 14 pravých očí. Ačkoli je ve studii 20 osob, u šesti očí nevyhovoval průměr zornice a proto do vzorku nebyly zahrnuty. Ve vzorku pupily s průměrem 5,5 mm je zahrnuto 11 očí, a u pupily s průměrem 6,5 mm 3 očí. Hodnota 0,3  $\mu\text{m}$  určuje normu pro průměr zornice 5,5 mm. Pro průměr pupily 6,5 mm je norma 0,6  $\mu\text{m}$ .



Graf č. 5: Hodnota aberací vyšších řádů pro pravé oko v závislosti na průměru pupily





Graf č. 6 popisuje procentuální zastoupení aberací vyšších řádů levého oka ve zkoumaném vzorku na základě celkové směrodatné odchylky RMS náležející všem aberacím vyšších řádů. Ve vzorku je zahrnuto 14 levých očí. Ačkoli je ve studii 20 osob, u šesti očí nevyhovoval průměr zornice a proto do vzorku nebyly zahrnuty. V zaznamenaném vzorku u pupily s průměrem 5,5 mm je počítáno s 11 očima a pupila s průměrem 6,5 mm zahrnuje 3 oči. Hodnota 0,3  $\mu\text{m}$  určuje normu pro průměr zornice 5,5 mm. Pro průměr pupily 6,5 mm je norma 0,6  $\mu\text{m}$ .

Graf č. 6: Hodnota aberací vyšších řádů pro levé oko v závislosti na průměru pupily

#### Závěr

Cílem tohoto menšího vzorku bylo srovnání vlivu aberací vyšších řádů na kontrastní citlivost u pacientů s keratokonem. Na začátku byla stanovena hypotéza: Kontrastní citlivost bude snížena vlivem aberací vyšších řádů u minimálně 50% pacientů. Tato hypotéza byla potvrzena, jelikož kontrastní citlivost byla snížena u obou očí ve všech prostorových frekvencích. Za normu pro kontrastní citlivost můžeme ještě považovat spojnicí terčů na testu CSV – 1000 s pořadovým číslem pět. Ze vzorku také vyplývá, že ve všech prostorových frekvencích byla více jak u 50% pacientů kontrastní citlivost pod danou normou. Dále ze zkoumaného vzorku je patrné, že aberace vyšších řádů byly u pacientů s keratokonem po corneal cross – linking výrazně zhoršeny a to u obou očí. V tomto zkoumaném vzorku byly aberace vyšších řádů posuzovány podle sledované celkové směrodatné odchylky RMS náležející všem aberacím vyššího řádů. Což je také v souladu se studií C. Okomoto, F. Okomoto, T. Samejima, K. Miyata a T. Oshika, která zkoumala také vliv aberací vyšších řádů na kontrastní citlivost u pacientů s keratokonem a potvrdila, zhoršení kontrastní citlivosti vlivem aberací vyšších řádů [9].

#### Použitá literatura

- [1] ROZSÍVAL, Pavel et al.: Oční lékařství. 1. vyd. Praha, Galén: Karolinum, 2006. 373 s. ISBN 80-7262-404-0
- [2] PETROVÁ, Sylvie, Mašková, Zdeňka, Jurečka, Tomáš. Základy aplikace kontaktních čoček. 2. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2008, 219 s. ISBN 978-80-7013-470-2
- [3] VESELÝ, Petr. Vyšetření předního segmentu oka – výukový materiál k předmětu Optika - optometrie II, Katedra optometrie a ortoptiky, LF MU, Brno, 2015
- [4] VAVERKA, Jan. CXL v obraze konfokální mikroskopie u pacientů s keratokonem. Brno, 2011.

Diplomová práce. LF MU. Vedoucí práce Doc. MUDr. Zuzana Hlinomazová, Ph.D.

[5] PERLOVÁ, Lenka. Změny tvaru rohovky v důsledku CCL, včetně změny aberací vyšších řádů. Brno, 2011. Diplomová práce. LF MU. Vedoucí práce MUDr. Jana Ingrová, Ph.D.

[6] FIŠEROVÁ, Gabriela. Výskyt aberací vyšších řádů v populaci. Brno, 2015. Diplomová práce. LF MU. Vedoucí práce MUDr. Veronika Pandoščáková

[7] VESELÝ, Petr. Vyšetření kontrastní citlivosti – výukový materiál k předmětu Optika – Optometrie I, Katedra optometrie a ortoptiky, LF MU, Brno, 2014

[8] OLBRECHT, Jan. Kontrastní citlivost a řízení motorových vozidel. Olomouc, 2013. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta UP v Olomouci. Vedoucí práce RNDr. Jaroslav Wagner, Ph.D.

[9] OKAMOTO, C., Okamoto, F., Samejima, T., Miyata, K. and Oshika, T.: Higher – order wavefront aberration and letter – contrast sensitivity in keratoconus. Eye, 2008, str. 1488 – 1492.

## **The influence of higher order aberrations contrast sensitivity in patients with keratoconus- Bc. Jan Olbrecht**

Supervisor: MUDr. Veronika Pandošćáková

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

### **Introduction**

Nowadays we can do in ophthalmology detail examination and analysis of patients with keratoconus than few years ago. Therefore, we used aberrometer in examination of patients with degenerative corneal diseases. Then we started analysing their parameters, these patients underwent corneal surgery, corneal cross – linking, more than half year before. We used test of contrast sensitivity to better analysing. The aim of this small study is bring informations about this issues.

In this text will be describes notions such as are keratoconus, corneal cross – linking, higher – order aberrations and contrast sensitivity. In the end will be summarized actual results of this study.

### **1. Keratoconus**

Keratoconus is called degenerative corneal disease, which is manifest like thinning of the stroma. The thinning of cornea causes different shape of cornea, we called about a cone – shaped bulging. This a cone – shaped bulging causes that apex is not located in center of cornea, but is moved down horizontally. In connection with this disease we talk about defect of collagen fibers of the cornea [1,2].

Keratoconus is the hereditary disease, where there is not complete penetration of the gene. Clinical manifestations begin around the second decade of life. There are usually on the both eyes, although they may not be the course of the disease in both eyes identical. Keratoconus exists either alone or more frequently in connection with other diseases, e.g. Down's syndrome, Turner syndrome, Marfan syndrome, Ehlers-Danlos Syndrome, but also hay fever, atopic dermatitis and others. When we talk about genetic keratoconus, than its manifestation starts by external influences such. stress, improper diet, but also long-term, improper wearing soft contact lenses [1,2].

Among the first signs of a degenerative disease of the cornea can be classified quickly increasing myopia. From the beginning can be myopia with combination of regular astigmatism, which later turns into irregular. The irregular astigmatism is not possible corrected with spectacle lenses. Clinical manifestations can include Fleischer ring, which is yellow-brown ring which is formed by depositing hemosiderin in the corneal epithelium. Fleischer ring encircles the domed apex of the cornea. In the center of the cornea can be observed compressed lamellae, which are called Vogt striae, which are caused by horizontal cracks Descemet membrane. Furthermore there is the Munson symptom, a phenomenon associated with the patient by looking downward. It is bulging of lower eyelid in shape V. In the advanced stadium of the disease occurs Axenfeld's flag, which is a loss of sensation in the thinning of the corneal apex. Influence of ruptures Descemet membrane can cause corneal edema, and consequently to deterioration in vision, which leads to the development of so-called. acute keratoconus [1,2,3].

Options corrections and treatment of keratoconus

In the early stage can be keratoconus corrected with toric spectacle lenses. When it is not possible we can corrected by therapeutic RGP contact lenses. If will be thinning of cornea still continue it can cause perforation of cornea. When is risk of penetration very high, we can do corneal surgery which is called keratoplasty [1,2].

For penetrating keratoplasty, the cornea of the patient is removed over its entire

thickness and is replaced by cornea of cadaver. After the operation is possible to use correction with RGP contact lenses or soft toric contact lenses. Another alternative to stabilize the cornea is stabilization by intrastromal ring segments called. kera – ring. These rings are made of polymethylmethacrylate. By we insert these segments into the stroma, equalize irregularities [1,2].

Today, we can do stabilization cornea by patients with keratoconus by using method Corneal Cross - linking. It is application of riboflavin and the subsequent exposure of UV radiation. There are two techniques of surgery. First method is using abrasion of the epithelium and stroma is applied riboflavin. First method is using abrasion of the epithelium and then is applied is riboflavin on stroma. Second method is using non abrasion technique which is gentle and efficient as well as abrasion. On riboflavin operate using UV radiation of wavelength 365 nm for 30 minutes. During the procedure applied at approximately three minute intervals riboflavin. Under the influence of photosensitive substance riboflavin and UV are releasing hydrogen radicals, which result in the creation of new connections within the stroma, and thereby to strengthen the cornea [2,4].

## **2. Aberrations of an eye**

Aberrations of the human eye are the difference between an ideal image and the image which is formed by the optical system. If the human eye behaved as an ideal optical system, it is meant without defects, it was the perfect picture. The observed point would appear again as a point. As the human eye does not preserve the sphericity of wavefronts created an imperfect image. The observed point is not demonstrated as a point [3,5].

Aberrations are divided on chromatic and monochromatic. Chromatic aberration is caused by dispersion of light in the optical media of the eye. Visible light is divided on individual spectral colors. For this reason, the refractive index of the media depends on the wavelengths of light. Wavefront green converges directly on the retina, blue front of the retina (myopia) and wavefront red colors converge behind the retina (hyperopia). Monochromatic aberrations are dependent on the light wavelength. We can divide on low order aberrations and higher order aberrations, which are shown as Zernike polynomial expansion [5,6].

Between low order aberrations, first and second rank, can be included spherical aberrations. Myopia, hyperopia and astigmatism. Between low order aberrations, first and second rank, can be included spherical aberrations. Myopia, hyperopia and astigmatism. It can be corrected using by spherical or spherotical spectacle lenses, contact lenses and refractive surgeries [5,6].

### **Higher order aberrations**

Higher order aberrations (HOA) are the deviations of the optical system of the eye, which can cause imperfect vision. Between HOA we can divide aberrations from third order and above. Today we can analyze aberration to the tenth order, but for the vision they have the most significant impact aberration third and fourth order. Higher order aberrations can cause halo effect (haloes around lights), which accounts for most of the spherical aberration and coma. Then we can analyze glare, which is caused by spherical aberration. We will continue to meet with the ghost effect that causes coma. They describe cases of monocular diplopia and polyopia. HOA can cause decreased visual acuity and contrast sensitivity, too [3,5,6].

The third order aberrations include coma vertical  $Z(3, -1)$  and horizontal coma  $Z(3, 1)$ . Further to the HOA rank third order trefoils sine phase  $Z(3, -3)$  and trefoil cosine phase  $Z(3, 3)$ . To a fourth-order aberrations include spherical aberration of higher order  $Z(4, 0)$ , two types of secondary astigmatism  $Z(4, -2)$  and  $Z(-4, 2)$ . Finally, part of the fourth order HOA two types quadrafoil  $Z(4, -4)$ , and  $Z(4, 4)$  [5,6].

### Wavefront analysis

Method of analysis of the higher order aberrations called wavefront analysis. Aberrometer we find deformed spherical wave front after passing the optical system. The most commonly used method for detecting defects is using Shack-Hartmann sensor. The diode laser transmits thin ray into the eye which is focused to a point on the retina. The reflected wavefront is captured while returning from the eye by microlenses and divided into a plurality of rays. These rays are then captured and analyzed by a CCD camera [3,5,6].

Shack-Hartmann sensor is part of the aberrometer WASCA, iProfiler, ZYWAVE. Using WASCA aberrometer we get a detailed description of the optical state of the eye of several hundred points. Then we receive a wavefront, which defines the refringible apparatus examined eye. Part WASCA aberrometer the light source, or superluminescent diode with a wavelength of 850nm. Then comprises a detector, which is the already mentioned Shack-Hartmann sensor. Among its other components include a recording device and analysis device [3,5,6].

### 3. Contrast sensitivity and method of testing

Examination of contrast sensitivity allows us to analyze in more detail visual function. Talent to correctly detect small details in the space depends on two parameters, namely the already mentioned contrast sensitivity and spatial frequency. Contrast sensitivity is defined as the inverse of the contrast threshold. Contrast threshold is meant to recognize the smallest visible contrast, that means how can the eye recognize between two different light objects. Contrast threshold for healthy eyes reaches 0.01. Spatial frequency gives us the number of cycles per degree angle. Where the degree is meant the angular width of one dark and light adjacent lane. Describing contrast sensitivity function is called contrast sensitivity curve. It is a specific contrast threshold depending on the different spatial frequencies. Because the human eye is most sensitive to spatial frequencies between 3-6 cycles per degree, contrast sensitivity curve is bell-shaped. Low spatial frequencies allow the resolution of large objects and thresholds. In contrast, the high spatial frequency determined margins, details and lines. For spatial frequencies of 60 cycles per degree, contrast sensitivity is zero. In the center of the retina are better perceived higher spatial frequencies than in the periphery. Binocular contrast sensitivity is higher than monocular [7,8].

#### Contrast sensitivity testing

Contrast sensitivity we can measure by tests, which are divided into two groups. First group of tests uses sinusoidal gratings, the second part of tests uses letters tests. Tests can be made as an investigative board or are part of a monitor or LCD optotype [7,8].

Tests with sinusoidal gratings are based on Michelson contrast, which we define as the difference between maximum and minimum brightness divided by the sum of the two values brightness.

$$K = (L_{\max} - L_{\min}) / (L_{\max} + L_{\min})$$

The tests, which use sine grid can include Arden blackboard, Ginsburg blackboard, Vision Contrast Test System (VCTS 6500), Cambridge Low Contrast Chart, CSV-1000, and other [7,8].

Tests which use for detection contrast sensitivity letter tests, are based on Weber contrast. It is the difference in brightness between the background and the object, which is divided by background brightness.

$$K = (L_p - L_o) / L_p$$

Between contrast sensitivity letter test we can include Pelli-Robson Contrast Sensitivity Test, Hemilton-Veale Contrast Sensitivity Test, Mars Letter Contrast Sensitivity Test, Regan blackboard and other [7,8].

Contrast sensitivity testing is very important because we can detect the incipient stage in various diseases. Various diseases can be presented in reduced contrast sensitivity, especially at higher spatial frequencies. Reduced contrast sensitivity can be divided into groups of optical and non-optical causes. For optical reasons it is for example cataract, keratoconus, uncorrected refractive errors, refractive surgery and corneal diseases. The group may include non-optical causes amblyopia, retinal disorders in the macular region, glaucoma, optic nerve disease, diabetes mellitus and other [7,8].

#### **4. The research part**

##### **The aim and hypothesis**

The aim is to determine the effect of higher order aberrations contrast sensitivity in patients with keratoconus. It is also an effort to make comparison with studies which undertake the same or similar theme. To achieve the objective aim was determined this hypothesis:

Contrast sensitivity will be reduced by influence of higher order aberrations at least 50% of patients.

##### **Methods**

The article deals with higher order aberrations and their influence on contrast sensitivity in patients with keratoconus. Data are collected in a study on the Refractive center at the University Hospital St. Ann in Brno. Currently collected data are from the period December 2014 to May 2015. The narrower the sample contains data from twenty patients. In the sample were included patients with keratoconus who are at least half a year before the examination underwent surgery corneal cross-linking. In the study there are included patients who have keratoconus only on one eye, too.

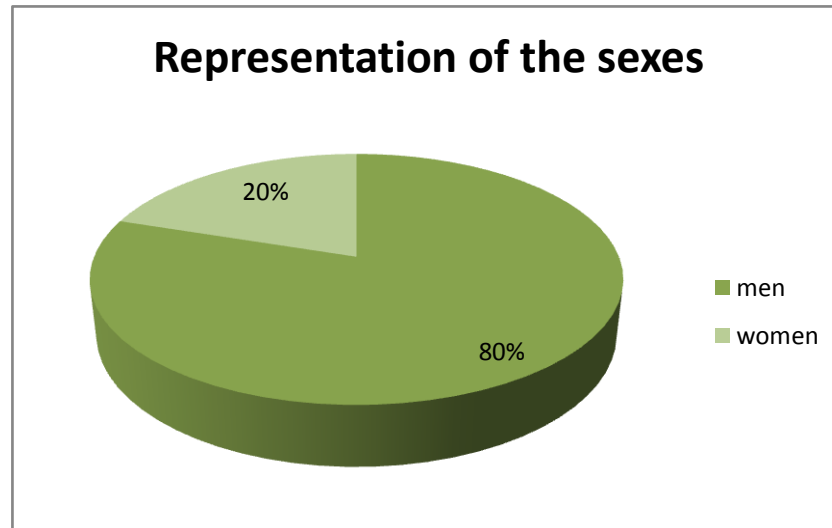
First we measured contrast sensitivity test CSV-1000. This test uses sinusoidal gratings. This is a board of inquiry, which has its own lighting 85 cd/m<sup>2</sup>, it is not necessary to incorporate additional lighting. Investigation distance is 2.5 m. The board includes 4 lines for spatial frequency 3, 6, 12 and 18 cycles per degree. Each row contains eight pairs of target sinusoidal gratings. The patient determines whether sinusoidal grating located on the upper target, lower target or target that are both empty. This is performed for each spatial frequency. Last properly labeled target is recorded on a graph to CSV-1000, and then it is assembled curve contrast sensitivity. Measuring contrast sensitivity is always done for each eye.

After that we measure higher order aberrations on aberrometer WASCA. This type aberrometer uses Shack-Hartmann sensor. Then we get a detailed description of the optical state of the eye of several hundred points and receive wavefront, which defines the refractive apparatus examined eye. Examination is performed under scotopic conditions, we also have achieved a desired diameter of the pupil and about 6 mm. For higher order

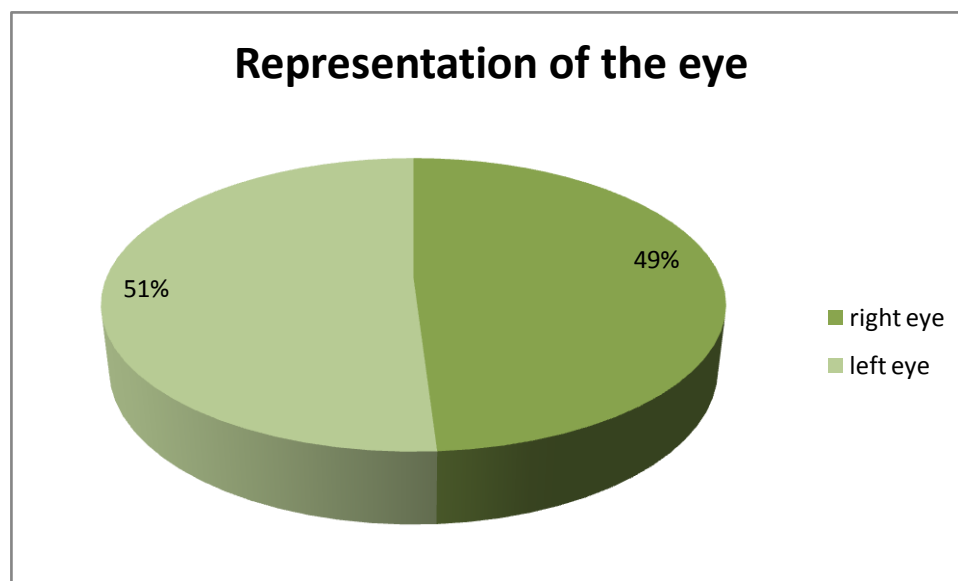
aberrations concern on the third order HOA namely horizontal and vertical coma.

### The research sample

In the examined sample was conducted wavefront analysis and contrast sensitivity tests at 20 patients. This sample is composed of 16 men and 4 women. In 5 patients was not performed reversible corneal cross-linking. For this reason, in the sample included 17 right and 18 left eyes.

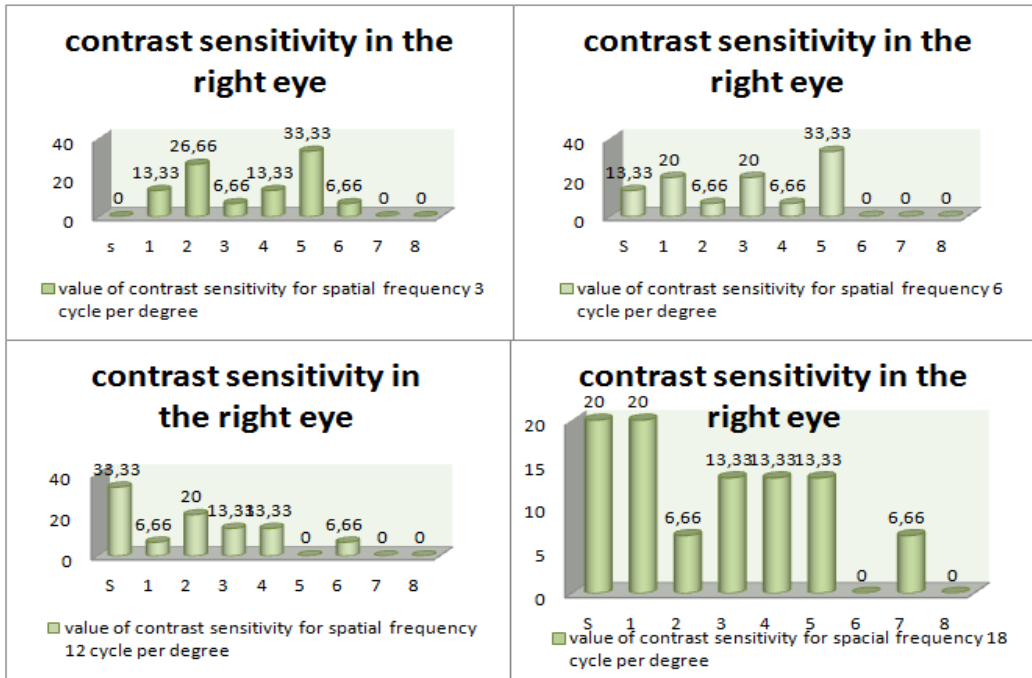


Graph 1: Representation of women and men in the sample



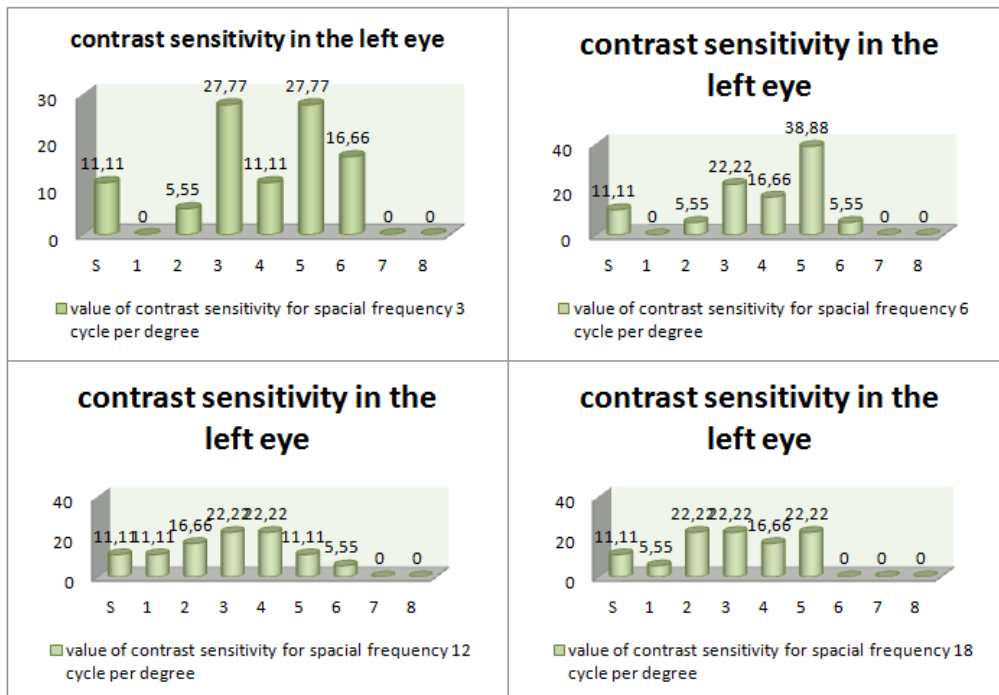
Graph 2: Eye representation of measured sample

Graph 3 shows the contrast sensitivity of the right eye in the spatial frequencies 3; 6; 12 and 18 cycles per degree. The x-axis describes our target sinusoidal grating for the test CSV-1000. The y-axis is the percentage of the right eye. The graph shows that the contrast sensitivity is reduced in all spatial frequencies.



Graph 3: Contrast sensitivity of the right eye for specific spatial frequencies

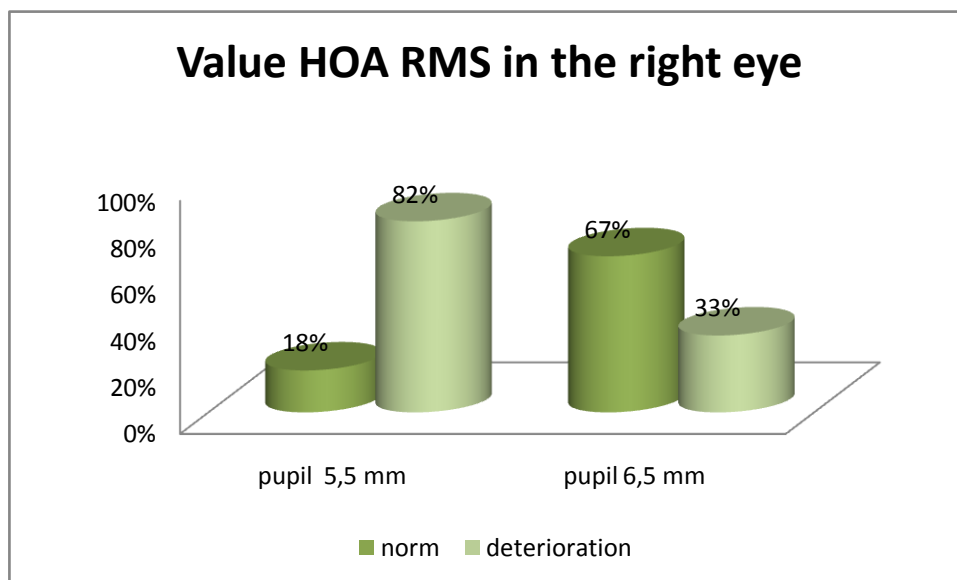
Graph 4 shows the contrast sensitivity of the left eye in the spatial frequencies 3; 6; 12 and 18 cycles per degree. The x-axis describes our targets sinusoidal grating for the test CSV-1000. The y-axis the percentage of the eye. The graph shows that the contrast sensitivity is reduced in all spatial frequencies.



Graph 4: Contrast sensitivity of the left eye for specific spatial frequencies

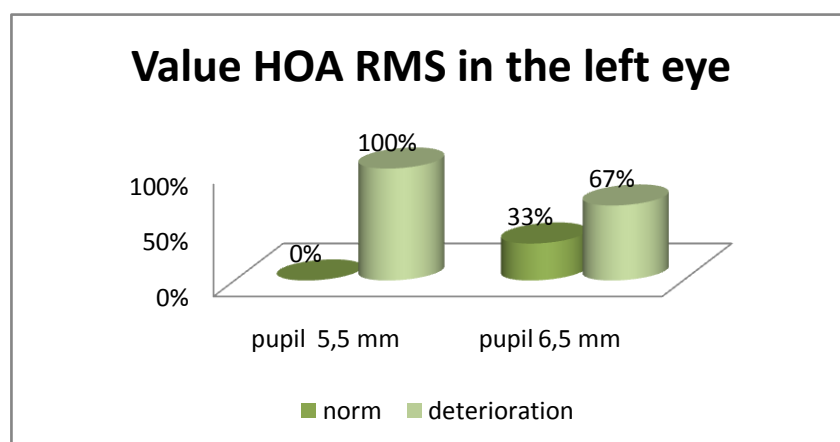


Graph 5 describes the percentage of higher order aberrations of the right eye for the sample by Root mean square, (RMS) belonging to all higher-order aberrations. In the sample included 14 right eyes. Although the study of 20 people with six eyes did not meet the pupil diameter and therefore were not included in the sample. The sample of pupil with a diameter of 5.5 mm, included 11 eyes, and the pupil with a diameter of 6.5 mm 3 eyes. 0.3  $\mu\text{m}$  value determines the standard for the pupil diameter 5.5 mm. For the pupil diameter is 6.5 mm standard 0.6  $\mu\text{m}$ .



Graph 5: The value of HOA for the right eye with 5,5 mm and 6 mm pupil

Graph 6 describes the percentage of higher order aberrations of the left eye for the sample by Root mean square, (RMS) belonging to all higher-order aberrations. In the sample included 14 right eyes. Although the study of 20 people with six eyes did not meet the pupil diameter and therefore were not included in the sample. The sample of pupil with a diameter of 5.5 mm, included 11 eyes, and the pupil with a diameter of 6.5 mm 3 eyes. 0.3  $\mu\text{m}$  value determines the standard for the pupil diameter 5.5 mm. For the pupil diameter is 6.5 mm standard 0.6  $\mu\text{m}$ .



Graph 6: The value of HOA for the left eye with 5,5 mm and 6,0 mm pupil

## Conclusion

The aim of this small sample, the comparison of the influence of higher order aberrations contrast sensitivity in patients with keratoconus. At the beginning was formulated hypothesis: Contrast sensitivity will be reduced by influence of higher order aberrations at least 50% of patients. This hypothesis was confirmed, since the contrast sensitivity was reduced in both eyes in all spatial frequencies. The norm for contrast sensitivity can still be considered junction target test CSV-1000 with serial number five. In the sample we can see, that the contrast sensitivity was below the norm in more than 50% of patients. Furthermore, from the sample it is apparent that higher order aberrations in patients with keratoconus after corneal cross-linking greatly exacerbated in both eyes. The surveyed sample were reassessed higher order aberrations observed by the Root mean square (RMS), belonging to all higher-order aberrations. This is also consistent with study Okamoto C., F. Okamoto, T. Samejima, K. and T. Miyata Oshika, which examined the influence of higher order aberrations contrast sensitivity in patients with keratoconus and confirmed the deterioration of contrast sensitivity due to higher aberrations orders [9].

## References:

- [1] ROZSÍVAL, Pavel et al.: Oční lékařství. 1. vyd. Praha, Galén: Karolinum, 2006. 373 s. ISBN 80-7262-404-0
- [2] PETROVÁ, Sylvie, Mašková, Zdeňka, Jurečka, Tomáš. Základy aplikace kontaktních čoček. 2. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2008, 219 s. ISBN 978-80-7013-470-2
- [3] VESELÝ, Petr. Vyšetření předního segmentu oka – výukový materiál k předmětu Optika - optometrie II, Katedra optometrie a ortoptiky, LF MU, Brno, 2015
- [4] VAVERKA, Jan. CXL v obraze konfokální mikroskopie u pacientů s keratokonem. Brno, 2011. Diplomová práce. LF MU. Vedoucí práce Doc. MUDr. Zuzana Hlinomazová, Ph.D.
- [5] PERLOVÁ, Lenka. Změny tvaru rohovky v důsledku CCL, včetně změny aberací vyšších řádů. Brno, 2011. Diplomová práce. LF MU. Vedoucí práce MUDr. Jana Ingrová, Ph.D.
- [6] FIŠEROVÁ, Gabriela. Výskyt aberací vyšších řádů v populaci. Brno, 2015. Diplomová práce. LF MU. Vedoucí práce MUDr. Veronika Pandoščáková
- [7] VESELÝ, Petr. Vyšetření kontrastní citlivosti – výukový materiál k předmětu Optika – Optometrie I, Katedra optometrie a ortoptiky, LF MU, Brno, 2014
- [8] OLBRECHT, Jan. Kontrastní citlivost a řízení motorových vozidel. Olomouc, 2013. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta UP v Olomouci. Vedoucí práce RNDr. Jaroslav Wagner, Ph.D.
- [9] OKAMOTO, C., Okamoto, F., Samejima, T., Miyata, K. and Oshika, T.: Higher – order wavefront aberration and letter – contrast sensitivity in keratoconus. Eye, 2008, str. 1488 – 1492.

# Vliv aberací vyšších řádů na kontrastní citlivost u pacientů s keratokonem

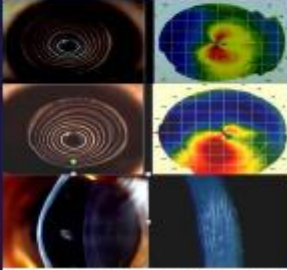


Bc. Jan Olbrecht

Katedra Optometrie a ortoptiky,  
Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Brno

## KERATOKONUS

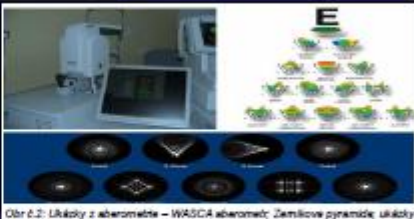
Jedná se o degenerativní onemocnění rohovky a následněj průsečkovin ve stromatu. Rohovka má kulovitý tvar a tím, že jsou se neshodují v centru, ale může být posunut pod horizontálu [1,2].  
Nežádoucími faktory mezi dalšími onemocněními a negativní penetrací genu. Obvykle začíná manifestací v období středního věku. Vyskytuje se obvykle oboustranně, avšak nemusí probíhat na obou očích současně. Bude se vyskytuje samostatně, nebo je spojena s jinými onemocněními jako například Downův syndrom, Turnerův syndrom, Marfanův syndrom, ale i senná rýma, atopická dermatitida a jiné [1,2].  
Klinické příznaky:  
Nejprve se projevuje rychlé změňující myopie. Za začátku může být myopie v kombinaci s pravidelným astigmatismem, který později přechází v nepravidelný. Ke klinickým příznakům můžeme zařadit Fuchsův jev, což je žlutavý kruh, který je tvořen nematurovými vláskovitými se v epitelu rohovky. Ve střední rohovce lze pozorovat Vogtův stěh, což je nahrazení keratostromatu, které je způsobeno horizontálními vrstvami Descemetovy membrány. Dále se vyskytuje Munsonův příznak, který se projevuje vyklenutím dolního víčka při pohledu doš. U pokročilých stádií onemocnění se objevuje Auerhově příznak, což je změna odlišná ve zřetelnosti vrstvy rohovky [1,2,3].  
léčebná opatření:  
V prvních stádiích lze keratokonus korigovat optickými brýlovými čočkami. V případech, že již není tato korekce účinná, lze provést korekci pomocí keratoplastických transplantací kontaktních čoček. Dochází k i k sadě k ztenčování rohovky a tím tak její perforaci, přistupuje se k perforující keratoplastice.  
U obtížněji se může používat keratokonus stabilizátor pomocí intrastromálních průsekových segmentů, tzv. kerat – ringů. Tyto prstence jsou zhotoveny a polymetylakrylátu. Tím, že vkládáme tyto segmenty do stromatu, dochází k vytvoření nepravidelné rohovky. Další dříve také často využívanou alternativou stabilizace je konzal onax – lining, kdy se rohovka po odstranění bez strachu epitelu stabilizuje pomocí Riboflavinu a jeho následným ošetřením UVA zářením. [1,2,4]



Obr. 1.1: Popsal keratokonus – výhled konus, Oval konus, profední rohovky, výhledové stěh [4]

## ABERACE VYŠŠÍCH ŘÁDŮ

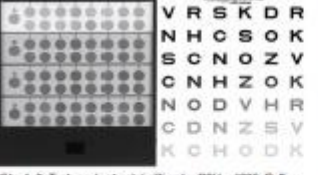
Aberace vyšších řádů, též nazývají ní higher – order aberration (HOA), jsou odchylky optického systému oka, které způsobují nedokonalé vidění.  
Měří HOA řádově aberace od 3. řádu výše. Dříve používané analyzovat aberace až 10. řádu, avšak pro větší mají nejvýznamnější vliv aberace 3. a 4. řádu.  
Aberace vyšších řádů mohou způsobovat řadu efektů (kružný kolm světla), na kterém se nejvíce podílí sférická aberace a koma. Dále glare, neboť ozaření, na němž má svůj podíl přímé sférické aberace. Rovněž se objevuje ghost efekt, který je způsoben vlnením světla. Jako populární příklady monokulární diplopie až polylopie. V neposlední řadě dochází k vlivem HOA k ozaření zrakové osy a k kontrastní citlivosti [3,5,6].  
U aberací vyšších řádů patří koma k kontrastní a vertikální. Při se ve střední řádu vyskytuje nežádoucí efekt a třetího kosmické síce.  
Měří aberace 3.řádu náleží sférická aberace vyššího řádu, dva typy kvadratická a sekundárního astigmatismu [5,6].  
Aberace vyššího řádu můžeme měřit pomocí aberometrů, kterými zjišťujeme deformaci sférické vlnoplochy, což se provádí optickým systémem. Nejlepší vyvíjený způsob měření aberací je pomocí Shack-Hartmannova vektoru [3,5,6].



Obr. 2.2: Ukázkový z aberometrie – WASCIA aberometr; Zemřicové dynamické ukázkový aberometr 3. a 4. řádu [3,5,6]

## KONTRASTNÍ CITLIVOST

Všechny kontrastní citlivost máni umožňuje podrobněji analyzovat zrakovou funkci. Schopnost optické rozlišovat detaily v prostoru závisí na dvou parametrech a to na již zmíněné kontrastní citlivosti a prostorové frekvenci. Kontrastní citlivost definujeme jako převrácenou hodnotu kontrastního práhu. Kontrastní práh u zobrazení odlišuje hodnoty 0,01. Prostorová frekvence má odlišně podle cyků na úhlový stupeň [0,04], kde skupina je vyřazena zobrazení křivky jednoho zobrazení a související světelné pruhy [7,8].  
Purkinje optický kontrastní citlivost se nazývá křivka kontrastní citlivosti. Jedná se o konkrétní kontrastní práhy v závislosti na různých prostorových frekvencích. Jelikož je křivka oko největší při prostorové frekvenci mezi 2 – 6 cyků, má křivka kontrastní citlivosti charakteristický zvonovitý tvar [7,8].  
Kontrastní citlivost můžeme pomocí křivky, které se dělí do dvou skupin. První skupina tvoří výsledná skupinová měřička, druhá skupina je tvořena přímé optické testy. Testy mohou být vytvořeny jako vyřazení tabule, případně jsou součástí monitorů či LCD optiky [7,8].  
V testech, které využívají skupinová měřička ze začátku Ardenovy tabule, Gratingny tabule, Vision Contrast Test System (VCTS 6500), CSV – 1000 a další.  
U porovnání testů řádově Pelli-Robson Contrast Sensitivity Test, Grating-Vision Contrast Sensitivity Test, Marx Letter Contrast Sensitivity Test a jiné [7,8].



Obr. 2.3: Testy na kontrastní citlivost – CSV – 1000; Pelli – Robson Contrast Sensitivity Test [7,8]

## Vliv aberací vyšších řádů na kontrastní citlivost u pacientů s keratokonem

Cílem měření zkouška, který se ideálně bylo zahrnuto 20 osob, byla ověřit vliv aberací vyšších řádů na kontrastní citlivost u pacientů s keratokonem po konzal onax – liningu. Ve zkoušce je zahrnuto 17 pravých a 18 levých, jelikož 5 pacientů nemělo oboustranný keratokonus.  
Na začátku byla stanovena hypotéza: Kontrastní citlivost bude snížena vlivem aberací vyšších řádů u minimálně 80% pacientů.  
Tato hypotéza byla potvrzena, jelikož kontrastní citlivost byla snížena u obou očí ve všech prostorových frekvencích. Za normu pro kontrastní citlivost můžeme považovat například normu na testu CSV – 1000 a pořádkovým bodem při. Za zkouška také vypovídá, že ve všech prostorových frekvencích byla více jak u 50% pacientů kontrastní citlivost pod danou normou.



Dále ze zjištění této zkoušky je patrné, že aberace vyšších řádů byly u pacientů a to u obou očí. V tomto zjištění zkoušky byly aberace vyšších řádů pozorovány podle sférické a vertikální komponenty odlišně. Nejvíce odlišně vlivem aberací vyššího řádu. Což je také v souladu se studií C. Okamoto, J. Okamoto, T. Sawayama, K. Miyake a T. Oshika [9]. Kdežto zjištění také vliv aberací vyšších řádů na kontrastní citlivost u pacientů s keratokonem a potvrzení, zhoršení kontrastní citlivosti vlivem aberací vyšších řádů.

## ZDROJE

[1] KOLIBAL, Petr et al. Oční lékařství v optice. Galen Healthcare 2006, 375 s. ISBN 80 7502 434 0  
 [2] PRŮCHA, Štěpán; ŠTĚPÁNEK, Ondřej; JAVORKA, Tomáš. Zdravotnické vzdělávání. Brno: SNTL, 2010. 1088 s. ISBN 978 80 7033 473 2  
 [3] VILKOVÝ, Petr. Úvodní přednáška optiky a optiky. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2015.  
 [4] JAVORKA, Štěpán. Oční lékařství v optice. Galen Healthcare 2006, 375 s. ISBN 80 7502 434 0  
 [5] JAVORKA, Štěpán. Oční lékařství v optice. Galen Healthcare 2006, 375 s. ISBN 80 7502 434 0  
 [6] JAVORKA, Štěpán. Oční lékařství v optice. Galen Healthcare 2006, 375 s. ISBN 80 7502 434 0  
 [7] JAVORKA, Štěpán. Oční lékařství v optice. Galen Healthcare 2006, 375 s. ISBN 80 7502 434 0  
 [8] JAVORKA, Štěpán. Oční lékařství v optice. Galen Healthcare 2006, 375 s. ISBN 80 7502 434 0  
 [9] OKAMOTO, C.; OKAMOTO, T.; MIYAKE, K.; OSHIKA, T.; SAWAYAMA, K. The effect of higher order aberrations on contrast sensitivity in keratoconus. Opt. Rev. 2008, 14(6): 1482 – 1485.

## 20. Komparace kontrastní citlivosti při korekci tórickou kontaktní čočkou a jejím sférickým ekvivalentem- Bc.Nikola Celá

Vedoucí práce: Mgr. Sylvie Petrová:

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

### ÚVOD

Dnešní doba klade vysoké nároky na náš zrak, denně usedáme za volant svých automobilů a téměř celou pracovní dobu trávíme před monitory počítačů. Správná zraková ostrost, ale i správné vnímání kontrastu jsou nezbytné pro optimální rozlišení předmětu a dobrou orientaci v prostoru.

Donedávna bylo součástí základního očního vyšetření pouze vyšetření zrakové ostrosti pomocí optotypů. To však poskytuje pouze informace o schopnosti pacienta rozlišit malé objekty o vysokém kontrastu. V běžném životě nejsou jen optimální světelné podmínky, ale často je intenzita osvětlení nízká, nebo naopak dochází k oslnění.

Vyšetření kontrastní citlivosti nám umožní zjistit podrobnější informace o zrakových funkcích. Její pokles při normální zrakové ostrosti může upozornit na závažná oční i celková onemocnění, jako je například keratokonus, postižení sítnice a zrakového nervu. Ke snížení kontrastní citlivosti může také dojít u nekorigovaného astigmatismu při nošení kontaktních čoček.

Kontrastem (K) je označován zrakový vjem, který závisí na rozdílu jasu světlého a tmavých částí pozorovaného předmětu a pozadí.

$$K = \frac{L_Z - L_P}{L_Z + L_P},$$

$L_Z$  – jas předmětu

$L_P$  – jas pozadí

K základním vyjádřením kontrastu patří Weberův a Michelsonův vztah. Weberův kontrast lze vyjádřit jako rozdíl mezi jasem pozadí a jasem objektu dělený jasem pozadí. Tento kontrast je využíván u písmenových testů.

$$K = \frac{L_P - L_O}{L_P},$$

$L_P$  – jas pozadí

$L_O$  – jas objektu

Michelsonův kontrast, který se používá u testů se sinusovou mřížkou, je definován jako rozdíl mezi největším a nejmenším jasem dělený jejich součtem.

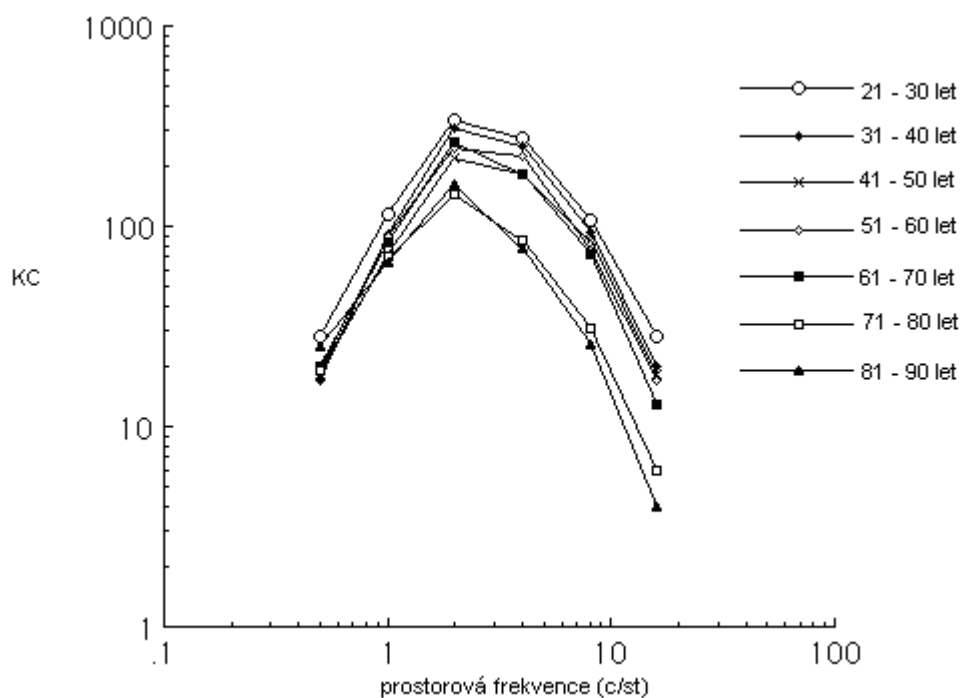
$$K = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}},$$

$L_{\max}$  – největší jas

$L_{\min}$  – nejmenší jas

Schopnost rozlišit jemné detaily v prostoru závisí na dvou parametrech – kontrastní citlivosti a prostorové frekvenci. Kontrastní citlivost (KC) definujeme jako reciprokou hodnotu kontrastního prahu (KP).

Kontrastní práh je nejmenší viditelný kontrast, který je potřebný k rozlišení dvou světlených částí předmětu. U zdravých očí je hodnota kontrastního prahu rovna 0,01. Prostorová frekvence je charakterizovaná počtem cyklů na úhlový stupeň (c/st). Jeden cyklus odpovídá úhlové šířce sousedního světlého a tmavého pruhu. Výsledná křivka kontrastní citlivosti je dána kontrastními prahy pro jednotlivé prostorové frekvence. Prostorové frekvence nižší než 0,5 c/st umožňují vnímání tvarů objektů, prostorové frekvence vyšší než 10 c/st umožňují naopak vnímání jemných linií a detailů. Křivka kontrastní citlivosti má zvonovitý průběh, protože lidské oko je nejcitlivější v oblasti středních prostorových frekvencí (3,0 – 6,0 c/st). Ve vyšších a nižších prostorových frekvencích kontrastní citlivost naopak klesá.



Kontrastní citlivost lze vyšetřovat pomocí několika testů založených na různých principech. Jedná se o testy se sinusovou mřížkou, písmenové testy, digitální systém a metodu rozlišování dělicích linií.

Testy využívající sinusovou mřížku jsou založeny na Michelsonově kontrastu. Sinusovou mřížku tvoří střídající světlé a tmavé proužky o různé prostorové frekvenci a různém kontrastu. Mezi zkušební testy, které využívají metody sinusové mřížky, můžeme zařadit Ardenovy tabule, Ginsburgovy tabule, Vision Contrast Test System – VCTS 1000, Sine Wave Contrast Test – SWCT, Functional Acuity Contrast Test – FACT a Cambridge Low Contrast Chart a CSV – 1000.

Písmenové testy k vyšetření kontrastní citlivosti využívají naopak Weberův kontrast. Mezi písmenové testy patří Pelli – Robson Contrast Sensitivity Chart, Hamilton – Veale Contrast Sensitivity Test, Mars Letter Contrast Sensitivity Test, Reganovy tabule - Regan Low Contrast Letter Acuity Chart, Sloanovy tabule, Lea Contrast Test System a Hiding Heidi Low Contrast Face Test.

## CÍLE

Hlavním cílem praktické části práce je zjistit, jaký vliv má volba optické mohutnosti kontaktní čočky na hodnoty kontrastní citlivosti. Zda při korekci astigmatismu tórickou kontaktní čočkou nebo jejím sférickým ekvivalentem dochází ke změně kontrastní citlivosti, jestli dochází při použití sférického ekvivalentu k jejímu poklesu. Výzkum se bude dále věnovat také srovnání vyšetření kontrastní citlivosti pomocí písmenových testů a testů využívající sinusovou mřížku. V rámci praktické části byly stanoveny pracovní hypotézy, které by měly být výzkumem potvrzeny.

Hypotéza I.

Při korekci astigmatismu sférickým ekvivalentem dojde k poklesu kontrastní citlivosti ve středních prostorových frekvencích (3,0 – 6,0 c/st) ve srovnání s korekcí pomocí tórické kontaktní čočky.

Hypotéza II.

S rostoucím rozdílem, a tím klesajícím poměrem sférické a cylindrické složky korekce, bude pokles kontrastní citlivosti výraznější.

Hypotéza III.

Změny kontrastní citlivosti se více projeví u testů využívajících sinusovou mřížku než u písmenových testů.

## METODY

Vlastní výzkum probíhal od dubna 2015 ve vyšetřovně na Komenského náměstí. Zúčastnit se ho mohl každý, kdo splňoval stanovené podmínky. Hlavní podmínkou pro zařazení pacienta do výzkumu byla hodnota astigmatismu minimálně = 0,75 D. Další podmínkou bylo, aby hodnota sférické složky vady byla alespoň dvakrát větší než hodnota cylindru, aby bylo možné určit sférický ekvivalent, a při jeho použití by

nemělo dojít k výraznému poklesu vizu.

Během výzkumu byly zjišťovány hodnoty kontrastní citlivosti při použití tórické kontaktní čočky a jejího sférického ekvivalentu. Tyto hodnoty byly zjištěny pomocí dvou typů testů – písmenového testu a testu založeného na sinusové mřížce.

Předvýzkum tvořil základní soubor sestávající se ze 7 osob, odpovídající vadu mělo pouze 11 očí. Z důvodu výrazného snížení vizu při použití sférické kontaktní čočky musely být z výběrového souboru dvě oči vyřazeny. Všechny vyšetřované osoby byly dospělé. Průměrný věk byl  $23,86 \pm 2,27$  let.

K získání údajů potřebných pro zpracování výzkumu byl využit LCD optotyp SmartChart od firmy OPTO Global. Je tvořen LCD panelem, který má v sobě zabudovaný počítač. Obsahuje sadu testů umožňující kvalitní vyšetření pacienta – komplexní vyšetření zrakové ostrosti (zjištění správné sféry – cylindrické korekce), vyšetření barvocitu pomocí Ishiharových tabulek, vyšetření heterofórií pomocí Schoberova a Worthova testu, vyšetření kontrastní citlivosti pomocí kontrastního prahu a prostorové frekvence (SCF) a další.

Testování kontrastní citlivosti na LCD optotypu SmartChart je založeno na sinusové mřížce. Vyšetření kontrastní citlivosti probíhá v 5 prostorových frekvencích – 1,5; 3,0; 6,0; 12,0 a 18,0. V průběhu vyšetřování dochází k postupnému snižování kontrastu u jednotlivých prostorových frekvencí. Pacient má za úkol určit orientaci světlých a tmavých proužků. Výsledkem vyšetření je křivka kontrastní citlivosti. Kontrastní citlivost je měřena při vertikální a horizontální orientaci světlých a tmavých proužků. Křivka kontrastní citlivosti má zvonovitý tvar, protože lidské oko má nejvyšší kontrastní citlivost ve středních frekvencích 3,0 – 6,0 c/st, v nižších a ve vyšších prostorových frekvencích kontrastní citlivost klesá. Na grafu křivky kontrastní citlivosti je zvyrazněná šedá oblast. Hodnoty nacházející se v šedé oblasti jsou v normě. Výsledné hodnoty kontrastní citlivosti lze z křivky zjistit pomocí převodní tabulky. Hodnota kontrastní citlivosti může být zapsána v lineárních nebo logaritmických hodnotách. Jednotlivým číslům pro každou prostorovou frekvenci je přiřazena odpovídající lineární nebo logaritmická hodnota kontrastní citlivosti.

Na LCD optotypu lze vyšetřit kontrastní citlivost i pomocí písmenového testu, a to pomocí snižování kontrastu písmen. Kontrast lze snižovat postupně z výchozích 100 % až po 1 %. Kontrast se snižuje do doby, kdy pacient písmena už nepřečte. Tím se získá hodnota kontrastního prahu. Kontrastní citlivost pak odpovídá reciproké hodnotě kontrastního prahu.

Vyšetření kontrastní citlivosti probíhalo monokulárně a pacient seděl ve vzdálenosti 1 m od optotypu. Pacient přichází na vyšetření s nasazenými tórickými kontaktními čočkami. Jako první byl ověřen vizus s tórickou kontaktní čočkou. Následně bylo provedeno vyšetření kontrastní citlivosti pomocí snižování kontrastu písmen a zaznamenána hodnota kontrastního prahu. Toto vyšetření bylo třikrát opakováno. Poté byla kontrastní citlivost vyšetřena pomocí testu využívající sinusovou mřížku a výstupem byla křivka kontrastní citlivosti. Byly provedeny tři měření. Po absolvování obou testů byla pacientovi naaplikován sférický ekvivalent odpovídající jeho korekci v tórické kontaktní čočce. Po půlhodinovém testu tolerance byl ověřen vizus se sférickým ekvivalentem. Pokud nedošlo k výraznému snížení vizu, byla vyšetřena kontrastní citlivost pomocí obou testů. V případě, že pacient nosil tórické kontaktní čočky na obou očích, bylo stejným způsobem vyšetřeno i druhé oko.

## VÝSLEDKY

### Hypotéza I.

Při korekci astigmatismu sférickým ekvivalentem dojde k poklesu kontrastní citlivosti ve středních prostorových frekvencích (3,0 – 6,0 c/st) oproti korekci pomocí tórické kontaktní čočky.

Z vyšetření byly získány hodnoty logaritmu kontrastní citlivosti při použití tórické kontaktní čočky a jejího sférického ekvivalentu pro vertikální a horizontální orientaci světlých a tmavých proužků. Průměrné naměřené hodnoty pro tórickou kontaktní čočku jsou uvedeny v tabulce 1 a průměrné hodnoty pro sférický ekvivalent jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 1 Hodnoty log KC pro tórickou kontaktní čočku

#### TÓRICKÁ KONTAKTNÍ ČOČKA

Prostorová frekvence	Vertikální orientace	Horizontální orientace
3,0	1,93	1,91
6,0	2,15	2,11
12,0	1,98	1,96
18,0	1,55	1,51

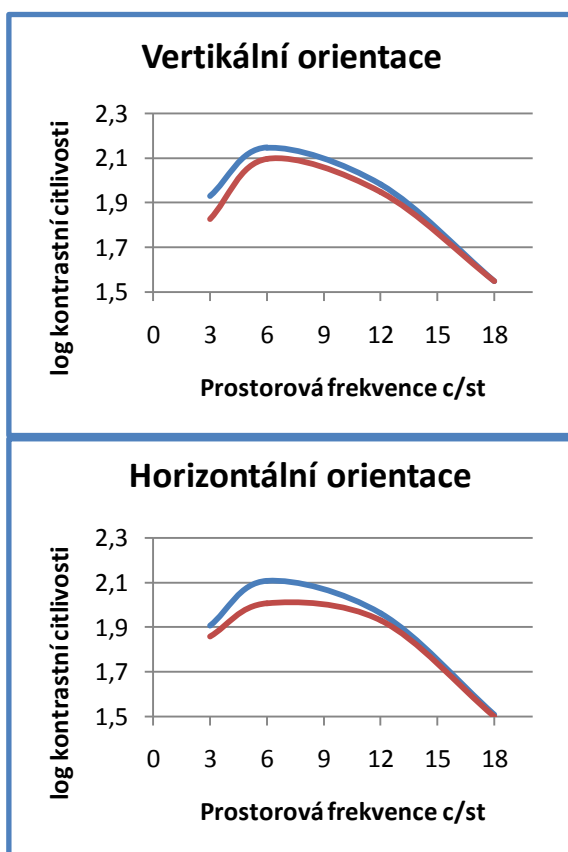
Tabulka 2 Hodnoty log KC pro sférický ekvivalent

SFÉRICKÝ EKVIVALENT

Prostorová frekvence	Vertikální orientace	Horizontální orientace
3,0	1,83	1,86
6,0	2,10	2,01
12,0	1,95	1,93
18,0	1,55	1,50

Z hodnot uvedených v tabulkách 1 a 2 vyplývá, že při korekci astigmatismu sférickým ekvivalentem dochází k poklesu kontrastní citlivosti ve srovnání s korekcí pomocí tórické kontaktní čočky. Naměřené hodnoty logaritmu kontrastní citlivosti jsou zobrazeny také v grafech 1 a 2. Jak je patrné z těchto grafů, k nejvýraznějšímu poklesu kontrastní citlivosti dochází ve středních prostorových frekvencích (3,0 – 6,0 c/st). Je také zřejmé, že hodnoty kontrastní citlivosti klesly více u horizontální orientace světlých a tmavých proužků.

Graf 1 a 2 Hodnoty log KC pro vertikální a horizontální orientaci proužků, (modře tórická kontaktní čočka, červeně sférický ekvivalent)



Hypotéza II.

S rostoucím rozdílem a tím klesajícím poměrem sférické a cylindrické složky korekce bude pokles kontrastní citlivosti výraznější.

Získané hodnoty logaritmu kontrastní citlivosti při použití tórické kontaktní čočky její sférického ekvivalentu pro hodnoty astigmatismu = 0,75 D jsou uvedeny v tabulkách 3 a 4, hodnoty logaritmu kontrastní citlivosti pro astigmatismus = 1,25 jsou uvedeny v tabulkách 5 a 6.

Tabulka 3 Hodnoty log KC pro tórickou kontaktní čočku u astigmatismu = 0,75 D

TÓRICKÁ KONTAKTNÍ ČOČKA ASTIGMATISMUS = 0,75 D		
Prostorová frekvence	Vertikální orientace	Horizontální orientace
3,0	1,91	1,89
6,0	2,13	2,08
12,0	1,99	1,94
18,0	1,55	1,50

Tabulka 4 Hodnoty log KC pro sférický ekvivalent u astigmatismu = 0,75 D

SFÉRICKÝ EKVIVALENT ASTIGMATISMUS = 0,75 D		
Prostorová frekvence	Vertikální orientace	Horizontální orientace
3,0	1,80	1,84
6,0	2,05	2,02
12,0	1,97	1,96
18,0	1,55	1,48

Tabulka 5 Hodnoty log KC pro tórickou kontaktní čočku u astigmatismu = 1,25 D

TÓRICKÁ KONTAKTNÍ ČOČKA ASTIGMATISMUS = 1,25 D		
Prostorová frekvence	Vertikální orientace	Horizontální orientace
3,0	1,98	1,96
6,0	2,17	2,17
12,0	1,97	1,97
18,0	1,55	1,53

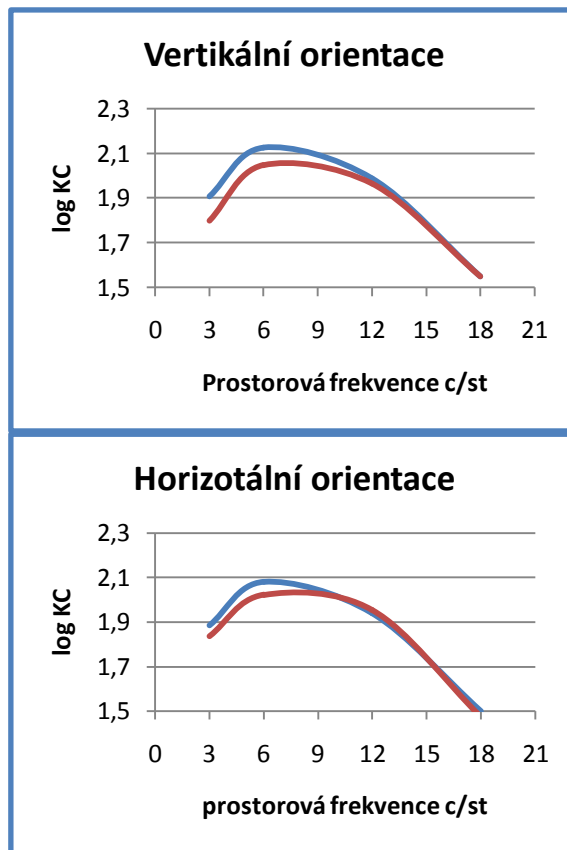
Tabulka 6 Hodnoty log KC pro sférický ekvivalent u astigmatismu = 1,25 D

SFÉRICKÝ EKVIVALENT ASTIGMATISMUS = 1,25 D		
Prostorová frekvence	Vertikální orientace	Horizontální orientace
3,0	1,98	1,91
6,0	2,12	1,97
12,0	1,93	1,82
18,0	1,55	1,55

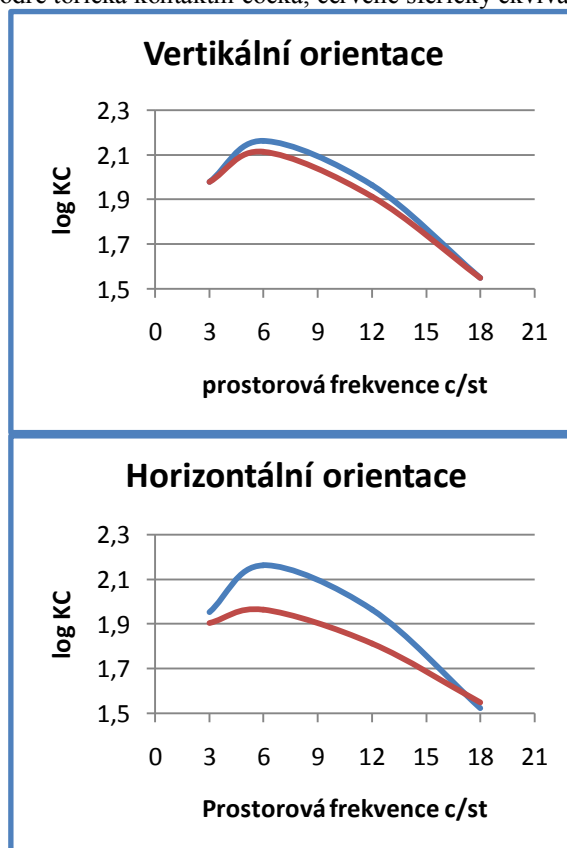
Z hodnot uvedených v tabulkách 3, 4, 5 a 6 vyplývá, že kontrastní citlivosti klesá s větší hodnotou astigmatismu. Naměřené hodnoty logaritmu kontrastní citlivosti pro astigmatismus = 0,75 D jsou zobrazeny v grafech 3 a 4, naměřené hodnoty logaritmu kontrastní citlivosti pro astigmatismus = 1,25 D jsou zobrazeny v grafech 5 a 6. U vertikální orientace světlých a tmavých proužků je pokles u různých hodnot astigmatismu srovnatelný, jak je patrné z porovnání grafů 3 a 5. K největšímu poklesu kontrastní citlivosti dochází při horizontální orientaci světlých a tmavých proužků, jak je zřejmé z porovnání grafu 4 a 6.

Graf 3 Hodnoty log KC pro vertikální a horizontální orientaci proužků u astigmatismus = 0,75 D, (modře tórická kontaktní čočka, červeně sférický ekvivalent)





Graf 5 Hodnoty log KC pro vertikální a horizontální orientaci proužků u astigmatismu = 1,25 D, (modře tórická kontaktní čočka, červeně sférický ekvivalent)



### Hypotéza III.

Změny kontrastní citlivosti se více projeví u testů využívající sinusovou mřížku než u písmenových testů.

Získané hodnoty kontrastní citlivosti při použití písmenových testů jsou uvedeny v tabulce 7, hodnoty kontrastní citlivosti při použití testu využívající sinusovou mřížku jsou uvedeny v tabulkách 8 a 9.

Při využití písmenových testů dojde ke snížení kontrastní citlivosti u sférického ekvivalentu o 28,25 ve srovnání s tórickou kontaktní čočkou. Při využití testů se sinusovou mřížkou dochází při vertikální orientaci světlých a tmavých proužků k poklesu ve třech prostorových frekvencích a při horizontální orientaci dochází k poklesu ve všech prostorových frekvencích. Při vertikální orientaci dochází k poklesu kontrastní citlivosti v prostorové frekvenci 3,0 c/st o 9,67, v prostorové frekvenci 6,0 c/st o 18,95 a v prostorové frekvenci 12,0 c/st o 5,95 ve srovnání s tórickou kontaktní čočkou. Při horizontální orientaci dochází k poklesu kontrastní citlivosti v prostorové frekvenci 3,0 c/st o 10, v prostorové frekvenci 6,0 c/st o 30,78, v prostorové frekvenci 12,0 c/st o 7,31 a v prostorové frekvenci 18,0 c/st o 0,61 ve srovnání s tórickou kontaktní čočkou.

Tabulka 7 Hodnoty kontrastní citlivosti při použití písmenových testů

PÍSMENOVÉ TESTY		
	Tórická kontaktní čočka	Sférický ekvivalent
Kontrastní práh	1,07 %	1,52 %
Hodnota kontrastní citlivosti	94,10	65,85

Tabulka 8 Hodnoty kontrastní citlivosti při použití tórické kontaktní čočky

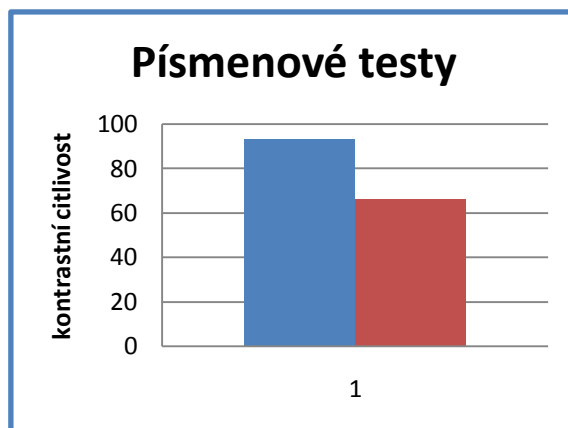
TÓRICKÁ KONTAKTNÍ ČOČKA		
Prostorová frekvence	Vertikální orientace	Horizontální orientace
3,0	86,67	83,89
6,0	139,78	133,61
12,0	97,39	92,02
18,0	36,00	33,39

Tabulka 9 Hodnoty kontrastní citlivosti při použití sférického ekvivalentu

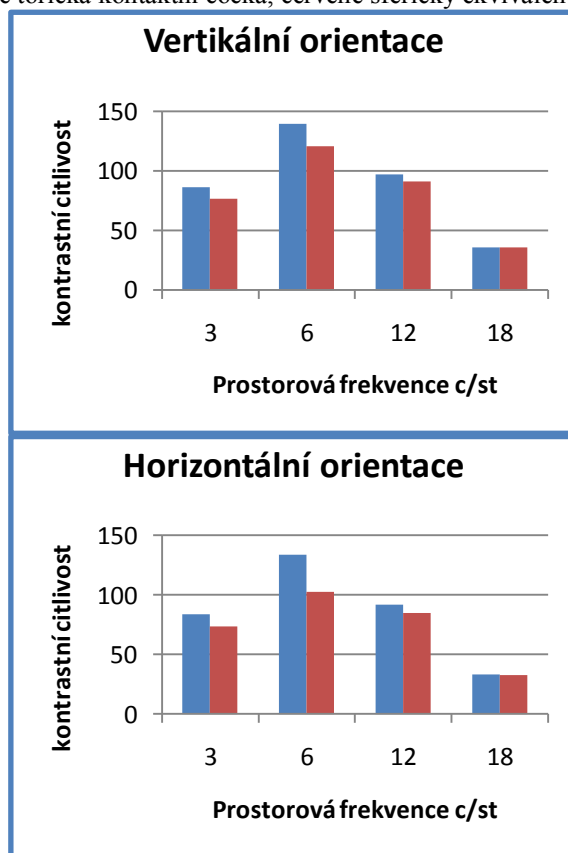
SFÉRICKÝ EKVIVALENT		
Prostorová frekvence	Vertikální orientace	Horizontální orientace
3,0	77,00	73,89
6,0	120,83	102,83
12,0	91,44	84,70
18,0	36,00	32,78

Poklesy kontrastní citlivosti u písmenových testů a testů využívající sinusovou mřížku jsou pro názornost uvedeny v grafech 7, 8 a 9.

Graf 7 Hodnoty kontrastní citlivosti při použití písmenových testů, (modře tórická kontaktní čočka, červeně sférický ekvivalent)



Graf 8 Hodnoty kontrastní citlivosti pro vertikální a horizontální orientaci proužků při použití sinusové mřížky, (modře tórická kontaktní čočka, červeně sférický ekvivalent)



## ZÁVĚR

V rámci praktické části diplomové práce bylo vyšetřena u 7 pacientů vyšetřena kontrastní citlivost při použití tórické kontaktní čočky a jejího sférického ekvivalentu. Hodnoty kontrastní citlivosti byly získány pomocí písmenového testu a testu využívající sinusovou mřížku. Na základě získaných dat se první dvě stanovené hypotézy potvrdily, ale třetí hypotéza potvrzena nebyla. K definitivním závěrům je nutné vyšetřit větší soubor pacientů.

## POUŽITÁ LITERATURA

Ventruba, Jakub. Kontrastní citlivost, testování a příčiny jejího snížení. Česká oční optika. č. 01, 2008, stránky 70 - 71.

Osičková, Barbora. Vliv změny kontrastu a oslnění na zrakové funkce. Brno : autor neznámý, 2014.

Mráziková, Eva. Citlivost na kontrast - principy a způsoby měření. Brno : autor neznámý, 2009.

Olbrecht, Jan. Kontrastní citlivost a řízení motorových vozidel. Olomouc : autor neznámý, 2013.

Woods, Russell L & Wood, Joanne M. The role of contrast sensitivity chart and contrast letter charts

in clinical practice. *Clinical and Experimental Optometry*. 1995, stránky 43 - 57.

Mark Rosenfield, MCOptom, PhD, FAAO, Associate Professor, SUNY College of Optometry, New York, NY, USA. *Optometry: Science, Techniques and Clinical Management*. 2009. 978-0-7506-8778-2.

Sunita Agarwal, Athiya Agarwal, Lucio Buratto, David J. Apple, Jorge L. Ali. *Textbook of Ophthalmology*. Jaypee Brothers Publishers, 2002.

## Comparison of contrast sensitivity by correction with toric contact lens and its spherical equivalent - Bc.Nikola Celá

Supervisor:Mgr. Sylvie Petrová

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

The present time puts high demands on our eyesight, sit down every day behind the wheel of their cars, and almost all working hours we spend in front of computer screens. The correct visual acuity, but also correct perception of contrast is necessary for optimal resolution of the subject and good orientation in space.

Until recently, it was part of the basic eye examination only visual acuity using charts. However, it only provides information on the patient's ability to distinguish small objects of high contrast. In everyday life, not only optimum light conditions, but is often light intensity is low or, conversely, there is a glare.

Examination of contrast sensitivity will allow us to find out more detailed information about visual function. The decrease of contrast sensitivity with the normal visual acuity can highlight the serious ocular and systemic diseases such as keratoconus. Reduce of contrast sensitivity may also occur in the uncorrected astigmatism to wear contact lenses.

Contrast (K) is called visual perception, which depends (K) on the difference in brightness between light and dark parts of the object and the background.

$$K = \frac{L_Z - L_P}{L_Z + L_P},$$

$L_Z$  – the brightness of the subject

$L_P$  – background brightness

The basic expression of contrast include Weber and Michelson equation. Weber's contrast can be expressed as the difference between the background brightness and the subject brightness divided by background brightness. This contrast is used for letter tests.

$$K = \frac{L_P - L_O}{L_P},$$

$L_P$  – background brightness

$L_O$  – subject brightness

Michelson contrast is used for sinusoidal grating and it is defined as the difference between the largest and the smallest brightness divided by their sum.

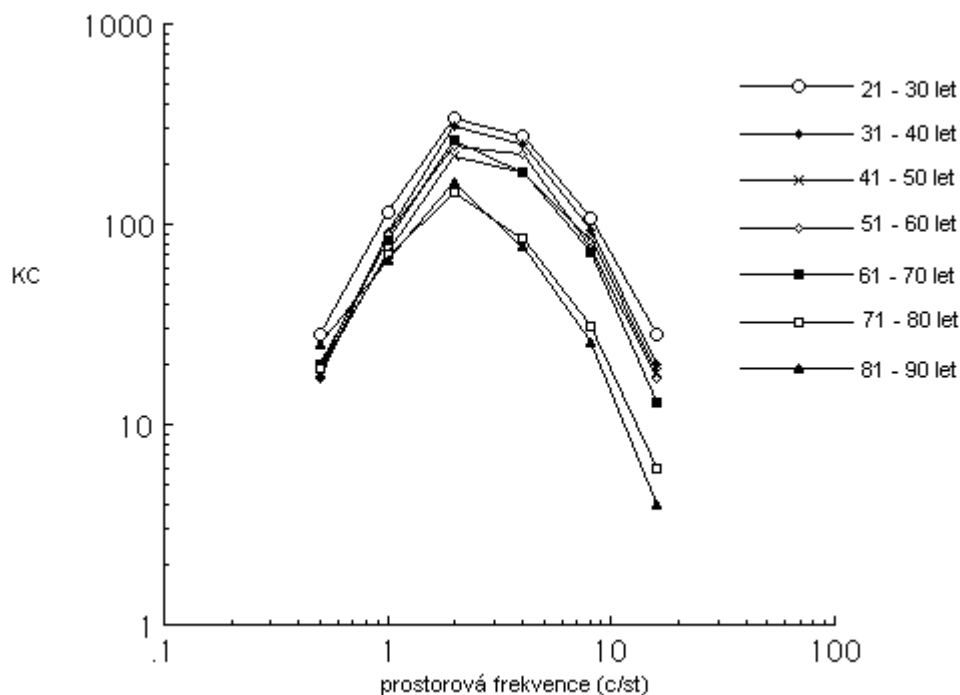
$$K = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}},$$

$L_{\max}$  – maximal brightness

$L_{\min}$  – minimal brightness

The ability to distinguish fine details in the space depends on two parameters - contrast sensitivity and spatial frequency. Contrast sensitivity (CS) is defined as the reciprocal value of the contrast threshold (KP).

Contrast threshold is the smallest visible contrast that is necessary to distinguish between the two parts of the subject of light. In healthy eyes, the value of the contrast threshold equals 0.01. Spatial frequency is characterized by the number of cycles per angular degree (c/deg). One cycle corresponds to the angular width of the adjacent light and dark stripe. The contrast sensitivity curve is determined by the contrast thresholds for each spatial frequency. Spatial frequency is less than 0.5 c/deg enable perception of shapes of objects, the spatial frequencies higher than 10 c/deg allow contrast perception of fine lines and details. Contrast sensitivity curve is bell-shaped course, because the human eye is most sensitive in the mid spatial frequencies (3.0 to 6.0 c/deg). In the higher and lower spatial frequency contrast sensitivity drops.



Contrast sensitivity can be investigated using several tests based on different principles. For example sinusoidal grating, letter tests, digital system and method of distinguishing slit lines.

Tests using sinusoidal grating are based on Michelson contrast. Sinusoidal grating consists of alternating light and dark bands of different spatial frequency and a different contrast. Among the experimental tests using techniques sinusoidal gratings, we can include Arden's chart, Ginsburg's chart, Vision Contrast Test System - VCTS 1000 Sine Wave Contrast Test - SWCT, Functional Acuity Contrast Test - FACT and Cambridge Low Contrast Chart and CSV - 1000.

Letter tests to examination contrast sensitivity use Weber's contrast. Among the letter tests include Pelli - Robson Contrast Sensitivity Chart, Hamilton - Veale Contrast Sensitivity Test, Mars Letter Contrast Sensitivity Test, Reagan boards - Regan Low Contrast Letter Acuity Chart, Sloan boards, Lea Contrast Test System and Hiding Heidi Low Contrast Face Test.

## HYPOTHESES

The main aim of the practical part is to find out the influence of the choice of optical power of contact lenses on contrast sensitivity values. Whether the correction of astigmatism, toric contact lens or a spherical equivalent, a change of contrast sensitivity, if occurs when using spherical equivalent decline. The research will devote attention also compared the contrast sensitivity testing using the lettered tests that using sinusoidal grating

In the practical part were set working hypotheses that should be confirmed by the research.

Hypothesis I.

When correcting astigmatism spherical equivalent will decrease contrast sensitivity in the mid spatial frequencies (3.0 to 6.0 c / deg) compared with correction using a toric contact lens.

Hypothesis II.

With the growing difference and thereby decreasing the ratio of spherical and cylindrical component of the correction will be more pronounced decrease in contrast sensitivity.

Hypothesis III.

Changes in contrast sensitivity is more evident in tests using a sinusoidal grating than the lettered tests.

## METHODS

Own research was conducted from April 2015 in the examination room at the Comenius Square. He could attend anyone who meets the requirements. The main condition for the inclusion of patient research was worth at least astigmatism = 0.75 D. Another condition was that the spherical component of refractive error was at least twice larger than the cylinder, in order to determine the spherical equivalent, and when its use should not cause a significant decline in vision.

During the research we were determined values of contrast sensitivity using toric contact lenses and its

spherical equivalent. These values were determined by two types of test – letter test and sinusoidal grating.

Preliminary research formed an ensemble consisting of 7 people, corresponding refractive errors had only 11 eyes. Due to the significant decrease in visual acuity using spherical lenses have to be in the sample, two eyes excluded. All examined people were adults. The mean age was  $23.86 \pm 2.27$  years.

To obtain the data necessary for the processing of the research was used LCD optotype SmartChart from OPTO Global. It consists of an LCD panel having a built-in computer. It contains a set of tests allowing for quality patient examination - complex visual acuity (finding the proper sphere - cylindrical correction), colour perception testing using Ishihara's tables, examination Heterophoria using Schöber's and Worth's test, contrast sensitivity testing using contrast threshold and spatial frequency (SCF) and others.

Testing contrast sensitivity on the LCD optotype SmartChart is based on a sinusoidal grating. Examination of contrast sensitivity runs in 5 spatial frequencies - 1.5; 3,0; 6,0; 12,0 and 18,0. During the examination, gradually decreasing the contrast for each spatial frequencies. The patient is to determine the orientation of the light and dark stripes. The result of the examination is contrast sensitivity curve. Contrast sensitivity is measured in the vertical and horizontal orientation of light and dark stripes. Contrast sensitivity curve is bell-shaped, because the human eye has the highest sensitivity to contrasts in medium frequencies from 3.0 to 6.0 c / deg, at lower and higher spatial frequencies contrast sensitivity decreases. On the graph, the curve of contrast sensitivity is highlighted gray area. The values found in the gray area are normal.

The resulting values of contrast sensitivity curve can be determined using conversion tables. The value of contrast sensitivity can be written in linear or logarithmic values. Individual figures for each spatial frequency is assigned to the corresponding linear or logarithmic value of contrast sensitivity.

Contrast sensitivity can be examined on LCD optotype also by using letter test, by reducing contrast sensitivity. Contrast can be reduced gradually starting from 100 % to 1 %. Contrast is reduced until the patient is no longer read the letters. This gives a value of the contrast threshold. Contrast sensitivity corresponds to the reciprocal value of the contrast threshold.

Examination of contrast sensitivity is provided monocular and patient sitting at a distance of 1 m from the charts. The patient comes to the examination wearing toric contact lenses. The first was verified visual acuity with contact lens. Subsequently were tested contrast sensitivity by reducing the contrast of letters and recorded value of the contrast threshold. This examination was repeated three times. Contrast sensitivity was then examined by a test using a sinusoidal grating and the outcome was contrast sensitivity curve. Three measurements were performed. After completing both tests, the patient was Pre-applied thread spherical equivalent corresponding correction in its toric contact lens. After a half-hour tolerance test was verified vision with spherical equivalent. If there was no significant decrease in visual acuity, contrast sensitivity was examined using both tests. In the event that a patient wearing toric contact lenses in both eyes, were examined in the same way as the second eye.

## RESULTS

### Hypothesis I.

When correcting astigmatism with a spherical equivalent will decrease contrast sensitivity in the mid spatial frequencies (3,0 - 6,0 c / deg) over correction using toric contact lenses.

From an examination were obtained the logarithm of the contrast sensitivity using the toric contact lenses, and its spherical equivalent for the vertical and horizontal orientation of the light and dark stripes. The average measured values for contact lens are given in Table 1 and the average values for spherical equivalents are given in Table 2.

Table 1 Values of the logarithm of the contrast sensitivity for toric contact lens

TORIC CONTACT LENS		
Spatial frequency	Vertical orientation	Horizontal orientation
3,0	1,93	1,91
6,0	2,15	2,11
12,0	1,98	1,96
18,0	1,55	1,51

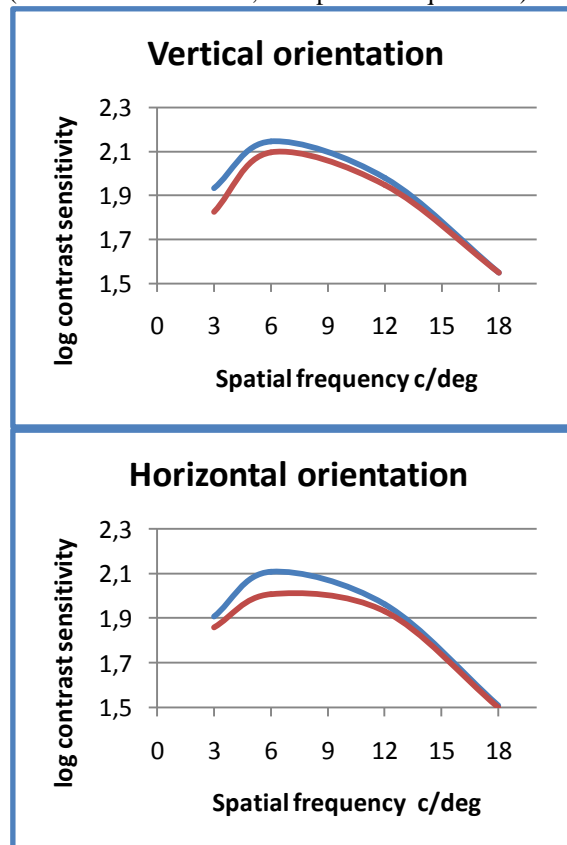
Table 2 Values of the logarithm of contrast sensitivity for spherical equivalent

## SPHERICAL EQUIVALENT

Spatial frequency	Vertical orientation	Horizontal orientation
3,0	1,83	1,86
6,0	2,10	2,01
12,0	1,95	1,93
18,0	1,55	1,50

The values given in Tables 1 and 2 shows the decrease of contrast sensitivity with using spherical equivalent to correct astigmatism compared to the correction by toric contact lenses. The measured values of the logarithm of contrast sensitivity are also shown in the graph 3 and 4. As seen from these graphs, the most significant decrease of contrast sensitivity occurs in middle spatial frequencies (3.0 to 6.0 c / deg). It is also obvious that the values of contrast sensitivity decreased more in horizontal orientation light and dark stripes.

Graphs 1 and 2 Values of the logarithm of the contrast sensitivity for vertical and horizontal orientation of the strips, (blue toric contact lens, red spherical equivalent)



### Hypothesis II.

With the growing difference and thus decreasing the ratio of spherical and cylindrical component correction will be more pronounced decrease in contrast sensitivity

The obtained values of the logarithm of the contrast sensitivity using a toric contact lens and spherical equivalent values for astigmatism = 0.75 D are shown in Tables 3 and 4, the logarithm of the contrast sensitivity for astigmatism = 1.25 are given in Tables 5 and 6.



Table 3 Values of the logarithm of contrast sensitivity for a contact lens to correct astigmatism of = 0.75 D

TORIC CONTACT LENS ASTIGMATISM = 0,75 D		
Spatial frequency	Vertical orientation	Horizontal orientation
3,0	1,91	1,89
6,0	2,13	2,08
12,0	1,99	1,94
18,0	1,55	1,50

Table 4 Values of the logarithm of contrast sensitivity for astigmatism with a spherical equivalent of = 0.75 D

SPHERICAL EQUIVALENT ASTIGMATISM = 0,75 D		
Spatial frequency	Vertical orientation	Horizontal orientation
3,0	1,80	1,84
6,0	2,05	2,02
12,0	1,97	1,96
18,0	1,55	1,48

Table 5 Values of the logarithm of contrast sensitivity for a contact lens to correct astigmatism of = 1,25 D

TORIC CONTACT LENS ASTIGMATISMS = 1,25 D		
Spatial frequency	Vertical orientation	Horizontal orientation
3,0	1,98	1,96
6,0	2,17	2,17
12,0	1,97	1,97
18,0	1,55	1,53

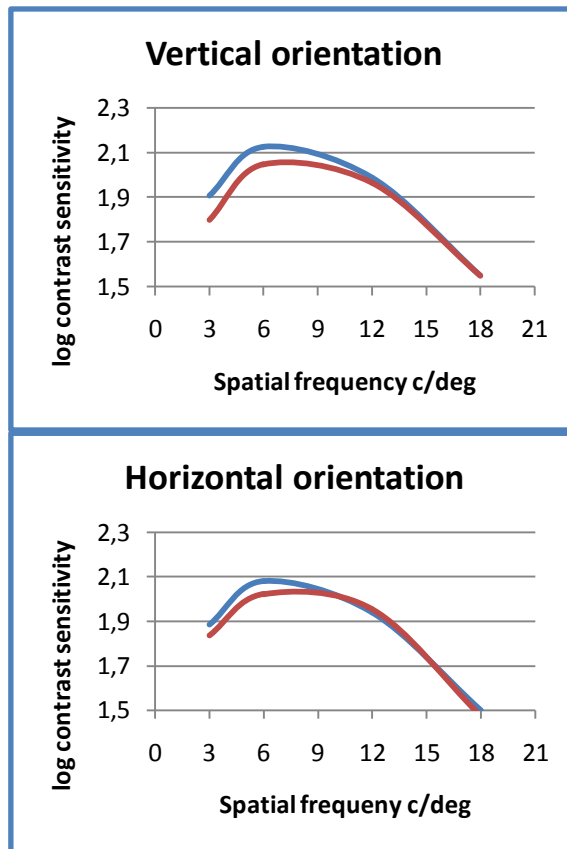
Table 6 Values of the logarithm of contrast sensitivity for astigmatism with a spherical equivalent of = 1,25 D

SPHERICAL EQUIVALENT ASTIGMATISMS = 1,25 D		
Spatial frequency	Vertical orientation	Horizontal orientation
3,0	1,98	1,91
6,0	2,12	1,97
12,0	1,93	1,82
18,0	1,55	1,55

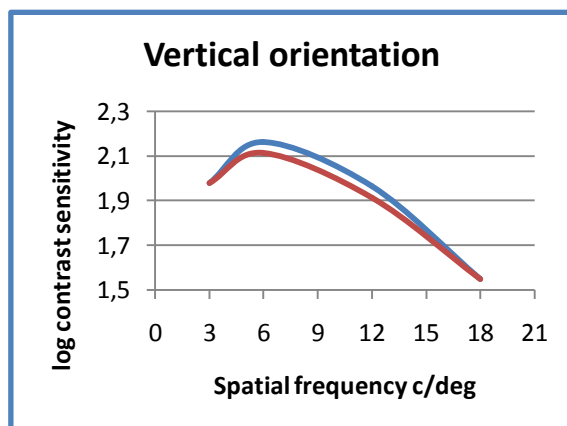
The values shown in Tables 3, 4, 5 and 6 reveals that the contrast sensitivity decreases with higher value of astigmatism. The measured values of the logarithm of contrast sensitivity for astigmatism = 0.75 D are shown in graphs 3 and 4, the measured values of the logarithm of contrast sensitivity for astigmatism = 1.25 D are shown in the graphs 5 and 6. For vertical orientation light and dark stripes on the decline different values comparable astigmatism, as is evident from comparison of the graphs 3 and 5. The largest decline in contrast sensitivity occurs in the horizontal orientation of light and dark

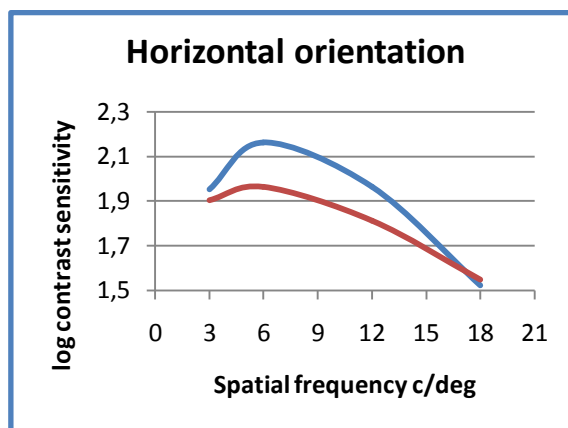
stripes, as is evident from comparison of graphs 4 and 6.

