



# IX. CELOSTÁTNÍ STUDENTSKÁ KONFERENCE OPTOMETRIE A ORTOPTIKY S MEZINÁRODNÍ ÚČASTÍ

---

*Sborník přednášek a posterů*

18. 10. 2018 FSS MU JOŠTOVA 10, 602 00 BRNO



*Generální sponzoři*

Pořadatelé sborníku:  
Mgr. Pavel Beneš, Ph.D., Mgr. Sylvie Petrová, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.,  
Bc. Lucie Mikesková, Bc. Michaela Běhounková, Bc. Jana Chludilová

Katedra optometrie a ortoptiky, LF MU, Komenského nám. 2, 662 43 Brno

## PROGRAM

### 9. celostátní studentské konference Optometrie a ortoptiky s mezinárodní účastí pořádané dne 18. 10. 2018 v 10:00 hod.

posluchárna P31 FSS MU, Joštova 10, 60200 Brno

kontakt:optobrno@med.muni.cz



9.00 – 9.45	Registrace účastníků - registration
10.00 – 10.20	<b>1. Zahájení – Introduction</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• za vedení: <b>Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.</b>, přednosta KOO LF MU</li> <li>• za LF MU: <b>doc. PhDr. Andrea Pokorná, Ph.D.</b>, proděkanka pro nelékařské obory</li> <li>• za hosty: <b>Mgr. Sonja Drugović</b>, University of Applied Sciences Velika Gorica,</li> <li>• za sponzory: <b>Bc. Tomáš Dobřenský</b> zástupce firmy CooperVision</li> <li>• <b>ing. Roman Motyka</b>, generální manažer firmy Essilor ČR</li> <li>• za studenty: <b>Bc. Barbora Čáslavská</b>, zástupce studentů</li> </ul>
10.20 – 10.30	<b>2. Bc. &amp; Bc. Beáta Kovačovicová, Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.:</b> Komparace hodnot fúzní rezervy v závislosti na technikách vyšetření - <i>Comparison of fusion vergence values depending on the used examination techniques</i>
10.30 – 10.40	<b>3. Bc. Kateřina Mikulková, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.:</b> Možnosti vyšetření akomodace oka - <i>Possibilities of measurements ocular accommodation</i>
10.40 – 10.50	<b>4. Bc. Jana Chludilová, Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.:</b> Využití speciálních zrakových pomůcek v základních školách a v centrech pro zrakově postižené - <i>Use of special visual aids in primary schools and centers for the visually impaired</i>
10.50 – 11.05	<b>5. Bc. Lucie Mikesková:</b> Představení přístrojů, metodika workshopů – <i>presentation of devices, methodology of workshops</i>
11.05 – 11.15	<b>6. Prezentace posterů - poster presentation</b>
11.15 – 11.20	<i>diskuze k přednáškám – discussion</i>
11.20 – 12.00	<i>1. přestávka - 1st break</i> <span style="float: right;"><b>WORKSHOP</b></span>
12.00 – 12.10	<b>7. Andrija Matković:</b> <i>Strabismus</i>
12.10 – 12.20	<b>8. Nikola Čibarić:</b> <i>Vertical heterophoria</i>
12.20 – 12.30	<b>9. Simona Chludilová:</b> Pseudostrabismus v klinické praxi - <i>Pseudostrabismus in clinical practice</i>
12.30 – 12.40	<b>10. Bc. Kateřina Malá, MUDr. Miroslav Dostálek, Ph.D.:</b> Možnosti cvičení konvergence a šířky fúze v ortoptické ambulanci - <i>The possibilities of convergence and fusion amplitude exercise in the orthoptic office</i>

12.40 – 12.50	<b>11. Bc. Barbora Čáslavská:</b> Virtuální realita v binokulární pleoptice? - <i>Virtual reality and binocular pleoptics?</i>
12.50 – 13.00	<b>12. Bc. Michaela Běhounková, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.:</b> Problematika anizometropie u jednotlivých refrakčních vad -
13.00 – 13.10	<b>13. Bc. Nikol Dostálová, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.:</b> Vliv heterofórií na práci s počítačem - <i>Influence of heterophoria on computer work</i>
13.10 – 13.20	<b>14. Bc. Veronika Chládková, Mgr. Dana Trávníková:</b> LCD optotyp, speciální testy, srovnání software jednotlivých přístrojů LCD optotypes – <i>Evaluation of special tests for eye examination, comparison of software of individual device</i>
13.20 – 13.30	<b>15. Bc. Anna Kořínková, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.:</b> Lancaster test a jeho využití při analýze poruch okohybného aparátu – <i>Lancaster test and its use in analyzing the defect of eye muscles apparatus</i>
13.30 – 13.35	diskuze k přednáškám - <i>discussion</i>
13.35 – 14.00	2. přestávka - <i>2nd break</i> <b>WORKSHOP</b>
14.00 – 14.15	soutěž – <i>competition</i>
14.15 – 14.45	<b>16. Mgr. Dana Trávníková:</b> 3D refrakce - <i>3D Refraction</i>
14.45 – 15.15	<b>17. Mgr. Roman Heinz:</b> Novinky firmy Essilor - <i>Essilor News</i>
15.15 – 15.45	<b>18. Bc. Tomáš Dobřenský:</b> Průmyslová výroba kontaktních čoček – <i>Industrial production of contact lenses</i>
15.45 – 15.50	diskuze k přednáškám – <i>discussion</i>
15.50 – 16.20	<b>PŘEDÁNÍ ŠTAFETY, vyhodnocení nejlepší přednáška, poster, kvíz</b> <b>19. zhodnocení konference</b> studenty, sponzory, hosty <i>evaluation by students, sponsor, guests</i>
16.20 – 16.30	<b>20. Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.:</b> Závěrečné slovo - <i>closing words</i>

#### WORKSHOPY:

1. Burza učebnic a pomůcek
2. 2. a 3. Orto - CAM, lokalizátor, Welsch
3. 4. a 5. OPT - fokometr, binoptometr
4. 6. Essilor - Nautilus
5. 7. Cooper

#### Vyhlášení (Ceremony):

- nejzajímavější přednáška (the best oral presentation) – hodnotí účastníci konference

- nejlepší poster – vyhodnotí komise ve složení: Mgr. Pavel Beneš, Ph.D., zástupce firmy CooperVision, zástupce firmy Essilor, 1 student Bc. ORTO, 1 student Bc. OPOP, 1 student Mgr. OPTO

- výsledky soutěže + vylosování 3 výherců (competition results + lottery winners)

## Postery:

### **1. Bc. Markéta Zmeškalová, Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.:**

Změny rohovkového endotelu u dlouhodobých nositelů kontaktních čoček  
Effects of long-term contact lens wear on the corneal endothelium

### **2. Bc. Lada Pavlíková, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.:**

Přístroje a testy pro vyšetření barvocitu  
Devices and tests for colour vision testing

### **3. Bc. Andrea Marcsa, Mgr. Simona Bramborová:**

Vyšetření binokulárních funkcí v praxi optometrist  
Examination of binocular functions in practice of optometrists

### **4. Bc. Barbora Zedníčková, Mgr. Simona Bramborová, DiS.:**

Vztah změny pohledové vzdálenosti k vizuálnímu systému u nonpresbyopického pacienta  
The relationship of the change in the visual distance to the visual system in a non presbyopic patient

### **5. Bc. Lucie Mikesková, Mgr. Dana Trávníková:**

Komparace hodnot přední plochy rohovky u nositelů kontaktních čoček  
Comparison of corneal anterior surface values for contact lens wearers

### **6. Bc. Barbora Šálová, MUDr. Magdaléna Bočková:**

Slzný film a oční povrch v populaci pacientů s kataraktou  
Tear film and ocular surface in the cataract patient population

### **7. Bc. Eliška Vyhnálková, Mgr. Gabriela Spurná:**

Výskyt refrakčních vad a způsoby jejich korekce v populaci studentů optometrie  
Occurrence of refractive defects and methods of their correction in the population of students of optometry

### **8. Bc. Lenka Zubčáková, MUDr. Monika Synková:**

Dystrofie makuly  
Macular dystrophies

### **9. Bc. Kateřina Kostková, Mgr. Pavel Kříž, Ph.D.:**

Diferentní akomodace – diagnostika, řešení  
Different accommodation – diagnostics, management

### **10. Bc. Zuzana Roubcová, Mgr. Simona Bramborová, DiS.:**

Individuální parametry brýlových obrub  
Individual parameters of spectacle frames

### **11. Bc. Ondřej Linha, MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D.:**

Změny kontrastní citlivosti při onemocnění sítnice  
Changes of contrast sensitivity in retinal disease

### **12. Bc. Filip Mikulecký, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.:**

Tvorba interaktivních video záznamů vyšetřovacích postupů v optice a optometrii  
Creation of the optometric examination interactive video record



**13. Bc. Kateřina Bělinová, Mgr. Ondřej Vlasák:**

Komparace retinoskopie a autorefraktometri při stanovení refrakční vady  
Comparison of retinoscopy and autorefractometry when determining refraction

**14. Katarina Sarac, Sonja Drugović. Marcela Domnik, Kristijan Pili:**

Pterygium and pinguecula

## Obsah

<b>Sekce prezentací / Oral presentations:</b> .....	<b>9</b>
<b>Bc. et Bc. Beáta Kovačovicová, Mgr. Pavel Beneš, Ph.D., Mgr. Gabriela Spurná</b> .....	<b>9</b>
Komparácia hodnôt fúznej vergencie v závislosti na použitých technikách vyšetrenia .....	9
Comparison of fusion vergence values depending on the used examination techniques .....	19
<b>Bc. Mikulková Kateřina, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.</b> .....	<b>28</b>
Možnosti vyšetření akomodace oka .....	28
Possibilities of measurements ocular accommodation .....	41
<b>Bc. Jana Chludilová, Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.</b> .....	<b>54</b>
Využití speciálních zrakových pomůcek na základních školách a v centrech pro zrakově postižené ....	54
Use of special visual aids in primary schools and centers for the visually impaired .....	67
<b>Simona Chludilová</b> .....	<b>79</b>
Pseudostrabismus v klinické praxi .....	79
Pseudostrabismus in clinical practice .....	89
<b>Bc. Kateřina Malá, MUDr. Miroslav Dostálek, Ph.D.</b> .....	<b>100</b>
Možnosti cvičení konvergence a šířky fúze v ortoptické ambulanci.....	100
The possibilities of convergence and fusion amplitude exercise in the orthoptic office.....	118
<b>Bc. Čáslavská Barbora, MUDr. Dostálek Miroslav, Ph.D.</b> .....	<b>137</b>
Virtuální realita v binokulární pleoptice?.....	137
Virtual reality and binocular pleoptics? .....	143
<b>Bc. Michaela Běhouňková, Mgr. Petr Veselý, Dis., Ph.D.</b> .....	<b>149</b>
Problematika anizometropie u jednotlivých refrakčních vad .....	149
The problem of anisometropia in refractive errors .....	159
<b>Bc. Nicol Dostálová, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.</b> .....	<b>169</b>
Vliv heteroforií na práci s počítačem .....	169
Influence of heterophoria on computer work .....	179
<b>Bc. Veronika Chládková, Mgr. Dana Trávníková</b> .....	<b>190</b>
LCD optotyp - vyhodnocení speciálních testů pro vyšetření zraku, srovnání software jednotlivých přístrojů .....	190
LCD optotypes - evaluation of special tests for eye examination, comparison of software of individual device .....	200
<b>Bc. Anna Kořínková, Mgr. Petr Veselý, DiS., PhD.</b> .....	<b>210</b>
Lancaster test a jeho využití při analýze poruch okohybného aparátu .....	210
Lancaster test and its use in analyzing the defect of eye muscles apparatus.....	217

<b>Mgr. Roman Heinz</b> .....	<b>225</b>
Novinky firmy Essilor.....	<b>225</b>
Essilor News.....	<b>225</b>
<b>Bc. Tomáš Dobřenský</b> .....	<b>226</b>
Průmyslová výroba kontaktních čoček .....	<b>226</b>
Industrial production of contact lenses .....	<b>228</b>
<b>Mgr. Dana Trávníková</b> .....	<b>230</b>
3D refrakce .....	<b>230</b>
3D Refraction.....	<b>241</b>
<b>Andrija Matković</b> .....	<b>252</b>
Strabismus.....	<b>252</b>
Nikola Čibarić.....	<b>258</b>
<b>Vertical heterophoria</b> .....	<b>258</b>
<b>Sekce posterů / Posters:</b> .....	<b>263</b>
<b>Bc. Markéta Zmeškalová, Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.</b> .....	<b>263</b>
Změny rohovkového endotelu u dlouhodobých nositelů kontaktních čoček .....	<b>263</b>
Effects of long-term contact lens wear on the corneal endothelium.....	<b>273</b>
<b>Bc. Lada Pavlíková, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.</b> .....	<b>283</b>
Přístroje a testy pro vyšetření barvocitu.....	<b>283</b>
Devices and tests for colour vision testing.....	<b>293</b>
<b>Bc. Andrea Marcsa, Mgr. Simona Bramborová</b> .....	<b>303</b>
Vyšetření binokulárních funkcí v praxi optometristy.....	<b>303</b>
Examination of binocular functions in practice of optometrists .....	<b>310</b>
<b>Bc. Barbora Zedníčková, Mgr. Simona Bramborová</b> .....	<b>316</b>
Vztah změny pohledové vzdálenosti k vizuálnímu systému u nonpresbyopického pacienta .....	<b>316</b>
The relationship of the change in the visual distance to the visual system in a non presbyopic patient .....	<b>325</b>
<b>Bc. Lucie Mikesková, Mgr. Dana Trávníková</b> .....	<b>334</b>
Komparace hodnot přední plochy rohovky u nositelů kontaktních čoček .....	<b>334</b>
Comparison of corneal anterior surface values for contact lens wearers .....	<b>342</b>
<b>Bc. Barbora Šálová, MUDr. Magdaléna Bočková</b> .....	<b>351</b>
Slzný film a oční povrch v populaci pacientů s kataraktou .....	<b>351</b>
Tear film and ocular surface in the cataract patient population.....	<b>361</b>
<b>Bc. Eliška Vyhnálková, Mgr. Gabriela Spurná</b> .....	<b>372</b>

Výskyt refrakčních vad a způsoby jejich korekce v populaci studentů optometrie.....	372
Occurrence of refractive defects and methods of their correction in the population of students of optometry .....	382
<b>Bc. Lenka Zubčáková, MUDr. Monika Synková.....</b>	<b>392</b>
Dystrofie makuly.....	392
Macular dystrophies.....	402
<b>Bc. Kateřina Kostková, Mgr. Pavel Kříž, Ph.D. ....</b>	<b>412</b>
Diferentní akomodace – diagnostika, řešení.....	412
Different accommodation – diagnostics, management.....	419
<b>Bc. Zuzana Roubcová, Mgr. Simona Bramborová, DiS.....</b>	<b>426</b>
Individuální parametry brýlových obrub.....	426
Individual parameters of spectacle frames.....	436
<b>Bc. Ondřej Linha, MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D. ....</b>	<b>446</b>
Změny kontrastní citlivosti při onemocnění sítnice.....	446
Changes of contrast sensitivity in retinal disease.....	456
<b>Bc. Filip Mikulecký, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D. ....</b>	<b>467</b>
Tvorba interaktivních video záznamů vyšetřovacích postupů v optice a optometrii .....	467
Creation of the optometric examination interactive video record .....	478
<b>Bc. Kateřina Bělinová, Mgr. Ondřej Vlasák.....</b>	<b>490</b>
Komparace retinoskopie a autorefraktometri při stanovení refrakční vady .....	490
Comparison of retinoscopy and autorefractometry when determining refraction .....	500
<b>Katarina Sarac, Sonja Drugović. Marcela Domnik, Kristijan Pili .....</b>	<b>511</b>
Pterygium and pinguecula.....	511

## **Sekce prezentací / Oral presentations:**

**Bc. et Bc. Beáta Kovačovicová, Mgr. Pavel Beneš, Ph.D., Mgr. Gabriela Spurná**

### **Komparácia hodnôt fúznej vergencie v závislosti na použitých technikách vyšetrenia**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

#### **Anotácia**

Veľkosť fúznej vergencie je možné vyšetriť rôznymi vyšetrovacími technikami. Všetky využívajú určitú mieru disociácie, teda mieru oddelenie obrazov pravého a ľavého oka. Zvolená miera disociácie nie je rovnaká u všetkých vyšetrovacích techník. To sa môže prejaviť na výslednej hodnote fúznej vergencie. V práci je popísaná metodika výskumu vplyvu miery disociácie na veľkosť fúznej vergencie s následným štatistickým vyhodnotením získaných dát.

#### **Kľúčové slová**

Fúzna vergencia, disociácia, foropter, synoptofor

#### **Úvod**

Fúzna vergencia je veľmi dôležitá pre schopnosť udržať jednoduché binokulárne videnie. Ide o rozsah konvergencie, divergencie a zmeny vo vertikále, v ktorom je klient schopný udržať rovnaké obrazy oboch očí spojené. Platí, že čím je veľkosť fúznej vergencie vyššia, tým je fúzna schopnosť väčšia a fúzia pevnejšia. V praxi optometristov využívame mnoho techník na ich vyšetrenie. Jednotlivé techniky sa líšia, okrem iného, mierou disociácie, ktorou sú oddelené obrazy pravého a ľavého oka. Cieľom práce je zistiť, či miera disociácie ovplyvňuje veľkosť fúznej vergencie.

#### **Materiál a metódy**

Zber dát prebiehal na katedre optometrie a ortoptiky sídliacej na Komenského nám. 220/2 v Brne vo vyšetrovni optometrie v období od januára 2018 do marca 2018. Na zber dát boli použité 2 prístroje: foropter Topcon CV-5000S a synoptofor Oculus TAKAGI MT - 364.

S foropterom bol spárovaný LCD optotyp. Hodnoty aktuálnej sféro-cylindrickej korekcie klienta boli zisťované na automatickom fokometri a veľkosť pupilárnej vzdialenosti (PD) bola meraná za pomoci PD pravítka.

Na začiatku vyšetrenia bola klientovi odobraná rodinná, osobná a očná anamnéza. Očná anamnéza bola zameraná na binokulárne videnie. Druhým krokom bolo zmeranie aktuálnej sféro-cylindrickej korekcie klienta pomocou automatického fokometru a zmeranie PD pomocou PD pravítka. Hodnoty aktuálnej korekcie a veľkosť pupilárnej vzdialenosti boli prenesené do foropteru, skrz ktorý klient čítal optotypové znaky. Takto bol zistený vízus s korekciou, pričom bolo požadované dosiahnuť hodnotu minimálne 0,8.

Pri vyšetrení fúzných rezerv boli zisťované viaceré významné body: bod rozdvojenia (break point, bod, kedy už nie je vergenčný systém schopný trvalej fúzie predmetu a vníma ho ako dva obrazy v určitej vzdialenosti od seba), bod opätovného spojenia (recovery point, bod, kedy dôjde k trvalému spojeniu fixovaného predmetu). Tieto body boli určované pre pozitívne a negatívne fúzne vergencie (PFV a NFV).

Hodnoty boli zisťované na 4 rôznych testoch. Tieto metódy boli zoradené podľa miery disociácie od najmenej po najväčšiu. V nasledujúcej časti sú uvedené jednotlivé techniky zoradené od najmenej po najväčšiu mieru disociácie:

1. Rotačné prizma vo foropteri, fixačný podnet: optotypový znak – písmeno H odpovedajúce hodnote vízu 0,6
2. Rotačné prizma a anaglyfné (červeno – zelené filtre) vo foropteri, fixačný podnet: Worthov anaglyfný test
3. Rotačné prizma a polarizačné filtre vo foropteri, fixačný podnet: polarizovaný kríž s fúznym podnetom
4. Synoptofor, fixačný podnet: obrázky pre F II – somár s mrkvou a chvostom (kontrolné značky)

U každej metódy bol zisťovaný break point a recovery point u PFV a NFV dvakrát, takže bolo získaných celkovo 32 hodnôt u každého klienta.

## Výsledky

Získané výsledky boli zaznamenané do tabuľky a následne štatisticky spracované. Celkovo bolo zmeraných 27 ľudí, pričom 1 klientka musela byť zo štúdie vyradená pre neschopnosť vyšetrenia fúznej vergencie s použitím anaglyfných filtrov. Vyšetrených a zaradených do štúdie bolo 6 mužov a 20 žien vo veku 19 až 26 rokov s priemerným vekom

22 rokov. V anamnéze uvádzalo 8 ľudí astenopiu, 1 človek občasnú diplopiu, 1 strabizmus a 2 ľudia amblyopiu.

Na štatistické spracovanie výsledkov boli použité: parametrický párový t-test a neparametrický párový Mann-Whitney test. Párový t-test bol použitý u dát, ktoré vykazovali normálne hodnoty a párový Mann-Whitney test u dát, ktoré nevykazovali normálne hodnoty. Normalita dát bola testovaná pomocou Shapirovho-Wilkov testu s hladinou významnosti  $\alpha = 5\%$ . Porovnávané boli jednotlivé metódy navzájom.

### 1. Štatistické zhodnotenie dát pozitívnej fúznej vergencie v break pointe:

Optotypový znak H	Worthov anaglyfný test	Polarizovaný kríž s fúznym podnetom	Synoptofor
Áno	Áno	Áno	Nie

Tab. 1a: Výsledky normality dát

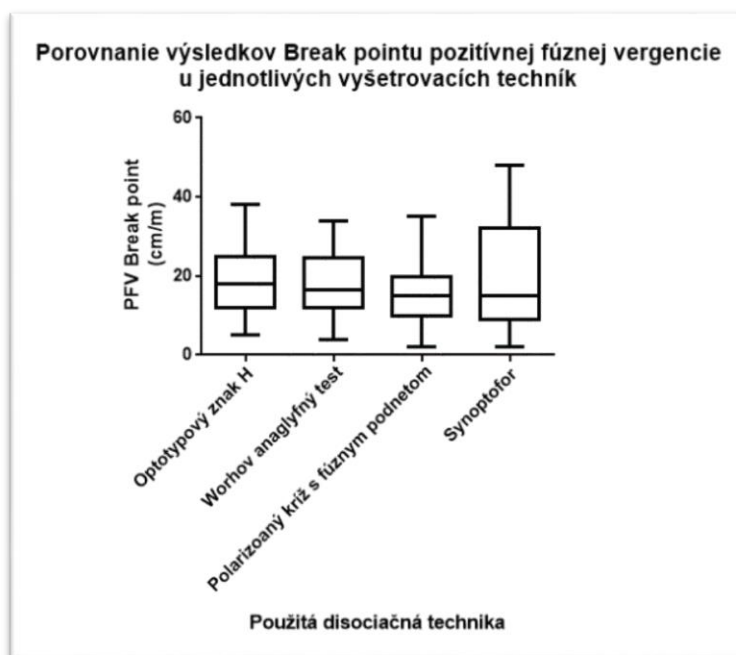
Optotypový znak H	Worthov anaglyfný test	Polarizovaný kríž s fúznym podnetom	Synoptofor
19,19 ± 1,22	17,35 ± 1,09	15,67 ± 1,15	19,83 ± 1,93

Tab. 1b: Získané priemerné hodnoty a smerodajná chyba [cm/m]

Porovnávané metódy	Priemer [cm/m]	Použitý test	P - hodnota
Optotypový znak H Worhtov anaglyfný test	19,19 17,35	Párový t-test	0,0530
Optotypový znak H Polarizovaný kríž	19,19 15,67	Párový t-test	0,0001
Optotypový znak H Synoptofor	19,19 19,83	Mann-Whitney test	0,5695
Worthov anaglyfný test Polarizovaný kríž	17,35 15,67	Párový t-test	0,0495
Worthov anaglyfný test Synoptofor	17,35 19,83	Mann-Whitney test	0,9625

Polarizovaný kríž Synoptofor	15,67 19,83	Mann-Whitney test	0,4223
---------------------------------	----------------	-------------------	--------

Tab. 1c: Štatistické porovnanie jednotlivých metód navzájom v break pointe PFV. Počet dát N = 26,  $\alpha = 5\%$ , testy, ktoré vyšli štatisticky významne, na zvolenej hladine spoľahlivosti, sú zvýraznené červenou farbou.



Graf 1: Box plot: rozdielne rozloženie hodnôt break pointu pozitívnej fúznej vergencie v jednotlivých vyšetrovacích metódach. Mediány jednotlivých metód klesajú so zvyšujúcou sa mierou disociácie.



## 2. Štatistické zhodnotenie dát pozitívnej fúznej vergencie v recovery pointe:

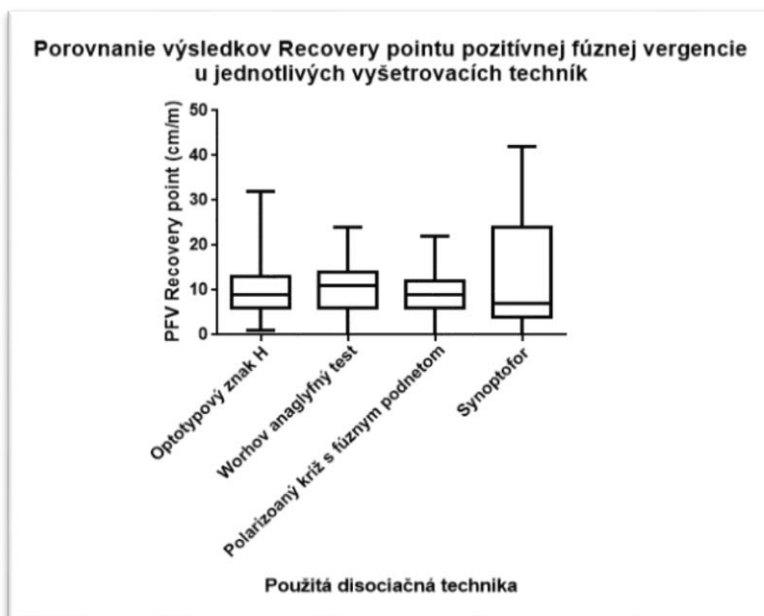
Optotypový znak H	Worthov anaglyfný test	Polarizovaný kríž s fúznym podnetom	Synoptofor
Nie	Áno	Áno	Nie

Tab. 2a: Výsledky normality dát

Optotypový znak H	Worthov anaglyfný test	Polarizovaný kríž s fúznym podnetom	Synoptofor
10,46 ± 0,91	10,60 ± 0,78	9,04 ± 0,68	12,50 ± 1,72

Tab. 2b: Získané priemerné hodnoty a smerodajná chyba [cm/m]

Tab. 2c: Štatistické porovnanie jednotlivých metód navzájom v recovery pointe PFV. Počet dát N = 26,  $\alpha = 5\%$ , testy, ktoré vyšli štatisticky významne, na zvolenej hladine spoľahlivosti, sú zvýraznené červenou farbou.