Graphs 3 and 4 Values of the logarithm of the contrast sensitivity for vertical and horizontal orientation of the strips to correct astigmatism = 0,75 D, (blue toric contact lens, red spherical equivalent)



Graphs 5 and 6 Values of the logarithm of the contrast sensitivity for vertical and horizontal orientation of the strips to correct astigmatism = 1,25 D, (blue toric contact lens, red spherical equivalent)





Hypothesis III.

Changes in contrast sensitivity is more evident in tests using a sinusoidal grating than the lettered tests.

Obtained values of contrast sensitivity using the letter tests are shown in Table 7, the values of contrast sensitivity using the test with sinusoidal grating are shown in Tables 8 and 9.

When using the letter tests will reduce the contrast sensitivity with spherical equivalent of 28.25 compared to the contact lens. With using sinusoidal grating contrast sensitivity will decrease in vertical orientation of bright and dark strips in three spatial frequencies and in the horizontal orientation will decrease in all spatial frequencies. In vertical orientation contrast sensitivity in spatial frequency 3.0 c/deg decrease about 9.67, in the spatial frequency 6.0 c/deg decrease about 18.95 and in the spatial frequency 12.0 c/deg decrease about 5.95 compared with toric contact lens. In the horizontal orientation contrast sensitivity in the spatial frequency 3.0 c/deg decrease about 10, in the spatial frequency 6.0 c/deg decrease about 30.78, in the spatial frequency 12.0 c/deg decrease about 7.31 and in the spatial frequency 18.0 c/deg decrease about 0.61 compared with the toric contact lens.

Table 7 Values of contrast sensitivity using the letter tests

LETTER TEST		
	Toric contact lens	Spherical equivalent
Contrast threshold	1,07 %	1,52 %
Value of contrast sensitivity	94,10	65,85

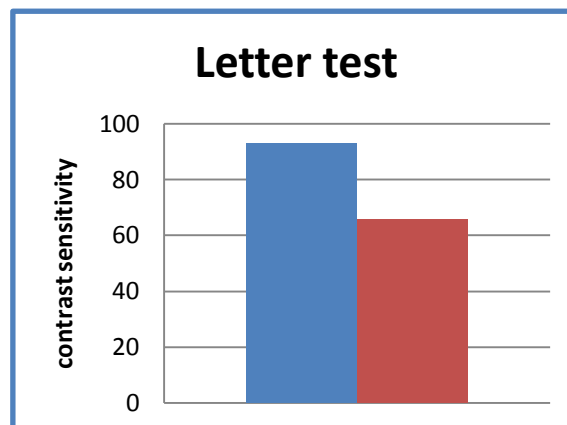
Table 8 Values of contrast sensitivity using toric contact lenses

TORIC CONTACT LENS		
SPHERICAL EQUIVALENT Spatial frequency	Vertical orientation	Horizontal orientation
Spatial frequency	Vertical orientation	Horizontal orientation
3,0	77,00	73,89
6,0	139,78	135,61
12,0	21,44	84,70
18,0	36,00	33,39

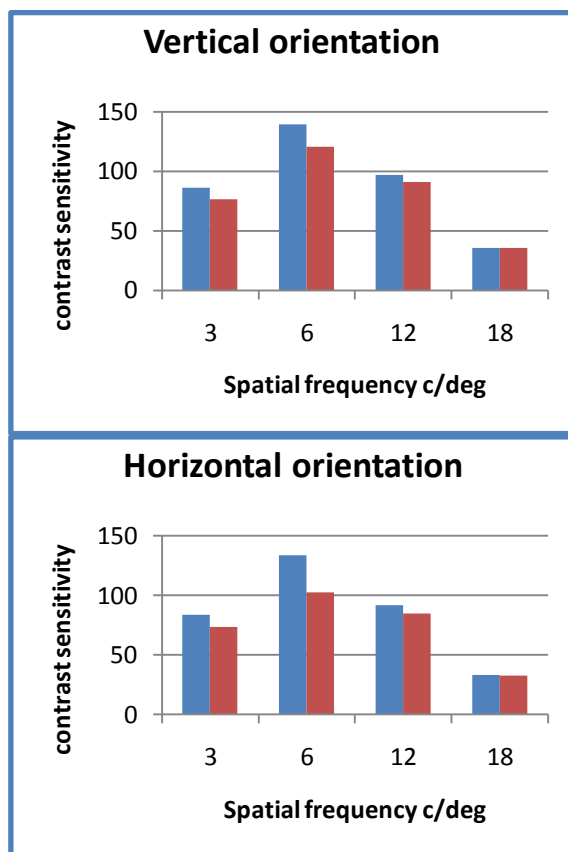
Table 9 The values of contrast sensitivity using spherical equivalent

Declines contrast sensitivity with letter tests and tests using a sinusoidal grating are for illustration presented in graphs 7, 8 and 9.

Graph 7 Values of contrast sensitivity using the letter tests (blue toric contact lens, red spherical equivalent)



Graph 8 and 9 Values of the logarithm of the contrast sensitivity for vertical and horizontal orientation of the strips using sinusoidal grating, (blue toric contact lens, red spherical equivalent)



## SUMMARY

In the practical part of the thesis was examined in 7 patients examined contrast sensitivity using toric contact lenses and its spherical equivalent. Contrast sensitivity values were obtained using letter test and the test with sinusoidal grating. Based on data obtained with the first two set hypotheses confirmed, but the third hypothesis was not confirmed. For a definitive conclusion, it is necessary to examine a larger group of patients.

## LITERATURE

Ventruba, Jakub. Kontrastní citlivost, testování a příčiny jejího snížení. Česká oční optika. č. 01, 2008, stránky 70 - 71.

Osičková, Barbora. Vliv změny kontrastu a oslnění na zrakové funkce. Brno : Masarykova univerzita, 2014.

Mráziková, Eva. Citlivost na kontrast - principy a způsoby měření. Brno : Masarykova univerzita, 2009.

Olbrecht, Jan. Kontrastní citlivost a řízení motorových vozidel. Olomouc : Univerzita Palackého, 2013.

Woods, Russell L & Wood, Joanne M. The role of contrast sensitivity chart and contrast letter charts in clinical practice. Clinical and Experimental Optometry. 1995, stránky 43 - 57.

Mark Rosenfield, MCOptom, PhD, FAAO, Associate Professor, SUNY College of Optometry, New York, NY, USA. Optometry: Science, Techniques and Clinical Management. 2009. 978-0-7506-8778-2.

Sunita Agarwal, Athiya Agarwal, Lucio Buratto, David J. Apple, Jorge L. Ali. Textbook of Ophthalmology. Jaypee Brothers Publishers, 2002.

# Komparace kontrastní citlivosti při korekci tórickou kontaktní čočkou a jejím sférickým ekvivalentem



Bc. Nikola Čelís



Katedra optometrie a ortoptiky, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Kamenice 5, 602 00 Brno, Česká republika; 394730@email.muni.cz

## Úvod

Dělení oka může vyvolat problémy na mírné, střední nebo závažné úrovni a může vést ke zhoršení zrakové ostrosti. Jedním z důvodů může být astigmatismus, který je způsoben nerovnoměrnou zakřiveností rohovky. Tento jev může být korigován pomocí kontaktních čoček. Vzhledem k tomu, že kontaktní čočky mohou být vyrobeny v různých tvarech, je důležité zvolit ty, které poskytují nejlepší korekci. Vzhledem k tomu, že kontaktní čočky mohou být vyrobeny v různých tvarech, je důležité zvolit ty, které poskytují nejlepší korekci. Vzhledem k tomu, že kontaktní čočky mohou být vyrobeny v různých tvarech, je důležité zvolit ty, které poskytují nejlepší korekci.

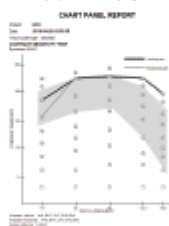
## Cíl výzkumu a stanovění hypotéz

Hlavním cílem výzkumu je zjistit, jaké oko má větší optické množství kontaktní čočky na hodnoty kontrastní citlivosti. Cílem je také zjistit, jaké oko má větší optické množství kontaktní čočky na hodnoty kontrastní citlivosti. Cílem je také zjistit, jaké oko má větší optické množství kontaktní čočky na hodnoty kontrastní citlivosti. Cílem je také zjistit, jaké oko má větší optické množství kontaktní čočky na hodnoty kontrastní citlivosti.

## Metody

Výzkum provedli dva optikové lékaři v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci.

Obrázek 1: Graf kontrastní citlivosti při korekci tórickou kontaktní čočkou na LCD displeji



Na LCD displeji byla vyšetřena kontrastní citlivost pomocí plánového testu, a to pomocí standardizovaného kontrastní citlivostní testu. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci.

## Shrnutí

V rámci výzkumu bylo zjištěno, že kontrastní citlivost je vyšší u tórické kontaktní čočky než u jejího sférického ekvivalentu. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci.

## Výsledky

Výsledky výzkumu ukázaly, že kontrastní citlivost je vyšší u tórické kontaktní čočky než u jejího sférického ekvivalentu. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci.

## Hypotéza I

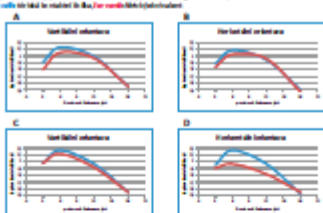
U tórické kontaktní čočky je kontrastní citlivost vyšší než u jejího sférického ekvivalentu. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci.



Jak je patrné z grafů A a B, kontrastní citlivost je vyšší u tórické kontaktní čočky než u jejího sférického ekvivalentu. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci.

## Hypotéza II

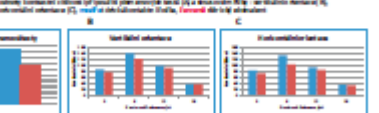
U tórické kontaktní čočky je kontrastní citlivost vyšší než u jejího sférického ekvivalentu. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci.



U tórické kontaktní čočky je kontrastní citlivost vyšší než u jejího sférického ekvivalentu. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci.

## Hypotéza III

U tórické kontaktní čočky je kontrastní citlivost vyšší než u jejího sférického ekvivalentu. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci.



## Závěr

V rámci výzkumu bylo zjištěno, že kontrastní citlivost je vyšší u tórické kontaktní čočky než u jejího sférického ekvivalentu. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci. Všechny testy byly provedeny v optické ordinaci.

## 21. Corneal Collagen Cross-linking- Bc.Anežka Zemánková

Vedoucí práce: MUDr. Tomáš Mňuk

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

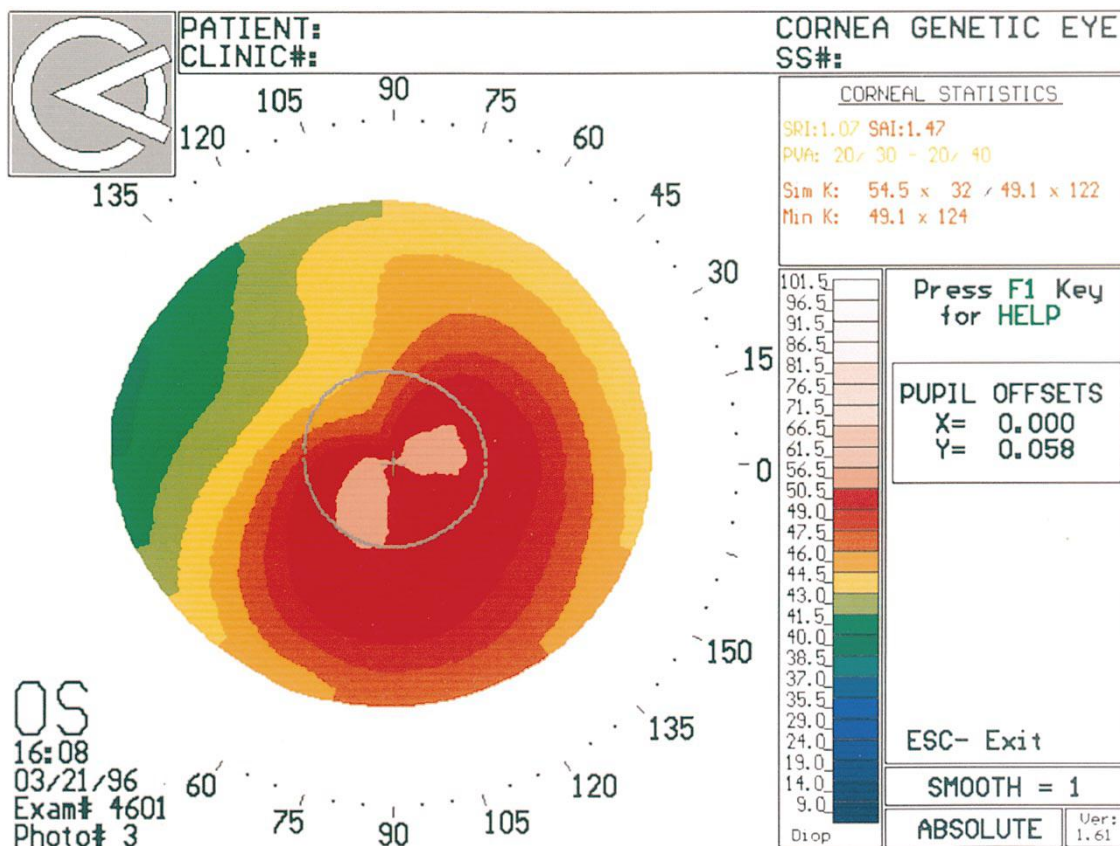
### Úvod

Corneal Collagen Cross-linking (CCL) je léčebný postup uplatňující se zejména u ektatických degenerací s neustávající progresí. Radíme k nim pelucidní marginální degeneraci, keratoglobus a keratokonus. Zatímco první dvě zmíněné choroby se vyskytují vzácně, s keratokonem se lze setkat poměrně často. Mezi nové indikace CCL patří infekční a ulcerózní keratitida. [7]

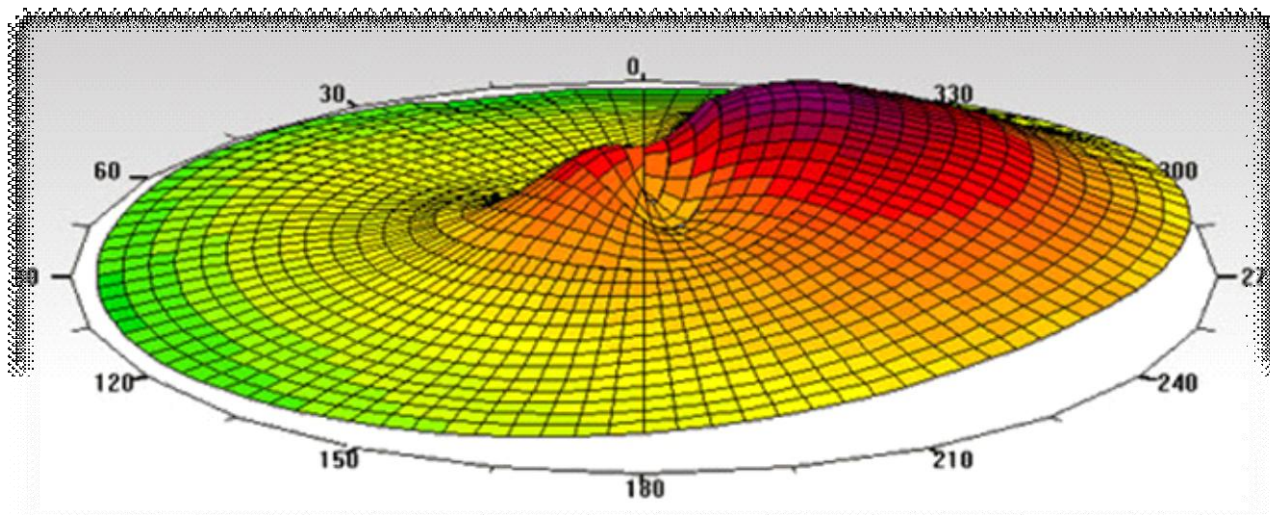
Principem je vytváření nových chemických vazeb, které zpevňují tkáň rohovky a zabraňují tak jejímu dalšímu vyklenování. Jedná se o miniinvasivní zákrok s minimem komplikací a v klinické praxi je stále více využíván.

### Keratokonus

Keratokonus je degenerativní nezánettivé onemocnění rohovky projevující se jejím postupným ztenčováním a kónickým vyklenováním (obr. 1a a 1b). Objevuje se zpravidla v období puberty a během třetí a čtvrté dekády života se většinou zastavuje. Vzácně se můžeme setkat s keratokonem jako s vrozenou chorobou. Onemocnění je oboustranné, ačkoli většinou postihuje jedno oko dříve. Může se vyskytovat samostatně nebo doprovází některá jiná onemocnění, typicky Downův syndrom nebo Leberovu kongenitální amaurozu. [9]



Obr. 1a: Diagnostika keratokonu pomocí videokeratografie. [9]



Obr. 1b: Diagnostika keratokonu – 3D model (dostupné z: <http://www.optikerschuetz.de/premium-kontaktlinsen/spezialfall-keratokonus>)

Klinické příznaky mohou být v počátečních stádiích nevýrazné a onemocnění lze tedy snadno přehlédnout. Postupem času lze při vyšetření na šterbinové lampě pozorovat již zmíněné ztenčování rohovkového stromatu a kuželovité vyklenování (centrálně nebo paracentrálně), což způsobuje vysokou myopii (krátkozrakost) a nepravidelný astigmatismus. Subjektivním projevem je ztráta zrakové ostroty a dalších kvalit vidění. V závislosti na stadiu onemocnění lze pozorovat další přídatné znaky. Typické jsou například Vogtovy strie (nařasení hlubokého stromatu rohovky a Descemetovy membrány), jizvy v přední části stromatu nebo Munsonův příznak (deformace spodního víčka vyklenutou rohovkou). [9]

Z hlediska histopatogeneze jsou pro keratokonus typické tři znaky: ztenčování rohovkového stromatu, porušení Bowmanovy membrány a železná depozita pod bazální membránou rohovkového epitelu. Descemetova membrána zůstává neporušena (kromě případů její ruptury) a také buňky endotelu obvykle nevykazují patologické změny. [9]

Příčiny vzniku keratokonu [10] nebyly dodnes navzdory četným výzkumům uspokojivě vysvětleny. Existují však některé hypotézy opírající se o genetické a biochemické mechanismy.

Při studování rodinného výskytu keratokonu [6] bylo zjištěno, že více než 50 % postižených subjektů má v rodině blízkého příbuzného se stejnou chorobou. Pravděpodobně se jedná o autozomálně dominantní dědičnost.

Podle biochemických studií by mohla být degradace rohovkového stromatu výsledkem proteolytické aktivity některých enzymů. V ektatických rohovkách bylo oproti těm zdravým nalezeno zvýšené množství proteáz a dalších katabolických enzymů [3] a naopak snížený počet inhibitorů proteáz, například  $\alpha 2$ -makroglobulin a  $\alpha 1$ -antiproteáza [11]. Dále bylo zjištěno [2], že ektatické rohovky mají oproti těm zdravým keratocyty s až čtyřnásobným počtem receptorů pro interleukin-1 (IL-1). IL-1 zodpovídá za proliferaci a programovanou smrt keratocytů. Jeho zvýšené působení pravděpodobně iniciuje nadměrnou likvidaci keratocytů a tím pádem ubývá také stromální nebuněčná hmota, produkovaná právě keratocyty. [14] Jedním z faktorů progresu keratokonu je také kumulace cytotoxického reaktivního kyslíku v důsledku sníženého počtu enzymů aldehyd dehydrogenáza [5] a superoxid dismutáza [1]. Míra oxidativního stresu se zvyšuje účinky UV záření a mechanickým traumatem (chronické oděrky epitelu na povrchu rohovky, nošení kontaktních čoček).

Při léčbě keratokonu jsou v raných stádiích nemoci dostačující brýle. V pokročilejších stádiích jsou metodou první volby plynopropustné kontaktní čočky, které dokážou úspěšně korigovat i nepravidelný astigmatismus a jsou dostačující pro 99 % klientů. Z chirurgických metod je dodnes využívána penetrující keratoplastika, hluboká lamelární keratoplastika se zachováním Descemetovy membrány a endotelu, obě metody mohou být kombinovány s dodatečnými laserovými zákroky. Jinou možností je implantace prstencových segmentů z polymethylmetakrylátu do stromatu rohovky. Nejčastěji využívanou metodou je právě již výše zmíněný CCL. [10]



## Corneal Collagen cross-linking

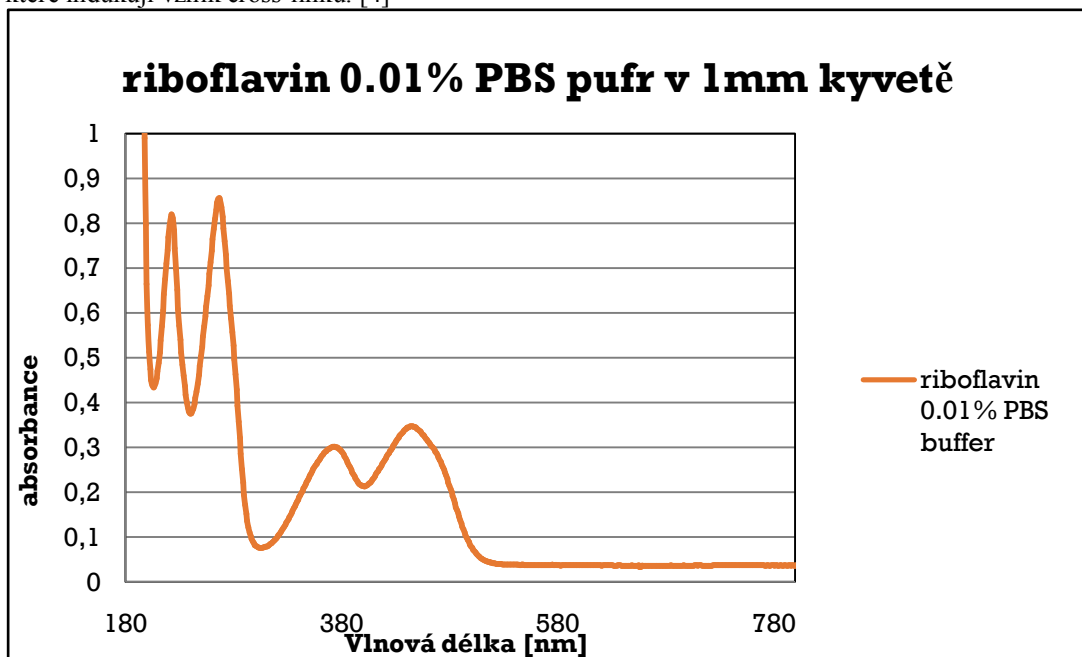
### Mechanismus tvorby cross-linků

CCL je metoda používaná ke stabilizaci a k omezení degradace biologických pojivových tkání s převažujícím množstvím kolagenních vláken. Působením fyzikálně-chemických mechanismů dochází k vytváření spojek (cross-linků) mezi jednotlivými kolagenními vlákny i mezi fibrilami v rámci jedné molekuly kolagenu. Na tvorbě cross-linků se pravděpodobně podílí také proteoglykany.

CCL může být proveden několika způsoby: neenzymatickou glykací, UV zářením s použitím fotosenzitivních látek nebo bez nich, anebo aldehydickou reakcí. Byla zkoumána účinnost a bezpečnost CCL na prasečích očích. K provedení experimentu bylo použito UV záření, fotosenzitivní riboflavin, UV záření současně s riboflavinem, riboflavin s viditelným světlem, glutaraldehyd a Karnovskyho roztok (glutaraldehyd + paraformaldehyd). Tvorba cross-linků byla zanedbatelná při účincích UV záření a fotosenzitivního riboflavinu, naopak kombinace riboflavinu s UV zářením i s viditelným světlem významně přispěla k tvorbě cross-linků. Rovněž glutaraldehyd se ukázal jako účinný induktor cross-linků, zejména v Karnovskyho roztoku, kde díky formaldehydu dochází ke zvýšené penetraci účinné látky rohovkou. Nevýhodou glutaraldehydu je možnost jeho využití pouze v malých koncentracích po velmi krátkou dobu, neboť vykazuje některé vedlejší nežádoucí účinky. [13]

### Využití v klinické praxi

V klinické praxi se CCL provádí pomocí UVA záření o vlnové délce 370 nm v kombinaci s fotosenzitivním riboflavinem. Při použití této vlnové délky vykazuje riboflavin nejvyšší absorpci, tudíž je metoda za těchto podmínek nejúčinnější. Díky UVA vznikají ve tkáni kyslíkové radikály, které indukují vznik cross-linků. [4]



Obr. 2: Absorpční spektrum riboflavinu v koncentraci využívané při CCL (vlastní zdroj)

### Podmínky pro provedení CCL

Pacienti, kteří plánují podstoupit CCL, musí splňovat stanovená kritéria. Tloušťka rohovky musí být minimálně 400  $\mu\text{m}$  a její zakřivení nesmí přesáhnout 60 D. Důvodem je hrozba cytotoxického působení riboflavinu na endotelové buňky. Věk kandidáta by se měl ideálně pohybovat mezi 18 a 30 lety. Zvláštní pozornost je třeba věnovat pacientům mladším 18 let, neboť zatím nebyly provedeny dostatečné studie, které by referovaly o účincích CCL u dětí. Relativní kontraindikací zákroku jsou prodělané herpetické keratitidy, těžké syndromy suchého oka, rohovkové jizvy nebo autoimunitní choroby související s poruchou tvorby kolagenu. [4]

### Průběh CCL

CCL se provádí v lokální anestezii na operačním sále. Před vlastní aplikací riboflavinu se obvykle snáší rohovkový epitel v centrální části o 8 – 9 mm. Po snesení epitelu je do rohovky naaplikován 0,1 % riboflavin rozpuštěný ve fosfátovém pufru s dextranem. Dextran zvyšuje viskozitu roztoku a

usnadňuje tak proces aplikace riboflavinu. Bez deepitelizace je účinek CCL až o 50 % menší. Výhodou intaktní rohovky je na druhou stranu menší pooperační diskomfort a rychlejší návrat zrakových funkcí. Proto se vyvíjejí nové formy riboflavinu, které mají usnadnit jeho absorpci intaktní rohovkou. Do roztoku se přidává kyselina ethylendiamintetraoctová (EDTA) a trometamol, místo dextranu se používá benzalkonium chlorid a chlorid sodný. Výsledky studií s modifikovaným roztokem jsou sice povzbudivé, nicméně nedosahují kvalit metody se snesením epitelu.

Co se týče postupu nanášení riboflavinu a následného ozařování, existuje velké množství nejrůznějších metodologií, které se klinicky ověřují. Zkoumá se jejich bezpečnost a účinnost. Aktuálně nejvíce využívanými postupy jsou metoda standard CCL a metoda accelerated CCL. Standard CCL spočívá v 30min aplikaci riboflavinu před vlastním ozářením (průběžně se kapou dvě kapky po dvou minutách). Následuje 30min expozice UVA záření o intenzitě 3 mW / cm<sup>2</sup>. Technika accelerated CCL byla vyvinuta z důvodu menší časové náročnosti, menšího pooperačního diskomfortu a také kvůli snížení rizika dehydratace rohovky a toxického působení riboflavinu na endoteliální buňky, které je tím vyšší, čím déle je rohovka vystavena léčebné expozici. Principem accelerated CCL je zkrácení doby expozice při současném zvýšení intenzity UV záření. Hodnoty intenzity se mohou pohybovat nad 45 mW / cm<sup>2</sup>, což odpovídá zredukování délky expozice až na 2 minuty. Při hodnocení výsledků konfokální mikroskopii bylo prokázáno, že změny na rohovce jsou podobné změnám vznikajícím při technice standard CCL [4][8]. Různé možnosti poměru výkon / expozice jsou uvedeny v následující tabulce [7] :

Tabulka: Srovnání metod standard a accelerated CCL

	Výkon zdroje UV záření:	Doba expozice:
Standard CCL	3 mW / cm <sup>2</sup>	30 min
Accelerated CCL	9 mW / cm <sup>2</sup>	10 min
	15 mW / cm <sup>2</sup>	6 min
	18 mW / cm <sup>2</sup>	5 min
	30 mW / cm <sup>2</sup>	3 min

#### Klinické studie léčby keratokonu

První klinická studie na léčbu keratokonu metodou CCL probíhala po tři roky a skýtala soubor 22 pacientů s progredujícím keratokonem. U všech léčených očí došlo k zastavení progresu onemocnění, u 16 očí se rohovka oploštila v průměru o 2 D a u 15 očí bylo zaznamenáno zlepšení zrakové ostrosti s nejlepší možnou korekcí (BCVA). Následovala řada rozsáhlejších studií, veskrze s uspokojivými výsledky. Jediným slabým místem je podle mého názoru fakt, že rozsah studií se sice zvětšil co do počtu respondentů, nicméně délka doby sledování pacientů se nikterak neprodloužila. Většina studií je v dnešní době zaměřena na srovnání metod standard a accelerated, velkým přínosem by mohly být dlouhodobější studie o stabilitě rohovkové tkáně u obou metod. Další možný směr, kterým by se dalo ubírat, jsou klinické studie týkající se dětí. Protože keratokonus se objevuje nejčastěji ve druhé dekádě života, má určitě smysl více se zabývat možností stabilizace ektatické rohovky již v brzkých stádiích nemoci. [15]

#### Rizika a komplikace spojené s CCL

Riboflavin je bezpečnou fotosenzitivní látkou téměř bez cytotoxických účinků. Oproti tomu UV záření představuje pro oční tkáň potenciální nebezpečí, a to zejména UVB složka. Ještě agresivnější UVC složka je pohlcena atmosférou. Vlnové délky odpovídající UVA záření jsou pro oko nejméně nebezpečné, nicméně jeho absorpce v rohovce během CCL díky fotosenzitivní látce prudce vzrůstá. Dostatečnou ochranou je dodržování minimální tloušťky rohovky.

Sítnice je před škodlivým zářením chráněna oční čočkou, která absorbuje většinu UVA záření. Dávka, kterou čočka přijme, je mnohonásobně nižší než množství, které by mohlo indukovat vznik katarakty. Nicméně objevily se případy vzniku tzv. haze. Jedná se o zákalky v rohovce, které mohou od určitého stupně ovlivňovat ostré vidění. Dále se vyskytlo několik komplikací ve formě keratitid a rohovkových jizev. Důsledné dodržování podmínek o provedení zákroku minimalizuje riziko pooperačních komplikací na 1 %. [4]

## Závěr

Metoda CCL je v dnešní době čím dál oblíbenější a běžnější, protože představuje pro pacienta i lékaře minimálně náročný zákrok. Jeho indikací je sice zejména zastavení progresse onemocnění, nicméně častým bonusem je i zlepšení zrakové ostrosti [12]. Někdy se provádí i preventivně, v raných stádiích onemocnění, aby se zabránilo rychlému zhoršování stavu. Výhodou je také opakovatelnost zákroku, která je možná díky minimální invazivnosti a málo se vyskytujícím komplikacím.

Je patrné, že CCL má velký potenciál i do budoucna, a je proto důležité se jednotlivými možnostmi, které tato metoda přináší, důkladně zabývat.

## Seznam literatury

[1] BEHDIG A., SVENSSON B., MARKLUND S.L., KARLSSON K., 1998. Superoxide dismutase isoenzymes in the human eye. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 39(3): 471-475.

[2] BUREAU E., FABRE E.J., HECQUET C., POULIQUEN Y., LORANS G., 1993. Modification of prostaglandin E2 and collagen synthesis in keratoconus fibroblasts, associated with an increase of interleukin 1 alpha receptor number. *CR Acad Sci III*. 316:425-30.

[3] FUKUCHI T., YUE B.T., SUGAR J. A LAM S., 1994. Lysosomal enzyme activities in conjunctival tissues of patients with keratoconus. *Archives of Ophthalmology*. 112(10): 1368-1374.

[4] GKIKI M., LABIRIS G., KOZOBOLIS V., 2011. Corneal collagen cross-linking using riboflavin and ultraviolet-A irradiation: a review of clinical and experimental studies. *International Ophthalmology*. Springer Netherlands, 31(4): 309-319.

[5] GONDHOWIARDJO T.D., VAN HAERINGEN N.J., 1993. Corneal Aldehyde Dehydrogenase, Glutathione Reductase, and Glutathione S-Transferase in Pathologic Corneas. *Cornea*. 12:310-4.

[6] GONZALEZ V., MCDONNELL P.J., 1992. Computer-assisted corneal topography in parents of patients with keratoconus. *Archives of Ophthalmology*. 110(10): 1412-1414.

[7] KYMIONIS G.D., MIKROPOULOS D.G., PORTALIOU D.M., VOUNDOURAGKAKI I.C., KOZOBOLIS V.P., KONSTAS A.G.P., 2013. An Overview of Corneal Collagen Cross-Linking (CXL). *Springer Healthcare*. 30:858–869.

[8] O'BRART D., 2012. Corneal Collagen Crosslinking. *Remedica Journals*. 22(3): 73–80.

[9] RABINOWITZ Y.S., 1998. Keratoconus. *Survey of Ophthalmology*. Elsevier, 42(4): 297-319.

[10] ROMERO-JIMÉNEZ M., SANTODOMINGO-RUBIDO J., WOLFFSOHN J.S., 2010. Keratoconus: A review. *Contact Lens and Anterior Eye*. Elsevier, 33(4): 157-166.

[11] SAWAGUCHI S, TWINING S.S., YUE B.Y., CHANG S.H., ZHOU X., LOUSHIN G., SUGAR J., FEDER R.S., 1994. Alpha 2-macroglobulin levels in normal human and keratoconus corneas. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 35(12): 4008-4014.

[12] SHERIF A.M., 2014. Accelerated versus conventional corneal collagen cross-linking in the treatment of mild keratoconus: a comparative study. *Clinical Ophthalmology (Auckland, N.Z.)*. Dove Medical Press, 8: 1435-1440.

[13] SPOERL E., HUHLE M., SEILER T., 1998. Induction of Cross-links in Corneal Tissue. *Experimental Eye Research*. 66(1): 97-103.

[14] WILSON S.E., HE Y.G., WENG J., LI Q., MCDOWALL A.W., VITAL M., CHWANG E.L., 1996. Epithelial Injury Induces Keratocyte Apoptosis: Hypothesized Role for the Interleukin-1 System in the Modulation of Corneal Tissue Organization and Wound Healing. *Experimental Eye Research*. 62(4): 325-338.

[15] WOLLENSAK G., SPOERL E., SEILER T., 2003. Riboflavin/ultraviolet-a–induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *American Journal of Ophthalmology*. Elsevier, 135(5): 620-627.

## Corneal Collagen Cross-linking- Bc.Anežka Zemánková

Supervisor: MUDr. Tomáš Mňuk

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

### Introduction

Corneal Collagen Cross-linking (CCL) is a therapeutic procedure applied especially at ectatic degenerations with unremitting progression, such as pellucid marginal degenerations, keratoglobus and keratoconus. While the first two mentioned diseases are rare, keratoconus is relatively frequent. Infectious and ulcerous keratitis are new indications for CCL. [7]

The principle of CCL is generation of new chemical bonds which harden the corneal tissue and prevent it from further steepening. It is a mini-invasive surgery with minimal amount of complications and it began very frequent in clinical praxis.

### Keratoconus

Keratoconus is a degenerative non-inflammatory disease of cornea which causes its gradual thinning and conical steepening (Figure 1a and 1b). It arises usually in adolescence and it stops during the third and fourth decade. Rarely, the keratoconus can be a hereditary disease. The disease is bilateral, but it affects one eye earlier. It can occur separately or in connection with other diseases, typically Down syndrome or Leber's congenital amaurosis. [9]

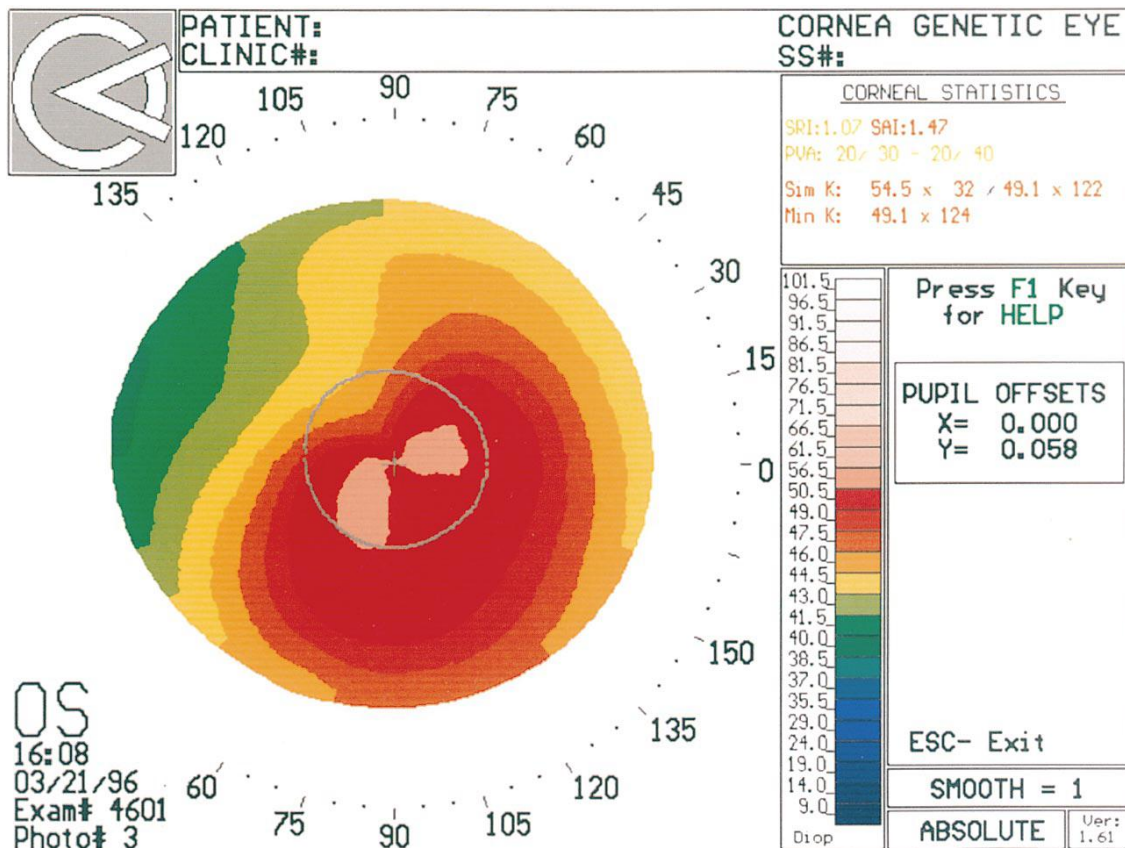


Fig. 1a: Diagnostics of keratoconus by videokeratography. [9]

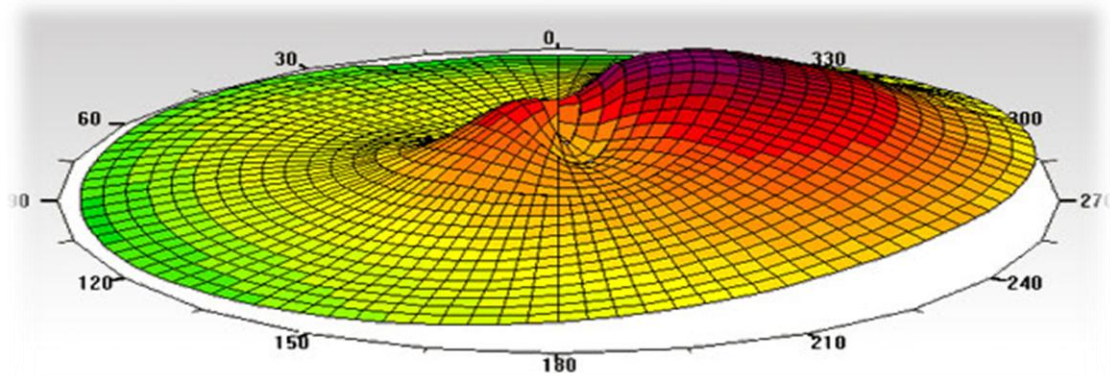


Fig. 1b: Diagnostics of keratoconus – 3D model  
 (available from: <http://www.optikerschuetz.de/premium-kontaktlinsen/spezialfall-keratokonus>)

Clinical symptoms of keratoconus can be poor at the beginning and the disease can be easily overlooked. After some time the thinning of the corneal stroma and the conical steepening (central or paracentral) can be observed by slit lamp. It causes high myopia and irregular astigmatism. The loss of visual acuity and other qualities of vision is the subjective symptom. Other additional features can be observed in dependence on the stadium of the disease. Vogt's striae (fine vertical lines produced by compression of Descemet's membrane), scarves in the anterior part of stroma or Munson's sign (V-shaped deformation of the lower eyelid when the eye is in downward position) are typical. [9]

There are three signs typical in terms of histopathogenesis: stromal corneal thinning, Bowman's layer breakage, and iron deposits within the corneal epithelium's basal layer. Descemet's membrane remains intact (except the cases of its rupture). There are also no pathological changes on the endothelial cells. [9]

The reasons of origin of keratoconus have not been satisfactorily explained yet despite many studies performed [10]. There are although some hypotheses based on genetic and biochemical mechanisms. By studying the abundance of keratoconus within families [6] it was found that more than 50% of studied patients with keratoconus have a close relative with the same disease. It is probably an autosomal dominant inheritance.

According to some biochemical studies the degeneration of corneal stroma could be caused by proteolytic activity of some enzymes. An increased amount of proteases and some other catabolic enzymes [3] and decreased amount of protease inhibitors, such as  $\alpha$ 2-macroglobulin a  $\alpha$ 1-antiprotease [11] have been found in ectatic corneas. It was further found that ectatic corneas have (in comparison with normal ones) keratocytes with up to 4-fold number of receptors for interleukin-1 (IL-1). IL-1 is responsible for proliferation and programmed apoptosis of keratocytes. Its increased activity probably initiates excessive destruction of keratocytes which causes the decrease of stromal non-cellular matter produced by keratocytes [14]. One of the factors of keratoconus progression is also the accumulation of the cytotoxic reactive oxygen species caused by decreased activity of enzymes aldehyde dehydrogenase [5] and superoxide dismutase [1]. The oxidative stress level is increased by UV radiation and by mechanical trauma (chronical ruptures of the epithelium at the surface of cornea, wearing of contact lenses).

The usage of glasses is sufficient in the early stadium of keratoconus. In late stadiums the gas-permeable contact lenses are the method of the first choice. It can successfully correct also irregular astigmatism and are sufficient for 99% of clients. Penetrating keratoplastics and deep lamellar keratoplastics with preservation of Descemet's membrane and endothelium are two chirurgical method used nowadays. Both methods can be combined with additional laser surgeries. Another option is the intracorneal ring segment implantation made from polymethylmethacrylate. The most commonly used method is the abovementioned corneal collagen cross-linking. [10]

Corneal Collagen cross-linking

Cross-link generation mechanism

Collagen cross-linking is a method used for stabilization and for restriction of degradation of biological connective tissues with predominant amount of collagen fibers. Cross-links between different collagen fibers and between fibrils of the same molecule are created by physical-chemical mechanisms. Proteoglycans probably take part in the process of cross-link formation.

CCL can be performed by several different methods: non-enzymatic glycation, UV irradiation with or without the usage of photosensitive compounds, or by aldehydic reaction. The effectivity and safety of CCL was investigated using porcine eyes. There were several different conditions used for the experiment: UV irradiation, photosensitive riboflavin, UV irradiation together with riboflavin, riboflavin with visible light irradiation, glutaraldehyde and Kanovsky solution (glutaraldehyde + paraformaldehyde). The formation of cross-links was negligible upon action of UV irradiation or riboflavin itself, but the combination of riboflavin and UV irradiation or visible light irradiation contributed significantly to the cross-links generation. Also glutaraldehyde was found to be an effective inductor of cross-links, especially in Kanovsky solution, where formaldehyde causes increased penetration of the active substance through cornea. The disadvantage of glutaraldehyde method is the usage limited to low concentration for very short period because it exhibits adverse side-effects. [13]

The usage of CCL in clinical praxis

CCL in clinical praxis is performed using UVA radiation with wavelength of 370 nm in combination with photosensitive riboflavin. Riboflavin has one of its absorption maxima at 370 nm in aqueous solution (Figure 2) and therefore the method is most efficient at these conditions. UVA radiation also generates oxygen radicals in the tissue which also induce the formation of cross-links. [4]

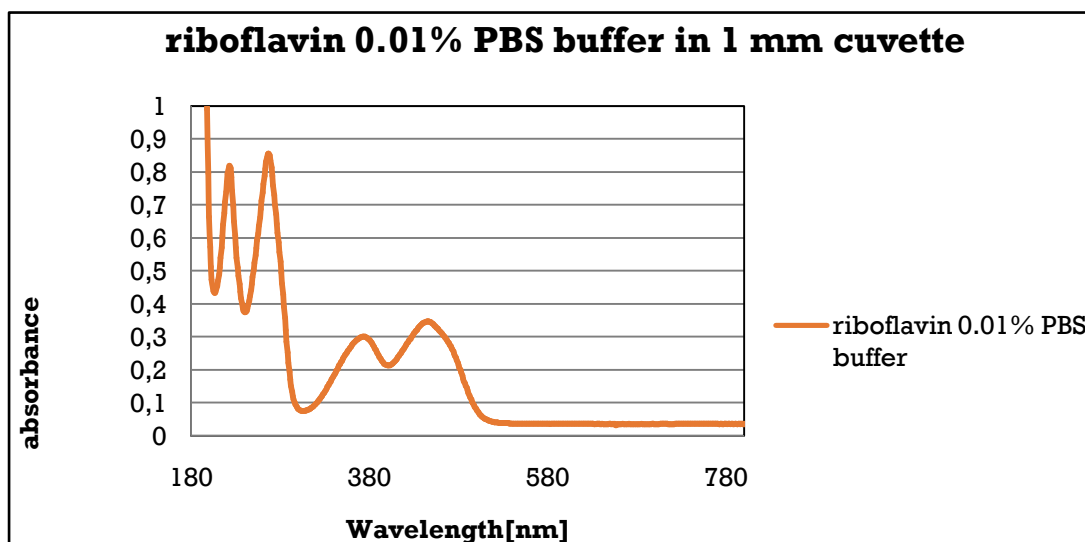


Fig. 2: Absorption spectrum of riboflavin in concentration used for CCL (personal data)

#### Criteria for CCL

Patients who plan to undergo CCL must fulfill following criteria. The thickness of their cornea must not be thinner than 400  $\mu\text{m}$  and its curvature must not be over 60 D. The reason for this is the threat of cytotoxic effect of riboflavin on endothelial cells. The patient's age should in ideal case range between 18 and 30 years. A special attention should be paid to patients younger than 18 years because there have been no sufficient studies about CCL executed at children yet. The relative contraindications are absolved herpetic keratitis, complicated dry eye syndrome, corneal scars or auto-immune diseases connected with the malfunction of collagen production. [4]

#### Process of CCL

CCL is performed under local anesthesia in an operating room. Before the actual application of riboflavin the corneal epithelium is debrided in the central part by 8 – 9 mm. After the deepithelization, 0.1% riboflavin dissolved in phosphate buffer with dextran is applied on cornea. Dextran increases the viscosity of the solution and therefore makes the process of application easier.

The effect of CCL without the deepithelization is up to 50% lower. On the other hand, the advantage of intact cornea is lower post-operative discomfort and faster recovery of visual functions. New forms of riboflavin are therefore being developed for direct application on intact cornea. Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and trometamol are added to the solution, benzalkonium chloride and sodium chloride are used instead of dextran. The results of studies with modified solution are encouraging but they do not reach the qualities of the deepithelization method (Gkika et al., 2011; O'Brart, 2012).

There is a large amount of different methodologies of riboflavin application and subsequent irradiation which are being clinically tested. Their safety and efficacy is investigated. The most commonly used methods nowadays are methods standard and accelerated CCL. In the standard CCL the riboflavin solution is applied on cornea for 30 minutes (2 drops of solution every 2 minutes). After the application the cornea is exposed for 30 minutes by UVA radiation of intensity  $3 \text{ mW cm}^{-2}$ . The technique accelerated CCL has been developed to shorten the whole process and has lower post-operational discomfort and lower risk of corneal dehydration. It has also smaller toxic effect of riboflavin on corneal endothelium due to shorter period of the therapeutic action. The principle of accelerated CCL is the shortening of exposure with simultaneous enhancement of the UV light intensity. The intensity can range over  $45 \text{ mW cm}^{-2}$  which corresponds to the shortening of irradiation up to 2 minutes. The assessment of the results of confocal microscopy found the corneal changes to be similar to those generated by standard CCL [4] [8]. Different possibilities of power/exposure ratio are shown in the following table [7]:

Table: Comparison of standard and accelerated CCL

	UV light source power:	Exposition period:
Standard CCL	$3.0 \text{ mW cm}^{-2}$	30 min
Accelerated CCL	$9 \text{ mW cm}^{-2}$	10 min
	$15 \text{ mW cm}^{-2}$	6 min
	$18 \text{ mW cm}^{-2}$	5 min
	$30 \text{ mW cm}^{-2}$	3 min

#### Clinical studies of keratoconus therapy

The first clinical study of keratoconus therapy by method CCL took 3 years and contained 22 patients with progressive keratoconus. In all treated eyes the progression of keratoconus was interrupted, in 16 eyes the cornea flattened by 2 D and in 15 eyes the best corrected visual activity (BCVA) improved slightly. This study was followed by a series of studies with satisfactory results. In my opinion, the only weakness is the fact that despite the fact that the number of studied patients has increased dramatically, the length of their surveillance did not increase. Most of current studies are focused on comparison of standard and accelerated CCL. A long-term study on the stability of corneal tissue after both methods would have a great impact. Another direction in further research could be studies on children. Since keratoconus occurs in the second life-decade, there is a need to concern with the possibility of stabilization of ectatic cornea already in the early stages of the disease. [15]

#### Risks and complications connected with CCL

Riboflavin is a safe photosensitive compound almost without cytotoxic effects. UV radiation, especially UVB component, represents a potential threat for eye tissues. UVC component which is even more dangerous is absorbed by atmosphere. The wavelengths corresponding to UVA radiation are least harmful but its intensity used for CCL is high. Therefore the cornea has to have a thickness which is sufficient to absorb all radiation.

Retina is protected from harmful radiation by eye lens which absorbs most of UVA radiation. The dose absorbed by eye lens is manifold higher than the amount which could induce the formation of cataract. Nevertheless, the development of stromal haze after cross-linking has been reported. Haze is a small corneal cataract which can to some extent influence the visual acuity. Furthermore, some complications after CCL like keratitis and corneal scarring has been detected. Rigorous adherence of conditions of conduction of CCL minimizes the risk of post-operational complications to 1%. [4]



## Conclusion

The CCL method is more and more popular and common because it is a non-complicated surgery for both doctor and patient. Its indication is the interruption of progression of keratoconus and the common additional feature is the enhancement of visual acuity [12]. It is sometimes conducted preventively in early stadiums of disease to prevent the fast worsening. The advantage is the possibility of repetition of surgery which is possible due to minimal invasiveness and rare complications.

It is obvious that CCL has a great potential for future and it is therefore important to investigate different aspects of this method in detail.

## References

- [1] BEHDIG A., SVENSSON B., MARKLUND S.L., KARLSSON K., 1998. Superoxide dismutase isoenzymes in the human eye. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 39(3): 471-475.
- [2] BUREAU E., FABRE E.J., HECQUET C., POULIQUEN Y., LORANS G., 1993. Modification of prostaglandin E2 and collagen synthesis in keratoconus fibroblasts, associated with an increase of interleukin 1 alpha receptor number. *CR Acad Sci III*. 316:425-30.
- [3] FUKUCHI T., YUE B.T., SUGAR J. A LAM S., 1994. Lysosomal enzyme activities in conjunctival tissues of patients with keratoconus. *Archives of Ophthalmology*. 112(10): 1368-1374.
- [4] GKIKI M., LABIRIS G., KOZOBOLIS V., 2011. Corneal collagen cross-linking using riboflavin and ultraviolet-A irradiation: a review of clinical and experimental studies. *International Ophthalmology*. Springer Netherlands, 31(4): 309-319.
- [5] GONDHOWIARDJO T.D., VAN HAERINGEN N.J., 1993. Corneal Aldehyde Dehydrogenase, Glutathione Reductase, and Glutathione S-Transferase in Pathologic Corneas. *Cornea*. 12:310-4.
- [6] GONZALEZ V., MCDONNELL P.J., 1992. Computer-assisted corneal topography in parents of patients with keratoconus. *Archives of Ophthalmology*. 110(10): 1412-1414.
- [7] KYMIONIS G.D., MIKROPOULOS D.G., PORTALIOU D.M., VOUNDOURAGKAKI I.C., KOZOBOLIS V.P., KONSTAS A.G.P., 2013. An Overview of Corneal Collagen Cross-Linking (CXL). *Springer Healthcare*. 30:858–869.
- [8] O'BRART D., 2012. Corneal Collagen Crosslinking. *Remedica Journals*. 22(3): 73–80.
- [9] RABINOWITZ Y.S., 1998. Keratoconus. *Survey of Ophthalmology*. Elsevier, 42(4): 297-319.
- [10] ROMERO-JIMÉNEZ M., SANTODOMINGO-RUBIDO J., WOLFFSOHN J.S., 2010. Keratoconus: A review. *Contact Lens and Anterior Eye*. Elsevier, 33(4): 157-166.
- [11] SAWAGUCHI S, TWINING S.S., YUE B.Y., CHANG S.H., ZHOU X., LOUSHIN G., SUGAR J., FEDER R.S., 1994. Alpha 2-macroglobulin levels in normal human and keratoconus corneas. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 35(12): 4008-4014.
- [12] SHERIF A.M., 2014. Accelerated versus conventional corneal collagen cross-linking in the treatment of mild keratoconus: a comparative study. *Clinical Ophthalmology (Auckland, N.Z.)*. Dove Medical Press, 8: 1435-1440.
- [13] SPOERL E., HUHLE M., SEILER T., 1998. Induction of Cross-links in Corneal Tissue. *Experimental Eye Research*. 66(1): 97-103.
- [14] WILSON S.E., HE Y.G., WENG J., LI Q., MCDOWALL A.W., VITAL M., CHWANG E.L., 1996. Epithelial Injury Induces Keratocyte Apoptosis: Hypothesized Role for the Interleukin-1 System in the Modulation of Corneal Tissue Organization and Wound Healing. *Experimental Eye Research*. 62(4): 325-338.
- [15] WOLLENSAK G., SPOERL E., SEILER T., 2003. Riboflavin/ultraviolet-a-induced collagen

# Corneal Collagen Cross-linking

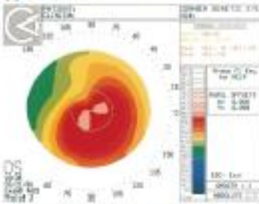


Bc. Anežka Zemánková  
Katedra Optometrie a optiky,  
Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Brno

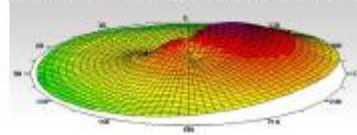


## Keratokonus

Keratokonus je degenerativní nezánětlivé onemocnění rohovky projevující se jejím postupným ztenčováním a lokálním vyklenováním (obr. 1a a 1b). Objevuje se zpravidla v období pušterky a během ní je aťžák delší než žloutá se většírou ztenčuje. Vzácně se může vyskytnout i jako komplikace keratoconu jako vrozenou chorobou. Onemocnění je oboustranné, ale s většíou postihuje jedno oko dříve. Může se vyskytovat samostatně nebo doprovázet některá jiná onemocnění, typicky Downův syndrom nebo Leberovu korengenti smrtelnou [9].



Obr. 1a: Diagnostika keratokonu pomocí videokeratografie. [3]



Obr. 1b: Diagnostika keratokonu – 3D model  
(zpracováno dle [10], dle [11] s použitím údajů z videokeratografie)

## Příčiny vzniku keratokonu

Genetické: více než 50% postižených subjektů má v rodině blízkého příbuzného se stejnou chorobou. Předpokládá se jedná o autosomálně dominantní dědičnost. [9]

Biochemické: Degradace rohovčového stromatu by mohla být výsledkem protyčinné aktivity některých enzymů. V některých rohovkách bylo nalezeno zvýšené množství proteáz a dalších katabolických enzymů [3] a nepokrytí anibiý pošet inhibiční proteáz, například  $\alpha$ -makroglobulin a  $\alpha$ -1-antitrypsin [11]. Dále bylo zjištěno [2], že některé rohovky mají keratocyty s až čtyřnásobným počtem receptorů pro interleukin-1 (IL-1). IL-1 zodpovídá za proliferaci a programovanou smrt keratocytů. [14] Jedním z faktorů progresu keratokonu je také akumulace cytotoxického neaktivního kyslíku v důsledku sníženého počtu enzymů oxidativní dehydrogenace [5] a superoxid dismutázy [1]. Množství oxidativního stresu se zvyšuje účinky UV záření a mechanickým traumatem (stomatologické ošetření epitelu na povrchu rohovky, nošení kontaktních čoček).

## Klinické příznaky

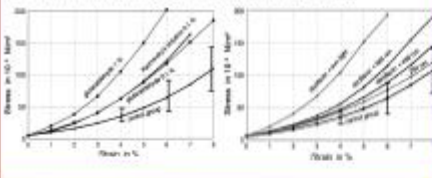
Klinické příznaky mohou být v počátečních stadiích nevýrazné a onemocnění lze přehlédnout. Při vyšetření na šošovkové lince se pozorovat ztenčování rohovčového stromatu a kuželovité vyklenování (centrální nebo pericentrální), což způsobuje vysokou myopii a nepravidelný astigmatismus. Subjektivním projevem je ztráta zrakové ostrosti a dalších kvalit vidění.

V závislosti na stadiu onemocnění lze pozorovat další příčné znaky: Většou sílu (nežeseň tubulárního stromatu rohovky a Descemetova membrány), žvý v přední části stromatu, Murrisonův příznak (deformace apodního víčka vyklenutou rohovkou). [3]

## Mechanismus tvorby cross-linků

CCL je metoda používaná ke stabilizaci a k omezení degradace biologických pojivových tkání s převládajícím množstvím kolagenových vláken. Početním fyzikálně-chemických mechanismů dochází k vytvoření spojek (cross-linků) mezi fibrilami kolagenu. Na tvorbu cross-linků se nejvíce podílí také protoglykany.

CCL může být proveden několika způsoby: neenzymatickou glykací, UV zářením a použitím fotoenzymatických látek nebo bez nich, anebo oxidativní reakcí. Jednotlivé možnosti byly ztuzumky na praxech očí [13].



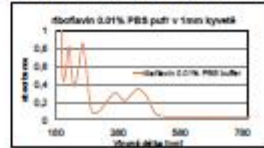
## Rizika a komplikace

Riboflavin je bezpečnou fotoenzymatickou látkou téměř bez cytotoxických účinků. Oproti tomu UV záření představuje pro oční tkáně potenciální nebezpečí, a to zejména UVB složka. UVA záření je pro oko zejména nebezpečné, nicméně jeho absorpce v rohovce během CCL díky fotoenzymatické látce prudce vzrůstá. Dostatečnou ochranou je dodržování minimální tloušťky rohovky.

Po provedení CCL se objevují případy vzniku tzv. hane (zakalování v rohovce, které mohou ad utřelého stupně ovlivňovat ostřt vidění). Dále se vyskytlo několik komplikací ve formě keratitidy a rohovčových žvý. Důležitá dodržování podmínek o provedení zákroku minimalizuje riziko pooperačních komplikací na 1 %. [4]

## Collagen cross-linking v klinické praxi

V klinické praxi se CCL provádí pomocí UVA záření o vlnové délce 370 nm v kombinaci s fotoenzymatickým riboflavinem. Při použití této vlnové délky vykazují riboflavin nejvyšší absorpci, tudíž je metoda ze hlediska podmínek nejúčinnější. Díky UVA vlnám je tkáň kyslíkové radikály, které indukují vznik cross-linků. [4]



Pacienti, kteří plánují podstoupit CCL, musí upřisovat stanovení kříska. Tloušťka rohovky musí být minimálně 400  $\mu$ m a její zakřívání nesmí přesáhnout 80 D. Důležitá je hustota cytotoxického působení riboflavinu na endotelové buňky. Vše kardiálně by se má lokálně pohybovat mezi 18 a 30 sek.

Před vlastní aplikací riboflavinu se obvykle stříhá rohovčový epitel v centrální části o 8–9 mm. Po smetení epitelu je do rohovky nasypováno 0,1 % riboflavin rozpouštěný ve fosfátovém pufru s dokonanem. Destička zvyšuje viskozitu roztoku a usnadňuje tak proces aplikace riboflavinu.

Co se týče postupu namáčení riboflavinu a následného ozáření, existuje velké množství nejrozličnějších metodologií, které se klinicky ověřily. Aktuálně nejvíce využívanými postupy jsou metoda standard CCL a metoda accelerated CCL.

	Výkon zdroje UV záření:	Doba expozice:
Standard CCL	3 mW / cm <sup>2</sup>	30 min
	9 mW / cm <sup>2</sup>	10 min
Accelerated CCL	15 mW / cm <sup>2</sup>	5 min
	18 mW / cm <sup>2</sup>	5 min
	30 mW / cm <sup>2</sup>	3 min

## Reference

[1] ... [2] ... [3] ... [4] ... [5] ... [6] ... [7] ... [8] ... [9] ... [10] ... [11] ... [12] ... [13] ... [14] ...

## 22. Vliv operace katarakty na změny slzivosti- Bc. Aneta Ondraszek

Vedoucí práce: MUDr. Petr Kus

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

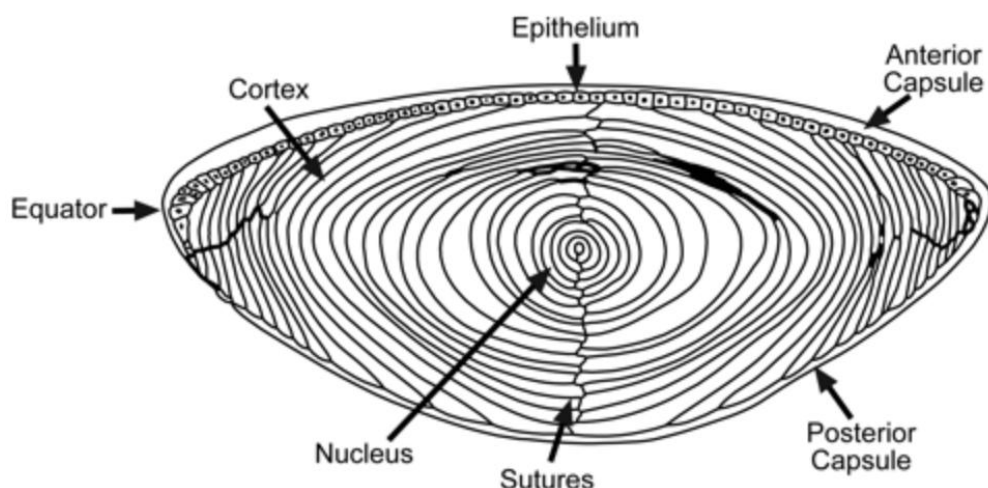
Teoretický úvod

Oční čočka

Lens cristallina je transparentní refrakční strukturou o charakteru spojné čočky s bikonvexním tvarem. Je uložena těsně za duhovkou v místě, kde sklivec vytváří centrálně depresi —

fossa patellaris. Upevňována je pak v této poloze zonulárními vlákny závěsného aparátu upínajícími se k řasnatému tělísku. [3] [5]

Tato dvojnásobná čočka se zakulacenými okraji mění své parametry během akomodace, vliv má ale na změny také věk a to ve smyslu zvětšování. Vertikálně měří čočka u dospělého člověka kolem 9 mm (při narození 6,4 mm), horizontálně kolem 4 mm (při narození nad 3,5 mm, během života se rozšiřuje až na přibližně 5 mm v 80 letech) a váha narůstá z 90 mg při narození na 250 mg v dospělosti. Poloměr zakřivení přední plochy této lidské spojné čočky se u akomodace mění z 10 — 11 mm na 5,33 mm, u zadní plochy je to pak z 6 mm na 5,33 mm. Optická mohutnost oční čočky u neakomodovaného oka tvoří třetinu z celkové optické mohutnosti oka (58,64 Dpt) tzn. 19,11 Dpt. [3] [4] [5]



Obrázek č. 1: Základní stavba oční čočky

Základní stavbu čočky tvoří pouzdro a epitel, spolu s vlastním čočkovým stroma (Obrázek č. 1). Čočkové pouzdro tvoří povrch čočky, mezi jeho předním a zadním pólem jsou značné rozdíly nejen v tloušťce, která je na zadní straně nejmenší (přibližně 0,003 mm), ale také ve stavbě bazální membrány. Základem obou bazálních membrán (přední a zadní části) jsou glykoproteiny

a glykozaminoglykany, přední část obsahuje navíc bílkovinu fibronektin, zadní část pak bílkovinu tenascin. Epitelem čočky rozumíme strukturu jedné vrstvy hexagonálních jedno či dvojjaderných buněk rozprostírajících se pod předním pouzdrům čočky směrem k ekvátoru. V tomto směru také narůstá výška jednotlivých buněk. Pouzdro je pro buňky bazální membránou, ke které adherují svými bázemi. Oblast ekvátoru je místem četných mitóz buněk, kde dochází k jejich elongaci a přeměně v sekundární čočková vlákna tvořící čočkové stroma. [3] [4]

Dle některých literatur jde čočkové stroma u klinického vyšetření rozdělit na jádro a kortex, kdy jádro tvoří většinu obsahu čočky (asi 84% v 60 letech, kortex jen 16%). Kortex se nachází v periferii čočky a je tvořen sekundárními vlákny. V jádře pozorujeme strukturu embryonálního původu — embryonální jádro tvořeno primárními vlákny, dále ze sekundárních vláken tvořené jádro fetální vzniklé před narozením, infantilní z doby po narození do čtyř let a dospělé jádro vzniklé během dospívání. [3]

Čočkové stroma je tvořeno primárními vlákny vznikajícími v embryonálním období a sekundárními vlákny vznikajícími během celého života — tím se čočka během života zvětšuje. Tyto stále nová vlákna posunují starší směrem k zadnímu pouzdra, kde se skládají do centrálně umístěné zahuštěné oblasti. Nárazy takto nahuštěných starších sekundárních vláken vznikají čočkové švy, kdy u předního pólu tvoří tvar Y, u zadního pak Y obrácené. [3] [4]

Zonulární aparát důležitý pro udržení čočky na svém místě je tvořen nestejnými vlákny tvořenými fibrilami kolagenového a elastického typu obalenými v homogenní plazmatické hmotě upínajícími se k zonulární lamelle pouzdra čočky. Jednotlivá vlákna se upínají k čočce různě, nejsilnější se táhnou od pars plana k přední ploše čočky, tenčí pak od ora serrata k zadní ploše a zbylá drobná vlákénka od údolí výběžků řasnatého tělíska k ekvatoru a zadní ploše čočky. Stárnutím se snižuje elasticita vláken. [4]

Čočka je tvořená z velké části vodou (66 %) a bílkovinnými strukturami (33%). Absence cév v čočce je příčinou plné závislosti výživy čočky na komorové vodě, ke které má přístup jen přední pouzdro čočky. Metabolicky nejaktivnější je čočkový epitel, který z komorové vody využívá kyslík a glukózu pro následnou syntézu bílkovin, transport iontů, sacharidů a aminokyselin.

Komorová voda se účastní i v odvodu produktů metabolismu čočky a tím přispívá a udržuje její transparentnost. [3] [4]

Lidská oční čočka se za předpokladu zachování své transparentnosti svou schopností akomodace podílí na vytváření ostrého obrazu na sítnici různě vzdálených předmětů změnou zakřivení hlavně přední plochy čočky a tím i její optické mohutnosti. Hlavními aktéry v procesu akomodace jsou řasnaté tělísko s jeho Müllerovým a Brücknerovým svaelem, zonulární aparát a oční čočka. Během akomodace dochází ke stahu Müllerova svalu (cirkulárních vláken ciliárního svalu) s následným uvolněním zonulárních vláken a vyklenutím čočky. Hrají zde roli také posuny více lomivých čočkových lamel do optické osy. U desakomodace dochází ke kontrakci Brücknerova svalu, napětí zonulárních vláken a vrácení čočky do původně ploššího tvaru. [2] [3]

#### Katarakta

Zkalení či neprůhlednost vyskytující se v čočce v průběhu stárnutí ale i jiných vlivů a etiologií.

S méně či více přítomným zkalením se setkáváme u většiny starších pacientů, kdy vlivem mnoha, ještě dnes ne plně objasněných faktorů dochází k zvýšené hydrataci čočky, zvyšuje se také obsah sodíku a vápníku za současného snižování draslíku a glutathionu. Fotooxidační degradace na úrovni čočkových vláken a čočkových proteinů tvoří společně základní příčinu vzniku senilní katarakty, napomáhá tomu také fakt, že čočka je tkání nejbohatší na množství bílkovin co se lidského těla týče. Další roli ve vzniku katarakty hraje i vysoká myopie, co se životního stylu týče je to kouření, zvýšená konzumace alkoholu a zanedbání ochrany proti UV záření. [3] [5] [6]

Dle oblasti zkalení čočky rozlišujeme senilní katarakty kortikální, nukleární a subkapsulární.

První zmíněná, katarakta kortikální se ze začátku charakterizuje klínovitými zkaleními s bází v periférii, nacházejícími se jak v přední tak i zadní kortikální části čočky, následnou progresí dochází k homogennímu zkalení kortexu. Postižený má sklony k vnímání intenzivního světla

jako rozostřeného až oslňujícího, či dokonce k monokulární diplopii. U nukleární katarakty lokalizujeme zkalení v centrální části čočky, dochází ke zvyšování indexu lomu a následné myopizaci. Subkapsulární katarakta se vyznačuje zkalením pod předním či zadním pouzdrům

(přední subkapsulární či zadní subkapsulární katarakta) a zhoršuje vidění do blízka. Dále lze senilní katarakty rozřadit dle stupně zralosti na incipientní, progredientní, intumescenční, maturní, hypermaturní a morgagnianskou (Obrázek č. 2 a 3). Dalšími kritérii pro dělení katarakty jsou příčiny vzniku — kromě senilní katarakty je to tedy presenilní, traumatická, toxická, metabolická, adnatní a sekundární katarakta. [3] [5] [6]



Obrázek č. 2: Maturní katarakta



Obrázek č. 3: Hypermaturní katarakta

Pacient pociťuje ztrátu průhlednosti čočky jako zamlžené, rozmazané vidění se snížením zrakové ostrosti a kontrastu, se sklonem k osliňování a zhoršenému vnímání barev. U nukleární katarakty se může objevit i nekorigovatelná monokulární diplopie. Mnoho pacientů udává zhoršení potíží za světla (přes den, na slunci) a při čtení, tudíž zhoršení s dilatovanou zornicí. Nelze přesně dle charakteru a klasifikace katarakty určit, jaké problémy bude daný pacient pociťovat, jedná se o velmi individuální záležitost, kdy i malé zkalení může některým způsobovat velké problémy, kdežto jiní i přes velké zkalení dosahují uspokojivé zrakové ostrosti. [3] [5] [6]

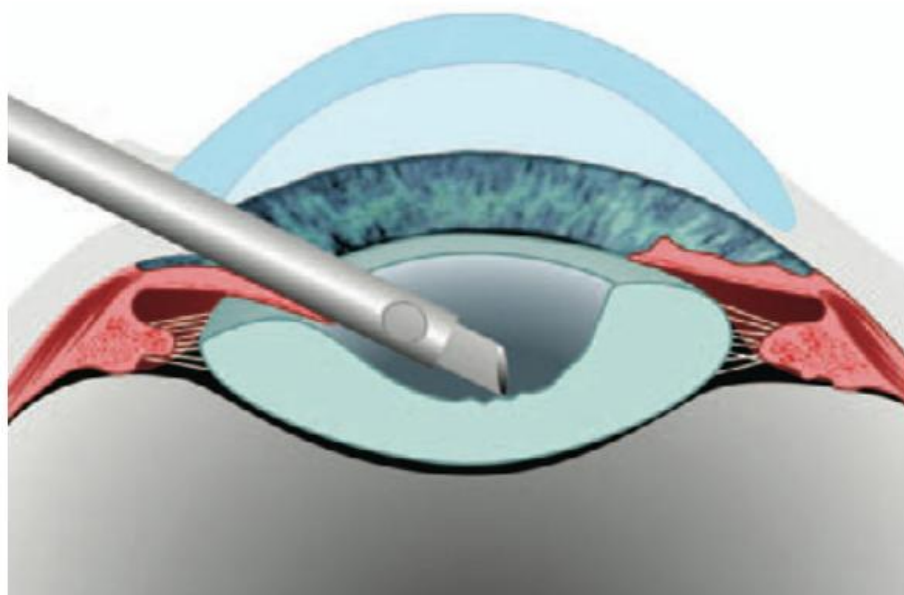
Řešením katarakty je dříve či později nutná operace s účelem odstranit zkalenou čočku a nahradit ji novou umělou čočkou nitrooční. Před operací je nutné provést, kromě klasického předoperačního vyšetření prováděného interním či praktickým lékařem, mnoho vyšetření zahrnující mezi jinými i zjištění zrakové ostrosti, refrakce a keratometrie, vyšetření štěrbinovou lampou, vyšetření očního pozadí, dále také biometrii a ultrazvukové vyšetření. Takto nasbírané informace dále využíváme k volbě správné nové nitrooční čočky se správnými parametry, ale také k rozhodnutí zda je pro pacienta vhodnější provést operaci ambulantně či za hospitalizace. [6]

Operace se provádí za použití topické anestezie ve formě anestetických kapek aplikovaných na rohovku. Řez se provádí co nejmenší, jeho lokalizace a provedení závisí na zvolené technice operace. Po provedení této mikroincize následuje injekční zavedení viskoelastického materiálu pro hladší pohyb nástrojů a tím ochranu tkání oka, také manipulace s jádrem a následná implantace nitrooční čočky je s použitím tohoto materiálu usnadněna. Prvním řezem vstupuje fakoemulzifikační kanyla, provedení druhého řezu je nutné pro manipulaci s nástroji. Pro přístup ke zkalenému jádru čočky je provedena kapsulorhexe čili otevření předního čočkového pouzdra speciální pinzetou (Obrázek č. 4). Následná aplikace tekutiny způsobí oddělení a uvolnění jádra čočky, co napomáhá následnému rozmělnění jádra ultrazvukovou sondou v procesu fakoemulzifikace, které je v konečné fázi odsáto ultrazvukovou kanylou (Obrázek č. 5).

Takto odstraněné jádro a kortex čočky nahrazujeme implantací předem zvolené nitrooční čočky injektorem do přední či zadní komory. Operaci zakončíme odsátím pomocného viskoelastického materiálu, použití stehu vzhledem k malému operačnímu řezu je nutné jen v některých případech. [3] [5] [7] [8]



Obrázek č. 4: Kapsulorhexe



Obrázek č. 5: Fakoemulzifikace

Již během operace mohou nastat komplikace ve formě ruptury zadního pouzdra či subluxaci jádra čočky. Závažnou komplikací může být i expulzivní hemoragie, ze začátku charakterizovaná vzestupem nitroočního tlaku a prolapsem duhovky operační ranou. Pooperačními komplikacemi jsou pak — vzestup nitroočního tlaku, edém rohovky, pooperační záněty a devastující akutní bakteriální

endoftalmitída. Nejčastější pooperační komplikací je vzniklá sekundární katarakta vyznačující se opacitami na zadním čočkovém pouzdře. [5]

### Slzný film

Přítomnost slz, slzného filmu na oku zajišťuje dvojitý systém — slzotvorný a slzovodný.

Slzotvorný tvořený slznou žlázou a přádatnými žlázkami (Wolfringovými a početnějšími

Krauseho žlázkami), slzovodný zajišťující odvod slz do nosu tvořený slznými body, kanálkem, slzným váčkem a nosním slzovodem. Správná funkčnost těchto systémů, spolu s pohybem víček zajišťuje potřebnou kvantitu i kvalitu slz, stabilitu slzného filmu. [1] [3]

Sekrece slz závisí na mnoha faktorech, její průměrná hodnota se pohybuje od 0,1  $\mu$ l do 1,0  $\mu$ l

za minutu, ve spánku se snižuje. Psychickými a zánětlivými účinky, podobně jako reflektorickým působením se sekrece zvyšuje. [3]

Majoritní obsah vody v slzách spolu s 1 % solí určuje, že osmotický tlak slz odpovídá fyziologickému roztoku (0,9 % roztoku soli). Slzy ale navíc obsahují ještě asi 0,2 — 0,6 % bílkovin (albuminu, globulinu) a organických sloučenin (glukózy, aminokyselin a fermentů jako je lyzozym či imunoglobuliny). [3]

Rozprostřené slzy na rohovce a spojivce tvoří asi 7 — 10  $\mu$ m tenký povlak (slzný film) uspořádaný dle charakteru do tří vrstev — mukózní, vodnatá a povrchová olejová vrstva. 0,2  $\mu$ m mukózní vrstvy tvoří bázi slzného filmu a umožňuje spojení epitelu rohovky, změnou jeho hydrofóbního povrchu na hydrofilní, se střední vodnatou vrstvou slzného filmu. Je produktem převážně pohárkových buněk bulbární spojivky. Porucha slzného filmu na úrovni mukózní vrstvy má

za následek roztržení celistvosti filmu a objevování suchých míst na oku mezi jednotlivými mrknutími. Nejdůležitější výživovou část slzného filmu tvoří střední vodnatá vrstva secernovaná slznou a přádatnými slznými žlázami. Jak již tomu nasvědčuje tloušťka této vrstvy (až 10  $\mu$ m), jedná se o největší vrstvu, zaujímající až 90 % objemu filmu. Tato vrstva opatřuje rohovce potřebné zvlhčení a živiny. Pro zabránění odpařování slz je na povrchu slzného filmu 0,1  $\mu$ m tenká olejová vrstva secernována Meibomskými, Zeissovými a apokrinními Mollovými žlázkami. Porucha slzného filmu na úrovni této vrstvy má za následek syndrom suchého oka evaporativního typu.

Toto přesné trojvrstevné rozdělení neodpovídá reálné stavbě, je dnes pouze teoretickou, kdysi uznávanou interpretací slzného filmu. Dnes je zastáváno přesvědčení o mucinech rozmístěných v celé tloušťce slzného filmu (v lipidové i vodnaté vrstvě). [1] [3]

Úkolem slzného filmu je nejen zvlhčování a výživa, ale také ochrana. Slzy jsou i nedílnou součástí optického systému, neboť vyrovnávají drobné nerovnosti povrchu rohovky a zprostředkovávají hladký přechod paprsku na rozhraní rohovka/vzduch. Porucha slzného filmu na úrovni kvantity či kvality je příčinou dyskomfortu s následnými příznaky suchého oka.

Suché oko klasifikujeme jak dle charakteru deficitu složek slzného filmu, stupně klinické závažnosti či poruch postavení víček, tak i podle etiologické klasifikace do desetin skupin

(např. skupina související s věkem, kdy dochází ke značnému snížení sekrece slz již kolem 45. roku věku či skupina hormonálních, farmakologických, traumatických či zánětlivých příčin atd.). Suchost oka či syndrom suchého oka se projevují hlavně řezáním, pálením či pocitem cizího tělesa, nedostatkem či paradoxní zvýšenou slzivostí, pocitem unavených očí, tlakem až bolestí.

Značný dyskomfort se ještě zhoršuje venku na větru, v zaprášeném, zakouřeném či klimatizovaném prostředí.

Diagnostika suchého oka zahrnuje kromě klasické anamnézy (během které zjistíme i subjektivní pocity pacienta) a vyšetření na šterbinové lampě i speciální testy pro určení kvantity a kvality množství slz. Níže jsou uvedeny a popsány testy, které jsou použita ve své studii.

Jedním z nejstarších a nejjednodušších testů pro zjištění kvantity slz, přesněji k posouzení vodné složky slzného filmu, slouží Schirmerův test. Základem je 35 mm dlouhý a 5 mm široký filtrační papírek se stupnicí, který je potřeba na konci ohnout. Touto částí je pak vložen do dolního spojivkového vaku k zevnímu koutku. Po pěti minutách je test dokončen a výsledek (navlhčená část papírku) ihned odečten ze stupnice. Schirmerův test se vyskytuje v mnoha modifikacích, ať už jako Schirmer test I bez anestetika pro měření bazální i reflexní sekrece slz či jako Schirmer test I

s anestetikem pro měření pouze bazální sekrece. Schirmer test II s anestetikem slouží k měření reflexní sekrece slz. Vyhodnocení u Schirmerova testu I — bez anestetika:

délka zvlhčení papírku  $\geq 15$  mm — normální hodnoty

délka zvlhčení papírku 10 — 15 mm — mírný deficit slz

délka zvlhčení papírku 5 — 10 mm — pokročilý deficit slz

délka zvlhčení papírku  $\leq 5$  mm — těžký deficit slz

Pro vyšetření kvality slzného filmu je často užíván Break up time fluoresceinový test (BUT test). Během něj je využíváno skutečnosti, že pokud nedochází k mrkání, je slzný film po 20 — 40 s

roztržen. Aplikací fluoresceinu můžeme toto roztržení pozorovat na šterbinové lampě za použití kobaltového filtru jako tvorbu map či skvrn, měříme dobu za kterou se tyto skvrny objeví. Měření třikrát zopakujeme. Výsledné průměrné hodnoty nad 10 sekund jsou známkou normální kvality slzného filmu, hodnoty pod 10 sekund značí nestabilní slzný film, pod 5 sekund vysoce nestabilní. Zjednodušenou neinvazivní formou break up time testu pro rychlé zhodnocení suchosti oka je i změřeni doby, po kterou je pacient schopný nemrkat, než se objeví nepříjemné pocity (pálení, řezání). [1] [3] [9]

#### Praktická část

##### Cíle studie

Mým záměrem v této studii je zjistit vliv operace katarakty, čili účelového zásahu do systému oka s cílem odstranit zkalenou oční čočku, na celkovou slzivost. Během výzkumu tedy zjišťuji pro srovnání stav slzivosti pacienta před operací a následně týden po operaci.

##### Metody

Po nastudování problematiky jsme se spolu s vedoucím práce dohodli, že pro zjišťování kvantity slzivosti použijeme Schirmer Test I bez anestetika, pro zjišťování kvality slz break up time fluoresceinový test. Pro přehlednější sběr dat jsem vytvořila tabulku (viz níže), kterou během vyšetřování s pacientem vyplním, popřípadě dopíšu doplňující informace.

Výběr jednotlivých pacientů provádím na základě objednávkového kalendáře ambulanci v Nemocnici u Svaté Anny Brno, který procházím vždy s vedoucím.

Základní anamnézu, osobní informace, informace o vizu a datumu operace zjišťuji již během pacientovy prohlídky prováděné doktorem. Vlastní vyšetření začínám vždy vysvětlením pacientovi postupu a cíle vyšetřování. Po umytí rukou provádím jako první pěti minutový Schirmer Test (postup popsán výše). Během tohoto testu má pacient zavřené oči, doplňuji zbylé informace do tabulky a zjišťuji odpovědi na předem připravený menší "dotazník" o subjektivních potížích pacienta, době kdy se vyskytují a zda pacient používá či používal umělé slzy. Po uplynutí času odečtu ze stupnice "naslzené" hodnoty a zapíšu je do tabulky.

K dalšímu testu usadím pacienta za šterbinovou lampu, aplikuji fluorescein (0,5%) a se stopkami měřím dobu, která uplyne do roztržení slzného filmu na oku pacienta. Toto měření zopakuji třikrát a použiji jejich zprůměrovanou hodnotu.

Pacient č.	Příjmení a jméno:		
	Datum narození:		Vizus:
Diagnóza:			Poznámky:
Léky:			Datum operace:
Vyš. Metoda	Oko	1. Předoperační měření	2.. Pooperační měření
Schirmer Test [mm]	OD/OS		
BUT Test [s]	OD ----- OS		



Subjektivní potíže:	<input type="checkbox"/> pálení <input type="checkbox"/> řezání <input type="checkbox"/> pocit cizího tělesa <input type="checkbox"/> pocit písku v očích <input type="checkbox"/> pocit unavených očí <input type="checkbox"/> pocit suchosti oka <input type="checkbox"/> nadměrné slzení <input type="checkbox"/> tlak v očích <input type="checkbox"/> zarudnutí	<input type="checkbox"/> pálení <input type="checkbox"/> řezání <input type="checkbox"/> pocit cizího tělesa <input type="checkbox"/> pocit písku v očích <input type="checkbox"/> pocit unavených očí <input type="checkbox"/> pocit suchosti oka <input type="checkbox"/> nadměrné slzení <input type="checkbox"/> tlak v očích <input type="checkbox"/> zarudnutí
Kdy během dne:		
Umělé slzy:		

Karta pacienta:

#### Výsledky

Do dnešního dne bylo provedeno první předoperační měření u třinácti pacientů, pooperační měření bylo provedeno u šesti z nich. Čtyři ze sedmi nezměřených pacientů se na operaci nedostavilo nebo jí odřeklo, tři z nich operaci absolvovali, ale kontrolu za týden po operaci odřekli a absolvovali ji v místě bydliště. Protože výzkum stále běží a nezahrnuje dostatečné množství naměřených výsledků není na místě vyvozovat závěry.

#### Použitá literatura:

- BĚLÍKOVÁ, J., Význam slzného filmu při nošení kontaktních čoček, Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Brno, 2006  
HONCOVÁ, P., Vliv změny denzity oční čočky na zrakovou ostrost, Diplomová práce, Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Brno, 2011  
KUCHYŇKA, PAVEL, Oční lékařství. Grada Publishing, 2007, 371 — 422 s.  
KVAPLÍKOVÁ, KVĚTA, Anatomie a embryologie oka. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, Brno, 2010, 65 — 70 s., 146 — 151 s.  
ROZSÍVAL, PAVEL, Oční lékařství. Vydavatelství Galén, 2006  
SCHLOTE, T. — GELISKEN, F. Pocket Atlas of Ophthalmology. Thieme Publishing, 2006  
STAFFOVÁ, E., Současné možnosti v léčbě katarakty — nové typy nitroočních čoček, kritéria jejich výběru, Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Brno, 2015  
TAJCHMANOVÁ, E., Změna kontrastní citlivosti po operaci šedého zákalu, Diplomová práce, Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Brno, 2010  
TOBOLÁKOVÁ, J., Slzný film, vyšetření jeho kvantity a kvality, Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Brno, 2012

#### Obrázky:

<http://www.photobiology.info/Roberts.html>

SCHLOTE, T. — GELISKEN, F. Pocket Atlas of Ophthalmology. Thieme Publishing, 2006

## Lacrimation changes after cataract Sumery - Bc. Aneta Ondraszek

Supervisor: MUDr. Petr Kus:

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

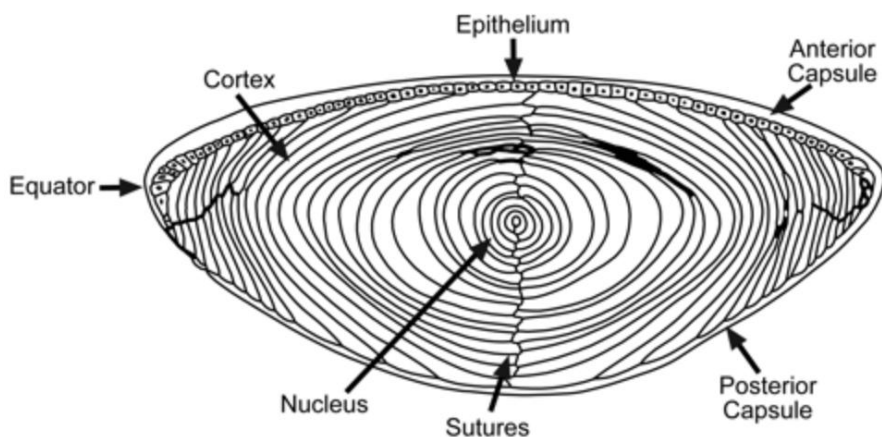
---

### Theoretical introduction

#### Lens

Lens crystalline is transparent refractive structure with positive dioptric value when both her surfaces are convex. It is placed behind the iris and vitreous, in fossa patellararis what is a centrally depressed part of the vitreous. Lens is hooked in this position by zonular fiber which connect lens to the ciliary body. [3] [5]

This biconvex lens with curved borders changes its parametres not just during accommodation but during aging too. Vertically lens measured in an adult about 9 mm (after birth about 6.4 mm), horizontally about 4 mm (after birth about 3.5 mm but after years it's grows to 5 mm). Weight increases from 90 mg after birth to 250 mg during aging. The radius of curvature of the front lens surface change during accommodation from 10 — 11 mm to 5.33 mm, in the back surface it's change from 6 mm to 5.33 mm too. Optical power of the lens crystalline makes 1/3 of the total optical power of the eye (58.64 Dpt), so it's about 19.11 Dpt. [3] [4] [5]



Picture no. 1: Structure of the lens

Histology of the lens shows that there is three main parts — the lens capsule, the lens epithelium and the lens stroma (Picture no. 1). The lens capsule surrounds completely the lens. Between front side and back side of the capsule are some differences, not only in the thickness, which is on the back side smaller (about 0.003 mm), but there is differences in construction of the basement membrane. Both basal membranes (on front and back side) are build by glycoproteins and glycosaminoglycans, front membrane also contains fibronectin unlike membrane on the back contain protein tenascin. The lens epithelium is a structure of a cells with one or two nuclei and hexagonal shape. Cells goes under the capsule and ends under the lens equator.

Bases of the cells adhere to the basal membrane of the capsule. Cells under the equator is bigger then cells under the front side of the lens capsule, there is also a lot of mitotic activity, elongation of this equator epithelium cells causes their conversion into secondary lens fibers inside the lens.

[3] [4]

Stroma of the lens is composed by primary fibers formed in embryogenesis and secondary fibers formed from the equatorial epithelial cells throughout life — this makes continual increasing of the lens. These new second fibers shift older one to the back side of the lens. These older shifted fibers collide together and makes special “stitches”, on the front side it has Y letter shape, on the back side it has shape conversed to Y letter shape. [3] [4]

During clinical examination we could see inside the lens core and cortex. Core include most part of the lens (about 84% in 60 year old patient and only 16% consist by the cortex). We found cortex in

the periphery of the lens and it's composed by secondary fibers. Core include some different smaller nucleus. Embryonal one is composed by primary fibers and develops during the embryonal period. Secondary fibers makes fetal nucleus develops before birth, infantile nucleus develops after birth and adults nucleus formed during adolescence. [3]

Zonular apparatus is a suspensory ligaments of the lens, it's important to keep the lens at the right place. Is formed by dissimilar fibres, which are contain some collagen and elastic fibrils with homogenous plasma mass around them. Fibres of the zonular apparatus are attached to the lens in a different place, for example the strongest one goes from pars plana. of the ciliary body to the anterior surface of the lens, thinner one goes from the ora serrata to the backside of the lens and the most tiny fibres starts in the middle of the ciliary processes to the backside and the equator of the lens. Aging reduces the elasticity of the fibers. [4]

The lens is mostly composed by a water (about 66 %) and protein structures (about 33%). The absence of the blood vessels in the lens causing that the nutrition of the lens depending on the aqueous humour, which is accessible only in the anterior lens capsule. Metabolically most active is lens epithelium, it's using oxygen and glucose from aqueous humour for proteins synthesis, ions transport and more important compounds. Aqueous humour is also involved in the removal of the metabolism products, this is all important to reserve transparency of the lens. [3] [4]

Accommodation is ability to see details clearly in a different distance of the object by the changing the curvature of the front surface of the lens, then change the optical power too. The main parts in the process of accommodation is the Müller's and Brückner's muscles, the zonular fibres and the lens. During accommodation there is the contraction of the Müller's muscle, relaxation of the zonular fibres and the lens become's more convex then normal. There are also play a role shifts of more refractive lens slats to the optical axis. The opposite process to accommodation occurs contraction of the Brückner's muscle and zonular fibres tension, the lens become's flatter. [2] [3]

#### Cataracts

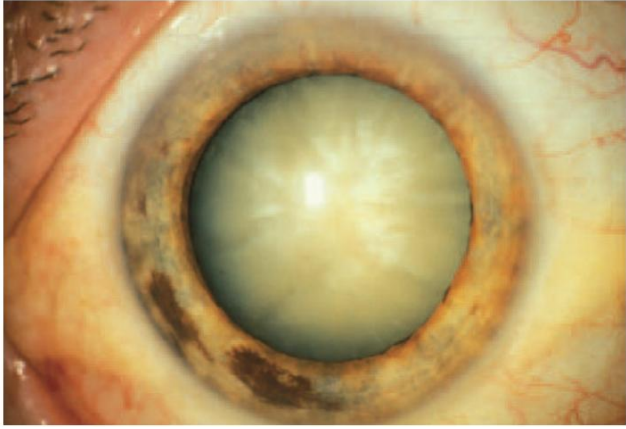
Meaning clouding or occurrence of the opacities in the lens during aging, but also other influences and etiology.. Some clouding of the lens we see mostly on the older patients, it's a result of increased hydration, sodium and calcium contents and reducing of the potassium and glutathione. Photooxidative degradation of the lens proteins and at the lens fibres are basic cause of senile cataract, because the lens tissue is the richest in the amount of proteins in the human body, the damages are significant. Another role in cataract formation plays high myopia, bad habits in lifestyle such as smoking, increased alcohol consumption and neglected UV protection. [3] [5] [6]

According to the field lens opacities distinguish senile cataract to cortical, nuclear and subcapsular. The first mentioned, cortical cataract is initially characterized by wedge opacities with a base in the periphery, located along both the anterior and posterior cortex of the lens, progression of the cataract causes homogeneously occurring opacity in the lens cortex. The patient sees an intense light as blurred or dazzling, some patient even has monocular diplopia. Clouding in a nuclear cataracts is localised in the central part of the lens, that causes increasing of the refractive index of the lens and myopisation of the patient. Subcapsular cataract is characterized by clouding under the front or back capsule (anterior or posterior subcapsular cataract) and impairs near vision. Furthermore, senile cataract can classify by the stage of maturity as a progrediente, intumescent, mature, hypermature and morgagnian cataract (Picture no. 2 and 3). Other criteria for dividing the causes of cataracts - apart from senile cataract therefore it is presenile, traumatic, toxic, metabolic, adnate and secondary cataract. [3] [5] [6]

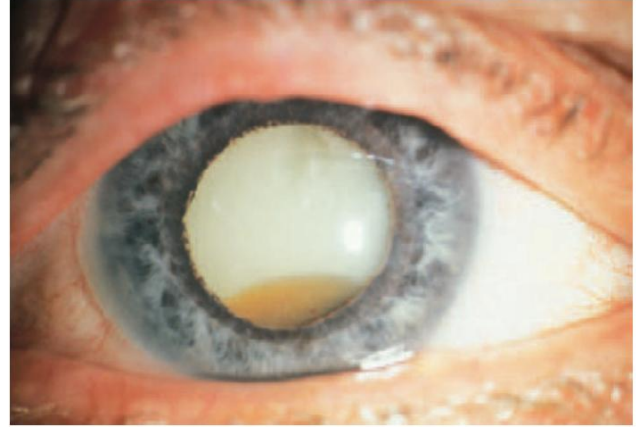
The patient experiences a loss of transparency of the lens as blurred vision with decreased visual acuity and contrast, prone to glare and impaired color perception. Many patients complain of impaired difficulty for light (day, the sun) and reading, thereby aggravating the dilated pupil.

You can not exactly according to the nature and classification of cataract determine what problems the patient will feel this is a very individual thing, when even small opacities can cause some major problems, while others, despite large opacities achieve satisfactory visual acuity.

The solution for cataract is a surgery, when surgeon remove the cloudy lens and replace it with a new artificial intraocular lens. Before surgery is important to do classical preoperative examination, determine visual acuity, refraction and keratometry, slit-lamp examination, fundus examination, biometrics and ultrasound examination of the eye. Thus the information collected is use to select the correct new intraocular lens with the correct parameters. [6]

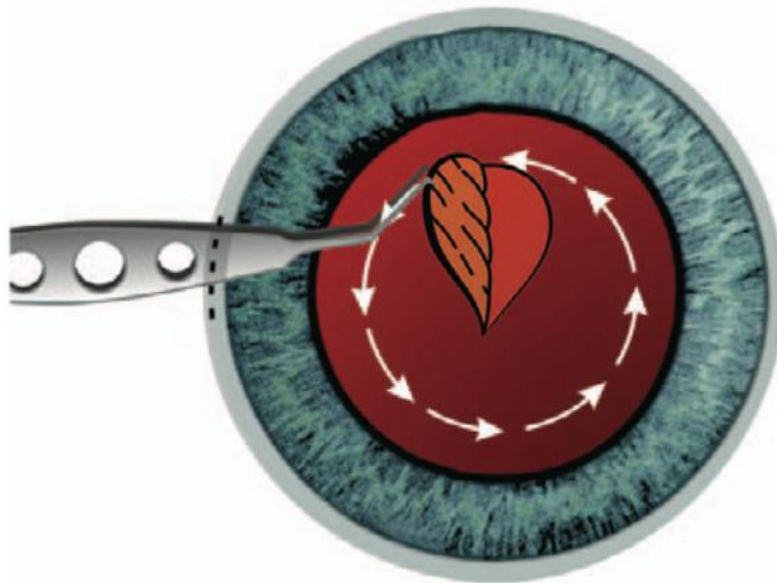


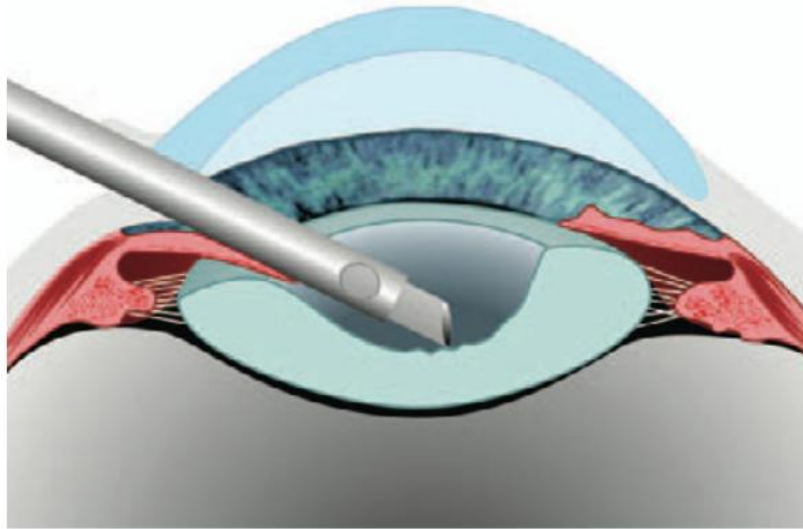
Picture no. 2: Mature cataracts



Picture no. 3: Hypermature cataract

The operation is performed using topical anesthesia as anesthetic drops applied to the cornea. Incision is made as small as possible, and its localization depends on the chosen operation technique. Performing mikroincision is followed by injection of a viscoelastic material into the anterior chamber for smoother movement of the tool and thereby protect the eye tissues, also handling of the core and subsequent implantation of intraocular lens. Phacoemulsification cannula enters the first section, the second embodiment of cut is required for the handling of tools. To access the cloudy core of the lens is made capsulorhexis — open the front lens package by the special tweezers (Picture no. 4). Subsequent application of fluid effects the separation and release of the core of the lens, which helps subsequent dilution core ultrasonic probe in the process of phacoemulsification which is ultimately aspirated ultrasonic cannula (Picture no. 5). Thus removing the nucleus and the cortex of the lens implantation replace pre-selected IOL injector into anterior and posterior chambers. Operation will end suction auxiliary viscoelastic material, the use of suture given the small cut operating only necessary in some cases. During surgery complications can occur as a rupture of the posterior capsule of the lens nucleus or subluxation. A serious complication can be expulsive haemorrhage characterised the beginning of the rise of intraocular pressure and iris prolapse by the surgical wound. Postoperative complications are for example — increase of intraocular pressure, corneal edema, postoperative inflammation and devastating acute bacterial endophthalmitis. The most common postoperative complication resulting secondary cataracts characterised by the opacity in the rear lens capsule. [3] [5] [7] [8]





Picture no. 4: Capsulorhexis  
 Picture no. 5: Phakoemulsification

#### Tear film

Tear is made by the lacrimal gland and the accessory tear glands of Krause's and Wolfring's, the removal of tears into the nose are through the two lacrimal puncta, lacrimal duct, tear sac and nasal lacrimal duct. Proper functioning of these systems, along with the movement of lids ensures the required quantity and quality of tears, the tear film stability. [1] [3]

Tear secretion depends on many factors, and its average value ranging from 0.1 ml to 1.0 ml per minute in sleep decreases. Mental and inflammatory properties increases secretion of the tears.

Water content of tears is a majority and with 1% salt they determines the osmotic pressure of tears corresponds to physiological saline (0.9% saline). Tears also contain another 0.2 to 0.6% proteins (albumin, globulin) and organic compounds (glucose, amino acids and ferments such as lysozyme or immunoglobulins). [3]

Spread tears on the cornea and conjunctiva constitute about 7-10 microns thin film (tear film) arranged according to the character into three layers - mucus, watery and oily surface layer. Mucosal layer that is thin 0.2 microns forms the base of the tear film and allows the connection between the corneal epithelium and the middle aqueous layer of the tear film by changing

the hydrophobic surface hydrophilic. It's mostly product of the goblet cells from bulbar conjunctiva. Disorder of the tear film in the mucous layer results disruption of the film and dry spots discovering between eye blinks. The most important nutritional part of the tear film consists of watery middle layer secreted by the lacrimal and additives lacrimal glands. As already indicates that the layer thickness (up to 10 mm), is the largest layer occupying 90% by volume of the film. This layer provides the necessary nutrients and wetting of the cornea. To prevent evaporation

of the tears on the surface of the tear film there is 0.1 micron thin layer of oil secreted by Meibomian's, Zeiss's and Moll's glands. Disorder of the tear film on the level of this layer has the effect of dry eye syndrome. This precise trilaminar division fails to reflect the building is today only a theoretical, once accepted interpretations of the tear film. Today it is considered conviction of mucin distributed throughout the entire thickness of the tear film (in lipid and watery layer). [1] [3]

Function of the tear film is not only moisturising and nutrition, but also protection. Tears are an inseparable part of the optical system, because they compensate for minor irregularities in the surface of the cornea and mediate a smooth transition rays on the cornea interface/air. Disorder of the tear film on the level of quality or quantity is causing discomfort, with subsequent symptoms of dry eye.

Dry eye categorised according to the nature of the deficit components of the tear film, the degree of clinical severity or fault status of the eyelids, and etiologic classification according to the tenth groups (eg. A group associated with age, which results in a significant reduction in tear secretion has

around 45 years of age or group hormonal, pharmacologic, traumatic or inflammatory causes etc.). Dry eye or dry eye syndrome manifested primarily by cutting, burning or foreign body sensation, lack or paradoxical Lacrimation increased, feeling tired eyes, pressure or pain. Considerable discomfort is exacerbated outside in the wind, in a dusty, smoky or air conditioned environment. Diagnostics of dry eye includes, besides classical anamnesis (during which you discover and subjective feelings of the patient) and slit lamp examination and specific tests to length determine the quantity and the quality of tears. Below I describes a tests that I used in my study. One of the oldest and simplest test to determine the quantity of tears serves Schirmer test.

The base is filter paper (35 mm long and 5 mm wide) with a scale, the paper is needed to bend at the end. Bent portion is inserted into the lower conjunctival sac for external corner.

After five minutes the test is completed and the result (wetted part of the paper) we immediately reading from the scale. Schirmer test occurs in many modifications, as Schirmer test I without anesthetic for measurement of basal and reflex tear secretion or as Schirmer test I with anesthetic for measuring only the basal secretion. Schirmer test II with anesthetic used for measuring the reflex tear secretion. Schirmer's test for the evaluation I - without anesthetic:

Paper bent portion is inserted into the lower conjunctival sac for external corner. After five minutes the test is completed and the result (wetted part of the paper) immediately subtracted from the scale. Schirmer test occurs in many modifications, both as Schirmer test I without anesthetic for measurement of basal and reflex tear secretion or as Schirmer test I anesthetic for measuring only the basal secretion. Schirmer II test anesthetic used for measuring the reflex tear secretion. Evaluation of the Schirmer test I - without anesthetic:

wetting the paper  $\geq 15$  mm length ... normal

wetting the paper — 10-15 mm length ... slight tear deficiency

wetting the paper — 5-10 mm length ... advanced tear deficiency

wetting the paper  $\leq 5$  mm length ... severe tear deficiency

For testing the quality of the tear film is often used fluorescein break up time test (BUT test). During it, we used the fact that if patient no blinking, the tear film after 20-40 is ripped.

By the application of the fluorescein to the lower lid we can observe the ripped tear film on slit lamp using a cobalt filter as creating maps or stains, we measure the time at which these spots appear. We repeat the measurement three times. The resulting average values above 10 seconds are an indication of normal quality of the tear film, values below 10 seconds indicate unstable tear film, under 5 seconds film is highly unstable. A simplified form of invasive break up time test for the rapid evaluation of the dryness of the eye and measure the time for which the patient is able to blink to appear discomfort (burning, cutting). [1] [3] [9]

## The practical part

### Objectives of the study

My intention in this study is determine the influence of the cataract surgery to the lacrimation of the eye. During the research I measures the patient lacrimation (quantity and quality of the tear film) before surgery and then a week after surgery.

### Measurement methods

We together with the supervisor agreed that for detecting the quantity of the lacrimation I use Schirmer Test I without anesthetic, for determining the quality of tears I use fluorescein break up time test. For collecting data about each patient I formed the table — patient card (see below). During the patient's anamnesis I everything wrote into the patient card.

I picking a patients during a consultation with my supervisor from the ordering calendar of the each ambulance in the Nemocnice u Svaté Anny in Brno.

Basic anamnesis, personal information, visual acuity and information about the date of the operation I find out during doctor's examination. My own examination I always begin with explaining the procedure to the patient. After I washing hands, I am doing the first five minutes

of Schirmer Test (method described above). During this test, the patient has his eyes closed and I find out more informations about my patient, he answering me to some of my questions from my small "questionnaire" on subjective complaints of the patient.

To further test the patient sit behind a slit lamp, I apply fluorescein (0.5%) and by a stopwatch I measure the time until the tear film break on the patient's eye. This measurement I repeat three times, and use the averaged value.

Patient no.	Name and surname:		
	Birthdate:		VA:
Diagnosis :			Notes:
Drugs:			Date of the operation:
	eye	1. Preoperative measurement	2. Postoperative measurement
Schirmer Test [mm]	OD/O S		
BUT Test [s]	OD ----- -- OS		
Subjective symptoms:		<input type="checkbox"/> burning <input type="checkbox"/> cutting <input type="checkbox"/> foreign body sensation <input type="checkbox"/> gritty feeling in the eyes <input type="checkbox"/> feel of tired eyes <input type="checkbox"/> feeling of dryness of the eye <input type="checkbox"/> lacrimation <input type="checkbox"/> pressure in the eyes <input type="checkbox"/> redness	<input type="checkbox"/> burning <input type="checkbox"/> cutting <input type="checkbox"/> foreign body sensation <input type="checkbox"/> gritty feeling in the eyes <input type="checkbox"/> feel of tired eyes <input type="checkbox"/> feeling of dryness of the eye <input type="checkbox"/> lacrimation <input type="checkbox"/> pressure in the eyes <input type="checkbox"/> redness
Daytime:			
Artificial teardrops:			

Patient card:

#### Temporary results

To this day it was performed the preoperative measurement in thirteen patients, postoperative measurement was performed in six of them. Four of the seven unmeasured patients eventually didn't go for a surgery, three of them has a surgery, but for a week after surgery examination they didn't go to the hospital in Brno, but to their doctor at home. Research is still ongoing and it is inappropriate to make any conclusions already.

#### Bibliography

BĚLÍKOVÁ, J., Význam slzného filmu při nošení kontaktních čoček, Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Brno, 2006

HONCOVÁ, P., Vliv změny denzity oční čočky na zrakovou ostrost, Diplomová práce, Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Brno, 2011

KUCHYŇKA, PAVEL, Oční lékařství. Grada Publishing, 2007, 371 — 422 s.

KVAPLÍKOVÁ, KVĚTA, Anatomie a embryologie oka. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, Brno, 2010, 65 — 70 s., 146 — 151 s.

ROZSÍVAL, PAVEL, Oční lékařství. Vydavatelství Galén, 2006  
 SCHLOTE, T. — GELISKEN, F. Pocket Atlas of Ophthalmology. Thieme Publishing, 2006  
 STAFFOVÁ, E., Současné možnosti v léčbě katarakty — nové typy nitroočních čoček, kritéria jejich výběru, Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Brno, 2015  
 TAJCHMANOVÁ, E., Změna kontrastní citlivosti po operaci šedého zákalu, Diplomová práce, Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Brno, 2010  
 TOBOLÁKOVÁ, J., Slzný film, vyšetření jeho kvantitativní a kvality, Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Brno, 2012

Pictures

<http://www.photobiology.info/Roberts.html>

SCHLOTE, T. — GELISKEN, F. Pocket Atlas of Ophthalmology. Thieme Publishing, 2006



## VLIV OPERACE KATARAKTY NA ZMĚNY SLZIVOSTI

autor: Bc. Aneta Ondraszek      vedoucí: MUDr. Petr Kus  
 Katedra optometrie a orloptiky, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Brno



Hypermaturní katarakta



Operace katarakty



Break up time fluorescenový test

<b>ABSTRAKT :</b>	Cílem této práce je zjistit vliv operace katarakty, či účelového zásahu do systému oka s cílem odstranění zkalené oční čočky, na celkovou slzivost. Během výzkumu tedy zjišťuji pro srovnání stav slzivosti pacienta před operací a následně týden po operaci. Pro měření kvantitativní slz jsem si zvolila Schimner Test i bez anestezie, pro měření kvality slzného filmu využívám Break up Time Test.
<b>OČNÍ ČOČKA :</b>	Lens cristallina je transparentní refrakční strukturou o charakteru spojné čočky s biconvexním tvarem, je uložena těsně za duhovkou. Tato dvojnóbová čočka se zakřivenými okraji mění své parametry během akomodace, tím jsou schopni vidět různě vzdálené předměty ostře. Schopnost akomodace s věkem klesá. Základní stavba čočky tvoří pouzdro, epitel a vnitřní čočkové stroma.
<b>KATARAKTA:</b>	Je definována jako zkalení či neprůhlednost vyskytující se v čočce nejčastěji následkem stárnutí. Dochází ke zvýšené hydrataci čočky, zvyšuje se také obsah sodíku a vápníku za současného snížení draslíku a glutathionu. Fotooxidativní degradace na úrovni čočkových vláken a čočkových proteinů tvoří spojitě základní příčinu vzniku senilní katarakty, napomáhá tomu také fakt, že čočka je balána v těle neobohatěním na množství bílkovin. Další roli ve vzniku katarakty hraje i vysoká myopie, což se životního stylu týče jde o kouření, zvýšenou konzumaci alkoholu a zanedbání ochrany proti UV záření.
<b>OPERACE KATARAKTY :</b>	Provádíme se záměrem odstranit zkalenou čočku a nahradit ji nitrooční čočkou novou, umělou. Operace se provádí za topické anestezie, ambulantně či za hospitalizace. Po provedení mikrocizie se do přední komory intraokulárně aplikuje viskoelastický materiál, ten slouží k ochraně okolních tkání a k lepší manipulaci s čočkou během operace. Kapsulorhexi získáme přístup ke zkalenému jádru, které se následně pomocnou tekutinou oddělí. Takto pak snáze dojde během fakoemulifikace k rozměnění jádra ultrazvukovou sondou a jeho následnému odsátí. Nakonec implantujeme předem zvolenou umělou nitrooční čočku.
<b>SLZNÝ FILM :</b>	Rozprostřené slzy na rohovce a spojivce tvoří asi 7 — 10 µm tenký povlak (slzný film), který lze teoreticky představit ve tří vrstvách — mučozní, vodnaté a povrchové olejové vrstvě. Mučozní vrstva nalozeme nejlépe k rohovce, je tvořena převážně pohárkovými buňkami buňkami spojivky a zajišťuje spojení mezi rohovkou a vodnatou vrstvou. Ta tvoří až 90% slzného filmu, je tvořena slznou žlázou a přítoknými slznými žilkami a její nejdůležitější funkcí je výtlač rohovky. Horní olejová vrstva pak zabraňuje odpařování vodnaté vrstvy. Porucha slzného filmu na úrovni kvantitativní či kvality je příčinou dyskomfortu s následnými příznaky suchého oka.
<b>VÝZKUM :</b>	Měření provádím v ambulanci nemocnice u Svate Anny v Brně, kde u předem mnoh vybraných pacientů zjišťuji předoperační subjektivní potíže související se slzivostí, kvantitativní a kvalitu slzného filmu. Schimner test i bez anestezie vkládám za dolní víčko směrem k zevnímu koutku a měřím jej po dobu pěti minut. U break up time testu aplikuji 0,5% fluorescein do dolního víčka a pozoruji rozdělení slzného filmu na šlábřinové lampě, čas měřím vždy 3x. Druhé pooperační měření provádím vždy týden po zákroku. Všechny výsledky zaznamenávám do vytvořené karty pacienta a vyhodnocuji spolu s pooperační naměřenými hodnotami.

Kontakt: [aneta.ondraszek@gmail.com](mailto:aneta.ondraszek@gmail.com)  
 Literatura na vyžádání.



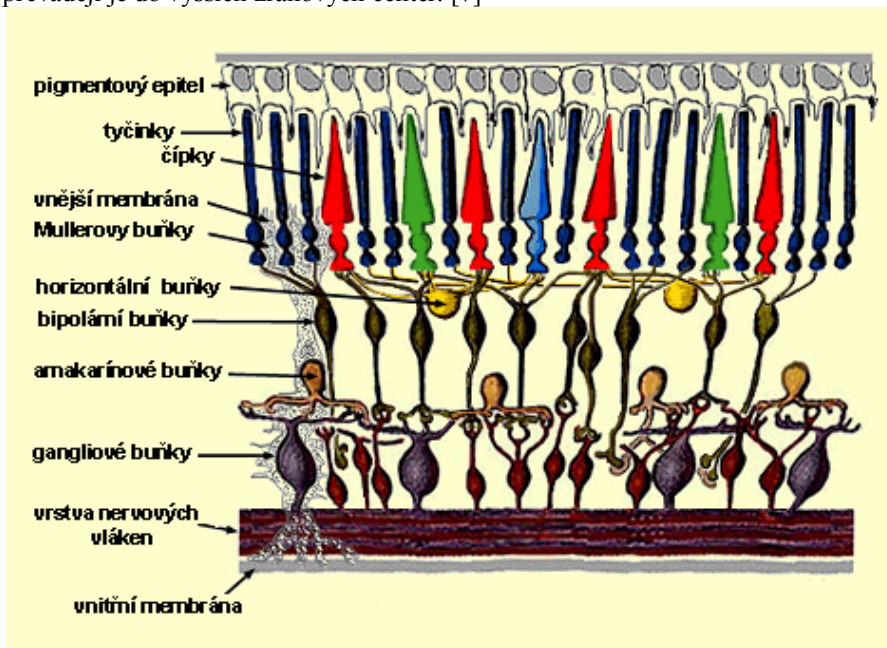
### 23. Využití elektrofyziologických vyšetřovacích metod v diagnostice onemocnění sítnice- Bc. Lucie Ženatá

Vedoucí práce: MUDr. Kristýna Smolíková

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

Elektrické projevy oka

Základem diagnostických metod (ERG, EOG, VEP) jsou elektrické projevy oka, které zajišťuje elektrická aktivita sítnice. Tyto metody využívají skutečnosti, že se sítnice během své funkce stává zdrojem elektrického potenciálu. Vznik těchto potenciálů je lokalizován v bipolárních buňkách, fotoreceptorech a pigmentovém epitelu. Elektrická aktivita sítnice je velmi úzce spjata s fotochemickými reakcemi, které probíhají ve fotoreceptorech za předpokladu, že na ně dopadá světlo. Při dopadu světla se mění díky fotoreceptorům světelné impulsy na elektrické impulsy a dochází k přestavbě molekul rhodopsinu. Tento děj nazýváme jako raný receptorový potenciál. Současně dochází k vyvolání polarizace fotoreceptorů, resp. hyperpolarizaci. Tento děj je označován jako pozdní receptorový potenciál, který má poněkud odlišný časový průběh u obou typů fotoreceptorů - čípků a tyčinek. Čípkový receptorový potenciál má rychlejší průběh. Ostatní buňky sítnice také nejsou v nečinnosti a na osvětlení reagují různě elektrickými projevy. Horizontální buňky se hyperpolarizují. Bipolární buňky reagují buď taktéž hyperpolarizací, nebo depolarizací. Záleží na tom, která část jejich receptivního pole byla osvětlena. Amakrinové buňky jsou doposud méně probádanou oblastí, ale předpokládá se jejich depolarizace. Gangliové buňky dále zpracovávají informace o podnětu a převádějí je do vyšších zrakových center. [7]



Obr. 1. Zjednodušené schéma struktury sítnice [19]

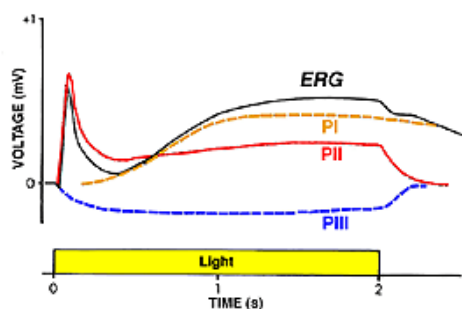
Elektroretinografie

Elektroretinografie je záznam elektrických potenciálů, které představují odpověď sítnice na stimulaci difúzním světlem.

Historie

První pokusy o sejmnutí elektrických potenciálů jsou spojovány se zvířaty, díky získaným poznatkům se poté mohlo přestoupit na testování na lidech, jak je tomu u většiny lékařských výzkumů. Prvním známým člověkem, kterému se podařilo roku 1865 sejmut potenciály z rybiho oka je švédský fyziolog A.F. Holmgren, který je ale chybně považoval za akční potenciály zrakového nervu. Roku 1877 skotský fyziolog J. Dewar poprvé zaznamenal akční potenciály u lidí pomocí galvanometru. Roku 1903 fyziolog Gotch poprvé publikoval studii, ve které popisuje, že zábleskové ERG se skládá ze dvou vln. První vlna je negativní a po ní následuje pozitivní vlna s větší amplitudou. Roku 1908 Eithoven a Jolly rozdělili záznam elektrické odpovědi na tři vlny. První negativní vlna a se objeví okamžitě po zapnutí světelného stimulu, ta je následována pozitivní vlnou b, po které se ještě objeví pomalá pozitivní vlna c. Toto rozdělení se používá dodnes. Roku 1933 R. Granit publikoval podrobnější studii o komponentách ERG snímaných na kočičím oku adaptovaného na tmu. Vyslovil domněnku, že ERG se skládá ze tří procesů PI, PII, PIII, které chronologicky odpovídají vlnám c, b, a.

(obr.1) Za svoji práci byl oceněn Nobelovou cenou za fyziologii. Roku 1941 americký fyziolog L. Riggs použil ke snímání potenciálů z lidského oka sklerální kontaktní elektrody a právě v této době elektoretinografie našla širší uplatnění v oftalmologické diagnostice. V roce 1945 Karpe zveřejnil výsledky studie ERG lidských očí, a tím položil základy pro klinickou elektrofyziologii. V roce 1954 Cobb a Morton objevili oscilační potenciály, které představují rytmické vlny na vzestupném raménku b vlny. Roku 1992 Sutter a Tran představili multifokální ERG, kdy jejími výhodami je zobrazení hustoty sítnicové odpovědi v její centrální části a její trojrozměrné zobrazení. V Československu byla elektoretinografie zavedena roku 1954 díky prof. Vanýskovi. Dalšími výraznými jmény jsou především Hrachovina, Svěrák a Peregrin, kteří se v 80. letech minulého století podíleli na rozšíření poznatků z hlediska praktické klinické elektrofyziologie sítnice. [5, 8, 15]



Obr. 2 ERG záznam kočičího oka dle R. Granit [15]

### FLASH ERG

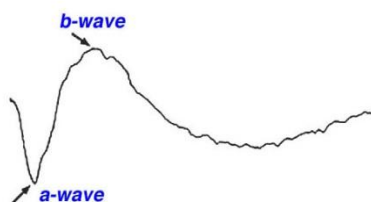
Komponenty a jejich původ a měření

Fotoreceptory, díky elektrické aktivitě sítnice, zajišťují přeměnu světelných impulsů na impulsy elektrické. Membrány zevního i vnitřního segmentu fotoreceptorů jsou za skotopických podmínek depolarizovány, přes membránu zevního segmentu prochází ionty draselné, přes membránu vnitřního segmentu zase ionty sodné. Změna nastává v důsledku dopadajícího světelného stimulu, který změní propustnost membrány zevního segmentu pro sodík a to tak, že se stává hůře propustnou. Tím je iontová rovnováha narušena, což vede k hyperpolarizaci.

Hyperpolarizace představuje negativní změnu nitrobuněčného elektrického potenciálu. Odpovídá jí negativní a vlna elektoretinografického záznamu. Svůj původ má tedy v zevním segmentu fotoreceptorů. Při nižších intenzitách záblesku je a vlna překryta pozitivní b vlnou. Při vyšších intenzitách je patrna na záznamu poněkud dříve než b vlna.

Důsledkem hyperpolarizace fotoreceptorů je snížení uvolňování neurotransmiterů na synaptických zakončeních. Což se projeví depolarizací nebo hyperpolarizací postsynaptických buněk bipolárních a horizontálních. Depolarizace bipolárních buněk způsobí zvýšení hladiny extracelulárního draslíku, což povede k depolarizaci Müllerových buněk glie. Tomuto jevu odpovídá pozitivní b vlna elektoretinografického záznamu. Představuje tak aktivitu bipolárních buněk. Zaznamenává také normální funkci tyčinek, neboť v případě jejich nefunkčnosti by bipolární buňky nebyly vůbec buzeny.

Poslední komponenta c vlna představuje činnost buněk pigmentového epitelu sítnice. Pokud dojde ke snížení extracelulárního draslíku kolem zevních segmentů fotoreceptorů, změní se také elektrický potenciál mezi apikální a bazální membránou pigmentového epitelu sítnice. Záblesk světla vyvolá přechodnou hyperpolarizaci apikální membrány pigmentového epitelu sítnice a hyperpolarizaci Müllerových buněk, jejímž spojením vzniká právě pozitivní c-vlna. Pomalou pozitivní vlnu c se za normálních podmínek na záznamu nenacházíme. [3]



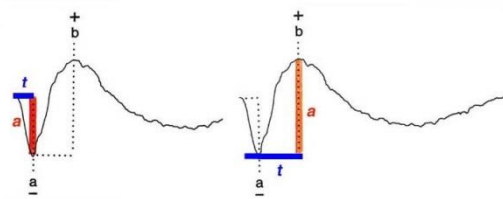
Obr. 3 Křivka ERG zdravého člověka [3]

Při hodnocení ERG záznamu odečítáme 2 hlavní parametry:

Amplituda vlny a, vlny b, ( $\mu\text{V}$ )

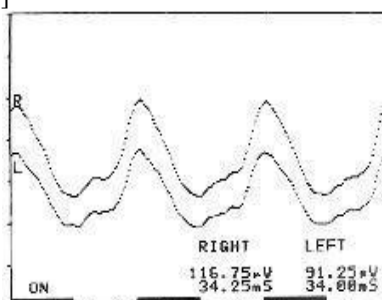
Vlny a – měří se od základní linie po negativní vrchol vlny a

Vlny b – měří se od negativního vrcholu vlny a po pozitivní vrchol vlny b  
 Doba latence vlny a, vlny b (=implicitní čas), (ms)  
 Vlny a – měří se od počátku světelného stimulu až po vrchol vlny a  
 Vlny b – měří se od počátku světelného stimulu až po vrchol vlny b [8]



Obr. 4 Znárodnění odečtení amplitudy vlny a a b a dob latence ze záznamu [3]

ERG odpovědi pravého a levého oka u normálních osob za standardních vyšetřovacích podmínek se mohou lišit průměrně o 10%. [17]



Obr. 5 Porovnání křivek skotopického ERG pravého a levého oka [17]

#### Průběh vyšetření

Akční potenciál je snímán mezi aktivní elektrodou umístěnou na rohovce a indierentní elektrodou umístěnou na čele, popř. ušním lalůčku pacienta. Umístění elektrod se liší na každém zdravotnickém zařízení. Před aplikací indierentních (referenčních) elektrod na kůži je potřeba kůži očistit a odmastit, k tomu použijeme abrazivní gel (např. Nuprep), dále nanese vodivý gel (např. Tenzo), který zajistí dobrý kontakt elektrody s pokožkou. Indierentní elektrody se přikládají dvě na spánky ve výši očí a jednu zemní na čelo. Před aplikací elektrod na povrch očního bulbu se použije mydriaticum a anestetikum, aby se zajistilo klidné vyšetření. Akční elektrody mohou představovat klasické nilonové pokovené drátky, které se vkládají z kořene nosu přes rohovku a zachytanou se izolační páskou, pro jejich upevnění. Druhou možností je využití elektrod umístěné v kontaktní čočce. Pro lepší přilnutí se na ni aplikuje kapka gelu methylcelulózy, aplikuje se na rohovku a taktéž přichytí izolační páskou. Všechny elektrody jsou připojeny ke spojovací krabici, která slouží jako předzesilovač a spojuje je s počítačovou jednotkou, která signál zpracuje a zobrazí na obrazovce monitoru.

#### Standardizace flash ERG

V roce 1989 došlo ke standardizaci celoplošné elektroretinografie podle International Society for Clinical Electrophysiology of Vision (ISCEV). Vzhledem k neustálému pokroku a zkoumání ERG je směrnice v průběhu let aktualizována, poslední úpravy byly vydány ke konci roku 2014. Změnou oproti předchozí verzi z roku 2008 je přidání jednoho typu ERG odpovědi s hodnotou intenzity světelného záblesku  $10 \text{ cd} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ . Nejnovější verze dokumentu tak obsahuje standardy pro záznam šesti nejběžnějších celoplošných sítnicových odpovědí. Každý typ ERG záznamu je charakterizován intenzitou světelného záblesku v jednotkách  $\text{cd} \cdot \text{s} / \text{m}^2$  a stavem adaptace oka.

Odpověď oka adaptovaného na tmu na slabý záblesk nebo modré světlo (0,01) – odpověď tyčinek

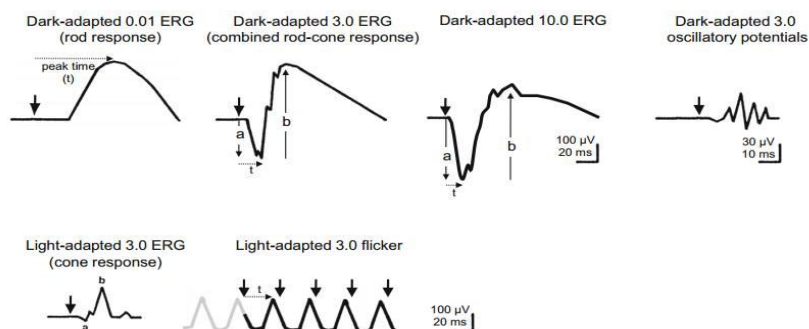
Odpověď oka adaptovaného na tmu na standardní záblesk (3,0) – odpověď tyčinek a čípků

Odpověď oka adaptovaného na tmu na silný záblesk (10,0) – odpověď tyčinek a čípků s přesnější a vlnou reflektující stav fotoreceptorů

Záznam oscilačních potenciálů u oka adaptovaného na tmu – odpověď především amakrinních buněk

Odpověď oka adaptovaného na světlo na standardní záblesk (3,0) – odpověď čípků

Odpověď oka adaptovaného na světlo na rychle se opakující stimulaci – flicker ERG (3,0) – odpověď čípků (na tuto frekvenci již tyčinky nedokáží reagovat) [12]



Obr. 6 Šest základních křivek ERG dle ISCEV [12]

Samotnému měření předchází 20minutová adaptace na tmu, poté se snímá skotopický záznam, který představuje první čtyři série měření záblesků různé intenzity a frekvence. Poté následuje 10minutová adaptace na světlo a snímání fotonického záznamu, který se skládá z posledních dvou sérií měření. Konečný elektroretinogram se skládá z šesti křivek, které následně hodnotíme. Při vyšetření využíváme Ganzfeldovy polokoule, která zajišťuje jednotný jas v celém zorném poli. Jedna série záblesků se skládá z osmi záblesků, kdy každý trvá maximálně 5 ms. Počet záblesků se může na každém lékařském pracovišti lišit.

#### Patologické záznamy ERG

Patologie, která se projeví na elektroretinogramu, reflektuje typ, stadium a rozsah očního onemocnění. Nejznámější klasifikace patologických nálezů ERG je klasifikace navržená Karpem. Hodnoceným prvkem je amplitudová charakteristika základních komponent křivky ERG:

Supernormální ERG- jedná se o zvýšení amplitudy a i b vlny. Příčinou může být podráždění sítnicových struktur intoxikací, hypoxií, metabolickými poruchami a přerušením retinotalamických spojení. Do této skupiny můžeme zařadit počáteční stadia degenerativních a dystrofických onemocnění sítnice, intoxikace organismu a metalózy oka.

Subnormální ERG – jedná se o snížení amplitudy a i b vlny. Nejčastější typ patologického ERG. Stupeň snížení potenciálů závisí na rozsahu, charakteru a hloubce patologického procesu. Může se jednat o dystrofické změny sítnice a cévnatky, chronické cévní onemocnění sítnice, odchlípení sítnice či vysokou krátkozrakost.

Negativní ERG – jedná se o normální amplitudu vlny a a sníženou amplitudu vlny b. Tento typ ERG je typický pro akutní cévní onemocnění oka, jako je okluze centrální sítnicové žíly a tepny.

Nevýbavný ERG – jedná se o elektrickou odezvu těžkých nevratných změn v sítnici, například pigmentová degenerace sítnice. [17]

#### Klinické využití

Retinopathia pigmentosa

Kongenitální stacionární noční slepota

Čípková dystrofie

Čípková monochromasie

Tyčinková monochromasie

Cirkulační poruchy sítnice

Kovová nitrooční cizí tělíska

Neprůhledná oční média

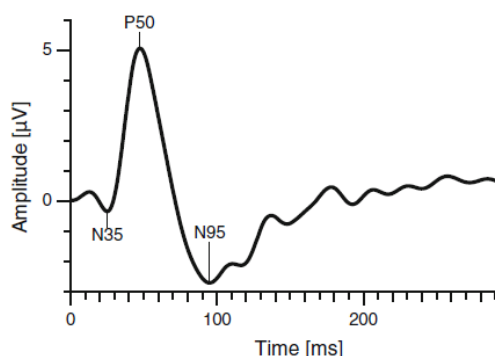
Diabetická retinopatie

#### PATTERN ERG - PERG

Jedná se o záznam sítnicové odpovědi vyvolané kontrastním, reverzním podnětem. Zrakový podnět je tvořen vzorovanou strukturou šachovnicového typu, místo difúzního osvětlení využívající flash ERG. Při vyšetřování se střídají světlé a tmavé pruhy. Na rozdíl od flash ERG, vyšetřuje pattern ERG pouze centrální krajinu retiny a zachycuje odpověď gangliových buněk a jejich axonů. [2]

#### Komponenty a jejich měření

Záznam pattern ERG se skládá ze třech komponent a vytváří křivku pattern ERG. Na křivce identifikujeme u zdravých jedinců negativní komponentu N35 s latencí 35 ms, dále pozitivní komponentu P50 s latencí 50ms a dále negativní komponentu N95 s latencí 95 ms. [2]



Obr. 7 Typická křivka PERG [2]

Při hodnocení PERG záznamu odečítáme 2 hlavní parametry:

Amplituda vlny P50, vlny N95, ( $\mu\text{V}$ )

Vlny P50 – výška vlny měřená od vrcholu vlny N35 po vrchol vlny P50

Vlny N95 – výška vlny, kterou měříme od vrcholu vlny P50 po vrchol vlny N95

Doba latence vlny N35, vlny P50, vlny N95, (=implicitní čas),(ms)

Vlny N35 – čas, který uběhne od stimulu reverzační šachovnicí k vrcholu vlny N35

Vlny P50 – čas, který uběhne od stimulu reverzační šachovnicí k vrcholu vlny P50

Vlny N95 – čas, který uběhne od stimulu reverzační šachovnicí k vrcholu vlny N95

U některých pacientů je negativní vlna N35 méně rozpoznatelná. V tomto případě se zprůměruje základní linie v čase 0 ms a počátek vrcholu P50. [2,8]

Průběh vyšetření

Připojení elektrod je totožné při vyšetření flash ERG. Je doporučováno použití spíše tenkých pokovených drátků než elektrody v podobě kontaktních čoček, abychom docílili nejkvalitnějšího možného obrazu na sítnici. Vyšetření je binokulární a to s nejlepší možnou korekcí. Korigující čočky se mohou umístit do držáku před obrazovkou monitoru, a nebo využít brýle. Je důležité, aby pacient byl pohodlně posazen a při vyšetření nehýbal hlavou. Pro maximální kvalitu obrazu na sítnici jsou zornice nedilatované. Je nezbytné, aby pacient po celou dobu vyšetření fixoval centrální značku. Pacient je umístěn do vzdálenosti 1 m před obrazovkou monitoru, na které je promítána šachovnice nejčastěji čtvercového typu. Podnět by měl mít co největší neměnný kontrast, min 80%. Střídání černých a bílých polí by mělo proběhnout asi čtyřikrát za sekundu. Dále je nutný dostatečný jas bílých polí, který by měl být větší než  $80 \text{ cd/m}^2$ . Velikost políčka by měla odpovídat zorného úhlu  $0,8^\circ (\pm 0,2^\circ)$ . Velikost pole s podněty by měl pacient vidět pod úhlem  $15^\circ (\pm 3^\circ)$ . [2,10,18]

Standardizace PERG

Stejně jako flash ERG je pattern ERG standardizováno. Standardizace proběhla roku 2000 mezinárodní společností ISCEV. V průběhu let došlo k menším změnám a poslední aktualizace proběhla roku 2012. [2]

Klinické využití

Makulární dystrofie

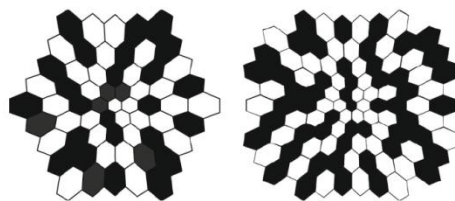
Glaukom

Multifokální ERG

Mnoho očních onemocnění se vyznačuje pouze lokálním poškozením sítnice. Klasické ERG či PERG umožňují zjistit reakci sítnice pouze jako celku a lokální patologie jej neovlivní. Právě proto byla vyvinuta multifokální ERG, kdy získáváme izolované elektrické odpovědi jednotlivých okrásků vnějších a středních vrstev sítnice a můžeme tak hodnotit elektrofyziologické vlastnosti centrální krajiny. [6,17]

Průběh vyšetření

Standardní vyšetření probíhá binokulárně za fopických podmínek s optimální korekcí. Zornice jsou dilatované. Elektrody využíváme stejně jako u klasického ERG, kdy je zde vhodnější použít elektrody typu kontaktních čoček. Na elektrodu ještě aplikujeme menší množství metylcelulózy, pro lepší přilnutí a přichytíme izolační páskou ke kůži. Vyšetřovaný ze vzdálenosti 30 cm sleduje obrazovku monitoru. Na monitoru se vytváří obrazec, který tvoří určitý počet šestiúhelníkových prvků (nejčastěji 61 nebo 10) a centrální fixační bod v podobě kříže. V každém okamžiku je přibližně polovina z prvků světlých a polovina tmavých, aby byla v průběhu vyšetření zachována střední hodnota jasu a zabránilo se tak tím adaptaci sítnice. Obrazce mají v centru nejmenší rozměr a směrem k okraji se jejich plocha zvětšuje. Důvodem je větší hustota receptorů směrem k centru sítnice.

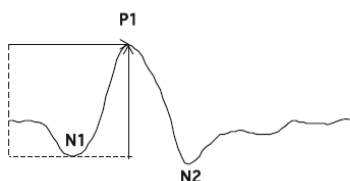


Obr. 8 Obrazec mfERG s 61 prvky a se 103 prvky [6]

Během samotného vyšetření pacient fixuje centrum kříže a dochází k pseudonáhodnému střídání světlých a tmavých polí. Sítnicová velikost monitoru představuje 20 - 30 úhlových stupňů. Jas světlých hexagonů je nastaven na 100 - 200  $\text{cd/m}^2$ , jas tmavých šestiúhelníků má nejnižší možnou hodnotu (pod 1  $\text{cd/m}^2$ ). Díky tomu rozdílu jasu dosahujeme velkého kontrastu ( $\geq 90\%$ ). Jas pozadí odpovídá hodnotě průměrného jasu stimulu (50 - 100  $\text{cd/m}^2$ ). Délka vyšetření je závislá na počtu použitých šestiúhelníků. U 61 šestiúhelníků vyšetření trvá 4 minuty, u 103 šestiúhelníků vyšetření trvá dvojnásobný čas. Získaný signál je velmi slabý, proto musí být zesílen a filtrován. [3,6,16]

Komponenty a jejich měření

Typická křivka lokálních mfERG je tvořena 2 negativními vrcholy N1 a N2 a jedním pozitivním vrcholem P1. Původ komponent N1, P1 i N2 přibližně odpovídá původu vln a i b a oscilačních potenciálů u flash ERG. [6]



Obr. 9 Typická křivka mfERG [6]

Při hodnocení mfERG záznamu odečítáme na každé křivce 2 hlavní parametry:

Amplituda vlny P1, vlny N1 ( $\mu\text{V}$ )

Vlny P1 – výška komponenty P1 měřená od vrcholu vlny N1 po vrchol vlny P1

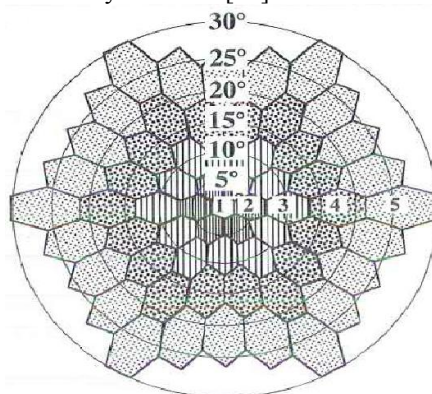
Vlny N1 – výška komponenty N1 měřená od základní čáry po vrchol vlny N1

Doba latence vlny N1, vlny P1, (=implicitní čas), (ms)

Vlny N1 – čas, který uběhne od počátku stimulace daného okrsku světelným hexagonem po vrchol N1

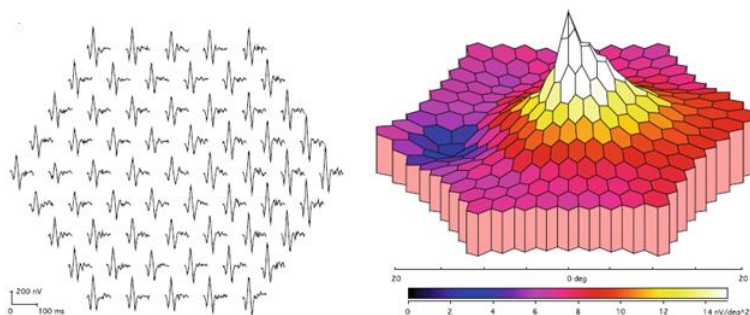
Vlny P1 – čas, který uběhne od počátku stimulace daného okrsku světelným hexagonem po vrchol P1 [6,8]

Celkové mfERG hodnotíme na základě odpovědi na hexagonální podněty, které jsou v případě užití 61 stimulů uspořádány do 5 koncentrických kruhů. [16]



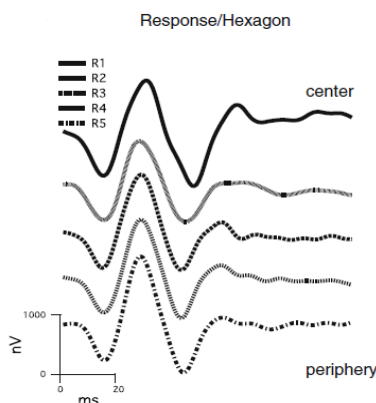
Obr. 10 Geometrie stimulu [16]

Jedná se o odpověď centrální krajiny a celkovou odpověď soustředných kruhů s narůstající excentricitou. V prvním kroku jsou vypočteny výsledné řady všech šestiúhelníků. Posléze se vytváří obraz hustoty odpovědi v  $\mu\text{V}/\text{deg}^2$  za použití skalárního součinu. Zobrazit můžeme přehled jednotlivých křivek, názornějším je potom 2D či 3D barevné zobrazení. [6]



Obr. 11 Lokální křivky při vyšetření 61 stimuly, hustota odpovědí oka v 3D zobrazení [6]

Centrální vrchol získaného obrazu odpovídá foveální oblasti a minimum, které se nachází nalevo od vrcholu, označuje místo, kde se nachází papila zrakového nervu. Výsledkem zprůměrování odpovědí v 5 skupinách je 5 celkových odpovědí, kdy křivka R1 vyobrazuje centrální oblast a jde směrem k periférii. [6]



Obr. 12 Celkové mfERG [6]

### Standardizace mfERG

Roku 2003 byla publikována směrnice pro vyšetření mfERG mezinárodní organizací ISCEV. V této době se ještě nemohlo mluvit o standardech, ale pouze o pravidlech vyšetřování. Standardizace mfERG testování proběhla až v roce 2012. [6]

#### Speciální techniky mfERG

Fotopický barevný mfERG umožňuje získat izolovanou odpověď čípků s maximální citlivostí na dlouhovlnné a krátkovlnné světlo a k nim náležících bipolárních buněk.

Skotopický mfERG dokáže poskytnout informace o aktivitě tyčinek. Při vyšetření se využívá černé pozadí a černomodrý stimulační podnět o střední intenzitě jasu.

Využití snížení kontrastu z 90% na 50% nebo vmišením podnětu o vyšším jasu mezi normální sekvenci stimulů se využívá při odhalování defektů na terči zrakového nervu.

MfPERG na reverzační stimulaci využívá kombinaci mfERG a PERG. Podnět je tvořen 19 šestiúhelníky, které jsou ještě dále rozděleny na černé a bílé trojúhelníky a tyto barvy pravidelně mění. Výsledná křivka každé lokální odpovědi odpovídá vyšetření PERG.

MfERG s přímou funduskopickou kontrolou snímaného místa sítnice se využívá u pacientů s excentrickou fixací. Stimulace je uskutečněna díky skenovacímu laserovému oftalmoskopu (SLO) nebo díky digitální funduskameře. [16]

#### Klinické využití

##### Stárnutí

Stargardova choroba

Foveolární dystrofie čípků

Mřížková dystrofie

Věkem podmíněná makulární degenerace (VPMĐ)

Diabetická retinopatie - DR

Glaukom

Toxická makulopatie

## Literatura

AUTRATA, Rudolf. Dětská oftalmologie I: Choroby sítnice a zrakového nervu u dětí. Multimediální podpora výuky klinických a zdravotnických oborů: Portál Lékařské fakulty Masarykovy univerzity [online]. 2008, poslední aktualizace 4. 2. 2014 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://telemedicina.med.muni.cz/pdm/detske-ocni-lekarstvi/res/f/choroby-sitnice-a-nervu-text.pdf>

BACH, Michael, Mitchell G. BRIGELL, Marko HAWLINA, Graham E. HOLDER, Mary A. JOHNSON, Daphne L. MCCULLOCH, Thomas MEIGEN a Suresh VISWANATHAN. ISCEV standard for clinical pattern electroretinography (PERG): 2012 update. Documenta Ophthalmologica [online]. 2013, vol. 126, issue 1, s. 1-7 [cit. 2015-07-19]. DOI: 10.1007/s10633-012-9353-y. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10633-012-9353-y>.

CREEL, Donnell J. The Electroretinogram and Electro-oculogram: Clinical Applications by Donnell J. Creel. Webvision: The Organization of the Retina and Visual System [online]. 2011, 2014 [cit. 2015-07-19]. Dostupné z: <http://webvision.med.utah.edu/book/electrophysiology/the-electroretinogram-clinical-applications/>.

FARRELL, DF. Retinal toxicity to antimalarial drugs: chloroquine and hydroxychloroquine: a neurophysiologic study [online]. 2012, [cit. 2015-07-19], DOI: 10.2147/OPHTH.S27731, Dostupné z: [http://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=3307665\\_opth-6-377f3&req=4](http://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=3307665_opth-6-377f3&req=4).

HECKENLIVELY, John R a Geoffrey B ARDEN. Principles and practice of clinical electrophysiology of vision. 2nd ed. Cambridge, Mass.: MIT Press, c2006, xxii, 977 p., [32] p. of plates. ISBN 978-026-2083-461.

HOOD, Donald C., Michael BACH, Mitchell BRIGELL, David KEATING, Mineo KONDO, Jonathan S. LYONS, Michael F. MARMOR, Daphne L. MCCULLOCH a Anja M. PALMOWSKI-WOLFE. ISCEV standard for clinical multifocal electroretinography (mfERG), 2011 edition. Documenta Ophthalmologica [online]. 2012, vol. 124, issue 1, s. 1-13 [cit. 2015-07-19]. DOI: 10.1007/s10633-011-9296-8. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10633-011-9296-8>.

HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. Lékařská biofyzika a přístrojová technika. 1. vyd. Brno: Neptun, 2001, 381 s. ISBN 80-902-8961-4.

KARKANOVÁ, Michaela. Vliv operace makulární díry na elektrofyzilogickou funkci sítnice [online]. 2011 [cit. 2015-07-19]. Disertační práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Hana Došková. Dostupné z [http://is.muni.cz/th/14065/lf\\_d/](http://is.muni.cz/th/14065/lf_d/).

KOLÍN, Jan. Oftalmologie praktického lékaře. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1994. 276 s., ISBN 80-7066-861-X.

KRAUS, Hanuš a kolektiv. Kompendium očního lékařství. 1. vyd. Praha: Grada, 1997. 360 s., ISBN 80-7169-079-1.

KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 978-802-4711-638.

MCCULLOCH, Daphne L., Michael F. MARMOR, Mitchell G. BRIGELL, Ruth HAMILTON, Graham E. HOLDER, Radouil TZEKOV a Michael BACH. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography (2015 update). In: Documenta Ophthalmologica [online]. 2015, s. 1-12 [cit. 2015-07-19]. ISSN 0012-4486. DOI: 10.1007/s10633-014-9473-7. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10633-014-9473-7>.

OTRADOVEC, Jiří. Klinická neurooftalmologie. 1. vyd. Praha: Grada, 2003. 504 s., ISBN 80-247-0280-0.



POLOSCHEK, C.M., Bach M., Elektrophysiologische Untersuchungsmethoden in der Glaukomdiagnostik, DOI 10.1007/s00347-012-2546-7, [online]. 2012, [cit. 2015-07-19]. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00347-012-2546-7>.

PERLMAN, Ido. The Electroretinogram: ERG by Ido Perlman. Webvision: The Organization of the Retina and Visual System [online]. 2001, 2007 [cit. 2015-07-19]. Dostupné z: <http://webvision.med.utah.edu/book/electrophysiology/the-electroretinogram-erg/>.

ROZSÍVAL, Pavel. Trendy soudobé oftalmologie: svazek 4. 1. vyd. Praha: Galén, 2007. 325 s., ISBN 978-80-7262-470-6.

SKORKOVSKÁ Š., HAVLÍČEK M.: Sofistikované metody vyšetření sítnice. Lékařské listy. 2001, č. 33, s. 9-13., [online]. [cit. 2015-07-19]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/sofistikovane-techniky-vysetreni-sitnice-138175>.

STEJSKAL, Lubor a spolupracovníci. Evokované odpovědi a jejich klinické využití. 1. vyd. Praha: Praha Publishing, 1993.

#### Seznam obrázků

- Obr. 1..... Zjednodušené schéma struktury sítnice [19]
- Obr. 2..... ERG záznam kočičího oka dle R. Granit [15]
- Obr. 3..... Křivka ERG zdravého člověka [3]
- Obr. 4..... Znárodnění odečtení amplitudy vlny a a b a dob latence ze záznamu [3]
- Obr. 5..... Porovnání křivek skotopického ERG pravého a levého oka [17]
- Obr. 6..... Šest základních křivek ERG dle ISCEV [12]
- Obr. 7..... Typická křivka PERG [2]
- Obr. 8..... Obrazec mfERG s 61 prvky a se 103 prvky [6]
- Obr. 9..... Typická křivka mfERG [6]
- Obr. 10..... Geometrie stimulu [16]
- Obr. 11..... Lokální křivky při vyšetření 61 stimuly, hustota odpovědí oka v 3D zobrazení [6]
- Obr. 12..... Celkové mfERG [6]

## Use of the electroretinography in the diagnosis of the retinal diseases- Bc. Lucie Ženatá

Supervisor: MUDr. Kristýna Smolíková

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

### Electrical behavior of the eye

The basis for diagnostic methods (ERG, EOG, VEP) are the electrical behavior of the eye which ensures the electrical activity of the retina. These methods utilize the fact that the retina during its function becomes a source of electrical potential. The emergence of these potentials is located in bipolar cells, photoreceptors and the pigment epithelium. The electrical activity of the retina is very closely linked to photochemical reactions that take place in photoreceptors assuming that light falls on them. When the light impacted, changes due to photoreceptor light pulses into electrical impulses and leads to rebuilding rhodopsin molecules. This process is called as early receptor potential. At the same time to induce polarization photoreceptors, respectively hyperpolarization. This process is known as late receptor potential, which has a slightly different waveform for both types of photoreceptors - rods and cones. Suppository receptor has potential for faster progress. Other retinal cells are also not idle and react differently to lighting electrical manifestations. Horizontal cells are hyperpolarized. Bipolar cells also react either hyperpolarization or depolarisation. It depends on which part of their receptive fields were illuminated. Amacrine cells are far less explored areas, but it is assumed their depolarization. Ganglion cells processed further information on the initiative and transform them into higher visual centers. [7]

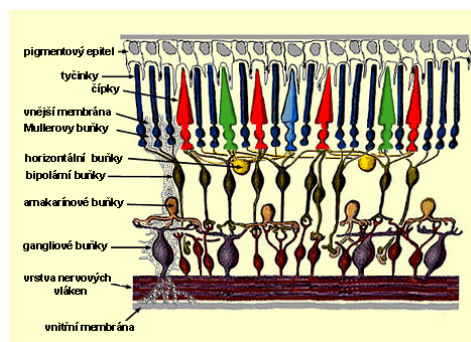


Fig. 1 The simplified diagram of the structure of the retina [19]

### Electroretinography

Electroretinography is record of electrical potentials which represent the retinal response to stimulation by light diffusion.

#### History

The first attempts for removing the electric potentials are associated with animals, thanks to the knowledge could then change to testing in humans, as is the case with most medical research. The first known man who has managed in 1865 to remove the potentials of fisheye is a Swedish physiologist A.F.Holmgren, but he erroneously considered them to action potentials of the optic nerve. In 1877 Scottish physiologist J. Dewar first recorded action potentials in humans using a galvanometer. In 1903 physiologist Gotch first published study in which it describes, that the flash ERG consists of two waves. The first wave is negative and followed by a positive wave with a larger amplitude. In 1908 Eithoven and Jolly parted record of the electrical responses in three waves. The first negative wave a appears immediately after turning on the light stimulus is followed by the positive wave b, after which the still appears slow positive wave c. This division is used today. In 1933 R. Granit published a detailed study of the components of the ERG sensed from the cat eye adapted to darkness. He conjectured that ERG consists of three processes PI, PII, PII, that chronicled correspond to waves c, b, a. (Fig.1) For his work he was awarded the Nobel Prize in physiology. In 1941 American physiologist L. Riggs used to capture potential of the human eye scleral contact electrodes and at this time electroretinography found wider application in ophthalmic diagnosis. In 1945 Karpe published the results of the study ERG human eyes, and thus laid the groundwork for clinical electrophysiology. In 1954 Cobb and Morton discovered the oscillatory potentials that constitute the rhythmic waves on the ascending limb of the b wave. In 1992 Sutter and Tran presented multifocal ERG, where its advantages is the display density of the retinal responses in its central part and its three-dimensional imaging. Electroretinography was introduced in Czechoslovakia in 1954 thanks to prof. Vanýskovi. Other significant names are primarily Hrachovina, Svěrák and Peregrin, who in the 80s of the last century contributed to the expansion of knowledge in terms of practical clinical electrophysiology of

the retina. [5, 8, 15]

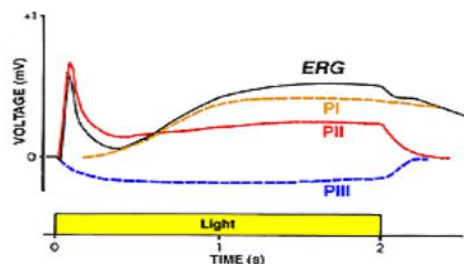


Fig. 2 ERG recording of the cat eye by R. Granit [15]

### FLASH ERG

Components and their origins and measurement

Photoreceptors, thanks to the electrical activity of the retina, responsible for converting of the light pulses to electrical pulses. Membranes of the external and internal segment of the photoreceptor under scotopic conditions are depolarized, the membrane undergoes external segment of potassium ions through the membrane of the inner segment sodium ions again. Change occurs due to the incident luminous stimulus that changes the permeability of membranes external segment for sodium, and so that it becomes less permeable. Thus the ionic balance is disturbed, resulting in hyperpolarization.

Hyperpolarization represents a negative change of the intracellular electrical potential. It corresponds to negative wave a ERG record. Its origins in the outer segment of the photoreceptors. At lower intensities of the flash is a wave overlaid with a positive b wave. At higher intensities it is evident on the record sooner than b wave.

The result of hyperpolarization of photoreceptors is reduced release of the neurotransmitter at the synaptic junction. This is reflected by depolarization or hyperpolarization of the postsynaptic cell bipolar and horizontal.

Depolarization bipolar cells causes an increase of level in extracellular potassium, leading to depolarization of Müller glia cells. This phenomenon corresponds to a positive wave b ERG record. It represents the activity of bipolar cells. Also records the normal function of the rods, as in the case of their malfunction the bipolar cells were not excited.

The last component is the c wave, which introduce activity of cells of the retinal pigment epithelium. Reducing extracellular potassium around photoreceptor outer segments, causes that also changes the electrical potential between the apical and basal membrane of the retinal pigment epithelium. A flash of light causes a transient hyperpolarization of the apical membrane of retinal pigment epithelium and Müller cells hyperpolarization, which was formed by combining the positive c wave. Slow positive wave c under the normal conditions do not find on the record. [3]

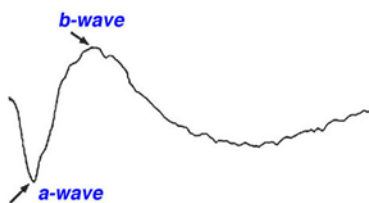


Fig. 3 Curve ERG of healthy person [3]

When evaluating ERG recording subtract two main parameters:

The amplitude of the wave a, wave b, (microvolts)

Wave a - measured from the baseline after a negative peak of the wave a

Wave b - measured from the negative peak of the wave a after the positive peak of the wave b

Latency period wave a, waves b (= default time), (milliseconds)

Wave a - measured from the beginning of a light stimulus to the peak of the wave a

Wave b - measured from the beginning of a light stimulus to the peak of the wave b [8]

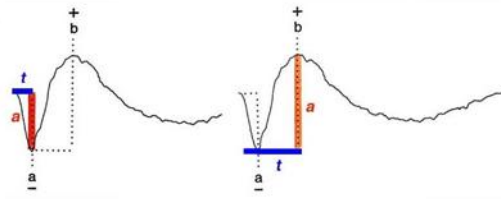


Fig. 4 Depiction subtraction amplitude of the wave a and b, and latency time from the recording [3]

ERG response right and left eyes in normal persons under standard conditions during examination may differ on average by 10%. [17]

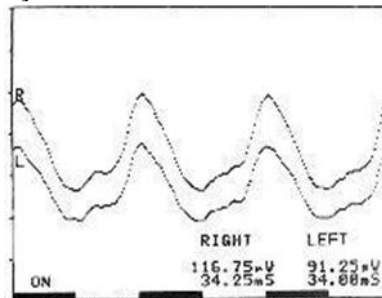


Fig. 5 Comparison of curves skotopického ERG right and left eyes [17]

#### Examination proces

The action potential is sensed between the active electrode placed on the cornea and the indifferent electrode positioned on the forehead, or earlobe of the patient. Placement of electrodes varies at each health facility. Before application indifferent (reference) electrode to the skin is needed to clean and degrease the skin, to use abrasive gel (e.g. Nuprep) further spread the conductive gel (e.g. tention), which ensures good contact of the electrode with the skin. Indifferent electrodes attach two on the temples at eye level and one earth on the forehead. Prior to the application of electrodes on the surface of the eyeball use mydriatic and anesthetic to ensure a peaceful examination. Action electrode may represent the classic nylon plated wires, which are inserted from the bridge of the nose through the cornea and and pick the insulating tape for fixing them. The second possibility is the use of electrodes placed in the contact lens. For better adhesion to it applies the drop methylcellulose gel, applied to the cornea and also attach insulating tape. All the electrodes are connected to a junction box, which serves as a preamplifier and connects them with a computer unit which processes the signal and displayed on the monitor screen.

#### Standardization of flash ERG

In 1989 there have been the standardization of nationwide electroretinography according to the International Society for Clinical Electrophysiology of Vision (ISCEV). Due to continuous progress and exploration ERG is directive updated over the years, the last were issued by the end of 2014. Changes to the previous version from 2008 is the addition of one type ERG responses with flash light intensity value of  $10 \text{ cd} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ . The latest version of a document that contains standards for a record six most common nationwide retinal responses. Each type ERG recording is characterized by the intensity of the light flash in  $\text{cd} \cdot \text{s} / \text{m}^2$  and a state of adaptation of the eye.

The response of the eye adapted to the darkness for a faint flash or blue light (0.01) - response rods

The response of the eye adapted to darkness for a standard flash (3.0) - response rods and cones

The response of the eye adapted to darkness for a powerful flash (10.0) - the answer rods and cones with accurate waves a reflecting the condition of the photoreceptor

Recording oscillatory potentials of the eye adapted to darkness - the answer mainly amacrine cells

The response of the eye adapted to the light standard flash (3.0) - response cones

The response of the eye adapted to the light for fast repetitive stimulation - flicker ERG (3.0) - response cones (at this frequency already rods can not respond) [12]

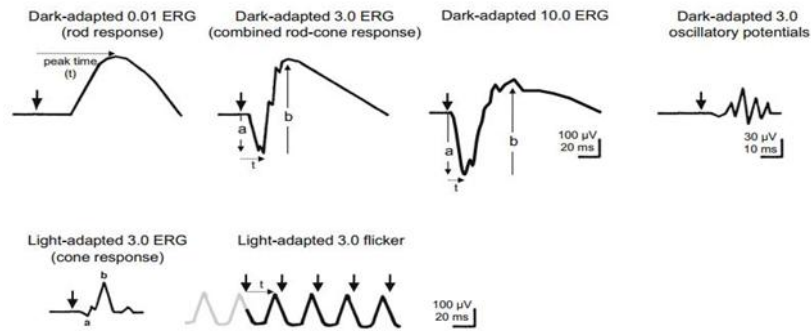


Fig. 6 Six basic curves of the ERG according by ISCEV [12]

The actual measurement is preceded by a 20-minute dark adaptation, then picks scotopic record that represents the first four series of measurements flashes of varying intensity and frequency. Followed by 10-minute adaptation to light and sensing the photopic record which consists of the last two series of measurements. The final electroretinogram consists of six curves, then we evaluate. During examination use Ganzfeldovy hemispheres, which ensures uniform brightness across the field of view. One series of the flash consists of eight flashes when everyone takes a maximum of 5 ms. Number of flashes may in each medical facility to another.

#### Pathological records ERG

Pathology, which is showed in the electroretinogram reflects the type, stage and extent of eye disease. The most famous classification of pathological findings of the ERG is a classification designed Karpem. The assessed element is amplitude characteristic of basic components of the curve ERG:

Supernormal ERG- this is an increase of the amplitude of the a and b waves. This may be irritation of retinal structures intoxication, hypoxia, metabolic disturbances and interruptions retinotálamický connection. To this group we can include the initial stages of degenerative and dystrophic diseases of the retina, poisoning the body and metallosis eye.

Subnormal ERG - this is a reduction of the amplitude of the a and b waves. The most frequent type of pathological ERG. The degree of reduction potentials depends on the extent, nature and depth of the pathological process. These may be dystrophic changes retina and choroid, chronic vascular diseases of the retina, retinal detachment or high myopia.

Negative ERG - this is a normal amplitude of the wave a and reduced amplitude of the wave b. This type ERG is typical for acute vascular eye diseases, such as occlusion of the central retinal vein and artery.

None ERG - it is an electrical response severe irreversible changes in the retina, such as pigmentary degeneration of the retina. [17]

#### Clinical use

- Pigmentary retinal degeneration
- Congenital stationary night blindness
- Cone dystrophy
- Cone monochromatism
- Rod monochromatism
- Circulatory disorders of the retina
- Metal intraocular foreign bodies
- Opaque ocular media
- Diabetic retinopathy

#### PATTERN ERG – PERG

This is a record retinal response induced of contrast, reverse stimulus. The visual stimulus is composed of patterned checkerboard type structure instead of the diffuse lighting using flash ERG. When investigating alternating light and dark stripes. Unlike flash ERG, ERG pattern examination only the central region of the retina and captures the response of ganglion cells and their axons. [2]

#### Components and their measurement

Recording pattern ERG is composed of three components and creating a curve pattern ERG. On the curve to identify healthy individuals negative component N35 latency of 35 ms, then the positive component with a latency of 50ms P50 and N95 negative component with a latency of 95 ms. [2]

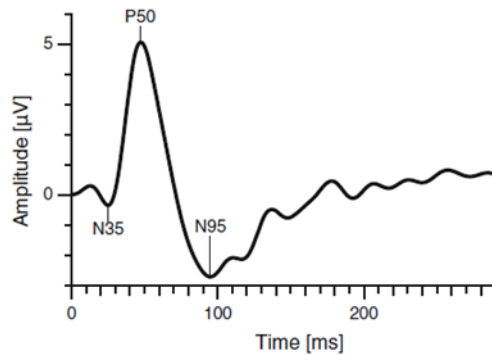


Fig. 7 A typical curve PERG [2]

When evaluating Pergo record subtract two main parameters:

The amplitude of the wave P50, wave N95 (microvolts)

P50 wave - the height of the wave measured from the peak of the N35 wave after peak P50 wave

N95 wave - the height of the wave measured from the peak of the P50 wave after peak N95 wave

Latency period N35 wave, P50 wave, wave N95 (= default time) (milliseconds)

N35 wave - the time that elapses from the checkerboard stimulus reversing the peak of the N35 wave

P50 wave - the time that elapses from the checkerboard stimulus reversing the peak of the P50 wave

N95 wave - the time that elapses from the checkerboard stimulus reversing the peak of the N95 wave

In some patients the negative wave N35 is less recognizable. In this case, the averaged baseline at time 0 ms and the beginning of the peak P50. [2,8]

Examination proces

Electrode connections are identical in examinations flash ERG. It is recommended to use rather thin plated wires than a electrodes in the form of contact lenses in order to achieve the best quality possible image on the retina. Examination of the binocular and with the best possible correction. Corrective lenses can be placed in the holder located in front of the monitor screen, or use the glasses. It is important that the patient sits comfortably during the examination and did not move his head. For maximum image quality on the retina, pupils are undilated. It is essential that the patient throughout the procedure fixed the central marker. The patient is placed in a distance of 1 m in front of the monitor screen on which is projected a chessboard most of the square. Initiative should have the greatest unchanging contrast, at least 80%. Alternation of black and white boxes should be done about four times per second. Furthermore, it is required sufficient brightness white fields, which should be more than 80 cd / m<sup>2</sup>. Velikost box should correspond to the viewing angle of 0.8 ° (± 0.2 °). The size of the field with stimuli, the patient should see an angle of 15 ° (± 3 °). [2,10,18]

Standadizace PERG

Like the flash ERG, pattern ERG is standardized. Standardization was held in 2000 by ISCEV. Over the years there have been minor changes and the last update was in 2012. [2]

Clinical use

Macular dystrophy

Glaucoma

Multifocal ERG

Many eye diseases characterized by only local damage of the retina. Classic ERG or PERG possible to determine the response of the retina only as a whole and it will not affect local pathology. That's why developed multifocal ERG when we get insulated electrical responses of individual districts outer and middle layers of the retina, and so we can evaluate the electrophysiological properties of the central region. [6,17]

Examination proces

Standard testing is carried out binocular under photopic conditions with optimal correction. The pupils are dilated. Electrodes use as well as in classic ERG, which is preferable to use the electrode type contact lenses. On the electrode still apply smaller amounts of metylcellulose, for better adhesion and we attach insulating tape to the skin. Examined from a distance of 30 cm watching the monitor screen. On the monitor generates a pattern which forms a certain number of hexagonal elements (usually 61 or 10) and a central fixation point in the form of a cross. At every moment, approximately half of the elements of light and half dark to be maintained during the test medium brightness value and thereby avoid this adaptation retina. Shapes having a smallest dimension in the center and towards the edge of their area increases. This is greater receptor density towards the center of the retina.

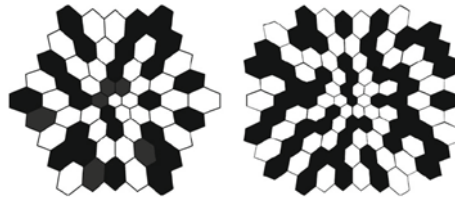


Fig. 8 Pattern mfERG with 61 elements and 103 elements [6]

During the actual examination of the patient fixates center of the cross and leads to pseudoaccidental alternating light and dark fields. Retinal size of the screen represents 20 to 30 degrees of angle. Brightness of the light of the hexagon is set at 100 to 200 cd / m<sup>2</sup> brightness for dark hexagons has the lowest possible value (less than 1 cd / m<sup>2</sup>). Thanks to the difference in brightness achieve high contrast ( $\geq 90\%$ ). Brightness of background corresponds to the average brightness of the stimulus (50 - 100 cd / m<sup>2</sup>). The length of the examination depends on the number of hexagons. In 61 hexagons examination lasts 4 minutes at 103 hexagons examination takes twice the time. The resultant signal is very weak, so it must be amplified and filtered. [3,6,16]

Components and their measurement

A typical curvelocal mfERG is formed by two negative peaks N1 and N2 and one positive peak P1. The origin of components N1, P1 and N2 corresponds approximately origin waves a and b and oscillatory potentials for flash ERG. [6]

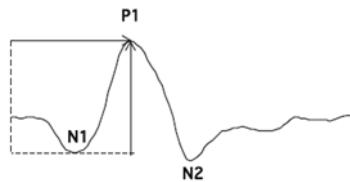


Fig. 9 The typical curve of mfERG [6]

When evaluating mfERG record deduct on each curve two main parameters:

The amplitude of the wave P1, wave N1 (microvolts)

Wave P1 - height of the component P1 measured from the peak of the N1 wave to peak of the P1 wave

Wave N1 - height of the component N1 measured from the baseline to the peak of the N1 wave

Latency period wave N1, wave P1 (= default time) (ms)

Wave N1 - the time elapsed since the beginning of the stimulation district by light hexagon to the peak N1 wave

Wave P1 - the time elapsed since the beginning of the stimulation district by light hexagon to the peak P1 wave [6,8]

Total mfERG evaluate based on the responses to the hexagonal stimuli, which in the case of the use of incentives 61 arranged in five concentric circles. [16]

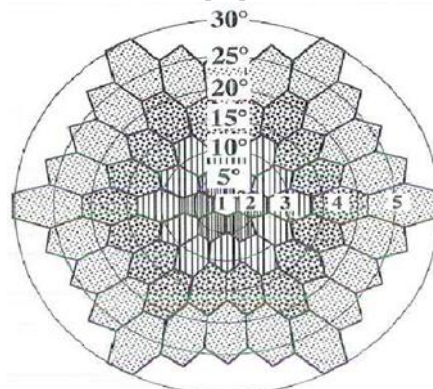


Fig. 10 Geometry of stimulus [16]

This is the response of the central region and an overall response rate of concentric circles with increasing eccentricity. In the first step they are calculated resulting series of hexagons. Eventually, it creates an image density of answers in microvolts / deg<sup>2</sup> using scalar product. We can show outline of the curves, then illustratively 2D or 3D color display. [6]

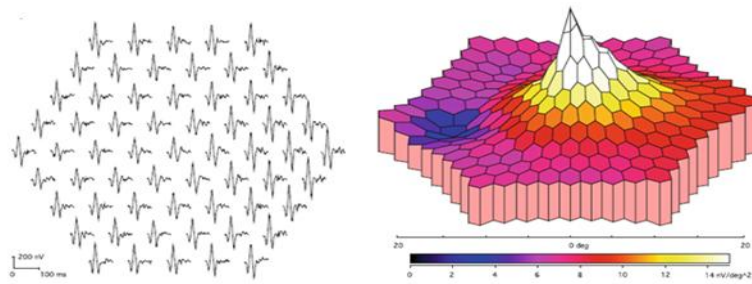


Fig. 11 Local curve when testing 61 stimuli, responses density mesh in 3D display [6]

The central peak of the received image corresponds to the foveal region and the minimum that is left from the top indicates the place where the optic nerve. The result of averaging answers in 5 groups of 5 is the total answer when R1 curve depicts the central region, and goes toward the periphery. [6]

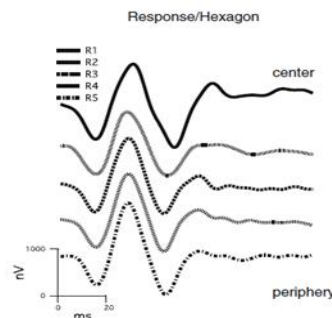


Fig. 12 The total mfERG [6]

#### Standardization mfERG

In 2003 published guidelines for the examination mfERG by ISCEV. At this time, still could not talk about standards, but only on the rules of examination. MfERG standardization of testing took place in 2012. [6]

#### Special techniques mfERG

Photopic color mfERG allows you to get an insulated answer of cone with maximum sensitivity to the longwave and shortwave light and their belonging bipolar cells.

Scotopic mfERG can provide information about activity rods. When testing is used a black background and blackish-stimulating stimulus of moderate intensity brightness.

Utilization to decrease the contrast of 90% to 50% or by admixing the initiative of higher luminance between the normal sequence of stimuli is used for detecting defects on the disc of the papilla nervi optici.

MfPERG on reversing stimulation uses a combination mfERG and PERG. Initiative is made up of 19 hexagons, which are further divided into black and white triangles and these colors change regularly. The resulting curve each local answers corresponds to examinations PERG.