Graf č. 2: Box plot: rozdielne rozloženie hodnôt recovery pointu pozitívnej fúznej vergencie v jednotlivých vyšetrovacích metódach. Medián dát získaných pri fixácii optotypového znaku H nemá najvyššiu hodnotu, ako by sme predpokladali. To môže byť spôsobené nenormálnym rozložením dát v súbore.

### 3. Štatistické zhodnotenie dát negatívnej fúznej vergencie v break pointe:

Optotypový znak H	Worthov anaglyfný test	Polarizovaný kríž s fúznym podnetom	Synoptofor
Áno	Áno	Nie	Áno

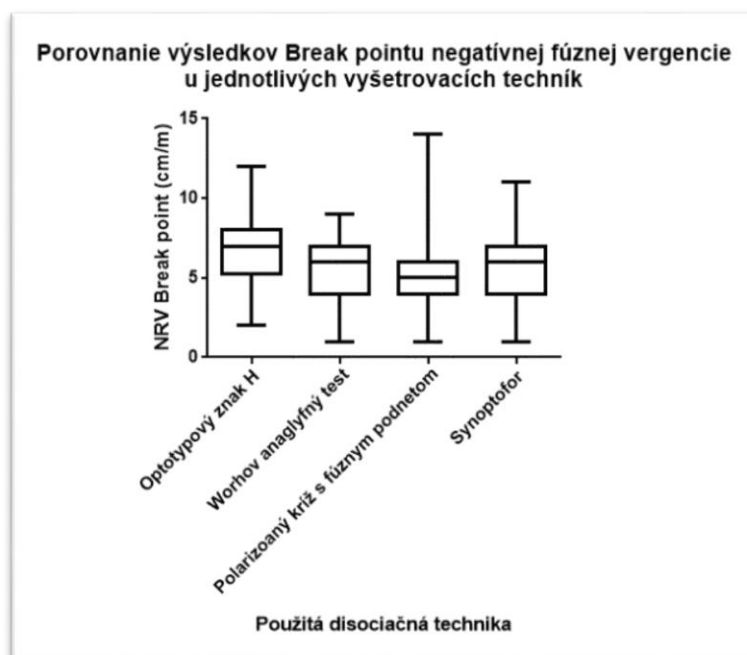
Tab. 3a: Výsledky normality dát

Optotypový znak H	Worthov anaglyfný test	Polarizovaný kríž s fúznym podnetom	Synoptofor
6,96 ± 0,61	5,54 ± 0,29	5,42 ± 0,33	5,64 ± 0,29

Tab. 3b: Získané priemerné hodnoty a smerodajná chyba [cm/m]

<b>Porovnávané metódy</b>	<b>Priemer [cm/m]</b>	<b>Použitý test</b>	<b>P - hodnota</b>
Optotypový znak H Worhtov anaglyfný test	6,96 5,54	Párový t-test	< 0,0001
Optotypový znak H Polarizovaný kríž	6,96 5,42	Párový t-test	0,0002
Optotypový znak H Synoptofor	6,96 5,64	Mann-Whitney test	0,0001
Worthov anaglyfný test Polarizovaný kríž	5,54 5,42	Párový t-test	0,5309
Worthov anaglyfný test Synoptofor	5,54 5,64	Mann-Whitney test	0,7435
Polarizovaný kríž Synoptofor	5,42 5,64	Mann-Whitney test	0,4774

Tab. 3c: Štatistické porovnanie jednotlivých metód navzájom v break pointe NFV. Počet dát N = 26,  $\alpha = 5\%$ , testy, ktoré vyšli štatisticky významne, na zvolenej hladine spoľahlivosti, sú zvýraznené červenou farbou.



Graf č. 3: Box plot: rozdielne rozloženie hodnôt break pointu negatívnej fúznej vergencie v jednotlivých vyšetrovacích metódach. Závislosť, miery disociácie na veľkosti fúznej vergencie je zjavná, až na synoptofor.

#### 4. Štatistické zhodnotenie dát negatívnej fúznej vergencie v recovery pointe:

Optotypový znak H	Worthov anaglyfný test	Polarizovaný kríž s fúznym podnetom	Synoptofor
Áno	Áno	Áno	Nie

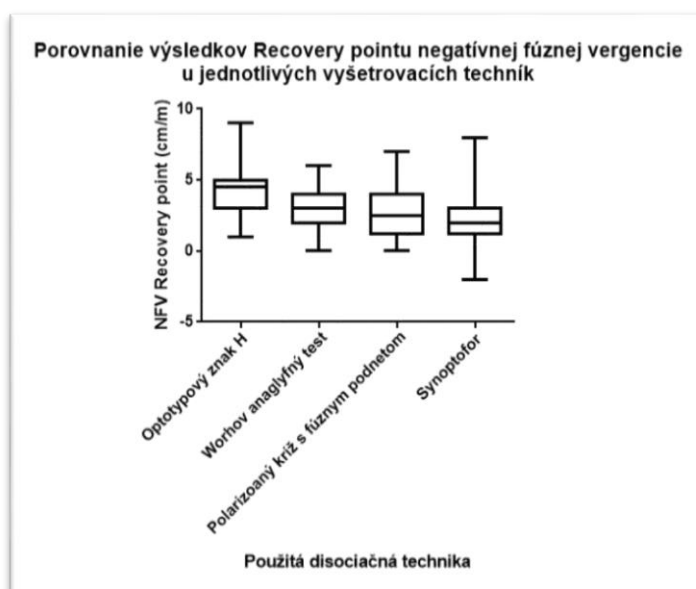
Tab. 4a: Výsledky normality dát

Optotypový znak H	Worthov anaglyfný test	Polarizovaný kríž s fúznym podnetom	Synoptofor
4,57 ± 0,27	2,79 ± 0,23	2,67 ± 0,22	2,60 ± 0,25

Tab. 4b: Získané priemerné hodnoty a smerodajná chyba[cm/m]

Porovnávané metódy	Priemer [cm/m]	Použitý test	P - hodnota
Optotypový znak H Worhtov anaglyfný test	4,57 2,79	Párový t-test	< 0,0001
Optotypový znak H Polarizovaný križ	4,57 2,67	Párový t-test	< 0,0001
Optotypový znak H Synoptofor	4,57 2,60	Mann-Whitney test	< 0,0001
Worthov anaglyfný test Polarizovaný križ	2,79 2,67	Párový t-test	0,5791
Worthov anaglyfný test Synoptofor	2,79 2,60	Mann-Whitney test	0,2327
Polarizovaný križ Synoptofor	2,67 2,60	Mann-Whitney test	0,5998

Tab. 4c: Štatistické porovnanie jednotlivých metód navzájom v recovery pointe NFV. Počet dát N = 26,  $\alpha = 5\%$ , testy, ktoré vyšli štatisticky významne, na zvolenej hladine spoľahlivosti, sú zvýraznené červenou farbou.



Graf č. 4: Box plot: rozdielne rozloženie hodnôt recovery pointu negatívnej fúznej vergencie v jednotlivých vyšetrovacích metódach. Mediány jednotlivých technik dosahujú nižšie hodnoty so zvyšujúcou sa mierou disociácie.

## **Diskusia**

Hodnoty namerané štyrmi rôznymi disociačnými technikami sa navzájom líšili. Bolo zistené, že výsledky PFV v break pointe, NFV v break pointe aj v recovery pointe klesajú so zvyšujúcou sa mierou disociácie až na použitie synoptoforu. Táto odchýlka môže byť spôsobená konštrukciou prístroja aj faktom, že vyšetrenie prebieha v prístrojovom priestore, pričom všetky tri ďalšie techniky v priestore reálnom.

## **Záver**

Zo štatistického hľadiska bol zistený signifikantný rozdiel u každej zisťovanej hodnoty, avšak rozdiel nebol signifikantný medzi každou disociačnou technikou navzájom.

## **Pod'akovanie**

Ďakujem vedúcemu projektu Mgr. Pavlu Benešovi, Ph.D. za odborné vedenie, cenné rady a pripomienky. Ďalej by som chcela poďakovať všetkým, ktorí mi boli pri písaní projektu nápomocní. Projekt vznikol za podpory programu kategórie C – podpora vynikajúcich diplomových prác MUNI/C/1386/2017, ID=62485.

## **Literatúra**

1. Razavi, M.; Poor, S.; Daneshyar, A.: Normative Values for the Fusional Amplitudes and the Prevalence of Heterophoria in Adults, Iranian Journal of Ophthalmology 2010, 22(3): 44-46
2. Scheiman, M.; Wick, B.: Clinical Management of Binocular Vision. Heterophoric, Accomodative, and Eye Movement Disorders. 3rd edition, Lippincott Williams & Willkins, a Wolters Kluwer business, 2008. 608 p. ISBN 0781777844

**Bc. et Bc. Beáta Kovačovicová, Mgr. Pavel Beneš, Ph.D., Mgr. Gabriela Spurná**

## **Comparison of fusion vergence values depending on the used examination techniques**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Anotation**

The value of the fusional vergence can be investigated by various examination techniques. All of them use a certain degree of dissociation, the degree of separation between the right and left eye. The chosen degree of dissociation is not the same in all investigation techniques. This may be reflected in the resulting value of fusional vergence. The thesis describes the methodology of research on the impact of the degree of dissociation on the value of the fusional vergence with the subsequent statistical evaluation of the obtained data.

### **Key words**

Fusional vergence, dissociation, phoropter, synoptophore

### **Introduction**

Fusional vergence is very important for the ability to maintain simple binocular vision. It is the range of convergence, divergence, and change in the vertical, in which the client is able to connect the same images of both eyes together. In practice, optometrists use many techniques to investigate of fusional vergence. Techniques differ, among other things, by the degree of dissociation, which separated images of the right and left eye. The aim of the thesis is to determine whether the degree of dissociation affects the value of the fusional vergence.

### **Material and methods**

Data collection took place at the Department of Optometry and Orthoptics located in Komenského nám. 220/2 in Brno in the optometry examination between January 2018 and March 2018. Two devices were used for the data collection: Phoropter Topcon CV-5000S and synoptophore Oculus TAKAGI MT-364. The values of the actual client sphero-cylindrical correction were determined on an digital focometer and the pupil distance (PD) was measured using a PD ruler.

At the beginning of the examination, the client received a family, personal and eye history. Eye history was focused on binocular vision. The second step was to measure the actual sphero-cylindrical correction of the client using the digital focometer and the PD measured by using PD rulers. The values of the current correction and pupil distance were transferred to the phoropter through which the client read the optotype letters. The required value of visus with correction was at least 0.8.

Several important points have been examined in the fusional reserves: break point (a point where the vergence system is no longer able of fusing the subject and perceives it as two images at a certain distance from each other). Recovery point (a point, when a fixed object is permanently connected). These points were determined for positive and negative fusional vergence (PFV and NFV).

The values were measured on 4 different tests. These methods were ranked according to the degree of dissociation from the lowest to the highest. In the following section, the individual techniques are listed from the least to the greatest extent of dissociation:

1. Rotating prism in phoropter, fixation stimulus: optotype character - letter H corresponding to the visus 0,6
2. Rotary prism and anaglyphic (red-green filters) in phoropter, fixation stimulus: Worth anaglyph test
3. Rotary prism and polarization filters in phoropter, fixation stimulus: polarized cross with a fusional point in the middle
4. Synoptophore, fixation stimulus: pictures for F II – donkey with a carrot and tail (control marks)

For each method, break point and recovery point were detected for PFV and NFV twice, so a total of 32 values were obtained for each client.

## **Results**

The results obtained were recorded in the table and then statistically processed. A total of 27 people were measured, one client being excluded from the study for inability to measure the fusional vergence with anaglyph filters. Investigated and enrolled in the study were 6 men and 20 women aged 19-26 with an average age of 22 years. A history of 8 people reported asthenopia, 1 person with occasional diplopia, 1 strabismus and 2 with amblyopia.

For the statistical processing of the results, the parametric paired t-test and the non-parametric pair Mann-Whitney test were used. The pair t-test was used for data showing



normal values and a paired Mann-Whitney test for data that did not show normal values. Data normality was tested using Shapiro-Wilk's test with a significance level of  $\alpha = 5\%$ . The individual methods were compared to each other.

## 2. Statistical evaluation of data of positive fusional vergence in break point:

Optotype letter H	Worth anaglyph test	Polarized cross with a fusional point	Synoptophore
Yes	Yes	Yes	No

Tab. 1a: Results of data normality

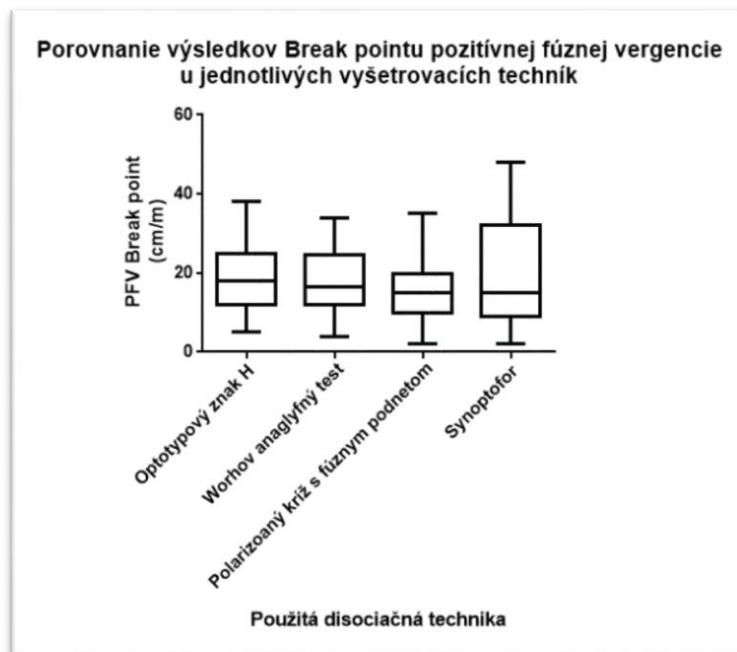
Optotype letter H	Worth anaglyph test	Polarized cross with a fusional point	Synoptophore
19,19 ± 1,22	17,35 ± 1,09	15,67 ± 1,15	19,83 ± 1,93

Tab. 1b: Average values and misleading error [cm/m]

Comparative methods	Average [cm/m]	Test	P - value
Optotype letter H Worth anaglyph test	19,19 17,35	Paired t-test	0,0530
Optotype letter H Polarized cross	19,19 15,67	Paired t-test	0,0001
Optotype letter H Synoptophore	19,19 19,83	Mann-Whitney test	0,5695
Worth anaglyph test Polarized cross	17,35 15,67	Paired t-test	0,0495
Worth anaglyph test Synoptophore	17,35 19,83	Mann-Whitney test	0,9625
Polarized cross Synoptophore	15,67 19,83	Mann-Whitney test	0,4223

Tab. 1c: Statistical comparison of individual methods in PFV break point. Number of data

N = 26,  $\alpha = 5\%$ , tests that have been statistically significant, at the chosen confidence level, are highlighted in red.



Graf 1: Box plot: Different distribution of break point values of positive fusional vergence in individual investigation methods. Medians of individual methods are declining with increasing dissociation rates.

### 3. Statistical evaluation of data of positive fusional vergence in recovery point:

Optotype letter H	Worth anaglyph test	Polarized cross with a fusional point	Synoptophore
No	Yes	Yes	No

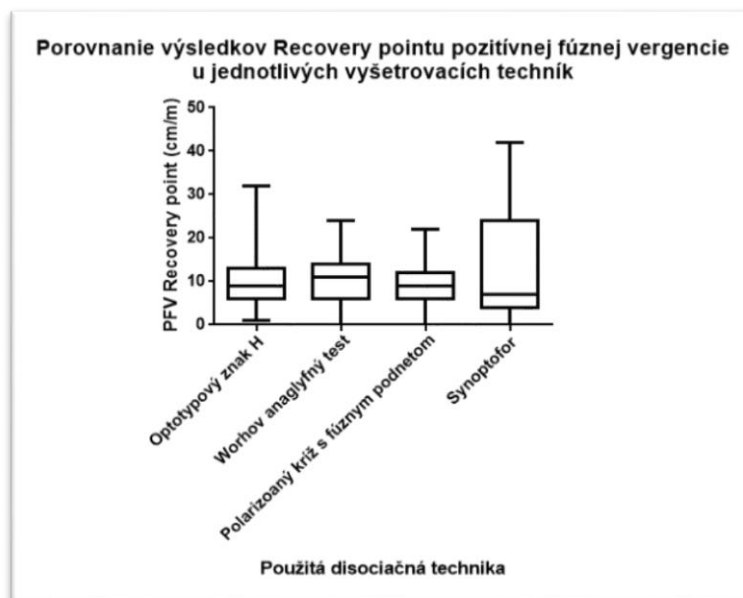
Tab. 2a: Results of data normality

Optotype letter H	Worth anaglyph test	Polarized cross with a fusional point	Synoptophore
10,46 ± 0,91	10,60 ± 0,78	9,04 ± 0,68	12,50 ± 1,72

Tab. 2b: Average values and misleading error [cm/m]

Comparative methods	Average [cm/m]	Test	P - value
Optotype letter H Worth anaglyph test	10,46 10,60	Mann-Whitney test	0,5257
Optotype letter H Polarized cross	10,46 9,04	Mann-Whitney test	0,4884
Optotype letter H Synoptophore	10,46 12,50	Mann-Whitney test	0,3026
Worth anaglyph test Polarized cross	10,60 9,04	Paired t-test	0,0323
Worth anaglyph test Synoptophore	10,60 12,50	Mann-Whitney test	0,2350
Polarized cross Synoptophore	9,04 12,50	Mann-Whitney test	0,5825

Tab. 2c: Statistical comparison of individual methods in PFV recovery point. Number of data  $N = 26$ ,  $\alpha = 5\%$ , tests that have been statistically significant, at the chosen confidence level, are highlighted in red.



Graf č. 2: Box plot: different distribution of the values of the positive fusional vergence in recovery point in the individual investigation methods. The median of the data, when the

optotype letter H was fixated, is not the highest value, as we were expected. This can be caused by the abnormal layout of the data in the file.

### 5. Statistical evaluation of data of negative fusional vergence in break point:

Optotype letter H	Worth anaglyph test	Polarized cross with a fusional point	Synoptophore
Yes	Yes	No	Yes

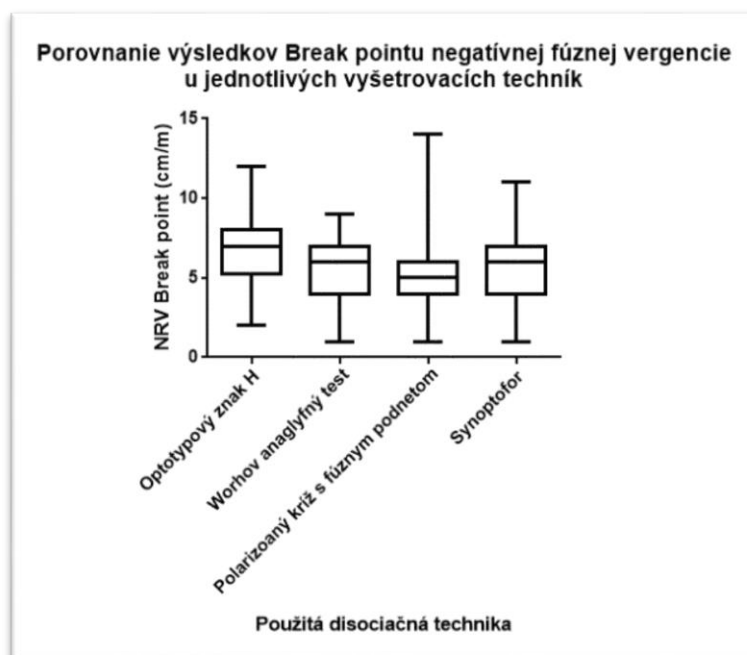
Tab. 3a: Results of data normality

Optotype letter H	Worth anaglyph test	Polarized cross with a fusional point	Synoptophore
6,96 ± 0,61	5,54 ± 0,29	5,42 ± 0,33	5,64 ± 0,29

Tab. 3b: Average values and misleading error [cm/m]

Comparative methods	Average [cm/m]	Test	P - value
Optotype letter H Worth anaglyph test	6,96 5,54	Paired t-test	< 0,0001
Optotype letter H Polarized cross	6,96 5,42	Paired t-test	0,0002
Optotype letter H Synoptophore	6,96 5,64	Mann-Whitney test	0,0001
Worth anaglyph test Polarized cross	5,54 5,42	Paired t-test	0,5309
Worth anaglyph test Synoptophore	5,54 5,64	Mann-Whitney test	0,7435
Polarized cross Synoptophore	5,42 5,64	Mann-Whitney test	0,4774

Tab. 3c: Statistical comparison of individual methods in NFV break point. Number of data N = 26,  $\alpha = 5\%$ , tests that have been statistically significant, at the chosen confidence level, are highlighted in red.



Graf č. 3: Box plot: Differential distribution of break point values of negative fusion vergence in individual investigation methods. Dependence, the degree of dissociation on the value of the fusional vergence is obvious, except for the synoptophore.

#### 6. Statistical evaluation of data of negative fusional vergence in recovery point:

Optotype letter H	Worth anaglyph test	Polarized cross with a fusional point	Synoptophore
Yes	Yes	Yes	No

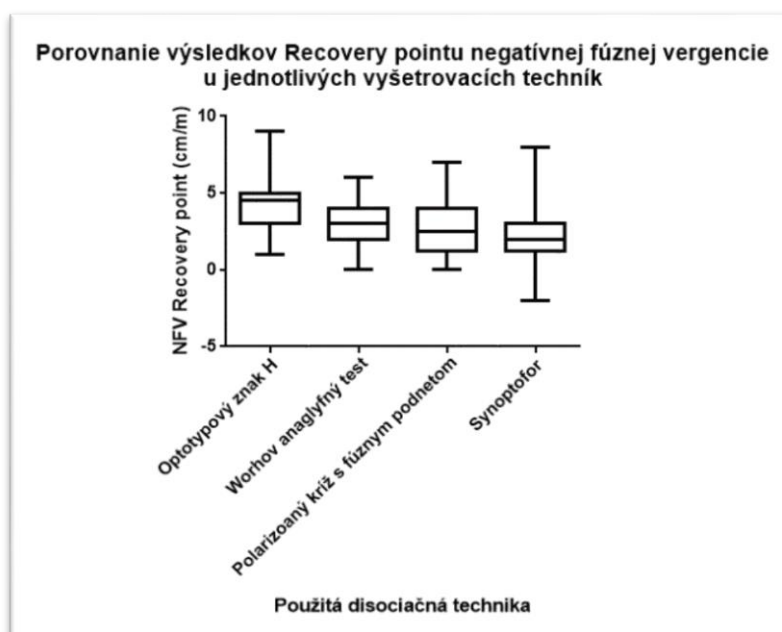
Tab. 4a: Results of data normality

Optotype letter H	Worth anaglyph test	Polarized cross with a fusional point	Synoptophore
$4,57 \pm 0,27$	$2,79 \pm 0,23$	$2,67 \pm 0,22$	$2,60 \pm 0,25$

Tab. 4b: Average values and misleading error [cm/m]

Comparative methods	Average [cm/m]	Test	P - value
Optotype letter H Worth anaglyph test	4,57 2,79	Paired t-test	< 0,0001
Optotype letter H Polarized cross	4,57 2,67	Paired t-test	< 0,0001
Optotype letter H Synoptophore	4,57 2,60	Mann-Whitney test	< 0,0001
Worth anaglyph test Polarized cross	2,79 2,67	Paired t-test	0,5791
Worth anaglyph test Synoptophore	2,79 2,60	Mann-Whitney test	0,2327
Polarized cross Synoptophore	2,67 2,60	Mann-Whitney test	0,5998

Tab. 4c: Statistical comparison of individual methods in NFV break point. Number of data N = 26,  $\alpha = 5\%$ , tests that have been statistically significant, at the chosen confidence level, are highlighted in red.



Graf č. 4: Box plot: Differential distribution of the values of the negative fusional vergence in recovery point in the individual investigation methods. Medians of individual technicians achieve lower values with an increasing degree of dissociation.

### **Discussion**

The values of fusional vergence were measured by the four different dissociation techniques. It was found that the results of PFV in break point, NFV in break point and recovery point decreases with increasing dissociation rates up to the use of synoptophore. This deviation may be due to the construction of the instrument and the fact that the examination is carried out in the instrumentation area, but all three other techniques examined in the real space.

### **Conclusion**

From a statistical point of view, a significant difference was found for each observed value, but the difference was not significant between each dissociation technique.

### **Literatúra**

1. Razavi, M.; Poor, S.; Daneshyar, A.: Normative Values for the Fusional Amplitudes and the Prevalence of Heterophoria in Adults, Iranian Journal of Ophthalmology 2010, 22(3): 44-46
2. Scheiman, M.; Wick, B.: Clinical Management of Binocular Vision. Heterophoric, Accomodative, and Eye Movement Disorders. 3rd edition, Lippincott Williams & Willkins, a Wolters Kluwer business, 2008. 608 p. ISBN 0781777844

**Bc. Mikulková Kateřina, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.**

## **Možnosti vyšetření akomodace oka**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Anotace**

V následujícím článku se zaměřuji především na teoretický podklad problematiky mé diplomové práce na téma „Možnosti vyšetření akomodace oka“. Popisuji hlavně zákonitosti a způsoby vyšetření akomodace oka. V závěru textu se zmiňuji pár slovy o své diplomové studii, ve které se věnuji závislosti akomodační amplitudy na vertikálním úhlu pohledové osy.

### **Klíčová slova**

Akomodace, akomodační šíře, blízký bod, push – up test

### **Úvod**

V současné době, a stejně tak tomu bylo v posledních několika desetiletích, se práce do blízka stala nedílnou součástí lidských životů. Mnoho každodenních činností se neobejde bez akomodační schopnosti oka, která umožňuje ostré vidění na různé vzdálenosti. Mezi tyto aktivity řadíme čtení, práci na počítači a v neposlední řadě také mobilní telefony, tablety a mnoho dalších. Na akomodační aparát oka jsou tedy kladeny velké nároky jak v zaměstnání, tak i ve volném čase. Je tedy nutné akomodaci pozorovat a zaznamenávat její změny, abychom byli schopni zajistit co největší komfort vidění na různé vzdálenosti a zabývat se případnými inovacemi v této problematice. K tomu slouží řada vyšetření, která se zabývají různými parametry akomodačního procesu.

### **Akomodace**

Akomodace je velice důležitý proces probíhající v lidském oku. Tento proces umožňuje okem zobrazovat předměty v proměnné předozaďní vzdálenosti v rozsahu reálného předmětového prostoru. Rozmezí, ve kterém je oko schopno vidět jednotlivé body ostře, je ohraničené a nazývá se akomodační oblast. Schopnost akomodace je u člověka zajišťována zvyšováním lomivosti čočky. Přesná fyziologie samotného procesu akomodace je stále předmětem výzkumu. Bylo již popsáno několik teorií, které jsou popsány níže. Mezi struktury



oka podílející se na akomodaci řadíme oční čočku, závěsný aparát čočky a řasnaté tělísko. [12] [14]

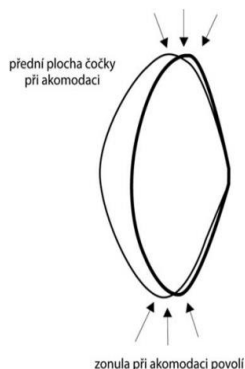
### **Mechanismus akomodace**

Akomodace je umožněna svaly řasnatého tělíska, čočky a závěsného aparátu a je mimovolním procesem, který je do jisté míry ovlivnitelný vůlí. Podle nových výzkumů jsou aktivní pochody uplatňovány při pohledu do dálky a uskutečňovány stahy meridionálních vláken ciliárního svalu (Brückeův sval), který je inervován sympatikem. [1]

Jde o vzájemnou antagonistickou činnost. Parasympatikus zajišťuje vidění do blízka a sympatikus do dálky. Při akomodaci lze rozlišit dva zásadní procesy – vnější a vnitřní akomodaci. Vnější – extrakapsulární akomodace znamená zvýšení optické mohutnosti oční čočky díky změně poloměrů křivosti funkčních ploch čočkového systému. Vnitřní - intrakapsulární akomodace představuje změny v uskupení zejména vnitřních hmot ekvivalentního jádra čočky. [14]

Názory na přesný mechanismus akomodace doposud nejsou zcela jednotné. Existuje tedy několik teorií a mezi nejznámější z nich patří teorie – Helmholtzova, Schacharova a Tscherningova, Colemanova a Gullstrandova. Jednou z hlavních teorií akomodace je teorie popsaná Hermannem von Helmholtzem (1821-1894).

Helmholtz popsal anterioposteriorní rozšiřování centrální části čočky, ke kterému dochází během akomodace (viz. obrázek č.1). Předpokládal, že dojde ke kontrakci ciliárního svalu při akomodaci. Ciliární sval se kontrahuje (pohybuje se dopředu a dovnitř) a dojde k uvolnění napětí zonulárních vláken mezi ekvátorem a ciliárním svalem. Následkem tohoto uvolnění tahu a v důsledku elasticity čočky dojde k pasivnímu procesu – vyklenutí přední plochy čočky. Čočka tedy zmenší svůj průměr a narůstá její axiální tloušťka. Podle Helmholtze takto dochází ke zvýšení dioptrické síly oční čočky při akomodaci. [9]



Obr. č 1: Akomodace dle Helmholtze (Zdroj: Kuchynka, Pavel. Oční lékařství. 2.)

Ve chvíli, kdy akomodace pomine, nastává proces nazývaný jako desakomodace. Dojde k uvolnění a relaxaci ciliárního svalu. Ciliární sval se vrátí do své původní velikosti a zvýší se opět napětí zonulárních vláken. Tato klidová tenze zonulárních vláken způsobí, že se čočka opět oploští do původního tvaru. [9] [17]

### Složky akomodace

U akomodačního procesu rozlišujeme z hlediska funkčního čtyři složky akomodace. Tyto složky potom nazýváme - akomodace tonická, reflexní, vergenční a akomodace proximální.

**Tonická akomodace** navozuje lehce myopický stav oka, ke kterému dochází při absenci jakéhokoliv podnětu a je přítomna vždy. Tedy při prázdném vizuálním poli, nebo například při pohledu ve tmě. Tato složka akomodace je navozena klidovým napětím ciliárního svalu. Hodnota tonické akomodace u mladých lidí se pohybuje okolo + 0,75 D, ale může se pohybovat v rozpětí hodnot 0 až 2 D.

**Reflexní akomodace** je automatický proces úpravy refrakčního stavu oka zajišťující zaostření a udržení ostrého obrazu fixovaného předmětu na sítnici. Není ovládána vůlí a stimulem je rozostřený obraz na sítnici. Je to pravděpodobně největší a nejdůležitější složka celého systému. V průběhu života se nijak výrazně nemění.

**Vergenční akomodace** je druhou nejdůležitější složkou akomodace. Je spojena s fúzí a dává podnět ke konvergenčně - akomodačnímu kvocientu (CA/C). Hodnoty u mladých lidí se pohybují okolo 0,5 D na 1 metrový úhel.

**Proximální (psychická)** akomodace je stimulována zřejmou nebo předpokládanou vzdáleností blízkého předmětu. Představuje pouze malou část celého akomodačního procesu (4-10%). [2] [7] [17]

### **Akomodační triáda**

Podnětem k akomodačnímu reflexu u člověka může být změna pohledu z dálky do blízka. Změna vyvolá nejen **akomodaci**, ale i **konvergenci** a zúžení obou zornic – **miózu**. Společně nazýváme tyto tři procesy jako akomodační triáda.

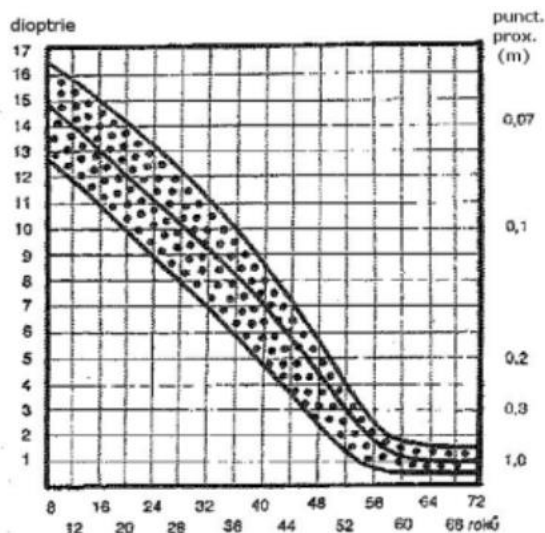
Při pohledu na blízký předmět dochází díky rozostření obrazu na sítnici k primárnímu stimulu pro spuštění reflexu akomodace. Akomodací se tedy zvýší optická mohutnost čočky a dojde k zaostření blízkého předmětu na sítnici. K tomu, aby člověk tento blízký předmět neviděl dvojitě a bylo zachováno jednoduché binokulární vidění do blízka, je potřeba poupravit pohledové osy (z výchozího paralelního postavení). Dochází tedy ke konvergenci, díky které je umožněna foveolární projekce obrazů.

Třetím procesem triády je mióza, která přispívá ke zvýšení zrakové ostrosti. Zúžení zornic vyloučí vliv periferních částí čočky a přes pupilu dále prochází pouze tenký kužel paprsků. [3] [4] [10]

### **Poruchy akomodace**

Jako poruchy akomodace můžeme označovat jak fyziologické, tak i patologické změny či stavy. Změny podmíněné stárnutím jsou fyziologické a označují se jako presbyopie neboli stařecká vetchozrakost. Nástup presbyopie je tedy postupný a úměrný věku. Při presbyopii dochází ke snižování plasticity a elasticity čočky a postupně se snižuje i akceschopnost ciliárního svalu. Fyziologicky tedy klesá akomodační šíře a blízký bod se posouvá směrem od oka. [2] [14]

Akomodační šíře se postupně snižuje již od dětství (viz. Obrázek č. 2). Podle Duana dosahuje akomodační šíře u dětí v 8 letech 14D, což odpovídá blízkému bodu ve vzdálenosti 7 cm. Dále se hodnoty pohybují ve 36 letech okolo 7D, ve 46 letech 3D, v 52 letech 1,5D a okolo 60 let věku je akomodační šíře rovna 1D. Po 70 roku života člověk neakomoduje téměř vůbec. [1] [6]



Obr. č. 2: Duanův Graf (Zdroj: Anton, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody)

Graf obsahuje křivku pro maximální (linie C), střední (linie B) a minimální (linie A) hodnoty akomodační šíře v dioptriích.

Na druhé straně patologické poruchy mají většinou náhlý vznik. Mohou nastat změny v šířce a reakci zornice, nebo se objevují anomálie konvergence. Dochází ke změně zrakové ostrosti do blízka nebo do dálky. Patologické stavy označujeme jako:

- insuficience akomodace
- exces akomodace
- spasmus akomodace
- obrna akomodace

[2] [10]

### Charakteristiky akomodace

Ke kvantitativnímu popisu akomodace se používá několik základních pojmů. Pro pochopení dané problematiky je tedy nutné tyto pojmy vysvětlit. Grafické znázornění polohy bodů se nachází na obrázku číslo 3.

**Daleký bod (*punctum remotum*)** – nejvzdálenější bod na optické ose, který se ostře zobrazí na sítnici při minimální akomodaci. Vzdálenost dalekého bodu se udává v metrech a značíme jako  $a_R$ . U emetropického oka se daleký bod vyskytuje v nekonečnu. Podle refrakční vady se tento bod posouvá do konečné vzdálenosti. U hypermetropického oka jej

nalezneme v konečné vzdálenosti za okem a u myopického oka v konečné vzdálenosti před okem. [9]

Jestliže známe polohu dalekého bodu, jsme schopni určit axiální refrakci oka ( $A_R$ ). Tu získáme jako převrácenou hodnotu vzdálenosti dalekého bodu od hlavní předmětové roviny oka. Tento údaj nám definuje momentální refrakční stav oka. Axiální refrakce se měří v dioptriích a vypočítá se ze vzorce:

$$A_R = 1/a_R [D] \quad [8] [14]$$

**Blízký bod (*punctum proximum*)** – nejbližší bod na optické ose, který je oko schopno ještě zaostřit na sítnici při maximální akomodaci. Vzdálenost blízkého bodu od oka se uvádí v metrech a značí se jako  $a_p$ . Vzdálenost blízkého bodu má zásadní význam pro posuzování momentálního akomodačního výkonu. Vztah pro výpočet tohoto výkonu je:

$$A_p = 1/a_p [D] \quad [8] [9] [14]$$

**Akomodační interval (oblast)** – ohraničená oblast mezi dalekým a blízkým bodem. Tento interval určuje rozmezí, ve kterém je oko schopno vidět jednotlivé body ostře. Měří se v metrech a značí se  $\Delta a$ . Akomodační oblast je mírou využitelnosti akomodace a zmenšuje se s přibývajícím věkem. Matematické vyjádření pro  $\Delta a$  je:

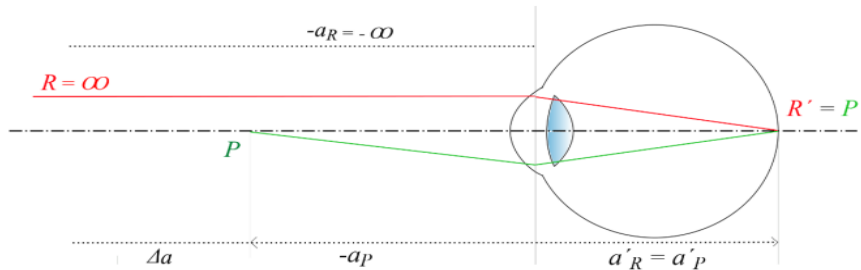
$$\Delta a = a_R - a_p [m]$$

$$\Delta a = 1/A_R - 1/A_p [m] \quad [8] [9] [14]$$

**Akomodační šíře (amplituda)** – jedná se o maximální nárůst optické mohutnosti oka, kterého je možné dosáhnout procesem akomodace. Akomodační šíře ( $A_{\check{S}}$ ) je tedy určena rozdílem klidové (statické) a maximální (dynamické) akomodace. Akomodační šíře se udává v dioptriích a lze ji vypočítat jako rozdíl reciprokových hodnot předmětových vzdáleností dalekého a blízkého bodu od předmětové hlavní roviny oka:

$$A_{\check{S}} = 1/a_R - 1/a_p [D]$$

Hodnota AŠ se s přibývajícím věkem snižuje (v důsledku poklesu elasticity oční čočky). Nejvyšších hodnot nabývá v dětství, potom postupně klesá a nakonec kolem 65 roku zaniká. Dochází ke změně polohy blízkého bodu a mění se celý akomodační interval. [8] [14]



Obr. č. 3: Akomodační interval emetropického oka (Zdroj: Nagyová, Emese. Srovnání akomodačně vergenčních vlastností vizuálního systému pro jednotlivé refrakční vady)

### Vyšetření akomodace oka

Existuje několik základních veličin akomodace a tyto veličiny lze měřit. Mezi tyto veličiny řadíme *akomodační šíři*, *akomodační facilitu*, *akomodační odezvu* a *relativní akomodaci*. Podle naměřených hodnot potom můžeme posuzovat, zda je akomodace odpovídající či nikoli. [10]

### Měření akomodační šíře (amplitudy)

Jak už bylo vysvětleno, akomodační šíře vyjadřuje míru akomodační schopnosti oka. Také již byl popsán vztah pro výpočet akomodační šíře, ze kterého lze vypočítat AŠ jako rozdíl dioptrické hodnoty dalekého a blízkého bodu. Když předpokládáme, že je oko emetropické (případně pseudoemetropické), nachází se daleký bod tohoto oka v nekonečnu. Potom je akomodační šíře rovna vergenci vzdálenosti blízkého bodu. Tato skutečnost nám umožňuje vypočítat hodnotu AŠ pouze ze znalosti polohy blízkého bodu vyšetřovaného oka. [5] [11]

Pro měření AŠ lze využít několik metod. Dělíme je na *objektivní* a *subjektivní*. Mezi objektivní metody řadíme měření AŠ pomocí Hartingerova koincidenčního refraktometru (s použitím pilokarpinu nebo se zkušebními čočkami).

V praxi jsou však více využívány subjektivní metody. Mezi subjektivní metody řadíme: *push – up test*, *push – down test*, *metodu rozptylných čoček (minus lens to blur)*, *akomodometry* a *měření pomocí fokometru*. [5] [10] [11]

## Metoda Push – up měření akomodační šíře

Ve výzkumné části využívám ke svému měření metodu Push – up. Proto zmíním několik informací o této metodě vyšetřování akomodační amplitudy. Push – up je subjektivní vyšetřovací metoda pro zjištění hodnoty akomodační šíře. Vyšetření probíhá monokulárně nebo binokulárně, a to s optimální korekcí na dálku. Podstatou metody je nalézt blízký bod pacienta. Tedy hledáme nejkratší vzdálenost, ve které se pozorovaný předmět zobrazí ostře do ohniska na sítnici. Pokud měříme binokulárně, je nutné brát v potaz vliv vergenční složky. Výhodou této metody je rychlost, nenáročnost na vybavení a jednoduchost.

Optometrista potřebuje k provedení pouze znak, který bude pacient fixovat, pravítko a okluzor (při monokulárním vyšetření). Jako pozorovaný předmět můžeme použít čtecí tabulku, nebo například fixační pravítko, které vidíme na obrázku č. 4 (fixation stick - vertikální proužek se znaky). [13] [15]



Obr. č. 4 Fixační pravítko (Zdroj: vlastní archiv)

Samotné měření spočívá v plynulém přibližování testové značky směrem k oku až do momentu, kdy pacient udává její rozostření. V této chvíli ještě pacienta necháme zkusit zaostřit, a pokud je rozostření trvalé, našli jsme polohu blízkého bodu. Reciproká vzdálenost tohoto blízkého bodu se rovná hodnotě akomodační amplitudy. [13] [15]

## Měření akomodační snadnosti (facility)

Akomodační facility znamená schopnost oka rychle a správně měnit akomodaci, neboli odpovídat na měnící se zrakové podmínky. Míra snadnosti se odráží na zrakovém komfortu a nižší hodnoty mohou být příznakem akomodační insuficience. Akomodační facility může být ovšem snížena, i když hodnoty akomodační amplitudy jsou v normě.

Samotné testování facility může probíhat za binokulárních nebo monokulárních podmínek použitím flipperu. Při binokulárním měření musíme počítat se zapojenímvergence, což ovlivní facilitu. Také je nutné nejprve naměřit akomodační amplitudu vyšetřovaného. Podle tabulek poté můžeme pro určitou akomodační amplitudu dohledat potřebnou vzdálenost testovací tabulky do blízka a velikost použitého flipperu, jelikož podmínky pro testování facility se liší například u dítěte s AŠ 12 a u třicetiletého dospělého s AŠ 5 D. Po umístění tabulky do správné vzdálenost před okem vyšetřovaného (dle tabulek) jsou předřazeny plusové flippery. To způsobí rozostření a následně má vyšetřovaný za úkol opět zaostřit text. Po zaostření se flipper (viz obrázek č. 5) otočí na minusovou hodnotu a opět je úkolem vyšetřovaného ohlásit moment, kdy se text zaostří. Po dobu 60 sekund se tento proces opakuje. Poté se spočítá, kolikrát byl vyšetřovaný schopen zaostřit.

Výsledky se udávají v cyklech za minutu (cpm). Za jeden cyklus se považuje jedno zaostření se spojnou i rozptylnou čočkou. Binokulárně nabývají výsledky nižších hodnot (okolo 8 cpm). Monokulárně se výsledky pohybují okolo 11 cpm. [5] [10] [16]



Obr. č. 5: Flipper +/- 0,25 D (Zdroj: YEAO A., Paillé D., Drobe B., Koh P., Myopia and Effective Management Solutions)

### **Měření akomodační odezvy**

Při tomto vyšetření ověřujeme akomodační odezvu, resp. odpověď, která je důležitou součástí celkového vyšetření akomodace. Jedná se o měření akomodační odezvy na akomodační stimul. Odpověď často není totožná s vyvolávajícím stimulem. V momentě, kdy hodnota akomodační odezvy nedosahuje předem očekávané hodnoty (odezva je vůči stimulu



menší), hovoříme o *zpoždění akomodace – lag of accommodation*. V opačném případě, kdy je akomodační odezva větší než stimul, se jedná o zvýšenou *akomodační odpověď – lead of accommodation*. Vyšetření lze provádět pomocí Jacksonových cylindrů, dynamickou retinoskopií (za použití bichromatického testu na blízko) nebo objektivně pomocí autorefraktometru. [5] [16]

### **Měření relativní akomodace**

Při měření relativní akomodace se snažíme zjistit, o kolik můžeme zvýšit nebo snížit akomodaci při konvergenci na určitou danou vzdálenost, aniž by došlo k narušení ostrého jednoduchého binokulárního vidění. Tedy předpokládáme změnu akomodace při neměnné konvergenci. Relativní akomodace vyjadřuje největší možnou změnu akomodace, kdy ještě nevznikne diplopie. [10] [16]

Akomodaci navozujeme zkušebními čočkami a rozlišujeme pozitivní a negativní relativní akomodaci. *Pozitivní relativní akomodace (PRA)* - maximální nárůst akomodace bez změnyvergence. Při měření PRA se stimuluje akomodační výkon oka předkládáním rozptylných čoček, kdy postavení očí zůstává beze změny. Rozptylné čočky způsobí rozostření a stimulují akomodaci. [10] [16]

*Negativní relativní akomodace (NRA)* – maximální schopnost desakomodace (uvolňování akomodace) při nezměněné vergenci. Měří se předkládáním spojných čoček, které uvolní akomodaci. Při vyšetření (PRA i NRA) pozoruje pacient blízký bod na testovací tabulce ve čtecí vzdálenosti 40 cm (2,5 D). Měření a další předkládání čoček před obě oči (v krocích po +/- 0,25 D) provádíme až do doby, kdy vyšetřovaný oznámí trvalé rozostření či rozdvojení obrazu. Očekávané hodnoty se pohybují v prepresbyopickém věku kolem -3 D (PRA) a +2 D (NRA) pro stimul o velikosti 2,5 D. [10] [16]

### **Výzkumná část**

Cílem výzkumné části mé diplomové práce je zjistit závislost akomodační šíře na vertikálním úhlu pohledové osy. Přesněji tedy měřit akomodační šíři ve třech vertikálních pohledových směrech a porovnat velikosti akomodační šíře v těchto úhlech. Předmětem výzkumu je také zda (a jak) akomodační šíři v těchto pohledových směrech ovlivní výška oční štěrbin.

Měření probíhá tedy ve vertikálním pohledovém úhlu 30° směrem nahoru, 30° směrem dolů od pohledu přímo vpřed (0°) a při samotném pohledu rovně před sebe (0°). Vyšetřované osoby jsou bez rozdílu dospělí muži a dospělé ženy v nepresbopickém věku. Je nutné, aby vÍzus vyšetřovaných dosahoval s korekcí hodnotu 1,0 nebo lepší. Mezi další požadavky patří jednoduché binokulární vidění, nenarušené oční pohyby a absence oční patologie omezující vyšetření. K měření akomodační šíře je využito binokulární metody Push – up.

Mezi mé hypotézy patří, že velikost akomodační amplitudy závisí na vertikálním úhlu pohledové osy. A to tak, že směrem dolů akomodační šíře roste. Druhou hypotézou je, že tyto hodnoty jsou také ovlivněny výškou oční štěrbiny.

## Zdroje

1. ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text (Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví). ISBN 80-7013-148-9.
2. AUTRATA, Rudolf. Nauka o zraku. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-701-3362-7
3. CAMPBELL, W.W. DeJong's The Neurologic Examination. 7th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams, c2013, 830 p., ISBN 978-1-4511-0920-7
4. DARTT, D. A., BESHARSE, J.C., DANA R.: Encyclopedia of the eye. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, 2010, 555 p. ISBN 978-0-12-374199-8
5. ELLIOTT, David B. Clinical procedures in primary eye care. 3rd ed. New York: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2007, 342 p. ISBN 978-075-0688-963.
6. GALMUSOVÁ, Andrea. Možnosti vyšetření akomodace oka [online]. Brno, 2009 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/x4tds/>>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Šárka Skorkovská.
7. CHARTMAN, W. N. (2008), The eye in focus: accommodation and presbyopia. Clinical and Experimental Optometry, 91: 207-225. doi:10.1111/j.1444-0938.2008.00256.x
8. KRAUS, Hanuš. Kompendium očního lékařství. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:8b3fe390-af63-11e3-9d7d-005056827e51>

9. KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
10. NAGYOVÁ, Emese. Srovnání akomodačně vergenčních vlastností vizuálního systému pro jednotlivé refrakční vady [online]. Brno, 2016 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/ch4bo/>>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce David Severa.
11. OSTRIN, L. A., Glasser A.: Accommodation measurements in a prepresbyopic and presbyopic population. J Cataract Refract Surg 2004 July, pages 1436-1444
12. RIEBEL, Otto. Nauka o zraku. Brno, 1974
13. ROSENFELD, M. a N. LOGAN. Optometry: Science, Techniques and Clinical Management. 2. vyd. United Kingdom: Butterworth heinemann elsevier, 2009, 568 s. ISBN 978-0-7506-87782-2.
14. RUTRLE, Miloš. Brýlová optika. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text pro střední zdravotnické školy. ISBN 80-7013-145-4.
15. SEVERA, D., BENEŠ, P. a BRAMBOROVÁ, S.: Je libo PUSH-UP?. Česká oční optika. 2013, roč. 54, č. 4, s. 22-24. ISSN 1211-233X.
16. 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.
17. SPURNÁ, Gabriela. Ověření aktuálních hodnot Duanovy křivky akomodační šíře [online]. Brno, 2015 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/hb9p0/>>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Petr Veselý.

## **Zdroje obrázků**

**Obr. č. 1:** KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.

**Obr. č. 2:** ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text (Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví). ISBN 80-7013-148-9.

**Obr. č. 3:** NAGYOVÁ, Emese. Srovnání akomodačně vergenčních vlastností vizuálního systému pro jednotlivé refrakční vady [online]. Brno, 2016 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/ch4bo/>>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce David Severa.

**Obr. č. 4:** vlastní fotografie

**Obr. č. 5:** YEAO A., Paillé D., Drobe B., Koh P., Myopia and Effective Management Solutions, Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics, [www.pointsdevue.com](http://www.pointsdevue.com), October 2016

**Bc. Mikulková Kateřina, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.**

## **Possibilities of measurements ocular accommodation**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Annotation**

In the following article I focus on the theoretical basis of the topic of the diploma thesis on "Possibilities of measurements ocular accommodation". I describe mainly the rules and methods of examining the accommodation of the eye. At the end of the text, I give a few words about my diploma study, which deals with the dependency of amplitude on the vertical angle of view.

### **Key words**

Accommodation, accommodative amplitude, near point, push – up test

### **Introduction**

Currently and also in the last few decades, work to close distance has become an integral part of human life. Many day-to-day activities do not work without the accommodation of the eye, which allow sharp vision at different distances. These activities include reading, computing and, finally, mobile phones, tablets and many others. There are therefore great demands on the accommodation of the eye at work and also in the free time. This is the reason, why it is necessary to observe and record the changes related to accommodation. After that we should be able to ensure maximum visibility at different distances and to deal with possible innovations in this issue. This is done by several examinations, which deal with the various parameters of the accommodation process.