MfERG direct fundusoscopic control the sensed locations of the retina is used in patients with eccentric fixation. Stimulation is achieved through the scanning laser ophthalmoscope (SLO) or through digital funduscamera. [16]

#### Clinical use

Aging

Stargardt's disease

Foveolar cone dystrophy

Lattice dystrophy

Age-related macular degeneration (AMD)

Diabetic retinopathy – DR

Glaucoma

Toxic maculopathy



## Literature

- AUTRATA, Rudolf. Dětská oftalmologie I: Choroby sítnice a zrakového nervu u dětí. Multimediální podpora výuky klinických a zdravotnických oborů: Portál Lékařské fakulty Masarykovy univerzity [online]. 2008, poslední aktualizace 4. 2. 2014 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://telemedicina.med.muni.cz/pdm/detske-ocni-lekarstvi/res/f/choroby-sitnice-a-nervu-text.pdf>
- BACH, Michael, Mitchell G. BRIGELL, Marko HAWLINA, Graham E. HOLDER, Mary A. JOHNSON, Daphne L. MCCULLOCH, Thomas MEIGEN a Suresh VISWANATHAN. ISCEV standard for clinical pattern electroretinography (PERG): 2012 update. Documenta Ophthalmologica [online]. 2013, vol. 126, issue 1, s. 1-7 [cit. 2015-07-19]. DOI: 10.1007/s10633-012-9353-y. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10633-012-9353-y>.
- CREEL, Donnell J. The Electroretinogram and Electro-oculogram: Clinical Applications by Donnell J. Creel. Webvision: The Organization of the Retina and Visual System [online]. 2011, 2014 [cit. 2015-07-19]. Dostupné z: <http://webvision.med.utah.edu/book/electrophysiology/the-electroretinogram-clinical-applications/>.
- FARRELL, DF. Retinal toxicity to antimalarial drugs: chloroquine and hydroxychloroquine: a neurophysiologic study [online]. 2012, [cit. 2015-07-19], DOI: 10.2147/OPHTH.S27731, Dostupné z: [http://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=3307665\\_opt-6-377f3&req=4](http://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=3307665_opt-6-377f3&req=4).
- HECKENLIVELY, John R a Geoffrey B ARDEN. Principles and practice of clinical electrophysiology of vision. 2nd ed. Cambridge, Mass.: MIT Press, c2006, xxii, 977 p., [32] p. of plates. ISBN 978-026-2083-461.
- HOOD, Donald C., Michael BACH, Mitchell BRIGELL, David KEATING, Mineo KONDO, Jonathan S. LYONS, Michael F. MARMOR, Daphne L. MCCULLOCH a Anja M. PALMOWSKI-WOLFE. ISCEV standard for clinical multifocal electroretinography (mfERG), 2011 edition. Documenta Ophthalmologica [online]. 2012, vol. 124, issue 1, s. 1-13 [cit. 2015-07-19]. DOI: 10.1007/s10633-011-9296-8. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10633-011-9296-8>.
- HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. Lékařská biofyzika a přístrojová technika. 1. vyd. Brno: Neptun, 2001, 381 s. ISBN 80-902-8961-4.
- KARKANOVÁ, Michaela. Vliv operace makulární díry na elektrofyzilogickou funkci sítnice [online]. 2011 [cit. 2015-07-19]. Disertační práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Hana Došková. Dostupné z [http://is.muni.cz/th/14065/lf\\_d/](http://is.muni.cz/th/14065/lf_d/).
- KOLÍN, Jan. Oftalmologie praktického lékaře. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1994. 276 s., ISBN 80-7066-861-X.
- KRAUS, Hanuš a kolektiv. Kompendium očního lékařství. 1. vyd. Praha: Grada, 1997. 360 s., ISBN 80-7169-079-1.
- KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 978-802-4711-638.
- MCCULLOCH, Daphne L., Michael F. MARMOR, Mitchell G. BRIGELL, Ruth HAMILTON, Graham E. HOLDER, Radouil TZEKOV a Michael BACH. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography (2015 update). In: Documenta Ophthalmologica [online]. 2015, s. 1-12 [cit. 2015-07-19]. ISSN 0012-4486. DOI: 10.1007/s10633-014-9473-7. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10633-014-9473-7>.
- OTRADOVEC, Jiří. Klinická neurooftalmologie. 1. vyd. Praha: Grada, 2003. 504 s., ISBN 80-247-0280-0.
- POLOSCHEK, C.M., Bach M., Elektrophysiologische Untersuchungsmethoden in der Glaukomdiagnostik, DOI 10.1007/s00347-012-2546-7, [online]. 2012, [cit. 2015-07-19]. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00347-012-2546-7>.
- PERLMAN, Ido. The Electroretinogram: ERG by Ido Perlman. Webvision: The Organization of the Retina and Visual System [online]. 2001, 2007 [cit. 2015-07-19]. Dostupné z: <http://webvision.med.utah.edu/book/electrophysiology/the-electroretinogram-erg/>.
- ROZSÍVAL, Pavel. Trendy soudobé oftalmologie: svazek 4. 1. vyd. Praha: Galén, 2007. 325 s., ISBN 978-80-7262-470-6.
- SKORKOVSKÁ Š., HAVLÍČEK M.: Sofistikované metody vyšetření sítnice. Lékařské listy. 2001, č. 33, s. 9-13., [online]. [cit. 2015-07-19]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/sofistikovane-techniky-vysetreni-sitnice-138175>.
- STEJSKAL, Lubor a spolupracovníci. Evokované odpovědi a jejich klinické využití. 1. vyd. Praha: Praha Publishing, 1993.

## List of Figures

- Fig. 1..... The simplified diagram of the structure of the retina [19]  
 Fig. 2..... ERG recording of the cat eye by R. Granit [15]  
 Fig. 3..... Curve ERG of healthy person [3]  
 Fig. 4..... Depiction subtraction amplitude of the wave a and b, and latency time from the recording [3]  
 Fig. 5..... Comparison of curves skotopického ERG right and left eyes [17]  
 Fig. 6..... Six basic curves of the ERG according by ISCEV [12]  
 Fig. 7..... A typical curve PERG [2]  
 Fig. 8..... Pattern mfERG with 61 elements and 103 elements [6]  
 Fig. 9..... The typical curve of mfERG [6]  
 Fig. 10..... Geometry of stimulus [16]  
 Fig. 11..... Local curve when testing 61 stimuli, responses density mesh in 3D display [6]  
 Fig. 12..... The total mfERG [6]

# Využití elektroretinografie v diagnostice onemocnění sítnice

Bc. Lucie Ženatá

Jméno školitele: MUDr. Kristýna Smolíková

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

## 1. Flash ERG

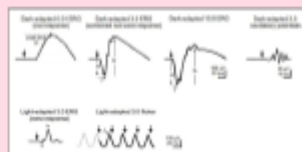
Elektroretinografie je záznam elektrických potenciálů, které představují odpověď sítnice na stimulaci světelným světlem.

### Komponenty a jejich měření

Křivka ERG se skládá ze tří vln. První negativní a vlna má původ v zevním segmentu fotoreceptorů. Druhá pozitivní vlna b představuje aktivitu bipolárních buněk. Při nižších intenzitách záblesku je a vlna překryta pozitivní b vlnou. Při vyšších intenzitách je patrna na záznamu poněkud dříve než b vlna. Poslední komponenta c vlna představuje činnost buněk pigmentového epitelu sítnice.

### Při hodnocení ERG záznamu odečítáme 2 hlavní parametry:

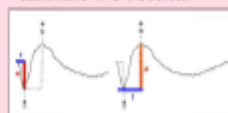
- Amplituda vlny a, vlny b, ( $\mu\text{V}$ )
- Vlny a - měří se od základní linie po negativní vrchol vlny a
- Vlny b - měří se od negativního vrcholu vlny a po pozitivní vrchol vlny b
- Doba latence vlny a, vlny b (=impličtní čas), (ms)
- Vlny a - měří se od počátku světelného stimulu až po vrchol vlny a
- Vlny b - měří se od počátku světelného stimulu až po vrchol vlny b



### Standardizace flash ERG z roku 2014

1. Odpověď oka adaptovaného na tmě na slabý záblesk nebo modré světlo (0,01) - odpověď tyčinek
2. Odpověď oka adaptovaného na tmě na standardní záblesk (3,0) - odpověď tyčinek a čípků
3. Odpověď oka adaptovaného na tmě na silný záblesk (10,0) - odpověď tyčinek a čípků s přesnější a vlnou reflektující stav fotoreceptorů
4. Záznam oscilačních potenciálů u oka adaptovaného na tmě - odpověď předešlým amakrinních buněk
5. Odpověď oka adaptovaného na světlo na standardní záblesk (3,0) - odpověď čípků
6. Odpověď oka adaptovaného na světlo na rychle se opakující stimulaci - flicker ERG (3,0) - odpověď čípků (na tuto frekvenci již tyčinky nedokáží reagovat)

### Šest základních křivek ERG dle ISCEV



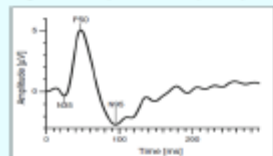
Záznamní odečtení amplitudy vlny a a b a dob latence ze záznamu

## 2. Pattern ERG - PERG

Zrakový podnět je tvořen vzorovanou strukturou šachovnicového typu. Při vyšetřování se střídají světlé a tmavé pruhy. Na rozdíl od flash ERG, vyšetřuje pattern ERG pouze centrální krajinu retiny a zachycuje odpověď gangliových buněk a jejich axonů. Poslední standardizace proběhla roku 2012.

### Komponenty a jejich měření

Záznam pattern ERG se skládá ze třech komponent a vytváří křivku pattern ERG. Na křivce identifikujeme u zdravých jedinců negativní komponentu N35, dále pozitivní komponentu P50 a negativní komponentu N95.



Typická křivka PERG

### Při hodnocení PERG záznamu odečítáme 2 hlavní parametry:

- Amplituda vlny P50, vlny N95, ( $\mu\text{V}$ )
- Vlny P50 - výška vlny měřená od vrcholu vlny N35 po vrchol vlny P50
- Vlny N95 - výška vlny měřená od vrcholu vlny P50 po vrchol vlny N95
- Doba latence vlny N35, vlny P50, vlny N95, (=impličtní čas), (ms)
- Vlny N35 - čas, který uběhne od stimulu reverzační šachovnici k vrcholu vlny N35
- Vlny P50 - čas, který uběhne od stimulu reverzační šachovnici k vrcholu vlny P50
- Vlny N95 - čas, který uběhne od stimulu reverzační šachovnici k vrcholu vlny N95

## 3. Multifokální ERG - mfERG

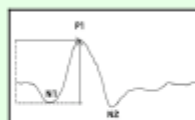
Získáme izolované elektrické odpovědi jednotlivých okesků vnějších a středních vrstev sítnice a můžeme tak hodnotit elektrofyziologické vlastnosti centrální krajiny. Standardizace proběhla roku 2012.

### Komponenty a jejich měření

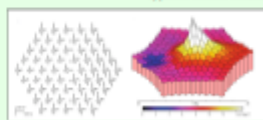
Typická křivka lokálních mfERG je tvořena 2 negativními vrcholy N1 a N2 a jedním pozitivním vrcholem P1. Původ komponent N1, P1, N2 přibližně odpovídá původu vln a, b a oscilačních potenciálů u flash ERG.

### Při hodnocení mfERG záznamu odečítáme na každé křivce 2 hlavní parametry:

- Amplituda vlny P1, vlny N1 ( $\mu\text{V}$ )
- Vlny P1 - výška komponenty P1 měřená od vrcholu vlny N1 po vrchol vlny P1
- Vlny N1 - výška komponenty N1 měřená od základní čáry po vrchol vlny N1
- Doba latence vlny N1, vlny P1, (=impličtní čas), (ms)
- Vlny N1 - čas, který uběhne od počátku stimulace daného okřsku světelným hexagonem po vrchol N1
- Vlny P1 - čas, který uběhne od počátku stimulace daného okřsku světelným hexagonem po vrchol P1



Typická křivka mfERG



Lokální křivky při vyšetření 61 stimuly, hustota odpovědí oka v 3D zobrazení

Literaturu vyžádejte od autora (kontakt: colek.s.ro@seznam.cz)

## 24. Oční protézy- Bc. Lucie Klusoňová

Vedoucí práce: Mgr. Sylvie Petrová

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

Kosmetické oční protézy

Skleněné oční protézy

Vývoj

Sklo jako materiál pro výrobu začal jako první propagovat Paré ve Francii v 16. století. Později se centrum výroby přesunulo do Benátek a přes Francii se dostalo do Německa. To se stalo ve výrobě skleněných očních protéz velice úspěšným a odtud také pochází technologie výroby. O největší úspěchy se zasloužil Ludwig Müller-Uri, pocházející z Německa. U nás se výroba skleněných očních protéz rozvinula po první světové válce v Jablonci nad Nisou. Se začátkem druhé světové války přestalo být výhradním materiálem pro výrobu skla. Nicméně je v Evropě pro své kladné vlastnosti stále používáno.

Materiál pro výrobu

Do České republiky je sklo pro výrobu očních protéz dováženo z Německa. Materiál lze rozdělit do tří skupin podle toho, kterou část protézy tvoří. Bulbus je vyroben ze speciálního opálového skla, které neobsahuje těžké kovy a kadmium. Materiál na duhovku tvoří široká škála barevných skel. Ty se mezi sebou mísí a tím se dosáhne optimální barvy duhovky. Rohovka je tvořena krystalickým sklem, které překrývá barevnou duhovku. Vrstvením se docílí hlubokého a přirozeného pohledu.

Postup výroby

Výroba skleněné oční protézy je velmi náročná. Klient je přítomen celému procesu výroby. Ten trvá přibližně hodinu. Nejprve je nutné změřit pacientovu orbitu a zvolit vhodný tvar budoucí protézy. Kontroluje se hloubka očnice, tvar víček, funkce víčkových svalů a stav po provedené operaci. Optimální tvar se posléze vybere vkládáním zkušebních modelů protéz do prázdné očnice.

Nad kahanem se nahřeje asi 2 cm dlouhé skleněné trubice, ze které se odtáhne odtáček. Z odtáčku se potom vyfoukne kulička o velikosti oka, která je ve středu trubičky, jejíž jeden konec je odstraněn. Na vrchlík kuličky se nataví základní barva, která se profoukne do tvaru půlkuličky.

Na vzniklou polokouli se maluje budoucí duhovka vhodně zvolenými barevnými tyčinkami. Po dobarvení se půlkulička rozežřeje a profukováním je docíleno vyrovnání budoucí duhovky s koulí. Do středu se nanese černou skleněnou tyčinkou zornice o průměru asi 3 mm. Hladítkem se černé sklo rozmačká do požadované velikosti. Vše se znovu rozežřeje, rovnoměrně otáčí a profukuje. Dojde tak ke stavení všech skel.

Dále se pokračuje vytvořením krystalového povrchu. Rozehřeje se krystalová tyčinka a vrchlík koule s duhovkou. Krystal se přitaví na duhovku a tím se získá dojem hloubky a lesk stejný jako u přirozeného oka.

Výsledný dojem je dotvořen kresbou cévek na bělimu. Cévky se naznačují nitkami o tloušťce vlasu vytáženými z červené tyčinky. Pro vyhlazení budoucí protézy následuje opět zatavení v plameni. Ke konci se foukáním dotvarovává koule dle předlohy. Plamenem se objíždí budoucí okraje a tvar je i nadále neustále kontrolován a měřen měrkou, aby bylo dosaženo požadovaných rozměrů potřebných pro pacienta. Zadní část koule se nahřeje a profukuje, čímž je připravena na odstranění a protéza získá požadovaný skořápkovitý tvar.

Protéza se posléze chladí v předehřátém grafitovém kelímku s pískem. Tato fáze trvá přibližně 40 minut a může při ní dojít k popraskání, jelikož výrobek nemá na průřezu stejnou tloušťku. Po vychladnutí se omyje ve vlažné vodě a lze provést zkoušku na pacientovi.

V případě, že je protéza chybně vytvořena, musí začít výroba nové protézy od začátku. Chybně vyrobenou oční protézu nelze předělat.



Obr. 1: Částečně dokončená protéza, černé tyčinky na pupilu.



Obr. 2: Nástroje pro měření vzdáleností, barevné tyčinky.



**Obr. 3:** Sklo se vyfoukne do kuličky velikosti oka.

**Obr. 4:** Přední nosná část je odstraněna.

**Obr. 5:** Natavení základní barvy.



**Obr. 6:** Tvarování základní barvy.

**Obr. 7:** Použití barevných tyčinek

**Obr. 8:** Tvorba rohovky.



**Obr. 9:** Simulace krevních cév.

**Obr. 10:** Finální úprava protézy.

**Obr. 11:** Odstranění zadní nosné tyčinky.

#### Péče a životnost

protézu je nutné správně pečovat, předejde se tak případným zdravotním komplikacím i rychlejšímu opotřebením protézy. Jelikož slzy rozrušují povrch protézy, je nutné protézu ráno a večer vyndat a opláchnout pod tekoucí vodou. Doporučuje se i vyplachování orbity, zvláště v případě zánětlivého onemocnění, nachlazení nebo chřipky. Při pocitu suchého oka se doporučuje použít zvlhčující kapky. Při správném používání je možné kontinuální nošení. V případě, že pacient nechce mít protézu nasazenou přes noc, je vhodné ji vyčistit, vysušit a uložit ji do uzavřené nádoby. Pokud dojde v důsledku nepravidelnosti a drsnosti povrchu protézy ke dráždění očníce a tím ke zvýšené produkci slz, je vhodné oční protézu vyměnit.

Pacient má od pojišťovny nárok na 2 kusy skleněných protéz ročně, ty jsou plně hrazeny zdravotní pojišťovnou. Protéza se vyrábí na lékařský předpis a není nutné schválení revizním lékařem. V případě rozbití si pacient novou protézu hradí sám. U očních protéz ze speciálního skla představuje doporučovaná životnost asi jeden až jeden a půl roku.

#### Výhody a nevýhody

Skleněné oční protézy jsou řešením pro pacienty, kteří nemohou kvůli alergii nosit akrylátové oční protézy. K jejich kvalitám patří i stálost barev a lesk věrohodně napodobující zdravé oko. Duhovka působí plasticky a hloubkově. Technika zpracování navíc vytváří hladký povrch bez výčnělků, který zajišťuje komfort při nošení. Výborná je i smáčivost skla, díky ní slzy vytváří na povrchu tenký kluzký film, který chrání citlivou spojivku před výraznějším třením. Navíc je pacientovi protéza vyrobena během jedné schůzky, a to přímo na počkání.

V porovnání s akrylátovými protézami se při výrobě se sklem pracuje obtížněji. V důsledku kontaktu protézy s očními tekutinami, které mají nižší pH, je povrch rozrušován, což způsobuje nepříjemné pocity při nošení. Sklo je náchylné k poškrábání, například prachem nebo nečistotami, která vniknou pod víčko a poškodí povrch protézy rýhami.

Hlavní nevýhodou skleněné oční protézy je její křehkost. K rozbití dochází zejména při vyndávání protézy při jejím ošetřování, může se však roztrhnout i při sportu či nehodě. Je také nutno dát pozor na vystavování protézy velkým teplotním změnám, neboť může dojít k jejímu popraskání. V zimě protéza studí a je zde i možnost přimrzání slz na povrch protézy. Co se vzhledu týče, jediný problém tvoří zornice, která se zvláště při pohledu zblízka jeví jako kulička, působí rušivě a nepřírodně.

## Akrylátové oční protézy

### Vývoj

Testování akrylové pryskyřice začalo v USA roku 1943. Bylo nutné najít jiný materiál než sklo, jehož dovoz byl pozastaven. Navíc některé jeho vlastnosti nebyly plně vyhovující. Začaly se proto vyrábět skladové akrylátové oční protézy v několika tvarech a barvách duhovky. Ty však nemohly zajistit pacientovi dostatečný komfort, proto se přešlo na individuální výrobu. V současné době se jako materiál pro výrobu používá akrylát, superpont a metylmetakrylát. Tento základní materiál tvoří z 95 % směsi, zbývajících 5 % jsou veřejnosti neznámé stále se měnící přísady.

### Výroba

K sejmutí otisku pacientovi očníce se používají otiskovací lžice. Tyto lžice jsou vyrobeny z akrylátové pryskyřice, mají dutou rukojeť, kterou se zavádí plastová jednorázová otiskovací stříkačka. Pokud je otisk přesný, odstraní se přebytečný materiál a periferie otisku pak slouží jako základ pro výrobu oční protézy. Otisk pak slouží k výrobě formy. Po ztvrdnutí formy se její povrch natírá separačním materiálem a následně se do takto připravené formy může nalít roztavený vosk.

Voskový model se následně zkontroluje a případně upraví, aby přesně simuloval ztracené oko. Kontroluje se, zda má správnou velikost, podporuje tkáň, simuluje oční pohyby a má správné pokrytí očními víčky.

K simulaci duhovky při výrobě akrylátové protézy existuje více způsobů výroby i centrování. Nejjednodušší možností je výběr předvyrobeného disku, který odpovídá barvě zdravého kontralaterálního oka. K pracnějším způsobům patří malování duhovky na disk pomocí olejových barev vmíchaných do

polymethylmethakrylátového barevného media.

Korneální knoflík se vyrábí za použití teplem polymerizující akrylátové pryskyřice. Velikost knoflíku je obdobná jako velikost duhovkového disku. Připojuje se k malovanému duhovkovému disku pomocí kyanoakrylátového lepidla.

Máme-li voskový vzor, pokračuje se výrobou formy z dentálního kamene nebo sádry. Do této formy se umístí duhovková destička a zalije se bílým polymethylmethakrylátem. Ten se pak vytvrzuje v peci po dobu 2,5 hodiny. Udrží se teplota 110 °C a tlak 4 bary. Po vytvrzení se odstraní přebytečný materiál, protéza se brousí a leští. Je možné vložením do pacientovy očníce znovu zkontrolovat velikost a umístění duhovky v bílém základu. Pokud je výsledek uspokojivý, nastupuje proces tónování.

Pro simulaci krevních cév se používá bavlněných nití červené barvy. K vytváření přesného odstínu bělma odpovídajícího druhému oku se používají suché stabilní přírodní jemně broušené barevné pigmenty. Jakmile je dosaženo přesného přizpůsobení barev, báze protézy se umístí do pece, kde se udržuje teplota 85 °C po dobu 30 minut. To dovoluje barvě saturovat a zabraňuje budoucímu blednutí. Jakmile je tento proces dokončen, nanese se poslední vrstva čirého plastu, protéza se umístí zpět do formy a vrstva na předním povrchu polymerizuje, čímž se dokončuje výrobní proces. Poté probíhá ořez a leštění. Konečná protéza ještě může vyžadovat drobné úpravy, jako je přidání nebo odstranění polymethylmethakrylátu v různých místech.



**Obr. 12:** Otiskovací lžičce.



**Obr. 13:** Otisk.



**Obr. 14** Voskový model.



**Obr. 15:** Vytváření formy z dentálního



**Obr. 16:** Rohovkový knoflík a duhovkový disk.



**Obr. 17:** Akrylová protéza s přetokem.



**Obr. 18:** Leštění.



**Obr. 19:** Konečná protéza.

### Životnost

Není přesně definované, jak dlouho protéza vydrží. Moderní plastové protézy jsou trvanlivé a nepraskají. Dochází však k postupnému zhoršování kvality plastu a pigmentů. Protéza by měla být měněna každé tři roky. Při případném poškrábání oční protézy je možné její přešetření. Velikost se může zmenšit nebo zvětšit v závislosti na změnách očníce. Každý pacient má nárok na 1 protézu v průběhu 3 let.

### Výhody a nevýhody

Protézy ze syntetické pryskyřice se kvůli nižší tvrdosti povrchu vyznačují větší mírou opotřebení, povrch se stává hrubším a nerovnoměrným po krátké době používání. Není zde taková smáčivost jako u skleněné protézy. Akrylátové protézy jsou však odolnější vůči naleptávajícímu účinku slz. Nevýhodou je i menší plasticita duhovky, naopak pupila vypadá přirozeněji. Doba výroby je delší než u skleněných protéz. U některých pacientů se také objevují alergie na tento materiál. Velkou výhodou je však menší rozbitnost.

### Orbitální protéza

Orbitální protéza, jinak nazývaná také obličejová ektoprotéza nebo epitéza, slouží k náhradě přední části oční koule, víček, řas a přilehlých měkkých tkání. Protéza není pohyblivá, stárne např. vlivem slunečního světla a tabákového kouře. Je třeba ji vyměnit každé dva až tři roky.

K použití orbitální protézy se zpravidla přistupuje při rozsáhlých defektech obličeje v důsledku úrazů (popáleniny, střílná poranění, autohavárie), po onkologických onemocnění a při vrozených deformitách.

## Materiál

Používá se pružný bezbarvý silikon, který musí být i v tence modelované vrstvě pevný, aby se netrhal, a dostatečně pružný, aby kopíroval pohyby okolních tkání. Dále zde musí být možné vybarvení po vrstvách tak, aby mohla být napodobena pacientova kůže.

### Výroba

Faciální protézy jsou obvykle vyráběny na základě konvenčních zobrazení a technik.

Prvním krokem před samotnou výrobou je setkání s pacientem, pokud možno ještě před primárním operačním zákrokem. Proveďte se fotografická dokumentace a otisk postižených i zdravých tkání, které doplňují symetrii dané části obličeje. Z tohoto otisku pak vzniká studijní model, který slouží jako předloha k budoucí modelaci epitézy.

Dalším krokem je získání otisku individuální lžící, z něj se pak vytvoří sádrový pracovní model. Za použití vosku v barvě lidské kůže se pak modeluje voskový model těla epitézy. Ten se zkouší na obličeji pacienta, díky zvolené barvě lze lépe posoudit výsledný kosmetický efekt.

Dokončený detailní voskový model se použije ke tvorbě dvojdišné sádrové formy. Další fází je nanášení silikonového materiálu v několika barevných odstínech do formy. Přirozeného vzhledu se docílí prosvítáním barev z hlubších vrstev silikonové hmoty, která je postupně vrstvena. Materiál je dobarvován vnitřně i zevně. První vrstva odpovídá povrchu epitézy a je transparentní. Následuje jádro s vyšším obsahem opákných přísad. Mezi jednotlivé vrstvy je možné přidat artefakty, které imitují např. drobné cévky.

Po naplnění formy následuje její uzavření a slisování silikonové hmoty. Po polymeraci, která se řídí návodem výrobce, je epitéza vyjmuta z formy, odstraní se přebytky a zkontroluje se její celistvost. Dalším krokem je již první zkouška na pacientovi. Při ní se ověřuje správná pozice epitézy na obličeji, její retence a stabilita a její začlenění do celkové symetrie obličeje se zaměřením na funkční a estetické požadavky celkové rekonstrukce. Epitéza je pak fixována na podpůrném nosiči (brýle, implantáty).

Posledním krokem je poučení pacienta – je informován o nasazování a snímání epitézy, o vlastnostech materiálu, z něhož je vyrobena, a o hygieně.



**Obr. 20:** Studijní model s laboratorními analogy implantátů.



**Obr. 21:** Výsledná silikonová epitéza.

Epitéza je plně hrazena z prostředků zdravotního pojištění. Podmínkou je schválení poukazu na ortopedickou-protetickou pomůcku revizním lékařem. Pacient má nárok na 1 kus individuálně zhotovované epitézy za 2 roky a opravu této epitézy.

Epitézu se doporučuje čistit jemnými štětci z přírodního materiálu a ne silonovými kartáčky, které by mohly dobarvovaný povrch silikonu snadno poškrábat. K hygienické očištění epitézy je nejvhodnější kvalitní toaletní mýdlo.

### Zdroje:

ARTOPOULOU, I.-I. et al. Digital imaging in the fabrication of ocular prostheses. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2006-04, vol. 95, no. 4, p. 327–330. DOI: 10.1016/j.prosdent.2006.01.018.

DARSOVÁ, Denisa. Oční protézy u dětí a žáků se zdravotním postižením. Oční klinika dětí a dospělých UK 2. LF a FN Motol. 2011

DOSHI, P.; ARUNA, B. Prosthetic management of patient with ocular defect. The Journal of Indian Prosthodontic Society. 2005, vol. 5, no. 1, p. 37–38.

GLIKLICH, R. E. et al. Combining Free Flap Reconstruction and Craniofacial Prosthetic Technique

for Orbit, Scalp, and Temporal Defects. *The Laryngoscope*. 1998, vol. 108, no. 4, p. 482–487. DOI: 10.1097/00005537-199804000-00004.

GOYAL, M.; GOYAL, S.; DHANASEKAR, B. Modern trends in modeling of extra-oral defects. *Indian Journal of Dental Research*. 2014, vol. 25, no. 1, p. 128. DOI: 10.4103/0970-9290.131170.

GUTTAL, S. S. et al. A Simple Method of Positioning the Iris Disk on a Custom-Made Ocular Prosthesis. A Clinical Report. *Journal of Prosthodontics*. 2008-04-01, vol. 17, no. 3, p. 223–227. DOI: 10.1111/j.1532-849X.2007.00272.x.

HOLAKOVSKÝ, J. Rekonstrukce orbity za podpory dentálních implantátů. *LKS*. 2007-z, vol. 17, no. 9, p. 25–27.

KATHURIA, N. et al. A modified technique and simplified laboratory procedure for Ocular Prosthesis Fabrication. *Journal of Prosthodontic Research*. 2012-04, vol. 56, no. 2, p. 147–150. DOI: 10.1016/j.jpor.2011.07.002.

LONSKÁ, J. et al. Naše zkušenosti se zhotovením obličejových epitéz. *Stomateam*. 2009-11-18. URL <<http://www.stomateam.cz/cz/nase-zkusenosti-se-zhotovenim-oblicejovych-epitez/>>.

MANTRI, S.; KH, Z. Prosthodontic Rehabilitation of Acquired Maxillofacial Defects. In AGULNIK, M. (ed.). *Head and Neck Cancer*. InTech, 2012-03-14 [cit. 2014-11-08]. URL <<http://www.intechopen.com/books/head-and-neck-cancer/prosthodontic-rehabilitation-of-acquired-maxillofacial-defects>>. ISBN: 978-953-51-0236-6.

MCCORD, C. ARTIFICIAL EYES; THE EARLY HISTORY OF OCULAR PROSTHESES. *Journal of Occupational Medicine*. 1965-02, p. 61–8.

PATIL, S. B. et al. Ocular prosthesis: a brief review and fabrication of an ocular prosthesis for a geriatric patient. *Gerodontology*. 2008-03-01, vol. 25, no. 1, p. 57–62. DOI: 10.1111/j.1741-2358.2007.00171.x.

RAIZADA, K.; RANI, D. Ocular prosthesis. *Contact Lens and Anterior Eye*. 2007-07, vol. 30, no. 3, p. 152–162. DOI: 10.1016/j.clae.2007.01.002.

ŠEMBEROVÁ, H. et al. Jak dosáhnout přirozené estetiky u obličejových epitéz? 2008-Autumn. URL <<http://www.stomateam.cz/cz/jak-dosahnout-prirozene-estetiky-u-oblicejovych-epitez/>>.

WALDHEGEROVÁ, L. Oční protězy. *Česká oční optika*. 2006-erven, vol. 47, no. 2, p. 44–46. Manufacturing of Ocular Prostheses - F.Ad. Müller Söhne. URL <[http://www.muellersoehne.com/en/m\\_tillverkning.htm](http://www.muellersoehne.com/en/m_tillverkning.htm)>.

Valtera protěžu laboratorija. URL <[http://www.vpl.lv/eng/ocular\\_prosthetics/choice\\_of\\_prosthesis](http://www.vpl.lv/eng/ocular_prosthetics/choice_of_prosthesis)>.

Úvod | Všeobecná zdravotní pojišťovna České republiky. URL <<http://www.vzp.cz/>>.

OČNÍ PROTÉZA, Asprion, Vídeň, Rakousko, ÚDRŽBA a ČASTO KLADENÉ OTÁZKY. URL <[http://www.asprion.at/ocni\\_protezy/casto\\_kladene\\_dotazy.html](http://www.asprion.at/ocni_protezy/casto_kladene_dotazy.html)>.



## Ocular prosthesis- Bc. Lucie Klusoňová

Supervisor: Mgr. Sylvie Petrová

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

---

Cosmetic ocular prosthesis

Glass ocular prostheses

Development

Pare started propage glass as a material for the prostheses production in France in the 16th century. Later, the manufacturing center moved to Venice and across France finished in Germany. Germany was very succesful in the production of glass ocular prostheses and the production technology is from there. The greatest success is credited to Ludwig Müller-Uri, from Germany. Czech republic manufacture glass eye prosthesis evolved after World War in Jablonec nad Nisou. With the beginning of World War II ceased to be the exclusive material for glass. However, it is in Europe for its positive qualities still used.

Production material

Production glass material is imported to Czech republic from Germany. The material can be devied to three groups by the purpose they are used for. Bulbus is manufactured from special opal glass which contains no hard metals and cadmium. Iris material is made of colour range glass. They mix with each other therefore make optimal iris color. Cornea is made from cristalic glass, which overlaps colored iris. By layering it is made natural and deep look.

Manufacture process

Manufacture glass ocular prosthesis is very difficul. Client sees the hole process by himself/herself. The process lasts aproximately one hour. At first is mandatory to measure patient's orbit and chose proper prosthesis shape. Orbit deep, eyelids shape, eyelids muscles and after surgery state is checked. Optimal shape is chosen from probationary models.

Two centimetres long glass tube is heated over a burner. Part of the glass tube is blown to a size of an eye, which is in the center of the tube. It's end is removed. First layer of colour is smelt on the top of the ball, which is blown to the shape of a half of a ball.

On the final half-ball is painted future iris with properly chosen coloured sticks. After the paining is done, the half-ball is blown through until it shapes into the final iris with ball. Black glass stick paints pupil to the center with diameter 3 mm. Black glass is mashed by float until it gets the right size. Everything is heaten up again, rolled and blown through. Therefore all glass layers are merged together.

Then we have to make crystallic surface. Crystallic stick and top of the ball with iris is heaten up. Crystal is melt to the iris, so it makes an illusion of the real eye.

Arterioles are painted on the sclera for more realistic look. Arterioles are made with thread which are thick as hair. To rub the prosthesis it has to be heaten up once more. At last, the ball is shaped with blowing by the pattern. Edges are shaped with flame and the size must be checked all the time to fit right into patient's eye. Back side of the ball is heated and blown, therefore it is ready for removing and the prosthesis get the right shell shape.

Prosthesis is cooled in warm grafit bowl with sand. This phase lasts about 40 minutes and prosthesis may crack, because it doesn't have the same diameter thickness. After cooling process, prosthesis is washed in a warm water, after that it can be tried on the patient.

In case of manufacture failure, whole process must be done all over again, because defected prosthesis cannot be fixed.



Pic. 1: Partially finished prosthesis, black sticks on pupil.



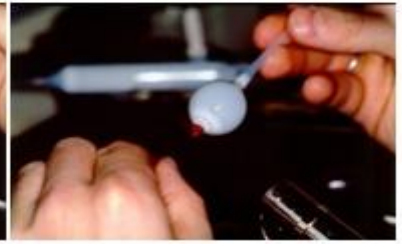
Pic. 2: Tools measuring distance, coloured sticks.



**Pic. 3:** Glass is shaped into size of an eye.



**Pic. 4:** Front bearing part is removed.



**Pic. 5:** Smelt of the ground colour.



**Pic. 6:** Shaping the ground colour.



**Pic. 7:** Using the colour sticks.



**Pic. 8:** Creating the cornea.

#### Care and service life

It's necessary to care about prosthesis to prevent health complications and material wear. Because tears damage a prosthesis, it must be put out every morning and the evening to clean it under the water. It is advised to clean orbits as well, especially during inflammation, cold or influenza. For dry eye, wet drops should be used. In case of right usage it is possible to wear continually. If patient doesn't want to wear prosthesis during the night, he/she can clean it, dry it and put it into the closed box. If rough surface irritates orbit to product more tears, it is wise to change the prosthesis.

Patient has right to have two glass prosthesis per year, which are payed by health insurance. Prosthesis are described by doctor, and approval by revision doctor is not necessary. In case of prosthesis damage, patient has to pay the new one himself/herself. Special glass prostheses are recommended to wear from one to one and a half a year.

#### Advantages and disadvantages

Glass ocular prostheses are solution of patients who have allergies on acryl ocular prostheses. They also have quallities like colour stadiness and shine of a natural healthy eye. Iris seems to be plastic and deep. Manufacture technique creates smooth surface without protuberances, which makes wearing comfortable. Wettability of the glass is good as well, and it makes thin slippery film, which protects sensitive conjunctive from harder friction. Moreover, patient's prosthesis is manufactured during the appointment, so he/she can wait to pick it up.

In comparison to acryl prostheses, glass ones are more difficult to make. When prosthesis has contact with eye liquids, which have lower pH, then surface is damaged, and it makes uncomfortable feeling when wearing. Glass is prone to scratch, mostly by dust or other kind of dirt that enter under an eyelid and damages prosthesis with grooves.

Main disadvantage of a glass prosthesis is it's fragility. Prosthesis is damages especially during putting it out phase when cleaning, but it can be shattered when doing sports or in an accident. It is important to care about hot temperatures, or else prosthesis can crack. Prosthesis is uncomfortably cold during winter, there is also chance for tears to freeze to the surface of the ball. The only appearance problem is the pupil, which seems like an artificial ball, and makes unnatural look.

#### Acryl ocular prostheses

##### Development

Testing acrylec resin began in USA in 1943. It was necessary to find new material because the import of glass was suspended. In addition, some characteristics of glass were not fully complying. From this reason started manufacture of storage acrylate ocular prosthesis in several shapes and colors of the iris. This prosthesis could not provide adequate comfort for patients, so it started individual manufacture. Currently acrylate, superpont and methylmethacrylat are used as amterial for manufacturing prostheses. This base material comprises 95 % mixture, the remaining 5 % are unknown for public,

constantly changing additives.

### Manufacture

Impression patient's orbit is taken by impression tray. This impression trays are made from acrylic resin, they have hollow handle, the moulding material is injected. If the impression is right, the excess material is removed and the periphery of the impression serves as basis for manufacturing of ocular prostheses.

The impression is used to manufacture the mold. After hardening the mold, its surface is rebbed by separating material and then molten wax can be poured into the prepared mold.

Wax model is after then check and adjusted to right simulate the lost eye. It's checking the correct, size, tissues support, eye's movement and right place eyelids. There are more methods of manufacture and centration of the iris. The most easy method is choosing the premade disc, which color is same like the natural contralateral eye. The most difficult method is painting the iris on the disk with oil colors mixed into the polymethacrylate color medium.

Corneal button is made using a heat-polymerizing acrylic resin. The button size is similar to the size of the iris disc. It's connected to the painted iris disc using cryanacrylate glue.

If we have done wax pattern, we continue with manufacture mold from dental stone or plaster. The iris disk is placed into this mold and it's poured by white polymethylmethacrylat. It's cured in an oven for 2,5 hours. It 's kept at 110 °C temperature and at 4 bar pressure. After curing it's excess material remove and the prosthesis is ground and polished. It's possible to insert prosthesis into a patient's orbit and check the size and iris location in white base. If the result is satisfactory, we can start with toning process. Cotton rayon threads are used to give the appearance of blood vessel appearance. Dry stable natural fine grinded colour pigments are used to give the exact shade to the sclera corresponding to the patient's fellow eye. Once it is ensured that the exact colour matching has been achieved, the base of the prosthesis is kept in the oven at 85 °C for 30 min. This cures the colours to saturation levels and prevents any future fading. Once the artwork is completed, the shell is put back into mould and a layer of clear plastic is polymerized on the front surface, completing the fabrication process. After trimming and polishing, the final prosthesis may need minor adjustments such as adding or removal of PMMA in different places.



**Pic.12:** Impression tray.



**Pic.13:** impression.



**Pic.14:** Wax model.



**Pic.15:** Making dental stone mold.



**Pic.16:** Corneal button and iris disk.



**Pic.17:** Acrylic prosthesis with excess matherial.



**Pic.18:** Polishing.



**Pic.19:** Final prosthesis.

#### Service life

It is not precisely defined, how long the prosthesis will last. Modern plastic prostheses are durable and do not crack. Plastic and pigment quality are gradual degradation. Prosthesis should be changed every three years. In the case scratching the ocular prosthesis, can be polished. The prosthesis size can be decrease or increase in dependence of an orbital changes. The patient has the right to have one prosthesis per three years.

#### Advantages and disadvantages

Prostheses of a synthetic resin due to the lower hardness of the surface characterized by greater degree of wear, the surface becomes rough and uneven after a short period of use. This prostheses have not wettability like the glass prostheses. Acrylic prosthesis are however more resistant to acid tears effect. The disadvantage is also smaller plasticity of iris, on the other side the pupil look more natural. The manufacture time is longer than manufacture time glass prostheses. Some patients have allergies to this material. The great advantage is however less breakage.

#### Orbital prostheses

Also know as face ectoprosthesis or epithesis, serves as a substitute for front part of an eyeball, eyelids, eyelashes and an adjacent soft tissues. Prosthesis is not movable and gets old e.g. because of the sunlight, or tobacco smoke. It must be changed ever two or three years.

Orbital prosthesis is mostly added when patient has extensive defect on the face after accidents like burns, shot injuries, car accident, etc., then after oncological illness and born deformations.

#### Material

It is made from flexible colourless silicon, which has to be stable even in the thin layer, should not tear apart and it must be flexible enough to copy surround tissues. Colouring is made layer after layer, so patient's skin colour will match perfectly.

#### Výroba

Facial prostheses are mostly based on conventional pictures and techniques. First step before manufacture itself, it is important to meet the patient, even before a surgery if possible. Afflicted and healthy tissues are photographed and imprinted to create prothesis which fits to the face symmetry of a patient. This imprint serves as a pattern for the future epithesis model.

Next step is taking an imprint with an individual spoon, which creates gypseous working model. Body of an epithesis model is created by skin coloured wax. Then it is tried on patient's face, so thanks to the colour it can be see the final cosmetic result.

Final detailed wax model is used for two-parted gypseous form. Next phase is application of a silicon material in several colour shades to the form. To make natural look, colours from deeper layers transparents to the top. Material is coloured inside and outside. First layer has surface of the epithesis and it is transparent. Then there is a core with higher opaque additives. There can be put any other artefact between the layers, such as imitations of little catheters.

After filling the form, it is closed and silicone material is compressed. After a polymerization, which is ordered by manufacturer, epithesis is taken out of the form, surpluses are removed and it's sensitivity is checked. Next step is try out itself. During the try out, epithesis position on the face, stability, face symmetry, and retention is checked, focusing on esthetic request of an overall reconstruction. Epithesis is fixed on a carrier (glasses, implant).

Last step is enlightenment of the patient. He/she is informed how to use epithesis, about material it is made of and hygiene.



**Obr.20:** Study model with laboratory analog implants.



**Obr.21:** Final silicone epithesis.

Epithesis is fully paid by health insurance. The only condition is an approval of the voucher by revision doctor for an orthopedic-prosthetic aid. Patient has the right for one individually manufactured epithesis per two years, and a repairment of this epithesis.

It is recommended to clean the epithesis with soft brushes made of natural material, not with synthetic ones, which can scratch the coloured surface. For hygienic cleanse, it is advised to use high quality toilet soap.

Sources:

ARTOPOULOU, I.-I. et al. Digital imaging in the fabrication of ocular prostheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2006-04, vol. 95, no. 4, p. 327–330. DOI: 10.1016/j.prosdent.2006.01.018.

DARSOVÁ, Denisa. Oční protézy u dětí a žáků se zdravotním postižením. *Oční klinika dětí a dospělých UK 2. LF a FN Motol*. 2011

DOSHI, P.; ARUNA, B. Prosthetic management of patient with ocular defect. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2005, vol. 5, no. 1, p. 37–38.

GLIKLICH, R. E. et al. Combining Free Flap Reconstruction and Craniofacial Prosthetic Technique for Orbit, Scalp, and Temporal Defects. *The Laryngoscope*. 1998, vol. 108, no. 4, p. 482–487. DOI: 10.1097/00005537-199804000-00004.

GOYAL, M.; GOYAL, S.; DHANASEKAR, B. Modern trends in modeling of extra-oral defects. *Indian Journal of Dental Research*. 2014, vol. 25, no. 1, p. 128. DOI: 10.4103/0970-9290.131170.

GUTTAL, S. S. et al. A Simple Method of Positioning the Iris Disk on a Custom-Made Ocular Prosthesis. *A Clinical Report. Journal of Prosthodontics*. 2008-04-01, vol. 17, no. 3, p. 223–227. DOI: 10.1111/j.1532-849X.2007.00272.x.

HOLAKOVSKÝ, J. Rekonstrukce orbity za podpory dentálních implantátů. *LKS*. 2007-z, vol. 17, no. 9, p. 25–27.

KATHURIA, N. et al. A modified technique and simplified laboratory procedure for Ocular Prosthesis Fabrication. *Journal of Prosthodontic Research*. 2012-04, vol. 56, no. 2, p. 147–150. DOI: 10.1016/j.jpor.2011.07.002.

LONSKÁ, J. et al. Naše zkušenosti se zhotovením obličejových epitéz. *Stomateam*. 2009-11-18. URL <<http://www.stomateam.cz/cz/nase-zkusenosti-se-zhotovenim-oblicejovych-epitez/>>.

MANTRI, S.; KH, Z. Prosthodontic Rehabilitation of Acquired Maxillofacial Defects. In AGULNIK, M. (ed.). *Head and Neck Cancer*. InTech, 2012-03-14 [cit. 2014-11-08]. URL <<http://www.intechopen.com/books/head-and-neck-cancer/prosthodontic-rehabilitation-of-acquired-maxillofacial-defects>>. ISBN: 978-953-51-0236-6.

MCCORD, C. ARTIFICIAL EYES; THE EARLY HISTORY OF OCULAR PROSTHESES. *Journal of Occupational Medicine*. 1965-02, p. 61–8.

PATIL, S. B. et al. Ocular prosthesis: a brief review and fabrication of an ocular prosthesis for a geriatric patient. *Gerodontology*. 2008-03-01, vol. 25, no. 1, p. 57–62. DOI: 10.1111/j.1741-2358.2007.00171.x.

RAIZADA, K.; RANI, D. Ocular prosthesis. *Contact Lens and Anterior Eye*. 2007-07, vol. 30, no. 3, p. 152–162. DOI: 10.1016/j.clae.2007.01.002.

ŠEMBEROVÁ, H. et al. Jak dosáhnout přirozené estetiky u obličejových epitéz? 2008-Autumn. URL <<http://www.stomateam.cz/cz/jak-dosahnout-prirozene-estetiky-u-oblicejovych-epitez/>>.

WALDHEGEROVÁ, L. Oční protézy. *Česká oční optika*. 2006-erven, vol. 47, no. 2, p. 44–46.

Manufacturing of Ocular Prostheses - F.Ad. Müller Söhne. URL <[http://www.muellersoehne.com/en/m\\_tillverkning.htm](http://www.muellersoehne.com/en/m_tillverkning.htm)>.

Valtera protěžu laboratorija. URL <[http://www.vpl.lv/eng/ocular\\_prosthetics/choice\\_of\\_prosthesis](http://www.vpl.lv/eng/ocular_prosthetics/choice_of_prosthesis)>.  
Úvod | Všeobecná zdravotní pojišťovna České republiky. URL <<http://www.vzp.cz/>>.  
OČNÍ PROTÉZA, Asprion, Vídeň, Rakousko, ÚDRŽBA a ČASTO KLADENÉ OTÁZKY. URL  
<[http://www.asprion.at/ocni\\_protezy/casto\\_kladene\\_dotazy.html](http://www.asprion.at/ocni_protezy/casto_kladene_dotazy.html)>.

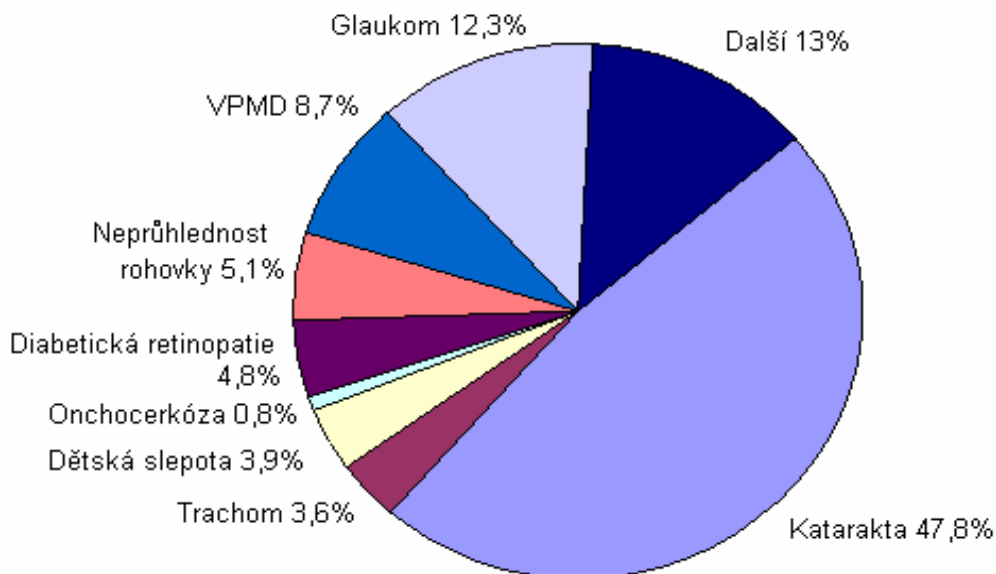
## 25. Záchyt rizikových diagnóz na optometrickém pracovišti- Bc.Larysa Baron

Vedoucí práce: MUDr. Monika Synková

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

### Úvod

Mezi hlavní rizikové diagnózy můžeme zařadit glaukom, věkem podmíněnou makulární degeneraci a diabetickou retinopatii. A to zejména proto, že tvoří spolu s kataraktou nejčastější příčiny oslepnutí ve vyspělých zemích. V následujícím grafu je znázorněno procentuální zastoupení příčin slepoty v celosvětovém měřítku zveřejněný světovou zdravotnickou organizací (WHO) z roku 2002. [1, 2, 3]



Graf: Procentuální rozdělení příčin oslepnutí ve světě. [1]

Profese optometrie bezesporu přispívá ke zvýšení kvality zdravotnických služeb v rámci primární péče o zrak. Při vzájemné spolupráci s ortoptisty a oftalmology lze vytvořit komplexní péči o zdraví našich očí, které jsou po mozku druhým nejsložitějším orgánem v našem těle. Společně tyto profese usilují o snížení prevalence onemocnění, zrakových postižení a slepoty. Kromě základního vyšetření zrakových funkcí je žádoucí, aby každý optometrsta (podle pracovních podmínek) využíval i většinu jednoduchých doplňkových testů. Příkladem je konfrontační zkouška pro orientační vyšetření zorného pole; Amslerova mřížka; testy ke stanovení kontrastní citlivosti, barvocitu; break-up time test a jiné. Dále podle vybavení pracoviště tonometr, perimetr a přístroje pro vyšetření předního segmentu oka a očního pozadí. Diagnostikovat případná onemocnění nepovoluje optometristovi legislativa ČR. Dobrý pracovník v optometrii si plně uvědomuje svou zodpovědnost, proto je v tomto směru hlavním úkolem záchyt přítomné patologie a odeslání pacienta k očnímu lékaři. Celosvětový trend je takový, že optometrsta bude prvním odborníkem se kterým se klient dostane do kontaktu. [4, 5]

### GLAUKOM

Termín glaukom znamená skupinu chorobných stavů. Přesnější definice glaukomu je „chronická, progresivní a oboustranná neuropatie optiku“. Ve většině případů je hlavním ukazatelem vysoký nitrooční tlak (NT), který při překročení hranice individuálního fyziologického NT nastartuje dlouhodobý proces poškozování nervových vláken zrakového nervu. Během delšího časového intervalu dochází k postupné exkavaci terče zrakového nervu s charakteristickými výpadky v zorném poli a snížení zrakové ostroty. [1, 6, 7, 9]

Glaukom	Diagnostická jednotka	
PRIMÁRNÍ GLAUKOM	s otevřeným úhlem	primární glaukom normotenzní glaukom oční hypertenze
	s uzavřeným úhlem	akutní glaukom intermitentní glaukom chronický glaukom
SEKUNDÁRNÍ GLAUKOM	s otevřeným úhlem	příčina oční choroby:  pseudoexfoliační glaukom (způsoben fibrily, hručky čočkového materiálu) pigmentový glaukom (způsobeno výsevem pigmentu ze zadního duhovkového listu do komorového úhlu) glaukom indukovaný čočkou glaukom z nitroočního krvácení glaukom ze zánětu uvnitř oka glaukom při nádorech oka glaukom při amoci sítnice glaukom po očních úrazech  příčina iatrogenní:  glaukom ze steroidů (způsobeno dlouhodobou léčbou kortikosteroidů) glaukom po nitroočních operacích glaukom z jiného onemocnění glaukom při zvýšeném tlaku ve vénách v episklerální oblasti
	s uzavřeným úhlem	glaukom s pupilárním blokem glaukom bez pupilárního bloku
GLAUKOM DĚTSKÉHO VĚKU	kongenitální glaukom infantilní glaukom juvenilní glaukom	

Tabulka: klasifikace glaukomu podle nálezu v komorovém úhlu. [6]

#### Primární glaukom s otevřeným úhlem

Je nejčastější forma glaukomu, v 70% případů. Prevalence onemocnění v rozvinutých zemích je udávána na cca 2% u osob starších 40 let. Onemocnění ze začátku nevykazuje žádné subjektivní příznaky. Postupně narůstá objektivní rizikový faktor nitrooční tlak, který může vykazovat nepravidelné kolísání. Velikost tlaku na oku s glaukomem je rozmanitá mezi 20-40 mmHg. Progrese onemocnění trvá řádově roky, než dojde k výrazným změnám ve vidění. Vlivem tlaku dochází k odumírání nervových vláken, které už nelze obnovit žádnou léčbou. Proto hraje důležitou roli screening onemocnění. Pravidelné návštěvy oftalmologa platí pro pacienty s pozitivní rodinnou anamnézou, diabetiky a lidé staršího věku nad 40 let. [7]

#### Primární glaukom s uzavřeným úhlem

Typický u osob predisponovaných s užším komorovým úhlem, který se v některém okamžiku střední mydriázy může uzavřít. Stav způsobuje pupilární blok při dotyku duhovky s přední částí čočky. Duhovku vytlačuje nahromaděná nitrooční tekutina v zadní komoře do předních částí. Trabekulární síť



je blokována a neprotéká jí fyziologicky nitrooční tekutina. Vyvolává zvýšení nitroočního tlaku. Rozlišujeme formu akutní, subakutní a chronickou. U akutního glaukomu, kdy tlak stoupá často na 40mmHg jsou přítomny nápadné subjektivní i objektivní příznaky. K subjektivním patří nevolnost, zvracení, bolesti poloviny hlavy, bolesti oka, rozmazané vidění, iritace a fotofobie. Objektivně nalezneme smíšenou injekci, edematózní rohovku, zornici ve střední mydriáze. Pokud záchvat trvá déle a není zastaven tvoří se na přední ploše čočky zákalky a goniosynechie. Akutní zánět může předcházet sled malých záchvatů tzv. prodromy. Při chronickém glaukomu už nitrooční tlak neklesne na normální hodnotu. Přítomny jsou trvalé srůsty duhovky s okolím. Vydráždění stavu někdy vyvolává užívání některých léků a stres. [7]

Záchyt glaukomu na optometrickém pracovišti  
Postup základního vyšetření:

#### ANAMNÉZA

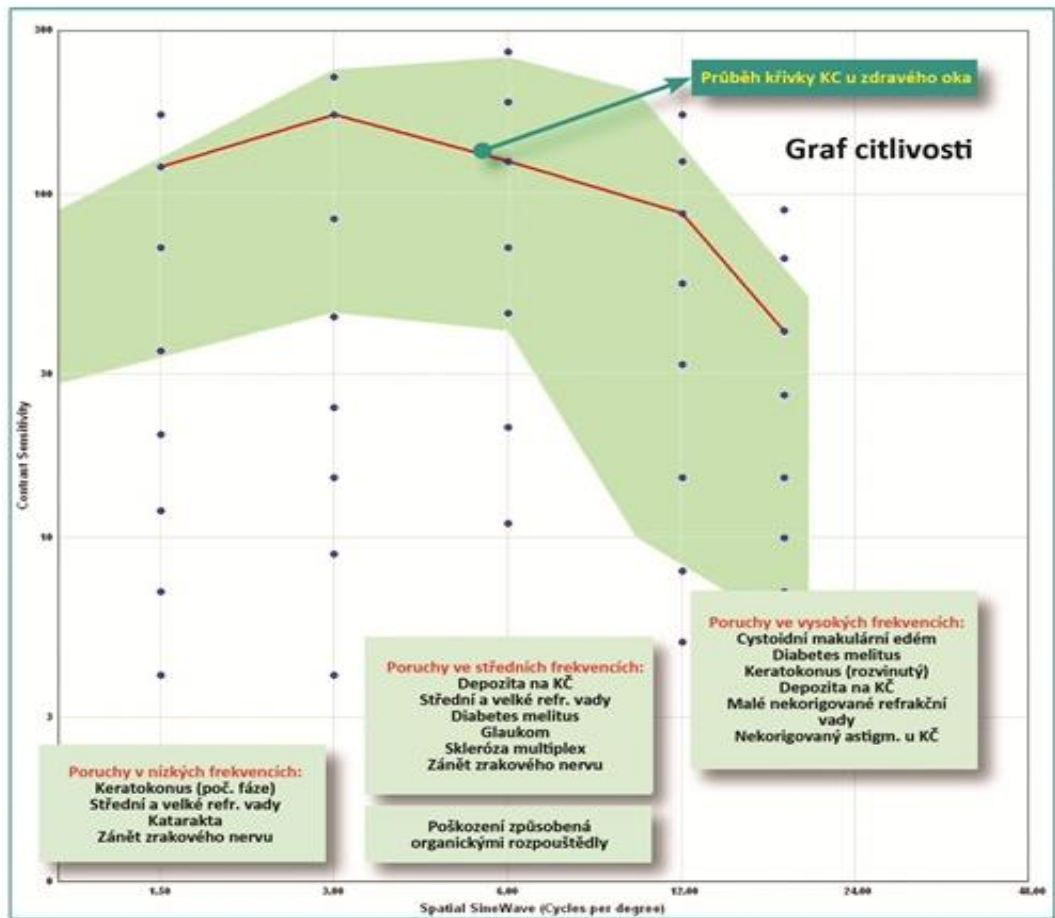
Zjišťujeme věk, vysokou refrakční vadu hypermetropii nebo myopii, trpí-li hypertenzí. Vyskytuje-li se v rodině glaukom. Prostý glaukom je charakterizován bezpříznakovým průběhem v počátečním stádiu. Oproti tomu chronický glaukom s uzavřeným úhlem vykazuje více příznaků, např. tlak v očích, bolesti hlavy, mírné zčervenání oka, problémy s viděním v noci, irizaci, občasné zamlžení vidění. [7, 8]

#### ZRAKOVÁ OSTROST

Vyšetření vízu je hlavní pracovní náplní optometristy. V počátečních stádiích je centrální zrková ostrost zachována beze změn. V pokročilých stádiích, kdy vznikne atrofie terče zrakového nervu, způsobuje onemocnění výrazný pokles vízu z důvodu poškození papilomakulárního svazku nervových vláken. U akutního uzávěru úhlu pokles ovlivňuje edém rohovky. Zrková ostrost je testována na optotypech. [6, 7]

#### KONTRASTNÍ CITLIVOST

Při glaukomovém onemocnění klesá senzitivita na kontrast zejména ve střední frekvencích dříve, než jsou patrné změny na perimetru. Příčinou poklesu je poškození magnocelulárních gangliových buněk zodpovědných za reakci na větší, pohybující se předměty s vysokým kontrastem. Na rozdíl od pozdějších změn v zorném poli, způsobené vlivem postižení parvocelulárních gangliových buněk, které reagují na nízké frekvence. V pokročilých stádiích glaukomu je tedy kontrastní citlivost snížena ve všech prostorových frekvencích. K vyšetření kontrastní citlivosti se používají např. Pelli-Robson tabulky, Ginsburgovy tabule, VCTS (visual contrast test system) [6, 7]



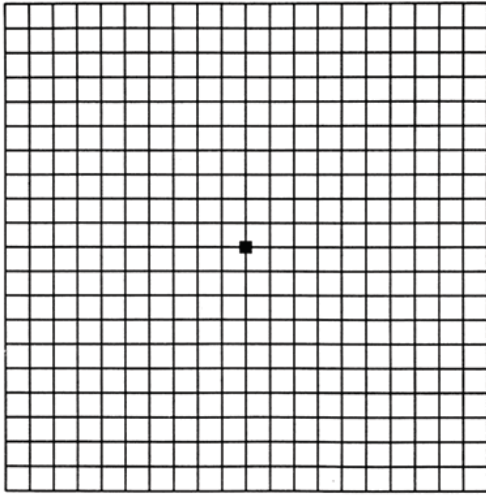
Obrázek č. 1. Křivka kontrastní citlivosti

### BARVOCIT

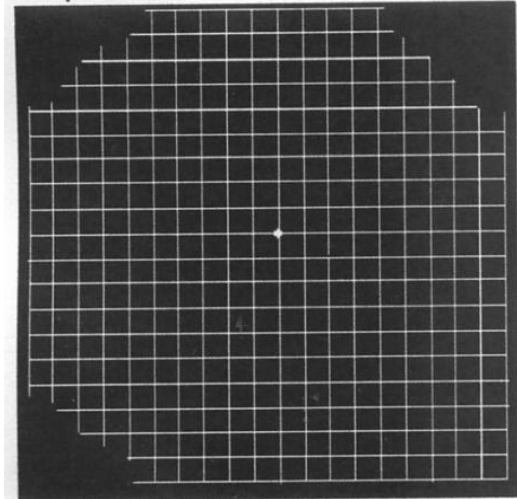
Poruchy barvocitu jsou běžné ve stáří, vlivem degenerativních procesů na sítnici a určitými léky (př. kardiaka). Glaukom ovlivňuje vnímání barev zejména v oblasti modré a žluté. Poruchy barvocitu předchází změny v zorném poli o několik let. Test barvocitu je rychlým orientačním vyšetřením, které má veliký význam pro včasné odhalení glaukomu. K vyšetření barvocitu se používají pseudoizochromatické tabulky, Fransworth-Munsell 100-hue-test a jeho zkrácené verze. [6, 7]

### AMSLEROVA MŘÍŽKA

Slouží k vyšetření změn centrálního zorného pole do 20°. Pokročilejší stádia glaukomu způsobují výpadky čar nebo rohů mřížky. Příkladem výpadků některého z rohů je obloukovitý výpadek zorného pole typický pro glaukomové onemocnění. Deformace neboli metamorfózie v mřížce poukazují na poruchu sítnice, např. VPMD. [7]



Obrázek č. 2. Amslerova mřížka

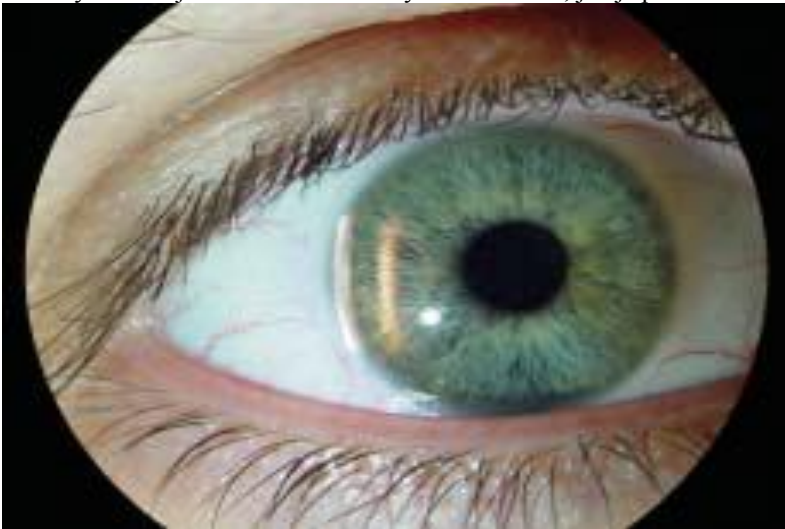


Obrázek č.3. Amslerova mřížka při glaukomu

### BIOMIKROSKOPIE

Vyšetření na štěrbinové lampě je v souvislosti s glaukomem významné především v při kontrole stavu rohovky a zornice, obsahu a hloubky přední komory.

Optometrista má možnost využít Van Herickovu metodu na štěrbinové lampě k posouzení hloubky přední komory, která je důležitým parametrem při diagnostice glaukomu. Tato metoda je rychlá, bez potřeby speciálních pomůcek. Technika využívá úzkého paprsku světla promítaného pod úhlem 60° na periferní část rohovky co nejbližší limbu. Vznikne odraz světla ze štěrbinové lampy na povrchu rohovky. Posuzujeme šíři dvou vzniklých řezů světla, jak je patrné na obrázku č.4. [6, 13]

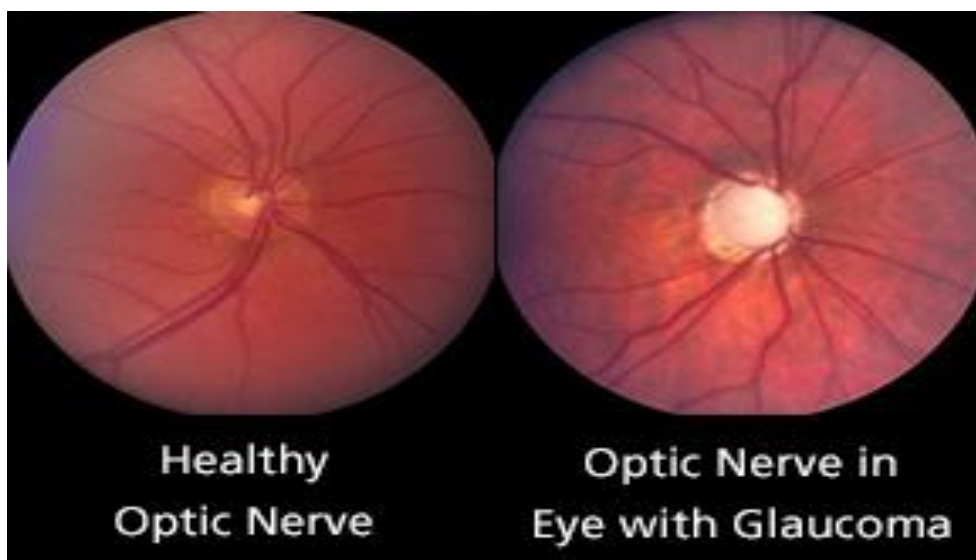


Obrázek č.4. Zobrazení šíře komorového úhlu dle Van Herickovy metody

### OFTALMOSKOPIE

Přímá oftalmoskopie slouží k rychlému orientačnímu vyšetření očního pozadí. Za použití ručního oftalmoskopu, který zvětšuje až 14x prohlédneme terč zrakového nervu a centrální krajinu. Optometrista mění pohled podle toho, jakou část periferie chce vyšetřit. [7]

U glaukomu hledáme změny vzhledu papily zrakového nervu a asymetrický nález mezi oběma očima typický pro glaukom. Přímou oftalmoskopií hůře pozorujeme hloubku exkavace. Při atrofii nervových vláken dochází k posunu cévní branky nazálně, vlivem změn exkavace, až postupný ohyb tzv. bajonetový při okraji exkavace. Vyšetření stanovuje vzájemný poměr exkavace a terče, obvykle v horizontální rovině (tzv. cup/disk ratio) udávající pokročilost glaukomu. [7]



Obrázek č. 5. Vlevo oční pozadí zdravého oka, vpravo oka s glaukomem

Další možnosti závisí na vybavenosti pracoviště přístroji-bezkontaktní tonometr, perimetr a některé zobrazovací techniky-Heidelberg Retina Tomograph (HRT), GDx Nerve fiber Analyzer, optická koherentní tomografie (OCT), retinal thickness analyzer (RTA). [6]

#### TONOMETRIE

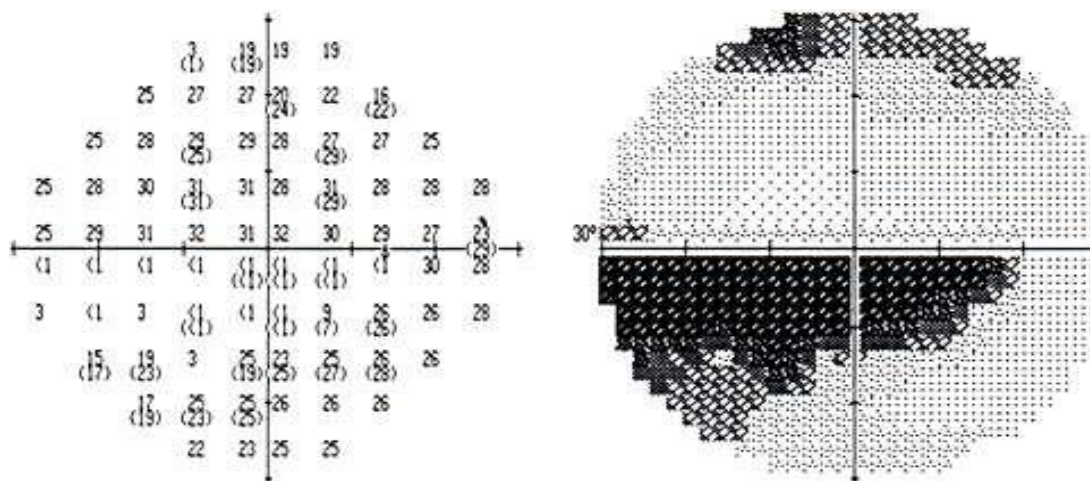
Legislativa umožňuje optometristům měřit nitrooční tlak pouze bezkontaktní metodou, při které není nutná lokální anestezie. Mnoho optometrických pracovišť je vybaveno přístrojem kombinující autorefraktometr a bezkontaktní tonometr, který se stává ideálním přístrojem ke screeningu větších skupin osob. Funguje na principu aplanace rohovky proudem vzduchu, systém bere v úvahu i čas potřený k oploštění rohovky. Měření je provedeno vícekrát a z toho je vytvořena průměrná hodnota NT. Další bezkontaktní metodou je např. Pascalův dynamický konturní tonometr, Ocular response Analyzer (ORA). [6, 7, 10]

Rizikovým faktorem pro vznik glaukomu je NT vyšší než 21mmHg. Výsledky ovlivňuje srdeční rytmus, tloušťka rohovky i patologické změny na rohovce např. edém, jizva. [6, 7, 10]

#### PERIMETRIE

Perimetrie je metoda subjektivní, umožňující vyšetření zorného pole. Principem je rozlišení světelné značky od pozadí přístroje. Rozlišujeme perimetrii kinetickou, od které se však v dnešní době ustupuje a statickou. Stanovení diagnózy z výsledných dat perimetru vyžaduje určitou zkušenost lékaře. Pro orientační vyšetření zorného pole může optometrista využít velmi jednoduchou metodu s názvem konfrontační zkouška. [6, 7]

Konfrontační zkouška je užitečný orientační test k vyšetření zorného pole, bez jakýchkoliv pomůcek. Vyšetřující a pacient sedí ve vzdálenosti asi 1 m od sebe. Oba si zakryjí protilehlé oko. Optometrista pohybuje svým prstem z periferie do centra a srovnává svoje zorné pole s pacientovým. [7]



Obrázek č.6. Číselná a černobílá mapa z perimetru u glaukomu

U glaukomu dochází k postupné atrofie nervových vláken, tento stav se projeví výpadky v zorném poli. Počátečním příznakem glaukomu bývají malé paracentrální skotomy kolem bodu fixace. Spojením malých paracentrálních defektů vznikne Bjerrumův skotom. Závěrem onemocnění je trubicovité vidění bez schopnosti prostorové orientace nebo jen malá část periferního temporálního pole. [6, 7, 8]

#### VĚKEM PODMÍNĚNÁ MAKULÁRNÍ DEGENERACE (VMPD)

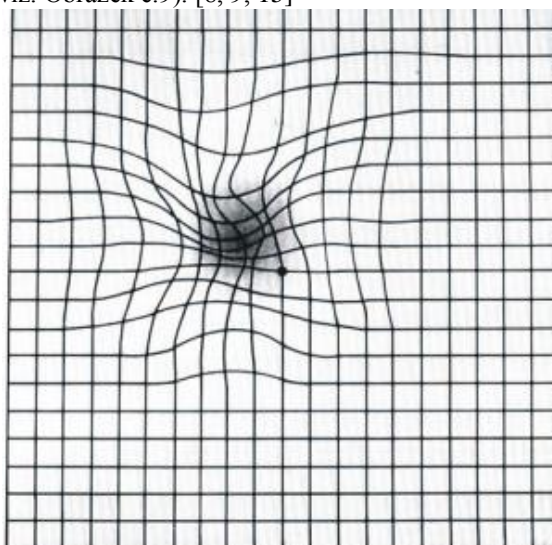
Onemocnění spojené se starším věkem, zejména nad 50 let, kdy dochází k postupným změnám v centrální části sítnice a tím i poklesu centrální zrakové ostrosti. K rizikovým faktorům řadíme pozitivní rodinnou anamnézu, pokročilý věk a faktory způsobující časté recidivy kouření, hypertenze, postižení druhého oka vlhkou formou. VPMd se vyskytuje ve vyspělých zemích ve věku 52-64 let u 1,5% osob, s věkem postupně narůstá až přibližně do 35% u osob ve věku 75-84 let. Onemocnění má dvě formy atrofickou a exsudativní neboli suchou a vlhkou. Společným znakem obou je tvorba drůz a přesun pigmentu. Drůzy vznikají ukládáním lipidů na sítnici. Tyto metabolity mají podobu drobných chuchvalcovitých útvarů. Rozlišujeme drůzy tvrdé a měkké, které jsou specifické pro různé formy. S progresí degenerace dochází k atrofii pigmentového epitelu sítnice nebo nadzvednutí sítnice, pod kterou se dostává krev. [1, 8]

Atrofická forma neboli suchá tvoří 90% všech VPMd. Na sítnici jsou přítomny tvrdé drůzy, které mohou více či méně ovlivňovat centrální zrakovou ostrost. Pro exsudativní formu jsou typické měkké drůzy a neovaskulární membrána, vytvořená vlivem hypoxie a sníženého metabolismu sítnice. Postupně dochází k defektům v předních vrstvách sítnice a prosakování krve z neovaskulární membrány. Přejít ze suché formy na vlhkou se projeví znatelnou změnou zraku. [1]

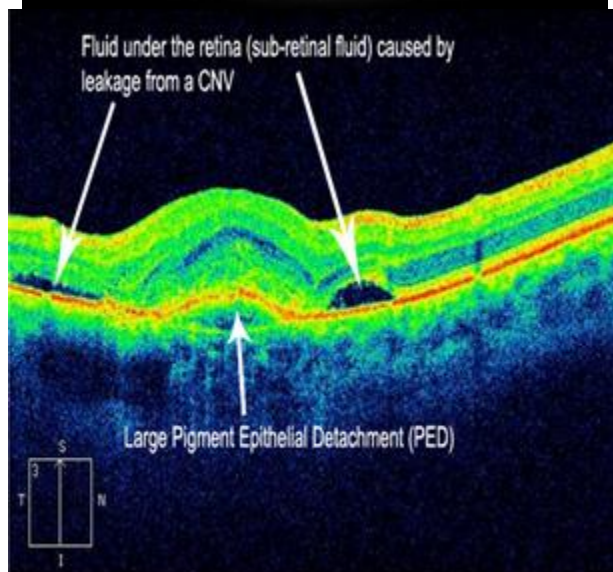
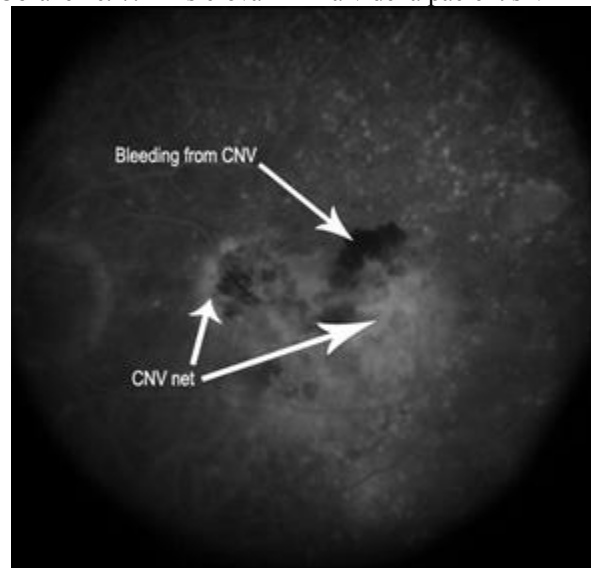
#### ZÁCHYT VPMd NA OPTOMETRICKÉM PRACOVÍŠTI

Každé vyšetření by mělo začínat podrobnou anamnézou, která může být vodítkem k detekci některých onemocnění. Při anamnéze si může pacient stěžovat na pokles zrakové ostrosti. Zhoršené vidění na blízko. Při čtení na výpadky písmenek nebo pokrivení textu, které ale už často svědčí o přechodu ze suché na formu vlhkou. Možná je i asymptomatická verze u suché formy. O poklesu zrakové ostrosti do dálky i do blízka se optometrista přesvědčí při vyšetření na optotypu. Zejména když má pacientův záznam je schopen porovnat narůstající změny. Obecně s věkem dochází ke sníženému vnímání kontrastu. Vlivem VPMd dochází k prohlubování poklesu senzitivity na kontrast. Amslerova mřížka je při tomto onemocnění velkým pomocníkem zejména při samovyšetření, které je indikováno u suché formy pro sledování případné progresse onemocnění. Pacient s makulární degenerací vidí mřížku v centru deformovanou. Nejdříve se jedná o lehké pokrivení nebo zvlnění čar, které může manifestovat v silně deformovaný obraz ve středu mřížku (viz. obrázek č. 7). Věkem podmíněná makulární degenerace, už z názvu je patrné, že onemocnění postihuje centrální část sítnice, tedy i nejostřejší místo vidění, díky kterému vnímáme barvy. Proto vyšetření barvocitu může upozornit na probíhající změny v sítnici. S progresí onemocnění dochází k postupnému snižování jasu barevných objektů. S postižením čípků souvisí i schopnost adaptace a to zejména na tmou, kterou je možné testovat pomocí Hartingerova adaptometru. Biomikroskopie a oftalmoskopie se v tomto případě musí provádět za použití speciálních zvětšovacích čoček, které používají oftalmologové k detailnímu zobrazení jednotlivých částí sítnice. Nejvíce využívaná zobrazovací technika je fluorescenční angiografie, při které oftalmolog aplikuje sodnou sůl fluoresceinu do žíly. Při aktivaci modrým

světlem jsou zobrazeny, pomocí fundus kamery, cévy choroidey (viz. Obrázek č. 8). Dalším přístrojem je OCT. Optická koherentní tomografie využívá infračervené světlo k zobrazení retinálních struktur v příčném řezu (viz. Obrázek č.9). [8, 9, 15]



Obrázek č. 7. Amslerova mřížka viděna pacient s VPMD



Obr.č.8.Fluorecenční angiografie při VPMD

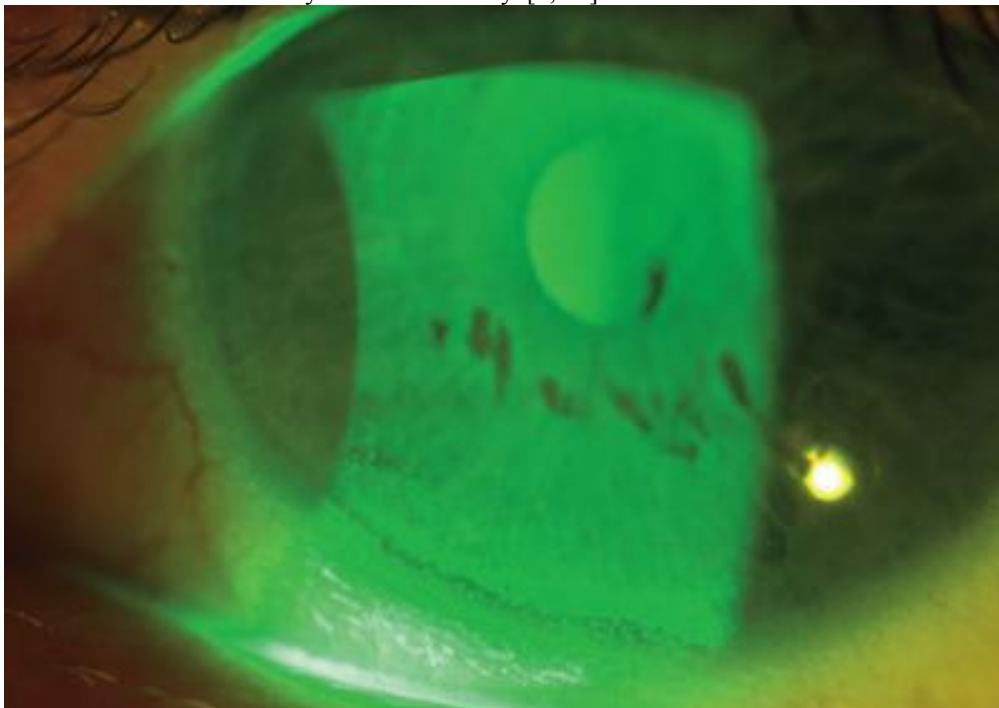
Obrázek č. 9. OCT zobrazení při VPMD

## DIABETICKÁ RETINOPATIE (DR)

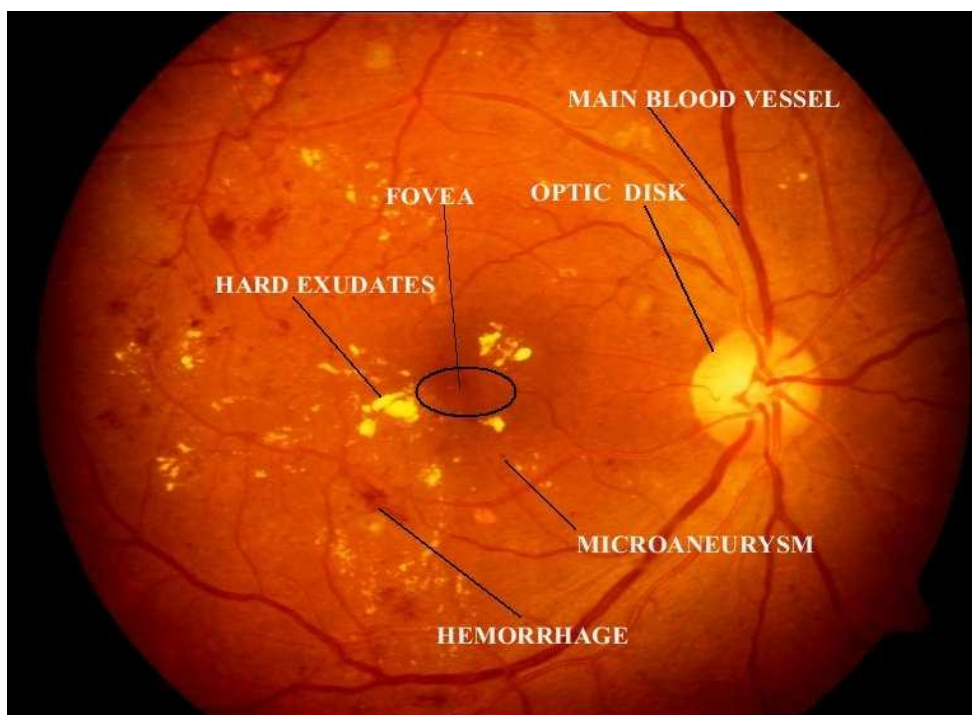
Mikrovaskulární a neurodegenerativní onemocnění oka vznikající jako komplikace chronické choroby diabetes mellitus. Dochází k nárůstu počtu diabetiků, s aktuální prevalencí až 5%. Ve vyspělých zemích je diabetická retinopatie původem slepoty u 15-18% populace. Retinopatie se projevuje zejména u dětí a mladých osob trpících diabetem I. typu, udává se výskyt 80-99%. U druhého typu je prevalence diabetické retinopatie 20%. Etiologii vzniku představuje hyperglykémii, která způsobuje změny na sítnici. Podstatou DR je porucha hematoikulární bariéry vlivem produktů dlouhotrvající hyperglykémie. Objektivně lze zjistit na očním pozadí mikroaneuryzma sítnice, tvrdá a měkká ložiska, tečkovité hemoragie a edém. V pokročilém stádiu dochází k jizvení tkáně, nejhůře k odchlípení sítnice. Rozlišujeme formu neproliferativní (90%) a proliferativní. Mnohem častější neproliferativní diabetická retinopatie se projevuje mikroaneurysmaty a krvácením kolem makuly s následnou tvorbou ložisek. S progresí nemoci přibývá diabetická makulopatie navozující postupný pokles zrakové ostrosti. Na rozdíl od té častější formy způsobuje proliferativní DR slepotu až v 50% případů. Důvod je neovaskularizace sítnice nebo terče zrakového nervu, která podněcuje odchlípení sítnice. Nezbytnou součástí předcházení nemoci je plná kompenzace diabetu a pravidelné vyšetření (v mydriáze) u oftalmologa. [1, 7, 9, 16]

## ZÁCHYT DR NA OPTOMETRICKÉM PRACOVÍŠTI

Během běžného vyšetření se optometrista v anamnéze zaměřuje na nejčastěji se vyskytující onemocnění. Zjišťuje rodinnou anamnézu a zda netrpí sám pacient cukrovkou nebo poruchou metabolismu lipidů. Do souvislosti se dává i hypertenze nebo užívání některých léků. Vyplývá i otázka proběhnuvších očních operací. K příznakům poukazujícím na diabetickou retinopatii patří časté záněty víček a změny povrchu kůže víček. Postupně se u každého čtvrtého diabetika dějí změny na rohovce, týkající se epitelu rohovky, suchého oka a citlivosti rohovky. Při pocitu suchého oka udává pacient pálení, řezání, únavu očí přítomnost cizího tělíska, fotofobii. Většinu objektivní příznaků optometrista posoudí pomocí biomikroskopie. Stupeň závažnosti syndromu suchého oka lze vyšetřit pomocí jednoduchého Schirmerova testu I. bez anestezie. Významnější je však zobrazení slzného filmu pomocí speciální techniky na štěrbinové lampě za použití fluoresceinu tzv. Break-up time test. K subjektivním příznakům syndromu suchého oka řadíme kolísání refrakce od myopie po hypermetropie způsobující změny v oční čočce vyvolané glykemií. Dále postupný pokles centrální zrakové ostrosti a kontrastní citlivosti zpočátku ve vyšších prostorových frekvencích. Vlivem poškození sítnice jsou možné změny na amslerově mřížce a spolu se změnami oční čočky ovlivňují barvocit. Zkušený optometrista za použití přímé oftalmoskopie může zahlédnout na očním pozadí hemoragie, vatovitá ložiska, abnormality cév a vén. K průkazu diabetické retinopatie je využíváno zobrazovacích metod jako fluorescenční angiografie, optická koherentní tomografie. Vhodná je fotodokumentace fundu za využití CCD kamery. [8, 16]



Obrázek č. 10. Break-up time test u pacienta s chronickým syndromem suchého oka

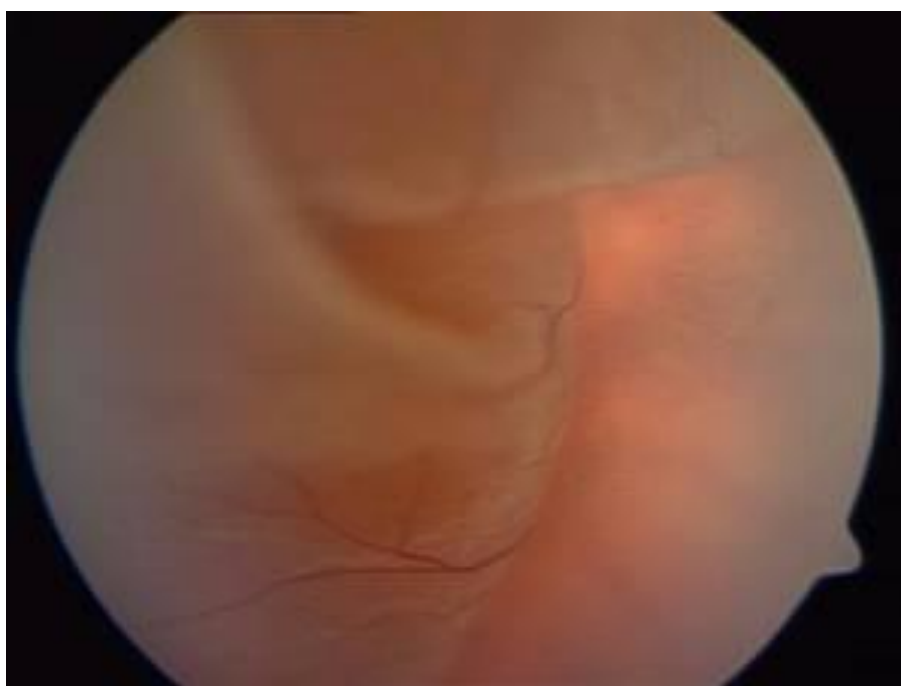


Obrázek č. 11. Oční pozadí u diabetické retinopatie

Příklady dalších možných rizikových diagnóz

#### ODCHLÍPENÍ SÍTNICE

Dochází k odloučení neurosenzorické vrstvy sítnice od pigmentového epitelu retiny. Příčinou odtržení může být úraz oka, nádor cévnatky, diabetická retinopatie. A někdy také po operaci katarakty.. K hlavním subjektivním příznakům, které udávají pacienti patří světelné záblesky, tmavé čmouhy před okem, clona omezující část zorného pole. V pokročilých stádiích metamorfopsie a pokles zrakové ostrosti. [6, 7, 8]



Obrázek č. 12. Oční pozadí při odchlípení sítnice

NÁDORY OKA (víček, spojivky, uvey)



Nádory víček mohou být benigní a maligní. K benigním řadíme dermoidy, vrozené často progredující podkožní nádory. Dále hemangiomy vycházející z cév, některé nevyžadují terapii. Nejčastější maligní nádor víček je bazaliom, který se vyvíjí pomalu. Centrální prohloubenina většinou na dolním víčku se začíná opětovně pokrývat krustou s možnou proměnou ve vřed. Oproti tomu vzácnější spaliom vyvolaný hyperkeratózou může metastazovat. Málokdy jsou původcem adenokarcinomu Meibomovy nebo Zeisovy žlázy, které vzhledem připomínají vlčí zrno. [7]

Nejčastějším typem nádoru u dospělých je uveální melanom. Mnohdy postihuje populaci ve věku 55-60 let. Výskyt je následující, až 80% připadá na cévnatku, 10-15% na ciliární těleso a poslední nejméně zastoupený melanom duhovky představuje 3-10%. Mezi rizikové faktory patří uveální nevy, vrozená oční melanocytóza, rasa (u bělochů častěji), nadměrné vystavování se slunci. [6]

Melanomy duhovky-často lokalizované v dolní polovině, ohraničené nebo difúzní s různým stupněm pigmentace. Nádorové buňky se mohou usazovat v trámčině komorového úhlu a podmítnout tak vznik sekundárního glaukomu. [6]

Melanomy choroidey-často zachycen náhodně kvůli asymptomatické povaze v počátečních stádiích. Postupně ovlivňuje zrakovou ostrost, zorné pole a deformaci obrazu. V souvislosti se vznikem sekundárního glaukomu pociťuje pacient bolest. Druhotným příznakem je i narušení pigmentového epitelu sítnice zapříčiňující až odchlípení sítnice. [6]



Obrázek č. 13. Melanom duhovky

Záchyt nádorů na optometrickém pracovišti:

Otázky v anamnéze: Pozoruje-li pacient změny dlouho? Dochází ke změně velikosti léze? Trpíte jiným nádorovým onemocněním kůže? Pozorujete úbytek tělesné váhy? Předchodí operace nebo úrazy? U nádorů víček může být pociťován tlak nebo svědění. Bulky na víčkách můžeme pozorovat pouhým okem nebo provést vyšetření pohmatem. Všimáme si barvy, pigmentace nebo jiné změny na kůži víček či řasách. Optometrista běžně provádí everzi horního víčka při biomokroskopii, při kterém může odhalit změny na vnitřní straně víčka. Při záchytu nádorů předního segmentu na optometrickém pracovišti má největší uplatnění šterbinová lampa, ideálně s fotoaparát pro fotodokumentaci nálezů. Objektivním nálezem u melanomu duhovky je jednostranná pigmentovaná nebo průsvitná masa často v dolní polovině duhovky. Melanom choroidey bývá zpočátku asymptomatický. V pozdější fázi ovlivňuje vidění. Pacient může udávat blesky, bolest oka. Vnímá zhoršení zraku nebo i skotomy. [8]

Jeden z rizikových stavů s kterým se optometrista může běžně setkat na svém pracovišti je pigmentový nevus na bulbární spojivce. Pomocí šterbinové lampy je nutné pravidelně sledovat progresi znaménka kvůli riziku maligního zvrhnutí nebo přechodu na rohovku. Přínosná je

fotodokumentace oblasti v 6-12 měsíčních intervalech. Při zřetelných změnách je pacientovi doporučena okamžitá návštěva oftalmologa. [7, 8]



Obrázek č. 14. Pigmentový nevus na spojivce oka.