### **Accommodation**

Accommodation is a very important process in the human eye. This process allows objects to be displayed by the eye at variable subject distances within the range of the actual subject. The range in which the eye is able to see individual points sharply is bordered and is called the accommodation area. Ability to accommodate is ensured in humans by increasing refraction of the lens. The exact physiology of the process of accommodation itself is still the subject of research. Several theories have been described, which are outlined below. Among

the structures of the eye that participated in the accommodation of the lens belongs the lens, suspensory ligaments of the lens and ciliary body. [12] [14]

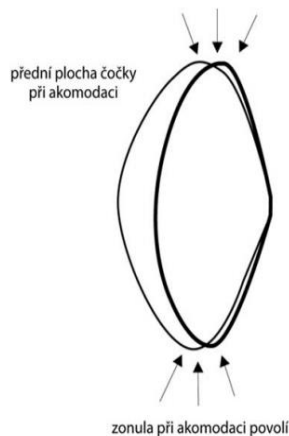
### **Accommodation mechanism**

Accommodation is allowed by the muscles of the ciliary body, the lens and the suspensory ligaments of the lens and is an involuntary process that is to a certain extent influenced by will. According to new research, active procession are applied to the long distance, and there are stagnation of the meridional fibers of the ciliary muscle (Brücke's muscle), which is innervated by nervus sympathicus. [1]

It is a mutually antagonistic activity. Nervus parasympathetic ensures close vision and nervus sympathetic s in the distance. Two basic processes - internal and external accommodation - can be distinguished during accommodation. External - extra-capsular accommodation means an increase in the optical power of the eye lens due to a change in the radii of curvature of the functional areas of the lens system. Internal - intra - capsular accommodation represents changes in the composition of mainly internal masses of the equivalent core of the lens. [14]

Opinions on the exact mechanism of accommodation are still not uniform. There are several theories, and the most well-known are theories - Helmholtz, Schachar and Tscherning, Coleman and Gullstrand. One of the main theories of accommodation is the theory described by Herman von Helmholtz (1821-1894).

Helmholtz described antero-posterior enlargement of the central part of the lens that occurs during accommodation (picture n 1). He assumed contraction of the ciliary muscle during accommodation. The ciliary muscle contrails (moving forward and inward) and relaxes the zonal fiber tension between the equator and the ciliary muscle. As a result of this release of the traction and due to the elasticity of the lens, a passive process occurs - the front surface of the lens is curved. The lens decreases its diameter and increases its axial thickness. According to Helmholtz, this increases the dioptric refraction of the eye lens during the accommodation. [9]



Picture n. 1: Accommodation by Helmholtz (Source: Kuchynka, Pavel. Oční lékařství. 2)

At the moment the accommodation passes, there is a process called desaccommodation. In this situation ciliary muscle is relaxed and released. The ciliary muscle returns to its original size and the tension of the zonal fibers again increases. The resting tension of zonular fibers causes the lens to be rewound to its original shape. [9]

### Components of accommodation

For the accommodation process, we distinguish four functional components from the functional point of view. These components are called - tonic, reflex, vergence, and proximal accommodation.

**Tonic accommodation** induces a slightly myopic state of the eye that occurs in the absence of any stimulus and is always present. Thus this occur in an empty visual field, or when viewed in the dark. This component of accommodation is induced by the resting tension of the ciliary muscle. The tonic accommodation rate for young people is around + 0.75 D, but can range between 0 and 2 D.

**Reflective accommodation** is an automatic process of refractive state adjustment of the eye that ensures focusing and maintains a sharp image of the fixed object on the retina. It is not controlled by will and it is stimulated by the blurred image on the retina. It is probably the largest and most important component of the entire system. It does not change much in life.

**Vergency accommodation** is the second most important component of accommodation. It is associated with fusion and gives rise to a convergence - accommodation quotient (CA/C). Values in young people range around 0,5 D per 1 meter angle.

**Proximal (psychic) accommodation** is stimulated by the apparent or anticipated distance of a nearby subject. It represents only a small part of the whole accommodation process (4-10%). [2] [7]

### **Accommodation triad**

Impulse to accommodation reflex in humans may be a change of view from a distance to a close. The change will induce not only the accommodation, but also the convergence and narrowing of both pupils - miosis. Together we call these three processes as an accommodation triad.

Looking at a close subject, the blurred image of the retina becomes the primary stimulus to trigger the reflex of accommodation. Because of accommodation, the optical power of the lens is increased, and the close subject is focused on the retina. In order not to see this close object double and to keep a simple binocular vision to near distance, it is necessary to trim the viewing axes (from the initial parallel position). Thus, there is convergence that enables foveolar projection of images.

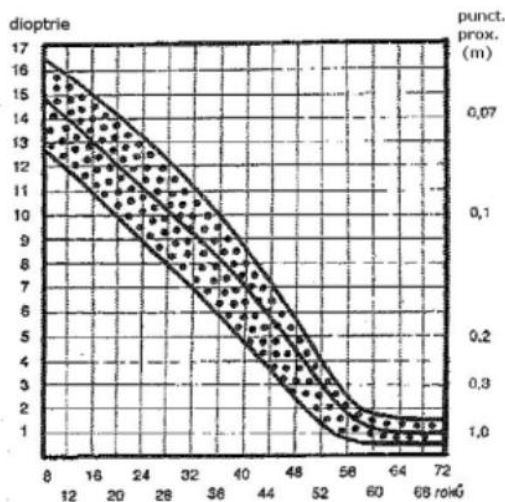
The third part of triad is a miosis that helps to increase visual acuity. The narrowing of the pupils eliminates the influence of peripheral lens parts, and only a thin cone of rays passes through the pupil. [3] [4]

### **Disorders of accommodation**

Disorders of accommodation can be referred to as physiological and also as pathological changes or conditions. Aging-related changes are physiological and are referred to as presbyopia. The onset of presbyopia is therefore gradual and proportionate to age. Presbyopia reduces the plasticity and elasticity of the lens and gradually reduces the activity of the ciliary muscle. Physiologically, the accommodative range decreases and the close point moves away from the eye. [2]

Accommodation range has been gradually decreasing since childhood. According to Duan, the accommodation range of children at 8 years of age is 14D, which corresponds to a close point at 7 cm. Additionally, the values are at 36 years old around 7D, at 46 years 3D, at 52 years of 1.5D and around 60 years of age the accommodation range is equal to 1D. After 70 years of life, human is not using accommodation range at all. [1]





Picture n. 2: Duan's chart (Source: Anton, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody.)

The graph contains the curve for the maximum (line C), the middle (line B) and the minimum (line A) for the accommodation range in dioptres.

On the other hand, pathological disorders usually have a sudden onset. There may be changes in pupil width and response or convergence anomalies. There is a change in visual acuity to near or far. We describe pathological conditions as:

- insufficient accommodation
- excess accommodation
- spasm of accommodation
- paralysis of accommodation [2] [10]

### Accommodation characteristics

A number of basic concepts are used for the quantitative description of accommodation. It is therefore necessary to explain these concepts to understand the issue.

**Far point (punctum remotum)** - the most distant point on the optical axis, which is sharply displayed on the retina with minimal accommodation. The distance of the far point is given in meters and denote as  $a_R$ . At the emetropic eye, the far point occurs at infinity. Depending on the refractive error, this point moves to the final distance. The hypermetropic eye is

found at the final distance behind the eye and the myopic eye at the final distance in front of the eye. [9]

If we know the position of the far point, we are able to determine the axial refraction of the eye ( $A_R$ ). Here we get an inverted distance value of a far point from the main subject plane of the eye. This figure defines the current refractive state of the eye. The axial refraction is measured in diopters and is calculated from the relation:

$$A_R = 1/a_R [D] \quad [8] [14]$$

**Near point (punctum proximum)** - the closest point on the optical axis that the eye can still focus on the retina at maximum accommodation. The distance of a close point from the eye is given in meters and denoted as  $a_p$ . The proximity point is critical to assessing the current power of accommodation. The relation for calculating this power is:

$$A_p = 1/a_p [D] \quad [8] [9] [14]$$

**Accommodative interval (area)** - the limited area between the far and near points. This interval determines the range in which the eye can see the points sharply. It is measured in meters and denoted  $\Delta a$ . The accommodation area is a measure of the usability of accommodation and decreases with increasing age. The mathematical expression for  $\Delta a$  is:

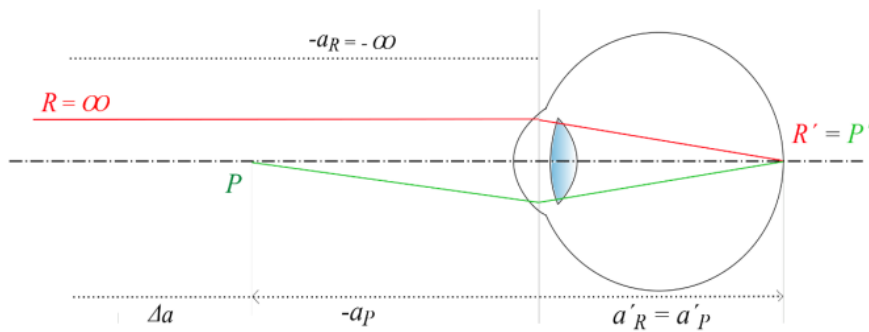
$$\Delta a = a_R - a_p [m]$$

$$\Delta a = 1/A_R - 1/A_p [m] \quad [8] [9] [14]$$

**Accommodative amplitude** - this is the maximum increase in the optical power of the eye, which can be achieved by the accommodation process. Accommodative amplitude (AA) is therefore determined by the difference between static and dynamic (maximum) accommodation. Accommodative amplitude is given in diopters and can be calculated as the difference between the reciprocal values of the subject distances of the far and close points from the main subject plane of the eye:

$$A\check{S} = 1/a_R - 1/a_p [D]$$

The value of AA decreases (as the elasticity of the ophthalmic lens decreases) with increasing age. Higher values are acquired in childhood. Then gradually decreases and finally disappears around 65 years. There is a change in the position of a nearby point and the whole accommodative interval is changed. [8]



Picture n. 3: Accommodative amplitude (emmetropic eye) (Source: Nagyová, Emese. Srovnání akomodačně vergenčních vlastností vizuálního systému pro jednotlivé refrakční vady.)

Examination of the accommodation of the eye

There are several basic quantities of accommodation and these quantities can be measured. Among these belongs accommodative amplitude, accommodative facility, accommodative response and relative accommodation. Depending on the measured values, we can then judge whether the accommodation is adequate or not. [10]

### Measuring accommodative amplitude (AA)

As it was explained above, the AA expresses the degree of accommodative capacity of the eye. Also, a relationship has been described for the calculation of the accommodative amplitude, from which the AA can be calculated as the difference between the diopter values of the far and near points. When we assume that the eye is emmetropic (or pseudoemmetropic), the far point of that eye is at infinity. Then the amplitude is equal to the vergence of the proximity point distance. This fact allows us to calculate the value of AA only from knowledge of the position of the near point of the examined eye. [5]

Several methods can be used to measure AA. We divide them into objective and subjective. Among the objective methods, we rank AA using a Hartinger coincidence refractometer (with pilocarpine or test lenses).

In practice, however, more subjective methods are used. Among the subjective methods we include: push - up test, push - down test, minus lens to blur, accommodometers and focimeters. [5] [10] [11]

### **Push - up measurement (accommodative amplitude)**

For my research, I chose Push - up for my measurement. That is why I will mention some information about this method for measuring accommodative amplitude. Push - up is a subjective examination method for determining the value of the AA. Examination is done monocularly or binocularly, with optimal correction to the distance. The purpose of the method is to find a patient's near point. So, we are looking for the shortest distance in which the observed object is sharply exposed to the focus of the retina. If we measure binocularly, it is necessary to take into account the influence of the vergence component. The advantage of this method is speed, affordability and simplicity. The Optometrist needs only a symbol to fix, the ruler, and the eye occluder (for monocular examination). We can use a reading table or a fixation stick, for example (picture n. 4). [13]



Picture n. 4 Fixation stick (Source: my own archive)

The measurement itself consists of the gradual approximation of the test mark to the eye until the patient indicates its blurring. At this point, let the patient continue to focus, and if the blurring is permanent, we find position of the near point. Reciprocal distance of near point is equal to the accommodative amplitude. [13] [15]

### **Measurement of accommodative facility**

The accommodative facility means the ability of the eye to change quickly and correctly the accommodation, or to respond to changing visual conditions. The degree of ease is reflected in visual comfort and lower values may be a symptom of accommodative insufficiency.

The accommodation facility may, however, be reduced, even if the accommodative amplitude values are in the standard. The facility testing itself can be done under binocular or monocular conditions using a flipper. For binocular measurements, we must count with the involvement of vergence, which affects the facility. It is also necessary to first measure the accommodative amplitude of the investigated. According to the tables, for a certain accommodative amplitude, we can trace the required distance of the test chart to the close and the size of the flipper used, since the conditions for testing the facility differ, for example, in a child with AA 12 and a 30-year-old adult with AA 5 D. After placing the chart at the correct distance before the eye of the patient (according to the tables) there are added plus flippers. This causes blurring and then the patient task is to focus the text again. After focusing, the flipper turns to a minus power, and once again the task of the patient is to report the moment when the text is focused. The process is repeated for 60 seconds. Then counts how many times the patient is able to focus.

The results are given in cycles per minute (cpm). One cycle is considered to be focused once with plus and minus lens. Binocularly, the results are lower (about 8 cpm). Monocular results are about 11 cpm. [5] [10]



Picture n. 5: Flipper +/- 0,25 D (Source: YEAO A., Paillé D., Drobe B., Koh P., International Review of Ophthalmic Optics)

### **Measurement of accommodative response**

During this examination, we can check the accommodative response, which is an important part of the overall examination of accommodation. It is a measure of the accommodative response to the accommodative stimulus. The answer is often not identical with the inducing

stimulus. At the moment when the value of the accommodative response does not reach the anticipated values (the response is low to the stimulus), we are talking about the lag of accommodation. Otherwise, when the accommodative response is greater than the stimulus, it is an increased accommodative response - lead of accommodation. Examinations can be performed using Jackson cylinders, dynamic retinoscopy (using a dichromatic proximity test) or objectively using an autorefractometer. [5] [16]

### **Measurement of relative accommodation**

When measuring relative accommodation, we try to find out how much we can increase or decrease accommodation at convergence to a given distance without disturbing the sharp simple binocular vision. Thus, we assume a change in accommodation under unchanging convergence. Relative accommodation expresses the greatest possible change in accommodation, while still not arise diplopia. [10] [16]

The accommodation is induced by test lenses and we distinguish positive and negative relative accommodation. *Positive relative accommodation (PRA)* - maximum increase in accommodation without change of vergence. When PRA is measured, the accommodative performance of the eye is stimulated by minus lenses, whereby the position of the eyes remains unchanged. These minus lenses cause blur and stimulate accommodation. [10] [16]

*Negative relative accommodation (NRA)* - maximum ability of relaxing accommodation (release accommodation) with unchanged vergence. It is measured by using plus lenses, which will release the accommodation. During the examination (PRA and NRA), the patient sees a close point on the test chart at a reading distance of 40 cm (2,5 D). Measuring and further submitting the lenses in front of both eyes (in increments of +/- 0.25 D) is performed until the patient announces permanent blur or bifurcation of the image. Expected values range between -3 D (PRA) and +2 D (NRA) for a 2,5 D stimulus in the pre-presbyopic age. [10] [16]

### **Research part**

The purpose of the research part of my diploma thesis is to determine the dependency of the accommodative amplitude on the vertical angle of the visual axis. More precisely, measure the accommodative amplitude in three vertical visual directions and compare the

size of the accommodative amplitude at these angles. The subject of the research is also whether and how accommodative amplitude in these visual directions affects the height of the eye slit.

So the measurement is performed at a vertical visual angle of 30 ° upwards, 30 ° downwards from a straight forward view (0 °) and straight ahead (0 °). The measured subjects are, without exception, adult males and adult women in non-presbyopic age. It is necessary that the visual acuity correction examined reached a value of 1.0 or better. Other requirements include simple binocular vision, undisturbed eye movements, and absence of ocular pathology limiting the examination. The binocular method Push - up is used to measure the accommodative amplitude.

My hypothesis is that the size of the accommodative amplitude depends on the vertical angle of the visual axis, so that the accommodative width is increasing in the downward direction. The second hypothesis is that these values are also affected by the height of the eye slit.

## Sources

1. ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text (Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví). ISBN 80-7013-148-9.
2. AUTRATA, Rudolf. Nauka o zraku. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-701-3362-7
3. CAMPBELL, W.W. DeJong's The Neurologic Examination. 7th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams, c2013, 830 p., ISBN 978-1-4511-0920-7
4. DARTT, D. A., BESHARSE, J.C., DANA R.: Encyclopedia of the eye. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, 2010, 555 p. ISBN 978-0-12-374199-8
5. ELLIOTT, David B. Clinical procedures in primary eye care. 3rd ed. New York: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2007, 342 p. ISBN 978-075-0688-963.
6. GALMUSOVÁ, Andrea. Možnosti vyšetření akomodace oka [online]. Brno, 2009 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/x4tds/>>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Šárka Skorkovská.

7. CHARTMAN, W. N. (2008), The eye in focus: accommodation and presbyopia. *Clinical and Experimental Optometry*, 91: 207-225. doi:10.1111/j.1444-0938.2008.00256.x
8. KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:8b3fe390-af63-11e3-9d7d-005056827e51>
9. KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
10. NAGYOVÁ, Emese. Srovnání akomodačně vergenčních vlastností vizuálního systému pro jednotlivé refrakční vady [online]. Brno, 2016 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/ch4bo/>>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce David Severa.
11. OSTRIN, L. A., Glasser A.: Accommodation measurements in a prepresbyopic and presbyopic population. *J Cataract Refract Surg* 2004 July, pages 1436-1444
12. RIEBEL, Otto. *Nauka o zraku*. Brno, 1974
13. ROSENFELD, M. a N. LOGAN. *Optometry: Science, Techniques and Clinical Management*. 2. vyd. United Kingdom: Butterworth heinemann elsevier, 2009, 568 s. ISBN 978-0-7506-87782-2.
14. RUTRLE, Miloš. *Brýlová optika. 2. přeprac. vyd.* Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text pro střední zdravotnické školy. ISBN 80-7013-145-4.
15. SEVERA, D., BENEŠ, P. a BRAMBOROVÁ, S.: Je libo PUSH-UP?. *Česká oční optika*. 2013, roč. 54, č. 4, s. 22-24. ISSN 1211-233X.
16. 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.
17. SPURNÁ, Gabriela. Ověření aktuálních hodnot Duanovy křivky akomodační šíře [online]. Brno, 2015 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/hb9p0/>>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Petr Veselý.



## **Picture sources**

**Picture n. 1:** KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.

**Picture n. 2:** ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text (Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví). ISBN 80-7013-148-9.

**Picture n. 3:** NAGYOVÁ, Emese. Srovnání akomodačně vergenčních vlastností vizuálního systému pro jednotlivé refrakční vady [online]. Brno, 2016 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/ch4bo/>>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce David Severa.

**Picture n. 4:** my own archive

**Picture n. 5:** YEAO A., Paillé D., Drobe B., Koh P., Myopia and Effective Management Solutions, Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics, [www.pointsdevue.com](http://www.pointsdevue.com), October 2016

**Bc. Jana Chludilová, Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.**

## **Využití speciálních zrakových pomůcek na základních školách a v centrech pro zrakově postižené**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Úvod**

Sdělení je zaměřeno na speciální zrakové pomůcky, které využívají nejen zrakově postižené děti na základních školách, ale také dospělí ve speciálních zrakových centrech. V textu je uveden popis pomůcek pro zrakově handicapované a jejich rozdělení. Součástí článku tvoří také výsledky výzkumu využitelnosti těchto pomůcek v praxi.

Klíčová slova: zraková pomůcka, optická pomůcka, zrakové postižení, slabozrakost, nevidomost.

### **Příčiny snížení vízu**

Ke snížení zrakové ostrosti mohou vést vrozené nebo získané choroby, které postihují optická média, porušují funkci sítnice nebo některého úseku zrakové dráhy.

- a) Vrozené vady – albinismus, aniridie, kolobomy cévnatky a zrakového nervu, nystagmus, retinopatie nedonošených a jiné
- b) Získané vady – záněty, degenerace či úrazy rohovky, postižení sítnice (senilní a myopická makulární degenerace, diabetická a hypertonická retinopatie), glaukom, choroby zrakového nervu jako atrofie a jiné. [2]

### **Důsledky snížení vízu**

Výše v textu byl uveden výčet hlavních příčin možného snížení zrakového výkonu. V této části bude zmíněno, co to vlastně snížení zraku znamená a jak se klasifikuje.

Zrak je jeden z nejdůležitějších lidských smyslů, který je pro naši existenci velmi důležitý. Zrakem je přijímáno až 80% informací z okolního prostředí, především světlo, barvy nebo tvary. [5] Pokud dojde ke snížení kvality vidění natolik, že člověk již není schopen rozeznat běžné písmo, pak se jedná o **slabozrakost**. Jelikož tito lidé mají ještě zbytky zraku, mohou

využívat pomůcky pro zrakově postižené, jako jsou lupy nebo speciální dalekohledy, které jim pomohou lépe číst nebo se orientovat v prostoru. V případě, že již hlavní funkci v získávání informací přebírají ostatní smysly, jedná se o **nevidomost**. Tímto způsobem handicapovaní lidé mohou nebo nemusejí mít zachovaný barvocit. [4]

Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) se celkové zrakové postižení dělí do 5 základních skupin. [3]

1. Střední slabozrakost

- maximum zrakové ostrosti s nejlepší možnou korekcí je menší než 6/18 (0,3) a minimum rovno nebo lepší než 6/60 (0,1)

2. Silná slabozrakost

- maximum zrakové ostrosti s nejlepší možnou korekcí je menší než 6/60 (0,1) a minimum je rovno nebo lepší než 3/60 (0,05)

3. Těžce slabý zrak

- maximum zrakové ostrosti s nejlepší možnou korekcí je menší než 3/60 (0,05) a minimum rovno nebo lepší než 1/60 (0,02)
- a dále koncentrické zúžení zorného pole obou očí pod 20 stupňů nebo jediné funkční zdatné oko pod 45 stupňů

4. Praktická nevidomost

- maximální zraková ostrost s nejlepší možnou korekcí je 1/60 (0,02), 1/50 až světlocit
- nebo omezení zorného pole do 5 stupňů kolem centrální fixace, i když centrální ostrost není postižena

5. Úplná nevidomost

- ztráta zraku zahrnující stavy od naprosté ztráty světlocitu až po zachování světlocitu s chybným určením světelné projekce

### **Speciální pomůcky**

Pomůcky pro zrakově postižené se mohou dělit do několika skupin.

- A) **Rehabilitační pomůcky** – tyto pomůcky slouží výhradně pro zvětšení sledovaného objektu. Jsou proto spíše využívány slabozrakými pacienty, kteří mají ještě nějaké zbytky zraku.

**Lupy** – existuje velké množství typů lup. Dělí se zejména na lupy **ruční**, **příložní** nebo **stojánkové**. Dále na lupy s osvětlením nebo bez osvětlení. Výhodou lupy stojánkové oproti lupě ruční je to, že ji majitel nemusí držet v určité vzdálenosti před textem, ale má ji v klidu položenou na textu. Stejně je tomu i u příložních lup, jak už napovídá sám název. Nevýhodou u tohoto typu lupy je ale to, že mají velmi omezeno zorné pole a pacient se musí hodně soustředit na čtený text.

**Kamerové lupy** – jedná se o optoelektronické pomůcky, které mohou být buď **nepřenosné**, ty jsou pevně umístěny na pracovním stole a nelze je tak jednoduše přenášet (př.: ClearView), nebo **přenosné**, které jsou sice také umístěny na pracovním stole, ale jejich velikost a váha již není tak velká, takže je možné je přenášet z místa na místo. Některé typy přenosných kamerových lup mají i vestavěný displej a jsou tak malé, že je možné přenášet je v kapse.

**Využití výpočetní techniky** – zde se jedná především o speciální **počítačové programy**. Ty na monitoru počítače umožňují zvětšení textu a změnu jeho barvy nebo hlasové odečítání obrazovky. Příkladem takového programu je ZoomText. Výpočetní technika však nezahrnuje jen softwaru, ale patří sem také speciální **hardwarové zařízení** pro práci s Braillovým písmem. Takovým přístrojem je třeba Braillovský řádek, který se připojí k PC a umožňuje zobrazení textových informací pomocí Braillova bodového písma. Patří sem také tiskárna Braillova písma nebo speciální zápisník pro nevidomé.

B) **Kompenzační pomůcky** – tyto pomůcky souží ke kompenzaci zrakového handicapu tím, že pro jejich užití není preferován zrak, ale jiný smysl například sluch nebo hmat.

Proto je možné, aby tyto pomůcky využívali jak slabozrací, tak nevidomí pacienti.

Mezi kompenzační pomůcky řadíme pomůcky pro zápis Braillova písma, kde nejdůležitějším je určitě **Pichtův psací stroj**. Tento psací stroj obsahuje 6 kláves (stejně jako počet bodů Braillova písma) a mezerník, který klávesy dělí na dvě skupiny po třech. Pro napsání znaku je nutné stáčit všechny požadované klávesy současně. Dále sem můžeme řadit **Dymokleště** – jsou tvořeny pohyblivým kotoučem, na jehož obvodu jsou vyznačeny znaky Braillova písma společně se znaky pro vidoucí osoby. Celý tento systém je nasazen na rukojeti s tlačítkem. Po otočení znaku směrem ke značce a zmáčknutím tlačítka se znak vyrazí na dymopásku.



Obr. 1: Pichtův psací stroj a dymokleště [1]

Další kompenzační pomůckou jsou pomůcky pro usnadnění mobility. Sem řadíme hlavně **orientační hole**, které slouží k bezpečnému venkovnímu pohybu. Jsou bílé, dlouhé a zakončené větší koncovkou. Naopak **signalizační hůl** (která slouží pouze k upozornění okolí, že se jedná o silně zrakově postiženého jedince) je kratší, tenká a bez výrazné koncovky. Na takové hole lze připevnit tzv. **povelový vysílač** (VPN), který majiteli umožňuje získat informace o okolním prostředí, o zastávce, na které se nachází, číslo dopravního prostředku nebo třeba možnost zapnout si signalizaci na přechodu. Jednou z možností je také pořídit si **vodícího psa**. Tato možnost je však využívána až dospělými klienty, kteří již zvládají samostatnou orientaci v terénu a jsou schopní se o psa plně postarat. Chůze s vodícím psem je jednodušší, rychlejší, pes je dobrý pomocník, ale je stále nutné myslet na to, že nenahrazuje orientační hůl.