#### ÚRAZY OKA

Komoce sítnice, zlomenina spodiny očnice, traumatické retrobulbární krvácení, traumatická neuropatie optiku. U těchto úrazů nemusí být vždy přítomny akutní příznaky poranění. Časem dochází k progresi následků poranění, které se často projeví zhoršeným viděním. [8]

#### VÝZKUMNÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

**CÍLE:** Protože je téma velice obsáhlé bude výzkumná část zaměřena pouze na záchyt primárního glaukomu s otevřeným úhlem, který tvoří 70% ze všech typů onemocnění. Mým úkolem bude měření nitroočního tlaku (NT), který je hlavní noxou v počátečních stádiích.

**METODY:** Pomocí bezkontaktního tonometru na pracovišti kombinující optometrické i oftalmologické možnosti se pokusím zjistit zda pacienti s nitroočním tlakem nad 21mmHg trpí glaukomem nebo pouze oční hypertenzí. Kritériem je, aby žádný z nich dosud nepodstupoval žádnou léčbu glaukomu (tedy o svém onemocnění nevěděl).

**HYPOTÉZY:** Pacienti zařadím do skupin podle věku. (A: 20-45 let, B: 46-70let).

Předpokládám výskyt NT nad 21mmHg ve skupině A 5%, ve skupině B 10%.

Předpokládám, že ve skupině A bude větší procentuální zastoupení pacientů s oční hypertenzí a ve skupině B s glaukomem.

#### ZDROJE

Galmusová, A.: Příčiny slepoty u nás a ve světě. Bakalářská práce, Masarykova univerzita Brno, 2007.

Global estimates of visual impairment: 2010, S.P.Mariotti, D. Pascolini, Br J Ophthalmol. 2012 May;96(5):614-8.

Webové stránky světové zdravotnické organizace (WHO), [www.who.int](http://www.who.int)

<http://zdravi.e15.cz/clanek/mlada-fronta-zdravotnicke-noviny-zdn/modra-kniha-informuje-o-postaveni-optometristu-146593>

<http://www.tribune.cz/clanek/10200-symbioza-oftalmologa-a-optometristy>

KUCHYŇKA, Pavel et al. Oční lékařství. Praha: Grada publishing, a.s., 2007. ISBN 9788024711638

Hanuš Kraus a kolektiv. Kompendium očního lékařství. Grada Publishing ,1997.

ISBN 8071690791

RHEE, J. Douglas, PYFER, F. Mark, FRIEDBERG, A. Mark, RAPUANO, J. Christopher. Diagnostika a léčba očních chorob v praxi. Praha: Triton, 2004. ISBN 80-7254-536-1.

HYCL, J. a L. Trybučková. Atlas oftalmologie. 2. vydání. Praha: Triton, 2008.

ISBN 9788073871604.

Kervitcerová, S.: Glaukom-vyšetřovací metody, prevence. Bakalářská práce, Masarykova univerzita Brno, 2014.

Flammer, J.: Glaukom. Nakladatelství TRITON, 2003. ISBN 8072543512

Koudarová, K.: Strukturální vyšetřovací metody v diagnostice. Bakalářská práce, Masarykova univerzita Brno, 2009.  
Petrová S., Mašková Z., Jurečka T. Základy aplikace kontaktních čoček. Brno, 2008. ISBN 9788070134702  
[http://www.bedfordshireloc.org/Services/Bedford-Hospital/Van\\_Herick\\_en.pdf](http://www.bedfordshireloc.org/Services/Bedford-Hospital/Van_Herick_en.pdf)  
Sehnalová, I.: VPMD-projevy, příčiny, prevence. Diplomová práce, Masarykova univerzita Brno, 2011  
Švambergová, Z.: Diabetická retinopatie. Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Brno. 2014.

## OBRÁZKY

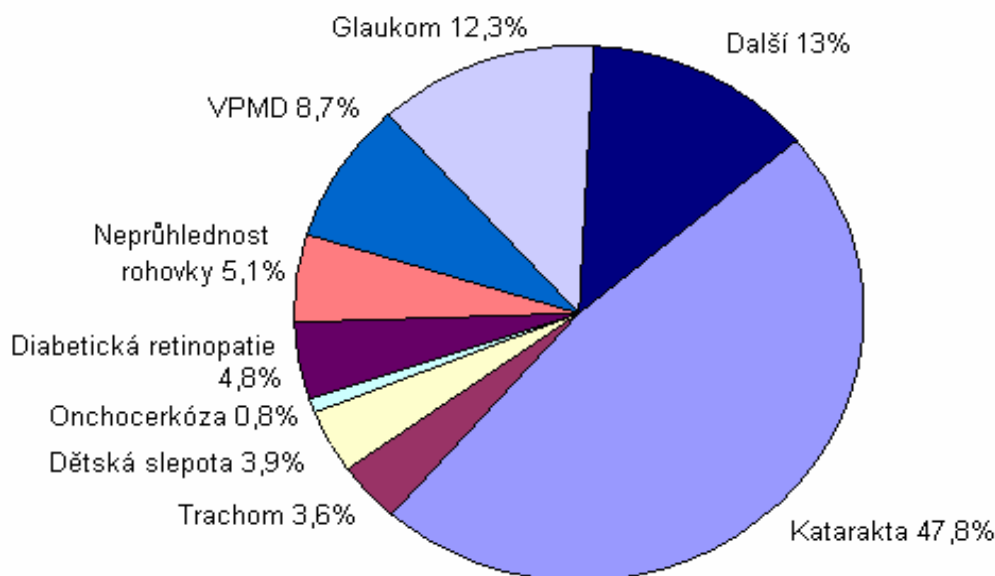
Obrázek č.1. Křivka kontrastní citlivosti. [ cit. 16.7.2015]  
Převzato z: <http://vysetrenioka.cz/vysetreni-kontrastni-citlivosti/>  
Obrázek č.2. Amslerova mřížka. [cit. 16.7.2015]  
Převzato z: <http://www.eurooptik.sk/makularna-degeneracia.php>  
Obrázek č.3. Amslerova mřížka viděna pacientem s glaukomem [cit. 16.7.2015]  
Převzato z: <http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/lf/js10/kontakt/web/pages/vlastni-postup-aplikace.html>  
Obrázek č. 4. Zobrazení šíře komorového úhlu dle Van Herickovy metody [cit. 16.7.2015]  
Převzato z: [http://www.bedfordshireloc.org/Services/Bedford-Hospital/Van\\_Herick\\_en.pdf](http://www.bedfordshireloc.org/Services/Bedford-Hospital/Van_Herick_en.pdf)  
Obrázek č. 5. Vlevo oční pozadí zdravého oka, vpravo oka s glaukomem [cit. 16. 7. 2015]  
Převzato z: <http://www.glaucoma.org/treatment/optic-nerve-cupping.php>  
Obrázek č.6. Číselná a černobílá mapa z perimetru při glaukomu [cit. 16.7. 2015]  
Převzato z Koudarová, K.: Strukturální vyšetřovací metody v diagnostice, bakalářská práce, Masarykova univerzita Brno, 2009.  
Obrázek č. 7. Amslerova mřížka viděna pacientem s VPMD [cit. 17.7. 2015]  
Převzato z: . Sehnalová, I. VPMD-projevy, příčiny, prevence. Diplomová práce, Masarykova univerzita Brno, 2011  
Obr.č.8.Fluorecenční angiografie při VPMD [cit. 17.7.2015]  
Převzato z: <http://www.retinaeye.com/AMD-Wet.html>  
Obrázek č. 9. OCT zobrazení při VPMD [cit. 17.7. 2015]  
Převzato z: <http://www.retinaeye.com/AMD-Wet.html>  
Obrázek č. 10. Break-up time test u pacient s chronickým syndromem suchého oka  
Převzato z: <http://www.optometricmanagement.com/articleviewer.aspx?articleID=106136>  
Obrázek č. 11. Oční pozadí při diabetické retinopatii [cit. 18.7. 2015]  
Převzato z: <http://www.umiacs.umd.edu/~ajain/>  
Obrázek č. 12. Oční pozadí při odchlípení sítnice [cit. 18.7. 2015]  
Převzato z: <http://mujweb.cz/bohdan.kousal/op.htm>  
Obrázek č. 13. Melanom duhovky [cit. 18.7.2015]  
Převzato  
<http://80.36.73.149/almacen/medicina/ofthalmologia/enciclopedias/duane/pages/v4/v4c068.html> z:  
Obrázek č. 14. Pigmentový nevus na spojivce oka [cit. 18.7. 2015]  
Převzato z  
<http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/lf/js10/kontakt/web/pages/vlastni-postup-aplikace.html>

## Detection of risk diagnoses at the optometric workplace- Bc.Larysa Baron

Supervisor: MUDr. Monika Synková:

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

Between main risk diagnoses we can include glaucoma, age-related macular degeneration and diabetic retinopathy. Especially because they together with cataracts create most common causes of blindness in the developed countries. The following graph shows worldwide percentage of the causes of blindness, published by the World Health Organization (WHO) in 2002. [1, 2, 3]



Graph: Percentage distribution of causes of blindness in the world. [1]

Optometry profession undoubtedly contributes to improving the quality of health services in primary eye care. The mutual cooperation with the orthoptist and ophthalmologists can create comprehensive care for the health of our eye, which is the second most complicated organ after the brain in our body. Together, these professions endeavor to reduce the prevalence of disease, visual impairment and blindness. Besides the basic examination of visual functions it is desirable that each optometrist (according to the working conditions) used and most simple additional tests. An example is confrontational test for tentative visual field examination along with Amsler chart for visual field to 10°, the tests for determining contrast sensitivity, color perception and another. Further according to workplace equipment tonometer, perimeter and devices for examination of the anterior segment of the eye and the eye background. Any found disease itself optometrist can't diagnose because legislation does not allow in Czech republic. Good worker in optometry fully aware his responsibilities, so the main task is detection pathology and recommend the patient to visit an ophthalmologist. Worldwide trend is that the optometrist will be the first professional with whom the client gets in touch. [4, 5]

### GLAUKOMA

The term glaucoma means the group of sickness conditions. A more precise definition of glaucoma is a „chronic, progressive and bilateral optic neuropathy“. In most cases the main indicator is high intraocular pressure (IOP), which upon overshooting of the individual physiological IOP starts a long process of damage to the nerve fibers of the optic nerve. During a longer period of time there is a gradual excavation of the optic nerve with characteristic loss of visual field and reduced visual acuity. [1, 6, 7, 9]

Glaukoma	Diagnostic unit	
PRIMARY GLAUCOMA	with open angel	primary glaucoma normal tension glaucoma eye hypertension
	with angle closure	acute glaucoma intermittent glaucoma chronic glaucoma
SECONDARY GLAUCOMA	with open angel	Cause of eye disease:  pseudoexfoliative glaucoma (caused by fibrils of lens material) pigmentary glaucoma (caused by sowing of pigment from posterior iris list into chamber angel) lens-related glaucoma hemorrhagic glaucoma inflammatory glaucom cancer-related glaucoma glaukom by detachment of retina traumatic glaucoma  Cause iatrogenic:  steroid induced glaucoma (způsobeno dlouhodobou léčbou kortikosteroidů) surgery-related glaucoma glaucoma by another disease glaukom by increased vein pressure in episcleral area
	with angle closure	pupillary block glaucoma non-pupillary block glaucoma
CHILDHOOD GLAUCOMA	congenital glaucoma infantilile glaucoma juvenile glaucoma	

Table: Classification of glaucoma according to findings in the chamber angle. [6]

#### Primary open-angle glaucoma

The most common form of glaucoma in 70% of cases. Prevalence of the disease in developed countries is measured at about 2% at people older 40 years. At the beginning disease shows no subjective symptoms only gradually increasing objective risk factor intraocular pressure with irregular fluctuations. The height of pressure on the eye with glaucoma is varied between 20mmHg to about 40mmHg. The progression of the disease takes several years before a significant change in vision become. Leads to the death of nerve fibers, which can not be restored any treatment. Therefore plays an important role screening of this disease. Regular visits to an ophthalmologist applies to patients with a positive family history, diabetics and elderly people over 40 years. [7]

#### Primary angle-closure glaucoma

Typical for people predisposed to glaucoma with narrower chamber angle, which at some point mid mydriasis may conclude. The condition causes pupillary block when contact iris with front part of the lens. Iris pushes the intraocular fluid accumulated in the posterior chamber into the front part. Trabecular net is blocked and fluid does not flowing physiologically. Causes an increase of intraocular

pressure. We distinguish between the form of acute, subacute and chronic glaucoma. In acute the pressure can often rise to 40mmHg and there are present striking subjective and objective symptoms. The subjective include nausea, vomiting, headache one part of head, eye pain, blurred vision, irritation and photophobia. Objectively, we find a mixed injection, edematous cornea, pupil in the middle mydriasis. If the seizure lasts longer and is not stopped are formed on the front surface of lens opacities and goniosynechia. Acute inflammation may precede a series of small attacks. In chronic glaucoma intraocular pressure will not drop to normal. Present are perennial iris adhesions with the surroundings. Titillation condition sometimes causes some medications and stress.[7]

## DETECTION OF GLAUCOMA AT THE OPTOMETRIC WORKPLACE

Basic examination process:

### ANAMNESIS

We find out the age, high refractive error hyperopia or myopia, suffers from hypertension. If there are family history of glaucoma. Simple glaucoma is characterized by the asymptomatic process in early stage. In contrast chronic angle-closure glaucoma shows more symptoms e.g. pressure in the eyes, headache, mild redness of the eye, vision problems at night, irritation, occasional fogging vision. [7, 8]

### VISUAL ACUITY

Examination of visus is a major workload of optometrists. In early stages of central visual acuity is maintained unchanged. In advanced stages, which arises atrophy of optic nerve, causing marked decrease of visus because of damage already papillomacular bundle of nerve fibers and at acute angle closure because of corneal edema. Visual acuity is tested on optotype. [6, 7]

### CONTRAST SENSITIVITY

Glaucoma causes decreases of sensitivity to contrast, particularly in middle frequencies before changes are evident on the perimeter. The cause of the decline is damaging magnocellular ganglion cells responsible for responding to larger moving objects in high contrast. Unlike the subsequent changes in the visual field in the visual field, due to the impact of damaging parvocellular ganglion cells which respond to low frequency. In advanced stages of glaucoma is therefore decreased contrast sensitivity in all spatial frequencies. For examination of contrast sensitivity are used for example Pelli-Robson table, Ginsburg boards, VCTS (visual contrast test system). [6, 7]

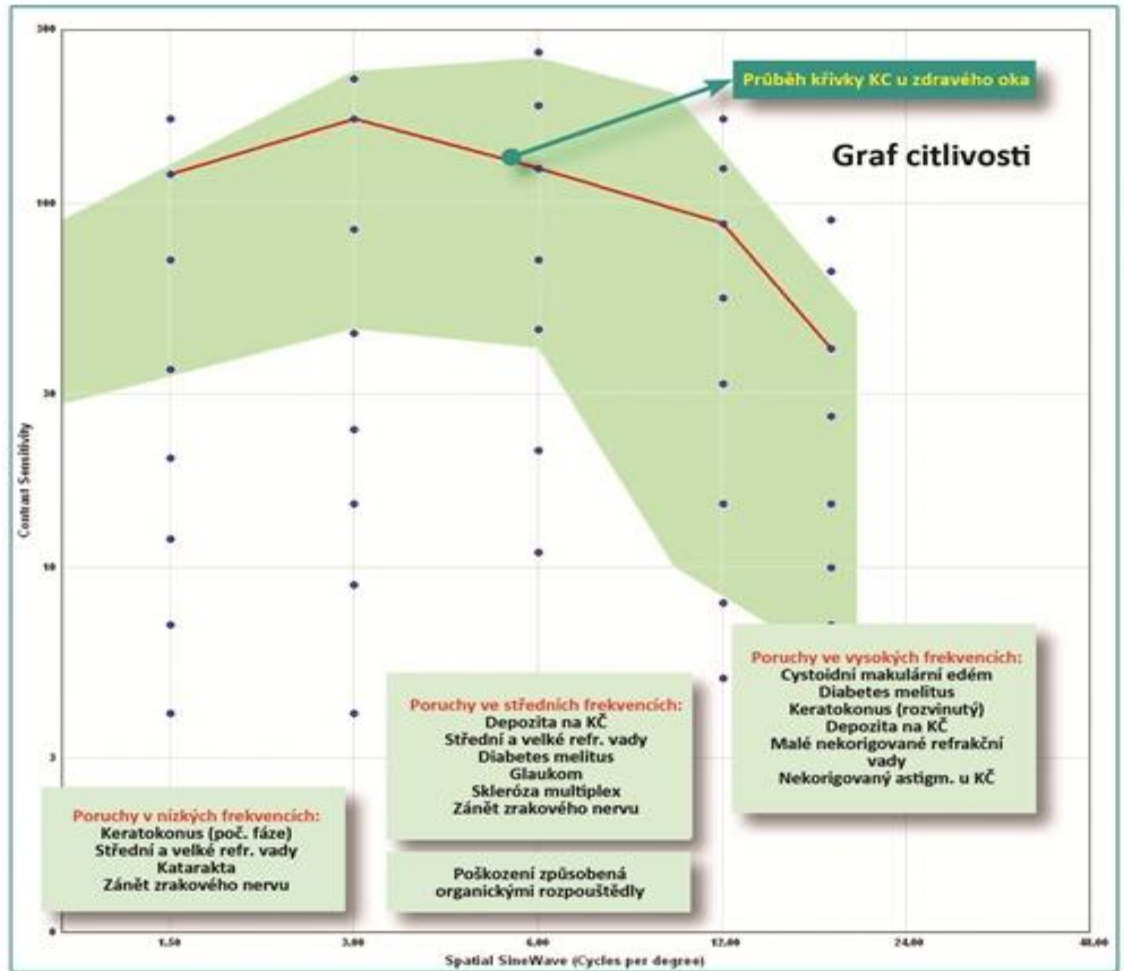


Fig.1. Contrast sensitivity curve

### COLOUR PERCEPTION

Color vision deficiency are common in old age due to degenerative processes in the retina and certain medication (eg. Cardiac). Glaucoma affects the perception of color especially in the blue and yellow. Color vision deficiency precedes visual field changes for several years. Test of color perception is thus quick screening tests, which is of great importance for the early detection of glaucoma. The color perception testing used pseudoisochromatic plates, Fransworth-Munsell 100-hue test and its shortened version. [6, 7]

### AMSLER CHART

Is used to examine changes in the central visual field of 20°. Advanced stages of glaucoma cause outages lines or corners of the chart. An example of failure of one of the corners are curved visual field loss typical for glaucoma disease. Metamorphopsia or simply deformation in some place of the chart points to the retinal disorder eg. at age-related macular degeneration. [7]

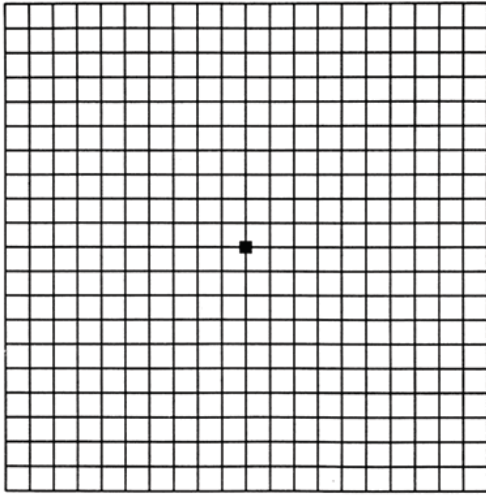


Fig. 2. Amsler chart

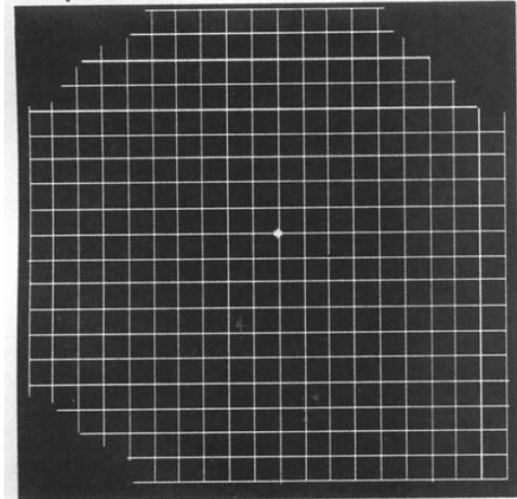


Fig. 3. Amsler chart at glaucoma

### BIOMICROSCOPY

Slit lamp examination has in connection with glaucoma importance especially in the control condition of the cornea and pupil, content and depth anterior chamber. Optometrist has the opportunity to use the method of Van Herick on slit lamp to assess the depth of the anterior chamber, which is an important parameter in the diagnosis of glaucoma. This method is fast and without the need for any extra equipment. The technique uses a narrow slit of light projected on the peripheral cornea at an angle of  $60^\circ$  as near as possible to the limbus. This results in a slit image on the surface of the cornea. The width of the chamber angle can be described by the distance between the corneal slit image and the slit image on the iris as seen in figure 4. [6, 13]



Fig. 4. Image width of chamber angle by Van Herickovy methods.

### OPHTHALMOSCOPY

Direct ophthalmoscopy used for quick orientation fundus examination. Using a hand-held ophthalmoscope, which magnifies up to 14x inspect the optic disc and central area. Optometrist changes view depending on which part of the periphery wants to investigate. [7]

In glaucoma we look for changes in the appearance of the papilla of the eye and asymmetric findings between the two eye which is typical for glaucoma. By direct ophthalmoscopy we harder observe the depth of the excavation. When atrophy of nerve fibers there a shift of vascular gate nasally due to excavation changes right gradual bend at the edge of the excavation. Examination determines the ratio between the optic disc and excavation in horizontal plane (ie. Cup/disc ratio) indicating the advancement of glaucoma. [7]



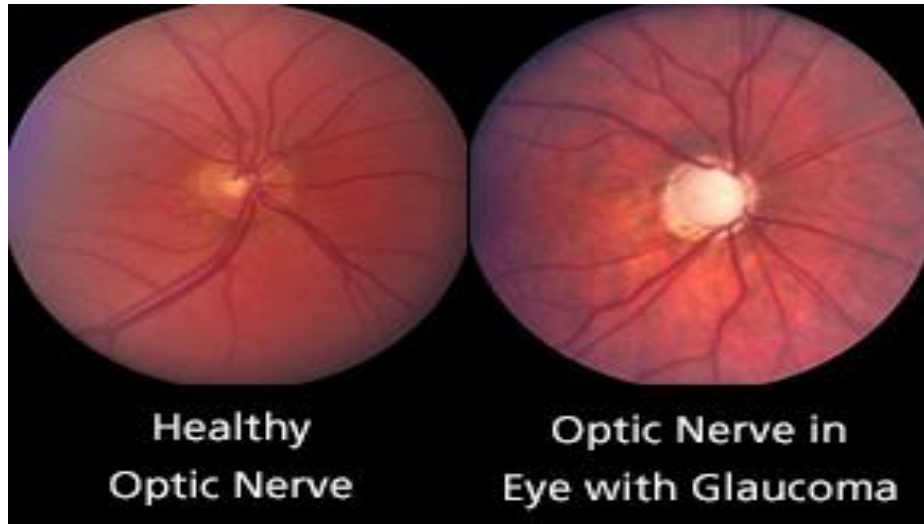


Fig. 5. Left Eye background of a healthy eye, the right eye with glaucoma

Other options depend on the facilities of the workplace device-noncontact tonometer device, perimeter and some imaging techniques-Heidelberg Retina Tomograph (HRT), Nerve Fiber Analyzer (GDx), optical coherence tomography (OCT), retinal thickness analyzer (RTA). [6]

#### TONOMETRY

Legislation allows optometrists measure intraocular pressure merely contactless method in which local anesthesia is not required. Many optometric workplace is fitted with device combining autorefractometres and contactless tonometer, which becomes the ideal tool to screen larger group of people. It works in the principle of applanation of the cornea with air flow, system takes into account the time required to flattening the cornea. The measurement is performed several times and this is an average value IOP. Another example of contactless method is Pascal dynamic contour tonometer, the Ocular Response Analyzer (ORA).[6, 7, 10]

Risk factor for formation glaucoma is intraocular pressure higher than 21mmHg. Results influences heart rhythm, corneal thickness and pathological changes in the cornea eg. edema, sca. [6, 7, 10]

#### PERIMETRY

Perimetry is a method establish subjective visual field examination. The principle is distinguish a light point from background the device. We have kinetic perimetry, however nowadays retreats and static perimetry. Determinated diagnosis of the resulting data requires some experience doctor. For orientation examination of visual field optometrist can use a very simple method called confrontational test . [6, 7]

Confrontational test is a usefel orientation test for visuasl field examination without any aids. Investigating and patient sits at a distance of about 1m apart. Both cover their opposite eye. Optometrist moves his finger from the periphery to the center, and compares their field of vision with patient field. [7]

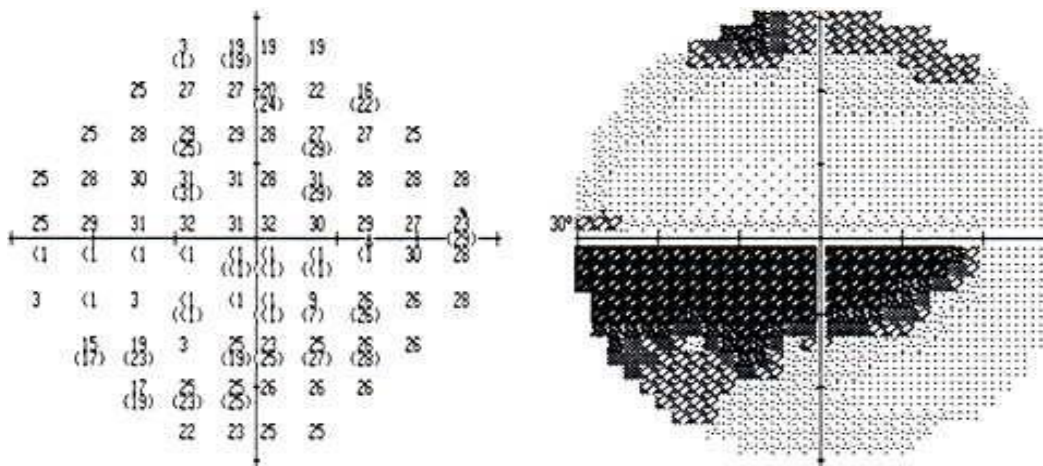


Fig. 6. Numeric and black-white map of the perimeter in glaucoma

In glaucoma there is a progressive atrophy of nerve fibers, this condition is reflected in the visual field loss. Initial symptom of glaucoma are small paracentral scotoma around the point of fixation. Combining small paracentral defect arises Bjerrum scotoma. In conclusion of disease become tubular vision without the ability of spatial orientation or only a small portion of the peripheral temporal field. [6, 7, 8]

#### Age-related macular degeneration (AMD)

Disease associated with older age, especially over 50 years, which leads to gradual changes in the central part of retina and thereby decrease central visual acuity. To the risk factors belong positive family anamnesis, advanced age and factors causing frequent recurrences like smoking, hypertension, affected the other eye wet form. AMD occurs in advanced countries in ages 52-64 years at 1,5% of population, with age will gradually increase to approximately 350 in persons aged 75-84 years. The disease has two forms atrophic and exsudative or called dry or wet. A united sign of both is creation drusen and transver of pigment. Drusen are formed by depositing lipids on the retina. These metabolites have the form of small wad formation. We distinguish hard and soft drusen, which are specific for different forms.

With the progression of degeneration leads to atrophy of retinal pigment epithelium or lifting retina below which receives blood. [1, 8]

Atrophic or dry form accounts 90% of all AMD. On the retina are present hard drusen, which can more or less influence visual acuity. For exsudative form are typical soft drusen and neovascular membrane due to hypoxia and decreased metabolism of the retina. Gradually leads to defects in the front layers of the retina and leak blood from neovascular membrane. The transition from the dry to the wet form is reflected noticeable change od vision. [1]

#### DETECTION OF ADM AT THE OPTOMETRIC WORKPLACE

Any examination should begin a thorough anamnesis, which could be used to detect certain diseases. At anamnesis patient may complein of a decrease in visual acuity. Impaired near vision. During the reading letters blackouts or distortion of the text, then its indicate transition from the dry to the wet form. Perhaps even asymptomatic version in dry form. The decrease of visual acuity at distance and near vision find optometrist by examination, particularly when had patients record and is able to compare the cumulative changes. Generally occurs with age to decrease contrast sensitivity too. Due to AMD deepening decline in sensitivity to contrast. Amsler chart is in this disease especially great in help with self examination, which is indicated particular in a dry form to follow the progress of disease. Patients with macular degeneration sees the chart in the center deformed. First, it is a slight distortion or warping lines, that may manifest in a higly deformation picture in the middle of chart (on figure 7). Age-related macular degeneration, already the name suggests, the disease affects the central part of the retina, thus the sharpest place of vision, thanks to which we perceive colors. Therefore, when color perception testing can also hihglight the ongoing changes in the retina. With the progression of the disease is gradually decreasing the brightness of the color of objects. With disabilities of cones related their ability to adapat for light, especially the vision in night, that can be tested using Hartinger adaptometer. Biomicroscopy and ophthalmoscopy in this case be carried out with special magnifying lenses which use ophthalmologists to the detailed view of individuasl parts of

the retina. The most commonly used imaging technique is fluorescein angiography, during which the ophthalmologist applies sodium fluorescein and when activated by blue light displays using a fundus camera choroid vessels with contrast agent (fig. 8). Another major imaging device is OCT. Optical coherence tomography uses infrared light to view the retinal structures in cross section (fig. 9). [8, 9, 15]

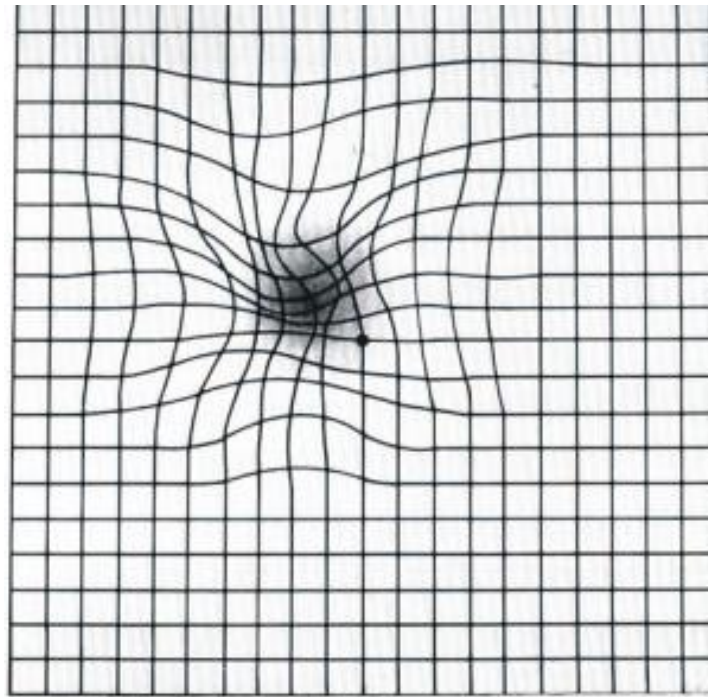
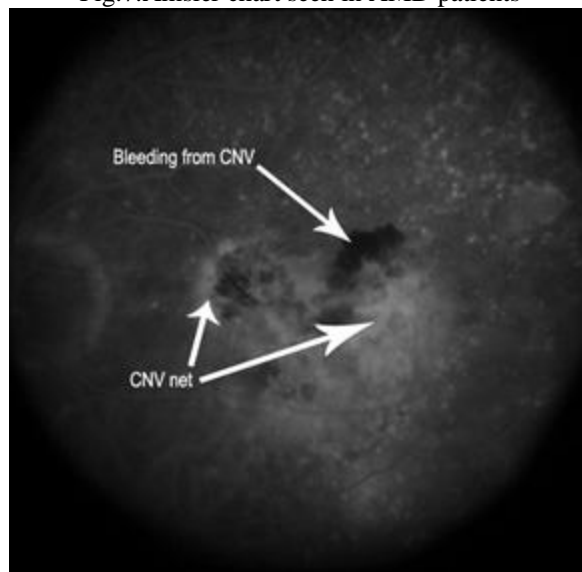


Fig.7.Amsler chart seen in AMD patients



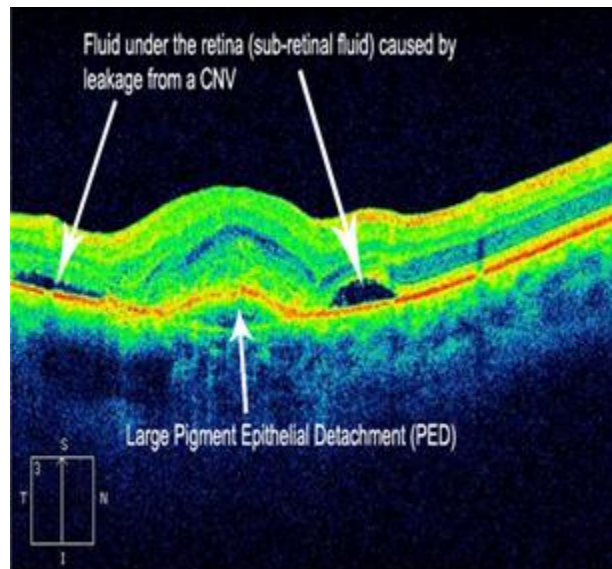


Fig.8. Fluorescein angiography in AMD

Fig.9. OCT view at AMD

#### DIABETIC RETINOPATHY (DR)

Microvascular and neurodegenerative disease of the eye arising as complications of the chronic diabetes mellitus. The worldwide trend is to increase the number of diabetics with the current prevalence of 5%. In advanced countries is diabetic retinopathy the origin of blindness in 15-18% population. Retinopathy is particularly manifestation at children and young people with diabetes type I., indicating the occurrence of 80-99%. In the second type, the prevalence of diabetic retinopathy is 20%. The etiology is attributed hyperglycemia, which causes changes in the retina. The essence of DR is a disorder of the blood-barrier, which is caused by prolonged hyperglycemia products. Objectively can be found on the fundus microaneurysms, hard and soft deposits, punctate hemorrhages and edema. Advanced stage leads to scarring of tissue, worse to retinal detachment. We distinguish non-proliferative form (90%) and proliferative. Much more common non-proliferative diabetic retinopathy manifested microaneurysms and macular hemorrhage around with consequent formation of deposits. With the progression of the disease is increasing diabetic maculopathy causing permanent decrease in visual acuity. Unlike the more common forms of proliferative DR causes blindness in 50% of cases owing neovascularization of the retina or optic nerve, which ends retinal detachment. An essential part of preventing disease is full compensation of diabetes and regular examinations by an ophthalmologist in mydriasis. [1, 7, 9, 16]

#### DETECTION OF DR AT THE OPTOMETRIC WORKPLACE

At each routine examination, an optometrist in anamnesis asking for the most common diseases. He concentrates on family history and if patient himself suffer from diabetes or disorder of lipids metabolism. Into context gives hypertension or taking certain medications and eye surgeries. Signs pointing to diabetic retinopathy include frequent inflammation of the eyelids and changes surface of eyelid skin. Gradually each fourth diabetic happening corneal changes in epithelium, dry eye and cornea sensitivity. Most of these objective symptoms optometrist will examine using biomicroscopy. The subjective symptoms belong variation of refractive from myopia to hyperopia causing after causing changes in the lens of the eye due to changes glycemia. Further gradual decline in central visual acuity and contrast sensitivity initially in the higher spatial frequencies. Due to damage of retina are possible changes in Amsler chart, together with changes in color vision affected by changes in lens. Experienced optometrist using direct ophthalmoscopy may be seen on fundus hemorrhage, cotton wool spots, abnormal blood vessels and veins. To demonstrate diabetic retinopathy is used imaging methods such as fluorescein angiography, optical coherence tomography. It is suitable fundus photographs using a CCD camera. [8, 16]

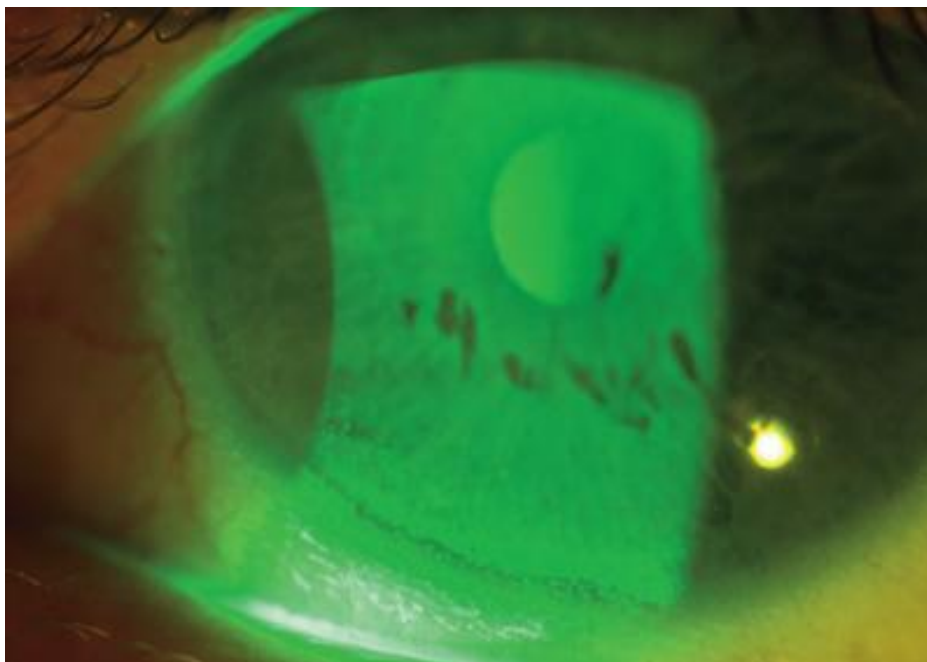


Fig. 10. Break-up time test in patient with chronic dry eye.

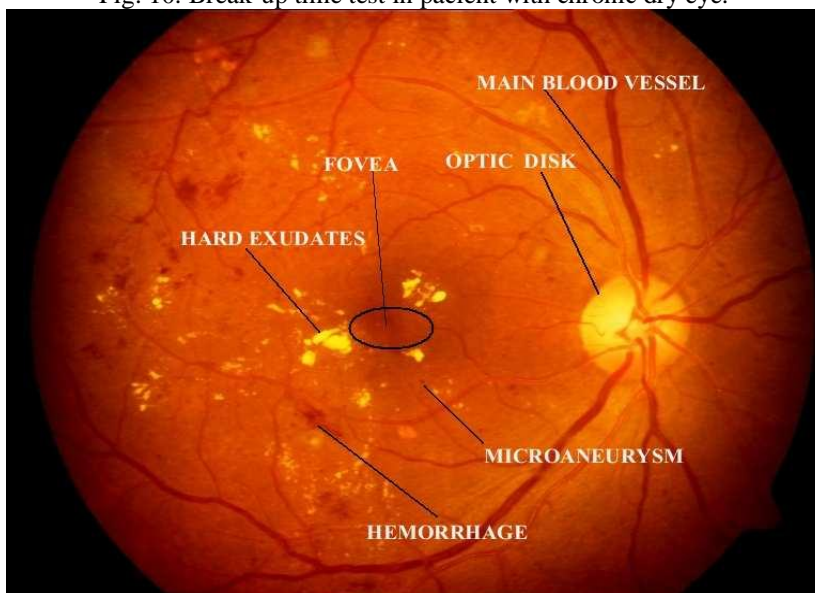


Fig.11. Fundus in diabetic retinopathy

Examples of other risk diagnoses:

#### RETINAL DETACHMENT

In retinal detachment occurs depart of neurosensory retina from the retinal pigment epithelium. The cause of secession can be an eye injury, choroidal tumor, diabetic retinopathy, cataract surgery. The main subjective symptoms that indicate patients include flashing lights, dark streaks in front of the eye, aperture limiting the field of view. In advances stages metamorphopsia and decrease of visual acuity. [6, 7, 8]

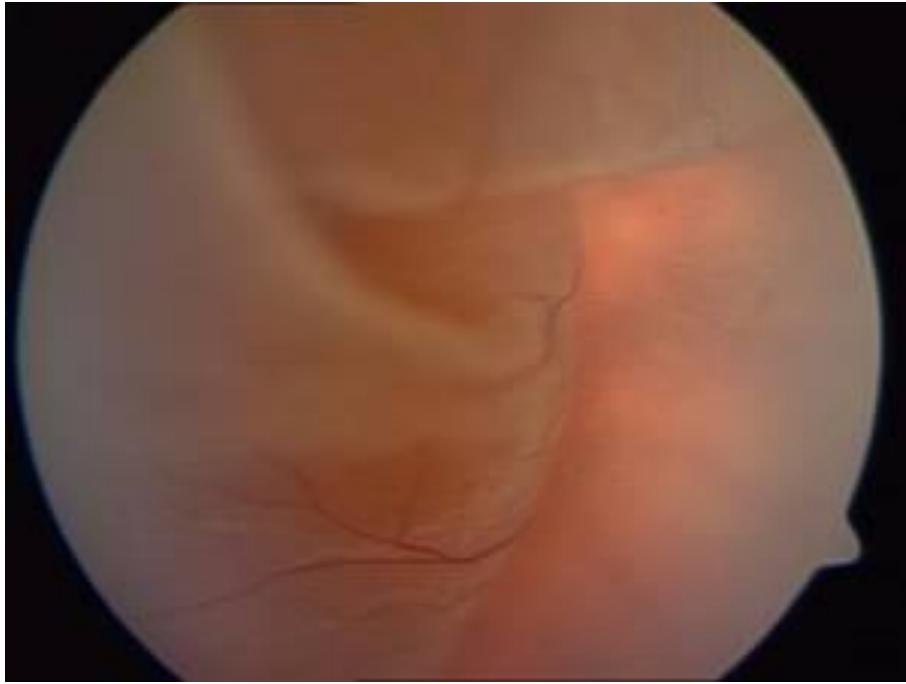


Fig. 12. Fundus in retinal detachment

#### EYE TUMORS (eyelids, conjunctiva, uvea)

Eyelid tumors can be benign and malignant. To benign belong dermoids, that are often inherent progressing subcutaneous tumors. Furthermore hemangiomas alleging from vessels, some do not require therapy. The most common malignant tumor eyelid is basal cell carcinoma. It develops slowly with central depression often on the lower lid begins again and again cover by crust with the possibility of a formation ulcer on the site of affliction. In contrast, squamous cell carcinoma, which is rarer arising from hyperkeratosis may metastasize. On the uper eyelid rarely arises adenocarcinoma of the Meibomian glands or Zeiss resembling chalazion. [7]

The most common type of tumor in adults is uveal melanoma. Most commonly affects the population between 55-60 years. The incidence is as follows, 80% goes to the chroid, 10-15% to the ciliary body and last for at least represented iris melanoma in 3-10%. Risk factors include uveal nevi, congenital eye melanocytosis, excessive exposure to the sun. [6]

Melanomas of the iris-frequently in the lower half and a localized or diffuse with different degrees of pigmentation. Cancer cells can accumulate in the trabecular chamber angel and thus make the emergence of secondary glaucoma.[6]

Melanoma of the choroid-often caught accidentally due to the asymptomatic nature of the initial stages. Gradually effects visual acuity, vision field and image distortion. In connection with the secondary glaucoma arises pain. The secondary symptom is a disruption of the retinal pigment epithelium causing to retinal detachment. [6]

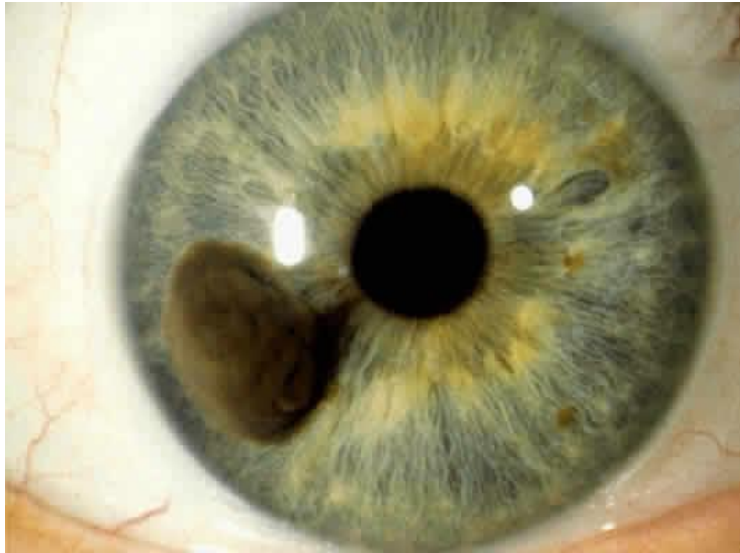


Fig.13. Iris melanoma

#### DETECTION OF TUMORS AT THE OPTOMETRIC WORKPLACE

Questions in anamnesis: If patients see changes long? There is a change in lesion size? Others suffer from skin cancer? Observe a decrease in body weight? Previous surgery or injury on eye? In tumors of the eyelids can be felt on the pressure or itching. Bumps on the eyelids can be seen with only the eye or to perform palpation. Observing the color pigmentation or other changes on the skin of the eyelids or eyelashes. Optometrist commonly performed upper eyelid eversion during biomicroscopy in which can detect changes on the inside part of the lid. When the detection of tumors of the anterior segment on the optometry department has the greatest application slit lamps, ideally with a camera for photo documentation of findings. Objective findings in iris melanoma is unilateral iris pigmented or translucent flesh often in the lower half of the iris. Choroidal melanoma is often initially asymptomatic. At later stage affects vision. The patient can indicate lightness, eye pain. Perceives visual impairment or scotoma. [8]

One of the risk condition with may optometrist commonly encounter is pigmented nevus on the bulbar conjunctiva. During inspections optometrist using a slit lamp regularly monitoring the progression of the moles because of the risk of malignant degeneration. Benefit is photographic the area in 6-12 month intervals. When you observe any changes than is patient recommended an immediate visit to the ophthalmologist. [7, 8]

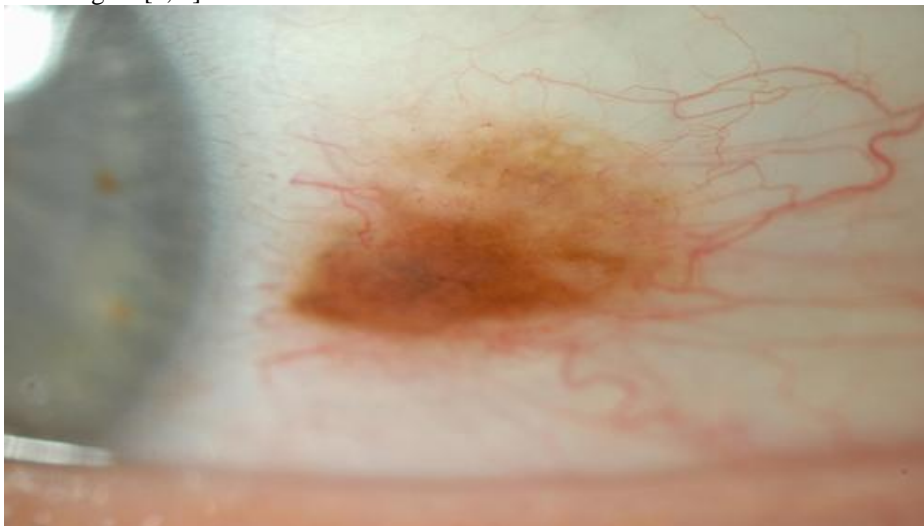


Fig.14. The pigment nevus on the conjunctiva

#### EYE INJURIES

Concussion of the retina, orbital blowout fracture, traumatic retrobulbar hemorrhage, traumatic optic neuropathy. These accidents may not always have present symptoms of acute injury. Over time, there can be a progression sequelae that often show impaired vision. [8]

## RESEARCH PART OF THE THESIS

**GOALS:** Because the topic is very large, research part will be focus only on the detection of primary open-angle glaucoma, which forms 70% of all types of disease. My task will be measuring intraocular pressure (IOP), which is a major risk factor in the initial stages.

**METHODS:** Using the noncontact tonometer in the workplace combining optometric and ophthalmologic options to try to find out if patient with IOP above 21 mmHg have glaucoma or only ocular hypertension. The criterion is, that none of them still did not receive any treatment of glaucoma (did not know about their illness).

**HYPOTHESIS:** Patients will be classify into groups according to age: A 20-45 years, B 46-70 years.

I suppose that occurrence of NT above 21mmHg in group A 5%, in group B 10%.

I suppose in group A will be in percentage more patients with ocular hypertension and in group B with glaucoma.

## REFERENCES

Galmusová, A.: Příčiny slepoty u nás a ve světě. Bakalářská práce, Masarykova univerzita Brno, 2007.

Global estimates of visual impairment: 2010, S.P.Mariotti, D. Pascolini, Br J Ophthalmol. 2012 May;96(5):614-8.

Webové stránky světové zdravotnické organizace (WHO), [www.who.int](http://www.who.int)

<http://zdravi.e15.cz/clanek/mlada-fronta-zdravotnicke-noviny-zdn/modra-kniha-informuje-o-postaveni-optometristu-146593>

<http://www.tribune.cz/clanek/10200-symbioza-ofthalmologa-a-optometristy>

KUCHYŇKA, Pavel et al. Oční lékařství. Praha: Grada publishing, a.s., 2007. ISBN 9788024711638  
Hanus Kraus a kolektiv. Kompendium očního lékařství. Grada Publishing ,1997. ISBN 8071690791

RHEE, J. Douglas, PYFER, F. Mark, FRIEDBERG, A. Mark, RAPUANO, J. Christopher. Diagnostika a léčba očních chorob v praxi. Praha: Triton, 2004. ISBN 80-7254-536-1.

HYCL, J. a L. Trybučková. Atlas oftalmologie. 2. vydání. Praha: Triton, 2008.

ISBN 9788073871604.

Kervitcerová, S.: Glaukom-vyšetřovací metody, prevence. Bakalářská práce, Masarykova univerzita Brno, 2014.

Flammer, J.: Glaukom. Nakladatelství TRITON, 2003. ISBN 8072543512

Koudarová, K.: Strukturální vyšetřovací metody v diagnostice. Bakalářská práce, Masarykova univerzita Brno, 2009.

Petrová S., Mašková Z., Jurečka T. Základy aplikace kontaktních čoček. Brno, 2008. ISBN 9788070134702

[http://www.bedfordshireloc.org/Services/Bedford-Hospital/Van\\_Herick\\_en.pdf](http://www.bedfordshireloc.org/Services/Bedford-Hospital/Van_Herick_en.pdf)

Sehnalová, I.: VPMD-projevy, příčiny, prevence. Diplomová práce, Masarykova univerzita Brno, 2011

Švambergová, Z.: Diabetická retinopatie. Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Brno. 2014.

## PICTURES

Fig.1. Contrast sensitivity curve [ cit. 16.7.2015]

<http://vysetrenioka.cz/vysetreni-kontrastni-citlivosti/>

Fig. 2. Amsler chart [cit. 16.7.2015]

<http://www.eurooptik.sk/makularna-degeneracia.php>

Fig. 3. Amsler chart at glaucoma [cit. 16.7.2015]

<http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/lf/js10/kontakt/web/pages/vlastni-postup-aplikace.html>

Fig. 4. Image width of chamber angle by Van Herickovy methods [cit. 16.7.2015]

[http://www.bedfordshireloc.org/Services/Bedford-Hospital/Van\\_Herick\\_en.pdf](http://www.bedfordshireloc.org/Services/Bedford-Hospital/Van_Herick_en.pdf)



Fig. 5. Left Eye background of a healthy eye, the right eye with glaucoma [cit. 16. 7. 2015] <http://www.glaucoma.org/treatment/optic-nerve-cupping.php>

Fig. 6. Numeric and black-white map of the perimeter in glaucoma [cit. 16.7. 2015]

Koudarová, K.: Strukturální vyšetřovací metody v diagnostice, bakalářská práce, Masarykova univerzita Brno, 2009.

Fig. 7. Amsler chart seen in AMD patients [cit. 17.7. 2015]

Sehnalová, I. VPMD-projevy, příčiny, prevence. Diplomová práce, Masarykova univerzita Brno, 2011

Fig. 8. Fluorescein angiography in AMD [cit. 17.7.2015]

<http://www.retinaeye.com/AMD-Wet.html>

Fig. 9. OCT view at AMD [cit. 17.7. 2015]

<http://www.retinaeye.com/AMD-Wet.html>

Fig. 10. Break-up time test in patient with chronic dry eye [cit. 19.7.2015]

<http://www.optometricmanagement.com/articleviewer.aspx?articleID=106136>

Fig. 11. Fundus in diabetic retinopathy [cit. 18.7. 2015]

<http://www.umiacs.umd.edu/~ajain/>

Fig. 12. Fundus in retinal detachment [cit. 18.7. 2015]

<http://mujweb.cz/bohdan.kousal/op.htm>

Fig. 13. Iris melanoma [cit. 18.7.2015]

<http://80.36.73.149/almacen/medicina/ofthalmologia/enciclopedias/duane/pages/v4/v4c068.html>

Fig. 14. Pigment nevus on the conjunctiva [cit. 18.7. 2015]

<http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/lf/js10/kontakt/web/pages/vlastni-postup-aplikace.html>



## 26. Adaptace a její poruchy, oslnění. Minimální požadavky pro řidiče- Bc. Fialová Ladislava

Vedoucí práce: Mgr. Simona Bramborová, DiS

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

---

### Fyziologie vidění

Fyziologie vidění ještě není dosud plně objasněna. Proces vidění lze rozdělit do tří následujících fází [3]:

- Zahájení zrakového vjemu
- Přenos zrakového vjemu, a
- Vizuální vnímání.

### Zahájení zrakového vjemu

Přibližně je v sítnici kolem 125 milionů tyčinek a 6 – 7000 000 čípků, které v sítnici zastávají funkci fotoreceptorů. Citlivost fotoreceptorů se liší od fovey po periferii sítnice. Čípky jsou hustě a pořádkem uspořádány ve fovee a jednotlivé čípky jsou spojeny s odpovídající gangliovou buňkou (jeden čípek spojen s jednou gangliovou buňkou), toto spojení umožňuje vysokou rozlišovací schopnost fovey centralis. Na periférii sítnice je mnoho fotoreceptorů připojen k jedné gangliové buňce, což má za následek právě horší rozlišení obrazů. Po dopadu světla na fotoreceptory nastanou dvě zásadní změny, jenž mají fotochemický a elektrický charakter [3].

Tyto fotochemické změny nastávají v pigmentech tyčinek a čípků. Změny, které se vyskytují v tyčinkových pigmentech, jsou studovány velmi detailně, avšak informace o čípkových pigmentech jsou ještě omezené. Rhodopsin je chromoprotein, který obsahuje aktivní chromoforovou molekulu. Tato molekula je schopna absorbovat světlo a spouštět tak elektrické impulsy v sítnici [3].

Cyklus rhodopsinu: zrakový tyčinkový pigment (rhodopsin) je uložen v zevních segmentech tyčinek. Je zodpovědný za noční vidění (tzv. skotopické vidění). Skládá se z chromoforu a z bílkoviny opsinu. Chromofor rhodopsinu je v regenerovaném stavu ve formě 11-cis-retinal, který je vložen do opsinové části molekuly [4]. Po ozáření světlem rhodopsin iniciuje fotochemické reakce a ztrácí svou barvu (tzv. bělení rhodopsinu). Během bělicího procesu rhodopsinu chromofor podstoupí cis-trans izomerizaci, kdy prochází několika mezistavy (prelumirodopsin, lumirodopsin, metarodopsin I a II) [3, 4]. V konečné fázi se rhodopsin hydrolyzuje na transformu retinalu a opsinu. Regenerace rhodopsinu může nastat buď z all-trans-retinalu nebo all-trans-retinolu spojením s opsinem. Regenerace rhodopsinu nezávisí na světle a tmě [3].

Tyto fotochemické reakce v tyčinkách a čípcích přeměňují světelnou energii na elektrické potenciály, které jsou přenášeny přes zrakové dráhy do mozku. Elektrické změny v sítnici mohou být prokázány prostřednictvím elektroretinografie. Potenciály, jenž dosáhly okcipitální mozkové kůry, mění elektrickou aktivitu mozku. Elektrické změny (potenciály) se liší ve frekvenci a intenzitě světla a mohou být zaznamenány elektrorodinogramem (ERG).

### Přenos zrakového impulsu

Potenciály vzniklé v fotoreceptorech přenášejí signály ke gangliovým buňkám sítnice přes bipolární buňky. Komunikace mezi buňkami sítnice je poměrně složitá. Některé buňky sítnice jsou stimulovány přizapnutím světla, zatímco ostatní, když je světlo vypnuto. V sítnici jsou přítomny tři typy gangliových buněk:

Parvocelulární buňky (P buňky) tvoří 90 % z gangliových buněk a jejich axony končí na parvocelulární vrstvě postranního kolínkového jádra (nucleus geniculatum laterale). Jsou malé, citlivé na barvu a převážně přítomny v makulární oblasti sítnice.

Magnocelulární buňky (M buňky) jsou velké silnými axony v synoptických spojkách magnocelulární vrstvou 1 a 2 postranního kolínkového jádra. Vysoce přenášejí informace související s pohybem.

Koniobuňky se nacházejí v intralaminární oblasti postranního kolínkového jádra a přenášejí barvy. Navzdory přítomnosti parvocelulárních a magnocelulárních dráh, se zdá, že neexistuje žádná separace (segregace) pro barvu, pohyb a tvorbu počítka. Nucleus geniculatum laterale působí jako prostředkovácí stanice pro přenos informací z neurální sítnice do zrakové kůry [3].

### Zrakové vjemy

Primární zraková kůra (kortex striate) přijímá informace z postranního kolínkového jádra a předává je oblasti kortex extrastriate pro přenos do vyšších zrakových center. Následkem světelné

stimulace sítnice dostaneme čtyři druhy počítačků—smysl pro vnímání světla, vnímání tvaru, kontrastu a barvy [3].

#### Smysl pro vnímání světla

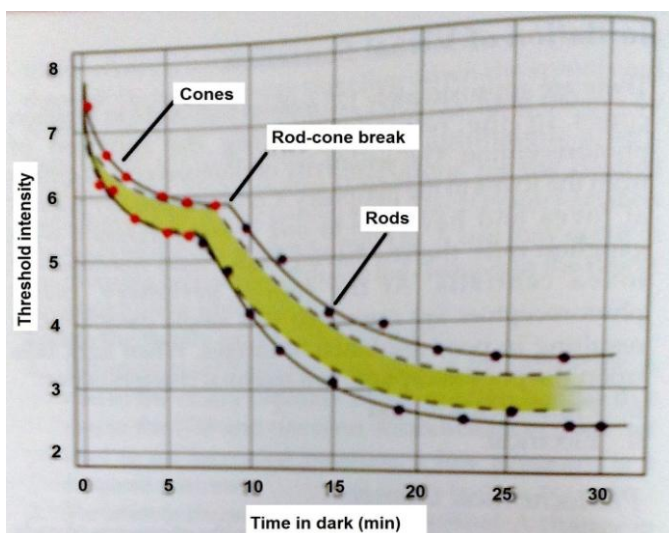
Jedná se o schopnost, která nám dovoluje vnímat světlo ve všech stupních intenzity. Minimální množství světelné energie, která může vyvolat zrakový vjem označujeme jako světelné minimum. Pokud je oko adaptováno na tmu, hodnota světelného minima je velmi malá. Světelné minimum (k vyvolání zrakového vjemu) se zvyšuje v případě, kdy jsou tyčinky a čípky porušeny. V případě, že intenzita světla se postupně zvyšuje, je třeba brát na zřetel rozdíl osvětlení v jednotlivých okamžicích, tzv. světelný rozdíl. Světelný rozdíl je ovlivněn adaptací oka a je zvýšen u poruch, které postihují zrakový nerv. Adaptace umožňuje oku fungovat v širokém rozsahu světelných situací. Voň fyziologii je tedy adaptace schopnost oka přizpůsobit se různým úrovním tmy a světla [6]. Rozlišujeme dvě adaptace oka: adaptace na tmu a adaptace na světlo [3].

Adaptace na tmu: je schopnost oka přizpůsobit se nízkým hladinám osvětlení. Lze ji běžně pozorovat tehdy, když vstupujeme z osvětleného prostoru do tmavé haly [3, 4]. Zpočátku nejsme schopni vnímat světelné podněty. Po uplynutí přibližně 10 minut, spoře osvětlené předměty mohou být viděny. Postupně se citlivost sítnice okazle zlepšuje a stává se maximální po uplynutí doby 20 až 30 minut (normální doba adaptace na tmu) [3].

Citlivost našeho oka je měřena na základě stanovení absolutní prahové hodnoty intenzity světla. Jedná se o minimální jas testovací značky, který je nezbytný pro vyvolání zrakového vjemu. Lze měřit u místních subjektů v tmavé místnosti a postupným zvýšením jas testovacího bodu, dokud sledovaný subjekt nenahlásí jeho přítomnost. Adaptace na tmu poukazuje na to, jakoko obnovuje citlivost sítnice ve tmě po vystavení jasnému světlu. Aubert (1865) byl prvním, kdo odhadnul prahovou stimulaci adaptovaného na tmu [8]. Zjistil, že citlivost oka ještě po 35 minutách ve tmě roste [5]. Růst této senzitivity nazval adaptací. [8]

Tyčinky jsou odpovědné za vidění při tlumeném osvětlení. Skotopické vidění je vidění okem adaptovaným na tmu (vidění závislé na tyčinkách). Sítnice adaptovaná na tmu je vysocí senzitivní na světlo a umožňuje detekci objektů při velmi nízké úrovni osvětlení. Nicméně, dochází k poklesu prostorové ostrosti, spolu se ztrátou vnímání barev.

Čas, který je potřebný k vidění v tmavém nebo tlumeném světle, nazývá se jako čas adaptace oka na tmu. Adaptaci na tmu lze měřit adaptometrem. Adaptací křivka vyjadřuje závislost prahové citlivosti sítnice (svíslá osa) na času (horizontální osa). Získáváme dvoufázovou křivku adaptace na tmu. Adaptace čípků (rychlá) je zpočátku poznamenána prudkým poklesem prahové citlivosti na světlo, i když se stabilizuje během několika minut. Adaptace tyčinek (povolnější) vykazuje značné zlepšení po 5 až 10 minutách ve tmě. Po 20 minutách dojde ke zvýšení citlivosti a křivka se stává plochou [3]. Proces adaptace oka na tmu vzniká v důsledku chemické povahy rhodopsinu. Rhodopsin se rozkládá v jasném světle (tyčinky nefunkční). Ve tmě se rhodopsin regeneruje rychleji, než může být rozložen. Adaptace na tmu trvá asi 15-30 minut. Citlivost sítnice se zvyšuje asi 100 000krát [7].

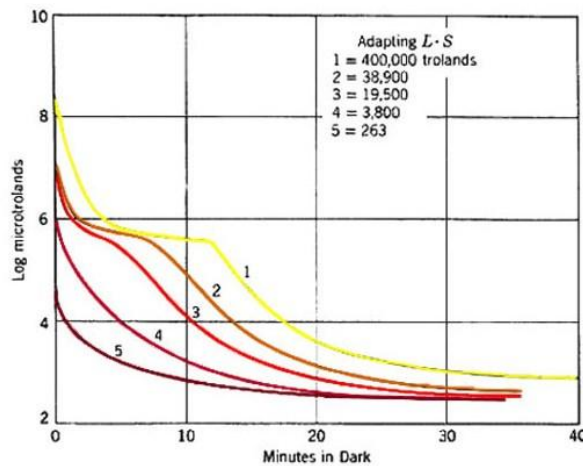


Obrázek 1: Křivka adaptace na tmu [3]- Z výše uvedené křivky je možné vidět, že nejprve dochází k rychlému snížení prahové hodnoty, pak klesá pomalu. Po 5-8 minutách přichází do hry tyčinková adaptace sítnice, kde rovněž vidíme další rychlý pokles prahové hodnoty, poté následuje

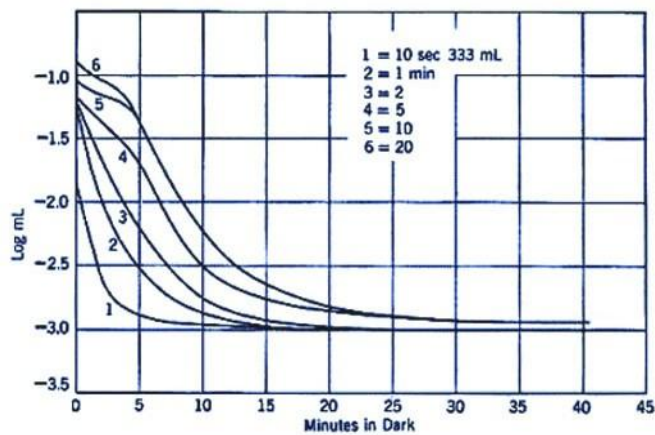
nejpomalejší pokles tyčinek. Absolutní práh =  $10^{-5}$  cd/m<sup>2</sup> po asi 40 min ve tmě. [8]

Adaptace na tmu tvoří základ Duplicční teorie, která uvádí, že nad určitou úrovní jasů (asi 10 cd/m<sup>2</sup> [5]) se mechanismus čípků podílí na prostředkování denního vidění; fotopické vidění. Pod touto úrovní přichází do hry mechanismus tyčinek a poskytuje skotopické vidění (noční vidění). Rozsah, kde oba dva mechanismy pracují společně, se nazývá mesopický. [8]

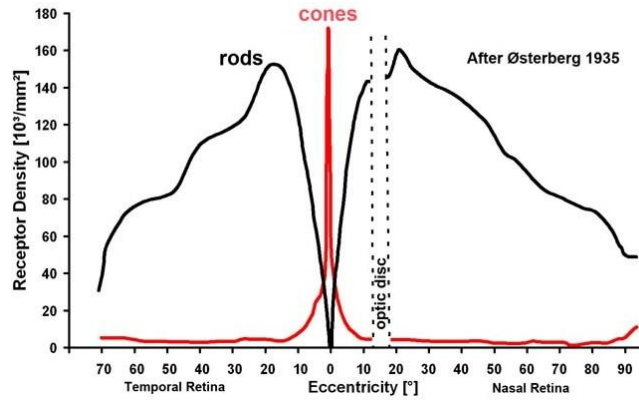
Faktory ovlivňující adaptaci na tmu  
 Intenzita a trvání pre-adaptace (Obrázek 2 a 3)  
 Velikost a pozice stimulu na sítnici (Obrázek 4-5)  
 Vlnová délka stimulačního světla (Obrázek 6)  
 Regenerace rhodopsinu (Obrázek 7) [8]



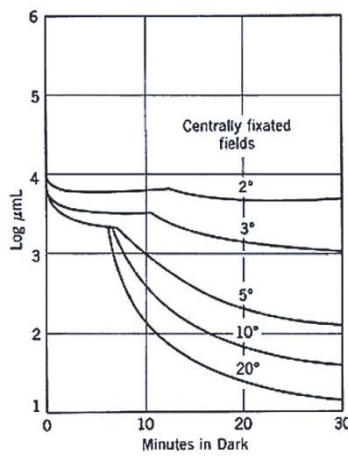
Obrázek 2: Křivka adaptace na tmu při různých úrovních jasů pre-adaptovaného světla – Čím vyšší je úroveň pre-adaptované intenzity osvětlení, tím delší je čípková část křivky, zatímco část křivky odpovídající tyčinkám se více opožďuje. Dosažení absolutního prahu bude trvat také déle. Při nízkých úrovních pre-adaptovaného jasů prahové hodnoty tyčinek rychle klesají až dosahují absolutního prahu. [8]



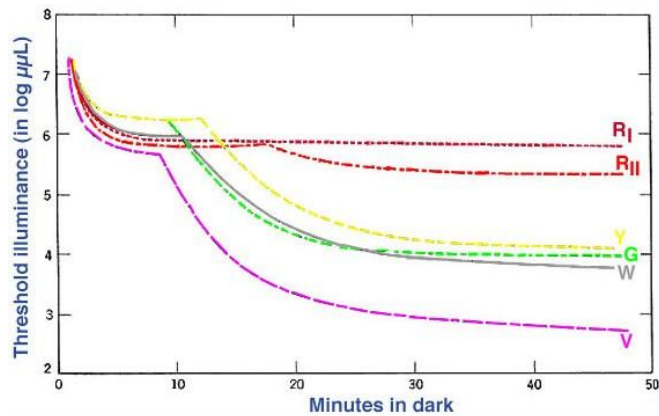
Obrázek 3: Křivka adaptace na tmu pro různou dobu trvání pre-adaptovaného jasů – kratší doba pre-adaptace má za následek rychlejší pokles adaptace na tmu. V případě extrémně krátké pre-adaptace získáme jen tyčinkovou část křivky. Po dlouhé pre-adaptaci získáme dvoufázovou křivku čípků a tyčinek. [8]



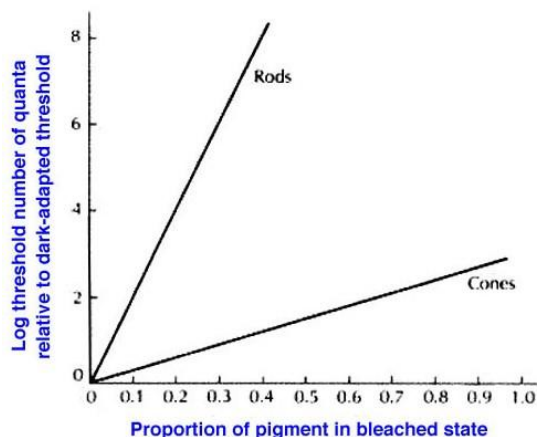
Obrázek 4: Rozložení tyčinek a čípků v sítnici



Obrázek 5: Různá velikost a pozice stimulu při měření. [8]



Obrázek 6: Křivka adaptace na tmu při použití různých stimulů o rozdílných vlnových délkách – při použití světla o dlouhých vlnových délkách, jako je extrémní červená- RI=680 nm, rod-cone break není viděn. Červená je pro tyčinky neviditelná, nenarušuje adaptaci na tmu. RII – červená = 635 nm, Y – žlutá= 573 nm, G – zelená= 520 nm, V – fialová = 485 nm, W – bílá. [8]



Obrázek 7: Log relativního prahu v závislosti na procentu vyběleného fotoropigmentu. [8]

Adaptace na světlo: vidění okem adaptovaným na světlo označujeme jako fofopické vidění, respektive denní vidění zajištěné činností čípků. Fofopické vidění je ostré, barevné vidění s malou citlivostí na světlo. Objekty jsou vnímány pouze v případě, že jsou dobře osvětleny [3]. Při adaptaci na světlo se oko musí rychle adaptovat na osvětlení okolí, aby bylo schopné dobře rozlišit předměty. Stanovujeme přírůstkový práh, jedná se o maximální hodnotu světelného jasu, kdy je možné odlišit stimul od pozadí [5, 8]. Adaptace na světlo nastává při přechodu z tmavé místnosti na světlo, kdy jsme zprvu oslněni jasným světlem. Následuje však rychlé přizpůsobení světelným podmínkám během 3 – 5 minut [3].

#### Smysl pro vnímání tvaru

Jedna z dalších schopností oka je schopnost, která umožňuje vnímat tvary objektů. Schopnost rozlišovat tvary objektů v předmětovém prostoru se nazývá zraková ostrost (termín použit Dondersem roku 1861). Zraková ostrost je závislá na přesnosti s jakou zaostřujeme předměty na sítnici a na schopnosti mozku správně zpracovat vjem. Zraková ostrost je zajištěna čípkami, především čípkami v makule, kde jsou k sobě hustě uspořádány (přibližně 180 000 na mm čtvereční) a postupně se jejich počet směrem k periférii snižuje (méně než 500 na mm čtvereční). Vnímání tvarů objektů jsou i psychologicky podmíněny. Zraková ostrost zahrnuje jak rozpoznávání, rozlišení dvou prostorově oddělených bodů, tak i porovnávání přímek.

Rozpoznávání: zahrnuje jak prostorové, tak i kognitivní složky. Osoba může identifikovat postavy tváře za předpokladu, že již s nimi byla seznámena.

Rozlišení: je schopnost vidět a poznat dva prostorově oddělené cíle nebo body. Objekty mezi sebou svírají úhel minimálního rozlišení (1 úhlová minuta = minimum separabile) a na sítnici tomu odpovídá obraz o velikosti 0,004 mm (0,004 mm jako vzdálenost dvou podrážděných čípků). Mluvíme o angulární (úhlové) rozlišovací schopnosti.

Porovnávání (koincidence): porovnávání či koincidence dvou přímek je označována jako noniusová rozlišovací schopnost. Noniusová rozlišovací schopnost je přesnější než angulární (úhlová) [3, 5].

#### Kontrastní citlivost

Kontrastní citlivost je chápána jako schopnost rozlišovat mezi jasem různého stupně. V případě vysokého jasu, je malý rozdíl kontrastů zanedbatelný, avšak pokud je přítomen nízký jas, tento malý kontrastní rozdíl hraje důležitou roli. Lze jej určit rozdílem v barvě nebo rozdílem v intenzitě osvětlení objektů, které jsou pozorovány ve stejném zorném poli. Liší se v prostorových frekvencích od 2 do 5 cyklů na stupeň. Kontrastní citlivost je maximální ve věku 20 let, a potom se postupně snižuje. K poklesu kontrastní citlivosti dochází například u šedého zákalu, glaukomu, onemocnění zrakového nervu u diabetické retinopatie [3].

#### Vnímání barev

Smysl pro vnímání barev je schopnost, kterou oko rozlišuje různé barvy a barevné tóny. Existují tři primární barvy - červená, zelená a modrá. Čípkami jsou odpovědné právě za rozpoznávání barev. Barvy jsou rozpoznatelné během denního světla, zatímco v tlumeném světle vypadají šedě (Purkyňův jev) [3].

#### Poruchy adaptace

### Porucha adaptace na tmou

Jedná se o zhoršení zraku šeranebovnoči, tento stav je u nás znám pod označením šeroslepost (hemeralopie), v anglické literatuře se tento stav zraku označuje jako noční slepota (z angličtiny night blindness) respektive jako nyktalopie. Šeroslepost nastává především v důsledku nedostatku zrakového purpuru s následnou poruchou funkce tyčinek. Časná šeroslepost způsobuje prodloužení doby adaptace na tmou, která může být detekována prostřednictvím adaptometrů [3].

Šeroslepost (respektive nyktalopie) je symptomem několika různých onemocnění nebo stavů. Všechny možné příčiny šerosleposti jsou spojeny se způsobem, jakým oko obdrží světelné paprsky. Světlo prochází rohovkou a čočkou a dopadá na sítnici v zadní části oka. Sítnice je složena z fotoreceptorů. Fotoreceptory jsou specializované nervové buňky, které přijímají světelné paprsky a převádějí je na elektrické signály, které jsou pak přenášeny do mozku k vytvoření obrazu [7].

Mezi významné příčiny šerosleposti patří:

#### Xerophthalmia

Jedná se o porušení metabolismu vitamínu A. Tento stav je charakteristický vysycháním spojivky, rohovky, světloplachostí a šeroslepostí. Příčinou je nedostatek vitamínu A. Xerophthalmia se jen ojediněle vyskytuje v zemích, kde je adekvátní přísun mléčných produktů. Zinek je minerálem, jenž je nezbytný pro vitamín A, zlepšuje vidění [7].

#### Retinitis pigmentosa

Jedná se o dědičné onemocnění oka, kde dochází k progresivnímu zhoršování fotopigmentů fotoreceptorů. Nakonec vede ke slepotě. Tyčinky jsou zničeny již na počátku onemocnění a vzniká šeroslepost. Šeroslepostu dítěti může být prvním příznakem retinitis pigmentosa. Nedávné genetické studie identifikovaly mutaci související s retinitis pigmentosa na lidském chromozomu 19 [7].

#### Degenerativní myopie

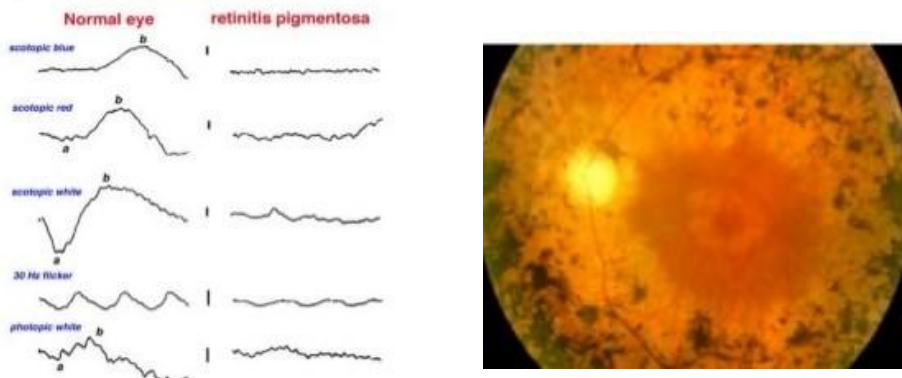
Pokročilý glaukom s otevřeným úhlem

Rozsáhlá chorioretinální atrofie

Portální cirhóza

Oguchiho nemoc

Vrozená porucha adaptace na tmou [3]



Obrázek 8: Retinitis pigmentosa: ERG vykazuje výrazné snížení obou signálů jak tyčinek, tak i čípků, i když ztráta signálu tyčinek většinou převažuje. Snížení amplitudy a – vlny i b – vlny ERG. [14]

### Porucha adaptace na světlo (z anglického názvu Day Blindness = slepota za dne)

Jedná se o zhoršené vidění za jasného světla nebo denního světla, které je známé v anglické literatuře pod názvem hemeralopie (day blindness) [3], u nás hovoříme o oslnění. Zrak náhle vystavený vysokému jasů není schopen okamžité adaptace [5]. Porucha adaptace na světlo je zapříčiněna zejména postižením čípků v makule. Příčinou mohou být [3]:

Centrální makulární choroiditida

Při zatmění Slunce – solární retinopatie (vypálení makuly)

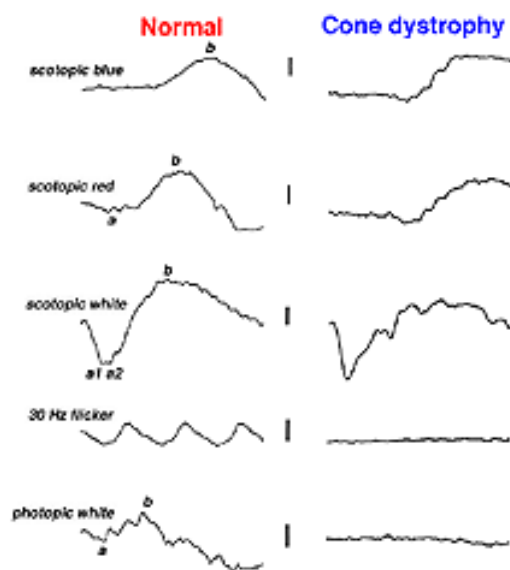
Retinochoroidální kolobom zahrnující i makulu

Čípková dystrofie

Centrální zakalení rohovky a nukleární katarakta, která vede ke zhoršenému vidění v jasném denním světle, kdy v důsledku světla se zúží zornice. V šeru se viděnílepší, protože se zornice rozšíří a pro



vidění se použije periferní část sítnice [3].



Obrázek 9: Čípková dystrofie a ERG. [13]

#### Minimální požadavky pro řidiče

##### Zrak v dopravě (v České republice)

Řidič má povinnost absolvovat prohlídku o oprávněnosti k řízení před zahájením samotného výcviku řízení, řidič z povolání před jeho pacovním zařazením a dále každé dva roky. Profesionální řidiči docházejí na prohlídku každé dva roky a po padesátém roce věku každý rok. Řidič amatér se podrobuje prohlídce v 60, 65 a 68 letech, poté absolvuje prohlídku každé dva roky. Součástí prohlídky pro řidiče je vyšetření zraku, zrakové ostrosti, barvocitu, zorného pole a test na oslnění [2].

Stavy zraku vylučující zdravotní způsobilost k řízení motorového vozidla:

##### Skupina 1 (řidič amatér)

binokulární zraková ostrost, a to i při použití korektivních čoček, je menší než 0,5 při použití obou očí zraková ostrost menší než 0,6 při plné funkční ztrátě zraku jednoho oka nebo v případě používání jen jednoho oka, například při diplopii, a to i za použití korektivních čoček pro účely vyhlášky se nitrooční čočky nepovažují za korektivní čočky [9].

##### Skupina 2 (profesionální řidič)

nemoci, vady nebo stavy vylučující normální zorné pole nebo způsobující diplopii zraková ostrost lepšího oka je menší než 0,8 a v horším oku je menší než 0,5, pokud jsou k dosažení hodnot 0,8 a 0,5 použity korektivní čočky, je nekorigovaná ostrost každého oka menší než 0,5 nebo hodnoty minimální ostrosti (0,8 a 0,5) jsou dosaženy, buď korekcí pomocí brýlí nebo kontaktních čoček se silou plus nebo minus 4 D (nekorigované vidění = 0,05) uvedená osoba, trpící těmito stavy zraku, korekcí pomocí brýlí nebo čoček nesnáší dobře menší rozsah zorného pole než 120 stupňů v horizontále a 90 stupňů ve vertikále, poruchy prostorového vidění [9]

podmínění zdravotní nezpůsobilosti řidičů a žadatelů o řízení drážních vozidel se týká barvocitu, poruchy prostorového vidění, nystagmu a šerosleposti. Dále monokulární zraková ostrost menší než 6/6 s brýlovou korekcí, která přesahuje hodnotu minus 2 D. Dále, rozsah zorného pole je menší než 80° temporálně, 50° nasálně, 40° nahoru a 60° dolů [1].

Nemoci, vady nebo stavy zraku, které ovlivňují bezpečnost provozu na pozemních komunikacích, a u kterých lze žadatele nebo řidiče uznat za zdravotně způsobilého k řízení motorového vozidla pouze na základě závěrů odborného vyšetření:

##### Skupina 1 (řidič amatér)

nemoci oka a očních adnex, pokud způsobují snížení zrakové ostrosti pod 0,5 s příslušnou korekcí monokulárně, nebo mění rozsah zorného pole pod 120 stupňů v horizontále a pod 90 stupňů ve vertikále

monokulus za předpokladu úplné adaptace, nejdříve však za rok po vzniku tohoto stavu

poruchy vidění za šera s výjimkou lehkých nezávažných forem

závažné poruchy barvocitu v oblasti základních barev [9].

Skupina 2 (profesionální řidič)

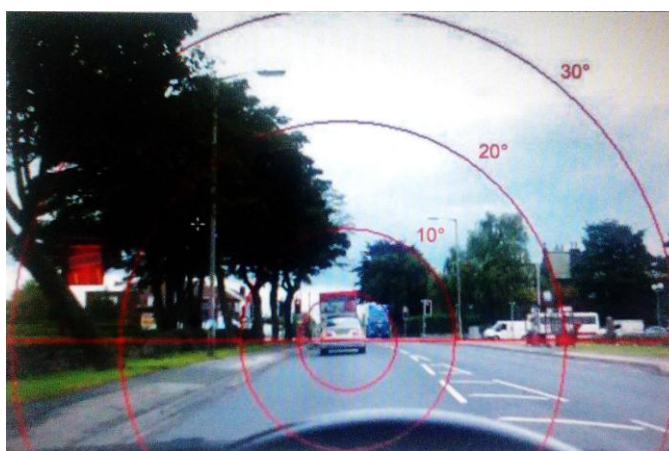
nemoci, vady nebo stavy stanovené pro skupinu 1

nemoci oka a očních adnex, pokud způsobují snížení zrakové ostrosti pod 1,0 s příslušnou korekcí monokulárně

menší rozsah zorného pole než 130° v horizontále a 100° ve vertikále

poruchy vidění za šera [9].

Poruchy barvocitu jsou jen ojedinělou překážkou k získání řidičského oprávnění. Jen u profesionálních řidičů, v železniční, námořní a letecké dopravě jsou přísnější požadavky na neporušený barvocit. V Anglii se u řidičů zkouška barvocitu vůbec nepožaduje. V České republice je požadavek rozlišení červeného a zeleného signálu nutný jak u amatérů, tak u profesionálních řidičů [2].



Obrázek 10: Typická situace, při jízdě ukazují funkčně-důležité oblasti zorného pole. [12]

#### Oslnění

Oslnění může být definováno jako příliš velké rozdíly jasů ve vizuálním poli oka (prostorové či časové kontrasty jasů, kontrast spouští účinek rozptýleného světla ve vizuální scéně), které překračují adaptační schopnost oka. Oslnění tvoří závoj jasů, který snižuje kontrast, a tím je i zhoršena viditelnost pozorovaných objektů. Nemůžeme vidět účinně rozdíly intenzity přítomnosti vysoké intenzity světla pozadí. Oslnění je zesíleno jako rozptýlené v rohovce, tak i v čočce. Dálková světla protijedoucích vozů mají oslepující efekt a nebezpečně snižují viditelnost při nočním řízení [11].