Jako poslední lze mezi kompenzační pomůcky zařadit **drobné pomůcky denní potřeby**. Jedná se hlavně o měření času pomocí speciálních **hodinek**. Ty mohou být buď to digitální s hlasovým výstupem, nebo ručičkové, které mají místo čísel znaky v Braillově písmu a odklápěcí sklíčko, aby si mohl uživatel osahat ciferník. Potom různé indikátory ať už hladiny, světla nebo barev. Čtečky hlasových etiket, různé hmatové označovače, rozlišovače bankovek, pomocná linka pro psaní a spoustu dalších. [1]

## Výzkum

Výzkumná část sdělení informuje o zrakově postižených dětech a dospělých, kteří mají již natolik snížený vizek, že nejsou schopni číst nebo pozorovat své okolí bez určité speciální

pomůcky. Cílem výzkumu je tedy zjistit, jaké zrakové pomůcky jsou těmito lidmi nejčastěji preferovány a využívány v praxi.

**Materiál a metodika výzkumu** Pro zjištění všech informací od klienta byl použit jednoduchý dotazník, který obsahoval 9 otázek včetně informací jako je jméno, věk, třída a pohlaví. K dotazníkům byl přiložen také informovaný souhlas rodičů.

*Tabulka č. 1: Ukázka dotazníku*

Jméno, věk, pohlaví, třída	
Typ očního postižení	Slabozrakost Nevídomost Amblyopie (tupoizrakost) Postižení rohovky Postižení sítnice Postižení očního nervu Katarakta (šedý zákal) Glaukom (zelený zákal)
Doba vzniku postižení	Od narození / Získání během života
Vízus	BINO dálka / blízko
Brýle	ANO / NE
Pomůcka do dálky Pomůcka na blízko	Typ pomůcky – Množství pomůcek - Využití – Doba používání – Vlastní / vypůjčená – Místo získání – a) škola b) lékař c) spec.centrum d) koupě Zaučení s pomůckou - a) škola b) lékař c) spec.centrum d) sám
Jiná nejčastěji používaná pomůcka	Pohybová a orientační pomůcka – hůl, pes Pomůcka pro zápis Braillova písma Zvuková pomůcka Jiná
Spokojenost s pomůckou	Spokojený Nespokojený

	Co by se dalo zlepšit
Máš doma	Mobilní telefon Tablet Počítač

Pro zjištění vízu byl použit optotyp s Lea symboly, kdy do dálky se jednalo o nástěnný optotyp zavěšený na školní tabuli ve vzdálenosti 3 m od pozorovatele. Na blízko byl použit také optotypy s Lea symboly, nyní však na vzdálenost 40 cm. Tato vzdálenost byla odměřena pomocí provázku umístěného na okraji tabulky.

Veškerý dosavadní výzkum byl zatím prováděn na Speciální základní škole pro zrakově znevýhodněné v Brně, kde byl navštíven nejprve školní klub a družina a poté i žáci v samotných třídách. Celkový screening trval do 10 minut. Skládal se z vyplnění dotazníku a zjištění vízu do dálky a na blízko s vlastní korekcí, pokud ji daný jedinec měl k dispozici.

## Výsledky

Z průběžných výsledků lze zatím uvést, že se celkově do studie zapojilo 23 žáků ve věku od 7 do 15 let (graf č. 1). Nejvíce žáků (5) bylo ve věku 13 let a nejméně (1) ve věku 7 a 11 let. Průměrný věk byl 11,3 let. Zastoupení těchto žáků ve třídách znázorňuje graf č. 2. Z grafu je patrné, že ve 3. a 8. třídě bylo testováno vždy po 5 dětech. V 5. třídě byly 4 děti, ve 2. a 7. třídě po 3 dětech a ve 4. třídě 2 děti. Zástupcem 1. třídy byl jen 1 žák. V 6. a 9. třídě nebyly měřeny žádné děti.



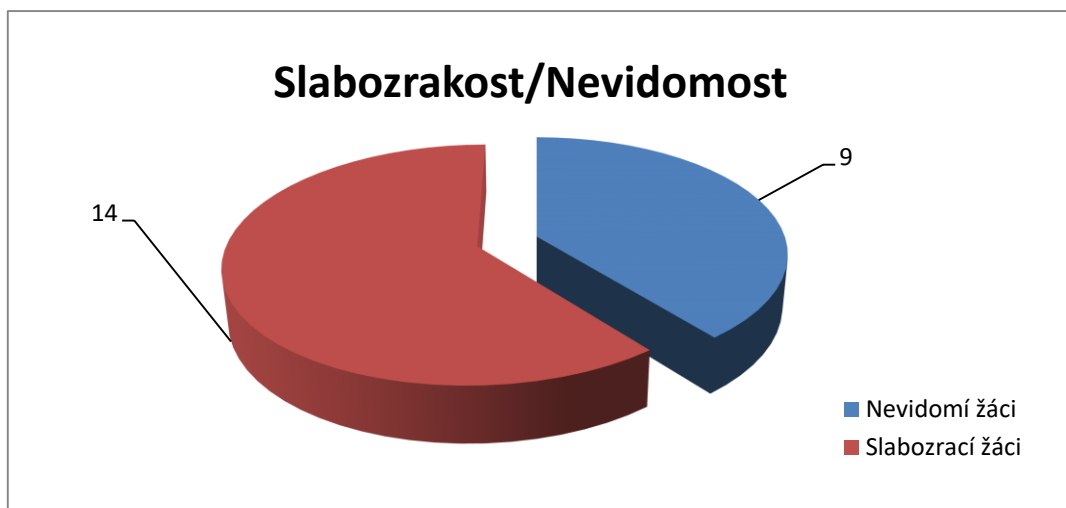
Graf č. 1: Rozdělení žáků podle věku



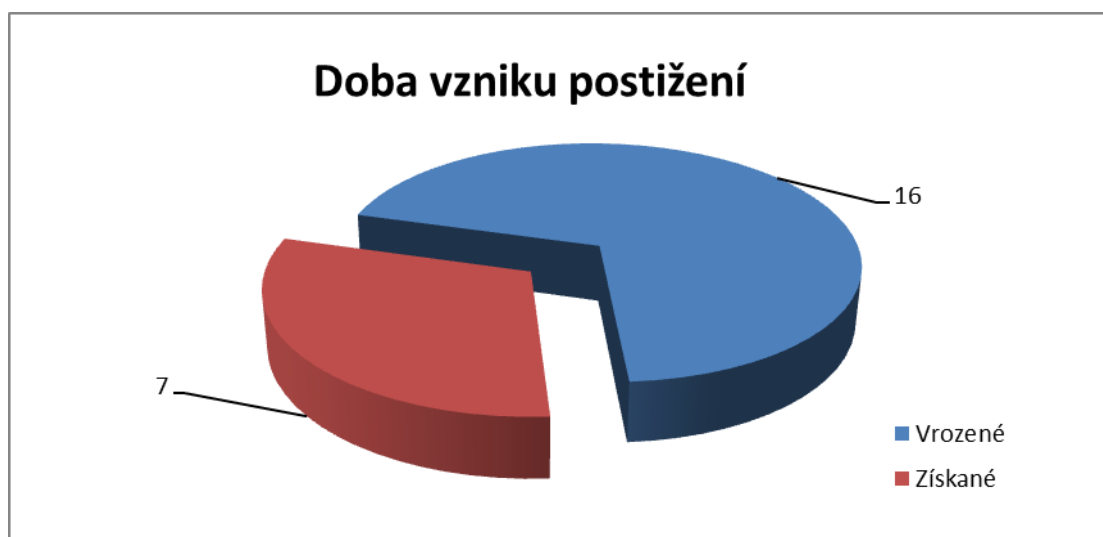
Graf č. 2: Rozdělení žáků podle počtu ve třídách

Z celkového počtu žáků bylo 9 nevidomých a 14 slabozrakých (graf č. 3). V grafu č. 4 je uvedeno, že 16 objektů z celku, mělo oční postižení již vrozeně, u 7 žáků vzniklo postižení až v průběhu života.





Graf č. 3: Rozdělení na slabozraké a nevidomé žáky



Graf č. 4: Znárodnění doby vzniku očního postižení

Nejčastěji zjištěnou příčinou sníženého vÍzu je u slabozrakých postižení oční čočky z důvodu katarakty a postižení sítnice kolobomem. Dalšími důvody jsou například postižení rohovky, zrakového nervu, duhovky či zornice. U nevidomých se jako nejčastější příčinou slepoty projevilo postižení zrakového nervu. 2/3 dotazovaných ze skupiny nevidomých na tuto otázku vůbec neodpovědělo. Ze skupiny slabozrakých se jednalo pouze o 3 zástupce. Všechny tyto informace jsou obsaženy v grafu č. 5.

Dalším bodem výzkumu byl screening zrakové ostrosti. Výše v textu již byly popsány důsledky sníženého vízu a tak víme, že nevidomí mají zrak natolik nízký, že již není měřitelný. Proto byla zraková ostrost zjišťována jen u slabozrakých. Naměřené výsledky byly rozděleny do 4 skupin na skupiny žáků s lepším vize než 0,3 decimálně (skupina 1), žáci se střední slabozrakostí (skupina 2), silnou slabozrakostí (skupina 3) a těžkou slabozrakostí (skupina 4). Další rozdělení bylo podle vízu do dálky a na blízko. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Celkový počet měřených dětí je 13. Vízus byl rozdělen nejenom na 4 skupiny, podle velikosti zrakové ostrosti, ale také podle toho, na jakou vzdálenost byl zrak vyšetřován. Hodnoty vízu na obě vzdálenosti nemusí spadat do stejné kategorie.

Do skupiny 4 spadají 2 děti s vize na dálku a jedno z nich s vize do blízka. Ve skupině 3 se vyskytují pouze 3 děti se zrakovou ostrostí na blízko. Do skupiny 2 je zařazeno 8 dětí s vize na dálku 0,175, ale pouze u 7 z nich odpovídá zraková ostrost do blízka hodnotám skupiny 2. Do poslední skupiny s lepším vize než 0,3 spadají 3 děti, které mají zrakovou ostrost do dálky 0,966 a z nich 2 děti s vize do blízka v hodnotě 0,515.



Graf č. 5: Zastoupení chorob způsobující oční postižení

Tabulka č. 2: Rozdělení probandů podle zrakové ostrosti

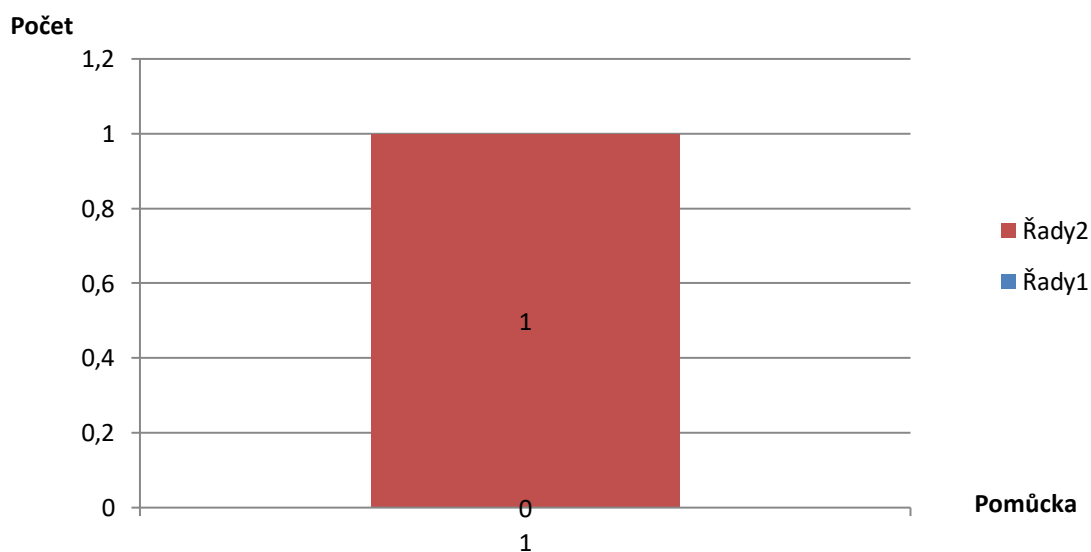
Celkem 13 měřených	Dálka		Blízko	
	Počet	Ø Vízus (dec)	Počet	Ø Vízus (dec)
Vízus lepší než 6/18 (0,3)	3	0,966	2	0,515
Střední slabozrakost 6/18 – 6/60 (0,3 – 0,1)	8	0,175	7	0,156
Silná slabozrakost 6/60 – 3/60 (0,1 – 0,05)	0	0	3	0,06
Těžká slabozrakost 3/60 – 1/60 (0,05 – 0,02)	2	0,01	1	0,0025

Výše v textu již byly popsány všemožné pomůcky, které pro slabozraké žáky existují. V této části bude zmíněno, jak jsou pomůcky využívány v praxi. Byly zjišťovány nejčastěji preferované pomůcky jak do dálky, tak na blízko, ale také pomůcky denní potřeby.

Co se týká pomůcek do dálky (tab.č. 3), tak jak nevidomí tak slabozrací žáci překvapivě žádnou speciální pomůcku nepoužívali. U nevidomých se jednalo hlavně o signalizační hůl, kterou vlastnili všichni z dotazovaných nevidomých žáků. Tuto hůl používali ještě 2 žáci ze slabozrakých, kteří se s ní začínali učit z důvodu velmi špatného zraku. Dva žáci k této holi vlastnili také povelový vysílač (VPN). U slabozrakých dětí se jako pomůcka do dálky nejčastěji vyskytovaly brýle, které navíc sloužili jako korekce jejich refrakční vady. Jedna dívka také uvedla, že pro zvětšení předmětů na větší vzdálenost používá zvětšení fotoaparátu mobilního telefonu.

Tabulka č. 3: Využití pomůcek do dálky

	Nevidomí	Slabozrací
Signalizační hůl	9	2
Povelový vysílač	1	1
Brýle	0	11



Graf č. 6: Vyobrazení tabulky 2

Nejčastěji uváděnou pomůckou na blízko u nevidomých žáků je pomůcka pro zápis Braillova písma – Pichtův psací stroj. Tento stroj využívali všichni nevidomí a 3 žáci ze slabozrakých, kteří se na něm začínali teprve učit psát. Pro zápis Braillova písma žáci využívali také Dymo kleště nebo Braillovský řádek k PC. Tyto pomůcky ale nebyly tak oblíbené jako pomůcka předchozí. U slabozrakých žáků se jako nejpoužívanější pomůcka na blízko osvědčila nepřenositelná kamerová lupa, kterou vlastnilo 9 dětí ze 14, z toho ale 3 děti měli tyto lupy 2 krát. Další pomůckou pro zlepšení zraku na blízko jsou obyčejné ruční lupy, které se dělí o druhé místo se zvětšeným písmem. Na třetím místě využitelnosti pomůcek na blízko jsou příložní lupy ve tvaru polokoule, kterou používají 3 slabozrací žáci. Dalšími zjištěnými pomůckami, které jsou ale preferovány v malém počtu, jsou příložní lupa řádková, ZoomText, lupa k notebooku nebo PC s hlasovým výstupem. Některým žákům stačí k zlepšení viditelnosti čteného textu pouze dobré osvětlení.

Zjišťovány byly také pomůcky pro denní potřebu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 4. Čtyři z devíti žáků používali speciální hodinky pro nevidomé, tři žáci využívali indikátor barev a kalkulačku a jeden žák uvedl, že využívá při nalévání nápoje do hrnečku hladinku. Hodnoty

*Tabulka č. 4: Využití pomůcek pro denní potřebu*

	Počet
Hodinky	4
Indikátor barev	3
Kalkulačka	3
Hladinka	1

## Zdroje

- [1] BUBENÍČKOVÁ, H.,KARÁSEK, P.,PAVLÍČEK R., *Kompenzační pomůcky pro uživatele se zrakovým postižením* [online]. TyfloCentrum Brno, o. p. s., 2012. ISBN 978-80-260-1538-3. Dostupné z <http://pomucky.blindfriendly.cz>
- [2] HRACHOVINA, V.,DOŠKOVÁ, H., *Zvětšovací pomůcky, učební texty pro studující optometrie*. II. Oční klinika LFMU v Brně – Bohunicích, 1998
- [3] NÁRODNÍ INFORMAČNÍ CENTRUM PRO MÁDEŽ, *Národní informační centrum pro mládež* [online]. 2014 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z <http://www.nicm.cz/klasifikace-zrakoveho-postizeni>
- [4] VÍTKOVÁ, Veronika. *Slabozrakost* [online]. Olomouc, 2013 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z <https://theses.cz/id/691lyx/00179268-785427645.pdf>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Mgr. Lenka Musilová DiS.
- [5] WIKIPEDIA, *Wikipedia* [online]. 2017 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z <https://cs.wikipedia.org/wiki/Zrak>

**Bc. Jana Chludilová, Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.**

## **Use of special visual aids in primary schools and centers for the visually impaired**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Introduction**

This text is focused on special visual aids which are used not only by visually impaired children in elementary schools but also by adults in special vision centers. You will find that a description of these special tools and their sorting. This text also contains the previous research results.

Key words: visual aid, visual impairment, low vision, blindness,

### **Causes of low vision**

Lower vision acuity can be caused by congenital or acquired diseases. These diseases affect the optic media, impair the function of the retina or some section of the vision pathway.

- a) Congenital diseases – albinism, aniridia, choroideal coloboma and coloboma of optic nerve, nystagmus, retinopathy of prematurity and others
- b) Acquired defects - inflammation, degeneration or corneal injury, retinal disorders (senile and myopic macular degeneration, diabetic and hypertonic retinopathy), glaucoma, optic nerve diseases such as atrophy and others. [2]

### **Consequences of low vision acuity**

In the previous chapter, we learned what the causes of reduced vision may be. Now we are going to talk about what it means to reduce vision and how it divides.

Vision is one of the most important human senses that are very important to our existence. By sight, we receive up to 80% of the information from the environment, mainly light, colors or shapes.[5] If the vision is reduced to such a degree that a person is no able to read ordinary scripture, then it is a **low vision (purblind)**. Because these people still have visions, they can use aids for the visually impaired, such as magnifying glasses or special telescopes, to help them read or orient themselves in space.

In the case that the main function in the accepting of information takes over the other senses, it is **blind**. These person may or may not have a preserved sensation of perception of light. [4]

According to the World Health Organization (WHO), total visual impairment is divided into 5 basic groups. [3]

1. Medium low vision
  - maximum visual acuity with the best possible correction is less than 6/18 (0.3) and the minimum is equal or better than 6/60 (0.1)
2. Strong low vision
  - the maximum visual acuity with the best possible correction is less than 6/60 (0,1) and the minimum is equal or better than 3/60 (0,05)
3. Heavily low vision
  - the maximum visual acuity with best possible correction is less than 3/60 (0.05) and the minimum is equal or better than 1/60 (0.02)
  - and a concentric narrowing of the field of view of both eyes below 20 degrees or a single functional eye under 45 degrees
4. Practical blindness
  - The maximum visual acuity with the best possible correction is 1/60 (0.02), 1/50 to lumen
  - or the limitation of the field of view to 5 degrees around the central fixation, even if the central sharpness is not affected
5. Full blindness
  - Is characterized by the impossibility to recognize between light and darkness (faulty light perception), or with light perception, inability to specify the light projection correctly

### **Special tools**

Instruments for the visually impaired can be divided into several groups.

- A) **Rehabilitation aids** – these instruments are only serve to magnify observed object. Therefore they are more likely used by low vision patients who still have some visual remnants.



**Magnifying glasses** - there are really many types of magnifying glasses. It is mainly divided into *hand magnifiers*, *bar magnifiers* or *stand magnifiers*. Magnifying glasses can be with or without illumination. The advantage of a stand magnifiers against the hand magnifiers is that the owner does not have to keep it at a certain distance from the text but has it in a quiet place on the text. The same is with a bar magnifiers, as the name itself suggests. The disadvantage of such magnifiers is that the field of view is very limited, and the patient has to focus a lot on the read text.

**Camera magnifiers** - these are optoelectronic aids can either be *non-portable*, they are firmly placed on the work table and can not be easily transferred (eg ClearView), or *portable*, which are also placed on the work table, but their size and weight are no big so they can be transferred from place to place. Some types of portable camera magnifiers also have a built-in display and there are so small they can be carried in a simple pocket.

**Using of computer technology** - here are special *computer programs* that allow text magnification and color change or voice reading of the screen. For example of such a program can be ZoomText. However, computer technology does not only include software, but also a special *hardware device* for working with Braille. Such a device is Braille line that connects to the PC and allows you to display text information using Braille point fonts. It also includes a Braille printer or a special notebook for the blind.

B) **Compensatory aids** - these aids are used to compensate the lack of visual function by not requiring sight, but other senses such as hearing or touch. Therefore, it is possible to be used by visually impaired and blind patients.

Among the compensatory aids we include the tools for *writing Braille*, where the most important is certainly *Picht's typewriter*. This typewriter contains 6 keys (as well as the number of Braille points) and a space bar that divides the keys into two groups of three. To write a mark, all required keys must be available at the same time. Next we can arrange the *Dymokleště* - they are formed by a movable disk, on the periphery of which are marked Braille characters together with characters for the seeing persons. The entire system is attached to the handle with the button. After turning the character towards the mark and pressing the button, the character goes out on the flip-chart.



Fig. 1 Picht's typewriter and dymokleště [1]

Another compensatory aid is a mobility aid. Here we mainly include **orientation sticks**, which serve for safe outdoor movement. They are white, long and ending with a larger end. On the other hand, the **signaling stick** (which serves only to alert the surroundings that it is a visually impaired person) is shorter, thin and without large end. **Command Transmitter** (VPN) can be attached to such sticks, which allows the owner to get information about the surrounding environment, about the stop on which he is located, the number of the means of transport or the possibility of switching on signaling at the transition. One of the options is also to get a **guide dog**. However, this option is only used by adult customers who already have a separate orientation in the field and are able to take care of the dog fully. Walking with a guide dog is easier, faster, the dog is a good helper, but it is still necessary to think that it does not replace the orientation stick.

Lastly, **small utility tools** can be included among compensatory aids. This is mainly about time measurement using special **watches**. These can either be digital with voice output or handhelds that have character numbers in the Braille with deflect slide in place of numbers so that the user can reach the dial. Then the surface, lights or colors indicators. Voice tags readers, various tactile markers, banknote differentials, helpline for writing, and lots of others. [1]

## Research

In research, I deal with visually impaired children and adults who already have a reduced vision that they are unable to read or observe their surroundings without any special aids. The aim of the research is to find out which visual aids these people are most often selected and used in practice.

### Material and methodology of research

To find out all the information from the client was used a simple questionnaire which included 9 questions plus information such as name, age, class and gender. Questionnaires were accompanied by informed consent from parents.

*Table 1: Questionnaire*

Name, age, sex, classroom	
Type of eye handicap	Low vision Blindness Amblyopia Cornea disability Retinal disability Eye nerve disability Cataract Glaucoma
The age of disability	Congenital / During life
Visual acuity	Binocular far / near
Glasses	YES / NO
Aids to the far Aids to the near	Type of aid – Number of aids - Use – Time of using – Own / Borrowed – Instead of getting – a) school b) eye doctor c) special center d) buy Learning with aid - a) school b) eye doctor c) special center d) alone
Other aids	Movement and orientation aid – stick, dog  Tools for writing Braille Sound aids Others

Satisfied with aid	Satisfied Unsatisfied
Have you got?	Mobile phone Tablets Computer

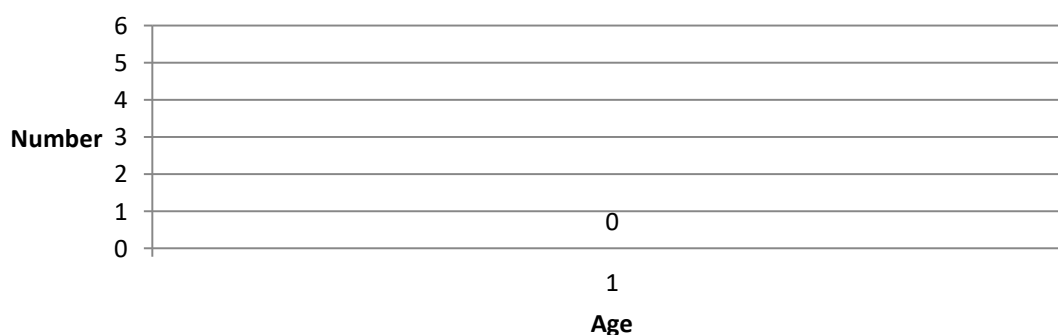
To find out the visus was used an optotype with Lea symbols. For measuring to the distance an optotype was hanging on a school board 3 meters from the child. For measuring to the near was also used optotype with Lea symbols at a distance of 40 cm. This distance was measured using a string located at the edge of the table.

All previous research has so far been carried out at a kindergarten, primary school and a secondary school in Kamenomlýnská Brno, where I first visited the school club and the team and then the students in the classes themselves for a long break. Total screening lasted a few minutes and consisted of filling out a questionnaire and finding a long-distance and near-distance visa.

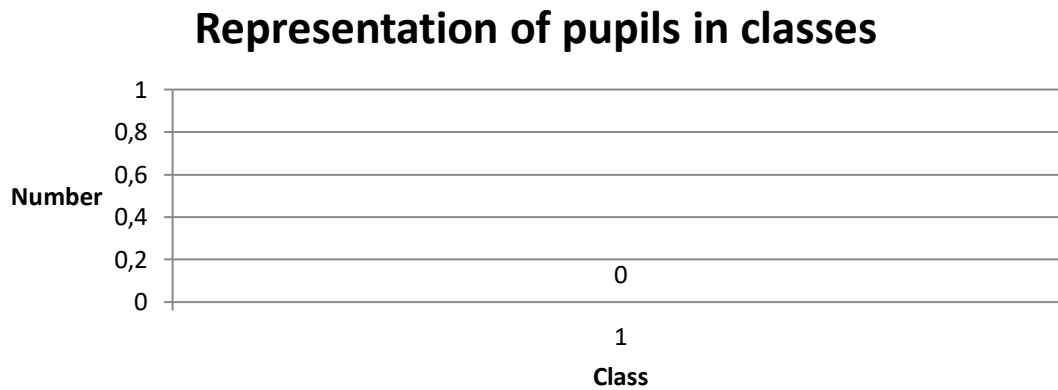
## Results

Meanwhile was measured 23 pupils aged between 7 and 15 years (Figure 1). Most pupils (5) were at the age of 13 and at least (1) at the age of 7 and 11. The average age was 11.3 years. Representation of these pupils in classes is shown in Figure 2. The graph shows that most pupils (5) attend the third and eighth grades. Otherwise, at least the pupils (1) were of the first class. In the sixth and ninth class were measured zero children.

### Age representation of pupils



Graph 1: Distribution of pupils by age



Graph 2: Distribution of pupils by number in classes

Of the total number of pupils, 9 were blind and 14 were purblind (Figure 3). Figure 4 shows that 16 objects from the whole, the ocular disorder was already congenital, 7 of the pupils had a disability in the course of their life.

## Purblind/Blind

0; 0%

■ 1

Graph 3: Distribution to blind and purblind pupils

## Period of disability



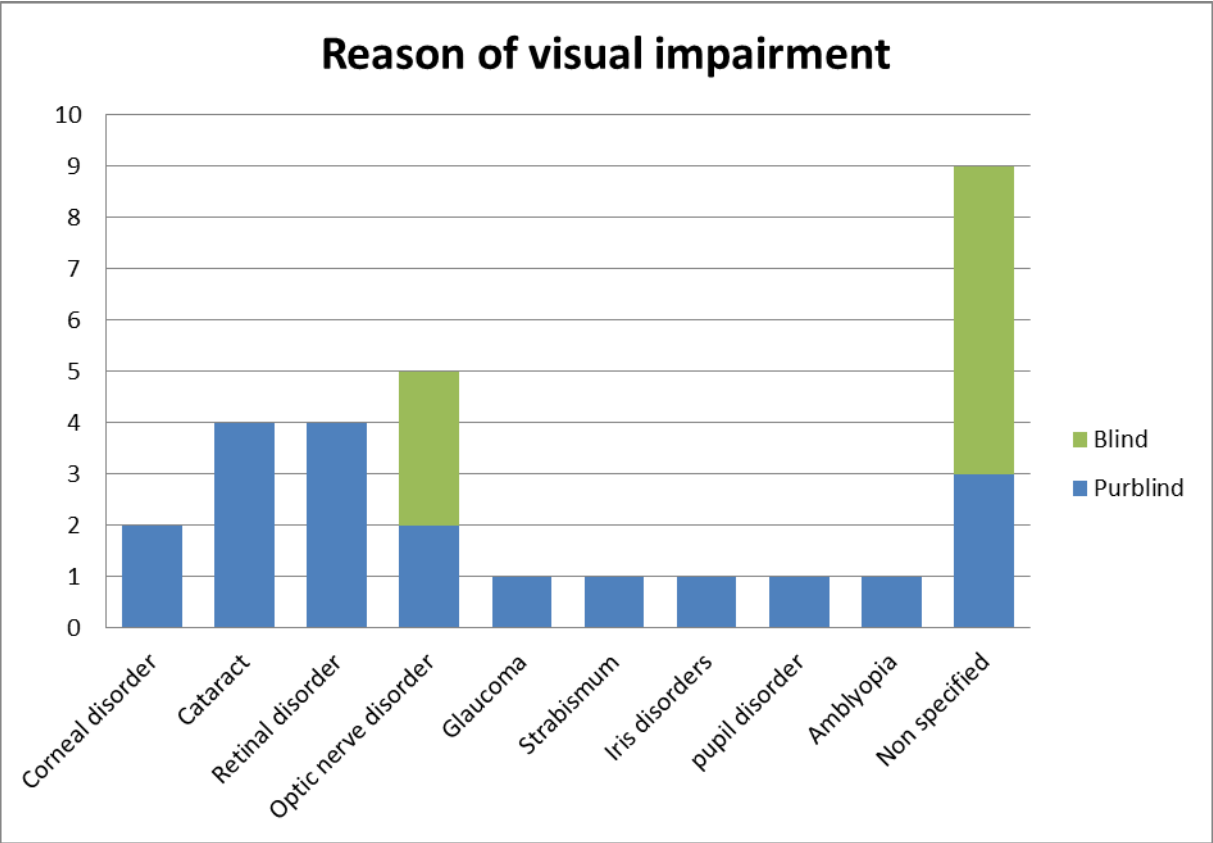
*Graph 4: Indication of the time of eye disability*

The most commonly found causes of the low vision is for purblind disability of lens due to cataract and retinal damage by a colloboma. Other reasons include corneal, optic nerve, iris, or pupils handicap. Blindness was seen as the most common cause of blindness in the optic nerve. Two-thirds of the respondents from the blind group did not answer this question at all. Of the group of weak-sighted people, there were only 3 representatives. All this information is contained in graph 5.

Another point of the research was screening or measuring visus. The effects of a reduced visus have already been described in the text, so we know that blind people have the visus so low that they are no measurable. That is why the visus was measured only for the low vision patient. The results of the pupils' measured visus were divided into 4 groups. Per group of pupils with a better visus of 0.3 decimals ( group 1), pupils with moderate visually impaired (group 2), strong weakness (group 3) and severe weakness (group 4). Further divisions were to the distance and to the near. These results are reported in Table 2.

The total number of measured children is 13. The visus was divided not only into 4 groups, according to the size of visual acuity, but also by the distance to which the eyes was examined. Visus values for both distances don't need to fall into the same category.

Group 4 includes 2 children with a visus into the far and one of them with a visus to near. In Group 3 there are only 3 children with visual acuity to near. Group 2 includes 8 children with a visus into the far of 0.175, but only 7 of them correspond with visual acuity to near to group 2. In the last group with a better visual acuity than 0.3 are 3 children with a visual acuity within the range of 0.966 and 2 children with a visus to the near 0.515.



Graph 5: Diseases causing ocular disability

Table 2: Division of probands by visual acuity

	Far		Near	
	number	∅ Visus (dec)	number	∅ Visus (dec)
Visus better than 6/18 (0,3)	3	0,966	2	0,515
Medium weakness 6/18 – 6/60 (0,3 – 0,1)	8	0,175	7	0,156

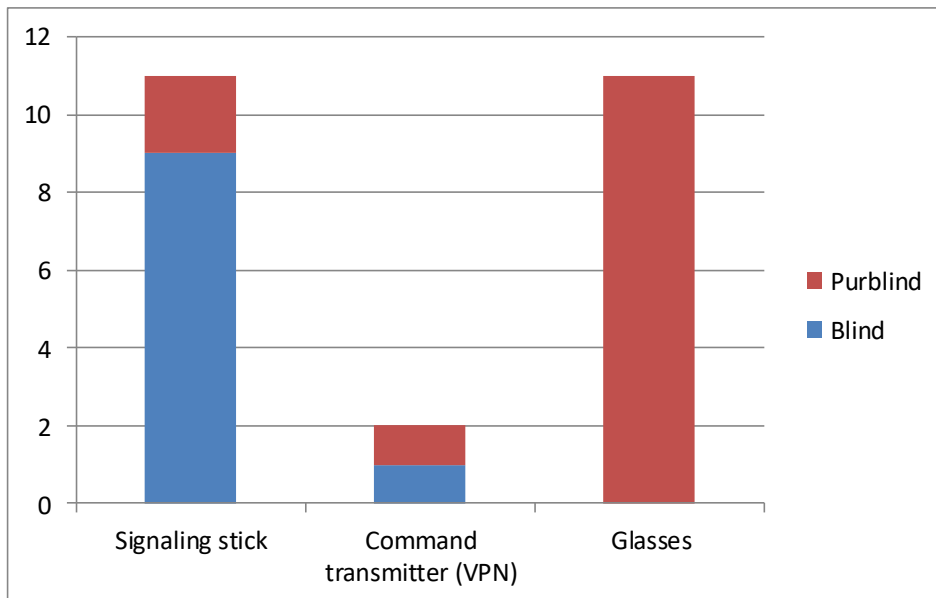
Strong weakness 6/60 – 3/60 (0,1 – 0,05)	0	0	3	0,06
Hard weakness 3/60 – 1/60 (0,05 – 0,02)	2	0,01	1	0,0025

Now we finally get to the main topic of work, and it visual aids for the blind and visually impaired pupils of elementary schools. As already mentioned in the text, what kinds of aids exist for these pupils. Now we will look at how these tools are used in practice. It has been determined what are the most commonly used tools for the distance and for the near, but also the tools of daily necessity. Regarding the tools to the distance (Tab. 3), the blind and the purblind pupils surprisingly don't used any special aids. For the blind, it was mainly a signaling stick by all the blind pupils interviewed, plus two other pupils from the purblind who started to learn it because of a very bad sight. Two pupils also owned a command transmitter (VPN). In purblind children, they were most often used a glasses, which served as a correction of their refractive defects. One girl also said that she uses zooming to a distance by camera cell phone magnification.

*Table 3: Use of aids to the distance*

	Blindness	Low vision
Signaling stick	9	2
Command transmitter (VPN)	1	1
Glasses	0	11





*Graph 6: Table 2 illustration*

The most used aid to the near is the Braille writing tool - Picht's typewriter. This machine was used by all the blind and 3 pupils of purblind people who were just beginning to learn to write. For writing Braille, pupils also used Dymo pliers or Braille to PC. These tools were not as popular as the previous aid. For poor-sighted pupils, 9 children out of 14 owned non-transportable camera magnifier. This was found to be the most used aid, but 3 children had these camera twice. Another aid for improving eyesight to the near is a simple hand magnifier, which is divided in second place with enlarged font. The third place of use of the close-up aids is a putting hemispherical magnifiers, which is used by 3 weak-sighted pupils. However, other devices, which are preferred in a small number, are a putting magnifier, ZoomText, a laptop magnifier, or a PC with voice output. Some pupils only need good lighting to improve the visibility of the read text.

Next were also found aids for daily use. Four of the nine pupils used a special watch, the three pupils used the color indicator and the calculator, and one pupil stated that he was using the surface indicator.

Table 4: Use of aids for daily use

	Number
Watches	4
Color indicatoer	3
Calculator	3
Surface indicator	1

## Resources

- [1] BUBENÍČKOVÁ, H.,KARÁSEK, P.,PAVLÍČEK R., *Kompenzační pomůcky pro uživatele se zrakovým postižením* [online]. TyfloCentrum Brno, o. p. s., 2012. ISBN 978-80-260-1538-3. Dostupné z <http://pomucky.blindfriendly.cz>
- [2] HRACHOVINA, V.,DOŠKOVÁ, H., *Zvětšovací pomůcky, učební texty pro studující optometrie*. II. Oční klinika LFMU v Brně – Bohunicích, 1998
- [3] NÁRODNÍ INFORMAČNÍ CENTRUM PRO MÁDEŽ, *Národní informační centrum pro mládež* [online]. 2014 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z <http://www.nicm.cz/klasifikace-zrakoveho-postizeni>
- [4] VÍTKOVÁ, Veronika. *Slabozrakost* [online]. Olomouc, 2013 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z <https://theses.cz/id/691lyx/00179268-785427645.pdf>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Mgr. Lenka Musilová DiS.
- [5] WIKIPEDIA, *Wikipedia* [online]. 2017 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z <https://cs.wikipedia.org/wiki/Zrak>

## **Pseudostrabismus v klinické praxi**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

Pseudostrabismus je stav, kdy postavení očí pacienta navenek zdánlivě napodobuje šilhání, avšak výsledky všech standardních ortoptických vyšetření jsou bez patologického nálezu.

Diagnostika pseudostrabismu je v ortoptické praxi velice důležitá, jelikož prevalence strabismu (tedy i následné snížení zrakové ostrosti a ovlivnění vývoje binokulárnosti) je u pacientů s diagnózou pseudostrabismu vyšší než u obecné populace (dle studie Pritcharda a Ellise je jeden z osmi pacientů ohrožen). [1, 2]

### **Etiologie**

Některé jiné příčiny mohou šilhání připomínat. Mezi ně patří epikantus, větší úhel gama, neobvyklá velikost pupilární distance, nestandardní uložení bulbu v očnici, obličejové asymetrie nebo jiné oční vrozené, popřípadě získané abnormality.

- a. Epikantus je kožní řasa horního víčka překrývající část vnitřního koutku oka, která vytváří dojem konvergentního šilhání (pseudoesotropie). Epikantus se fyziologicky vyskytuje u nemluvňat, kde plochý nosní kořen nazvedává kožní řasu. S růstem hlavy a nosu se však tento stav sám upravuje. Epikantus je celoživotně fyziologický u mongoloidní populace a také u lidí s Downovým syndromem. Často k prověření paralelního postavení očí stačí prsty povytáhnout vyšetřovanému kůži nosu. Kožní řasa se může nacházet také v laterálním koutku oka a simulovat tak pseudoexotropii. Tento stav je však velmi raritní. [1, 3, 4]



Obr. č. 1 – Klasifikace epikantu.

- b. Druhým nejčastějším důvodem pseudostrabismu je velký záporný nebo kladný úhel gama. Úhel gama je úhel mezi pohledovou a optickou osou oka. Pokud se rohovkový reflex jeví více nasálně (kladný úhel gama) může napodobovat divergentní strabismus. Naopak rohovkový reflex polohovaný více temporálně (záporný úhel gama) navozuje dojem konvergentního strabismu. [1]

Za fyziologický úhel gama bereme hodnotu do  $+5^\circ$ , která se vyskytuje většinou u hypermetropie a mění se s růstem oka. Záporný úhel gama je častější u myopie. [4]

Je-li úhel gama nad  $5^\circ$  vzniká dojem šilhání (nad  $+5^\circ$  dojem exotropie, nad  $-5^\circ$  dojem esotropie). Velký kladný úhel gama zároveň omezuje fyziologický rozsah divergence a velký záporný úhel gama naopak fyziologicky snižuje hodnoty konvergence. [4, 5]

Úhel gama je možné měřit pomocí speciálních diapozitivů s číselnou (pro menší děti obrázkovou) řadou na troposkopu/synoptoforu, pomocí obloukového perimetru nebo na Madoxově kříži. [6]



Obr. č. 2. - Je-li při vyšetření úhlu gama rohovkový reflex více nasálně, hovoříme o kladném (pozitivním) úhlu gama (napodobuje exo úchylku). Naopak je-li rohovkový reflex více temporálně, hovoříme o záporném (negativním) úhlu gama (napodobuje eso úchylku).

- c. Hypertelorismus (Greigův syndrom) dává dojem divergentního šilhání díky odděleným očním deformovaným kořenem nosu, který bývá někdy i výrazně propadlý. K pseudoexotropii také napomáhá nerovnoměrný růst lícních kostí. U hypertelorismu je interpupilární vzdálenost (PD) protažena až o 20 mm oproti průměrné hodnotě ( $PD > 70$  mm). Pravý hypertelorismus má však orbity v normální konfiguraci i úhlu. [7] Velmi malá interpupilární vzdálenost může zase naopak imitovat pseudoesotropii. [4]

Věk	Hodnota PD (mm)
4 roky	51,5
5 let	53,3
6 let	53,8
7 let	54, 6
8 let	56,5
9 let	57,2

Tab. č. 1 – Průměrné hodnoty pupilární distance (dle Dodena a Protonotaria)  
[4]

- d. Vzhled konvergentního strabismu může způsobit i enoftalmus (zapadnutí oka v očnici). Exoftalmus, tedy posunutí vrcholu rohovky o více než 2 mm před spojnicí horního a dolního okraje očnice, zase naopak napodobuje divergentní šilhání. [1, 7]
- e. Dojem pseudohypertropie může vyvolávat vertikální úhel gama jednostranná ptóza, asymetrické víčkové štěrby, obličejové asymetrie (jedna očnice je položena výše než druhá), dislokace bulbu, retrakce řas, tyreoidní oftalmopatie nebo abnormální postavení hlavy. [1, 4, 8]
- f. Mezi další příčiny zdánlivého šilhání patří heterochromie duhovek, duhovkový kolobom, anizokorie nebo pouze špatně sedící brýlová obruba. [1]
- g. Dojem exotropie může vyvolat i tah na sítnici v oblasti makulární krajiny, který je následkem retinopatie nedonošených. ROP výrazně snižuje visus. [8, 9]

## Vyšetření

Ve většině případů dávají k ortoptickému vyšetření popud sami rodiče. Ti bývají přesvědčeni, že jejich dítě šilhá, a proto vyhledají očního lékaře, aby jej vyšetřil. Následně mohou být s dítětem odesláni k navazujícím vyšetřením v ortoptické ordinaci. V případě pseudostrabismu jsou však všechna standardní ortoptická vyšetření v normě (viz níže ortoptický status). [5]

Ortoptický status při pseudostrabismu

Anamnéza			
Visus do dálka	bez korekce	dle věku v normě	
	s korekcí		
Visus do blízka	bez korekce	dle věku v normě	
	s korekcí		
Motilita		volná	
Konvergentní souhyb		symetrický	
Konvergometr (cm)		hodnoty v normě	
Úhel šilhání	na dálku	bez korekce	ortoforie/bez zjevné úchlky
		s korekcí	
	na blízko	bez korekce	
		s korekcí	
Zakrývací test	na dálku	ortoforie	
	na blízko		
Synoptofor	objektivní úhel šilhání	bez korekce	bez úchlky
		s korekcí	
	subjektivní úhel šilhání	bez korekce	bez úchlky
		s korekcí	
	SMP		vidí oba obrázky najednou
	SPP		je/spojí/udrží

	FI.	je/bez útlumu
	FII.	je/bez útlumu
	FIII.	je/bez útlumu
	Stereopse	prokázána jemná
Lang		prokázána jemná
MWT	Horizontálně	hodnoty v normě
	Vertikálně	
BGT	Dálka	vidí kříž/bez útlumu
	Blízko	
Worth	Dálka	vidí 4 světla bez útlumu
	Blízko	
H-B		NRK

Tab. č. 2 – Ortooptický status [5]

Je doporučeno, aby všechny děti s diagnózou pseudoesotropie podstoupily vyšetření refrakce v cykloplegii. Rodiče by měli být upozorněni na potřebu sledování dítěte v případě následného rozvoje hypermetropie, která může vést ke vzniku refrakční akomodační esotropie. [10]

Vykytuje-li se u dítěte, s diagnózou pseudostrabismu, některý z faktorů přispívající ke vzniku strabismus jako je například refrakční vada (i malá refrakční vada), anizometropie, pozitivní rodinná anamnéza, nízká porodní hmotnost, vývojové opoždění, strabismus zaznamenaný pediatrem pacienta nebo horší kvalita motility při prvním vyšetření, je o to důležitější dítě v pozdějším věku dále sledovat. [11]

Pokud se nám zdá, že dítě šilhá, ale při zakrývacím testu se nám neobjevuje žádný vyrovnávací pohyb a ostatní standardní ortoptická vyšetření jsou negativní, je vhodné provést další doplňující vyšetření. Mezi další vyšetření patří měření hodnoty úhlu gama,

měření blízkého bodu konvergence, měření fúzních rezerv do dálky i do blízka a srovnání mezikantální a interpupilární vzdálenosti (PD) s věkovou normou.

Jsou-li doplňující testy v normě, ale nás stále výsledky nepřesvědčily, můžeme zkusit 40minutový patch test. Po něm by se mohl, díky vyřazení fúzní konvergence (jedná se o fúzní reflex, který napomáhá upravit osy vidění tak, aby se protínaly ve fixačním bodě), dobře kontrolovatelný strabismus na blízkou vzdálenost projevit. Je-li však i po patch testu pacient ortoforní, můžeme zvážit možnost nasadit pacientovi obrubu se skly o hodnotě + 3, 0 dioptrie, což umožní uvolnit akomodační konvergenci (složka konvergence, která je podmíněna akomodací). Neprojeví-li se strabismus ani u tohoto testu, můžeme po domluvě s rodiči provést 24hodinový patch test. [4, 12]

Dokud nám dítě neposkytne verbálně subjektivní vyšetření zrakové ostrosti a vyšetření binokulárních funkcí (například kvůli nízkému věku), je dobré zvát dítě na pravidelné preventivní prohlídky. [12]

Pokud se šilhání u pacienta v ambulanci po všech vyšetření nakonec neprojeví, rodiče jsou z výsledku vyšetření často frustrovaní. Doporučujeme jim, aby se pokusili pořídit fotografii nebo video dítěte ve chvíli, kdy se jim právě zdá, že dítě má oko v úchylce. Nejsme-li si sami jisti výsledky, požádáme, aby se pacient dostavil na kontrolu za 4-6 měsíců nebo kdykoli kdy nastanou problémy. [2]

## **Léčba**

Pseudostrabismus nevyžaduje žádnou léčbu. Většina kosmetických asymetrií se s věkem zlepší. Úhel gama se nedá léčbou nijak ovlivnit. [1]

## **Diferenciální diagnostika**

Pro klinickou praxi je dobré si ujasnit jaké jsou rozdíly mezi pseudostrabismem, mikrostrabismem, heterotropií, heteroforií, a fixační disparitou. Uvědomění si odlišností nám zjednoduší správnou diagnostiku pacientova problému.



Heterotropie neboli manifestní šilhání je stav, kdy se vyskytuje zjevné asymetrické postavení očí. Pohledové osy obou očí se tedy neprotínají v témže fixovaném bodě. Heterotropie rozdělujeme do dvou základních velkých skupin – konkomitující a inkomitantní strabismus.

Při heterotropii je velmi klíčové vyšetření zrakové ostrosti (kvůli možné amblyopii), motility (pro rozlišení konkomitujícího a inkomitantního strabismu) a jednoduchého binokulárního vidění, jak v přístrojovém, tak skutečném prostoru (pro zjištění útlumů nebo diplopie).

Mikrostrabismus je šilhání o velmi malém úhlu (úchylka do 5°), které není kosmeticky nápadné. Často je spojený s harmonickou anomální korespondencí, různým stupněm amblyopie nebo excentrickou fixací. Mikrostrabismus také v mnoha případech vzniká po operaci strabismu o velké úchylce. [6, 7]

V případě heteroforie se jedná o latentní (skryté) šilhání, které se objevuje pouze při vyrušení fúze. Pacienti přicházejí k vyšetření zejména kvůli astenopickým potížím (bolest hlavy, rozmazané vidění, rychlá únava očí až nauzea). [7]

Fixační disparita se vyskytuje fyziologicky u heterofórií (téměř vždy u dekompenzovaných heterofórií, kdy již vergenční systém není schopen sám heteroforii vyrovnat) a pacientů s dobrým binokulárním viděním. Jedná se o poruchu bifoveolární fixace, která není přesná a při níž se fixační osa jednoho oka nebo fixační osy obou očí odchýlí o malý úhel (úchylka maximálně do 20') v rozsahu Panumových areálů od fixačního bodu. Perifoveolární a periferní fúze je však bez patologie. Fixační disparitu můžeme u ortoforie uměle vyvolat předložením prizmatu (báze prizmatu zevně = umělá exodisparita, báze prizmatu k nosu = umělá esodisparita, báze prizmatu nahoru nebo dolů = umělá vertikální fixační disparita). [1, 4, 13]

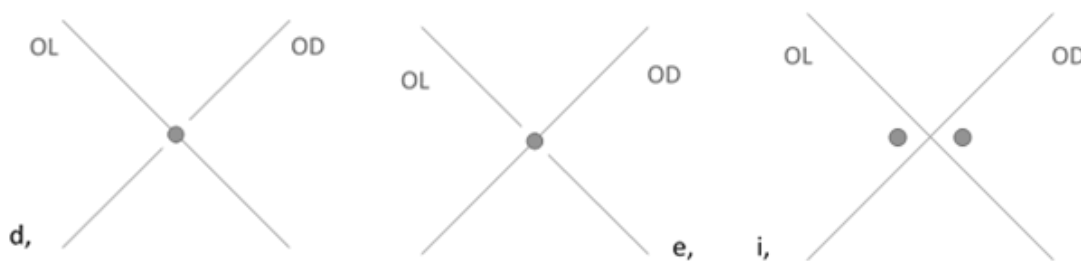
Při vyšetření je vhodné začít zakrývací zkouškou, která nám pomůže ke zhodnocení vzájemného postavení očí, binokulární fixace, směru a hrubé velikosti případné úchylky. Důležité je provést jak fázi alternující, tak fázi intermitentní. [4]

Díky intermitentní fázi dokážeme rozlišit forie od tropií. U heterotropie se *při zakrytí a následném odkrytí oka s excentrickým reflexem neobjevuje zpětný vyrovnávací pohyb*. Oko je stále ve stejné úchylce. Avšak *při zakrytí fixujícího oka dochází k vyrovnání úchylky. Uchýlené oko tedy přebírá fixaci a oko za okluzí přechází do úchylky*. U heteroforie drží ortoforní

postavení pouze fúze. *Pod okluzí se nefixující oko vždy posune do latentní úchylky zakryjeme-li jakékoliv oko.* Po odkrytí okluze se objeví fúzní pohyb, který obnovuje binokulární fúzi. [1, 4]

Pro objasnění kvality fixace využíváme fázi alternující. Je-li dobrý vÍzus je fixace dobrá a rychlá. U pseudostrabismu je binokulární *fixace rychlá, bez vyrovnávacího pohybu* nebo zjevné úchylky. Při mikrostrabismu může být úchylka tak malá, že u zakrývací zkoušky *nemusíme vyrovnávací pohyb ani zaznamenat.*

Jsou-li výsledky zakrývacího testu u jednotlivých fází rozdílné, je vhodné se dalšími testy ujistit, jestli se u pacienta nevyskytuje anomální retinální korespondence. [1, 4]



Obr. č. 3 - Srovnání výsledků vyšetření binokulárních funkcí pomocí Bagoliniho skel - d, e, - mikrotropie s centrálním skotomem; i, - fixační disparita.

Fixační disparita se projeví u testů, které mají mimo monokulárních podnětů také binokulární fúzní podnět, který je pozorován oběma očima. Příkladem jsou Bagoliniho světla, u kterých se *fixační disparita ukáže horizontálním rozdělením fixačního světla okolo křížení světelných čar* (viz obrázek č. 3). [4, 13] Při fixační disparitě se snažíme u pacienta zvětšit rozsah a posílit šířku fúze. Časem se díky cvičení dvě světla spojí. [14]

U mikrostrabismu se objevuje centrální skotom, který se specificky projevuje při vyšetření binokulárního vidění ve skutečném prostoru. U Bagoliniho skel se skotom ukáže *přerušením jedné světelné čáry ve středu okolo fixačního světelného bodu* (viz obrázek č. 3). Při zakrytí oka, u něž se centrální skotom projevuje, přerušení čáry vymizí. Při vyšetření jednoduchého binokulárního vidění na Worthových světlech nám pacient *z dálky udává supresi jednoho oka. Z blízka však suprese jednoho oka vymizí a pacient vidí 4 světla bez útlumu* (znaky se zobrazí na sítnici již mimo centrální skotom).