Obrázek 11: Oslepující efekt protijedoucího auta [10]



Obrázek 12: Noční vidění s čočkami opatřenými non – glare povrchem [10]

Reference:

- [1] COUFALOVÁ, Miroslava. Význam zrakových funkcí v dopravě. Brno, 2011. Bakalářská práce. MUNI. Lékařská fakulta.
- [2] KVAPILÍKOVÁ, Květa. Práce a vidění. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999. ISBN 80-7013-275-2
- [3] NEMA, HV; NEMA Nitin. Textbook of ophthalmology (Including Long and Short Cases, Darkroom Examinations, Ophthalmic Instruments and their Uses and Viva Voce). London: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd., 2012. ISBN 978-93-5025-507-0
- [4] SYNEK, Svatopluk; SKORKOVSKÁ, Šárka. Fyziologie oka a vidění. Praha: Grade Publishing, a.s., 2004. ISBN 80-247-0786-1
- [5] VESELÝ, Petr.: Optika a optometrie II. LF MU Brno, Prezentace: Adaptace oka, její vyšetření a poruchy.
- [6] Adaptation (eye)[online]. [cit. 2015-7-18].  
Dostupný na [www:<https://en.wikipedia.org/wiki/Adaptation\\_\(eye\)>](https://en.wikipedia.org/wiki/Adaptation_(eye))
- [7] Night Blindness [online]. [cit. 2015-7-18].  
Dostupný na [www:<http://www.encyclopedia.com/topic/night\\_blindness.aspx>](http://www.encyclopedia.com/topic/night_blindness.aspx)
- [8] Light and Dark Adaptation by Michael Kalloniatis and Charles Luu [online]. [cit. 2015-1-19]. Dostupný na [www:<http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/light-and-dark-adaptation/>](http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/light-and-dark-adaptation/)
- [9] Vyhláška 277/2004 SB. o stanovení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel [online]. [cit. 2015-7-19].  
Dostupný na [www:<http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/>](http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/)
- [10] Non-glare coating [online] [cit. 2015-7-20].  
Dostupný na [www:<www.visionworks.com>](http://www.visionworks.com)
- [11] Glare Recovery [online]. [cit. 2015-7-20].  
Dostupný na [www:<http://www.ijirset.com/upload/july/3A\\_Visual.pdf>](http://www.ijirset.com/upload/july/3A_Visual.pdf)
- [12] Visual requirements for driving [online]. [cit. 2015-7-20]  
Dostupný na [www:<http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/Jan%2025%2008%20Clinical%20driving.pdf>](http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/Jan%2025%2008%20Clinical%20driving.pdf) na
- [13] Cone Dystrophy [online]. [cit. 2015-7-20].  
Dostupný na [www:<www.webvision.umh.es/gif>](http://www.webvision.umh.es/gif)
- [14] Retinitis pigmentosa [online]. [cit. 2015-7-20].  
Dostupný na [www:<www.slideshare.net/jpg>](http://www.slideshare.net/jpg)

## **Adaptation and its disorders, glare. Minimum requirements for drivers- Bc. Fialová Ladislava**

Supervisor:Mgr. Simona Bramborová, DiS

Department of Optometry and Orthoptics, MedicalFaculty, Masaryk University

---

### Physiology of vision

The physiology of vision has not yet been fully elucidated. The process of vision can be divided into three stages [3].

#### Initiation of visual sensation

Transmission of visual sensation, and

Visual perception.

#### Initiation of visual sensation

There are approximately 125 million rods and 6 to 7 million cones in the retina subserving the function of photoreception. The sensitivity of photoreceptors differs from the fovea to the periphery. Cones are densely packed at fovea and have one-to-one correspondence with ganglion cells, thereby having high visual resolution at fovea centralis. At the retinal periphery, many photoreceptors are connected to a single ganglion cell resulting in poor resolution of images. When light falls upon the photoreceptors, two essential changes occur (photochemical and electrical) [3].

The photochemical changes occur in the pigments of rods and cones. The changes occurring in rod pigments are studied in great details, but information on cone pigments is limited. Rhodopsin is a chromoprotein having an active chromophore molecule that absorbs light and triggers electrical impulses in the retina.

Rhodopsin cycle: the visual pigment (rhodopsin) is present in the outer segment of rods. It is responsible for the night vision (scotopic vision). The chromophore of rhodopsin has 11-cis-retinal which is embedded into a peptide protein, opsin. When exposed to a photon of light, rhodopsin initiates photochemical reactions and loses its color (rhodopsin bleaching). During the bleaching process of rhodopsin, the chromophore undergoes cis-trans isomerization after passing through a number of intermediate states. Regeneration of rhodopsin can occur either from all-trans-retinal or all-trans-retinol by uniting with opsin. The regeneration of rhodopsin is independent of light and darkness [3, 4].

The photochemical reactions in the rods and cones convert light energy into the electrical potentials, which are transmitted through the visual pathway to the brain. The electrical changes in the retina can be demonstrated by electroretinography. Reaching the occipital cortex, the potentials alter the electrical activity of brain. The electrical changes vary in frequency with the intensity of light and can be recorded by electroretinogram (ERG).

#### Transmission of visual impulse

The potential generated in the photoreceptors transmits signals to retinal ganglion cells through bipolar cells. The communication between cells of retina is quite complicated. Some cells of retina are stimulated when light is switched on while others when light is turned off. Three different types of ganglion cells are present in the retina:

Parvocellular cells (P cells) constitute 90 percent of the ganglion cells and their axons terminate in the parvocellular layer of lateral geniculate nucleus. They are small, color sensitive and predominantly present in the macular area.

Magnocellular cells (M cells) are large with thick axons synapsing with the magnocellular layer 1 and 2 of the lateral geniculate nucleus. They transmit high temporal motionrelated information.

Konio cells are found in the intralaminar area of lateral geniculate nucleus and transmit colors. In spite of the presence of parvocellular and magnocellular pathways, it seems that there is no segregation for color, motion and form sensation. The lateral geniculate nucleus acts as an intermediate station for transmission of neural information from the retina to the visual cortex [3].

#### Visual perceptions

The primary visual cortex (striate cortex) receives the information from the lateral geniculate nucleus and relays it to extrastriate cortex for transmission to the higher visual areas. The stimulation of the retina with light yields four types of sensations – light sense, form sense, sense of contrast and color sense. [3]

#### Light sense

Light sense is the faculty, which permits us to perceive light of all gradation of intensities. The minimum amount of light energy which can induce a visual sensation is known as light minimum. The light minimum is very small if the eye is dark adapted and it increases when the rods and cones are diseased. After ascertaining the light minimum, if the intensity of light is gradually increased one can appreciate a difference in the moment

of illumination, called light difference. The light difference is also influenced by the adaptation of the eye and is increased in disorders affecting the optic nerve. The visual adaptation permits eye to function in a wide range of lighting situations [3]. In ocular physiology, adaptation is the ability of the eye to adjust to various levels of darkness and light [6]. The adaptation is of two types: dark adaptation and light adaptation [3].

**Dark adaptation:** It is the ability of the eye to adapt to low illumination. It is a common observation that on entering a darkened movie hall from a bright daylight of outside, one can not see anything initially. After a period of approximately 10 minutes, dimly light objects may be visible. Gradually, the sensitivity of the eye improves and becomes maximal after a period of 20 to 30 minutes (normal dark adaptation time) [3].

The sensitivity of our eye can be measured by determining the absolute intensity threshold, that is, the minimum luminance of a test spot required to produce a visual sensation. This can be measured by placing a subject in a dark room, and increasing the luminance of the test spot until the subject reports its presence. Consequently, dark adaptation refers to how the eye recovers its sensitivity in the dark following exposure to bright lights. Aubert (1865) was the first to estimate the threshold stimulus of the eye in the dark by measuring the electrical current required to render the glow on a platinum wire just visible. He found that the sensitivity had increased 35 times after time in the dark, and also introduced for the term “adaptation” [8].

The rods are responsible for seeing in dim illumination. Dark-adapted or rod-dependent vision is known as scotopic vision. Dark-adapted retina is highly sensitive to light and allows visual detection of objects at a very low level of illumination. However, there is a decrease in spatial and temporal acuities along with the loss of color perception.

The time required to see in dark or dim light is called dark adaptation time. The dark adaptation can be measured by an adaptometer. The dark adaptation curve is plotted as light sensitivity response (vertical axis) against a function of time (horizontal axis). The curve shows two distinct phases. The adaptation of cones is initially marked by a sharp fall in the light sensitivity threshold although it stabilizes in a few minutes. The adaptation of rods shows considerable improvement after 5 to 10 minutes in dark. After 20 minutes, there is an increase in sensitivity and the curve becomes a plateau [3]. This dark adaptation process occurs because of the chemical nature of rhodopsin. Rhodopsin is decomposed in bright light making the rods nonfunctional. In darkness, rhodopsin is regenerated faster than it can be decomposed. Dark adaptation takes about 15–30 minutes and, when complete, increases light sensitivity by about 100,000 times [7].

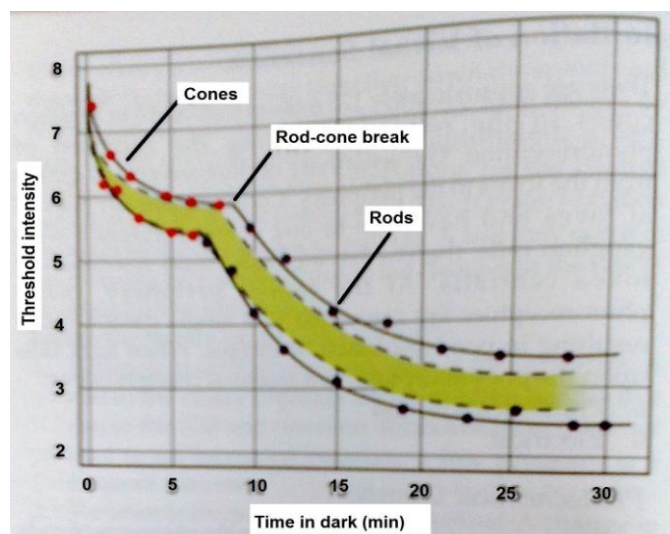


Figure 1: Dark adaptation curve - From the above curve, it can be seen that initially there is a rapid decrease in threshold, then it declines slowly. After 5 to 8 minutes, a second mechanism of vision comes into play, where there is another rapid decrease in threshold, then an even slower decline. The curve asymptotes to a minimum (absolute threshold) at about  $10^{-5}$  cd/m<sup>2</sup> after about forty minutes in the dark. [8]

Dark adaptation forms the basis of the Duplicity Theory which states that above a certain luminance level (about 10 cd/m<sup>2</sup> [5]), the cone mechanism is involved in mediating vision; photopic vision. Below this level, the rod mechanism comes into play providing scotopic (night) vision. The range where two mechanisms are working together is called the mesopic range, as there is not an abrupt transition between the two mechanism. [8]

Factors affecting dark adaptation

Intensity and duration of the pre-adapting light (Figure 2 and 3)

Size and position of the retina are used in measuring dark adaptation (Fig. 4-5)

Wavelength distribution of the light used (Figure 6)

Rhodopsin regeneration (Figure 7) [8]

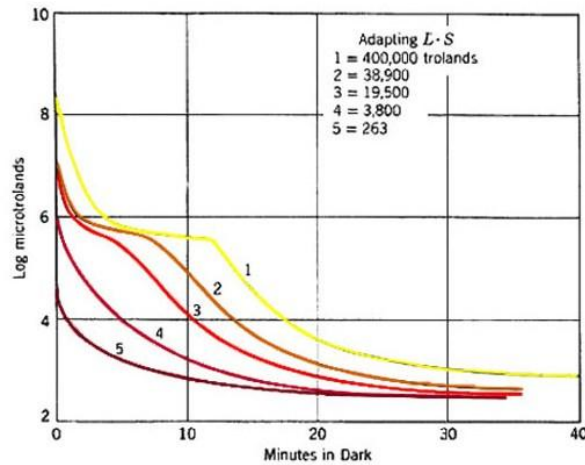


Figure 2: Dark adaptation curves following different levels of pre-adapting luminances - With increasing levels of pre-adapting luminances, the cone branch becomes longer while the rod branch becomes more delayed. Absolute threshold also takes longer to reach. At low levels of pre-adapting luminances, rod threshold drops quickly to reach absolute threshold. [8]

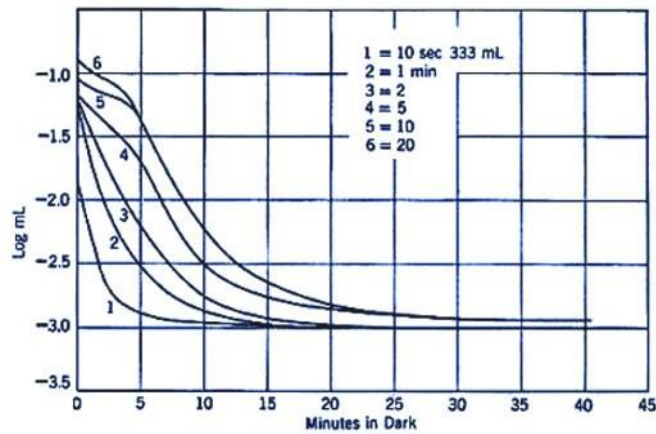


Figure 3: Dark adaptation curves following different duration of pre-adapting luminance - The shorter the duration of the pre-adapting light, the more rapid the decrease in dark adaptation. For extremely short pre-adaptation periods, a single rod curve is obtained. It is only after long pre-adaptation that a bi-phasic, cone and rod branches are obtained. [8]

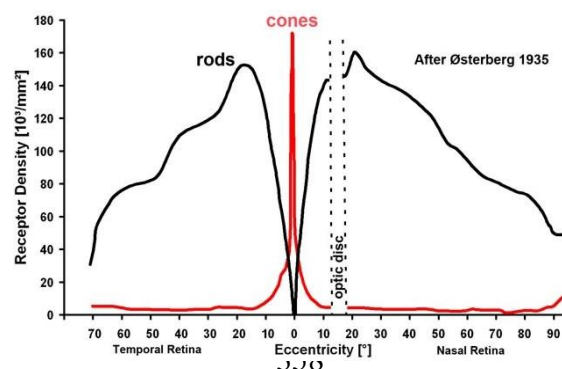


Figure 4: Distribution of cones and rods

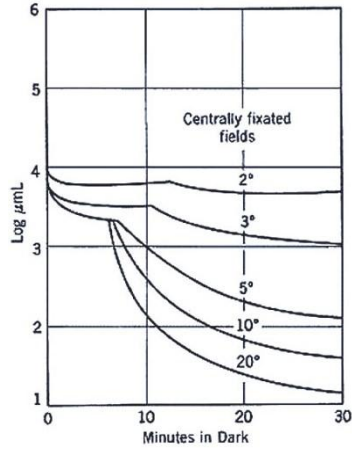


Figure 5: Dark adaptation measured in the retina using different size test spots.[8]

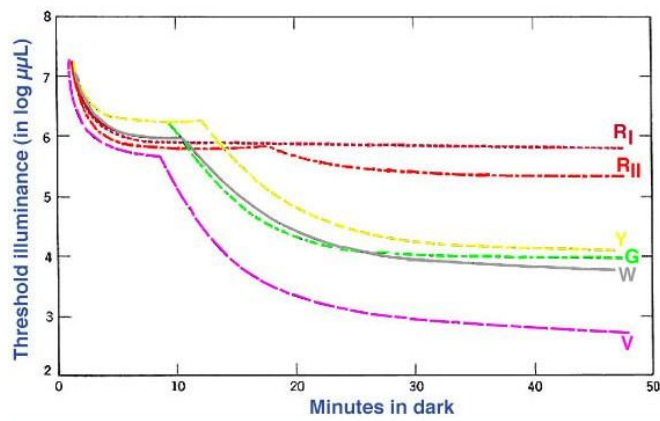


Figure 6: Dark adaptation curve using different test stimuli of different wavelengths - rod-cone break is not seen when using light of long wavelengths such as extreme red, R1 – extreme red = 680 nm, RII – red = 635 nm, Y – yellow = 573 nm, G – green = 520 nm, V – violet = 485 nm, W – white. [8]

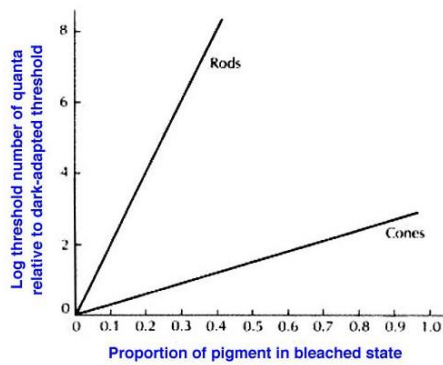


Figure 7: Log relative threshold as a function of the percentage of photopigment bleached. [8]

Light adaptation: the light-adapted or cone-dependent vision is known as photopic vision. Photopic vision has low sensitivity to light and objects can only be perceived if they are well illuminated [3]. With light adaptation, the eye has to quickly adapt to the background illumination to be able to distinguish objects in this background. Light adaptation can be explored by determining increment thresholds [8]. However, both spatial and temporal acuities are improved and color perception is retained. Light adaptation or adaptation to bright light occurs more rapidly on leaving the darkened cinema theater, one gets initially dazzled by bright sunlight. However, the person becomes adapted to the high level of illumination within 3 to 5 minutes [3].

#### Form sense

Form sense is the faculty which enables us to perceive the shapes of the objects. The ability to distinguish the shapes of the objects in the outer world is called visual acuity, the terms coined by Donders in 1861. The visual acuity is acuteness of form vision, which is dependent on the sharpness of retinal focus and ability of the interpretive faculty of the brain. It is the function of cones and is most acute at the fovea where cones are packed densely (approximately 180,00 per square mm) and decreases gradually towards the periphery (less than 500 per square mm). Besides retinal, the form sense is mostly psychological. The visual acuity includes recognition, resolution of two spatially separated targets and alignment.

Recognition: It involves both spatial and cognitive components. The person can identify figures and faces provided he is familiar with them.

Resolution: The ability to resolve two spatially separated targets or points is known as resolution. An object should subtend a visual angle of 1 minute at the nodal point for producing a minimum-sized image of 0,004 mm (as the diameter of foveal cones is 0,004 mm). The discrimination is the function of fovea and is called ordinary visual acuity.

Alignment: The alignment of two line segments is known as vernier acuity. The threshold of vernier acuity is lower than the ordinary visual acuity. The visual angle produced by a single fine dark line against uniformly illuminated background is much less than the foveal cone size. Therefore, it is suggested that orientation of vernier acuity may be processed in the visual cortex and not in the retina [3].

#### Contrast sensitivity

Contrast sensitivity is the ability to distinguish between luminance of different levels. If luminance is high, the small contrast difference is negligible, but if luminance is low, this small difference matters. It can be determined by the difference in the color or shade and brightness of objects within the same field of vision. It varies at spatial frequencies of 2 to 5 cycle degrees. It is maximal at the age of 20 years and then gradually declines. A fall in contrast sensitivity is also noted in cataract, glaucoma, optic nerve disease and diabetic retinopathy [3].

#### Color sense

Color sense is the faculty by which eye distinguishes different colors and color tones. There are three primary colors- red, green, blue. The cones are responsible for the recognition of colors. Colors are better appreciated in day light while in dim light they look gray (Purkinje's shift) [3].

#### Disorders of dark/light adaptation

##### Night blindness

Poor or feeble vision in twilight or in night is known as night blindness or nyctalopia. Night blindness mainly occurs due to interference with the functions of rods owing to deficiency of visual purple. Early night blindness causes the prolongation of dark adaptation time which can be detected by dark adaptometry [3].

Night blindness (nyctalopia) is a symptom of several different diseases or conditions. All of the possible causes of night blindness are associated with the way in which the eye receives light rays. Light travels through the cornea and lens and lands on the retina at the back of the eye. The retina is composed of photoreceptors. Photoreceptors are specialized nerve cells that receive light rays and convert them into electrical signals, which are then transmitted to the brain, creating an image [7].

The important causes of night blindness:

##### Xerophthalmia

This condition is characterized by dryness of the conjunctiva (the membrane that covers the eyelids and exposed surface of the eye) and cornea, light sensitivity, and night blindness. It is caused by vitamin A deficiency. Xerophthalmia rarely occurs in countries with adequate supplies of milk products. Zinc is a mineral that is necessary for vitamin A to improve vision [7].

##### Retinitis pigmentosa

this is an inherited eye disease in which there is progressive deterioration of the photopigments of the photoreceptors, eventually resulting in blindness. The rods are destroyed early in the course of disease resulting in night blindness. Night blindness in children may be an early indicator of retinitis pigmentosa. Recent genetic



studies have identified mutations related to retinitis pigmentosa on human chromosome 19 [7].

High myopia

Advanced open-angle glaucoma

Disseminated chorioretinal atrophy

Portal cirrhosis

Oguchi's disease

Congenital night blindness [3]

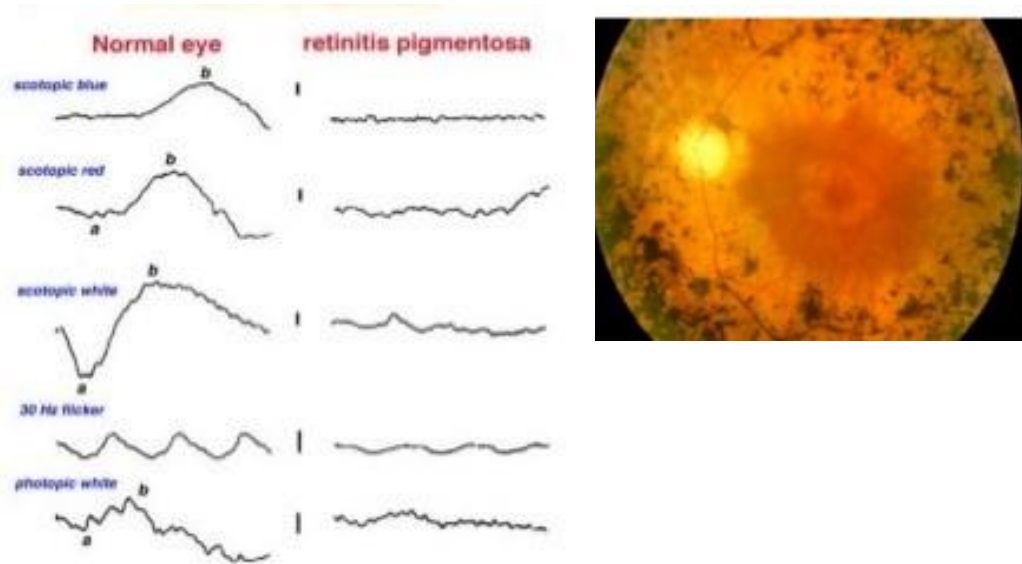


Figure 8: Retinitis pigmentosa: a full field ERG in retinitis pigmentosa shows marked reduction in both rod and cone signals, although loss of rod signals is predominant. There is significant reduction in amplitude of both a and b waves of ERG. [14]

#### Day blindness

Poor vision in bright light or daylight is known as day blindness or hemeralopia. It is mainly due to affection of cones at the macula. Causes of day blindness are:

Central macular choroiditis

Macular burn, as seen in solar retinopathy

Retinochoroidal coloboma involving the macula

Cone dystrophy

Central corneal opacity and nuclear cataract lead to poor vision in bright light owing to constriction of pupil but vision improves in dim light as the pupil dilates and the peripheral retina is used for vision [3].

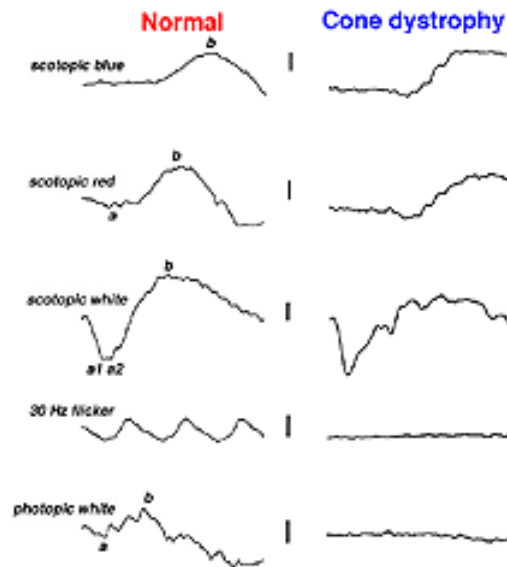


Figure 9: Cone dystrophy ERG. [13]

#### Minimum requirements for driver

##### Vision in transport (in the Czech Republic)

The driver is obliged to medical examination of permission to drive before beginning training of driving, professional drivers before job position and then every two years. Professional driver is subjected to examination every two years, after the fiftieth year of age each year. Amateur driver completes examination in 60, 65 and 68 years, thereafter every two years. Part of the examination for driver is visual examination, including visual acuity, color perception, vision and glare [2].

##### Eye conditions excluding medical fitness to drive motor vehicles:

###### Group 1 drivers (amateur drivers)

binocular visual acuity, even with corrective lenses, less than 0.5 when using both eyes

visual acuity of less than 0.6 in the complete functional loss of vision in one eye or in the case of using a single eye, for example in the case of diplopia, even with corrective lenses

for the purposes of Decree intraocular lenses shall not be considered corrective lenses [9].

###### Group 2 drivers (professional driver)

diseases, defects or conditions precluding normal binocular field of vision or causing diplopia

visual acuity in the better eye less than 0.8, and in the worse eye less than 0.5; if they are to achieve values of 0.8 and 0.5, with corrective lenses, uncorrected acuity in each eye is less than 0.5

or else the minimum acuity (0.8 and 0.5) are achieved either by correction by means of glasses or contact lenses with a force in excess of plus or minus 4D (uncorrected vision = 0.05)

the appropriate correction needs to be tolerated by the driver

a smaller field of vision than 120 degrees horizontal and 90 degrees vertical, disorder of spatial seeing [9]

making the health disability of drivers and applicants for management of rail vehicles applies to color vision deficiency, impaired spatial vision, nystagmus, and night blindness. Furthermore, there are monocular visual acuity less than 0.6/0.6 corrected with eyeglasses, which is bigger than the minus 2D. Verdict health disability is even if the visual field is less than 80° temporally, 50° nasally, 40° upward and 60° downward [1].

Diseases or conditions of vision defects that affect safety of road traffic and where the applicant or the driver can be recognized as physically qualified to drive a motor vehicle only on the basis of the conclusions of the expert examination:

###### Group 1 drivers (amateur drivers)

diseases of the eye and adnexa if they caused decreased visual acuity below 0.5, with monocular correction, or change the field of vision below 120 degrees horizontal and 90 degrees vertical

monocular assuming complete adaptation, but no sooner than a year after the establishment of the state

impaired vision in dim light with the exception of minor forms of light

severe color vision deficiency in basic colors [9].

###### Group 2 drivers (professional driver)

diseases, defects or conditions specified for the group 1

diseases of the eye and adnexa if they caused decreased visual acuity below 1.0, with monocular correction smaller field of vision than 130 degrees horizontal and 100 degrees vertical night vision disorders [9].

Color vision deficiency is rarely an obstacle to obtaining a driving license, only professional drivers in the rail, marine and air transport are more stringent requirements for color vision intact. In England, the color perception test for drivers is at all requests. In the Czech Republic it is required to recognize the red and green signals for both amateurs and even professional drivers [2].

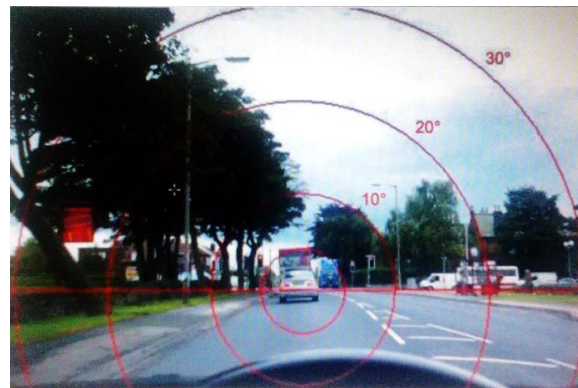


Figure 10: A typical scene when driving showing the functionally – important areas of the visual field [12]

#### Glare

Glare can be defined as the contrast lowering effect of stray light in a visual scene. Glare forms a veil of luminance which reduces the contrast and thus the visibility of a target is decreased. We cannot see intensity differences efficiently in the presence of a high background of light intensity. And the sensitivity to glare is amplified as scattering in cornea or lens increases. High beam of head light of an oncoming car has blinding effect and decreases visibility dangerously [11].



Figure 11: Blinding effect of oncoming cars [10]



Figure 12: Night vision with Non - glare coating [10]

References:

- [1] COUFALOVÁ, Miroslava. Význam zrakových funkcí v dopravě. Brno, 2011. Bakalářská práce. MUNI. Lékařská fakulta.
- [2] KVAPILÍKOVÁ, Květa. Práce a vidění. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999. ISBN 80-7013-275-2
- [3] NEMA, HV; NEMA Nitin. Textbook of ophthalmology (Including Long and Short Cases, Darkroom Examinations, Ophthalmic Instruments and their Uses and Viva Voce). London: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd., 2012. ISBN 978-93-5025-507-0
- [4] SYNEK, Svatopluk; SKORKOVSKÁ, Šárka. Fyziologie oka a vidění. Praha: Grade Publishing, a.s., 2004. ISBN 80-247-0786-1
- [5] VESELÝ, Petr.: Optika a optometrie II. LF MU Brno, Prezentace: Adaptace oka, její vyšetření a poruchy.
- [6] Adaptation (eye)[online]. [cit. 2015-7-18].  
Dostupný na www:<[https://en.wikipedia.org/wiki/Adaptation\\_%28eye%29](https://en.wikipedia.org/wiki/Adaptation_%28eye%29)>
- [7] Night Blindness [online]. [cit. 2015-7-18].  
Dostupný na www:<[http://www.encyclopedia.com/topic/night\\_blindness.aspx](http://www.encyclopedia.com/topic/night_blindness.aspx)>
- [8] Light and Dark Adaptation by Michael Kalloniatis and Charles Luu [online]. [cit. 2015-1-19]. Dostupný na www:<<http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/light-and-dark-adaptation/>>
- [9] Vyhláška 277/2004 SB. o stanovení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel [online]. [cit. 2015-7-19].  
Dostupný na www:<<http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/>>
- [10] Non-glare coating [online] [cit. 2015-7-20].  
Dostupný na www:<[www.visionworks.com](http://www.visionworks.com)>
- [11] Glare Recovery [online]. [cit. 2015-7-20].  
Dostupný na www:<[http://www.ijirset.com/upload/july/3A\\_Visual.pdf](http://www.ijirset.com/upload/july/3A_Visual.pdf)>
- [12] Visual requirements for driving [online]. [cit. 2015-7-20]  
Dostupný  
www:<<http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/Jan%2025%2008%20Clinical%20driving.pdf>>
- [13] Cone Dystrophy [online]. [cit. 2015-7-20].  
Dostupný na www:<[www.webvision.umh.es/gif](http://www.webvision.umh.es/gif)>
- [14] Retinitis pigmentosa [online]. [cit. 2015-7-20].  
Dostupný na www:<[www.slideshare.net/jpg](http://www.slideshare.net/jpg)>

na

# Adaptace a její poruchy, oslnění. Minimální požadavky pro řidiče

Bc. Ladislava Fialová  
Katedra Optometrie a ortoptiky,  
Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Brno



## Adaptace

Adaptace je schopnost oka přizpůsobit se různě intenzitě světla. Umožňuje tedy oku fungovat v širokém rozsahu světelných situací. Jinými slovy umožňuje pozorovat předměty, které jsou intenzivně i málo osvětlené [1, 5, 15]. Oco je schopné se přizpůsobit maximální osvětlení od 0,003 do 80 000 luxů [16]. Rozsahové dvě adaptace oka, adaptaci na světlo a adaptaci na tmou, přičemž adaptace na tmou je klíčový významnější [5, 2].

### Adaptace na světlo:

Adaptace na světlo nastává při přechodu ze tmy na světlo, kdy jsme zpočátku oslnění jasným světlem. Při adaptaci na světlo se oko musí rychle přizpůsobit na optimální osvětlení k pozorování jednotlivých předmětů, tato adaptace nastává vlnovou délkou 3 až 5 minut. [1, 5]

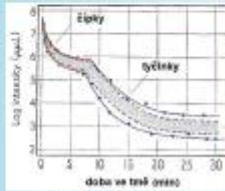
### Adaptace na tmou:

Adaptaci na tmou lze snadno pozorovat při přechodu ze světla na tmou. Zpočátku nejsem schopni vnímat světelné podněty. Vlnění se zlepšuje v průběhu jedné hodiny. Po uplynutí přibližně 10 minut již můžeme vidět spíše osvětlené předměty. Postupně se citlivost sítnice zvyšuje a sítnice se maximální po uplynutí doby 20 až 30 minut. Pokud vyjdeme zvenčí z tmavé místnosti s nízkou intenzitou světla (světla ose) na čáru (horizontální ose), získáme dvojnásobnou křivku adaptace na tmou (obrázek č. 1) [1, 2, 4].

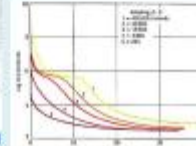
Adaptací křivka se skládá ze dvou částí. První část odpovídá okamžité adaptaci sítnice (zv. rychlá fáze), kde se citlivost sítnice zvyšuje 100 x. Druhá část odpovídá hydrónkové adaptaci sítnice, je pozvolnější a citlivost sítnice se zvyšuje až 100 000 x [6].

### Factory ovlivňující adaptaci na tmou:

- Intenzita a trvání pre-adaptace (obrázek č. 2)
- Velikost a pozice stimulu na sítnici (obrázek č. 3)
- Vlnová délka stimulačního světla (obrázek č. 4)
- Regenerace rodopsinu [3]



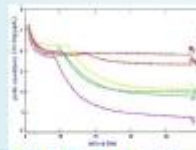
Obrázek č. 1: Křivka adaptace na tmou. [3]



Obrázek č. 2: Adaptací křivka při různých intenzitách pre-adaptace. [3]



Obrázek č. 3: Různá velikost a pozice stimulu. [3]



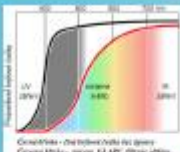
Obrázek č. 4: Křivka adaptace na tmou při použití různých vlnových délek. [3]

## Vysvětlění stavu oslnění

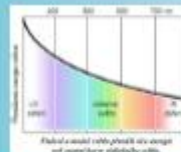
Ve světlometech dnešních automobilů jsou nejčastěji halogenové žárovky, které svítí „žlutě“ bílým světlem nebo xenonové výbojky, které nejčastěji svítí „studeně“ bílým světlem. „Studeně“ bílé světlo obsahuje značný podíl modrého světla.

Dopadající světlo s sebou přináší energii, která narušuje u tvrdých stromých částek. Fotony modrofialového světla mají přibližně 2x větší energii než fotony červeného světla, proto způsobují silnější oslnění.

Hlavní příčinou oslnění je tedy nadměrná působení modré složky světla spolu s vysokým jasnem svítící plochy světlometů protijedoucích vozidel. [12]



Obrázek č. 5: Povrchová úprava glaz. [12]



Obrázek č. 6: Přeměnění energie záření. [12]

## Reference

- [1] BILKA, V. OSVNĚNÍ. Společnost optických technologií, Brno, 2010.
- [2] BILKA, V. OSVNĚNÍ. Společnost optických technologií, Brno, 2010.
- [3] BILKA, V. OSVNĚNÍ. Společnost optických technologií, Brno, 2010.
- [4] BILKA, V. OSVNĚNÍ. Společnost optických technologií, Brno, 2010.
- [5] BILKA, V. OSVNĚNÍ. Společnost optických technologií, Brno, 2010.
- [6] BILKA, V. OSVNĚNÍ. Společnost optických technologií, Brno, 2010.
- [7] BILKA, V. OSVNĚNÍ. Společnost optických technologií, Brno, 2010.
- [8] BILKA, V. OSVNĚNÍ. Společnost optických technologií, Brno, 2010.
- [9] BILKA, V. OSVNĚNÍ. Společnost optických technologií, Brno, 2010.
- [10] BILKA, V. OSVNĚNÍ. Společnost optických technologií, Brno, 2010.
- [11] BILKA, V. OSVNĚNÍ. Společnost optických technologií, Brno, 2010.
- [12] BILKA, V. OSVNĚNÍ. Společnost optických technologií, Brno, 2010.

## Poruchy adaptace

### Porucha adaptace na tmou

Jedná se o zhoršení zraku ze dne, v noci. Můžeme o šerozrakosti (v anglické literatuře se tento stav označuje jako nyktalopie) [1]. Šerozrakost se může vyskytnout buď samostatně nebo může být příznakem některých chorob. Šerozrakost nastává především v důsledku nedostatečného zrakového purpuru a následnou poruchou funkce tyčinek [1].

Rozlišuje se šerozrakost vrozená (porucha syntézy rodopsinu, vrozené kongenitální stacionární noční slepota) nebo získaná (degenerativní myopie) [5, 6].



Obr. č. 7: Různá pigmentosa [3]

Obr. č. 8: Čip dystrofie [3]

### Porucha adaptace na světlo

Poruchou adaptace na světlo je oslnění (v anglické literatuře je tato porucha pojmenována jako hemerisopie, resp. Day Blindness) [1]. Při oslnění je značně výskyt vysokému jasů a není schopem okamžité adaptace.

Porucha adaptace na světlo je způsobena zejména poškozením čípků v makule (čípokové dystrofie), ale vyskytuje se i u použití některých léků (např. antiepileptik) nebo u anémie, albinismu [1, 5, 6].

### Oslnění

Němí stupni oslnění vyvolávají například bleskání očí nebo hlavy. Při velkém stupni oslnění může nastat celkový oslnění, které úplně zmažkuje na určitou dobu vidět [8]. Čelivost na oslnění zpravidla s věkem roste [12].

S oslněním se nejčastěji setkáváme při noční jízdě, kdy nás oslní reflektory protijedoucích aut.

K eliminaci oslnění se používají čočky s polarezním filtrem, který byl prvně vynalezen roku 1929 společností Polaroid. Tato společnost nabízel polarezní čočky pro sport, venkovní aktivity a vlada lam, kde je třeba zabránit oslnění. Mimo jiné zlepšují ostrost vidění, vyznačují barvy a zosvětlují kontrasty, například sluneční brýle Polaroid. Další z řady „No – glare“ čoček je třeba Citral – SAPPHIRELUX nebo Nullstar. Společnost KONIX používá povrchové úpravy GLARE. [7]



Obr. č. 9: No – glare čočky [7]

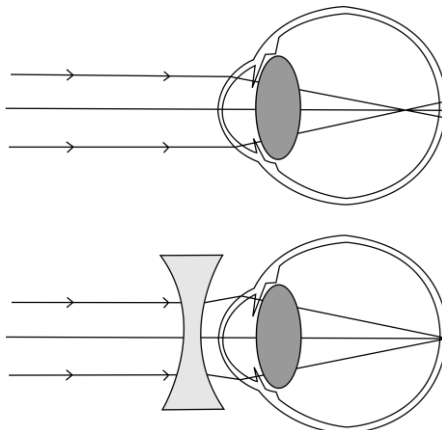
## 27. Komplikace spojené s myopií- Bc. Lucie Kotrlová

Vedoucí práce: MUDr. Monika Synková

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

### MYOPIE

Myopie je sférická refrakční vada, při níž se paprsky jdoucí z nekonečna do oka sbíhají do ohniska před sítnicí a vytváří tak na ní neostří obraz. Myopové tedy vidí neostře předměty v dálce, naopak ale vizus do blízka mají dobrý. Daleký bod myopického oka se nachází v konečné vzdálenosti před okem, dle znaménkové konvence je tedy jeho axiální refrakce záporná.



Obr. č. 1: Schéma myopického oka

### Etiologie myopie

Příčiny krátkozrakosti zohledňují porovnání lidského oka s Gullstrandovým modelem oka. Podle výsledků srovnání dělíme myopii na axiální a systémovou.

Axiální (osová) myopie se vyskytuje nejčastěji. Jedná se o předozadní prodloužení oka, kdy délka oka dosahuje větších hodnot než Gullstrandovo oko (24 mm) při zachování jeho optické mohutnosti (58,64 D). [1]

Systémová myopie je stav oka, kdy jeho předozadní délka odpovídá Gullstrandovu modelu, ale celková optická mohutnost nabývá hodnot větších než 58,64 D. Zvětšení optické mohutnosti může být způsobeno buď zvětšeným zakřivením optických ploch oka (tzv. rádiusová forma myopie), nebo zvýšeným indexem lomu, kdy potom mluvíme o indexové myopii. [2]

Změna zakřivení se u rádiusové formy může týkat rohovky, například při keratokonu, kdy každá změna zakřivení o 1 mm způsobí změnu refrakce o -6,0 D. Nebo může být způsobena změnami zakřivení ploch čočky při předním a zadním lenticonu, spasmu akomodace či po úraze. S indexovou myopií, a tedy nárůstem indexu lomu čočky, se nejčastěji můžeme setkat při nukleární kataraktě nebo u diabetu. [1]

### Dělení myopie

Myopii můžeme dělit dle počtu dioptrií na:

lehkou (myopia simplex) - do -3 D

střední (myopia modica) - -3,25 D až -6,0 D

těžkou (myopia gravis) - nad -6,0 D [2]

Dle vzniku a přítomnosti patologie myopii dělíme na:

### Fyziologickou myopii (myopia physiologica)

Tento typ myopie zahrnuje refrakční vady spadající do kategorie nižší a střední myopie (hodnoty -1 až -3 D). Jedná se o fyziologickou krátkozrakost, při níž se nevyskytují žádné degenerativní procesy. Tato vada se začíná projevovat ve starším školním věku, během něj povolně narůstá a po 20. roce, kdy je ustálen vývoj těla, se její progresi také ustálí.

### Intermediální myopii (myopia intermedialis)

Do této kategorie můžeme zařadit středně těžkou krátkozrakost, u které se již začínají projevovat komplikace spojené s nárůstem bulbu, jako je ztenčení skléry. Naštěstí ale stále nejsou přítomny výrazné změny na očním pozadí. Tato myopie vzniká v šestém až sedmém roce věku, proto o ní taky někdy mluvíme jako o školní myopii. Obvykle narůstá do hodnot -5 až -10 D a stejně jako fyziologická myopie se ustálí po 20. roce věku.

### Progresivní myopii (myopia pathologica)

Do této skupiny řadíme myopie vyznačující se rychlým nárůstem refrakční vady (až -4D za rok), prodloužením předozadní délky oka a patologickými změnami převážně na zadním pólu oka. Z celkové myopie tvoří naštěstí

jen malou část. Vzniká již v prvních letech života a k ustálení dochází až kolem 30. roku života.

Vrozená myopie (myopia congenitalis)

S vrozenou formou myopie se často setkáme u předčasně narozených dětí. Je přítomná již při narození, často je jednostranná a dosahuje hodnot -10 D a více, ale již dále neprogreduje. [6]

Další typy myopie:

Jako další typy můžeme zmínit například noční a přístrojovou myopii. U noční myopie dochází ke změně refrakce o 0,5 - 4,0 D. Příčiny vzniku této změny nejsou stále jasné. Udává se, že hlavní podíl na vzniku noční myopie má šířka zornice, chromatická aberace a tonická akomodace při snížených světelných podmínkách.

Přístrojová myopie vzniká například při práci s fokometrem či mikroskopem nebo při vyšetření na autorefraktometru, kdy je přiblížení přístroje k oku aktivován akomodační proces oka, který zkrusluje výsledky měření. Většinou dosahuje hodnot 1 – 1,5 D. [1]

Korekce myopie

Myopii korigujeme nejslabší rozptylkou, se kterou je obraz viděn ostře. Překorigováním pacienta nutíme akomodovat i do dálky, na což není zvyklý, a můžeme mu tak přivodit astenopické potíže. U nízkých a středních hodnot myopie doporučujeme plnou korekci se stálým nošením. Vyšší myopové plnou korekci lecky nesnesou, je proto důležité najít kompromis mezi dobrým vizeem a zrakovou pohodou pacienta. [2]

Dle konkrétního případu volíme ke korekci myopie nejčastěji brýlová skla a kontaktní čočky. Dále chirurgické zákroky jako je skleroplastika, refrakční laserové i nelaserové zákroky a také nitrooční refrakční výkony, které jsou námětem na samostatné téma, a zde se jimi dopodrobna nebudeme zabývat.

#### PATOLOGICKÉ ZMĚNY OKA SPOJENÉ S MYOPIÍ

Jak už bylo řečeno, s myopií úzce souvisí předozadní prodloužení oka, které má vliv na změny zadního segmentu oka. Přední segment a přední polovina oka je u myopů zpravidla normální. Může se zde vyskytovat prohloubení přední komory, ztenčení sklery a vzhledem ke sníženým nárokům myopů na akomodaci také atrofie ciliárního svalu. U těžších forem myopie nacházíme degenerace sklivce a chorioretinální změny v oblasti zadního pólu oka i periferie sítnice, které jsou často příčinou trhlin a odchlípení sítnice. Souvislost s vysokou myopií má až v 25% také glaukom. [7] Tyto patologie se často vyskytují pospolu a jsou si navzájem příčinami, dále se je pokusíme popsat zvlášť jako samostatné choroby.

Degenerativní myopie je častou příčinou ztráty zraku, vyskytuje se asi u 27-33% myopů. [8]

Choroidální neovaskularizace

Jedná se o novotvorbu patologických cév, které nemají správnou anatomickou strukturu a působí v oku komplikace. Myopie je jejich druhou nejčastější příčinou. Mimo to se vyskytují u věkem podmíněné makulární degenerace a především u starších pacientů je těžké odlišit jejich skutečný původ. Cévy se mohou tvořit kdekoliv, mohou prorůstat do avaskulární foveolární zóny nebo do subretinálního prostoru. Pacient pak zaznamenává sníženou zrakovou ostrost a metamorfopsie. Další komplikací patologických cév je jejich prosakování a krvácení, a často jsou také příčinou ruptur Bruchovy membrány. [8]



Obr. č. 2: Choroidální neovaskulární membrána u myopia gravis

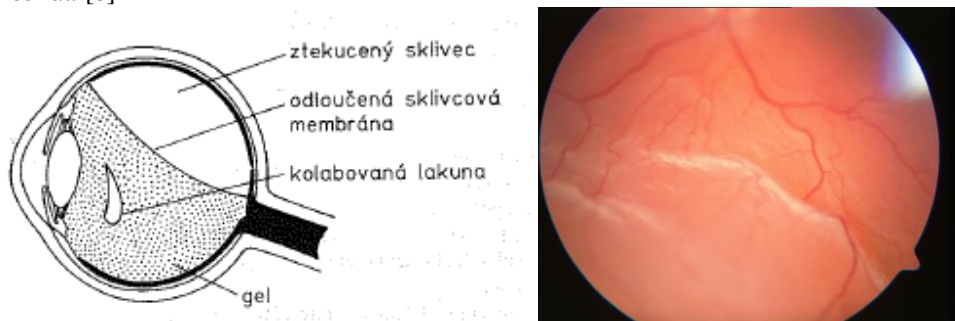
V akutním stádiu při pohledu na fundus neovaskularizace v makule mají tmavě hnědou barvu. Postupem času dochází ke vstřebání hemoragií a barva se mění na žlutošedou. Z důvodu vstřebání krve v této fázi může dojít k přechodnému zlepšení vize, do té doby, než se vytvoří tzv. Fuchsova jizva.

K léčbě neovaskularizací se používá fotodynamická terapie s aplikací verteporfinu. Výsledky jsou velmi dobré, udává se, že až 70% pacientů zaznamená zlepšení zrakové ostrosti a centrálního zorného pole. Z důvodu velkého protenčení sklery a Bruchovy membrány jsou myopické oči náchylné na jakýkoliv nadměrné mechanické působení, včetně použití laseru ke koagulaci. [8]

Sítnice – odchlípení, trhlina

Sítnice je k cévnatce fixována pouze v oblasti ora serrata a k okraji zrakového nervu. V ostatních svých částech je k cévnatce pouze volně přiložena. Amotio retinae, neboli odchlípení sítnice je patologický stav, kdy se mezi sítnicí a jejím pigmentovým epitelem tvoří subretinální tekutina, která sítnici od RPE odtlačuje. Odchlípení sítnice dělíme na rhegmatogenní a nonrhegmatogenní, která mohou být trakční nebo exsudativní.

Neregmatogenní odchlípení vzniká nejčastěji jako následek jiného očního onemocnění a nebudeme jej zde podrobněji rozebírat. [8]



Obr. č. 3: Schéma odchlípení sítnice + snímek očního pozadí s amoci sítnice

### Rhegmatogenní odchlípení sítnice

Hlavní příčinou vzniku tohoto druhu amoce je trhlinka či díra v sítnici. Tyto trhlinky umožňují průnik nitrooční tekutiny pod sítnici a jsou doprovázeny odloučením zadní plochy sklivce. [8]

Predispozičních faktorů k odchlípení sítnice je několik. Patří sem ablace zadního sklivce, která je častá u pacientů starších 70 let a je běžným projevem stárnutí. S touto ablací souvisí ztekucení sklivce, ke kterému rovněž dochází v průběhu života. Riziko předčasné ablace a kolapsu sklivce je výrazně vyšší u mladých myopů. [7]

Dalším rizikovým faktorem je mřížkovitá degenerace sítnice, pro kterou jsou typická oválná ložiska ztenčené sítnice ohraničená bílými liniemi. S touto degenerací souvisí tzv. slimáččí stopy, což jsou lipidní ložiska umístěná na povrchu sítnice, na jejichž okrajích dochází k retinálním trhlinám.

Posledním významným rizikovým faktorem je myopie, s níž se riziko amoce zvyšuje až 10x. Některá literatura [5] udává, že až 40% pacientů s odchlípením sítnice je myopických a také že výskyt výrazně souvisí s velikostí refrakční vady. Riziko výskytu je také umocněno, pokud se u myopického oka objeví další výše zmíněné degenerace. [7]

### Příznaky

Odchlípení sítnice se pacientovi subjektivně projeví jako defekt v části zorného pole, kde se amoce nachází. Pacienti tento výpadek často popisují, jako by viděli vlající záclonu, závoj. Trhlinky se typicky objevují v horním temporálním kvadrantu, výpadek zorného pole je tedy lokalizován do dolního nazálního kvadrantu. V pokročilejších stádiích onemocnění a při zasažení makuly dochází ke snížení zrakové ostrosti a metamorfopsiím. Velmi nepříznivou prognózou typickou pro degenerativní myopii jsou makulární díry. Vyšetřující na očním pozadí oftalmoskopem může pozorovat výrazné sítnicové cévy a výrazně červené trhliny na pozadí šedavě zkalené retiny. [7]

### Léčba

Při odchlípení sítnice je nutný urgentní operační zákrok. Je prováděna tzv. retinopexie, nejčastěji formou kryokoagulace s použitím kryosond s chlazeným plynem. Cílem je vytvoření chororetinální jizvy okolo trhliny. Další možností je episklerální plombáž či cerkláž, která spočívá ve vložení silikonového materiálu na potřebné místo a pomáhá tak jizvicímu procesu. Poslední možností u těžších a komplikovaných odchlípení je pars plana vitrektomie, při které je nutné uzavření trhliny a opětovné přiložení sítnice na své místo. [7]

### Sklivec

Sklivec je průhledná, rosolovitá tekutina, která je z 99% tvořena vodou a vyplňuje 2/3 obsahu oka. Fyziologický sklivec neobsahuje žádné cévy ani nervy. Zdravý sklivec je k sítnici fixován v místě své báze a k okraji papily. Fixace v jiných místech bulbu značí patologii. [6]

### Syneresis - ztekucení

S postupem věku dochází ve sklivci k degenerativním změnám kolagenních vláken a kyseliny hyaluronové, která na sebe váže vodu. Výsledkem je vznik lakun ve středním a zadním sklivci, vyplněných tekutinou, která je složením blízká komorové vodě. K předčasnému a rozsáhlému ztekucení sklivce dochází u myopických očí. [6]

### Odchlípení zadního sklivce

Toto odchlípení je často přímým následkem ztekucení sklivce, kdy postupně dojde k jeho kolapsu. Může být také následkem traumatu nebo vzniknout iatrogeně. [4] Sklivec je pevně připojen k sítnici, a když kolabuje, strhává ji s sebou a dává tak vzniknout retinálním trhlinám a amoci sítnice, které jsou často provázeny krvácením do sklivce. Subjektivně pacient vnímá létající mušky, zákalky, zamlžené vidění se světlými záblesky (tzv. fotsapie). [6]

Mírné odchlípení zadního sklivce nevyžaduje často žádnou léčbu. Pacienty by však měli být poučeni o možném riziku vzniku retinálních trhlín či odchlípení. [4]

### Krvácení do sklivce

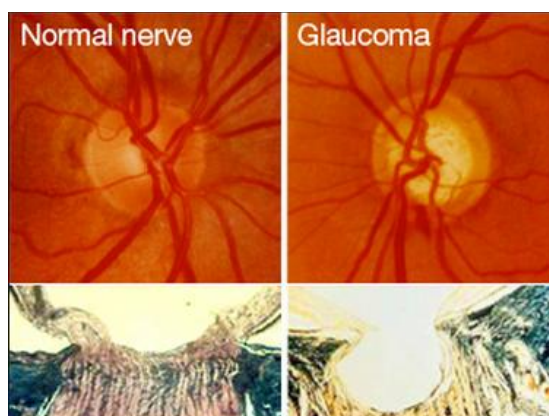
Krev ve sklivci může mít více příčin. Může být důsledkem odchlípení a trhlín sítnice, ruptur a prosáknutím



aneurysmat a neovaskularizací. Krvácení do sklivce je v dospělém věku typické pro hypertenzní a diabetickou retinopatii, u dětí pak pro juvenilní retinoschízu a úrazy oka a očnice. [4] Podle velikosti krvácení pacienti udávají zákalů různé velikosti, u těžších výronů může dojít k praktické slepotě na úroveň světlocitu. Prognóza krvácení do sklivce je relativně dobrá. U větších neabsorbujících se hemoragií je však nutná pars plana vitrektomie. [7]

### Glaukom

Pojmem glaukom je označována skupina chorobných stavů probíhajících v delším časovém úseku, při nichž vlivem zvýšeného nitroočního tlaku dochází k poškozování terče zrakového nervu. Tato neuropatie optiku dále vede k typickým výpadkům zorného pole. Rizikových faktorů glaukomu bychom mohli vyjmenovat více, vysoký nitrooční tlak (NOT) je z nich však nejvýznamnější. [8]



Obr. č. 4: Disk optického nervu u zdravého a glaukomem postiženého oka

### Klasifikace glaukomu

Klasifikace glaukomů, není jednotná z důvodu, že se jedná o soubor chorob. Pro klinickou praxi je ale postačující základní rozdělení na glaukom primární, sekundární a glaukomy dětského věku. Na rozdíl od sekundárního glaukomu není u primárního přesně znám mechanismus vzniku onemocnění. Primární glaukom dále můžeme podle nálezu v komorovém úhlu rozdělit na primární glaukom s otevřeným úhlem (POAG) a primární glaukom s uzavřeným úhlem (PACG). Sekundární glaukom můžeme také rozdělit dle otevřenosti úhlu, glaukomy dětského věku pak dělíme na kongenitální, infantilní a juvenilní glaukom. [8]

### Primární glaukom s otevřeným úhlem (POAG)

Tento typ glaukomu tvoří 60-70% všech glaukomů, proto se jím jako jediným zde budeme zabývat podrobněji. Vyskytuje se asi u 2% populace v rozvinutých zemích a v USA je druhou nejčastější příčinou slepoty. Mezi rizikové faktory patří nitrooční tlak vyšší než 21 mmHg, věk, dědičnost, diabetes a myopie. Glaukom s uzavřeným úhlem se naopak vyskytuje častěji u anatomicky menších, hypermetropických očí. [4] Pro ověření souvislosti mezi refrakční vadou a glaukomem bylo provedeno několik studií. Dovolím si zde zmínit Švédskou studii z roku 2001, která prokázala narůstající prevalenci glaukomu s nárůstem hodnot myopie a která tak myopii považuje za výrazný rizikový faktor. [3]

POAG se projevuje asymptomaticky. Většina pacientů si zpočátku stěžuje na pokles vízu a v pozdějších stádiích na výpadky zorného pole z důsledku útlaku zrakového nervu.

### Vyšetření

Při vyšetření pacientů s glaukomem se soustředíme na historii onemocnění. Dále by měl být změřen NOT, zkontrolován gonioskopií komorový úhel a oftalmoskopem či fundus kamerou disk optiku. Navazujícím vyšetřením je perimetrické vyšetření, na kterém můžeme najít pozitivní nález v podobě pro glaukom typického Bjerrumova skotomu. Také je dobré pacienta vyšetřit na OCT, HRT či GDx. [4]

### Léčba

Léčba glaukomu s otevřeným úhlem je založena primárně na farmakoterapii, která má za cíl snížit tvorbu nitrooční tekutiny a zlepšit její odtok uveosklerální cestou. Ke snížení tvorby se používají  $\beta$ -blokátory (Timoptol®, Betoptic®) a inhibitory karboanhydrázy. Ke zlepšení odtoku se předepisují adrenergní antagonisté a prostaglandiny. [7]

### Závěrem

V diplomové práci, jejíž celý název je „Komplikace spojené s myopií, závislost na hodnotě refrakce“, se těmito patologiemi teoreticky budu zabývat více dopodrobna. Jako metodu výzkumu zvolím práci s kartami pacientů

z Kliniky nemocí očních a optometrie ve Fakultní nemocnici u sv. Anny. Jednou z počátečních pracovních hypotéz je ta, že výskyt a rozsah výše uvedených patologií nebude závislý na hodnotě refrakce. Tuto hypotézu stavím na základě toho, že se jedná o multifaktoriální onemocnění, která jsou navíc sama sobě navzájem mnohdy příčinou.

#### Zdroje

- [1] ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004, 96 s. ISBN 807013402x.
- [2] AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ. Nauka o zraku. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002, 226 s. ISBN 8070133627.
- [3] GRØDUM, Kirsti, HEIJL, Anders and BENGTTSSON, Bo (2002), A comparison of glaucoma patients identified through mass screening and in routine clinical practice. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 80: 627–631. doi: 10.1034/j.1600-0420.2002.800613. [cit. 2015-07-15]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1034/j.1600-0420.2002.800613.x/full>
- [4] FRIEDMAN, Neil J a Peter K KAISER. *Essentials of ophthalmology*. 1st ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2007, xii, 294 p. ISBN 9781416029076.
- [5] KANSKI, Jack J. *Clinical ophthalmology: a systematic approach*. 6th ed. Edinburgh: Butterworth-Heinemann, 2007, vii, 931 s. ISBN 9780080449692.
- [6] KOLÍN, Jan. *Oftalmologie praktického lékaře*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1994, 276 s. ISBN 80-7066-861-x.
- [7] KRAUS, Hanuš. *Kompendum očního lékařství*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1997, 341 s. ISBN 8071690791.
- [8] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 9788024711638.

#### Zdroje použitých obrázků

Obr. č. 1: Schéma myopického oka. Dostupné z: <http://hunterdiscountspecs.azurewebsites.net/latest-info/myopia/>

Obr. č. 2: Choroidální neovaskulární membrána u myopia gravis. KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 9788024711638.

Obr. č. 3: Schéma odchlípení sítnice + snímek očního pozadí s amoci sítnice. KOLÍN, Jan. *Oftalmologie praktického lékaře*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1994, 276 s. ISBN 80-7066-861-x.

Obr. č. 4: Disk optického nervu u zdravého a glaukomem postiženého oka. Dostupné z: <http://www.mayo.edu/research/discoverys-edge/full-court-press-understanding-preventing-glaucoma>

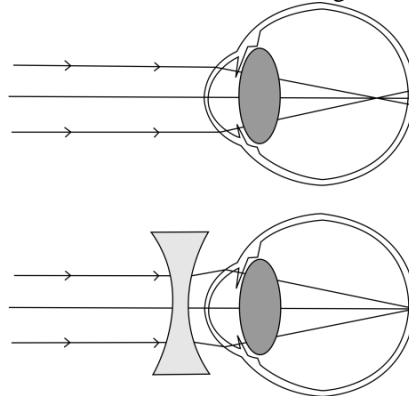
## Complications of myopia- Bc. Lucie Kotrlová

Supervisor: MUDr. Monika Synková

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

### MYOPIA

Myopia is a spherical refractive error, at which the rays going from infinity to the eye converge to a focal point in front of retina and create a blurry image. Therefore, myops don't see clearly objects in the distance, but on the contrary, have a good vision for near. Far point of the myopic eye is located at a finite distance in front of the eye, so according to the sign convention is its axial refraction negative.



Picture 1: Scheme of myopic eye

#### Etiology of myopia

The causes of myopia reflect on comparison of the human eye with Gullstrand eye model. According to the comparison results myopia is divided into axial and systemic.

Axial myopia occurs more frequently. It is the anterior-posterior elongation of the eye when the eye length reaches higher values than the Gullstrand's eye (24 mm), while maintaining its optical power (58.64 D). [1]

Systemic myopia is an eye condition in which the sagittal length corresponds with Gullstrand model, but the overall optical power assumes values greater than 58.64 D. Increase of the optical power can be caused by increased curvature of the optical surfaces of the eye (ie. radius form of myopia), or enhanced refractive index, then we talk about index myopia. [2]

In case of radius form of myopia the change of the curvature may involve the cornea, such as keratoconus, where each change of curvature of 1 mm causes a change in the refraction of -6.0 D. Alternatively, it can be caused by changes in the curvature of the lens surfaces at the front and posterior lenticonus, or accommodative spasm after trauma. Most often we encounter the index myopia (increased refractive index of the lens) in patients with nuclear cataract or diabetes. [1]

#### Division of myopia

Myopia can be divided according to the number of diopters:

light (myopia simplex) – up to -3 D

medium (myopia modica) – from -3.25 D to -6,0 D

severe (myopia gravis) – more than -6.0 D [2]

According the origin and presence of pathology, myopia can be divided into:

The physiological myopia (myopia physiologica)

This type of myopia includes refractive errors falling within the category of lower and middle myopia (values -1 D to -3 D). It is a physiological myopia, in which there are no degenerative processes. This refractive error begins to appear in older school age, it gradually increases during and after the 20th year, when the development of the whole body is stabilized, it also stabilizes its progression.

Intermediate myopia (myopia intermedialis)

In this category we can include moderate myopia, which has already started to show complications associated with the growth of the globe, such as thinning of the sclera. Fortunately, there are still no significant changes in the fundus. This type of myopia is formed in 6th or 7th year of age, that is why it is sometimes called as myopia of school age. It usually increases up to the values of -5 to -10 D and as well as physiological myopia it stabilizes after 20th year of age.

Progressive myopia (myopia pathologica)

This group of myopia is characterized by a rapid increase of refractive errors (up to 4 D per year), extending sagittal length of the eye and pathological changes mainly on the back pole of the eye. Fortunately, it only makes up a small part of all types of myopia. It is formed in the first years of life and it stabilizes around 30th year of life.

### Congenital myopia (myopia congenitalis)

The congenital form of myopia is often seen in premature infants. It is present at birth, often one-sided and reaches a value -10 D or more, but later in life it does not progress anymore. [6]

Other types of myopia:

Here we can mention for example night and instrument myopia. In case of the night myopia there is a change of refraction of 0,5 to 4,0 D. The causes of this change are still unclear. It is reported that the main contribution to the formation of night myopia has the diameter of the pupil, chromatic aberration and tonic accommodation in low light conditions.

Instrumental myopia occurs, for example, when working with a microscope or focometer or during examination on autorefractor, when getting closer to the device the eye activates its accommodative process, which can distort the measurement results. It usually reaches values of 1 – 1,5 D. [1]

### Correction of myopia

Myopia is corrected with the weakest diverging lens, with which the image is seen sharply. Overcorrection urge the patient accommodate into the distance, which he is not accustomed to, and we can induce him astenopic difficulties. In case of low or medium myopia, we recommend full correction with permanent wearing. Higher myops sometimes can not stand full correction, so it is important to find a good compromise between the visual acuity and visual comfort of the patient. [2]

Given the specific patient, for correction of myopia we mostly use spectacle lenses and contact lenses. Further we use surgeries such as scleroplasty, refractive laser and non-laser surgery and intraocular refractive procedures. These are the subjects of a separate issue, and here won't be discussed in detail.

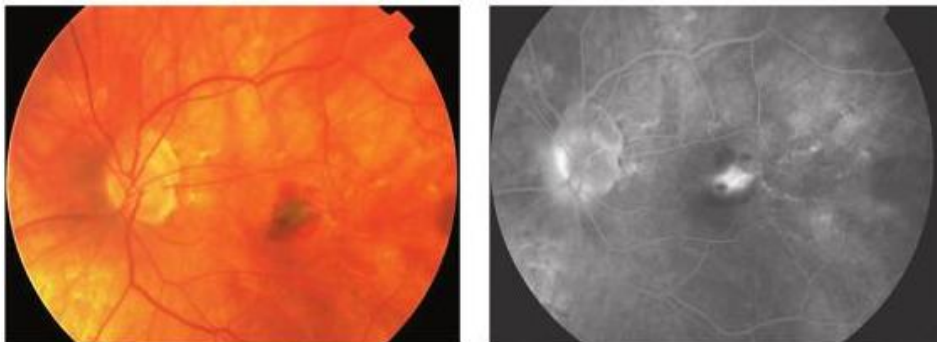
### PATHOLOGICAL CHANGES OF THE EYE ASSOCIATED WITH MYOPIA

As already noted, myopia is closely linked with anteroposterior elongation of the eye that affects the changes of the posterior segment of the eye. The frontal segment and the anterior half of the eye is usually normal. Myops might have deeper anterior chamber, thinner sclera and also ciliary muscle atrophy due to reduced demands on myops to accommodate. In severe forms of myopia we can find vitreous degeneration and chorioretinal changes in the posterior pole of the eye and the periphery of the retina, which are often the cause of cracks and detachment of the retina. Also glaucoma has up to 25% connection with high myopia. [7] These pathologies often occur together and one is often cause to an another. Further we attempt to describe them separately.

Degenerative myopia is a common cause of vision loss and occurs in about 27-33% of myopic patients. [8]

### Choroidal neovascularization

It is a new formation of pathologic blood vessels which do not have the correct anatomical structure and cause the eye complications. Myopia is the second most common cause. Other than that it occurs with age-related macular degeneration (AMD) and especially in the elderly it is difficult to distinguish its true origin. Blood vessels can be formed anywhere, can grow into the avascular foveolar zone or into the subretinal space. The patient then records decreased visual acuity and metamorphopsy. Another complication of the pathological vessels is their leakage and bleeding, and often they can also cause ruptures in Bruch's membrane. [8]



Picture 2: Choroidal neovascular membrane with myopia gravis

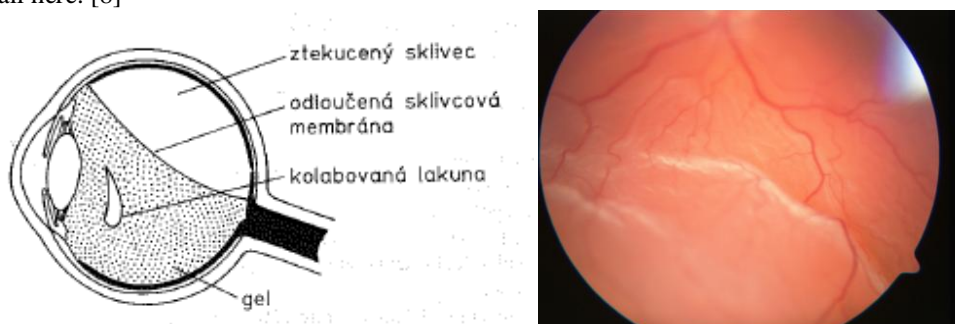
In the acute stage neovascularization in the macula has a dark brown color when looking at the fundus. Over time, hemorrhage is absorbed and color changes to yellow-gray. Due to absorption of blood at this stage there might be a transient improvement of visual acuity, until Fuchs scar is formed.

Photodynamic therapy with verteporfin is being used for the treatment of neovascularization. The results are very good, it indicates that up to 70% of the patients noted improvement in visual acuity and central vision.

Because of the large thinning of sclera and Bruch's membrane myopic eyes are susceptible to any excessive mechanical action, including the use of laser coagulation. [8]

### Retina - retinal detachment, tears

Retina is fixed to choroid only in the area of ora serrata and to the edge of the optic nerve. It is only loosely attached to choroid in other parts. Amotio retinae or retinal detachment is a pathological condition, when the subretinal fluid is formed between the retina and pigment epithelium and pushes the retina away from the RPE. Retinal detachment is divided into rhegmatogenous and nonrhegmatogenous which may be traction or exudative. Neregmatogenous detachment occurs most often as a result of other eye disease, which we will not discuss in detail here. [8]



Picture 3: Diagram of the retinal detachment + retinal image of the fundus

### Rhegmatogenous retinal detachment

The main cause of this kind of detachment is a crack or hole in the retina. These cracks allow the penetration of intraocular fluid beneath the retina and are accompanied by posterior vitreous detachment. [8]

There are several predisposing factors for retinal detachment. These include posterior vitreous ablation, which is common in patients older than 70 years and is a common sign of aging. This ablations are related to vitreous liquefaction, which also occurs during the life. Risk of premature ablation and collapse of the vitreous is significantly higher in young myops. [7]

Another risk factor is lattice retinal degeneration, for which are typical oval bearings of thinned retina surrounded by white lines. With this degeneration are associated so-called slug traces which are lipid bearings disposed on the surface of the retina, and retinal cracks develop at their edges.

The last important risk factor is myopia which increases the risk of retinal detachment about 10x. Some literature [5] indicates that 40% of patients with retinal detachment are myopic and also that occurrence is strongly related to the size of the refractive error. The risk of occurrence is also enhanced if the myopic eye suffers with more aforementioned degenerations. [7]

### Symptoms

Retinal detachment subjectively appears to the patient as a defect in the visual field where the detachment is located. Patients often describe this loss as seeing billowing curtain or veil. Cracks typically appear in the upper temporal quadrant, thus loss of visual field is localized to the lower nasal quadrant. In more advanced stages of the disease and infliction of macula leads to decreased visual acuity and metamorphopses. Very poor prognosis typical for degenerative myopia are macular holes. Investigating the fundus with ophthalmoscope we can observe significant retinal blood vessels and dramatically red cracks in the background grayish muddy retina. [7]

### Treatment

Urgent surgery is required if retinal detachment appears. The procedure is called retinopexy, mostly in the form of cryocoagulation using cryoprobes with cooled gas. The aim is to create chorioretinal scar around the crack. Another possibility is the episcleral plombage or cerclage, which involves inserting the silicone material to the required place and helps scarring process. The last option for severe and complicated retinal detachment is a pars plana vitrectomy, which requires the closure of cracks and re-attaching the retina to the right place. [7]

### Vitreous

The vitreous body is transparent, jelly-like fluid that is composed of 99% water and forms 2/3 of the eye volume. Physiological vitreous contains no blood vessels or nerves. Healthy vitreous is fixed to the retina in its base and to the edge of the papilla. Fixation at other locations in bulbus denotes pathology. [6]

## Syneresis – liquefaction

With the age the vitreous tends to degenerative changes of collagen fibers and hyaluronic acid, which binds water. The result is the formation of lacunae in the middle and back of the vitreous humor, the lacunae are filled with fluid which is close to the composition of the aqueous humor. Early and extensive vitreous liquefaction occurs often in myopic eyes. [6]

## Posterior vitreous detachment

This detachment is often a direct result of liquefaction of the vitreous, when the vitreous is gradually collapsing. It may also be a result of trauma or iatrogenic arise. [4] The vitreous is firmly attached to the retina and when collapsing it pulls it with itself, giving rise to retinal cracks and retinal detachment, which are often accompanied by bleeding into the vitreous humor. Subjectively, the patient perceives flying flies, opacities, blurred vision with flashing lights (so called photopsia). [6]

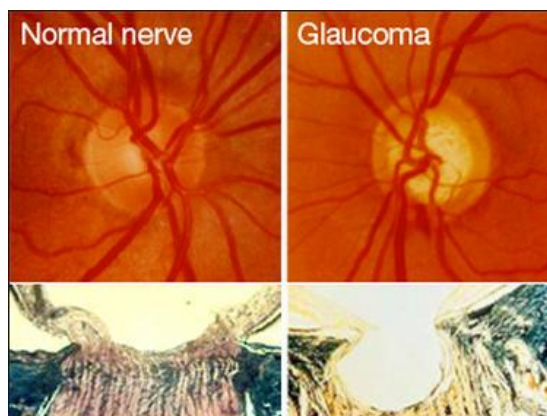
Mild posterior vitreous detachment often requires no treatment. However, patients should be advised of the potential risk of retinal tears or detachment. [4]

## Vitreous hemorrhage

Blood in the vitreous can have several causes. It may be due to retinal detachment and cracks, tears and leaking of aneurysms and neovascularizations. Vitreous hemorrhage in adulthood is typical for hypertension and diabetic retinopathy, in children then for juvenile retinoschisis and injuries of eye and orbit. [4] According to the size of the hemorrhage patients report opacities of different size, more severe hemorrhage may lead to practical blindness to the level of light perception. Prognosis of vitreous hemorrhage is relatively good. However, for larger non-adsorbing haemorrhage pars plana vitrectomy is necessary. [7]

## Glaucoma

The term glaucoma is called a group of diseases occurring in a time interval in which increased intraocular pressure causes damage to the optic nerve. This optic neuropathy leads to the typical disruptions of the visual field. We could list more glaucoma risk factors, but high intraocular pressure (IOP) is the most important of them. [8]



Picture 4: Optic nerve disc in healthy and affected eye

## Classification of glaucoma

The classification of glaucoma is not uniform for the reason that it is a set of diseases. For clinical practice, primary distribution is sufficient: primary glaucoma, secondary glaucoma and infancy. Unlike secondary glaucoma, in case of primary glaucoma is not known precise mechanism of the disease. Primary glaucoma can be divided into further by finding the angle of the chamber primary open angle glaucoma (POAG) and primary angle closure glaucoma (PACG). Secondary glaucoma can also be divided according to the open angle glaucoma, childhood glaucomas then can be divided into congenital, infantile and juvenile glaucoma. [8]

## Primary open angle glaucoma (POAG)

This type of glaucoma presents 60-70% of all glaucomas, therefore it is only one we will discuss in detail. It occurs in about 2% of the population in developed countries and it is the second leading cause of blindness in

the United States. Risk factors include intraocular pressure greater than 21 mmHg, age, heredity, diabetes and myopia. Closed-angle glaucoma, by contrast, occurs more often in anatomically smaller, hypermetropic eyes. [4] There have been several studies to verify the connection between refractive error and glaucoma. Let me mention here the Swedish study from 2002 that showed an increasing prevalence of glaucoma with increasing myopia values, so that myopia is considered as a significant risk factor. [3] POAG's manifestation is asymptomatic. Most patients initially complained to drop visual acuity and to outages of the visual field due to the oppression of the optic nerve in the later stages.

#### Examination

In evaluating patients with glaucoma we will focus on the history of the disease. Furthermore, IOP should be measured, chamber angle checked by gonioscopy and optic disc should be checked using ophthalmoscope or a fundus camera. A follow-up examination is perimetry examinations, which can be found in the form of a positive finding for glaucoma typical Bjerrum scotoma. It is also good to evaluate the patient with OCT, HRT and GDx if possible. [4]

#### Treatment

Treatment of open angle glaucoma is primarily based on drug therapy, which aims to reduce aqueous humor formation and improve its uveoscleral drainage.  $\beta$ -blockers (Timoptol®, Betoptic®) and carbonic anhydrase inhibitors are being used to reduce the formation. To improve drainage we prescribe adrenergic antagonists and prostaglandins. [7]

#### In conclusion

In my thesis with full name „Complications associated with myopia, depending on the value of refraction" I will theoretically discuss these pathologies more in detail and will add some more. As a research method I will choose to work with cards of patients from the Department of Ophthalmology and Optometry at the University Hospital at St. Anne. One of the initial working hypothesis is that the incidence of the above mentioned pathologies won't be dependent on the refraction value. This hypothesis stands on the grounds that these are multifactorial diseases, which one is often cause to another.

#### References

- [1] ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004, 96 s. ISBN 807013402x.
- [2] AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ. Nauka o zraku. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002, 226 s. ISBN 8070133627.
- [3] GRØDUM, Kirsti, HEIJL, Anders and BENGTTSSON, Bo (2002), A comparison of glaucoma patients identified through mass screening and in routine clinical practice. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 80: 627–631. doi: 10.1034/j.1600-0420.2002.800613. [cit. 2015-07-15]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1034/j.1600-0420.2002.800613.x/full>
- [4] FRIEDMAN, Neil J a Peter K KAISER. *Essentials of ophthalmology*. 1st ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2007, xii, 294 p. ISBN 9781416029076.
- [5] KANSKI, Jack J. *Clinical ophthalmology: a systematic approach*. 6th ed. Edinburgh: Butterworth-Heinemann, 2007, vii, 931 s. ISBN 9780080449692.
- [6] KOLÍN, Jan. *Oftalmologie praktického lékaře*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1994, 276 s. ISBN 80-7066-861-x.
- [7] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1997, 341 s. ISBN 8071690791.
- [8] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 9788024711638.


#### Picture references

Picture 1: Scheme of myopic eye. Available at: <http://hunterdiscountspecs.azurewebsites.net/latest-info/myopia/>

Picture 2: Choroidal neovascular membrane with myopia gravis. KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 9788024711638.

Picture 3: Diagram of the retinal detachment + retinal image of the fundus. KOLÍN, Jan. *Oftalmologie*


Picture 4: Optic nerve disc in healthy and affected eye. Available at: <http://www.mayo.edu/research/discoverys-edge/full-court-press-understanding-preventing-glaucoma>



**UNIVERSITAS  
MASARYKIANA BRUNENSIS**

## Komplikace spojené s myopií

Vypracovala Bc. Lucie Kotrlová  
Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity  
v Brně



**UNIVERSITÄT MASARYKIANA BRUNENSIS  
FACULTÄT MEDICINA**

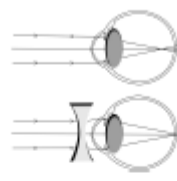
---

### Myopie

Myopie je stěnká refrakční vada, při níž se paprsky jdoucí z nekonečna do oka sbíhají do ohniska před sítnicí a vytváří tak na ní neostrý a zvětšený obraz.

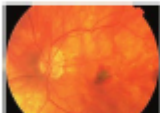
**Rozdělení myopie dle:**

- 1) Porovnání s Galstranovým okem (24 mm; 38,64 D) - Axiální (osová)
  - Systémová - rádiusová a indexová
- 2) Vzniku a přítomnosti patologie - Fyziologická (myopia physiologica)
  - Intermediální (myopia intermedialis)
  - Progresivní (myopia pathologica)
  - Vrozená (myopia congenitalis)
- 3) Počtu dioptrií - Lehká (myopia simplex) < -3 D
  - Střední (myopia modica) -3,25 D až -6,0 D
  - Těžká (myopia gravis) > -6,0 D



Obr. 1: Schéma myopického oka

---



Obr. 2: Choroidální neovaskulární membrána u myopia gravis

### Choroidální neovaskularizace

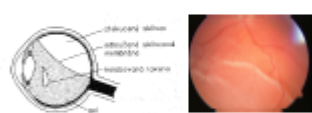
Jedná se o novotvorbu patologických cév, které nemají správnou anatomickou strukturu a působí v oku komplikace. Myopie je jejich druhou nejčastější příčinou. Mimo to se vyskytují u věkem podmíněné makulární degenerace a především u starších pacientů je těžké odlišit jejich skutečný původ. Cévy se mohou tvořit kdekoliv, mohou prorůstat do avaskulární foveolární zóny nebo do subretinálního prostoru. Pacient pak zaznamenává sníženou zrakovou ostrotu a metamorfopie. Další komplikací patologických cév je jejich proskakování a krvácení, a často jsou také příčinou ruptur Bruchovy membrány.

---

### Sítnice – odchlípení, trhliny

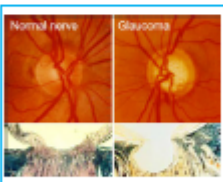
Amotio retinae je patologický stav, kdy se mezi sítnicí a jejím pigmentovým epitelem tvoří subretinální tekutina, která sítnici od RPE odtačuje. Odchlípení sítnice dělíme na rhegmatogenní a nonrhegmatogenní. Odchlípení sítnice se pacientovi subjektivně projevuje jako defekt v části zorného pole, kde se amocce nachází. Pacienti tento výpadek často popisují, jako by viděli vlnící záclonu, závoj. V pokročilejších stádiích onemocnění a při zasažení makuly dochází ke snížení zrakové ostrosti a metamorfosiím. Velmi nepříznivou prognózou typickou pro degenerativní myopii jsou makulární díry.

Významným rizikovým faktorem je myopie, s níž se riziko amocce zvyšuje až 10x. Některá literatura [4] udává, že až 40% pacientů s odchlípením sítnice je myopických a také že výskyt výrazně souvisí s velikostí refrakční vady. Riziko výskytu je také umocněno, pokud se u myopického oka objeví další zmíněné degenerace.



Obr. 3: Schéma odchlípení sítnice a sítnice odchlípená s amocí vlnící

---



Obr. 4: Sběh optického nervu u zdravého a glaukomem postiženého oka

### Glaukom

Pojmem glaukom je označována skupina chorobných stavů probíhajících v delším časovém úseku, při nichž nejčastěji vívem zvýšeného nitroočního tlaku dochází k poškození třetí zrakového nervu. Pro klinickou praxi je ale postačující základní rozdělení na glaukom primární, sekundární a glaukomu dětského věku. Na rozdíl od sekundárního glaukomu není u primárního přesně znám mechanismus vzniku onemocnění. Primární glaukom dále můžeme podle nálezu v komorovém úhlu rozdělit na primární glaukom s otevřeným úhlem (POAG) a primární glaukom s uzavřeným úhlem (PACG). POAG se vyskytuje asi u 2% populace v rozvinutých zemích a v USA je druhou nejčastější příčinou slepoty. Mezi rizikové faktory patří nitrooční tlak vyšší než 21 mmHg, věk, dědičnost, diabetes a myopie.

---

### Sklivce

Syneresis (ztokucení) - vznik tekutin ve středním a zadním sklivci, vyplněných tekutinou, která je složením blízká komorové vodě. K předčasnému a rozsáhlému ztokucení sklivce dochází u myopických očí.

Odchlípení zadního sklivce - přičemž sklivce s sebou strhává sítnici a dává tak vzniknout retinálním trhlinám a amoci, které jsou často provázeny krvácením do sklivce. Subjektivně pacient vnímá létající mušky, zákalky, zamířené vidění se světelnými záblesky (tzv. fotopsie).

Krvácení do sklivce - může být důsledkem odchlípení a trhlin sítnice, ruptur a proskakování aneurysmat a neovaskularizací. Podle velikosti krvácení pacienti udávají zákalky různé velikosti, u těžších výronů může dojít k praktické slepotě na úroveň světlosti.

**Zdroje:**

1. KAPTON, Milan. Repetitorium oční optiky a optometrie. Brno: Národní centrum oční optiky a optometrie, 2004, 86 s. ISBN 807334234.
2. ALTRAJA, Raouf a Jane WILCOXOVÁ. Mnoho o amocce. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002, 204 s. ISBN 8073333023.
3. PRIGER, David a Peter K. GARRETT. Fundamentals of ophthalmology. 1st ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2007, 44 294 s. ISBN 9781416028076.
4. KAPTON, Milan. Oční optika optometrie a optometrie optometrie. Brno: Národní centrum oční optiky a optometrie, 2007, 45, 88 s. ISBN 9780844848652.
5. KOTRLOVÁ, Lucie. Oční optika optometrie a optometrie optometrie. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1994, 276 s. ISBN 80-7066-861-x.
6. KOTRLOVÁ, Lucie. Oční optika optometrie a optometrie optometrie. 1. vyd. Praha: Optika Publishing, 2007, 742 s. ISBN 9781946791.
7. KOTRLOVÁ, Lucie. Oční optika optometrie a optometrie optometrie. 1. vyd. Praha: Optika, 2007, 742 s. ISBN 9781946791.