Je-li heterotropie nebo heteroforie o velkém úhlu, při vyšetření Bagoliniho skly a Worthovými světly se z pravidla ve výsledcích objevují útlumy nebo diplopie.

Při pseudostrabismu je přítomno dobré jednoduché binokulární vidění bez útlumů nebo diplopie. [1, 15]

## Zdroje

1. FIONA J. ROWE. *Clinical orthoptics*. 3rd ed. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 2012. 468 p. ISBN 9781444339345.
2. ARNOLDI, Kyle. Pseudostrabismus: When Are You Sure? *American Orthoptic Journal* [online], 2005 [cited 2018 June]; 2005(55):162-165. ISSN 0065-955X. Available from: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=c985cc43-08c8-4c5b-a09b-22ff0abc3fa8%40sessionmgr102>
3. KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. 768 s. ISBN 978-80-247-1163-8.
4. DIVIŠOVÁ, Gabriela. *Strabismus*. 2., upr. vyd. Praha: Avicenum, 1990. 306 s. ISBN 8020100377.
5. FRAITOVÁ, Hana. Esotropie I. Presentation presented at: [Klinická rehabilitace binokulárního vidění, LF MU]; 2017 October; Brno, Czechia
6. HROMÁDKOVÁ, Lada. *Šilhání*. Vyd. 3., nezměn. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. 162 s. ISBN 9788070135303.
7. AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ. *Nauka o zraku*. Brno, 2002. 226 s. ISBN 80-7013-362-7.
8. GERINEC, Anton. *Detská oftalmológia*. Martin: Osveta, 2005. ISBN 80-8063-181-6.
9. BROXTERMAN, Emily C. and Denise A. Hug. Retinopathy of Prematurity: A Review of Current Screening Guidelines and Treatment Options. *Missouri Medicine* [online], 2016 [cited 2018 June]; 113(3):187-190. Available from: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=82fe0eb8-2a1d-45b6-88f7-4f40d780353a%40sessionmgr4010>
10. MOHAN, Kanwar and Ashok Sharma. Development of refractive accommodative esotropia in children initially diagnosed with pseudoesotropia. *Journal of AAPOS: the official publication of the American Association for Pediatric Ophthalmology and*

*Strabismus / American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* [online], 2012 [cited 2018 June]; 16(3):266-268. ISSN 15283933. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1091853112001541?rdoc=1&fmt=high&origin=gateway&docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb>

11. PRITCHARD, Cindy and George S. Ellis Jr. Manifest Strabismus Following Pseudostrabismus Diagnosis. *American Orthoptic Journal* [online], 2007 [cited 2018 June]; 2007(57):111-117. ISSN 0065-955X. Available from: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=5fc81b70-9f61-4d4f-98b6-70cf3360ef62%40sessionmgr104>
12. GARRETTY, Tess. Development of manifest strabismus and reduced visual acuity following initial normal orthoptic examination/pseudo-strabismus under the age of 30 months. *Strabismus* [online], 2014 [cited 2018 June]; 22(1):26-31. ISSN 1744-5132. Available from: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=91558309-62bf-4d67-bc49-005cbd8aceaf%40sessionmgr120>
13. PLUHÁČEK, František. Heteroforie a fixační disparita [online]. [Olomouc (Czechia)]: Katedra přírodovědecké katedry Univerzity Palackého v Olomouci; [2009] [cited 2018 June]. [37 p.] Available from: [http://www.optometry.cz/obsah/materialy/HTF\\_a\\_FD.pdf](http://www.optometry.cz/obsah/materialy/HTF_a_FD.pdf)
14. JEŘÁBKOVÁ, Andrea. Ortoptický status. Presentation presented at: [Klinická rehabilitace binokulárního vidění, LF MU]; 2017 March; Brno, Czechia
15. KIRKPATRICK, Christopher A. and William E. Scott. Monofixation Syndrome: 11year-old female referred after inability to improve vision with refraction in the left eye [online] [cited 2018 June]. Available from: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/cases/205-monofixation-syndrome.htm>
16. BENEŠ, P., VRUBEL, M.: Oftalmologie pro speciální pedagogy. Brno: Paido, 2018. 91 s. ISBN 978-80-7315-264-2.

## Obrázky

č. 1 - [https://m.blog.naver.com/cell\\_u74/220611145963](https://m.blog.naver.com/cell_u74/220611145963)

č. 2 - autorův vlastní

č. 3 - autorův vlastní

## **Pseudostrabismus in clinical practice**

### **Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

Pseudostrabismus is a condition, when the eyes of a patient appear to be squinting, but the results of all standard orthoptics tests manifest no pathological findings.

Diagnostics of pseudostrabismus is very important in orthoptics practice, because the prevalence of strabismus (and subsequent reduction of visual acuity and impact on development of binocularity) is higher with the patients diagnosed with pseudostrabismus, than with the general population (according to the study of Pritchard and Ellis one in the eight patients is affected). [1, 2]

### **Etiology**

Several conditions can resemble squinting. Amongst them is epicanthus, large gamma angle, unusual size of interpupillary distance, non-standard location of bulbus in orbit, facial asymmetries or other hereditary or acquired ocular abnormalities.

- a) Epicanthus is a dermal fold of upper eyelid overlapping the inner corner of the eye, which creates the impression of esotropia. Epicanthus is physiologically present at newborns whose flat nasal root raises dermal fold. This condition adjusts itself by the development of the head and nose. Epicanthus is also physiologically present with the mongoloid population and with the people suffering from Down syndrome. To ascertain that the eyes are in parallel position, it is often sufficient to finger-pull the patients skin on the nose. Dermal fold can be found also in the outer corner of the eye and thus simulate exotropia. This condition, however, is very rare. [1, 3, 4]



Fig. No. 1 – Classification of epicanthus.

- b) Second most often cause of pseudostrabismus is large negative or positive gamma angle. Gamma angle is an angle between the visual and optical axis of an eye. If the corneal reflex appears to incline towards a nose (positive gamma angle), it can resemble divergent strabismus. If the corneal reflex is posited more towards temporal side instead (negative gamma angle), it can give the impression of convergent strabismus. [1]

Physiological gamma angle is up to  $+5^\circ$  mark, which occurs with hypermetropia and changes with the development of the eye. Negative gamma angle is more frequent with myopia. [4]

If the gamma angle is above  $5^\circ$  it gives the impression of strabismus (above  $+5^\circ$  exotropia, below  $-5^\circ$  esotropia). Large positive gamma angle simultaneously limits physiological range of divergence and large negative gamma angle physiologically decreases values of convergence. [4, 5]

The gamma angle is measured by troposcope or synoptophore equipped with special slides with line of numbers (or with line of pictures when dealing with small children), by arc perimeter or on Maddox cross. [6]

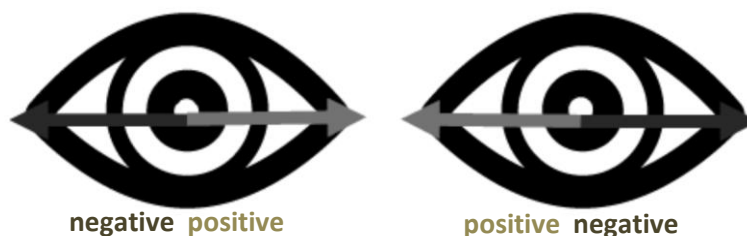


Fig. No. 2 - If the corneal reflex is more to the nasal side during the examination, we speak of the positive gamma angle (resembling the exo deviation). On the contrary, if the corneal reflex is more to the temporal side, it is the negative gamma angle (resembling the eso deviation).

- c) Hypertelorism (Greig syndrome) gives the impression of divergent squinting due to the separation of orbits deformed by nasal root, which can be sometimes noticeably sunken. Pseudoexotropia can be also supported by uneven growth of cheekbones. Hypertelorism stretches the interpupillary distance (IPD) off about 20 mm from the average figure ( $PD > 70$  mm). Although the true hypertelorism has the orbits in

normal configuration and at the right angle. [7] Very short interpupillary distance can imitate pseudoesotropia instead [4].

Age	IPD value (mm)
4 years	51,5
5 years	53,3
6 years	53,8
7 years	54, 6
8 years	56,5
9 years	57,2

Tab. No. 1 – Standard values of interpupillary distance (according to Doden and Protonotarius) [4]

- d) Enophthalmos (posterior displacement of the eyeball in the orbit) can also look like strabismus. Exophthalmos, which is the shift of the top of the cornea of more than 2 mm ahead of the connecting line between the lower edge of the orbit, emulates divergent strabismus, instead.
- e) Pseudohypertropia can be resembled by vertical gamma angle, one-sided ptosis, asymmetrical fissures between eyelids, facial asymmetry (one of the orbits is higher than the other), dislocation of bulbus, eyelash retraction, thyroid ophthalmopathy or abnormal head posture. [1, 4, 8]
- f) Other causes of the pseudostrabismus are heterochromia iridies, iris coloboma, anisocoria or just unfitting spectacle frame. [1]
- g) Impression of the exotropia can be also produced by ectopic macula, which is the consequence of the retinopathy of prematurity. ROP significantly reduces visus. [8, 9]

## Examination

In most cases the impulse to the orthoptics investigation comes from the parents. They are often convinced, that their child is squinting and thus bring her to an ophthalmologist for examination.

Afterwards she could be sent to the orthoptist for consequential examination.

In the case of pseudostrabismus all the standard orthoptic tests are normal (see the investigation part below). [5]

### Investigation of the pseudostrabismus

Case history			
Visual acuity at far	without correction		by age in norm
	with correction		
Visual acuity at near	without correction		by age in norm
	with correction		
Ocular motility			full
Convergence			symmetrical
Convergometer (in centimeter)			results in norm
Angle of deviation	at far	without correction	orthophoria/without the manifest deviation
		with correction	
	at near	without correction	
		with correction	
Cover test	at far		orthophoria
	at near		



Synoptophore	objective angle of deviation	without correction	without deviation
		with correction	
	subjective angle of deviation	without correction	without deviation
		with correction	
	Simultaneous perception		pictures are united
	Fusion I.		without supresion
	Fusion II.		without supresion
	Fusion III.		without supresion
Stereopsis		stereopsis is proven	
Lang stereotest			streopsis is proven
Maddox wing	Horizontally		results in norm
	Vertically		results in norm
Bagolini glasses test	at far		cross in the middle of the fixation light/ without supresion
	at near		
Worth's four light test	at far		four lights without supresion
	at near		
After-image test			normal retinal correspondence

Tab. No. 2 – Orthoptic investigation [5]

It is recommended for all the children who are diagnosed with pseudoesotropia to undergo the examination of cycloplegic refraction. The parents should be also noted about the need to observe the child in case of the following development of hypermetropia which can lead to fully accommodative esotropia. [10]

If any of the factors contributing to the development of strabismus are present with the child diagnosed with pseudostrabismus, such as refraction error (even a small one), anisometropia, positive family anamnesis, low birth weight, delayed development, strabismus detected by patients pediatricist or poor quality of ocular motility during the first examination, it is ever so important to continue the observation of the children later in her life. [11]

If it appears to us, that the child is squinting, but during cover test no refixation movement turns up and other standard orthoptic tests are negative, it is appropriate to make other additional tests. These are measurement of gamma angle, measurement of near point of convergence, measurement of fusional reserves at far and near and comparison of intercanthal and interpupillary distance (IPD) with the age norm.

Provided that the additional tests are in norm, but the results are not yet convincing, we can try the 40-minutes patch test. After conduction, thanks to the elimination of fusion convergence (that is the fusion reflex which helps to fix the axes of vision so that they intersect in fixation point), the well-controlled strabismus could manifest itself at near. Should the patient be orthophoric even after the patch test is carried out, we can consider attaching a trial frame on her mounted with lenses of +3, 0 diopter strength. This makes it possible to relax accommodation convergence (component of convergence conditioned by accommodation). If the strabismus does not manifest even during this test, we can consult the parents to conduct the 24-hour monocular patch test. [4, 12]

Until the child is able to provide verbal subjective examination of visual acuity and examination of binocular functions (e.g. due to the age), it is recommended that the child attends to the regular preventive examinations. [12]

When the strabismus does not show up during the examination at the ambulance the parents are often frustrated from the results. In this case we recommend to them to take the pictures or film the child at the moment when it seems that the child's eye deviates. If we are not sure about the results, we ask the patient to return in 4 to 6 months or whenever she has problems. [2]

## **Treatment**

Pseudostrabismus does not require any treatment. Most cosmetic asymmetries are going to improve by the time. Gamma angle cannot be influenced by therapy. [1]

## Differential diagnostics

In clinical practice it is necessary to understand what are the differences between pseudostrabismus, microtropia, heterotropia, heterophoria and fixation disparity. Clarifying the differences can simplify correct diagnosis of the patient's problem.

Heterotropia i.e. manifest squinting is a condition, when there is obvious asymmetrical position of the eyes. Visual axes of both eyes do not intersect in the same fixed point. Heterotropias can be separated into two main big groups - concomitant and incomitant strabismus.

In case of heterotropia, the key examinations are of visual acuity (due to the possibility of amblyopia), motility (to make difference between the concomitant and incomitant strabismus) and simple binocular vision both in the instrumental and real space (to detect suppression or diplopia).

Microtropia is squinting by the very small angle (deviation of no more than  $5^\circ$ ), which is not cosmetically noticeable. It is often connected with harmonic abnormal retinal correspondence, varying degrees of amblyopia or eccentric fixation. Microtropia may also in many cases form after the surgery of strabismus with large deviation. [6, 7]

Heterophoria is the case of latent (hidden) squinting, which appears only when the fusion is disrupted. Patients seek examination namely because of asthenopia (headache, blurred vision, fatigue of the eye or even nausea). [7]

Fixation disparity is physiologically present with heterophorias (almost always with the decompensated heterophorias, when the vergence system is not able to counterbalance the heterophoria by itself) and patients with good binocular vision. It is a disorder of bifoveal fixation, which is not precise and thus makes fixation axis of one eye or fixation axes of both eyes deviate off a small angle (deviation of 20' maximum) to the extent of Panum area from fixation points. At the same the perifoveal and peripheral fusion are without findings. In case of orthophoria we can artificially produce fixation disparity by applying prism (BO = artificial exodisparity, BI = artificial esodisparity, BU and BD = artificial vertical fixation disparity). [1, 4, 13]

It is suitable to begin the examination with the cover test, which will help us with the evaluation of the mutual position of the eyes, binocular fixation, direction and rough size of

the possible deviation. It is important to execute both the alternating and intermitent stages. [4]

Thanks to the intermitent stage we can distinguish phorias from tropias. In case of heterotropia *after covering and uncovering the eye with the eccentric reflex, there is no backwards compensatory movement.* The deviation of the eye stays. But if *the fixating eye is covered the deviation is being compensated.* Therefore, *the deviated eye takes charge of fixation and the eye behind the occluder starts to deviate.* In case of heterophoria the orthophoric position is held only during the fusion. *Behind the occlusion the non-fixating eye will always shift to latent deviation while any of the eyes is being covered.* After uncovering we can detect the fusion movement, which restores binocular fusion. [1, 4]

After clarification of fixation quality, we use the alternating stage. If the visus is right, fixation is also correct and quick. In case of pseudostrabismus the binocular fixation is quick, without the compensatory movement or without apparent deviation. In case of microtropia the deviation can be so small, that we *might not detect the compensatory movement* during the cover test.

When the results of cover test for the two stages are different, it is recommended to make ourselves sure, that the patient does not suffer with abnormal retinal correspondence by carrying out more tests. [1, 4]



Fig. No. 3 – Comparison of the results of binocular functions examination by the Bagolini glasses test – d, e, - microtropia with central scotoma; i, - fixation disparity.

Fixation disparity will manifest during the tests which have, besides monocular stimuli, also binocular fusion stimulus, which is observed by both eyes. Bagolini glasses are an example of such test, when *the fixation disparity will manifest by horizontal duplication of fixation light next to the intersection of lines* (see fig. no.3). [4, 13]. In case of fixation disparity, we make

effort to increase the patients range and strengthen width of fusion. Thanks to the exercising the lights will eventually merge together. [14]

In case of microtropia we can see a central scotoma, which specifically manifests while examining binocular vision in real space. When Bagolini glasses are used, it will manifest by *the break of one of the line in the middle close to the light fixation point* (see fig. no.3). When the eye suffering from central scotoma is covered, the break will disappear. During the examination of simple binocular vision using the Worth's four light test (W4LT) at far, the patient will report suppression of one eye. At near the suppression will disappear and the patient sees four lights without suppression (the dots will now display on retina out of central scotoma).

If we have heterotropia or heterophoria of large angle, examinations by Bagolini glasses or W4LT usually *gives suppressions or diplopia*.

In case of pseudostrabismus *decent simple binocular vision is present* without any suppressions or diplopia. [1, 15]

## Sources

1. FIONA J. ROWE. *Clinical orthoptics*. 3rd ed. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 2012. 468 p. ISBN 9781444339345.
2. ARNOLDI, Kyle. Pseudostrabismus: When Are You Sure? *American Orthoptic Journal* [online], 2005 [cited 2018 June]; 2005(55):162-165. ISSN 0065-955X. Available from:  
<http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=c985cc43-08c8-4c5b-a09b-22ff0abc3fa8%40sessionmgr102>
3. KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. 768 s. ISBN 978-80-247-1163-8.
4. DIVIŠOVÁ, Gabriela. *Strabismus*. 2., upr. vyd. Praha: Avicenum, 1990. 306 s. ISBN 8020100377.
5. FRAITOVÁ, Hana. Esotropie I. Presentation presented at: [Klinická rehabilitace binokulárního vidění, LF MU]; 2017 October; Brno, Czechia
6. HROMÁDKOVÁ, Lada. *Šilhání*. Vyd. 3., nezměn. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. 162 s. ISBN 9788070135303.

7. AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ. *Nauka o zraku*. Brno, 2002. 226 s. ISBN 80-7013-362-7.
8. GERINEC, Anton. *Detská oftalmológia*. Martin: Osveta, 2005. ISBN 80-8063-181-6.
9. BROXTERMAN, Emily C. and Denise A. Hug. Retinopathy of Prematurity: A Review of Current Screening Guidelines and Treatment Options. *Missouri Medicine* [online], 2016 [cited 2018 June]; 113(3):187-190. Available from: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=82fe0eb8-2a1d-45b6-88f7-4f40d780353a%40sessionmgr4010>
10. MOHAN, Kanwar and Ashok Sharma. Development of refractive accommodative esotropia in children initially diagnosed with pseudoesotropia. *Journal of AAPOS: the official publication of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus / American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* [online], 2012 [cited 2018 June]; 16(3):266-268. ISSN 15283933. Available from: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1091853112001541?\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_origin=gateway&\\_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1091853112001541?_rdoc=1&_fmt=high&_origin=gateway&_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb)
11. PRITCHARD, Cindy and George S. Ellis Jr. Manifest Strabismus Following Pseudostrabismus Diagnosis. *American Orthoptic Journal* [online], 2007 [cited 2018 June]; 2007(57):111-117. ISSN 0065-955X. Available from: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=5fc81b70-9f61-4d4f-98b6-70cf3360ef62%40sessionmgr104>
12. GARRETTY, Tess. Development of manifest strabismus and reduced visual acuity following initial normal orthoptic examination/pseudo-strabismus under the age of 30 months. *Strabismus* [online], 2014 [cited 2018 June]; 22(1):26-31. ISSN 1744-5132. Available from: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=91558309-62bf-4d67-bc49-005cbd8aceaf%40sessionmgr120>
13. PLUHÁČEK, František. Heteroforie a fixační disparita [online]. [Olomouc (Czechia)]: Katedra přírodovědecké katedry Univerzity Palackého v Olomouci; [2009] [cited 2018 June]. [37 p.] Available from: [http://www.optometry.cz/obsah/materialy/HTF\\_a\\_FD.pdf](http://www.optometry.cz/obsah/materialy/HTF_a_FD.pdf)
14. JEŘÁBKOVÁ, Andrea. Ortoptický status. Presentation presented at: [Klinická rehabilitace binokulárního vidění, LF MU]; 2017 March; Brno, Czechia
15. KIRKPATRICK, Christopher A. and William E. Scott. Monofixation Syndrome: 11-year-old female referred after inability to improve vision with refraction in the left eye [online] [cited 2018 June]. Available

from: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/cases/205-monofixation-syndrome.htm>

16. BENEŠ, P., VRUBEL, M.: Oftalmologie pro speciální pedagogy. Brno: Paido, 2018.  
91 s. ISBN 978-80-7315-264-2.

### **Pictures**

No. 1 - [https://m.blog.naver.com/cell\\_u74/220611145963](https://m.blog.naver.com/cell_u74/220611145963)

No. 2 – author's own

No. 3 - author's own

**Bc. Kateřina Malá, MUDr. Miroslav Dostálek, Ph.D.**

## **Možnosti cvičení konvergence a šířky fúze v ortoptické ambulanci**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

**Centrum dětské oftalmologie BINOCULAR s.r.o., Litomyšl**

### **Anotace:**

Tento příspěvek pojednává o možnostech cvičení konvergence a šířky fúze v ortoptické ambulanci. Konvergence a šířka fúze jsou významnými parametry binokulárního vidění, které je nezbytné u pacientů s určitými diagnózami posilovat a trénovat. Některé metody je možné použít i při domácím cvičení konvergence, příp. šířky fúze.

**Klíčová slova:** cvičení konvergence, cvičení šířky fúze, ortoptika

### **Úvod**

Konvergence a šířka fúze představují významné parametry zrakového výkonu a zrakových funkcí. A to především proto, že pomocí konvergence je možné při pohledu na blízký fixační předmět dosáhnout ostrého zrakového vjemu díky tomu, že se osy vidění obou očí nastaví, resp. stočí tak, aby obraz fixovaného předmětu dopadl do fovey. Šířka fúze vyjadřuje rozsah horizontálních vergencí (konvergence a divergence) a také výšky, ve kterých udrží vyšetřovaný člověk daný fixační podnět zfúzovaný, jinými slovy řečeno kdy ho vnímá jednoduše a nedochází u něj ke stavu přechodné diplopie.

### **Konvergence**

Jak již bylo uvedeno v úvodu, konvergence charakterizuje stav, kdy se osy vidění obou očí stáčí tak, aby obraz fixovaného předmětu dopadl na obou očích do fovey. Jedná se stáčení obou očí směrem k nosu, směrem nazálním. Opakem konvergence je divergence, kdy se naopak osy vidění stáčí směrem ven, směrem temporálním. Konvergence i divergence představují tzv. vergenční oční pohyby.

Konvergence je součástí reflexu pohledu na blízký fixační předmět. V některé literatuře je tento reflex označován jako tzv. triáda při pohledu na blízko a zahrnuje v sobě současnou



konvergenci, miózu (zúžení) zornice a akomodaci. Propojení akomodace a konvergence dále charakterizuje tzv. vergenčně – akomodační synkinéza (zkratka VAS), která definuje vzájemný vztah těchto dvou mechanismů, kdy při zapojení akomodace dojde k současné konvergenci a při zapojení konvergence k současné akomodaci. Blízkou vzdáleností je myšlena vzdálenost přibližně 30 až 40 cm od očí pozorovatele.

Konvergenci je možné rozdělit na reflexní a volní. Volní konvergence je taková, kterou ovládáme vlastní vůlí. Naproti tomu ke konvergenci reflexní dochází bez našeho vědomí, děje se reflexně. Reflexní konvergence se skládá ze 4 složek, jsou jimi:

- tonická konvergence: díky impulsům z mozkových center udržuje klidové postavení očí.
- akomodační konvergence: způsobená akomodací a to díky VAS. Tato konvergence je označována zkratkou AC a je význačnou veličinou tzv. AC/A poměru (viz dále).
- fúzní konvergence: nastavuje osy vidění tak, aby se prořaly ve fixovaném předmětu a byly tak umožněny co neoptimálnější podmínky pro fúzi. Tato složka doplňuje akomodační konvergenci.
- proximální konvergence: se projevuje při vyšetřování na přístrojích (především na troposkopu/synoptoforu) vědomím fyzické blízkosti samotného přístroje. Tato složka je psychogenně podmíněna.

Konvergenci je možné, stejně jako další zrakové funkce, určitým způsobem kvantifikovat. Měřítkem výkonnosti konvergence je blízký bod konvergence (anglicky near point of convergence, zkratka NPC). NPC vyjadřuje vzdálenost v prostoru před naším obličejem, na kterou jsou naše oči schopné ještě konvergovat a díky tomu vidíme daný fixovaný objekt ještě jednoduše. Normální hodnoty NPC jsou stanoveny na 5 cm pro dítě a 8 cm pro dospělého člověka. Pokud je při vyšetření zjištěna větší vzdálenost NPC než jsou normální hodnoty, svědčí tento náález o stavu nedostatečné konvergence (insuficience konvergence). NPC není na rozdíl od blízkého bodu akomodace (latinsky punctum proximum) až tak významně závislý na věku, proto pro klinickou praxi postačují výše uvedené normální hodnoty pro dítě a dospělého člověka.

NPC tedy představuje tzv. bod rozdvojení (anglicky break point). V některé literatuře se můžeme setkat s tím, že se během hodnocení konvergence zaznamenává tzv. bod rozmazání (anglicky blurr point) a bod opětovného spojení (anglicky recovery point) a to v pořadí bod rozmazání, následně bod rozdvojení a nakonec bod opětovného spojení. V následujících odstavcích se u hodnocení konvergence zaměříme především na NPC, tedy na bod rozdvojení a to z toho důvodu že většina tuzemských strabologů a ortoptistek v současné době hodnotí především tento parametr konvergence. Na druhou stranu i zbylé dva body jsou pro hodnocení konvergence zajímavé a neméně podstatné, ale pro přehlednost příspěvku je nebudeme do hodnocení zahrnovat.

Jednotkou konvergence je tzv. metrový úhel. Jeden metrový úhel spolu svírají osy vidění obou očí při sledování předmětu umístěného ve vzdálenosti 1 m. Tato jednotka je založena na vzájemném vztahu akomodace a konvergence, proto 1 metrový úhel odpovídá akomodaci 1 D (platí pro emetropické oko). Jinými slovy řečeno, pokud akomodujeme 2 D, současně konvergujeme 2 metrové úhly.

Dalším hodnoceným parametrem je tzv. AC/A poměr, neboli poměr akomodační konvergence ku akomodaci. Tento poměr vyjadřuje, jak velkou akomodační konvergenci vyvolá daná akomodace. Jeho normální hodnota je cca 3 – 5:1. Tento poměr je abnormálně zvýšený např. u nerefrakční akomodační esotropie a naopak abnormálně snížený např. u insuficience konvergence.