**Zdroje obrázků:**

- Obr. 1: <http://www.mayo.edu/research/discoverys-edge/full-court-press-understanding-preventing-glaucoma>
- Obr. 2: <http://www.mayo.edu/research/discoverys-edge/full-court-press-understanding-preventing-glaucoma>
- Obr. 3: <http://www.mayo.edu/research/discoverys-edge/full-court-press-understanding-preventing-glaucoma>
- Obr. 4: <http://www.mayo.edu/research/discoverys-edge/full-court-press-understanding-preventing-glaucoma>

376



## 28. Vliv antiglaukomatik na slzný film- Bc.Denisa Žličařová

Vedoucí práce: MUDr. Petra Kocandová

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

### Slzný film

Slzná žláza tvoří slzy, které následně odtékají slzným ústrojím do dutiny nosní. Bazální sekrece je kolem 2,4  $\mu\text{l}/\text{min}$ , reflexní sekrece při podráždění může být až 7 – 8,5  $\mu\text{l}/\text{min}$ . [8]

### Funkce

Slzný film plní funkci optickou, ochrannou a lubrikační. Optická funkce spočívá ve vytvoření hladkého optického povrchu na rohovce. Tím se kompenzují drobné nerovnosti a nepravidelnosti epitelu rohovky. Dále slzný film odvádí odumřelé buňky, odpadní produkty a prach z povrchu oka. Současně obsahuje enzymy s bakteriolytickými účinky a imunoglobiny, které zajišťují funkci ochrannou. V neposlední řadě slzný film zvlhčuje povrch, což umožňuje pohyb víček a zabraňuje rohovatění epitelu rohovky. Kyslík a oxid uhličitý, který je v slzném filmu rozpuštěný, zajišťuje metabolismus rohovky. [9]

### Struktura

Slzný film je tvořen třemi vrstvami. Rozhraní mezi mucinovou a vodní vrstvou však netvoří přesnou hranici, mucin pomalu přechází do vodné složky. [8]

### Lipidová vrstva

Nejvrchnější vrstva je lipidová, je složená z volných mastných kyselin, cholesterolu, triglyceridů a sterolových esterů. Tloušťka je 0,1  $\mu\text{m}$ . Lipidová vrstva se tvoří v Meibomových žlázách a chrání vodní vrstvu před rychlým odpařováním. [8]

### Vodní vrstva

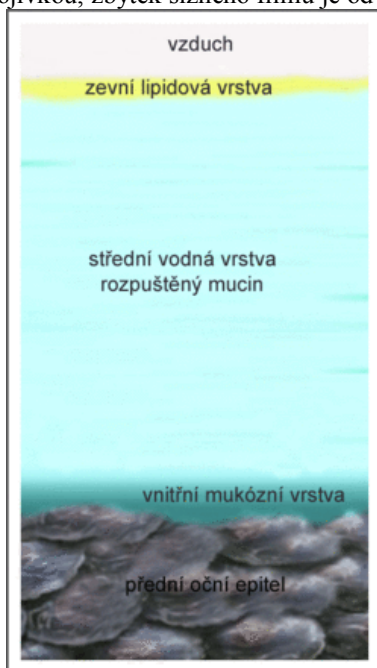
Jde o prostřední vrstvu, která je tvořena zejména vodou a v ní rozpuštěnými pevnými látkami. Je to nejsilnější vrstva, o tloušťce 6 - 10  $\mu\text{m}$ . Bazální sekrece je zajištěna Krauseho a Wolfringovými žlázami. Reflexní sekreci zajišťuje slzná žláza. [8]

### Mukózní vrstva

Mukózní vrstva je vnitřní vrstva, která leží na rohovce. Je tvořena mukoglykoproteiny. Orientovaná je tak, že hydrofobní část je u rohovky a hydrofilní části dále od rohovky. Tloušťka této vrstvy je 0,02 – 0,07  $\mu\text{m}$ . V epitelu spojivky jsou pohárkové buňky, které produkují mucin. Nejvíce jich je na slzné jahůdce a v dolním nasálním kvadrantu spojivky. Tato vrstva tvoří hydrofobní povlak, který se váže na hydrofobní epitel rohovky. Hydrofilní část orientovaná zevně umožňuje navázání vodné složky slzného filmu. Jsou zde antimikrobiální látky a proteázy. [8]

### Dynamika

Pomocí víček při mrknutí jsou slzy roztírány po povrchu rohovky a tvoří slzný film. Vodní část se mrknutím odvádí do slzných cest a mucin se roztírá po povrchu. Dále se zmenšuje a ztlušťuje lipidová vrstva. Frekvence mrkání je 5 – 12x za minutu. Pokud by nedošlo k mrknutí, vznikla by oschlá místa. Odpařováním ubývá až 15% slzného filmu, 20% je resorbováno spojivkou, zbytek slzného filmu je odváděn slznými cestami. [8]



Obr. č.1.: Slzný film

### Syndrom suchého oka

Syndrom suchého oka neboli keratoconjunctivitis sicca je jedním z častých očních onemocnění. Má multifaktoriální charakter. Projevuje se očními symptomy a změnami očního povrchu vyvolané nestabilitou slzného filmu či jeho hyperosmolaritou. [2,4]

#### Příznaky

Při poruše vodné složky dochází k pocitům cizího tělíska, svědění a pálení. To může být doprovázeno zvýšeným slzením. Porušení vodní složky nastává zejména u žen v menopauze a při užívání léku jako je Nitrazepam nebo Diazepam. Při poškození lipidové složky je příznakem pálení a usazování sekretu v koutcích oka. Lipidovou složku narušuje acné rosacea, chronická blefaritida a konzervační látky obsažené v očních kapkách. Pálení, podráždění a fotofobie je příznakem poruchy mukózní složky. Dochází k jizevnatým změnám na rohovce a spojivce. Vyskytuje se u trachomu, deficitu vitamínu A, nadměrného příjmu alkoholu, cystické fibrózy a opět mají vliv konzervační látky v očních kapkách. [2]

#### Vyšetření

Na syndrom suchého oka ukazují výsledky Schirmerova testu pod 5 mm, redukovaný slzný meniskus při okraji víčka, break-up time test (BUT) pod 10 sekund a přibarvování barvicími látkami. Diagnostiku začínáme anamnézou a aspekci, následuje vyšetření na šterbinové lampě a vyšetření kvantity a kvality slzného filmu. [2,4]

#### Vyšetření kvantity

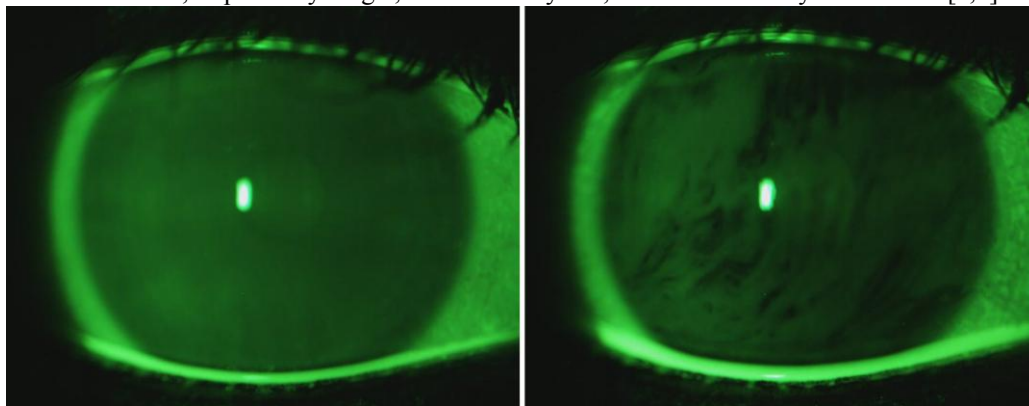
Výšku slzného menisku hodnotíme pomocí šterbinové lampy, normální hodnota výšky menisku je 0,2 mm. Schirmerův test patří mezi testy slzivosti. Nejčastěji se provádí Schirmerův test I a II. Pomocí Schirmerova testu I měříme totální sekreci slz, tedy bez anestezie. Používají se filtrační proužky, které se vkládají za okraj víčka, nejčastěji po 5 minutách se měří délka smočení papírku. Smočení nad 15 mm ukazuje na normální slzivost, pod 5 mm jde o těžký deficit slz. Když vyřadíme pomocí anestetika reflexní sekreci, změříme tak pouze bazální sekreci. Schirmerův test II s anestetikem měří reflexní sekreci po podráždění nosní sliznice. [4]



Obr.č.2.: Schirmerův test

#### Vyšetření kvality

Pomocí break-up time testu se měří stabilita slzného filmu. Slzy se obarví fluoresceinem a na šterbinové lampě za pomoci kobaltového filtru se sleduje doba mezi mrknutím, kdy dojde k narušení stability. Časové hodnoty pod 15 sekund ukazují na patologii. Ferningův test neboli kapradinový test slouží ke stanovení deficitu mucinu, po vysušení kapky slzy na podložním sklíčku pozorované mikroskopem. Pomocí LIPCOF testu hodnotíme počet spojivkových řas při pozorování úzkým paprskem šterbinové lampy. Lze také využít barvicí metody, a to buď barvení fluoresceinem, bengálskou červení nebo lisaminovou zelení. Kromě těchto klinických vyšetření v ambulantní praxi jsou možná vyšetření high tech diagnostiky, mezi které patří interferenční test na lipidové vrstvě, neinvazivní BUT, impresní cytologie, lactoferrinový test, měření osmolarity a sebumetr. [4,3]



Obr. č.3.: Break-up time test

## Léčba

Léčba syndromu suchého oka by měla být komplexní a cílená na vyvolávací příčinu. Ideálně je správně diagnostikovat poškozenou vrstvu slzného filmu a tu nahradit. Pokud je příčinou onemocnění základní choroba, tak léčit ji. Léčba je však většinou symptomatická a dojde pouze k zmírnění potíží. Nezanedbatelná je podpůrná léčba doporučením vyhnout se prašným, zakouřeným a přehřátým místnostem, pravidelný denní režim, spánek, pobyt v přírodě, zkrácení doby práce s počítačem, omezení sledování televize, dostatečný příjem tekutin a další. Medikamentózní léčba spočívá v podávání umělých slz ve formě kapek, mastí či gelů, kterými nahrazujeme deficit slz. Pokud tato terapie není dostatečná, následuje uzavření slzných bodů, u těžkých stavů je dalším krokem tarzografie. [2,6]

## Glaukom

Skupina chorob, při které dochází k poškození zrakových vláken zrakového nervu způsobená individuální výškou nitroočního tlaku, se označuje jako glaukom. Poškození zrakových vláken se projevuje exkavací zrakového nervu, úbytkem zorného pole a změnami zrakové ostrosti. Hodnota nitroočního tlaku je výsledkem produkce a odtoku nitrooční tekutiny. Komorová tekutina je čirá, podobná vodě, která má vyšší koncentraci aniontů a kationtů než krevní plazma. Je produkována ultrafiltrací krevní plazmy v epitelu ciliárního tělíska, difuzí za účasti enzymové činnosti ciliárního epitelu a aktivním transportem. Tekutina je produkována do zadní komory, odtud proudí do přední komory a osmoticky odchází trámčinou duhovko-rohovkového úhlu do Schlemmova kanálu. Odtud Asherovými vodními žilami do episklerálních žil. Další, méně významný odtok, je nepřímo uveosklerální cestou. Poslední možností je duhovkový odtok. [2,7]

## Glaukom klasifikace

Dělení glaukomu je dvojího druhu. První dělení je dle otevření komorového úhlu a druhé dělení vychází z toho, zde se jedná o primární chorobu nebo o výsledek jiného patologického procesu. Samostatnou skupinou je kongenitální glaukom. [2,7]

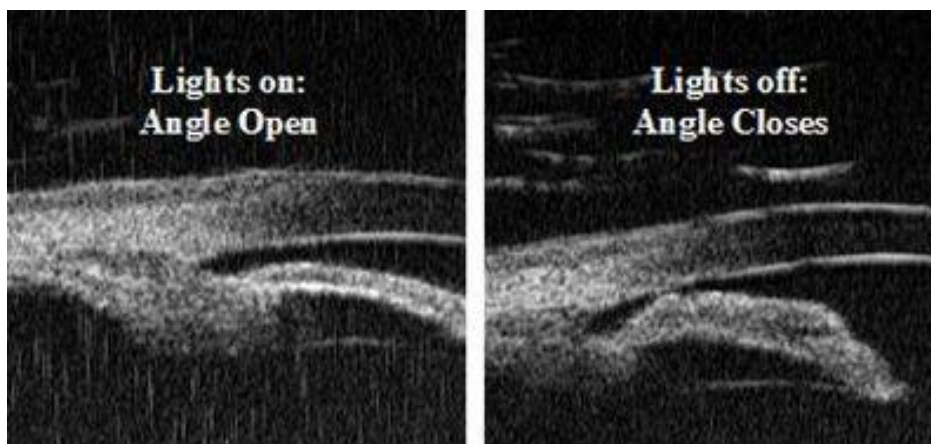
Primární glaukom otevřeného úhlu je nejvíce rozšířený. Vyskytuje se v 70 % případů a jsou postižena přibližně 2 % populace ve věku nad 40 let. Pokládá se za multifaktoriální onemocnění, které postihuje přední i zadní segment oka. Rizikovým faktorem je výskyt v rodině. Tento glaukom se neprojevuje žádnými výraznými symptomy. Zvyšování nitroočního tlaku se děje pomalu bez jakýchkoliv subjektivních potíží. Nejčastěji se na tento typ glaukomu přijde náhodně, např. při předpisu brýlí. Změny na papile a změny zorného pole se objevují až po několika letech od zvýšení nitroočního tlaku. Důležité jsou preventivní kontroly, kde oftalmolog proměří nitrooční tlak. Neléčený glaukom vede ke slepotě. Oční hypertenze je stav, kdy je zvýšený nitrooční tlak, ale nedochází ke glaukomovému poškození. Opakem je normotenzní glaukom, kdy jsou hodnoty nitroočního tlaku tabulkově v normě, ale dochází k poškození. [2]

Další glaukomy s otevřeným úhlem jsou sekundární. Sem patří pigmentový glaukom, vyskytující se především u mladších myopů se syndromem pigmentové disperze, kde tento pigment znesnadňuje odtok komorové tekutiny. Další je pseudoexfoliační glaukom, kdy se v úhlu hromadí fibrilární materiál. Steroidní glaukom vzniká změnou trámčiny při poruše metabolismů cukrů, jak vyplývá z názvu, vzniká při celkové i lokální aplikaci steroidů. Zvýšení nitroočního tlaku může také způsobit zánětlivá reakce na čočkovou hmotu, tento glaukom se pak označuje jako fakoanafylaktický. Pokud je trámčina ucpána makrofágy s čočkovými proteiny jde o fakolytický glaukom. [2]

Primární glaukom s uzavřeným úhlem vzniká na základě predispozice u menších očí s méně otevřeným komorovým úhlem. Pupilární blok vzniká vlivem mydriázy, atropinu, pobytu ve tmě nebo psychickými změnami. Pupilární blok vede k uzavření komorového úhlu a zvýšení nitroočního tlaku. Vzniká akutní glaukomový záchvat, který se projeví prudkou bolestí hlavy v okolí oka, nevolností a zvracením. Dalším subjektivním příznakem je mlhavé vidění a pozorování duhových kruhů kolem světla. Objektivně nalézáme podrážděné, červené oko se zašedlou rohovkou, mělkou až vymizelou komorou a oválnou fixovanou zornicí. Hodnoty nitroočního tlaku jsou vyšší jak 40 torrů, dosahují hodnot i 60 – 80 torrů. Glaukomový záchvat je urgentní stav, který je nutný začít léčit. [2,7]

Sekundární glaukom s uzavřeným úhlem je neovaskulární glaukom při chorobách, u kterých vznikají neovaskularizace. Dále tento typ glaukomu vzniká u aniridie, dislokace čočky, nitroočních tumorech či cirkulárních srůstech zornice. Maligní glaukom je charakterizován hromaděním komorové tekutiny ve sklívcovém prostoru po operaci. U intumescentní katarakty, kdy je zvětšená čočka, která vede k pupilárnímu bloku, jde o glaukom fakomorfii. [2]

Primární vrozený glaukom u dětí je způsoben pozůstatky embryonální tkáně v komorovém úhlu. Rohovka má větší průměr a je zašedlá. Vrozený glaukom postihuje více mužské pohlaví. [2]



Obr. č.4.: Komorový úhel

#### Glaukom příznaky

Nejčastější forma primárního glaukomu s otevřeným úhlem začíná pozvolna a nenápadně. Až v pokročilejším stádiu se projeví výpadky v zorném poli, proto jsou důležitá pravidelná oční vyšetření. Akutní glaukomový záchvat začíná náhle, s výraznými příznaky, které vedou k okamžitému vyhledání lékaře. Jde o krutou bolest, nevolnost, zvracení, mlhavé vidění a zarudlé oko. [13]

#### Glaukom vyšetření

Jako každé vyšetření začínáme anamnézou, aspekci a dále vyšetřením zrakové ostrosti a biomikroskopií. Jedním z prvních kroků je změření nitroočního tlaku. Hodnota nitroočního tlaku se udává nejčastěji v torrech. Průměrné hodnoty nitroočního tlaku u zdravé populace jsou 16 torrů. Individuální hodnoty normálního nitroočního tlaku se velmi liší. Nitrooční tlak nad 30 torrů bez glaukomového poškození je označován jako oční hypertenze. Opakem je glaukom s nízkou tenzí, kdy dochází ke glaukomovým změnám při nízké hodnotě nitroočního tlaku. Hodnoty nitroočního tlaku během dne kolísají. Rozmezí kolísání 2 - 6 torrů je normální, výraznější kolísání vede k podezření na glaukom. [2]

Dalším vyšetřením je vyšetření zorného pole, nejčastěji pomocí počítačové statické perimetrie, která používá stimul o proměnné intenzitě. Izoptera je spojnice bodů zorného pole se stejnou citlivostí na intenzitu světla. Z vyšetření získáváme grafický záznam. Monokulární výpadky zorného pole označujeme jako skotomy. Paracentrální skotomy přestupují přes nazální zářez k obloukovitému skotomu, nazývanému Bjerrumův skotom. Dále dochází k zužování periferie, trubicovitému vidění a až k úplné ztrátě zraku. Toto vyšetření umožňuje zjistit stupeň poškození zrakového nervu. [2,7]

Dále se vyšetřují papily zrakového nervu. Zejména změna barvy a ztenčování neurosenzorického lemu. Atrofii centra papily vzniká exkavace. Na okraji terče dále pozorujeme čárkovité hemoragie, zářezy až jamky neuroretinálního lemu. Změny je nutno přesně popsat nebo pořídit fotodokumentaci či využít zobrazovací metody jako je oční koherenční tomografie (OCT) nebo Heidelbergský retinální tomograf (HRT). [2]

Pomocí gonioskopie vyšetřujeme komorový úhel. Hodnotí se otevřenost či uzavřenost úhlu a viditelnost jednotlivých struktur. To je důležité pro správnou klasifikaci glaukomu. Využívá se gonioskopická čočka a štěrbinová lampa. [2,7]

Vhodné je též změřit centrální tloušťku rohovky (CCT). Pomocí tloušťky se upravuje naměřená hodnota nitroočního tlaku. Rizikovým faktorem pro vznik glaukomu s nízkou tenzí je tenká rohovka. Zvýšená tloušťka rohovky vede k podezření na oční hypertenzi. Další možné vyšetření je vyšetření citlivosti na kontrast a barvocit. [2]

#### Léčba glaukomu

Léčbu glaukomu rozlišujeme na farmakologickou, laserovou a chirurgickou. Účelem léčby je snížení nitroočního tlaku a dosažení optimální cílové hodnoty, která se individuálně liší. Druh, prostředky a razance léčby závisí na přesné diagnóze, pokročilosti změn, úspěšnosti předchozí terapie a spolupráci pacienta. Lékem první volby otevřeného primárního glaukomu jsou betablokátory, které se nejčastěji nahrazují nebo doplňují prostaglandiny. Betablokátory působí snížením tvorby nitrooční tekutiny. Alfa-sympatomimetika a inhibitory karboanhydrázy snižující tvorbu tekutiny. Naopak prostaglandiny zlepšují odtok komorové tekutiny uveosklerální cestou, tedy jinou cestou, než komorovým úhlem. Mezi další léky patří adrenergní agonisté a cholinergikam které zlepšují odtok. Mydriatika se užívají u maligního glaukomu. Při glaukomovém záchvatu se okamžitě podávají miotika, betablokátory, steroidy, osmoticky aktivní látky jako glycerin nebo manitol a blokátory karboanhydrázy, např. Diluran. Následuje laserová nebo chirurgická léčba. [2]

Z laserové terapie se využívá laserová iridotomie pomocí Nd:YAG laseru nebo argonového laseru. Jde o vytvoření otvoru v duhovce mezi přední a zadní komorou. Využívá se k prevenci a léčbě glaukomu s uzavřeným úhlem. Možné je také provedení laserové trabekuloplastiky. [2]

Z chirurgických metod jde o trabekulektomii a implantaci drenážních implantátů, jejímž úkolem je odvádění

nitrooční tekutiny do prostoru pod spojivkou. Chirurgickou iridektomií se odstraňuje část duhovky. U vrozeného glaukomu je terapií trabekulotomie a goniotomie, neboli odstranění patologické tkáně. Snížení produkce nitrooční tekutiny destrukcí části řasnatého tělíska se provádí u cyklokryokoagulace a cyklofotokoagulace. [2,11]

#### Antiglaukomatika

Antiglaukomatika jsou léky používané k farmakoterapii glaukomu. Jde o léčiva, která se aplikují lokálně. Dělí se do tří hlavních skupin. První skupinou jsou farmaka, která zvyšují odtok komorové vody. Patří sem cholinergika, ty se dále dělí na přímá, parasymptomimetika, která způsobují kontrakci ciliárního svalu, a tím je usnadněn odtok přes trabekulum duhovko-komorového úhlu a nepřímá, to jsou inhibitory cholinesterázy. Analogy prostaglandinů zvyšují odtok uveosklerální cestou. Posledním zástupcem je skupina 2,2 – adrenergní agonisté. Do druhé skupiny inhibitorů tvorby komorové vody patří  $\beta$ -blokátory. Ty se ještě dělí na neselektivní -1,2, neselektivní s ISA - 1,2 a selektivní -1. Symptomimetika se opět dělí na 2-selektivní a neselektivní. Poslední zástupcem skupiny jsou inhibitory karboanhydrázy, které se mohou podávat lokálně nebo systémově. Poslední skupinou jsou osmoticky působící látky neboli hyperosmotika. [5,10]

#### Analogy prostaglandinů

Léčivá skupina prostamidy je definovaná jako analogy prostaglandinů, které vykazují oční hypotenzní aktivitu. Jednotlivé prostaglandiny jsou identifikovány speciálními druhy receptorů. Na molekulární úrovni spočívá účinek prostamidů v stimulaci prostaglandinových FP receptorů na povrchu buněk v řasnatém tělese. Aplikují se ve formě proléčiv. Jejich účinkem je zvýšení odtoku uveosklerální cestou, tedy na jiném místě než v oblasti trámčiny duhovko-komorového úhlu. Jde o nový princip léčby glaukomu. Odtoková kapacita uveosklerálního prostoru je vysoká. Účinek nastoupí po 4 hodinách po podání, maximálního účinku se dosahuje po 8 -12 hodinách. Nejlepší je aplikace ve večerních hodinách, kdy dojde k snížení ranních nejvyšších hodnot. Účinek trvá 24 hodin, což umožňuje aplikaci pouze jednou denně. To značně zvyšuje komfort pacienta. Pokud nestačí samostatná monoterapie prostaglandiny, lze je kombinovat s dalšími antiglaukomatiky s odlišně působícím mechanismem. Mezi nejčastější nežádoucí účinky patří hyperémie spojivek, mezi další nežádoucí účinky patří zvýšený růst řas, ztmavnutí řas a pigmentaci duhovky. Po operaci katarakty může ojediněle dojít k cystoidnímu edému makuly. Celkové nežádoucí účinky nejsou přítomny. [1,12]

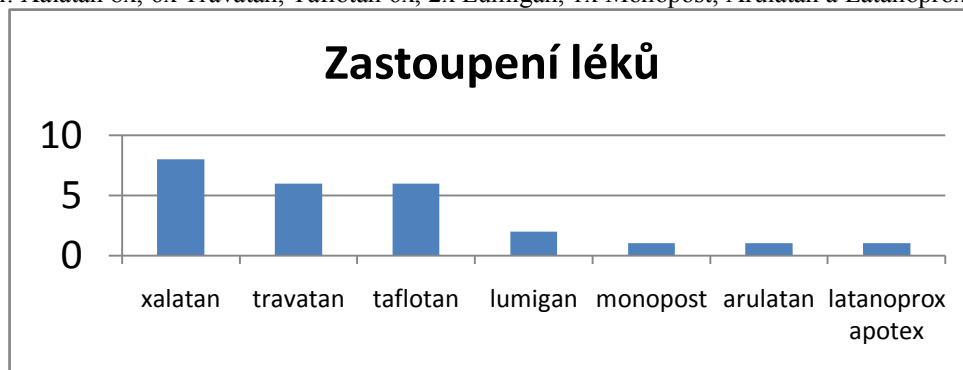
#### Praktická část

##### Výzkumná hypotéza

Moje diplomová práce je prozatím v rozpracované fázi. Z pracovních hypotéz předpokládám, že více jak 75% subjektů bude mít nález syndromu suchého oka, tzv. alespoň jeden ze dvou testů bude mít patologické hodnoty. Dále že, s rostoucí délkou užívání antiglaukomatik bude kvalita a kvantita slzného filmu klesat, subjektivních potíží přibývat. Při používání antiglaukomatik bez konzervačních látek bude objektivní i subjektivní nález více v normě než v případě používání antiglaukomatik s konzervačními látkami.

##### Soubor vyšetřovaných osob

Z celkového počtu 25 osob předvýzkumu bylo 14 žen a 11 mužů. Průměrný rok narození subjektů byl 1942  $\pm$  12. Průměrná délka užívání antiglaukomatik byla 9,0  $\pm$  32,9 měsíců. Zastoupení jednotlivých léků bylo následující: Xalatan 8x, 6x Travatan, Taflotan 6x, 2x Lumigan, 1x Monopost, Arulatan a Latanoprox apotex.



Graf č.1: Zastoupení léků

#### Metodika

Do studie byly zařazeny osoby s diagnostikovaným primárním glaukomem otevřeného a uzavřeného úhlu a se sekundárním glaukomem pseudoexfoliačním a pigmentovým, kteří byli léčeni monoterapií lékové skupiny analogy prostaglandinů. U těchto osob nepředpokládáme, z důvodu využívání pouze monoterapie, glaukomové komplikace.

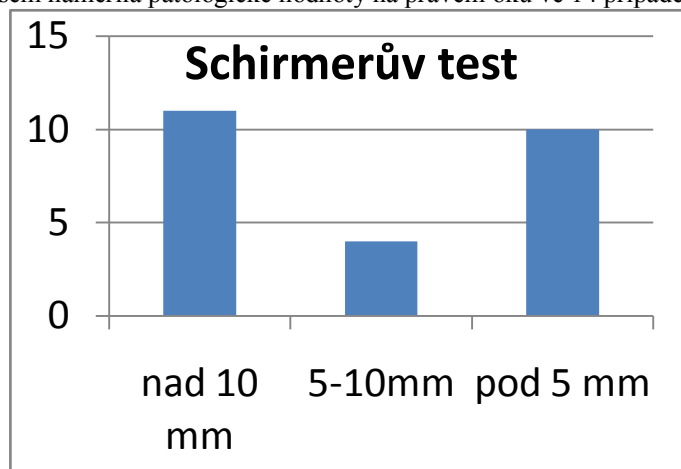
Pro analýzu jsem zvolila od každé osoby pravé oko. Z důvodu oboustranného užívání léků, není předpoklad rozdílných účinků na jednotlivé oči a tedy odlišných výsledků.

Měření kvality slzného filmu jsem prováděla pomocí break-up time testu a měření kvantity pomocí Schirmerova testu I bez anestetika. Dále jsem zjišťovala přítomnost a druh subjektivních potíží, a zda používají

umělé slzy.

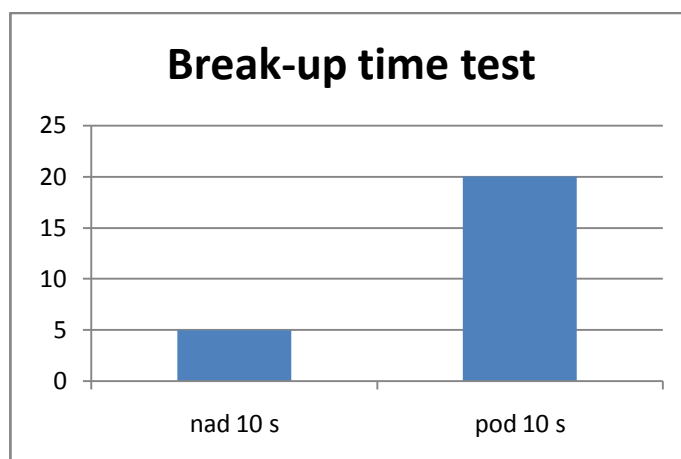
#### Výsledky

U Schirmerova testu I jsem naměřila patologické hodnoty na pravém oku ve 14 případech.



Graf č.2.: Schirmerův test

U break-up time testu jsem naměřila patologické hodnoty na pravém oku ve 20 případech. Pozitivní nález syndromu suchého oka jsem našla u 22 subjektů, potvrdila se mi hypotéza, že více jak 75% subjektů má alespoň jeden test patologický.



Graf č.3.: Break-up time test

Při zjišťování subjektivních potíží, udalo 11 subjektů potíže, nejčastěji: svědění, pálení, a zvýšené slzení. Z tohoto počtu 7 subjektů používá umělé slzy.

Průměrná hodnota Schirmerova testu u kapek bez konzervační látky benzalkonium chlorid byla  $9,3 \pm 5,6$  mm, s touto konzervační látkou  $8,2 \pm 5,9$ . Průměrná hodnota BUT bez konzervační látky byla  $6,8 \pm 3,6$  s, s konzervační látkou  $5,8 \pm 2,4$  s.

Zkratky:

BUT - break-up time test

CCT - central corneal thickness, centrální tloušťka rohovky

HRT - Heidelbergský retinální tomograf

OCT - oční koherenční tomografie

Seznam grafů:

Graf č.1: Zastoupení léků

Graf č.2.: Schirmerův test

Graf č.3.: Break-up time test

Seznam obrázků:

Obr. č.1.: Slzný film

[https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVernAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ\\_AUoAQ#imgrc=SFVhi-y6BpLC9M%3A](https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVernAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ#imgrc=SFVhi-y6BpLC9M%3A)

Obr. č.2.: Schirmerův test

[https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVernAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ\\_AUoAQ#tbm=isch&q=schirmer+test&imgrc=WjwyHws7WIM6mM%3A](https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVernAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=schirmer+test&imgrc=WjwyHws7WIM6mM%3A)

Obr. č.3.: Break-up time test

[https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVernAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ\\_AUoAQ#tbm=isch&q=break+up+time+test&imgrc=SqGVkErZqH5CM%3A](https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVernAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=break+up+time+test&imgrc=SqGVkErZqH5CM%3A)

Obr. č.4.: Komorový úhel

[https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVernAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ\\_AUoAQ#tbm=isch&q=komorov%C3%BD+uhel&imgrc=IAnhj6ITryPNtM%3A](https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVernAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=komorov%C3%BD+uhel&imgrc=IAnhj6ITryPNtM%3A)

Zdroje:

BAŤOVÁ Z., KUŽELOVÁ M., ŠVEC P., Analógy prostaglandínov v liečbe glaukómu. Bratislava: UK., Farmaceutická fakulta, katedra farmakológie a toxikológie, 2004, prehľadová práca, 18:223-224

HYCL, J., TRYBUČKOVÁ, L., Atlas oftalmologie. 2. vyd. Praha: Triton, 2008, 239 s. ISBN 978-80-7387-160-4

KOUSAL, B., SSO hodnocení, dostupné z [http://mujweb.cz/bohdan.kousal/letaky/sso\\_hodnoceni.pdf](http://mujweb.cz/bohdan.kousal/letaky/sso_hodnoceni.pdf)

KUCHYNKA, P.: Oční lékařství. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 768 s. ISBN 978-80-247-1163-8

LULLMANN, H., MOHR, K., WEHLING, M.: Farmakologie a toxikologie: 47 tabulek, Grada Publishing a.s., 2004, 724 s. ISBN 9788024708362

ODEHNAL, M., Klinická farmakologie a farmacie: Problematika suchého oka, 2013, 27 (2), str. 61-67

OLÁH, Z., Očné lékařstvo. 1. vyd. Martin: Osveta, 1998, 255s. ISBN 80-888-2474-5

SYNEK, S., SKORKOVSKÁ Š. Fyziologie oka a vidění. 1. vyd. Praha: Grada, 2004, 93 s. ISBN 80-247-0786-1

SYNEK, S.: Kontaktní čočky. Brno: Masarykova univerzita, 2009. 63 s., ISSN 1802-12

<http://www.glaukom.cz/lecba-glaukomu>

<http://www.lekarske.slovníky.cz>

[http://www.medicabaze.cz/?&sec=term\\_detail&termId=525&name=Glaukom](http://www.medicabaze.cz/?&sec=term_detail&termId=525&name=Glaukom)

<http://www.zeleny-zakal.cz/priznaky-a-projevy>

## Effect of antiglaucomatic drugs on the tear film- Bc. Denisa Žličařová

Supervisor: MUDr. Petra Kocandová

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University

### 1. Tear film

Lacrimal gland produce tears that flow off the tear tract into the nasal cavity. Basal secretion is around 2.4  $\mu\text{l}$  / min, reflex secretion by irritation may be up to 7 - 8.5  $\mu\text{l}$  / min. [8]

#### 1.1. Function

Functions of the tear film are an optical, protective and lubricating. Optical function is based on creating a smooth surface on the cornea. That used for compensate for small irregularities and cracks of the corneal epithelium. Further, the tear film removes dead skin cells, waste products and dust from the surface of the eye. Also contains enzymes with bactericidal effects and immunoglobulins, which provide a protective function. Finally, the tear film wets the surface, which allows movement of the eyelids and prevents corneal epithelium keratinization. Oxygen and carbon dioxide, which is dissolved in the tear film, provides corneal metabolism. [9]

#### 1.2. Structure

The tear film is composed of three layers. Interface between mucin and the water layer does not constitute exact boundary mucin slowly passes into the aqueous component. [8]

#### 1.3. Lipid layer

The uppermost layer is a lipid. It is composed of free fatty acids, cholesterol, triglyceride and sterolesters. The thickness is 0,1  $\mu\text{m}$ . The lipid layer is formed in meibomian glands and protects the water layer from rapid evaporation. [8]

#### 1.4. Water layer

The water layer is an intermediate layer which is composed mainly of water and dissolved therein solids. It is the strongest layer. Its thickness is 6-10  $\mu\text{m}$ . Basal secretion is ensured by Kraus and Wolfring glands. Reflective provides tear gland secretion. [8]

#### 1.5. Mucin layer

The mucosal layer is an inner layer which lies on the cornea. It consists of mucoglycoproteins. Is oriented such that the hydrophobic portion is at the cornea and the hydrophilic portions farther from the cornea. The thickness of this layer is from 0.02 to 0.07  $\mu\text{m}$ . The conjunctival epithelium are goblet cells which produce mucin. Most of them are on the lacrimal scar and the lower nasal quadrant conjunctiva. This layer forms a hydrophobic coating, which binds to the hydrophobic corneal epithelium. The hydrophilic portion oriented outwardly facilitates binding of the aqueous component of the tear film. There are antimicrobial agents and proteases. [8]

#### 1.6. Dynamics

When the eyelids blink, the tears are wiping over the surface of the cornea and form a tear film. The water portion is discharged into the lacrimal passages and mucin spreads over the surface. Lipid layer is decreased and thickens. The frequency of blinking is 5-12 times per minute. If there was not any blinks, it will be created a dry place. Evaporation decreases to 15% of the tear film, 20% is resorbed by conjunctiva, tear film residue is removed by tear paths. [8]

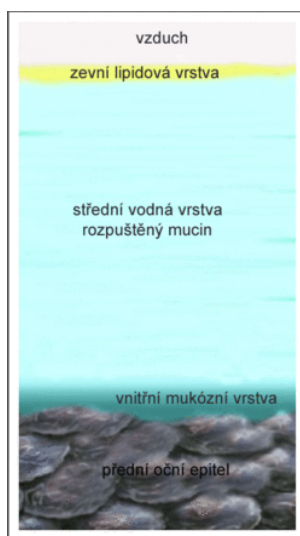


Image number 1.: Tear film



## 2. Dry eye syndrome

Dry eye syndrome or keratoconjunctivitis sicca is a often eye diseases. It has a multifactorial nature. He is manifests like eye symptoms and ocular surface changes induced instability of the tear film or his hyperosmolarity. [2,4]

### 2.1. Symptoms

The failure of the water component leads to foreign body sensations, itching and burning. This may be accompanied by increased lacrimation. Violation of the water component occurs especially in postmenopausal women and when people use drugs like Nitrazepam or diazepam. Symptoms of damaged lipid components are the burning and deposition of secretions in the corners of the eye. Lipid components disrupt rosacea, chronic blepharitis and conservants contained in eye drops. Burning, irritation, and photophobia is a symptom of disorders of the mucous component. Changes occur on the cornea and conjunctiva. It occurs in trachoma, vitamin A deficiency, excessive alcohol intake, cystic fibrosis and again affecting conservants in eye drops. [2]

### 2.2. Examination

The results of Schirmer test below 5mm, reduced tear meniscus at the edge of the cap, break-up time test (BUT) under 10 seconds and coloring coloring matter shows on dry eye syndrome. We start diagnostic with anamnesis and inspection, followed by slit lamp examination and examination of the quantity and quality of the tear film. [2,4]

#### Examination of quantity

The height of the tear meniscus is evaluated using a slit lamp. Normal value meniscus height is 0.2 mm. Schirmer test is a test of lacrimation. Schirmer test I and II is the most often test. Using the Schirmer test I measured the total secretion of tears, without anesthesia. Used filter strips, which are inserted at the edge of the cap, usually after 5 minutes to measure the length of wetted paper. Wetting than 15 mm indicates a normal lacrimation and under 5 mm indicates severe tear deficiency. When discarded using anesthetic reflex secretion, measure and only basal secretion. Schirmer II test with anesthetic reflex secretion measured after nasal irritation. [4]



Image number 2.: Schirmer test

### 2.4. Examination of quality

Stability of the tear film is measured by break-up time test. Tears stained with fluorescein and slit lamp using a cobalt filter monitors the time between blinks when there is unstable. Time values below 15 seconds indicate pathology. Ferning's or ferny test used to determine mucin deficiency, after drying tear drop observed on the microscope slide. Using LIPCOF tests evaluate the number of conjunctival algae when observing narrow beam slit lamp. You can also use the coloring method, either fluorescein staining, rose bengal or lisamin's greenery. In addition to these clinical tests in clinical practice are perhaps high tech diagnostic examinations, including interference test lipid layer, non-invasive BUT, Impression cytology, lactoferrin's test, measurement of osmolarity and sebumeter. [4,3]

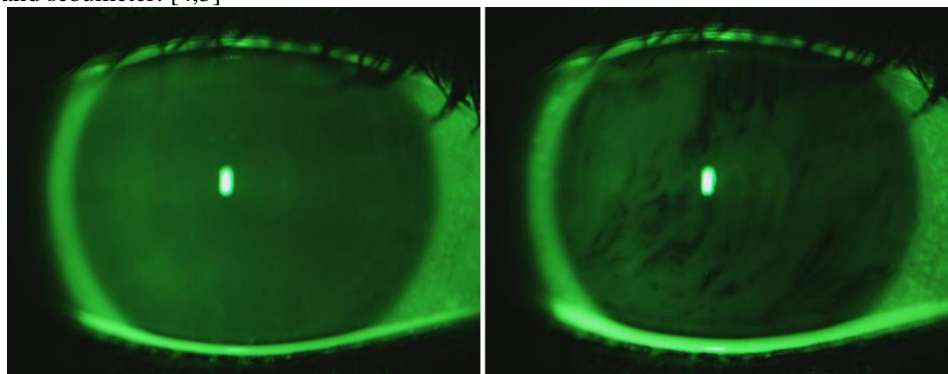


Image number 3.: Break-up time test

## 2.5. Treatment

Treatment of dry eye should be comprehensive and targeted to causes. The best way is correctly diagnoses a damaged layer of the tear film and replace them. If causative underlying disease treat that. Treatment is mostly symptomatic and it will only alleviate the condition. Supportive care is important. It is advised to avoid dusty, smoky and overheated rooms of, a regular daily routine, sleep, outdoor activities, shortening work with computers, limiting television viewing, sufficient drinking regime and more. Drug therapy involves the administration of artificial tears in the form of drops, ointments or gels, which are replacing tear deficiency. If this therapy is insufficient, followed by closing the lacrimal points at severe conditions is the next step tarzorafie. [2,6]

## 3. Glaucoma

Group of diseases in which there is damage to the optic fiber of optic nerve caused by individual height intraocular pressure is known as glaucoma. Damage to the optic fiber is reflected excavation of the optic nerve, loss of vision and changes in visual acuity. Intraocular pressure is a result of the production and outflow of intraocular fluid. Aqueous humor is a clear, similar to water, which has a higher concentration of anions and cations than blood plasma. It is produced by ultrafiltration of blood plasma in the epithelium of the ciliary body, diffusion of the enzyme activity of the ciliary epithelium and active transport. Fluid is produced in the posterior chamber, then flows into the anterior chamber and osmotically leaving trabecular iris-corneal angle into the Schlemm's canal. From Asher's water veins into the episcleral veins. Another, less significant effluent is indirectly uveoscleral path. The last option is the iris runoff. [2,7]

### 1.3. Glaucoma classification

Division glaucoma is twofold. The first division is according to the opening meshwork and second division is based on the fact that there is a primary disease or the result of another pathological process. A separate group is congenital glaucoma. [2,7]

The most often is the primary open-angle glaucoma. It occurs in 70% of cases and affected about 2% of the population aged over 40 years. It is considered a multifactorial disease that affects the anterior and posterior segment of the eye. A risk factor is the presence in the family. The glaucoma causes no significant symptoms. Increase in intraocular pressure is going slowly without any subjective complaints. Detection of this type glaucoma is usually randomly, e.g. while prescription eyeglasses. Changes to the papilla and visual field changes occur only after several years of increased intraocular pressure. Important are preventive controls, where the ophthalmologist measures the intraocular pressure. Untreated glaucoma leads to blindness. Ocular hypertension is a condition in which increased pressure, but no glaucoma's damage. The opposite of the normal tension glaucoma, in which the intraocular pressure in a table in standard, but it leads to damage. [2]

Another open-angle glaucoma is secondary. These include pigmentary glaucoma, glaucoma of young myopia with syndrome pigment dispersion, where the pigment makes it difficult to drain aqueous humor. Another is pseudoexfoliation glaucoma, when the angle accumulate fibrillar material. Steroid glaucoma occurs by changing the trabecular with failsugar metabolism, as the name implies, occurs when general or local steroids. Increased intraocular pressure can also cause inflammatory reactions to lens material, this glaucoma is then denoted as phacolytic. If the scaffold clogged macrophages with lenticular protein regards phacolytic glaucoma. [2]

Primary angle-closure glaucoma arises from predispositions smaller eyes with fewer open chamber angle. Pupillary block is caused by mydriasis, atropine, stay in the dark or mental changes. Pupillary block leads to the closure of chamber angle and increased intraocular pressure. There is an acute glaucoma attack, which is manifested by severe pain in the head near the eye, nausea and vomiting. Next subjective symptom is blurred vision and observation rainbow rings around lights. Objectively we find irritated, red eye with grayed cornea, shallow or missing chamber and fixed oval pupil. In IOP higher than 40 torr, reaching values as 60-80 torr. Glaucoma attack is an urgent condition, which is necessary to begin heal. [2,7]

Secondary angle-closure glaucoma is neovascular glaucoma which diseases that are subject to neovascularization. Furthermore, this type of glaucoma develops in aniridia, dislocation of the lens, intraocular tumors or circular pupil adhesions. Malignant glaucoma is characterized by an accumulation of fluid in the ventricular chamber after vitreous surgery. For intumescent cataract when the lens is enlarged, which leads to pupil block regards phacomorphic glaucoma. [2]

Primary congenital glaucoma in children is due to embryonic tissue remains in the chamber angle. The cornea has a larger diameter and is grayed out. Congenital glaucoma affects more male gender. [2]

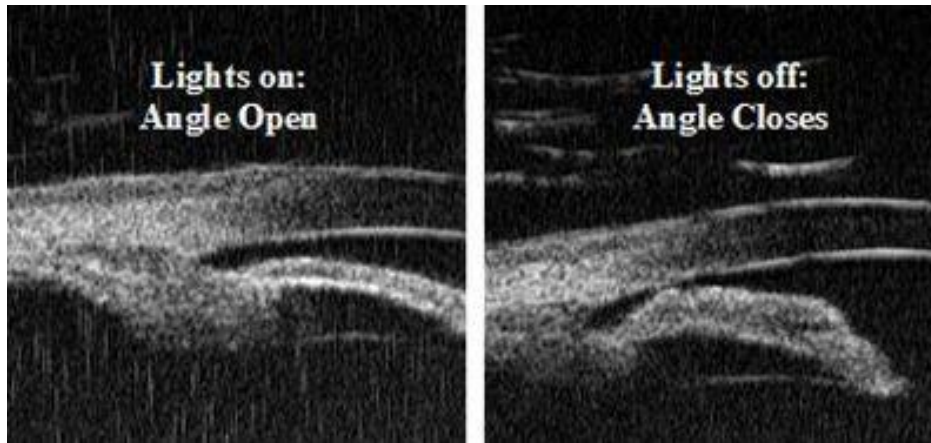


Image number 4.: Chamber angle

### 3.2. Glaucoma symptoms

The most common form of primary open-angle glaucoma begins slowly and quietly. To a more advanced stage will be reflected disruptions in the visual field, why they are important regular eye examinations. Acute glaucoma attack begins suddenly, with notable symptoms, leading to immediate retrieval physician. It is a cruel pain, nausea, vomiting, blurred vision and red eye. [13]

#### Glaucoma tests

Like any examinations, start with anamnesis, a specimen and a further examination of visual acuity and biomicroscopy. One of the first steps is to measure the intraocular pressure. Intraocular pressure is expressed mostly in torr. The average values of the intraocular pressure in a healthy population is 16 torr. Individual normal intraocular pressure values differ greatly. Intraocular pressure is above 30 torr without glaucomatous damage is referred to as ocular hypertension. The opposite is of low tension glaucoma when there is a change when the low value of the intraocular pressure. IOP overfluctuates day. Fluctuation range 2-6 torr is normal, significant fluctuations lead to suspicion of glaucoma. [2]

Another examination is of the visual field, usually by means of a static perimetry computer that uses the stimulus of variable intensity. Isoptera is a line of points with the same visual field sensitivity to light intensity. From an examination we obtain a graphic record. Monocular vision blackouts are called scotoma. Paracentral scotoma excreted through nasal notch to the arcuate scotoma, called the Bjerrum's scotoma. Furthermore, there is a narrowing of the periphery, and the tubular vision to complete loss of vision. This examination enables to determine the degree of damage to the optic nerve. [2,7]

Next they are investigating the optic nerve. In particular, discoloration and thinning neurosensory hem. Excavation is created by atrophy of the papilla center. On the outskirts targets further observed linear hemorrhage, cuts to the wells, rim. Changes must be accurately describe or take photographs or make use of imaging techniques such as ocular coherence tomography (OCT) and Heidelberg retinal tomography (HRT). [2]

Using gonioscopy in investigating chamber angle. Assess the openness or closure angle and visibility of individual structures. This is important for correct classification of glaucoma. It is used gonioskopická lens and slit lamp. [2,7]

It is also appropriate to measure central corneal thickness (CCT). With the thickness is adjusted by the measured value of the intraocular pressure. Risk factors for glaucoma, low tension, a thin cornea. Increased corneal thickness leads to the suspicion of ocular hypertension. Another possible examination is the examination of contrast sensitivity and color vision. [2]

#### Treatment of Glaucoma

Treat of glaucoma are pharmacological, laser and surgical. The purpose of treatment is to reduce intraocular pressure to the optimum target value, which is individually different. Type, resources and penetration of treatment depends on an accurate diagnosis, level of change, success prior therapy and patient compliance. First choice open primary glaucoma are beta-blockers, which are most often replacing or supplementing prostaglandins. Beta-blockers act by decreasing aqueous humor formation. Alpha-agonists and carbonic anhydrase inhibitors reduce the formation of fluid. Conversely, prostaglandins improve the drainage of aqueous humor via the scleral way, by a route different from glaucoma. Other drugs include adrenergic agonists and cholinergics to improve drainage. Mydriatics are used in malignant glaucoma. In glaucoma seizure immediately administered miotics, beta-blockers, steroids, osmotically active agents such as glycerine or mannitol blockers and carbonic anhydrase, e.g. Diluran. Followed by laser or surgery. [2]

Of laser therapy is common laser iridotomy using Nd: YAG laser or argon laser. It is making a hole in the iris between

the front and rear chamber. It is used for prevention and treatment of narrow-angle glaucoma. It is also possible for the laser trabeculoplasty. [2]

From surgical methods regard strabeculectomy and implantation drainage implants, whose task is to discharge aqueous humor into the space under the conjunctiva. Surgical iridectomy is removed portion of the iris. In congenital glaucoma therapies trabeculotomy and goniotomy, or removal of pathological tissue. Reduce the production of aqueous humor destruction of the ciliary body is done with cyclocryocoagulation and cyclophotocoagulation. [2,11]

#### 4. Antiglaucoma

Antiglaucoma drugs are used for medical therapy of glaucoma. It is a drug that is applied locally. They are divided into three main groups. The first group are drugs that increase the outflow of aqueous humor. Includes cholinergics, these are further divided into straight, parasympathomimetics, which cause contraction of the ciliary muscle, and thereby facilitate draining through trabekulum of chamber angle and indirect, that are inhibitors of cholinesterase. Prostaglandin analogs enhance uveoscleral outflow route. The last representative group of 2.2-adrenergic agonists. A second group of inhibitors of the formation of aqueous humor, include  $\beta$ -blockers, they still divided into nonselective-1,2, nonselective with ISA-1,2 and selective-1. Sympathomimetics again divided into 2-selective and non-selective. Recent representative groups are carbonic anhydrase inhibitors which can be administered locally or systemically. The last group are the osmotic active substance or hyperosmoticum. [5,10]

##### 4.1. Prostaglandin analogues

The active group prostamides is defined as prostaglandin analogues which possess ocular hypotensive activity. The various prostaglandins are identified by special types of receptors. At the molecular level, the effect of stimulation prostaglandin FP receptors on the surface of cells in the ciliary body. They are applied in the form of prodrugs. Their effect is to increase uveoscleral outflow path, a different location than in the trabekulum of chamber angle. It is a new principle for the treatment of glaucoma. Drainage capacity uveoscleral space is high. Four hours after administration effect comes. The maximum effect is achieved after 8 -12 hours. The best application is in the evening when there is a reduction in morning highs. The effect lasts for 24 hours, allowing the application only once a day. This greatly increases the comfort of the patient. If enough separate monotherapy prostaglandins, can be combined with other antiglaucomatous with differently acting mechanism. The most common side effects include conjunctival hyperemia, among other side effects include increased growth of eyelashes, eyelash darkening and pigmentation of the iris. After cataract surgery may occasionally occur cystoid macular edema. General side effects are not present. [1,12]

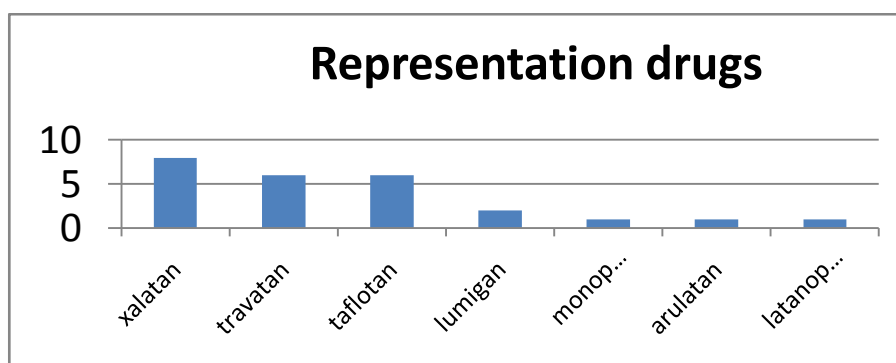
#### 5. Practical part

##### 5.1 Research hypothesis

My thesis is so far in the unfinished stage. From the working hypotheses I assume that more than 75% of subjects will be finding dry eye syndrome, that at least one of the two tests will have pathological values. Furthermore that, with increasing duration of use of Glaucoma, the quality and quantity of tear film decline, subjective complaints increase. When using anti-glaucoma without preservatives will be both objective and subjective finding more normal than those of Glaucoma with preservatives.

##### Complex investigated persons

Of the 25 people the pilot study were 14 women and 11 men. The average birth year of subjects was  $1942 \pm 12$ . The average length of use Glaucoma was  $9.0 \pm 32.9$  months. Representation of individual drugs were as follows: 8x Xalatan, 6x Travatan, 6x Taflotan, 2x Lumigan, 1x Monopost, Arulatan and Latanoprost.



Graph number 1.: Representation drugs

### 3.5. Methodics

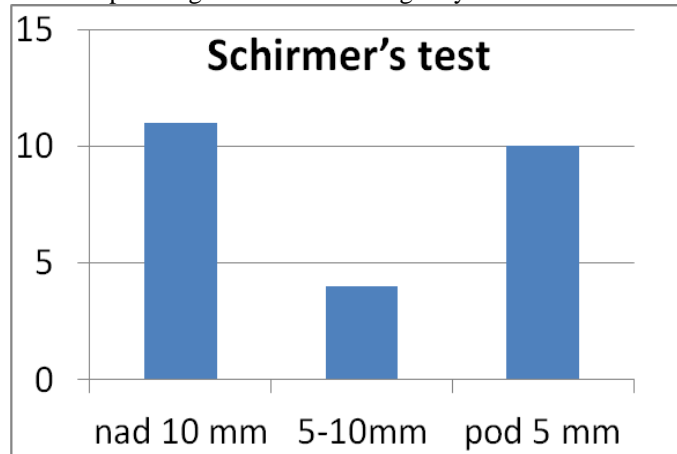
The study included people diagnosed with primary glaucoma and open-angle glaucoma and secondary pseudoexfoliation and pigmentary who were treated with single-agent drug of prostaglandin analogues. For these people we do not expect glaucoma complication, because they use only monotherapy.

I chose for analysis from each person the right eye. For double-sided use of drugs is not a prerequisite of different effects on the individual's eyes and different results.

Measuring the quality of the tear film I do using break-up time tests and measurement quantities using the Schirmer test I without anesthetic. I have also examined the presence and type of subjective complaints, and whether they use artificial tears.

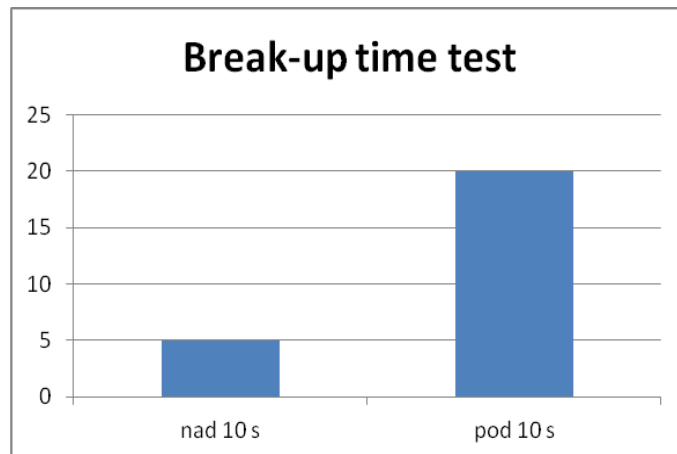
### 5.4. Results

At Schirmer's test I, I measured the pathological values of the right eye in 14 cases.



Graph number 2.: Schirmer's test

At the break-up time test, I measured the pathological values of the right eye in 20 cases. A positive finding of dry eye syndrome I found in 22 subjects, confirmed my hypothesis that more than 75% of subjects had at least one pathological test.



Graph number 3.: Break-up time test

In determining subjective complaints, the problem was reported by 11 subjects, most often: itching, burning, and lacrimation increased. Of these seven subjects using artificial tears.

The average value of the Schirmer's test in drops without preservatives benzalconium chloride was  $9.3 \pm 5.6$  mm, with the preservative  $8.2 \pm 5.9$ . The average value BUT without preservative were  $6.8 \pm 3.6$  sec, preservative  $5.8 \pm 2.4$  s.

Abbreviations:

BUT-break-up time test

CCT- central corneal thickness

HRT-Heidelberg retinotomograph

OCT-ocular coherence tomography

Charts:

Graph number 1.: Representation of drugs

Chart number 2.: Schirmertest

Graph number 3.: Break-up time test

List of Figures:

Image number 1.: Tear film

[https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVcrnAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ\\_AUoAQ#imgrc=SFVhi-y6BpLC9M%3A](https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVcrnAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ#imgrc=SFVhi-y6BpLC9M%3A)

Image number 2.: Schirmer's test

[https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVcrnAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ\\_AUoAQ#tbn=isch&q=schirmer+test&imgrc=WjwyHws7WIM6mM%3A](https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVcrnAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbn=isch&q=schirmer+test&imgrc=WjwyHws7WIM6mM%3A)

Image number 3.: Break-up time test

[https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVcrnAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ\\_AUoAQ#tbn=isch&q=break+up+time+test&imgrc=SqGVkErZqH5CM%3A](https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVcrnAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbn=isch&q=break+up+time+test&imgrc=SqGVkErZqH5CM%3A)

Image number 4.: Chamber angle

[https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVcrnAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ\\_AUoAQ#tbn=isch&q=komorov%C3%BD+uhel&imgrc=IAnhj6ITryPNtM%3A](https://www.google.cz/search?q=slzn%C3%BD+film&biw=1440&bih=773&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=jRKgVcrnAonbUaSpG7gL&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbn=isch&q=komorov%C3%BD+uhel&imgrc=IAnhj6ITryPNtM%3A)

Resources:

BAŤOVÁ Z., KUŽELOVÁ M., ŠVEC P., Analógy prostaglandínov v liečbe glaukómu. Bratislava: UK., Farmaceutická fakulta, katedra farmakológie a toxikológie, 2004, prehľadová práca, 18:223-224

HYCL, J., TRYBUČKOVÁ, L., Atlas oftalmologie. 2. vyd. Praha: Triton, 2008, 239 s. ISBN 978-80-7387-160-4

KOUSAL, B., SSO hodnocení, dostupné z [http://mujweb.cz/bohdan.kousal/letaky/sso\\_hodnoceni.pdf](http://mujweb.cz/bohdan.kousal/letaky/sso_hodnoceni.pdf)

KUCHYNKA, P.: Oční lékařství. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 768 s. ISBN 978-80-247-1163-8

LULLMANN, H., MOHR, K., WEHLING, M.: Farmakologie a toxikologie: 47 tabulek, Grada Publishing a.s., 2004, 724 s. ISBN 9788024708362

ODEHNAL, M., Klinická farmakologie a farmacie: Problematika suchého oka, 2013, 27 (2), str. 61-67

OLÁH, Z., Očné lékařstvo. 1. vyd. Martin: Osveta, 1998, 255s. ISBN 80-888-2474-5

SYNEK, S., SKORKOVSKÁ Š. Fyziologie oka a vidění. 1. vyd. Praha: Grada, 2004, 93 s. ISBN 80-247-0786-1

SYNEK, S.: Kontaktní čočky. Brno: Masarykova univerzita, 2009. 63 s., ISSN 1802-12

<http://www.glaukom.cz/lecba-glaukomu>

<http://www.lekarske.slovniky.cz>

[http://www.medicabaze.cz/?&sec=term\\_detail&termId=525&tname=Glaukom](http://www.medicabaze.cz/?&sec=term_detail&termId=525&tname=Glaukom)

<http://www.zeleny-zakal.cz/priznaky-a-projevy>

# Vliv antiglaukomatik na kvalitu a kvantitu slzného filmu



Bc. Denisa Žilčařová Vedoucí práce: MUDr. Petra Kocandová



Katedra optometrie a ortoptiky, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Brno

Struktura slzného filmu je tvořena třemi vrstvami. Mezi nimi však existují i další vrstvy, které nejsou přesnou hranicí, takže pomalu přechází do vodní složky. [6]

Lidská vrstva: Nejvrchnější vrstva je složená z volných molekul kyseliny cholesterolové, triglyceridů a sterolových esterů. Tloušťka je 0,1  $\mu$ m. Lipidová vrstva se tvoří v Meibomiových žlázách a ostatní vodní vrstva přes rychlým odpařováním. [6]

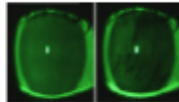
Vodní vrstva: Jde o prostřední vrstvu, která je tvořena zejména vodou a v ní rozpouštěnými pevnými látkami. Je to nejnižší vrstva, o tloušťce 6-10  $\mu$ m. Kvalitní stránce je zajištěna Krausova a Vogtovy žlázy. Reflexní částecí zajišťuje čísta slza. [6]

Mukózní vrstva: Mukózní vrstva je vnitřní vrstva, která leží na rohovce. Je tvořena mukopolysacharidy. Orientována je tak, že hydrofilní část je u rohovky a hydrofobní část od rohovky. Tloušťka této vrstvy je 0,02 – 0,07  $\mu$ m. V části spojivky jsou obsahující buňky, které produkuje mucus. [6]

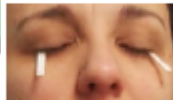
Syndrom suchého oka neboli keratokonjunktivitida složí je jasně z částých očních onemocnění. Má multifaktoriální vznik. [2,3]

Příčiny: Při poruše vodní složky dochází k poruše celého slzného, vršení a přívodu. To může být doprovázeno výjimečně slzami. Při poruše vodní složky je přívod přívodu a ovlivňuje se i kvalita slz. Při poruše vodní složky je přívod přívodu a ovlivňuje se i kvalita slz. Při poruše vodní složky je přívod přívodu a ovlivňuje se i kvalita slz. [2,3]

Výběr: Na syndrom suchého oka ukazují výsledky Schimera testu pod 5 mm, měřeny slzy měřena při okrajích slza, break-up time test (BUT) pod 10 sekund a přítomnost bariérových látek. Diagnostika začíná anamnézou a zjevně, následně výběrem na základě anamnézy a výsledků kvantitativní a kvalitativní slzného filmu. [2,3] Léčba: Léčba syndromu suchého oka by měla být komplexní a cílená na jednotlivé příčiny. Nejdříve je potřeba odstranit příčiny. Mezi nejčastější příčiny patří užívání určitých léků, které mohou způsobit suché oko. Pokud lék nemůže být zastaven, je třeba zvážit změnu léku, který způsobuje suché oko. [2,3]



Obrázek 1.2: Schimera test



Obrázek 1.1: Break-up time test

Léčba: Léčba syndromu suchého oka je určována jako analogie protiglaukomik, které působí jako hypotenzivní látky. Jednotlivé protiglaukomiky jsou identifikovány specifickým účinkem, který má vliv na množství slz. [1,6]

Účinek: Účinek protiglaukomik po 4 hodinách po podání. Maximální účinek se objevuje po 8-12 hodinách. Nejlepší je aplikace ve večerních hodinách, kdy je oční tlak nejvyšší. Účinek trvá 24 hodin, což umožňuje aplikaci pouze jednou denně. To zjednodušuje život pacienta. Pokud pacient užívá jiné léky, je třeba zvážit jejich kombinaci s protiglaukomikami. [1,6]

Mezi nejčastějšími protiglaukomikami patří například timolol, který má vliv na množství slz. [1,6]

Zpracování: Zpracování protiglaukomik, že více jak 75% subjektů s suchým okem má nižší množství slz. [1,6]

Z celkového počtu 25 osob s suchým okem bylo 14 žen a 11 mužů. Průměrný věk nemocných subjektů byl 54,2 ± 12,3 let. Průměrná délka užívání protiglaukomik byla 5,0 ± 22,9 měsíců. Zastoupení jednotlivých léků bylo následující: Timolol 5x, Travoprost 6x, Latanoprost 6x, Brimonid 6x, Acetazolamid 6x, Acetazolamid + Latanoprost 6x.

Do studie byly zahrnuty osoby s diagnostikovanou primární glaukomem otevřeného a uzavřeného úhlu a se sekundárním glaukomem uzavřeného a otevřeného úhlu, kteří byli léčeni monoterapií léky s účinkem analogie prostaglandinů. U těchto osob nebyly přítomny žádné komplikace z užívání těchto analogie prostaglandinů.

Pro získání slzného filmu od každé osoby bylo provedeno 14 Schimera testů, 14 Break-up time testů a 14 Schimera testů.

U Schimera testu (jsem naměřila patologické hodnoty ve 14 případech). U BUT jsem naměřila patologické hodnoty ve 20 případech. Měřeno bylo také množství slz. [1,6]

Průměrná hodnota Schimera testu u skupiny osob s uzavřeným úhlem byla 5,3 ± 5,8 mm, s úhlem otevřeného úhlu 6,2 ± 5,9. Průměrná hodnota BUT bez komerčních léků byla 6,5 ± 5,6 s, s komerčními léky 5,8 ± 5,4 s.



Obrázek 1.3: Slzný film

Zdroj: 1. BARTOŠKA, J., HUSLOVÁ, M., ŠVOJO, R. Analogy prostaglandinů v léčbě glaukomu. Oční lékařství, 2004, 34(1), 1-6. 2. HUSLOVÁ, M., ŠVOJO, R. Analogy prostaglandinů v léčbě glaukomu. Oční lékařství, 2004, 34(1), 1-6. 3. KUCHYŇKA, P. Oční lékařství. 1. vydání. Praha: Galén, 2007. 4. HUSLOVÁ, M., ŠVOJO, R. Analogy prostaglandinů v léčbě glaukomu. Oční lékařství, 2004, 34(1), 1-6. 5. HUSLOVÁ, M., ŠVOJO, R. Analogy prostaglandinů v léčbě glaukomu. Oční lékařství, 2004, 34(1), 1-6. 6. HUSLOVÁ, M., ŠVOJO, R. Analogy prostaglandinů v léčbě glaukomu. Oční lékařství, 2004, 34(1), 1-6.

## 29. Porovnání přínosu korekce stanovené subjektivní a objektivní metodou u pacientů s VPMD- Bc. Ilona Kachlíková

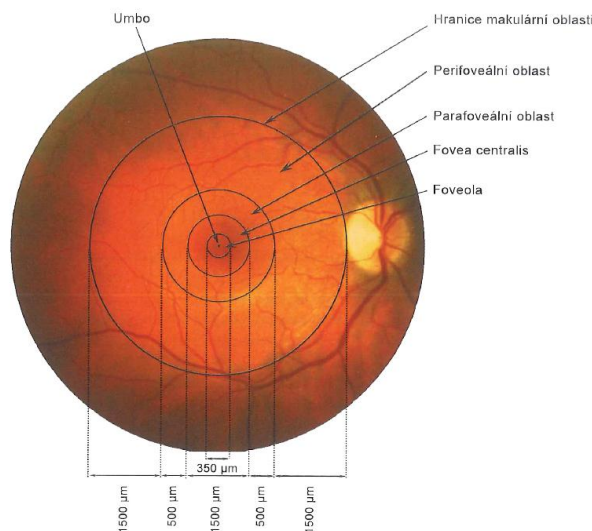
Vedoucí práce: Mgr. Matěj Skrbek

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno

### TEORETICKÁ ČÁST

#### Topografie makuly

Makula neboli žlutá skvrna (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) je místem nejostřejšího vidění na ítnici. Je to okrouhlá centrální oblast na zadním pólu oka s průměrem 3-5 mm. V makule se nachází umbo, foveola, fovea. Fovea centralis je 1,5 mm velká oblast uprostřed makuly. Žlutá barva makuly a fovey je dána pigmentem – luteinem a zeaxantinem, který je součástí axonů čípků, bipolárních a gangliových buněk. Tyto karotenoidy jsou důležité pro jejich funkci filtru a ochrany proti krátkovlnnému UV záření. V centru fovey je 0,3 mm velká foveola, která je tvořena pouze čípků a jejich jádry. V samotném centru foveoly je umbo, ve kterém je největší koncentrace čípků. Počet čípků se směrem do periferie postupně snižuje. Jsou důležité k vidění za světla a k rozlišování barev. Toto vidění je označováno jako fotopické. Přibližně ve vzdálenosti 0,13 mm od fovea centralis jsou tyčinky, jejichž největší zastoupení je v oblasti 5-6 mm od centrální jamky. Ty jsou základem pro skotopické vidění, vidění za tmy a šera. V místě centrální jamky jsou vnitřní vrstvy sítnice odtlačeny do stran, a proto je sítnice kolem fovey tlustší. Bipolární a gangliové buňky nejsou ve fovea centralis přítomny. V dolní polovině fovey je větší počet receptorů, proto je lepší zraková ostrost v horní polovině zorného pole. (Kvapíliková, 2010; Kolář, 2008; Autrata, 2006)



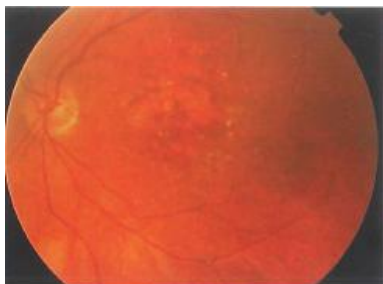
Obr. 1 Topografie makulární oblasti (Kolář, 2008)

#### Věkem podmíněná makulární degenerace

Věkem podmíněná makulární degenerace (VPMD) je hlavní příčinou praktické slepoty u starších osob v ekonomicky vyspělejších zemích. Toto onemocnění je přirozeným projevem stárnutí. Je charakterizováno postupným progresivním zánikem kapilár choriokapilaris, které jsou důležité pro zajištění látkové výměny makulární oblasti sítnice. Nadměrným úbytkem kapilár je snížena výživa makuly, což je doprovázeno nezvratným poklesem zrakové ostrosti. Hlavními rizikovými faktory jsou rodinná anamnéza, genetické faktory, oční a systémové rizikové faktory a vlivy zevního prostředí, jako je kouření, expozice UV záření. VPMD se dělí na dvě formy: suchá (atrofická, neexsudativní) a vlhká (exsudativní, neovaskulární). Nejvíce se vyskytuje suchá forma, tou je postiženo asi 85-90% pacientů. I když je incidence vlhké formy nižší, je právě tato forma odpovědná v 85% za těžkou ztrátu zraku. (Ernest, 2010; Kolář, 2008; Kuchynka, 2007; Rozsival, 2006)

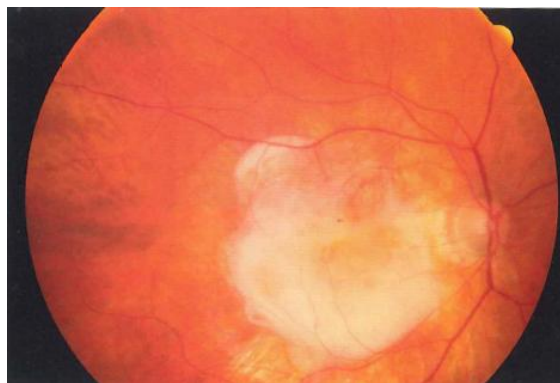
Suchá forma je způsobena zánikem kapilár v choriokapilaris makuly. Oftalmologicky jsou viděny změny ve vrstvě pigmentového epitelu (RPE) a určitý stupeň atrofie. Terminální stadium onemocnění je označováno jako geografická atrofie (Obr. 2), která je spojena s involucí fotoreceptorů a choriokapilaris. Incidence je zpravidla bilaterální, druhé oko je postiženo v 50% případů. Dále jsou přítomna běložlutavá depozita, tzv. drúzy, na úrovni Bruchovy membrány. Vznik těchto drúz je na podkladě degenerace RPE a nemají vliv na vidění. Začnou-li se zvětšovat a splývat, hrozí riziko progresu choroby do vlhké formy. U suché formy je přítomný postupný pokles zrakové ostrosti, který se nejprve projevuje při čtení a malými skotomy při vyšetření na Amslerově mřížce. V pozdějším stadiu onemocnění se objeví centrální skotom a následuje praktická slepota. (Ernest, 2010; Kolář, 2008; Rozsival, 2006)





**Obr. 2 Suchá forma VPMD - geografická atrofie RPE (Kolář, 2008)**

Vlhká forma je kombinací zániku kapilár choriokapilaris a jejich proliferací přes defekty Bruchovy membrány pod RPE a do subretinálního prostoru. Pro plně vyvinutou vlhkou formu je charakteristická tvorba neovaskulární membrány, která je vytvořena v okamžiku vzniku defektu Bruchovy membrány. Chorioideální novotvořené cévy (CNV) jsou schopné procházet těmito defekty do prostoru pod RPE a později i pod neuroretinu. Tyto novotvořené cévy mají patologicky zvýšenou permeabilitu, tedy zvýšenou transudaci tekutiny pod sítnici. To je doprovázeno serózní ablací RPE a náhlým, výrazným poklesem zrakové ostrosti s centrálním skotomem a velmi rušivými metamorfopsiemi. Novotvořené cévy jsou křehké, praskají, krvácejí do subretinálního prostoru. Následně prosakování a krvácení jsou důvodem k tvorbě



**Obr. 3 Vlhká forma VPMD - disciformní jizva (Ernest, 2010)**

fibrovaskulární tkáň, disciformní makulární degenerace (Obr. 3). (Rozsival, 2006; Kraus, 1997) Subfoveolární chorioideální neovaskularizace (CNV) se dělí podle lokalizace vzhledem k RPE na okultní a klasickou. Okultní CNV je doprovázena rozvojem neovaskulárních komplexů mezi RPE a choriokapilaris. Klasická CNV je charakteristická šířením CNV komplexů v prostoru mezi RPE a neuroretinou. Klasifikace CNV podle její lokalizace vzhledem k foveole: extrafoveolární, juxtafoveolární a subfoveolární. (Kolář, 2008)

Žádná účinná terapie suché formy není známa. U vlhké formy je možné využít určitých terapeutických možností. V terapii subfoveolárně lokalizovaných membrán je používána tzv. fotodynamická terapie. Podstatou je intravenózní podání fotosenzitivní látky a následné ozáření membrány laserem o vlnové délce 693 nm. Ozářením membrány jsou vyvolány fotochemické reakce, poškození novotvořených cév a trombóza je uzavře. (Rozsival, 2006) Dále je to terapie anti-VEGF, která má prokazatelné antiangiogenní a antipermeabilní vlivy. Jedná se o látky blokující molekulu VEGF, jejíž hlavní funkcí je vytvářet novotvořené cévy a zvyšovat cévní permeabilitu v retinálních a chorioideálních strukturách, a tím zabránit progresi vlhké formy VPMD. Dále laserová fotokoagulace termálním laserem využívající červené světlo kryptonového laseru jejíž předností je, že není absorbována v očních médiích, ale veškerá energie elektromagnetického záření je přeměněna na teplo až v RPE a v cévnatce. Zapotřebí je správně zvolit vhodnou velikost laserové stopy, dobu expozice a intenzitu záření. Transpupilární termoterapie je lokalizované zahřátí sítnice a cévnatky diodovým laserem o vlnové délce 810 nm, které způsobí zvýšenou adhezi trombocytů k endotelu CNV, a to je důvodem k uzavěru a jizvení. Další možností je subretinální chirurgická extrakce CNV, u níž je podmínkou přítomnost subfoveolární neovaskulární membrány nejlépe ohraničené a visus 6/60 a horší. Do objevu anti-VEGF byla jednou z možností léčby exsudativní VPMD radioterapie, jejíž hlavním cílem je maximálně poškodit patologickou tkáň. (Kolář, 2008)

#### Zraková ostrost a refrakce

Zraková ostrost je vyjádřena kvalitou a stupněm schopnosti lidského oka rozlišovat detaily v předmětovém prostoru. Tato schopnost je závislá na mnoha faktorech jako jas předmětů, vzdálenost předmětů od sítnice, kontrast předmětů proti okolnímu prostředí, velikost zornice a refrakční vadě. (Synek a Skorkovská, 2004; Rutrle, 1993)

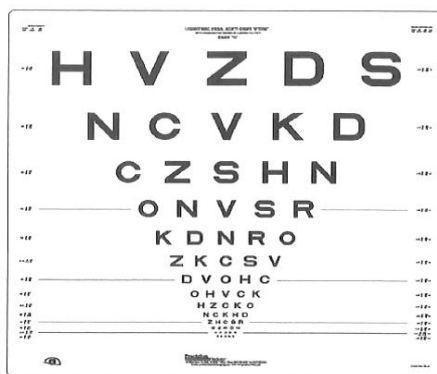
Pro každou optickou soustavu je důležitá její rozlišovací mez. Za základní angulární-úhlovou rozlišovací schopnost lidského oka je považována hodnota jedné úhlové minuty. To znamená, že oko je schopno rozlišit dva body odděleně pouze tehdy, dojde-li k podráždění dvou světločivých elementů centrální jamky žluté skvrny, přičemž mezi nimi zůstane jeden čípek nepodrážděný. Velikost úhlové rozlišovací meze (minimum separabile) je určena ze skutečných parametrů oka, to je podíl velikosti centrálního čípku a vzdálenosti sítnice od obrazového uzlového bodu oka. (Kuchynka, 2007; Rutrle, 1993)

$$\Psi_0 = \frac{0,005}{17,05} \approx 0,0003 \text{ rad} \approx 1'$$

Stanovení zrakové ostrosti je jedním ze základních funkčních očních vyšetření, které je používáno ke zjištění refrakčních vad oka a ke sledování vývoje zraku v průběhu léčby očních onemocnění. Ke stanovení refrakčního stavu oka je využíváno dvou metod, subjektivní a objektivní. Subjektivní metodou je zjišťována subjektivní zraková ostrost za použití optotypů, zkušebních čoček a zkušební astigmatické obruby, nebo pomocí

foropteru. U toho vyšetření je vyžadována spolupráce ze strany pacienta. Cílem této metody je zjistit nejlépe korigovanou zrakovou ostrost. (Decarlo a kol., 2013; Řehák a Řehák, 2011)

Pro určení zrakové ostrosti jsou v klinických studiích nejpoužívanější standardizované ETDRS tabule (Obr. 4). Tabule jsou tvořeny Sloanovými bezpatkovými písmeny, které jsou seřazeny po pěti znacích ve 14 řádcích. Dále je dodržena geometrická progresse velikosti znaků v jednotlivých řádcích. ETDRS optotypy jsou konstruovány na vzdálenost 4 m. Pacient je vyzván, aby četl optotypové znaky od největšího až k řádku, kde již není schopen přečíst minimálně 3 znaky s nejlépe korigovanou zrakovou ostrostí. Za přečtený řádek je považován ten, ze kterého je pacient schopen přečíst alespoň 60% znaků. Každé oko je vyšetřováno zvlášť. Pokud subjekt není schopen přečíst znaky ze 4 m, je vzdálenost zkrácena na 1 m a pro vyloučení vlivu akomodace je přidávána k vlastní korekci do dálky addice +0,75 D. Celkové skóre je dáno součtem všech přečtených znaků. Vhodná intenzita osvětlení se nachází mezi 85-300 cd/m<sup>2</sup>. V běžné praxi i v klinických studiích je nejčastěji používaná hodnota 150-200 cd/m<sup>2</sup>. Zraková ostrost je u pacientů s VPMD zlepšována až do úrovně osvětlení 200 cd/m<sup>2</sup>, kdy je dosaženo plateau a dalšího zlepšování již není možno dosáhnout. (Ernest, 2010; Kolář, 2008)



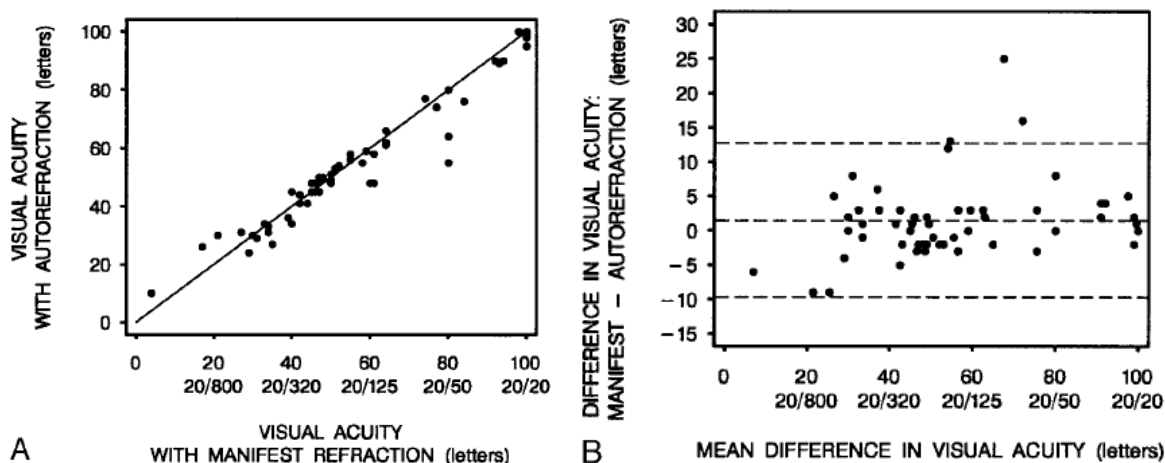
Obr. 4 ETDRS optotyp (Kolář, 2008)

Objektivní metoda je určena ke stanovení objektivní refrakce, u níž není potřeba spolupráce pacienta. Tato metoda je nezastupitelná u špatně spolupracujících vyšetřovaných osob a dětí. Jejím hlavním cílem je urychlit vyšetření a jako výchozí hodnota ke stanovení subjektivní refrakce a správné korekce. Pro tuto metodu je používaná skiaskopie nebo automatický oční refraktometr. (Decarlo a kol., 2013; Řehák a Řehák, 2011)

Délka měření objektivní metodou u pacientů s makulární onemocněním je přibližně 5 minut na oko, zatímco pro subjektivní metodu je doba vyšetření u téhož pacienta pomocí foropteru anebo zkušební obruby obvykle delší, přibližně 15 minut a déle. U pacientů se sníženým viděním je doporučeno použít zkušební astigmatickou obrubu, jejíž výhodou je možnost naklánět hlavu v případě potřeby excentrické fixace. Výhodou foropteru je rychlost výměny brýlových skel. Při použití zkušební obruby je nutné počítat s delší dobou vyšetřování, která může být pro pacienta náročná a unavující. (Decarlo a kol., 2013; Orr a kol., 2001)

#### Zahraniční výzkum

Orr a kol. (2001) provedli výzkumnou práci zabývající se porovnáním subjektivní a objektivní metody u pacientů se subfoveolární chorioideální neovaskularizací (CNV). Nejprve u pacientů stanovili subjektivní refrakci, aby předešli vlivu únavy a až poté změřili na autorefraktometru (AR-1600G) refrakci objektivní. Nakonec byla použita ETDRS tabule ke stanovení celkového počtu správně přečtených písmen každého oka pro subjektivní i objektivní metodu. Výsledky byly vyhodnocovány monokulárně. Pro porovnání obou metod využili statistickou metodu dle Bland Altmana, která se používá v případě, že je potřeba posoudit vztah mezi chybou měření a skutečnou hodnotou. Podstatou je grafické zobrazení závislosti rozdílu přečtených znaků u subjektivní a objektivní metody měření na jejich průměrném rozdílu. Pomocí tohoto grafu je možné zjistit velikost rozdílu přečtených znaků mezi metodami měření a jejich distribuci kolem 0. Pokud body nejsou rozptýleny kolem 0, pak je vypočítán průměrný rozdíl. Následně jsou stanoveny 95% limity shody, jako průměrný rozdíl  $\pm 2SD$ . Tento interval představuje 95% limity shody mezi oběma metodami.



Graf 1 Srovnání výsledků měření mezi objektivní a subjektivní metodou (A) a srovnání subjektivní a objektivní metody dle Bland Altmana (B) (Orr a kol., 2001)

Měření probíhalo 4 měsíce a celkem bylo vyšetřeno 27 pacientů, 17 mělo VPMD a zbylých 10 syndrom oční histoplazmózy. Medián počtu přečtených znaků byl pro subjektivní metodu 50 znaků s rozsahem 4 až 100 písmen a pro objektivní 49 znaků s rozsahem 10 až 100 písmen. Bodový graf (Graf 1A) ukazuje seskupení bodů kolem linie rovnosti. Zatímco u grafu (Graf 1B) vytvořeného dle Bland Altmana jsou body roztroušeny kolem průměrného rozdílu, který je velmi blízký nule. Průměrné zrakové skóre bylo o 1,5 znaků lepší pro subjektivní metodu s 95% limity shody -9,7, 12,78. Avšak rozdíl většiny dvojic měření u jednotlivých probandů byl v rámci 5 písmen od sebe. Kromě celkového vyhodnocení průměrné zrakové ostrosti provedli i rozbor přečtených znaků pro jednotlivé úrovně zrakové ostrosti (Tab. 1). Z tabulky lze vyčíst, že průměrný počet přečtených znaků byl největší u subjektivní metody pro dobrou zrakovou ostrost a nejnižší pro nízkou.

Tab. 1 Rozdíly v počtu přečtených znaků (subjektivní-objektivní metoda) dle stupně zrakové ostrosti (Orr a kol. 2001)

Počet přečtených znaků (subjektivní – objektivní metoda)		
Zraková ostrost	Průměrný rozdíl ± SD	95% limit shody
Dobrá	4,1 ± 6,8 znaků	-9,5, 17,7 znaků
Střední	0,9 ± 4,2 znaků	-7,5, 9,3 znaků
Nízká	-0,4 ± 5,1 znaků	-10,6, 9,8 znaků

## PRAKTICKÁ ČÁST

### Cíl

Cílem výzkumu bylo porovnat výsledné hodnoty zrakové ostrosti s korekcí stanovenou subjektivní a objektivní metodou u pacientů s věkem podmíněnou makulární degenerací. Na základě získaných hodnot zjistit, která metoda je nevhodnější pro stanovení korekce, s níž pacient s VPMD dosáhne co možná nejlepšího visu. Byly stanoveny dvě pracovní hypotézy.

Se subjektivně určenou refrakcí uvidí pacient lépe než s korekcí z autorefraktometru.

S věkem se bude snižovat počet přečtených znaků.

### Metodika

První část výzkumu proběhla na jaře 2015 ve FN Brno. Vyšetřovaným souborem byli pacienti se suchou a vlhkou formou VPMD. Výběr subjektů byl podmíněn výskytem VPMD na obou očích a monokulárním visem 1,0 logMAR a lepší. Měření refrakce probíhalo bez použití cykloplegik.

Nejprve se u každého pacienta zjistila osobní data pro případné potřebné dohledání a oční anamnéza. Následně byl vyšetřen na autorefraktometru Topcon KR -1 pro získání hodnoty objektivní refrakce. Poté byla pacientovi za pomoci LCD optotypu, zkušebních čoček a zkušební astigmatické obruby stanovena subjektivní refrakce. Postupně byla zjišťována nejlepší sféra, osa cylindru, síla cylindru a nakonec subjektivní dokorigování. Pacienti byli vyšetřováni pouze za monokulárních podmínek na základě předpokladu, že většina pacientů bude mít z důvodu postižení makuly narušené binokulární vidění a budou fixovat lépe vidoucím okem. Všechny získané hodnoty tedy byly vyhodnocovány monokulárně.

Po zjištění subjektivní refrakce pacient četl ETDRS tabuli určenou pro vzdálenost 3 metrů od horního řádku až po nejmenší znak. Výsledná zraková ostrost se rovnala počtu přečtených znaků. Měření bylo provedeno pro objektivní i subjektivní refrakci. Jelikož byla na pracovišti dostupná pouze tato daná ETDRS tabule, byla subjektivní refrakce

stanovena na 3 m. Pro kompenzaci vyšetřovací vzdálenosti byla u objektivní refrakce, která je přístrojem měřena na nekonečno, předsazena +0,25 D. Měření probíhalo v místnosti za standardních světelných podmínek.

Naměřené výsledky byly následně statisticky zpracovány a analyzovány. Analýza proběhla v programu Statistica 12. V textu bude první řadě ze změřených hodnot vypočítána souhrnná popisná statistika doplněna o komentář. Následně budou za pomoci krabicových grafů metody porovnány z hlediska rozdílů středních hodnot, kvartilů a hraničních hodnot. Poté bude vyhodnocena závislost výsledků jednotlivých metod na věku. Nakonec bude vytvořen graf, který postaví proti sobě počet přečtených znaků a Bland Altmanův graf závislosti rozdílů dvojic přečtených znaků na jejich průměru, který bude porovnán s již realizovanou studií.

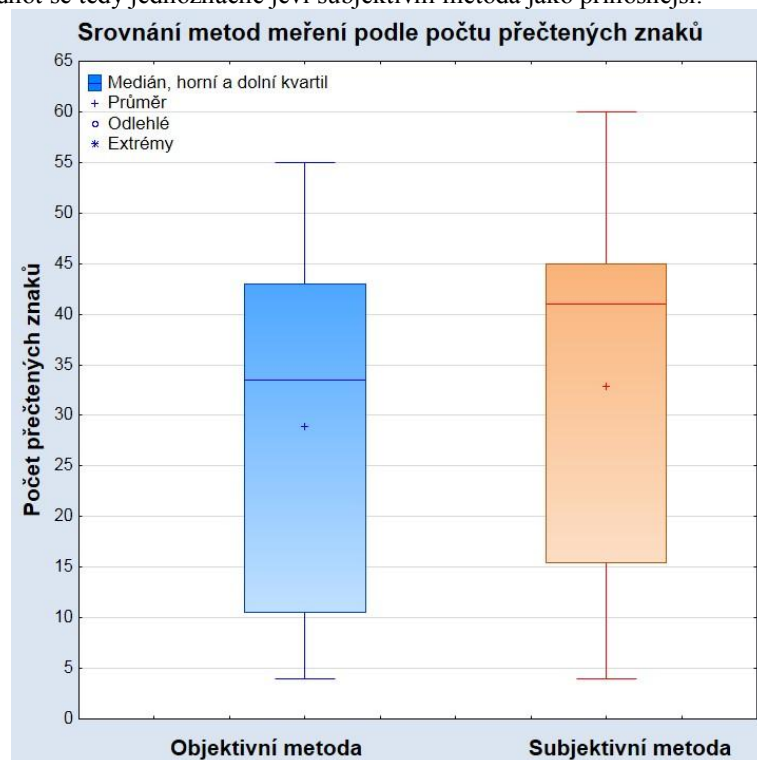
### Výsledky

Doposud bylo vyšetřeno 20 probandů, to znamená 40 očí, 11 žen a 9 mužů ve věkovém rozmezí 57 až 90 let, průměrný věk byl 74,80 let. Statisticky zpracovaná data je možné zhlédnout v tabulce níže (Tab. 2).

Tab. 2 Základní popisná statistika

	Věk	Metoda objektivní	Metoda subjektivní
N platných	40,000	40,000	40,000
Průměr	74,800	28,950	32,850
Medián	75,000	33,500	41,000
Minimum	57,000	4,000	4,000
Maximum	90,000	55,000	60,000
Dolní kvartil	70,000	10,500	15,500
Horní kvartil	81,000	43,000	45,000
Rozpětí	33,000	51,000	56,000
Rozptyl	62,113	277,485	294,695
Sm.odch.	7,881	16,658	17,167
Směrod. chyba	1,246	2,634	2,714
Šikmost	-0,241	-0,330	-0,584
Špičatost	-0,013	-1,449	-1,093

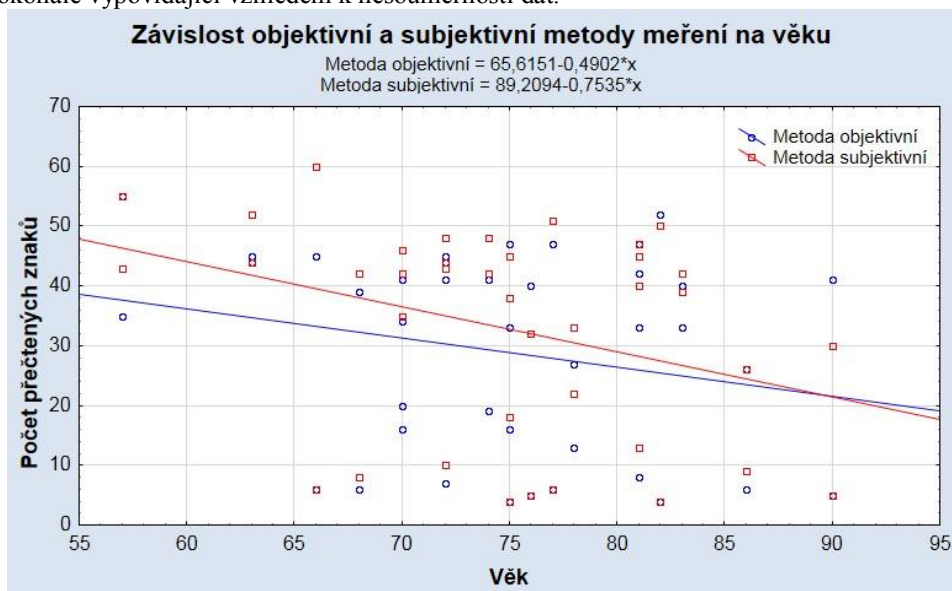
Nejdůležitějším údajem pro porovnání obou metod navzájem byl počet přečtených znaků. Pro objektivní metodu vyšla průměrná hodnota přečtených znaků 28,95 a pro metodu subjektivní 32,85. Již zde lze pozorovat rozdíl, ovšem **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**ukazuje nerovnoměrnost rozložení hodnot, proto lepší vypovídající odnotu má medián. Ten dosahuje pro objektivní metodu 33,50, ale pro metodu subjektivní 41,00, kde je rozdíl více než jednonásobný. Maximum přečtených znaků je u subjektivní metody o 5 vyšší, minimum je stejné. Při hodnocení středních hodnot se tedy jednoznačně jeví subjektivní metoda jako přínosnější.



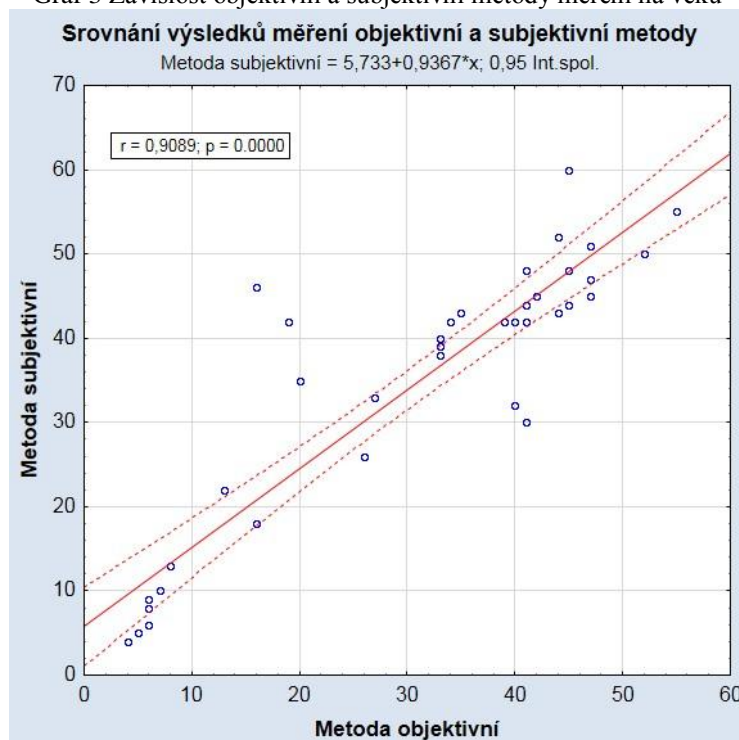
Graf 2 Krabicový graf srovnání metod měření podle počtu přečtených znaků

Jako problematická se ukázala směrodatná odchylka, která dosahuje poměrně vysokých hodnot. Je to způsobeno nerovnoměrným rozložením výsledků při velmi vysokém rozptylu. Tento fakt je vidět i na grafu závislosti přečtených písmen na věku (Graf 3).

Jak již bylo zmíněno, je na grafu 3 vidět velké roztroušení výsledků. Při lineárním proložení obou metod je jasně zřetelný klesající trend. Což je způsobeno tím, že nemoc je podmíněna věkem. Při porovnání metod navzájem se jejich rozdíl s narůstajícím věkem snižuje. Avšak proložení nejsou dokonale vypovídající vzhledem k nesouměrnosti dat.

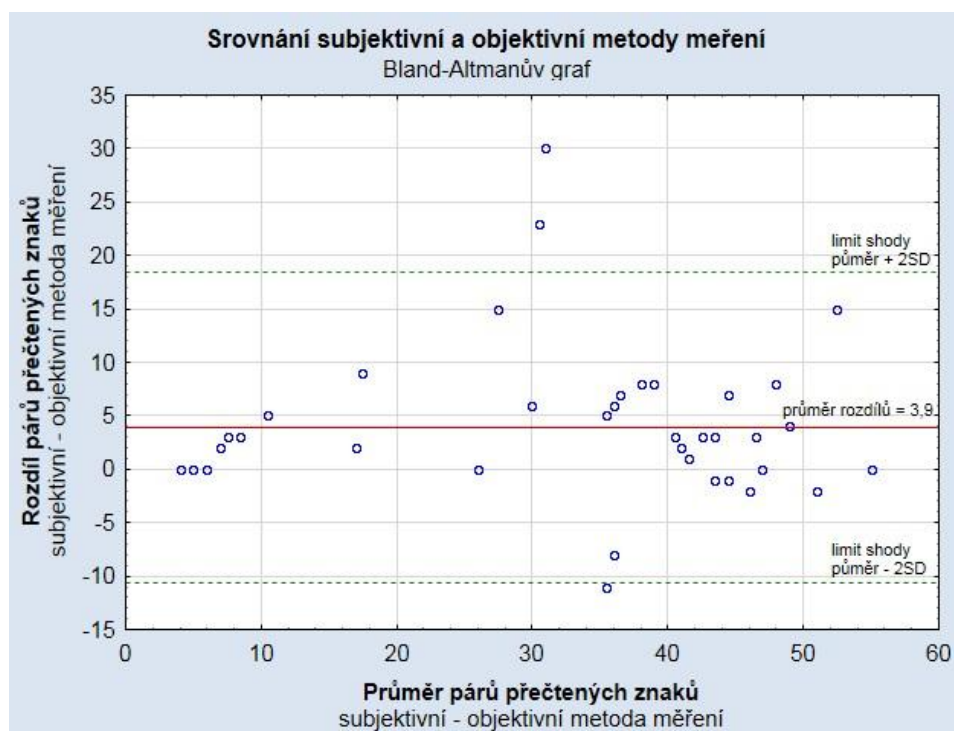


Graf 3 Závislost objektivní a subjektivní metody měření na věku



Graf 4 Korelační diagram srovnání výsledků měření objektivní a subjektivní metody

Na (Graf 4) jsou proti sobě postaveny výsledky objektivní a subjektivní metody. Pokud je graf porovnán s grafem (Graf 1A) je vidět, že výsledky jsou primárně seskupeny kolem linie rovnosti, ale nachází se zde i hodně vzdálených bodů. Ty se u srovnávaných výsledků (Orr a kol., 2001) téměř nevyskytovaly. Také graf ukazuje mírné vychýlení od ideální roviny.



Graf 5 Bland-Altmanův rozdílový graf objektivní a subjektivní metody

Lepší pohled na problematiku poskytuje Bland Altmanův graf (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**), kde jsou na se x vyneseny průměrné hodnoty dvojic subjektivní a objektivní metody měření a na ose y jejich rozdíly. Bland Altmanův graf ukazuje, že se v rozdílech metod nevyskytuje zřetelný trend. Na druhou stranu je vidět posun linie průměru rozdílů od 0 směrem k subjektivní metodě o 3,9 znaků. Z čeho vyplývá, že má subjektivní metoda větší přínos než metoda objektivní, a to skoro o jeden řádek na ETDRS tabuli. Orr a kol. (2001) naměřili nižší hodnotu pro celkový soubor a to jen 1,5 znaků (Tab. 3). Což by se dalo vysvětlit absencí vzdálených hodnot, které se u tohoto výzkumu vyskytovaly a mohly tak ovlivnit výsledný průměrný rozdíl. Tento fakt lze také pozorovat na větší směrodatné odchylce a limitech shody. Orr a kol. (2001) také dále rozdělovali skupinu podle zrakové ostrosti (Tab. 1) na: s dobrou (průměrný rozdíl 4,1 znaků); se střední (0,9 znaků); s nízkou (-0,4 znaky). Pokud jsou tyto údaje srovnány s grafem závislosti přečtených znaků na věku (Graf 3) a předpokládáme, že se úměrně věku zhoršuje i nemoc (tj. zraková ostrost) je tento trend snižujících se rozdílů potvrzen.

Tab. 3 Průměrný rozdíl přečtených znaků (subjektivní-objektivní metoda)

Měření	Průměrný rozdíl ± SD	95% limit shody
Kachlíková, 2015	3,9 ± 7,24 znaků	-10,57, 18,37 znaků
Orr a kol., 2001	1,5 ± 5,60 znaků	-9,70, 12,70 znaků

#### Závěr

Ve všech srovnání vycházela subjektivní metoda lépe než objektivní. Výsledné zrakové skóre bylo o 3,9 písmene lepší pro subjektivní metodu, což potvrzuje první hypotézu. Druhá stanovená hypotéza, že s věkem se bude snižovat počet přečtených znaků, byla taktéž potvrzena. Celkově by se dalo konstatovat, že je subjektivní metoda přínosnější zejména v rané fázi nemoci a postupem věku se přínos obou metod srovnává. Pokud by se exaktně vycházelo z trendů závislosti přečtených znaků na věku, tak by od určitého věku došlo ke změně přínosnější by se stala metoda objektivní. Tuto hypotézu je třeba ověřit na větším testovacím vzorku. Tato studie je součástí diplomové práce, tudíž měření stále pokračuje a ve finále by se mělo porovnávat až 100 vzorků očí. Je předpoklad, že při větším vzorku bude snížena i významnost vzdálených hodnot. Také bude třeba porovnat, zda vzdálené hodnoty měření byly pouze nahodilé, nebo se budou systematicky vyskytovat i u dalších dvou pětina měření očí.

#### SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ. Nauka o zraku. 1. vyd. dotisk. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2006, 226 s. ISBN 80-701-3362-7.  
 DECARLO, Dawn K., Gerald MCGWIN, Karen SEARCEY, Liyan GAO, Marsha SNOW, John WATERBOR a Cynthia OWSLEY. Trial Frame Refraction versus Autorefraction among New Patients in a Low-Vision Clinic. Investigative Ophthalmology [online]. 2013, 54(1): 19-24 [cit. 2015-07-01]. DOI: 10.1167/iavs.12-10508. ISSN 1552-5783. Dostupné z: <http://iavs.arvojournals.org/article.aspx?doi=10.1167/iavs.12-10508>

- ERNEST, Jan, Libor HEJSEK, Pavel NĚMEC a Leoš REJMONT. Makulární degenerace: trendy v léčbě věkem podmíněné makulární degenerace. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2010, 249 s. Aeskulap. ISBN 978-80-204-2363-4.
- KOLÁŘ, Petr. Věkem podmíněná makulární degenerace. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 148 s. ISBN 978-802-4726-052.
- KRAUS, Hanuš. Kompendium očního lékařství. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1997, 341 s. ISBN 80-716-9079-1.
- KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 1.vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 978-802-4711-638.
- KVAPILÍKOVÁ, Květa. Anatomie a embryologie oka: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology. 1. vyd. dotisk. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2010, 206 s. ISBN 80-7013-313-9.
- ORR, Peggy R., Laura D. CRAMER, Barbara S. HAWKINS a Neil M. BRESSLER. Manifest Refraction Versus Autorefraction for Patients with Subfoveal Choroidal Neovascularization. Investigative Ophthalmology [online]. February, 2001, 42(2): 447-452 [cit. 2015-07-01]. ISSN 01460404. Dostupné z: <http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2123500>
- ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2006, 373 s. ISBN 80-246-1213-5.
- RUTRLE, Miloš. Brýlová optika. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993, 144 s. ISBN 80-7013-145-4.
- ŘEHÁK, Jiří a Matúš REHÁK. Venózní okluze sítnice. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 138 s. ISBN 978-80-247-3480-4.
- SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. Fyziologie oka a vidění. 1. vyd. Praha: Grada, 2004, 93 s. ISBN 80-247-0786-1.

## Comparison the benefits of correction determined through the use of subjective and objective methods for patients with AMD- Bc. Iona Kachlíková

Supervisor:Mgr. Matěj Skrbek

Department of Optometry and Orthoptics, MedicalFaculty, Masaryk University

### THEORETICAL PART

#### Topography of macula

Macula or yellow spot (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) is the point of sharpest vision on the retina. It is circular central region of the posterior segment of the eye with a diameter of 3-5 mm. Umbo, foveola, fovea is located in the macula. Fovea centralis is a 1.5 mm in the middle of the macula. Yellow color of the macula and the fovea come its content of lutein and zeaxanthin which are part of axons cones, bipolar and ganglion cells. These carotenoids are important for the function of the filter and protection against short-wave UV radiation. In the center of the fovea is a 0.3 mm foveola which is formed only cones and their nuclei. In the very center of the fovea is umbo with the greatest concentration of cones. The number of cones decreases progressively towards the periphery. Cones are important to the vision of light and color discrimination, photopic vision. The rods are approximately at a distance of 0.13 mm from the fovea centralis and the most occur in the area of 5-6 mm from the fovea centralis. Rods enable scotopic vision, night vision. The inner layers of the retina are pushed away sideways in place central hole in the fovea centralis; the retina is thicker around the fovea. Bipolar and ganglion cells are not in the fovea centralis. A larger number of receptors are in the lower half of the fovea; therefore better visual acuity is in the upper half of the visual field. (Kvapilíková, 2010; Kolar, 2008; Autrata, 2006)

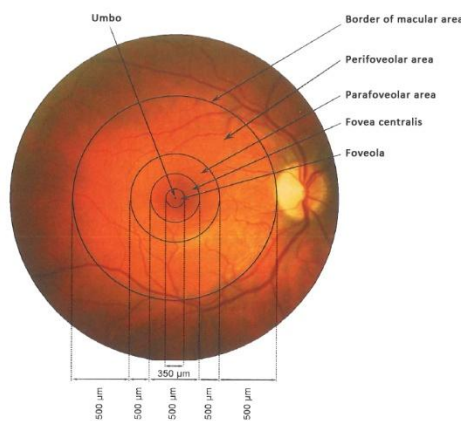


Fig. 1 Topography of macula (Kolar, 2008)

#### Age-related macular degeneration

Age-related macular degeneration (AMD) is the major cause of legal blindness in the elderly persons in economically developed countries. This disease is a natural manifestation of aging. AMD is characterized by the gradual progressive disappearance of capillaries choriocapillaries which provide metabolism of macula. A large loss of capillaries is reduced nutrition of macula and it leads to irreversible decline of visual acuity. The main risk factors are family history, genetic factors, ocular and systemic risk factors and environmental factors such as smoking, exposure to UV radiation. AMD is divided into two forms: dry (atrophic, nonexudative) and wet (exudative, neovascular). The dry form has most incidence; it is present in about 85-90% of patients. Although the incidence of the wet form is lower. This form is very responsible in 85% for severe loss of vision. (Ernest, 2010; Kolar, 2008; Kuchynka, 2007; Rozsival, 2006)

The dry form is caused by the destruction of capillaries choriocapillaries of the macula. Changes in the layer of pigment epithelium (RPE) and some degree of atrophy are seen ophthalmologically. Changes in the layer of pigment epithelium (RPE) and some stage of atrophy are seen ophthalmically. Geographic atrophy (Fig. 2) is known as end-stage and it is associated with involution of photoreceptors and choriocapillaries. Incidence is usually bilateral and the other eye is affected in 50% of cases. Furthermore, white-yellow deposits (drusen) are present at the level of Bruch membrane. The emergence of these drusen is based on degeneration of RPE and these drusen do not affect vision. If drusen begin to grow and coalesce, the risk of disease progression in the wet form occurs. In the dry form is present gradual decrease in visual acuity when reading a small scotoma during an examination on the Amsler grid will appear first. Central scotoma and practical blindness occurs in later stages of the disease. (Ernest, 2010; Kolar, 2008; Rozsival, 2006)

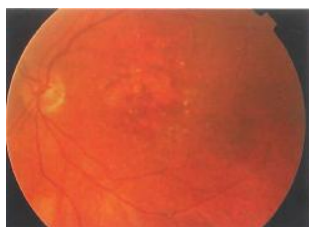
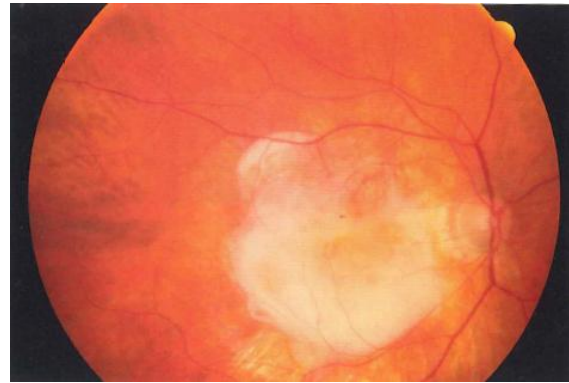


Fig. 2 Dry AMD - geographic atrophy of RPE (Kolar, 2008)



The wet form is a combination of destruction of capillaries choriocapillaries and their proliferation through defects in Bruch's membrane below the RPE and subretinal space. For fully developed wet form is characterized by the formation of a neovascular membrane which is formed at the time the defects in Bruch's membrane. Choroidal neovascular vessels (CNV) are able to pass through these defects into the space under the RPE and neuroretina later. These neovascular vessels are pathologically increased permeability, an increase transudation of fluid under the retina. It is accompanied by a serous RPE and sudden, significant decrease of visual acuity with central scotoma and very disturbing metamorphopsia. Neovascular vessels are brittle, crack; they bleed into the subretinal space. Leakage and bleeding are the reason for the formation of a fibrovascular tissue, disciform macular degeneration (Fig. 3). (Rozsival, 2006; Kraus, 1997) CNV is divided by localization due to RPE: classic and occult. Occult CNV is associated with the development of neovascular complex between RPE and choriocapillaries. Classic CNV is characterized by proliferation of CNV complexes in the space between the RPE and neuroretina. Classification CNV by their location relative to the fovea: extrafoveal, juxtafoveal and subfoveal. (Kolar, 2008)



**Fig. 3 Wet AMD – disciform scar (Ernest, 2010)**

Effective treatment of dry form is not known. In the wet form it is possible to use certain therapeutic options. Photodynamic therapy is used in the therapy of subfoveal localized membrane. Intravenous injection of photosensitive substances and subsequent exposure of the membrane by laser with a wavelength of 693 nm is basic for this therapy. Irradiation membranes are induced photochemical reactions, damage of neovascular vessels and thrombosis close these vessels. (Rozsival, 2006) Anti-VEGF therapy has proven antiangiogenic and antipermeable influences. It is blocking substance of VEGF molecule, whose main function is produce neovascular vessels and vascular permeability increase in retinal and choroidal structures. Anti-VEGF substances are used to prevent the progression of wet AMD. Next, laser photocoagulation by thermal laser used red light krypton laser is not absorbed into ocular media and all the energy of electromagnetic radiation is converted into heat in the RPE and the choroid. Right to choose an appropriate size of the laser spot, exposure time and intensity of radiation is required. Transpupillary thermotherapy is localized heating of the retina and choroid by diode laser with a wavelength of 810 nm, increases adhesion of platelets to the endothelium of CNV and this is the reason for the closure and scarring. Subretinal surgical extraction of CNV is another option in which the presence of subfoveal neovascular membrane and visual acuity 6/60 and worse is required. Radiation was one of the treatment options for exudative AMD before the discovery of anti-VEGF. The main aim of radiotherapy is the most pathological tissue damage. (Kolar, 2008)

#### Visual acuity and refraction

Visual acuity is expressed as the quality and level of ability of the human eye to distinguish details in the subject space. This ability depends on many factors such as brightness of objects, the distance of objects from the retina, the contrast of objects against the environment, pupil size and refractive error. (Synek and Skorkovska, 2004; Rutrle, 1993)

Limit of resolution is important for each optical system. The value of one arc minute is considered a minimum angle of resolution of the human eye. This means that the eye can distinguish two points separately only when two light-sensitive elements of the fovea centralis of the macula are irritated while between them one cone is not irritable. Size of the minimum angle of resolution is determined from the actual parameters of the eye; it is the proportion of the size of the central cone and distance retina from second nodal point of the eye. (Kuchynka, 2007; Rutrle, 1993)

$$\Psi_0 = \frac{0,005}{17,05} \approx 0,0003 \text{ rad} \approx 1'$$

Determination of visual acuity is one of the basic functional eye examinations which are used to detect refractive errors of the eye and to monitor visual development during treatment of eye diseases. To determination of the refractive state of the eye are used two methods, subjective and objective. Subjective method is determined subjective visual acuity using visual acuity tests, trial lenses and trial frames or using phoropter. In this examination cooperation from the patient is required. The aim of this method is to determine the best corrected visual acuity. (Decarlo et al., 2013; Rehak and Rehak, 2011)

ETDRS eye charts (Fig. 4) are the most widely used standardized boards in clinical studies to determine visual acuity. These optotypes are formed Sloan letters which are sorted five letters in 14 lines. It is also observed geometric progression size of the letters in each line. ETDRS optotypes are constructed at a distance of 4 m. The patient is asked to read the letters of eye chart from the largest to the line where he is unable to read at least 3 letters with the best corrected visual acuity. Read line is considered the one from which the patient is able to read at least 60% of the letters. Each eye is examined separately. If the subject is not able to read the letters of 4 m the distance is reduced to 1 m and +0.75 D is added to the self-

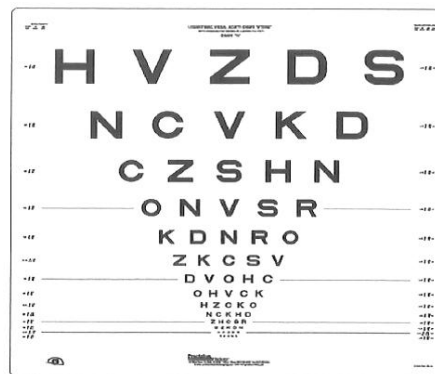


Fig. 4 ETDRS eye chart (Kolar, 2008)

correction into the distance to eliminate the effect of accommodation. The total visual acuity score is the sum of the all letters read correctly. Suitable illumination intensity is between 85 to 300 cd/m<sup>2</sup>. 150-200 cd/m<sup>2</sup> is most frequently used in common practice and in clinical trials. Visual acuity is improved in patients with AMD up to the level of illumination of 200 cd/m<sup>2</sup> when plateau is reached and further improvement cannot be achieved. (Ernest, 2010; Kolar, 2008)

An objective method is designed to determine the objective refraction in which the patient's cooperation is not needed. This method is indispensable for poorly investigated cooperating persons and children. The main aim of this method is to accelerate the examination and as the initial value for determining the subjective refraction and correct correction. For this method is used skiascopy or automatic eye refractometer. (Decarlo et al., 2013; Rehak and Rehak, 2011)

Time measurement objective method for patients with macular disease is about 5 minutes on the eye while for the subjective method is the examination time in the same patient using phoropter or trial frame usually longer, about 15 minutes or longer. In patients with reduced vision trial frame is recommended to use whose advantage is the ability to tilt your head in the case of eccentric fixation. The advantage of the phoropter is the rate of exchange of spectacle lenses. A longer examination time is when using trial frame and for patient may be exacting and tiring. (Decarlo et al., 2013; Orr et al., 2001)

#### Foreign research

Orr et al. (2001) conducted research work dealing with the comparison of subjective and objective methods in patients with subfoveal choroidal neovascularization (CNV). First, subjective refraction was determined for patients to avoid the influence of fatigue and then the objective refraction was measured at Autorefractor (AR-1600G). Finally, ETDRS was used to determine the total number of the letters read correctly in each eye for subjective and objective method. The results were evaluated monocular. To compare the two methods they used a statistical method by Bland Altman which is used to assess the relationship between measurement error and the true value. Graphical display of the difference between measurements taken with the subjective and objective methods and the average measurement taken with the two methods is the essence Bland Altman plot. Determine the size of the difference of letters between the methods of measurement and their distribution around 0 can be determined from this plot. If points are not scattered around 0, the mean difference is calculated. Subsequently, 95% limits of agreement are determined as the mean difference  $\pm$  2SDs. This interval represents 95% limits of agreement between the two methods.

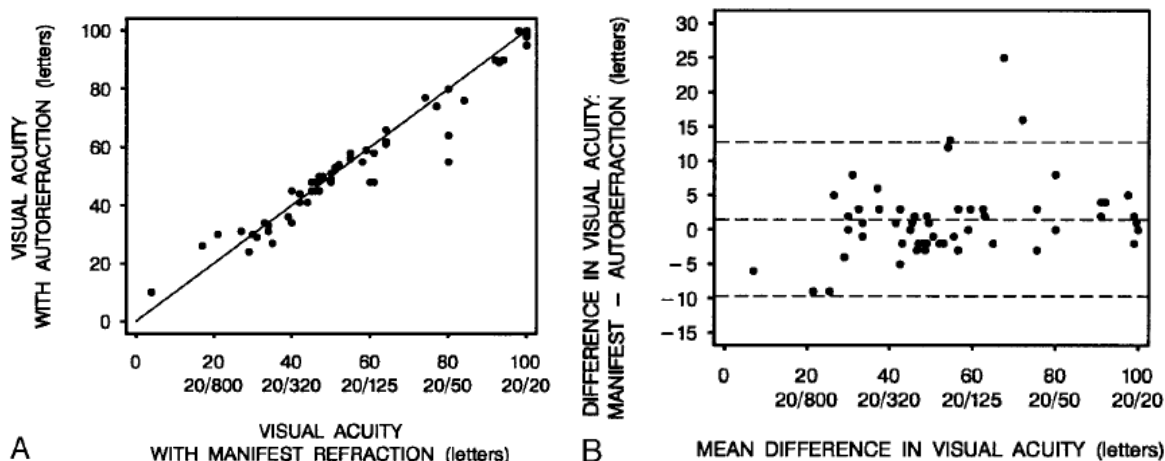


Fig. 5 Comparison of the measurements between the objective and subjective methods (A) and comparison of the subjective and objective methods by Bland Altman (B) (Orr et al., 2001)

Measurements were made during four months and 27 patients were examined, 17 patients with AMD and the remaining 10 with ocular histoplasmosis syndrome. The median visual acuity score obtained by subjective method was 50 letters, with scores ranging from 4 to 100 letters and the median for the objective method was 49 letters, with scores ranging from 10 to 100 letters. Scatter plot (Fig. 5A) shows a grouping of points along the line of equality. While points of the graph produced by Bland Altman (Fig. 5B) are scattered around the mean difference which is very close to zero. The mean visual score was 1.5 letters improved for the subjective method with 95% limits of agreement -9.7, 12.78. However, most pairs of measurements were within five points of each other. Additionally, they conducted an analysis of letters for each level of visual acuity (Tab. 4). Mean letters were greatest in subjective methods for good visual acuity and the lowest for the poor.

Tab. 4 Differences in the number of the letters (subjective-objective method) by visual acuity

Number of the letters (subjective – objective method)		
Visual Acuity	Mean ± SD	95% Limits of Agreement
Good	4.1 ± 6.8 letters	-9.5, 17.7 letters
Moderate	0.9 ± 4.2 letters	-7.5, 9.3 letters
Poor	-0.4 ± 5.1 letters	-10.6, 9.8 letters

## PRACTICAL PART

### Purpose

The research was focused on the comparison of the resulting values of visual acuity with correction determined through the use of subjective and objective methods for patients with age-related macular degeneration. The best method for the determination of the correction with which AMD patient will be able to achieve the best possible visual acuity; it will found out. Two working hypotheses were determined.

Patient will see better with a subjective refraction than with correction of Autorefractor.

The number of letters will decrease with age.

### Methods

The first part of the research was carried out in the spring 2015, University Hospital Brno. Patients with dry and wet AMD were examined. The presence of AMD in both eyes and monocular visual acuity 1.0 logMAR and better were conditions for the selection of subjects. Refraction measurements carried out without using cycloplegics.

First, each patient's personal data for any necessary trace and ocular anamnesis were found out. Subsequently, the subject was examined at Autorefractor Topcon KR -1 for obtaining objective refraction. Then, subjective refraction was determined using the LCD optotype, trial lenses and trial frame. The best sphere, cylinder axis, the power cylinder were gradually determined and ultimately were adjusted for best sphere correction. Patients were examined only under monocular conditions, because the most patients will have disturbed binocular vision due to a damaged macula and will fix the eye with better visual acuity. All the values will be assessed monocular.

After determination of the subjective refraction patient read ETDRS for a distance of 3 meters from the top line to the smallest letter. The visual acuity score was calculated as total number of letters read at 3 m. Measurements were made for objective and subjective refraction. Because the ETDRS optotype was available in the workplace, subjective and objective refraction was set at 3 m. For objective refraction measured by the instrument at infinity was placed +0.25 D to compensate for investigative distance. Measured was in the room under standard lighting conditions.

The measured results were statistically processed and analyzed. The analysis was carried out in Statistica 12<sup>th</sup>.

First, summary descriptive statistics will be calculated from the measured values and will be supplemented by commentary. Subsequently, methods will be compared using box plots in terms of differences in medians, quartiles and limit values. Then the dependence of the results of individual methods of measurements on the age will be evaluated. Finally, scatter plot with number of letters against each will be created and Bland Altman plot of the differences of pairs of letters on their average which will be compared with already performed studies.

### Results

So far, 20 patients were examined, i.e. 40 eyes, 11 women and 9 men in the age range 57-90 years, mean age was 74.80 years. Statistically processed data can be viewed in the table below (Tab. 5).

Tab. 5 Basic descriptive statistics

	Age	Objective method	Subjective method
N valid	40,000	40,000	40,000
Average	74,800	28,950	32,850
Median	75,000	33,500	41,000
Minimum	57,000	4,000	4,000

Maximum	90,000	55,000	60,000
Lower Quartile	70,000	10,500	15,500
Upper Quartile	81,000	43,000	45,000
Spread	33,000	51,000	56,000
Variance	62,113	277,485	294,695
Standard Deviation	7,881	16,658	17,167
Standard Error	1,246	2,634	2,714
Skewness	-0,241	-0,330	-0,584
Kurtosis	-0,013	-1,449	-1,093

Number of letters was most important factor to compare the two methods together. The average value of letters for the objective method was 28.95 and 32.85 for the subjective method. The difference is already visible here, but **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** shows the unevenness of distribution of alues. Therefore, the median has a better predictive value. The median for an objective method is 33.50, but 41.00 for a subjective method, where the difference is more than one times greater. Maximum is 5 letters higher for subjective method and minimum is equal. Therefore, subjective method appears to be beneficial.

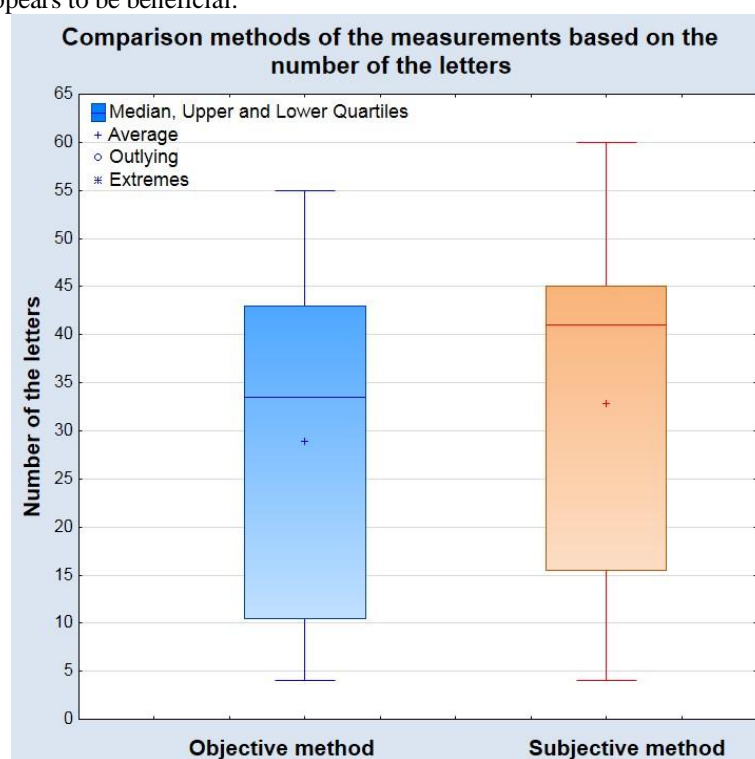


Fig. 6 Box plot comparison methods of the measurements based on the number of the letters

The standard deviation was shown to be problematic, because it is quite high. This is caused by uneven distribution of the results with a very high variance. This fact is visible in the plot dependence the number of the letters on the age (Fig. 7).

As already indicated large dispersion of the results is shown in Fig. 7. Decreasing trend is clearly visible in the linear plane of the two methods. This is due to the fact that the disease is associated with aging. The difference between these two methods is decreased with increasing age. However, the plane is not perfect denouncing given the asymmetry of data.

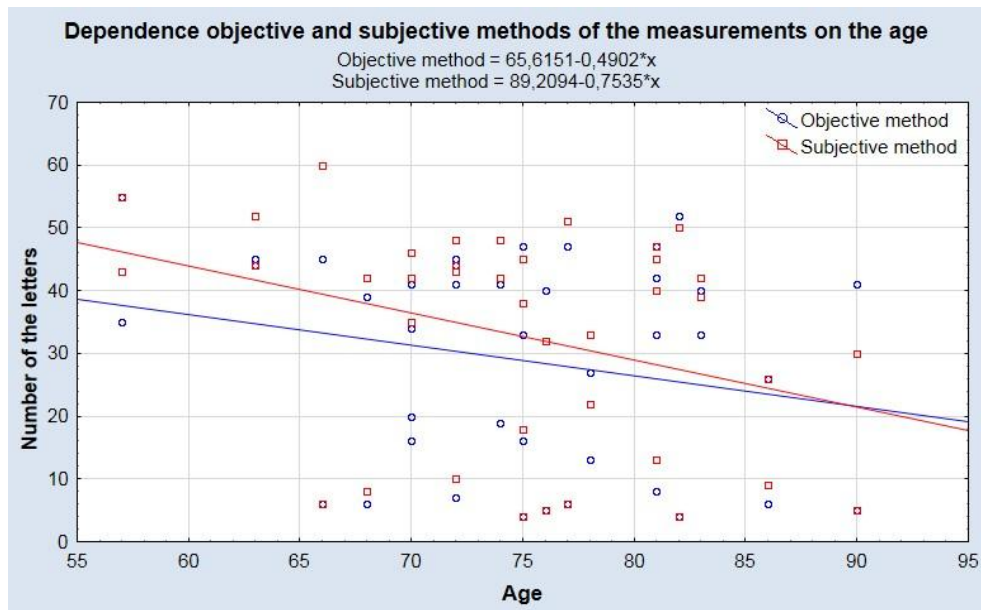


Fig. 7 Dependence objective and subjective methods of the measurements on the age

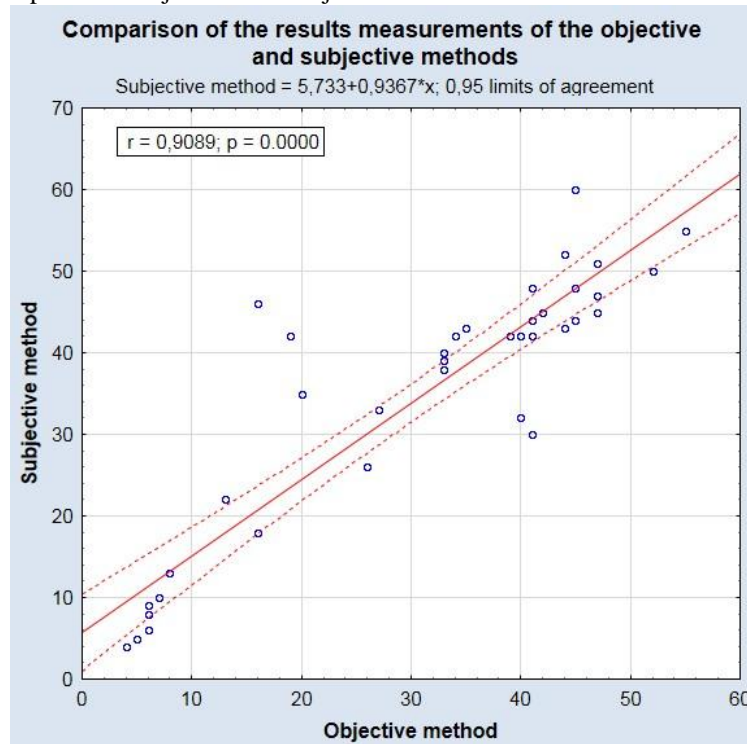


Fig. 8 Scatter plot comparison of the results measurements of the objective and subjective methods

The results of the subjective and objective methods are stored against each in Fig. 8. If the plot is compared with the Fig. 5A, results are grouped around the line of equality, but many distant points are there. These points are not almost occurred at the results of the comparative study (Orr et al., 2001). Also, the plot shows a slight deviation from the ideal plane.

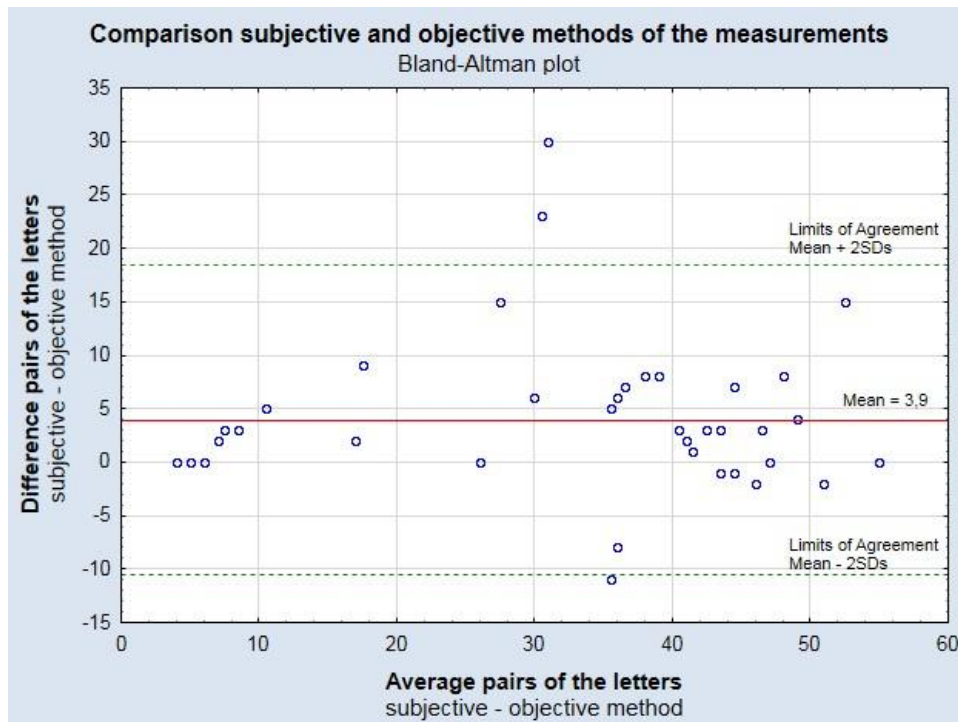


Fig. 9 Bland-Altman plot

Bland Altman plot (Fig. 9) provides a better view on the issue. Average values of the pairs of the subjective and objective methods are plotted on the x-axis and the differences on the y-axis. Bland Altman plot shows that a clear trend does not appear in the differences of methods. On the other hand, shift line of the mean differences from 0 towards a subjective method of 3.9 letters is visible. And therefore subjective method has greater benefits than an objective method, and almost one line on the ETDRS. Orr et al. (2001) measured a lower value for all examined; only 1.5 letters towards a subjective method (Tab. 3). This could be explained by the absence of distant values that occurred in this research and it could influence the resulting mean difference. This can be seen on a larger standard deviation and limits of agreement. Orr et al. (2001) further divided the group by visual acuity (Tab. 1): a good (mean difference was 4.1 letters); moderate (0.9 letters); poor (-0.4 letters). If these data are compared with the plot of dependence the number of letters on the age (Fig. 7) with the assumption that the disease (ie. visual acuity) worsens proportionately age, this trend of decreasing differences between the methods is confirmed.

Tab. 6 The average difference of the letters (subjective-objective method)

Measurement	Mean $\pm$ SD	95% Limits of Agreement
Kachlikova, 2015	3.9 $\pm$ 7.24 letters	-10.57, 18.37 letters
Orr et al., 2001	1.5 $\pm$ 5.60 letters	-9.70, 12.70 letters

#### Conclusion

The subjective method was better than the objective in all comparisons. The total visual score was 3.9 better for the subjective method which confirms the first hypothesis. The second stated hypothesis the number of letters will decrease with age was also confirmed. Overall, the subjective method is particularly beneficial in the early stages of the disease and the benefits of both methods are the same with the procedure of the age. Plot of dependence objective and subjective methods on the age shows that a change occurs after a certain age and then the objective method becomes more beneficial. This hypothesis must be verified in a larger test sample. This study is part of the thesis, therefore measurement continues and up to 100 eyes should be compared. The premise is that the significance distant values will be reduced with higher number of the examined eyes. Distant values of measurements were only accidental or will occur systematically in the other two-fifths of the measured eyes will also be necessary to compare.

#### REFERENCES

- AUTRATA, Rudolf a Jana VANCUROVA. Nauka o zraku. 1. vyd. dotisk. Brno: Institut pro dalsi vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2006, 226 s. ISBN 80-701-3362-7.
- DECARLO, Dawn K., Gerald MCGWIN, Karen SEARCEY, Liyan GAO, Marsha SNOW, John WATERBOR a Cynthia OWSLEY. Trial Frame Refraction versus Autorefractometry among New Patients in a Low-Vision Clinic. *Investigative Ophthalmology* [online]. 2013, 54(1): 19-24 [cit. 2015-07-01]. DOI: 10.1167/iops.12-10508. ISSN 1552-5783. Dostupné z: <http://iops.arvojournals.org/article.aspx?doi=10.1167/iops.12-10508>

- ERNEST, Jan, Libor HEJSEK, Pavel NEMEC a Leos REJMONT. Makulární degenerace: trendy v léčbě věkem podmíněné makulární degenerace. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2010, 249 s. Aeskulap. ISBN 978-80-204-2363-4.
- KOLAR, Petr. Věkem podmíněná makulární degenerace. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 148 s. ISBN 978-802-4726-052.
- KRAUS, Hanus. Kompendium očního lékařství. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1997, 341 s. ISBN 80-716-9079-1.
- KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 1.vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 978-802-4711-638.
- KVAPILIKOVA, Kveta. Anatomie a embryologie oka: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology. 1. vyd. dotisk. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2010, 206 s. ISBN 80-7013-313-9.
- ORR, Peggy R., Laura D. CRAMER, Barbara S. HAWKINS a Neil M. BRESSLER. Manifest Refraction Versus Autorefraction for Patients with Subfoveal Choroidal Neovascularization. Investigative Ophthalmology [online]. February, 2001, 42(2): 447-452 [cit. 2015-07-01]. ISSN 01460404. Dostupné z: <http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2123500>
- ROZSIVAL, Pavel. Oční lékařství. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2006, 373 s. ISBN 80-246-1213-5.
- RUTRLE, Milos. Brylova optika. 2. preprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993, 144 s. ISBN 80-7013-145-4.
- REHAK, Jiri a Matus REHAK. Venózní okluze sítnice. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 138 s. ISBN 978-80-247-3480-4.
- SYNEK, Svatopluk a Sarka SKORKOVSKA. Fyziologie oka a vidění. 1. vyd. Praha: Grada, 2004, 93 s. ISBN 80-247-0786-1.

# Porovnání přínosu korekce stanovené subjektivní a objektivní metodou u pacientů s VPMD

Comparison the benefits of correction determined through the use of subjective and objective methods for patients with AMD

## Úvod

Práce se zabývá porovnáním výsledné hodnoty zkrakové ostrosti a korekci stanovenou subjektivní a objektivní metodou u pacientů s výskvem podmíněnou makulární degenerací (VPMD). Cílem bylo na základě získaných hodnot zjistit, která metoda je nejvhodnější pro stanovení korekce, a u pacientů s VPMD doložit, co může nejlepšího být.

## Metodika

První část výzkumu proběhla na jaře 2013 ve FN Brno. Vytřesným sešerem byl zadaný za sebou a výkonu VPMD. Výběr subjektů byl podmíněn výskvem VPMD na obou očích a monokulárním vstev 1,0 logMAR a lepší. Měření korekce proběhlo bez použití kontaktních čoček.

Nejprve se o každého pacienta zjistilo osobní údaje pro příslušné potřebné dohledání a označení. Následně byl vyšetřen na autorefraktometru Topcon KR-1 pro získání každé objektivní refrakce. Poté byla pacientovi za pomoci LCD optometry, skúobíhých bodů a skúobíhých astigmatické strážby stanovena subjektivní refrakce. Postupně byla zjišťována nejlepší vlna, osa cylindru, síla cylindru a nakonec subjektivní dekompenzace. Pacient byl vyšetřován pouze za monokulárních podmínek na základě předpokladu, že vidění pacientů bude mít z důvodu posturální makuly narušené binokulární vidění a budou rovněž léze viditelné obem. Všechny získané hodnoty tedy byly vztahovány monokulárně.

Pro zjištění subjektivní refrakce pacient byl ETDRS tabulí určenou pro vzdálenost 3 metrů od herního židličky až po zejména 20m. Výsledná zkraková ostrost se rovnala podle přebíhových zkraků. Měření bylo provedeno pro objektivní i subjektivní refrakci. Pro kompenzaci vylučovací vzdálenosti byla u objektivní refrakce, která je přístrojem měřena na nekonečno, předčíslena 40,23 D. Měření proběhlo v místnosti za standardních světelných podmínek.

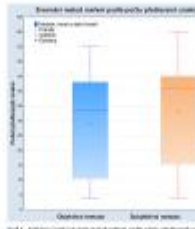
Dále v textu bude první řád ze změřených hodnot vypočítána souhrnná popisná statistika doplněna o komentář. Následně budou za pomoci krabicových grafů metody porovnány z hlediska rozdílu středních hodnot, rozptylu a krabicových hodnot. Tímto bude vyhodnocena shodnost výsledků jednotlivých metod na sílu. Nakonec bude vytvořen graf, který poslouží proti sobě porovnat přebíhových zkraků a Bland Altmanův graf závislosti rozdílu dvojitých přebíhových zkraků na jejich průměru, který bude porovnat s již realizovanou vizí.

## Výsledky

Dopověd bylo vyšetřeno 10 pacientů, ze kterých 40 očí, 33 žen a 7 mužů ve věkovém rozmezí 57 až 86 let; průměrný věk byl 74,83 let. Statisticky zpracovaná data je možné shrnout v tabulce níže (Tab. 1).

Tab. 1 - Charakteristika vzorku

	oči	Měření objektivní	Měření subjektivní
Věk (let)	40,000	40,000	40,000
Pohlaví	14,000	28,000	32,000
Měření	70,000	30,000	42,000
Sexuální	30,000	7,000	4,000
Měření	30,000	10,000	32,000
Sexuální	30,000	10,000	24,000
Sexuální	40,000	40,000	40,000
Sexuální	40,000	40,000	40,000
Sexuální	40,110	271,000	290,000
Sexuální	1,000	30,000	17,000
Sexuální	1,100	2,000	2,700
Sexuální	4,200	0,200	4,200
Sexuální	4,000	1,000	1,000

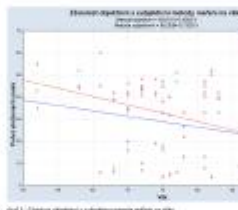


Ob. 1 - Srovnání výskvů stanovených objektivní a subjektivní metodou

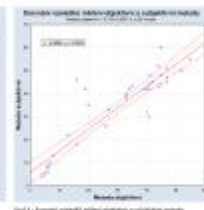
Nejdůležitějším údajem pro porovnání obou metod navolám byl počet přebíhových zkraků. Pro objektivní metodu bylo průměrné hodnoty přebíhových zkraků 28,93 a pro metodu subjektivní 32,85. Jde zde o pozorovaný rozdíl, ovšem graf 1 ukazuje neovšemshodnost rozložení hodnot, a proto lepší vyjadřující hodnotou má rozdíl. Ten dosahuje pro objektivní metodu 33,50, ale pro metodu subjektivní 41,00, kde je rozdíl více než jednorázový. Maximální přebíhových zkraků je u subjektivní metody o 8 vlnů, minimem je stejná. Při hodnocení středních hodnot se tedy jednorázově (u subjektivní metody) jako pětina vyšší.

Jako problématické se ukázalo směrová odchylka, která dosahuje poměrně vysokých hodnot. Je to způsobeno neovšemshodným rozložením výsledků při velmi vysokých rozptylu. Tento fakt je vidět i na grafu rozložení přebíhových zkraků na sílu (Graf 2).

Jak již bylo zmíněno, je na grafu 2 vidět velké rozptolení výsledků. Při binokulárním porovnání obou metod je ještě zřetelnější rozdíl. Což je způsobeno tím, že norma je průměrná vlna. Při porovnání metod navolám se jejich rozdílu a narůstající výskvem snižuje. Avšak porovnání nejsou dokonale vypoovídající vzhledem k neovšemshodnosti dat. Na (Graf 3) jsou proti sobě postaveny vypočítané objektivní a subjektivní metody. Pokud je graf porovnán s grafem (Obr. a kol., 2001) je vidět, že výsledky jsou primárně rozptolené kolem čísla rovnosti, ale nachází se zde i bodů odlišných bodů. Ty se u rozptolených výsledků (Obr. a kol., 2001) téměř nevyskytují. Tímto graf ukazuje nižší vypočítané u jedné metody.



Ob. 2 - Srovnání objektivní a subjektivní metody na sílu



Ob. 3 - Srovnání objektivní a subjektivní metody na rozdíl

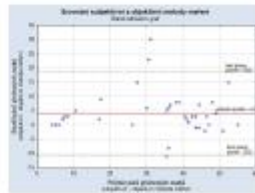
Leptší pohled na problematiku poskytuje Bland Altmanův graf (Graf 4), kde jsou na ose y vyznačeny průměrné hodnoty dvojitých subjektivní a objektivní metody měření a na ose x jejich rozdíl. Bland Altmanův graf ukazuje, že se u rozdílech metod vyskytují drobné rozdíly. Na dráhu vidění je vidět pouze širší rozptolení rozdílů od 0 směrem k subjektivní metodě o 1,0 zkrakové. Z toho vyplývá, že u subjektivní metody obil přívone skl metoda objektivní, a to skoro o jeden řád na ETDRS tabulce. Oči a kol. (2001) naměřili u obil hodnotu pro celkový sešer a to jen 1,5 zkrakové (Tab. 2). Což by se dalo vysvětlit absencí vzdálených hodnot, které se u tohoto výzkumu vyskytují a měly tak ovlivnit výsledky průměrných rozdílů. Tento fakt lze také pozorovat na vlně umělohmotně sdružuje a širších zkrakové. Oči a kol. (2001) také dále rozptolení skupinu jedné zkrakové ostrosti se u dobrého (průměrný rozdíl 4,1 zkrakové); se vlně (0,9 zkrakové); a nízkou (-0,8 zkrakové). Pokud jsou tyto údaje zraněny s grafem závislosti přebíhových zkraků na sílu (Graf 2) a předpokládáme, že se úměrně věku zhoršuje i norma (tj. zkrakové ostrost) je tento trend sdružuje se rozdílů potvrzen.

## Závěr

Ve všech zraněných vycházela subjektivní metoda lépe než objektivní. Výsledky zkrakové ostrosti bylo o 1,0 zkrakové lepší pro subjektivní metodu, což potvrzuje první hypotézu. Druhá stanovená hypotéza, že u výkonu se bude odlišovat počet přebíhových zkraků, byla také potvrzena. Celkově by se dalo konstatovat, že je subjektivní metoda příhodnější zejména v rané fázi nemoci a postupem věku se výkon obou metod vyrovná. Pokud by se zkrakové vycházelo z trendů shodnosti přebíhových zkraků na sílu, tak by od určitého věku došlo ke změně a přiblížili by se stala metoda objektivní. Tato hypotéza je třeba ověřit na větším vzorku osob. Tato studie je součástí diplomové práce, takže měření může pokračuje a ve fázi by se měla porovnat až 100 osobních očí. Je předpokládá, že při větším vzorku bude ověřena i významnost vzdálených hodnot. Také bude třeba porovnat, zda výsledné hodnoty měření byly pouze náhodné, nebo se budou systematicky vyskytovat i u dalších dvou pářů měřících očí.

Tab. 2 - Vyhodnocení rozdílů dvojitých měření metod

Měření	Průměrný rozdíl ± SD	95% mezí shody
Oči a kol., 2001	0,7 ± 0,4 vlnů	0,00 - 1,40 vlnů
Oči a kol., 2002	0,7 ± 0,6 vlnů	0,00 - 1,30 vlnů



Ob. 4 - Bland-Altmanův graf závislosti přebíhových zkraků na sílu

Práce byla financována z grantu VEGA 1/0162/13 a grantu IGA MÚA 15/2013. Práce byla financována z grantu VEGA 1/0162/13 a grantu IGA MÚA 15/2013.

doc. MUDr. Radek Radek  
 MUDr. Mgr. Mgr. Mgr. Mgr.  
 MUDr. Mgr. Mgr. Mgr. Mgr.  
 MUDr. Mgr. Mgr. Mgr. Mgr.





### 30. Slitlamp method of estimating the depth of anterior chamber - Željka Jerković, Sara Barić

Supervisor: B.Sc. opt. Sonja Drugović  
University of applied sciences Velika Gorica

---

#### Introduction

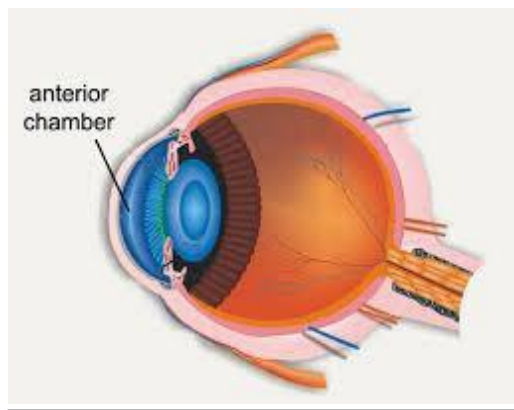
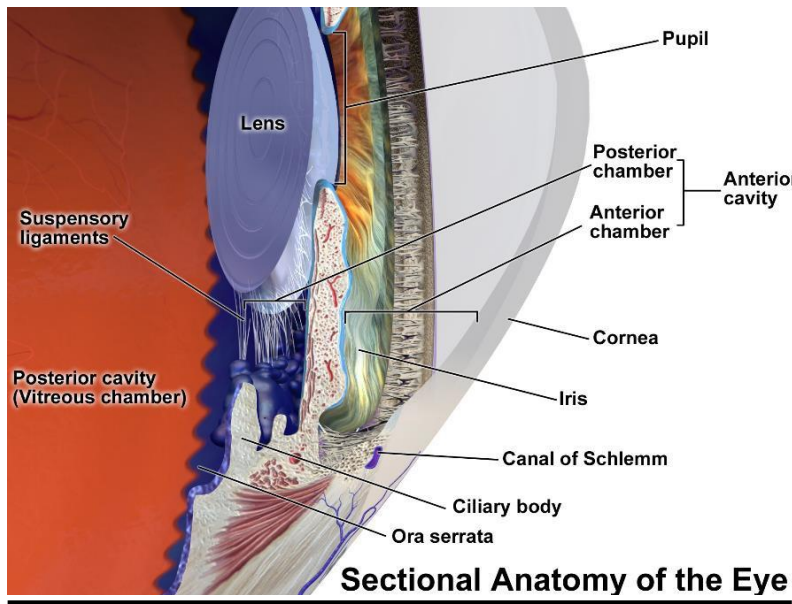
The anterior chamber depth (ACD) is the distance from the posterior pole of the cornea to the anterior vertex of the crystalline lens. Parts that include ACD are: **pupil, iris, ciliary body, scleral spur, trabecular meshwork** (network of fenestrated lamellae and endothelial cells draining aqueous into **Canal of Schlemm** which may be visible when it is full of blood), **Schwalbe's line** (delimitates the anterior edge of the trabecular zone and represents the termination of Descemet's membrane).

The mean value of the ACD in Northern European adults is approximately 3.0 mm. The ACD is positively correlated with the width of the anterior chamber angle. Assessment of the anterior chamber angle (ACA) and anterior chamber depth (ACD) is necessary for several reasons. Many types of glaucoma require ACA assessment for correct diagnosis, e.g., narrow angle glaucoma, angle closure glaucoma, pigmentary glaucoma and neovascular (or 100-day) glaucoma. Eyes with shallow ACD and narrow anterior chamber angles are more prone to develop primary angle closure glaucoma and drug-induced acute glaucoma.

There are various methods of measuring the ACD including photographic, ultrasonographic and optical. The Smith technique is a simple optical method that employs the slit lamp to estimate the ACD without the need for any extra attachments.

The cornea and the lens form images of a horizontal slit object. The separation of the two figures is related to the ACD. The position of the iris/lens slit image relative to the corneal surface is determined by the refractive power of the cornea. Differences in thickness affect corneal refractive power and therefore, could impact on the accuracy of the Smith technique in predicting the ultrasonic ACD.

Measurement of the depth of the anterior chamber can be carried out under clinical conditions by means of the attachment to the Haag-Streit 900 slit lamp, which is based on the method of Jaeger (1952). Photographic measurements can be made as described by Heim (1941), Bleeker (1960, 1961), and Brown (1973), and ultrasonic techniques can also be used. An ingenious optical device embodying 2 pairs of apertures, each providing independently focusing double pencils - 1 pair to be coincident on the corneal endothelium and 1 on the lens capsule - was described by Stenstrom (1953) as a modification of a device invented by Lindstedt (1916). All these methods, however, require the use of special attachment to the slit lamp, with or without photographic techniques in addition. The method to be described uses the standard model Haag-Streit 900 slit lamp alone; no extra attachment is required.

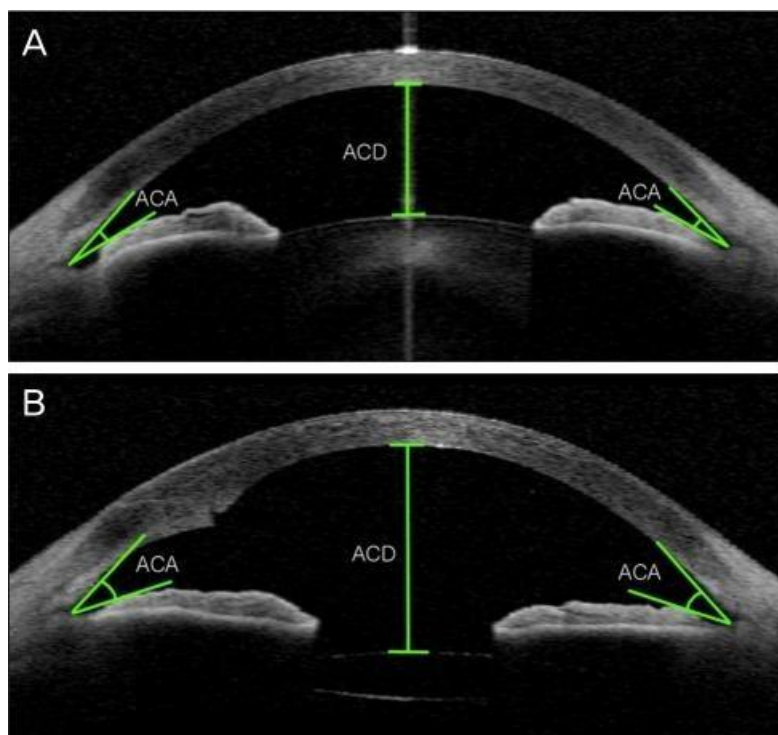


## Methods of measuring the depth of anterior chamber

The first recorded slit-lamp technique for measuring the depth of the anterior chamber was that used by Donders in 1872. In this technique the slit-lamp is focused on the corneal endothelium and then the anterior lens surface.

The slit-lamp movement between these two positions gives the apparent depth of the anterior chamber. In 1914 Ulbrich utilised the Donders technique with the additional refinement of a micrometer drum to measure the slit-lamp movement accurately.

The technique, of course, relies on the eye maintaining a fixed position during the time that the slit-lamp is moved from the endothelium to the anterior lens. This is a major drawback of the technique. Increased accuracy was claimed by Lindstedt, who employed a spherical and a cylindrical lens to produce an astigmatic bundle of light rays. The spherical lens was focused onto the cornea and the cylindrical lens was moved until its power meridian focused onto the anterior lens. This allowed a simultaneous comparison of the two images, and the lens positions are used to deduce the anterior chamber depth.



## Smith method

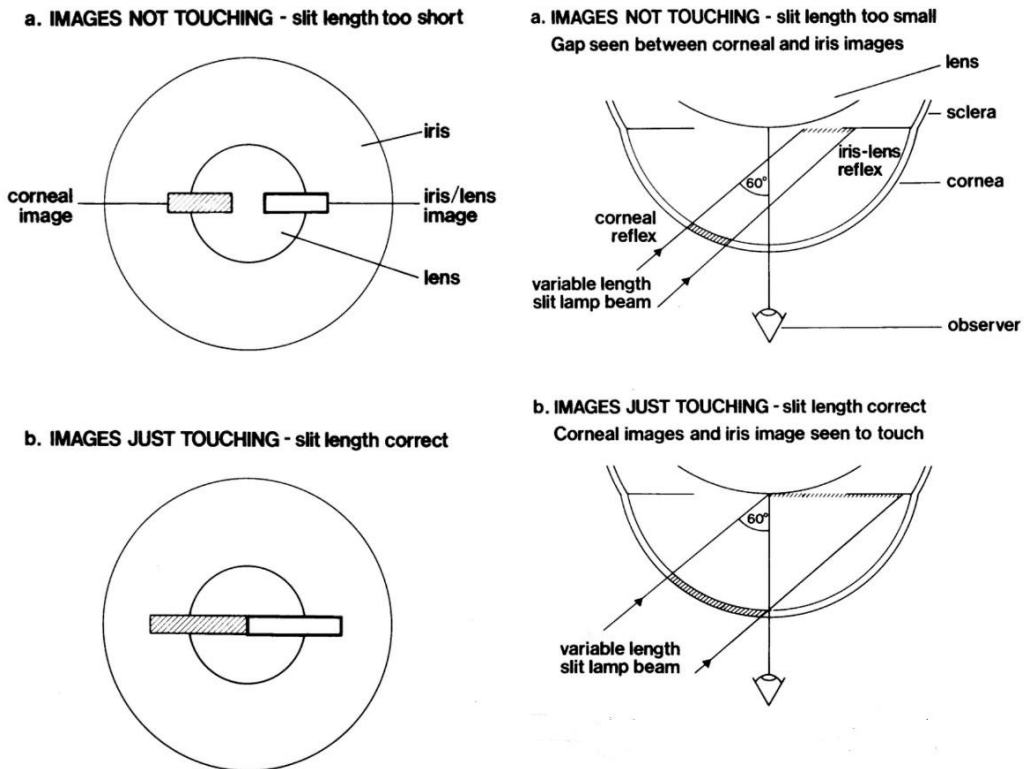
Smith suggested a method of anterior chamber depth measurement, again using the Haag Streit 900 slit-lamp and its calibrated adjustable slit length facility. The technique utilises a horizontal slit with the angle between the observation and illumination system set at 60°.

The patient is instructed to fixate the biomicroscope with the illumination system in the patient's temporal field, and the slit is focused on the patient's cornea. The apparatus is moved forward by means of the joystick until the slit beam is focused on the cornea.

The thickness of the slit is not vitally important. Preferably a fairly solid beam is used, not a wafer thin slit, and the technique is slightly easier if the tear film is lightly stained with fluorescein as in applanation tonometry. The length of the slit used can be read on the scale situated on the upper part of the lamp housing.

Slit length	Depth of anterior chamber
1,5	2,01
2,0	2,68
2,5	3,35
3,0	4,02
3,5	4,69
4,0	5,56

The right-handed edge of the slit beam is carefully observed, and the slit beam is altered in length by the knurled knob provided. When the slit is in the picture obtained is as follows: To the left is the sharply focused slit image on the cornea. As one looks along this to the right, the image suddenly becomes more blurred; the blurred zone is the out-of-focus slit image on the anterior lens capsule and, depending on the size of the pupil, more to the right on the iris.



Modification method

It was decided to follow the example of Jacobs and Smith and measure the anterior chamber depth with the Haag-Streit pachometer to obtain a reliable indication of chamber depth in each subject. The arrangement originally utilised for anterior chamber depth measurement without the pachometer was similar to that and involved the subject fixating the biomicroscope with the slit focused on the cornea at an illumination system angle of about 80° to the observation system. However, considerable difficulty was encountered in making observations, mainly owing to corneal reflections.

The difficulties were minimised by interchanging the observation and illumination systems. The method finally adopted was as follows: horizontal slit of 2mm and approximately 0-5mm width was projected onto the eye with the subject fixating the slit diaphragm. This small bright target is an aid to steady fixation, and the fixed position of the illumination system ensures that a depth measurement of the central region including the corneal apex is made in every subject independent of anterior chamber depth.

The slit was centred in the pupillary aperture and was then adjusted until the corneal and lenticular slits appeared to have the same vertical dimension. Thus both images were slightly out of focus, with the true focus of the slit lying between the posterior cornea and anterior lens. The objective magnification was set at 10x.

The observer viewed the anterior eye using the biomicroscope eyepiece nearest the illumination system at an angle of about 80° on the temporal side. The angle between the observation and illumination systems was then reduced by moving the microscope until the temporal edge of the corneal slit appeared to be just touching the nasal edge of the lenticular slit. The angle between the two systems was noted by means of the protractor scale on the slit-lamp main column.

In order to give a more realistic result. In clinical work it would be more convenient to use a simple table that converts the angular measurement into an anterior chamber depth.

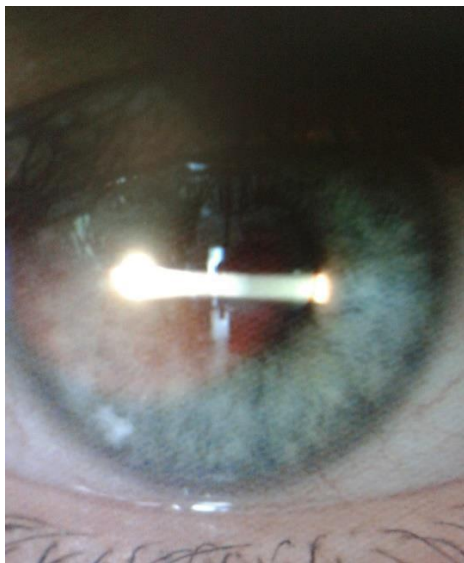
<i>Angle °</i>	<i>Depth, mm</i>	<i>Angle °</i>	<i>Depth, mm</i>
35	4.22	49	3.24
36	4.15	50	3.17
37	4.08	51	3.11
38	4.01	52	3.04
39	3.94	53	2.97
40	3.87	54	2.90
41	3.80	55	2.83
42	3.73	56	2.76
43	3.66	57	2.69
44	3.59	58	2.62
45	3.52	59	2.55
46	3.45	60	2.48
47	3.38	61	2.40
48	3.31	62	2.34

### Results

A total of 36 eyes of subjects (34% male, 66% female) were included in this study. Subjects ages ranged from 20 to 35 years ( $24,28 \pm 5,65$ ). With the Smith method subject had depth of anterior chamber  $4,05 \pm 0,51$  and with Modification result were  $3,64 \pm 0,51$ . The average adult eye has a chamber depth of 3.15 mm. The chambers shallows by 0.01 mm per year. An eye with an anterior chamber depth of less than 2.5 mm is at risk for angle closure glaucoma.



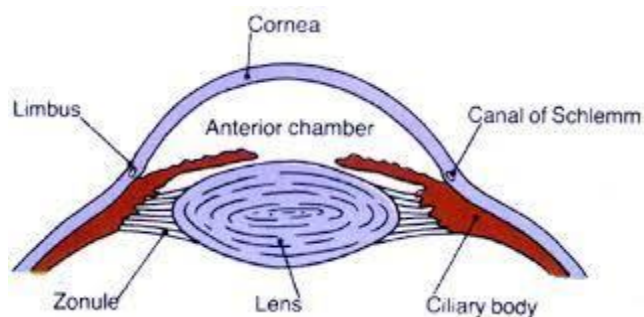
*Smith method: corneal image/lens image*



*Smith method : images are touching*

### Conclusion

A full assessment of the ocular health should include examination of the ACD. All optometrists should have access to a slit lamp and could therefore be able to easily carry out some of the procedures mentioned. The depth of the anterior chamber naturally decreases with age due to the increase in size of the crystalline lens and with this decrease comes an increased risk of narrow and closed angle glaucoma.



### References

- Ot vision assessment,,Assessment of the ACAandACD“-Clair McDonnellFaQI  
BritishJournalofOphthalmology,1986,70,205-208;,,Slitlampmeasurementoftheanteriorchamberdepth“-W A  
DOUTHWAITE and D SPENCE  
Clinical and Experimental Optometry86.6 ,371-375 ,,Theeffectestimates of  
ofcentralcornealthicknessontheanteriorchamberdepth“-EbiPOsuobeniPhDClaireHegartyBSc Pinakin Gunvant BS  
BritishJournalofOphthalmology,1979,63,215-220;,,Anewmethodofestimatingthe depth of theanteriorchamber“-  
REDMOND J.H. SMITH  
Textbook of VisualScience andClinical Optometry-Bikas Bhattacharyya



### 31. Contact lenses and dry eye syndrome- Lucija Batinović

Supervisors: B.Sc.opt. Sonja Drugović, M.Sc.opt. Kristina Mihić  
University of applied sciences Velika Gorica

#### Introduction

Dry eye syndrome (DES), also known as keratoconjunctivitis sicca (KCS) or keratitis sicca, is a multifactorial disease of the tears and the ocular surface that results in discomfort, visual disturbance, and tear film instability with potential damage to the ocular surface.

Tears are needed to lubricate the eyes and to wash away particles and foreign objects. A healthy tear film on the eyes is necessary for good vision.

Dry eyes develop when the eye is unable to maintain a healthy coating of tears.

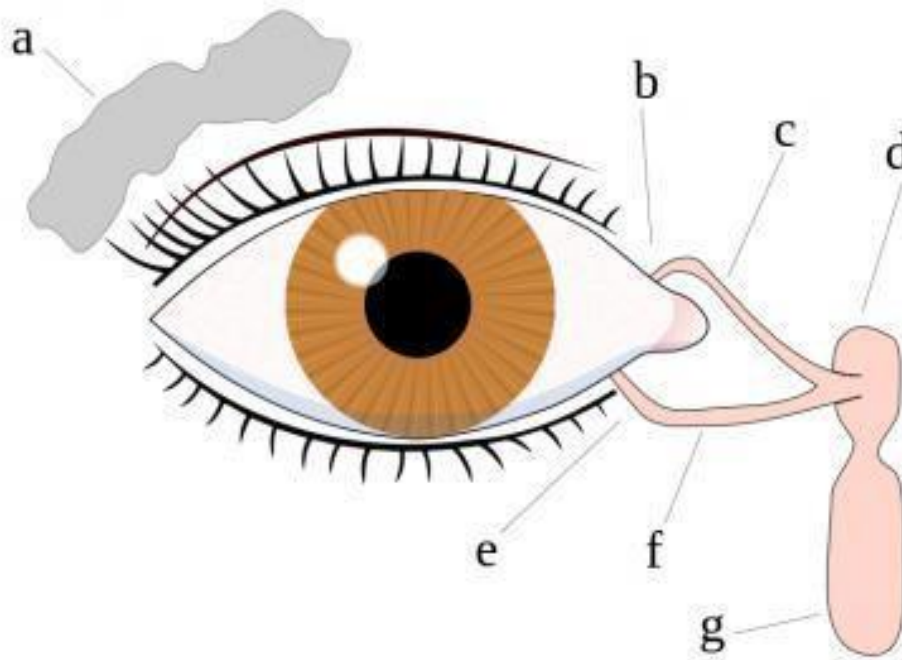


Figure 1. Eye tear system anatomy

Eye tear system anatomy, (Description) :

tear gland / lacrimal gland,  
superior lacrimal punctum  
superior lacrimal canal,  
tear sac / lacrimal sac,  
inferior lacrimal punctum,  
inferior lacrimal canal  
nasolacrimal canal

What causes dry eyes?

Tears bathe the eye, washing out dust and debris and keeping the eye moist. They also contain enzymes that neutralize microorganisms that colonize the eye. Tears are essential for good eye health. Tears are complex, containing many different essential elements, including oils produced by special glands in the eyelids called meibomian glands. These oils prevent evaporation of the tears.

Dry eye syndrome, the lacrimal gland or associated glands near the eye don't produce enough tears, or dysfunction of the meibomian glands reduces oil output, leading to excessive evaporation of the tears. This is called evaporative dry eye and is now considered to be the primary cause or a contributing factor of most cases of dry eye.

Dry eye syndrome has many causes. It occurs as a part of the natural aging process (especially during menopause in women); as a side effect of many medications, such as antihistamines, antidepressants, certain blood pressure medicines, Parkinson's medications and birth control pills; or because you live in a dry, dusty or windy climate.

If your home or office has air conditioning or a dry heating system, that too can dry out your eyes. Another cause is insufficient blinking, such as when you're staring at a computer screen all day.

Dry eyes also are a symptom of systemic diseases such as lupus, rheumatoid arthritis, ocular rosacea or Sjögren's syndrome (a triad of dry eyes, dry mouth and rheumatoid arthritis or lupus).

Long-term contact lens wear is another cause; in fact, dry eyes are the most common complaint among contact lens wearers.

If contact lens discomfort is the cause of your dry eyes, your eye care practitioner may want to switch you to a different lens or have you wear your lenses for fewer hours each day. In some cases, it is recommended that contact lens wear be discontinued altogether until the dry eye problem clears up.

Other common causes of dry eyes include:

Dry environment or workplace (wind, air conditioning)

Sun exposure

Smoking or second-hand smoke exposure

Cold or allergy medicines

Dry eye can also be caused by:

Heat or chemical burns

Previous eye surgery

A rare autoimmune disorder in which the glands that produce tears are destroyed (Sjögren's syndrome)

## Symptoms

Symptoms may include:

Blurred vision

Burning, itching, or redness in the eye

Gritty or scratchy feeling in the eye

Sensitivity to light



Figure 2. Blurred vision

## Exams and Tests

Tests may include:

Visual acuity measurement

Slit lamp exam

Diagnostic staining of the cornea and tear film

Measurement of tear film break-up time (TBUT)

Measurement of rate of tear production (Schirmer's test)

Measurement of concentration of tears (osmolality)

## How Common Are Dry Eyes?

Dry eyes and dry eye symptoms are very common, particularly among older adults. And a consumer survey commissioned by Allergan suggests dry eyes are even more prevalent than previously believed.

The survey found:

48 percent of adult Americans regularly experience dry eye symptoms. 42 percent of women age 45 to 54 who have dry eye symptoms report blurred vision associated with the condition.

Women more frequently than men report having difficulty using a computer due to dry eye symptoms (62 vs. 44 percent).

43 percent of adults with dry eye symptoms say they experience difficulty reading due to their symptoms.

Among adults age 55 and older, 30 percent of men and 19 percent of women say they have experienced dry eye symptoms for more than 10 years.

19 percent of adults say they use over the counter eye drops at least five times per week to treat dry eye symptoms.

63 percent of adults whose non-prescription eye drops to treat dry eyes say the drops are not effective or only somewhat effective in managing their symptoms.

The survey also found that though dry eyes cause problems for nearly half of adult Americans, many people fail to seek professional help for dry eye symptoms: 69 percent of respondents who experienced symptoms said they had not visited an eye care professional for dry eye treatment.

The Allergan Dry Eye Survey was conducted online in March 2011 by Harris Interactive, with 2,411 adults (age 18 and older) responding.

## Treatment

The first step in treatment is artificial tears. These come as preserved (screw cap bottle) and unpreserved (twist open vial). Preserved tears are more bottle convenient, but some people are sensitive to preservatives. There are many brands available without a prescription.

Start using the drops at least 2-4 times per day. If your symptoms are not better after a couple of weeks of regular use:

Increase use (up to every 2 hours)

Try a different brand

Talk to your health care provider if you can't find a brand that works for you

Other medical treatments may include:

FISH OIL 2-3 times per day

Glasses, goggles or contact lenses that keep moisture in the eyes

Medicines such as Restasis, topical corticosteroids, and oral tetracycline and doxycycline

Tiny plugs placed in the tear drainage ducts to keep moisture on the surface of the eye longer

Other helpful steps include:

Don't smoke and avoid second-hand smoke, direct wind, and air conditioning.

Use a humidifier, especially in the winter.

Limit allergy and cold medicines that may dry you out and worsen your symptoms.

Purposefully blink more often. Rest your eyes once in a while.

Clean eyelashes regularly and apply warm compresses.

Some dry eye symptoms are due to sleeping with the eyes slightly open. Lubricating ointments work best for this problem. You should use them only in small amounts since they can blur your vision. It is best to use them before sleep. Surgery may be helpful if symptoms are because the eyelids are in an abnormal position.

## Contact lenses for dry eyes

Probably the most common complaint eye doctors hear from contact lens wearers is, "My contacts make my eyes feel dry."

Dry eye syndrome is a common problem among contact lens wearers and non-wearers alike. But symptoms of dry eyes can be more pronounced if you wear contact lenses and your contacts start to dry out, too. Fortunately, there are effective remedies for contact-related dry eye problems. If you suffer from dry eye symptoms such as irritated, "scratchy" and red

eyes when wearing contacts, switching to a new type of contact lens or care product often can make your eyes more comfortable.

The phrase "contact lenses for dry eyes" refers to new technologies that contact lens manufacturers have developed to reduce contact lens-induced dry eye (CLIDE) symptoms, which are the leading cause of people discontinuing contact lens wear.

Fixing the problem starts with a visit to your eye doctor so he or she can evaluate the cause of your dryness symptoms and determine the best way to increase your contact lens wearing comfort.

Sometimes people avoid talking to their eye doctor about contact lens-related dry eyes because they fear they'll be told they can't wear contacts any longer. But with today's variety of new contact lenses and care products, the need to discontinue contact lens wear altogether is very unlikely.



Figure 3. Contact lenses

## Eye Drops

Sometimes contact lens-related dry eyes can be solved with occasional use of eye drops known as comfort drops, rewetting drops or artificial tears.

Though these lubricating eye drops typically provide only short-term relief of contact lens dryness symptoms, some drops may be more effective and long-lasting than others, depending on the specific type of dry eyes you have. Your eye doctor can suggest the best brands for you after examining your eyes.

If using lubricating eye drops is your preferred approach, it's very important to make a product choice in consultation with your eye doctor. Many over-the-counter eye drops are not intended for use with contact lenses, and not all lens-compatible drops are compatible with all lens materials.

Your eye doctor also can tell you about other possible remedies for contact lens-related dry eyes, including eye vitamins, flaxseed or fish oil supplements and prescription eye drops for dry eye relief.



Figure 4. Eye drops

## Lens Brands That Can Relieve Dryness Symptoms

Several lens manufacturers have developed new brands of contacts specifically targeted at reducing the risk of contact lens-related dry eye discomfort and complaints. Popular brands of contact lenses for dry eyes include:

### Bausch+Lomb Ultra.

These new silicone hydrogel contact lenses feature MoistureSeal technology that provides unsurpassed comfort and vision all day compared with the leading silicone hydrogel lenses, according to the company. MoistureSeal technology enables Bausch+Lomb Ultra lenses to retain moisture for up to 16 hours, the company says. The lenses also are backed with a patient satisfaction guarantee: If you are not satisfied with them for any reason, simply return any unopened boxes within 90 days and Bausch +Lomb will provide a full refund.

### Dailies Total 1.

Manufactured by Alcon, these single-usedaily disposable contact lenses feature an innovative water gradient design: The water content is approximately 33 percent at the core of the lens and increases to greater than 80 percent at the front and back surface. Because of this unique design, Dailies Total 1 lenses provide "a silky-smooth surface for comfort that lasts until the end of the day," according to the company.

### CooperVision Proclear.

These popular contact lenses for dry eyes are made of a high-water hydrogel material and contain molecules found naturally in human cell membranes that attract and surround themselves with water, keeping Proclear lenses moist and comfortable after 12 hours of wear, according to CooperVision. Proclear contact lenses currently are the only brand approved by the U.S. FDA to carry this label: "May provide improved comfort for contact lens wearers who experience mild discomfort or symptoms relating to dryness during lens wear." Proclear lenses are available in a variety of designs, including a daily disposable lens (Proclear 1 day), bifocal contact lenses and toric contact lenses for astigmatism.

### Extreme H2O.

Made by Hydrogel Vision, Extreme H2O is another brand of soft lenses that many eye doctors prescribe to reduce contact lens-related dry eye problems. These high-water hydrogel lenses have unique water-binding properties that allow Extreme H2O lenses to retain virtually all their water content throughout the day, according to the company. Extreme H2O lenses are available in weekly and two-week disposable designs.



## Orthokeratology

Here's a slightly different approach to contact lenses for dry eyes: Wear contacts only when you are asleep! Orthokeratology (or ortho-k) is a contact lens fitting technique where specially designed gas permeable contact lenses are prescribed for overnight wear only. While you are asleep, the ortho-k lenses reshape the front surface of your eyes (cornea) and correct nearsightedness and other refractive errors so you can see clearly during the day without glasses or contact lenses. By eliminating your need to wear contact lenses during the day, ortho-k may reduce contact lens-related dry eye symptoms.

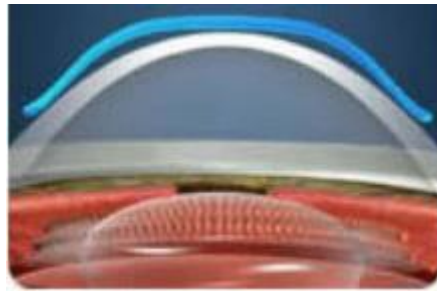


Figure 5. Corneal shape prior to Orthokeratology

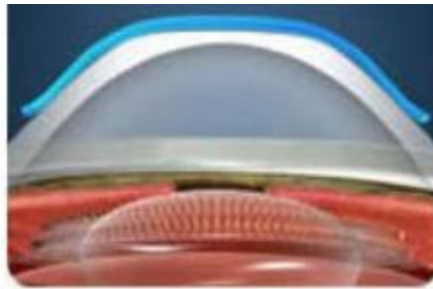


Figure 6. Corneal shape after Orthokeratology

Interesting facts and research about dry eye

#### Dry Eye Syndrome More Prevalent in Larger Cities

Residents of some of the largest U.S. metro areas now have another item to add to their list of concerns, apart from traffic. Research shows that cities with high levels of air pollution have an increased risk of dry eye syndrome.

Cities cited in the study included Chicago, New York, Los Angeles and Miami. Study subjects in and around Chicago and New York City were three to four times more likely to be diagnosed with dry eye syndrome than those in less urban areas with relatively little air pollution.

Using data from the National Veterans Administrative database, the National Climatic Data Center and National Aeronautics and Space Administration, researchers examined the health records of 606,708 U.S. veterans who had received dry eye syndrome treatment in one of 394 VA eye clinics from July 2006 through July 2011.

Those living in areas with high levels of air pollution had the highest magnitude of increased risk for dry eye syndrome, at an incidence rate ratio of 1.4. Most metropolitan areas showed relatively high prevalence of dry eye syndrome (17-21 percent) and high levels of air pollution. In addition, the risk of dry eye syndrome was 13 percent higher in zip codes in high altitude areas.

#### Dry Eye Disease High Among Office Computer Users

More than 75 percent of women who routinely use a computer at work may suffer from dry eye disease (DED), says a study.

Researchers in Japan investigated the tear function and prevalence of dry eye symptoms among office workers who routinely use a computer on the job. Findings for 561 office workers (average age 43.3 years) were included in the study results. Participants completed questionnaires and underwent dry eye testing.

The percentage of female computer users with "definite or probable" DED was 76.5 percent; among male workers, it was 60.2 percent. Risk factors for dry eye included being over 30 and using a computer more than eight hours per day.

The study authors concluded dry eye disease is prevalent among young to middle-aged Japanese VDT users and that measures to reduce the adverse effects of computer use on the eye's surface may improve public health and quality of life for office workers. A report of the study appeared on the website of the American Journal of Ophthalmology in July 2013.

## Conclusion

Dry eyes are caused by a lack of tears. Tears are necessary for the normal lubrication of your eyes and to wash away particles and foreign bodies.

If you have dry eyes, you will feel a burning, scratching, or stinging sensation. You may also have strained or tired eyes after reading, even for short periods of time. If you wear contacts, they will likely feel uncomfortable. Having dry eyes for a while can lead to tiny abrasions on the surface of your eyes.

Dry eye syndrome is a common problem among contact lens wearers and non-wearers alike. If you suffer from dry eye symptoms such as irritated, "scratchy" and red eyes when wearing contacts, switching to a new type of contact lens or care product often can make your eyes more comfortable.

## LITERATURE

<http://www.allaboutvision.com/conditions/dryeye.htm>

<http://www.allaboutvision.com/conditions/dryeye.htm>

<http://emedicine.medscape.com/article/1210417-overview>

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/003087.htm>

**Název:** Sborník přednášek 6. CELOSTÁTNÍ STUDENTSKÁ KONFERENCE  
OPTOMETRIE A ORTOPTIKY S MEZINÁRODNÍ ÚČASTÍ

**Vydal:** NCONZO, Vinařská 6, 603 00 Brno

**Pořadatelé sborníku:** Doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc., Mgr. Sylvie Petrová,  
Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D., Bc. Lucie Patočková,  
Bc. Zuzana Švambergová, Bc. Denisa Žličařová

**Počet stran:** 427

**Výrobní číslo:** 60/2015

**ISBN:** 978-80-7013-578-5

**Tirážní znak:** 57-854-15