### **Možnosti cvičení konvergence v ortoptické ambulanci**

Během cvičení konvergence je potřeba se zaměřit nejen na vzdálenost NPC u konkrétního pacienta, ale také na plynulost a souměrnost konvergence jako takové. Proto je nezbytné pamatovat, že i např. u pacienta s diagnózou esotropie nebo esofovie je na místě testovat plynulost konvergence, ne proto, abychom schopnost konvergence výrazně posílili, ale proto, abychom se ujistili, že i tohoto pacienta je schopnost stáčet osy vidění směrem k sobě dostatečně plynulá a souměrná.

Cvičení konvergence představuje nedílnou součást komplexního ortoptického terapeutického přístupu u nejrůznějších strabologických diagnóz. Velký význam má cvičení konvergence u pacientů s diagnostikovanou základní (bazální) exotropií, insuficiencí konvergence, excesem divergence a i u pacientů s heteroforiemi (např. s insuficiencí konvergence nebo excesem divergence), ...

U těchto uvedených „exo“ úchylek je cvičení konvergence důležité především proto, že je u nich velmi snižená nebo v některých případech i nulová schopnost konvergence a proto mají NPC umístěný ve větší vzdálenosti od obličeje a osy vidění tendenci se odchylovat směrem ven, směrem temporálním. Proto správným a pravidelným cvičením konvergence je možné dosáhnout nižšího „odchylování“ os vidění směrem do divergentního postavení a umožnit tak pacientovi pohodlnější vidění a potažmo i lepší podmínky pro fúzi, snížit astenopické potíže i příp. diplopii.

V následujících odstavcích se zaměříme na jednotlivé techniky, kterými je možné konvergenci v ortoptické ambulanci s pacienty cvičit a posilňovat. Některé možnosti cvičení se hodí i pro cvičení v domácím prostředí. Protože i u cvičení konvergence, jako u dalších ortopticko – pleoptických terapeutických postupů, je velmi důležitá pravidelnost cvičení, nepostačuje cvičení např. jednou za týden v ortoptické ambulanci. Je nezbytné rodiče dětského pacienta nebo dospělého pacienta správně edukovat, jaké jsou možnosti cvičení konvergence i v domácím prostředí a vysvětlit i důležitost pravidelného cvičení.

Některá níže uvedená cvičení umožňují i nácvik divergence, resp. šířky fúze. Proto se mohou jednotlivé techniky cvičení konvergence a šířky fúze vzájemně částečně překrývat (viz dále).

### **Push – up cvičení**

Toto cvičení představuje nácvik konvergence ve skutečném vizuálním prostoru, tedy v takovém, který kromě centrálních fúzních podnětů poskytuje i ty periferní a díky tomu velmi věrně simuluje vizuální scénu běžně vnímanou při každodenním životě. Jedinými pomůckami pro toto cvičení jsou vhodné a pro pacienta vizuálně atraktivní předměty – např. barevné tužky s motivem, figurka umístěná na tyčince (viz Obr. 1), nebo 30 – 40cm tkanička s navléknutým barevným korálkem, atp. Celé cvičení probíhá s nasazenou pacientovou optimální korekcí.



*Obr. 1: Tužka s motivem a figurka na tyčince*

Samotné cvičení probíhá tak, že ortoptistka sedí naproti pacientovi a ze vzdálenosti cca 30 – 40 cm pomalu a plynule přibližuje fixační předmět směrem k očím pacienta. Současně sleduje, zda je konvergence plynulá a symetrická nebo naopak nesymetrická, záškubová a nebo zda dochází k odchylování oka směrem ven, atd. Dále se také pacienta ptá, kdy dojde k rozdělení fixovaného předmětu, zjišťuje tedy subjektivní polohu NPC. Objektivní polohu NPC je možné u některých pacientů určit podle toho, kdy ortoptistka zaznamená odchýlení oka/očí směrem ven, tedy kdy dojde k narušení pacientovi fúze. Obzvláště malí dětští pacienti někdy nedokážou zcela přesně určit, kdy dojde k rozdělení fixovaného objektu a proto je u nich nezbytné umět NPC určit i objektivním způsobem. Přibližování fixačního předmětu opakujeme přibližně 20 krát – vždy podle soustředěnosti

a věku pacienta. Dále je možné měnit i polohu, ze které objekt přibližujeme – např. přímo naproti očím, mírně zhora, mírně zdola, atp. Je také vhodné přibližovat fixovaný objekt jakoby po obloučku, protože jsme fyziologicky zvyklí při pohledu na blízký předmět mírně sklopit oči směrem dolů a současně konvergovat a akomodovat. Pokud pacient zahlásí rozdvojení předmětu nebo pokud vidíme, že se jedno příp. obě oči odchýlily směrem ven, je nezbytné fixovaný předmět oddálit od obličeje pacienta tak, aby došlo znovu k obnovení fúze (např. oddálit o 5 – 10 cm). Poté můžeme znovu cvičení opakovat. Někteří pacienti si dokáží po určité době, kdy konvergenci trénují, sami uvědomit, že jim oko/oči ujíždí zevně a dokáží si tak lépe kontrolovat svoje postavení očí. Pokud to ze začátku cvičení pacient ještě neumí, je možné ho na odchýlení oka upozornit a tak ho podporovat v tom, aby si svoje postavení očí začal více uvědomovat. Dále je žádoucí, aby se během push – up cvičení postupně přibližoval NPC směrem k obličeji, tedy se normalizovala jeho hodnota a také aby konvergence byla co možná nejvíce souměrná a plynulá.

Push – up cvičení je vhodné provádět i v domácím prostředí. U malých dětí může fixační předmět přibližovat rodič, u starších dětských nebo dospělých pacientů je možné, aby si fixovaný předmět přibližovali k očím oni sami. U starších dětských nebo dospělých pacientů je možné fixační předmět nahradit např. textem z oblíbené knížky, přičemž je vhodné při přibližování fixovat např. jedno písmeno nebo kratší slovo z daného textu. Toto cvičení je vhodné provádět 3 krát až 4 krát denně a opakovat ho např. 20 až 30 krát v dané sérii, vždy ale s ohledem na individuální potřeby pacienta.

## **Konvergometr**

Cvičení na přístroji, který se označuje jako konvergometr, je v podstatě modifikací push – up cvičení s tím, že místo fixačního objektu je používána rotující černobílá spirála. I toto cvičení je zástupcem cvičení ve skutečném vizuálním prostoru a celé cvičení probíhá s nasazenou pacientovou optimální korekcí.

Konvergometr se skládá z rotující černobílé spirály, která reflexně směřuje pacientův pohled do svého středu a díky tomu usnadňuje soustředění pacienta během cvičení. Tato rotující spirála je posuvná na liště, která má na sobě pravítko, které usnadňuje odečet aktuální hodnoty NPC. Pacient má po celou dobu cvičení opřenou bradu na polstrované podpěrci. Na tomto přístroji mohou cvičit pacienti spolu s ortoptistkou, která pomalu posouvá rotující spirálu směrem k obličeji pacienta nebo mohou cvičit i sami, pokud již zvládnou bezpečně určit, kdy dojde k rozdvojení spirály.

## Brockova šňůra

Brockova šňůra (viz Obr. 2) je tvořena, tak jak název napovídá, šňůrou s navlečenými korálky, která ale slouží k nácviku konvergence a divergence ve skutečném vizuálním prostoru. Využívá techniku fyziologické diplopie. Při cvičení má pacient nasazenou svoji optimální korekci.



*Obr. 2: Brockova šňůra*

V základním provedení má celá šňůra délku cca 3 m, ale můžeme se setkat i s 6 m Brockovou šňůrou. Na šňůře jsou umístěny minimálně 3 barevné korálky ve vzdálenosti 40,5 cm, 1,5 m a 2,7 m od obličeje pacienta. Jeden konec Brockovy šňůry si pacient drží na nose, druhý konec je vhodné umístit např. na kliku dveří a to tak, aby během celého cvičení byla šňůra napnutá. Poté ortoptistka vyzve pacienta, aby se podíval na první korálek (umístěný nejbližší u něj). Pacient by měl udat, že vidí jeden korálek, a za ním rozmazaně dvě šňůry, které se spolu jakoby tvoří písmeno V (vlivem fyziologické diplopie). Následně při pohledu na prostřední korálek by měl za ním vnímat opět dvě rozmazané šňůry ve tvaru písmene V a částečně by měl vnímat i další dvě rozmazané šňůry v prostoru před korálkem, které tvoří jakoby převrácené písmeno V. V podstatě by měl kolem korálku vnímat rozmazané písmeno X. Při pohledu na nejvzdálenější korálek by měl pacient vnímat v prostoru mezi ním a korálkem dvě rozmazané šňůry ve tvaru převráceného písmene V. Po ověření, že pacient celé cvičení správně chápe je možné začít střídat jednotlivé pohledové vzdálenosti, resp. vyzvat pacienta, aby se podíval na první korálek, následně na poslední, pak na prostřední, atp. Je vhodné takto „náhodně“ střídat pohledové vzdálenosti, protože např. při pohledu na první korálek, který je u pacienta nejbližší, dochází ke cvičení konvergence, naopak při pohledu na poslední korálek musí

pacient již lehce divergovat. Celé cvičení je možné provádět cca 3 – 4 minuty, podle individuálních potřeb a aktuálního stavu pacienta. Během celého cvičení ale musí ortoptistka neustále sledovat oči, resp. rohovkové reflexy pacienta a příp. se i pacienta ptát, jak šňůru a korálky vidí a to proto, aby se ujistila, že u pacienta nedošlo například k supresi nebo diplopii, kterou pacient neumí popsat. Protože v takovém případě nemá cvičení s Brockovou šňůrou význam.

Cvičení s Brockovou šňůrou je možné provádět s pacientem i doma, protože není složité si tuto šňůru vyrobit. Po vhodné edukaci může pacient se šňůrou cvičit i sám, pokud si je ortoptistka jistá, že cvičení probíhá tak jak má a že pacient při fixaci na korálek vnímá šňůry rozmazaně a v takové poloze, ve které by měl. Příp. s pacientem může cvičit jeho rodič, který ho během domácího cvičení může správně instruovat a také kontrolovat, že cvičení probíhá tak jak má.

### **Stíhací cvičení**

„Stíhací cvičení“ je označení modifikovaného push – up cvičení, které je vhodné používat u malých pacientů. Jedná se také o cvičení ve skutečném vizuálním prostoru. Celé cvičení probíhá s nasazenou pacientovou optimální korekcí.

Hodí se pro malé pacienty z toho důvodu, že kromě fixačního objektu, který drží v ruce ortoptistka, tak i sám pacient má v ruce např. tužku nebo tyčinku s kuličkou na konci (viz. Obr. 3), kterou se musí přesně trefit do fixačního objektu, kterým ortoptistka různě pohybuje v binokulárním zorném poli pacienta. Díky tomu, že se pacient musí sám trefit do objektu, tak také v některých případech více zaměří svoji vizuální pozornost a tím pádem i lépe konverguje. Současně je tento druh cvičení pro malé pacienty i zábavnější než pouhé sledování přibližujícího se předmětu.



*Obr. 3: Tužka a tyčinka s kuličkou na konci*

Stíhací cvičení je také vhodné provádět v domácím prostředí a to buď samostatně (např. u malých dětí, kterým se zatím jiné cvičení konvergence příliš nedaří) nebo v kombinaci s dalšími druhy cvičení.

### **Near far jump**

Jak vyplývá z anglického názvu tohoto typu cvičení, podstatou je rychlá skokovitá změna fixace z blízkého předmětu na předmět umístěný minimálně v 5 – 6 m, příp. i dále. I toto cvičení probíhá ve skutečném vizuálním prostoru a vždy s nasazenou pacientovou optimální korekcí.

K tomuto cvičení postačuje stejný fixační objekt jako k push – up cvičení nebo ke stíhacímu cvičení. Ideální je, aby se pacient posadil před okno tak, aby mohl sledovat např. domy na protější straně ulice, atp. Ortoptistka se posadí vedle pacienta tak, aby mu nebránila ve výhledu z okna. Fixační předmět na začátku cvičení umístí do takové vzdálenosti, aby na něj pacient dokázal pohodlně konvergovat a viděl ho jednoduše. Ortoptistka vyzve pacienta, aby se podíval na fixační objekt. Poté ho vyzve, aby se rychle podíval z okna např. na komín protějšího domu (v minimální vzdálenosti 5 až 6 m) – tedy aby rychle střídal fixační vzdálenost z blízka do dálky. Poté ho vyzve, aby se podíval zpátky na blízký fixační objekt, který ale mezi tím již přiblížila o několik centimetrů blíže k obličeji pacienta. Současně ho vyzve, aby na tento blízký fixační objekt vydržel chvíli fixovat, tedy i konvergovat. Díky tomu dochází k posílení konvergentního postavení. Takto následně skokovitě střídá pohled do blízka a do dálky, např. 2 až 3 minuty (podle individuálního stavu pacienta). Při každém pohledu do blízka ortoptistka posune fixační objekt o několik centimetrů blíže k pacientovu obličeji až do chvíle, kdy ji zahlásí, že ho již nedokáže zfúzovat a vidí ho dvojitě. Díky tomuto postupu by se měl i pacientův NPC postupně během cvičení normalizovat. A díky pohledu do dálky je možné trénovat i divergenci, resp. desakomodaci a potažmo tak i šířku fúze. Ortoptistka během cvičení kontroluje pacientovi oči, při pohledu do dálky i při pohledu do blízka, zda nedochází k pohybu oka/očí zevně, atp.

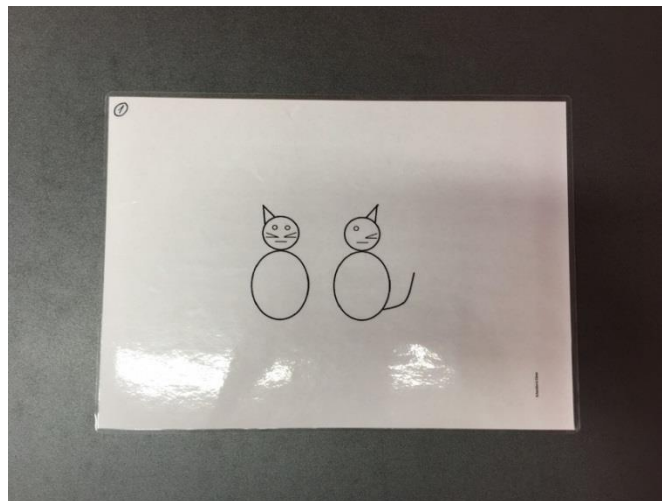
I near far jump metodu cvičení konvergence je možné provádět v domácím prostředí, vždy ale po správné edukaci pacienta, aby si ortoptistka byla stoprocentně jistá, že ji pacient sám nebo rodiče dětského pacienta umí správně provádět.

### **Tři kočky**

Jak již název napovídá, základem testu je schématický obrázek koček. Původně vznikl ve Velké Británii. Celé cvičení probíhá ve skutečném vizuálním prostoru s optimální korekcí pacienta. Patří

k technikám cvičení tzv. relativní vergence – tedy cvičení konvergence, příp. divergence, za stavu neměnné akomodace.

Pro cvičení konvergence je použita neprůhledná karta s vyobrazením dvou schématických koček (viz Obr. 4), jejichž středy jsou od sebe vzdáleny 5 cm a každá z těchto koček má vynechané některé obrazové detaily (např. jako na fúzních obrázcích používaných pro troposkop/synoptofor). Ortoptistka umístí tuto cvičební kartu do vzdálenosti 30 až 40 cm od obličeje pacienta. Do prostoru mezi kartou a pacientův obličej umístí fixační objekt (tužku s motivem, ukazováček, atp.). Následně vyzve pacienta, aby se zaměřil na fixační objekt. Následně ho ortoptistka instruuje, aby se pokusil vnímat v prostoru za fixačním objektem třetí kočku, která vznikne zfúzováním obou schématických koček z cvičební karty. Jinými slovy řečeno, tato třetí kočka obsahuje všechny fúzní obrazové detaily, protože vzniká složením ze dvou schématických koček. Je důležité pacienta upozornit, aby jakmile si vytvoří vjem třetí kočky, nezačal fixovat na tuto třetí kočku, protože se v některých případech může stát, že ji přestane vidět, tedy že dojde k narušení fúze. A dále je také důležité zmínit to, že je v pořádku, pokud je třetí kočka vnímána rozmazaně, resp. ne zcela ostře, protože ke zcela ostrému vjemu třetí kočky může u pacienta dojít až po určité době trénování tohoto druhu cvičení. Jakmile pacient tedy vnímá třetí kočku, která má všechny obrazové detaily, můžeme ho vyzvat, aby se pokusil tuto třetí kočku vnímat co nejdéle v ideálním zfúzovaném stavu. Poté mu řekneme, aby na chvíli změnil pohledový směr nebo aby si zavřel oči. Následně cvičení opakujeme např. 10 až 15 krát podle individuálních potřeb pacienta.



*Obr. 4: Karta s vyobrazením dvou schématických koček*

Pokud by se místo neprůhledné karty použil průhledný materiál s natištěnými schématickými kočkami, je možné tuto metodu použít i pro procvičení divergence. Rozdíl je v tom, že pacient fixuje objekt umístěný za rovinou průhledné karty (např. při pohledu z okna ven na ulici). Tím, že se



v podstatě dívá skrz cvičební kartu do dálky, tak dochází k uvolnění akomodace a konvergence. A pouze pokud dostatečně uvolní akomodaci a konvergenci, tak opět uvidí obraz třetí kočky se všemi patřičnými obrazovými detaily.

Toto cvičení je možné po vhodné edukaci použít i v domácím prostředí. Je možné i místo koček použít schématický obraz jiného zvířete nebo věci a uzpůsobit tak toto cvičení pacientovým zálibám a celkově mu cvičení zpříjemnit.

### **Cvičení s prizmaty v prostoru**

Cvičení konvergence s prizmaty v prostoru je nejvyšším stupněm posilování konvergence, protože vedle tohoto vergenčního pohybu také posiluje funkce jednoduchého binokulárního vidění (zkratka JBV), především tzv. sensorickou fúzi. Jedná se o cvičení ve skutečném vizuálním prostoru, ale s tou výjimkou, že ke cvičení jsou používány Bagoliniho brýle (viz dále), které částečně disociují vjem pravého a levého oka. I toto cvičení umožňuje nácvik relativnívergence.

Nezbytnou pomůckou pro ortoptické cvičení konvergence v prostoru jsou brýle s Bagoliniho skly s vrypy pod úhlem  $45^\circ$  a  $135^\circ$ . Přes Bagoliniho brýle pacient sleduje světelný bod umístěný ve vzdálenosti cca 5 – 6 m. Skla těchto brýlí rozmazávají zrakový vjem malého světelného bodu do světelného paprsku, který je kolmý na vrypy. Pokud se pacient dívá přes Bagoliniho skla na světelný bod každým okem zvlášť, vidí vždy jen jednu čáru a jeden světelný bod. Pokud se ale přes ně dívá oběma očima, vidí křížek a jeden (příp. dva) světelné body. Tímto jednoduchým způsobem se průběžně ujišťujeme, že pacient při cvičení nepotlačuje jedno oko, ale že používá obě oči současně tak, jak je potřebné.

Při samotné cvičení předkládá ortoptistka před jedno oko prizmata (příp. prizmatické lišty) bazí temporálně (BT) o vzrůstající síle. Úměrně k síle předkládaného prizmatu dochází k posunu obrazu na sítnici, což nutí pacienta k reflexní, event. volní konvergenci, aby si udržel jednoduchý vjem světelného bodu. Postupné zesilování prizmat cíleně posiluje konvergenci. Výsledkem cvičení je poté robustnější konvergence a stabilnější postavení očí.

Postup cvičení je následující: rozsvítíme světelný fixační bod a v ortoptické ambulanci zhasneme, aby bylo co nejlépe vidět na světelný bod. Pacientovi nasadíme Bagoliniho brýle a pokud má pacient vlastní brýlovou korekci, nasadíme Bagoliniho brýle přes dioptrické brýle. Vyzveme ho, aby se přes Bagoliniho brýle podívalo na fixační světelný bod a zeptáme se ho, co vidí. Pokud nám popíše, že vidí jeden světelný bod a přes něj křížek, víme, že můžeme pokračovat ve cvičení. Pokud

nám ale popíše, že vidí pouze jednu čáru a jeden světelný bod nebo křížek a dva světelné body, nemůžeme ve cvičení pokračovat, protože u něj došlo k supresi nebo k diplopii.

Pokud ale popíše, že vidí křížek a jedno světlo, předložíme před jedno oko prizma. Začíná se s prizmatem o velikosti 1 pD, které předkládáme bazí temporálně (BT). Zeptáme se pacienta, co vidí. Pokud nám popíše, že vidí jeden světelný bod a křížek, víme, že můžeme pokračovat ve cvičení. Pokud nám udá ale něco jiného (jak je popsáno výše), nemůže ve cvičení pokračovat. Ve cvičení pokračujeme následujícím způsobem: předkládáme před jedno oko postupně prizmata o vzrůstající hodnotě bazí temporálně, obvykle po 1, 2 nebo 5 pD krocích. Tím nutíme pacienta konvergovat – čím vyšší hodnotu prizmatu předložíme, tím více se obraz na sítnici posune a tím více musí pacient konvergovat. Takto postupujeme až do chvíle, než nám pacient zahlásí, že vidí pouze jednu čáru a jeden světelný bod nebo křížek a dva světelné body a nedokáže supresi nebo diplopii sám překonat. Pacient, který na toto ortoptické cvičení již nějakou dobu dochází, zvládne cvičení např. až do hodnoty 25 – 30 pD BT. Poté začneme předkládat prizmata sestupně – tedy od 25 –30 pD BT až do 1 pD BT, obvykle po 5, 2 nebo 1 pD krocích. Tento celý postup představuje jeden cvičební cyklus. Pokud má pacient během cvičení problém „spojit“ dvě čáry a dva světelné body v křížek s jedním světelným bodem uprostřed, vyzveme ho, aby si zamrkal nebo aby se podíval na svůj nos a poté opět zpátky na fixační světelný bod. Stejně provedeme cvičení i na druhém oku - opět celý cvičební cyklus. Během cvičení je nezbytné se několikrát zeptat, co pacient vidí, abychom si byli jisti, že správně cvičí a nevymýšlí si. Např. mu během cvičení zakryjeme jedno oko a zeptáme se ho, co vidí. Správně by nám měl popsat, že vidí jedno světlo a čáru. Také během cvičení můžeme pozorovat pohyb oka, když odděláme prizma – oko by se správně mělo pohybovat z vnitřního koutku směrem do paralelního postavení. Celé cvičení opakujeme celkem třikrát pro každé oko, tedy 3 cvičební cykly pro pravé a 3 cvičební cykly pro levé oko. Samozřejmě je možné upravit i cvičební vzdálenost, např. ji snížit, atp.

Cvičení nelze provádět doma, ale pouze v ortoptické ambulanci, protože se jedná o poměrně komplikované cvičení, jak svým postupem, tak i vybavením.

### **Polarizovaný vektograf**

Cvičení s polarizovaným vektografem (viz Obr. 5) představuje další možnost, jak cvičit konvergenci, příp. i divergenci. K disociaci vjemu pravého a levého oka jsou použity polarizační brýle. I toto cvičení je možné zařadit mezi cvičení ve skutečném prostoru, při kterém dochází k částečné disociaci vjemu obou očí. Podobně jako při cvičení s prizmaty v prostoru dochází při cvičení s polarizovaným vektografem k nácviku relativní vergence. Pokud má pacient brýlovou korekci, tak se polarizační brýle nasazují přes jeho dioptrické brýle.



Obr. 5: Polarizovaný vektograf

Polarizovaný vektograf je složen ze dvou průhledných fólií s předtištěným motivem, které se po sobě mohou pohybovat. Použitým motivem může být spirály s písmeny, atp. Právě díky vzájemnému pohybu obou fólií proti sobě je možné cvičit konvergenci nebo divergenci. Po nasazení polarizačních brýlí by měl pacient např. spirálu vidět prostorově, protože v základní pozici fólií jsou oba obrazy od sebe mírně posunuty, což vytváří stereoskopický vjem. Před cvičením je ale důležité se zeptat nejen na to, zda pacient spirálu vidí prostorově, ale také na to, zda vidí speciální testové značky pro pravé a levé oko současně. Pokud by tyto testové značky neviděl oběma očima současně, nemá cvičení na vektografu význam. Poté pacienta vyzveme, aby začal fixovat určitý bod na spirále. Následně začneme pomalu posouvat foliemi proti sobě, resp. směrem od sebe. Posunem směrem k pacientově pravé ruce ho nutíme konvergovat, směrem k pacientově levé ruce ho nutíme divergovat. Takto foliemi posouváme až do chvíle, než nám pacient zahlásí, že spirálu vidí dvakrát, příp. rozmazaně nebo nestereoskopicky. Poznamenejme si hodnotu, ve které došlo k rozpojení vjemu spirály. Pro vyjádření dané hodnoty konvergence jsou obvykle použity číslice a pro vyjádření hodnoty divergence jsou obvykle použita písmena. Tato písmena i číslice jsou obvykle umístěna ve spodní části vektografu na jedné „přímce“, která tvoří stupnici, přičemž posun vektografu o jedno písmeno/čísllici obvykle odpovídá hodnotě 1 pD. Po rozdvojení se opět vracíme do základní pozice obou fólií a ptáme se pacienta, zda vjem opět vnímá stereoskopicky. Pokud ano, začneme pomalu posouvat foliemi do opačného směru než jsme posouvali před chvílí. Během cvičení se snažíme pacienta motivovat k tomu, aby dokázal udržet stereoskopický vjem spirály po co nejdelší dobu, resp. při co největším posunu obou fólií směrem od sebe, protože díky tomu i lépe procvičuje konvergenci, příp. divergenci. Toto cvičení je vhodné provádět cca 3 – 4 minuty, podle soustředěnosti a výdrže pacienta. Během opakovaných cvičení se snažíme, aby pacient vnímal vektograf stereoskopicky po co možná nejdelší dobu, tedy aby se zvětšoval jeho rozsah konvergence, příp. divergence (hodnocený odečtem ze stupnice).

## **Troposkop/synoptofor**

Cvičení konvergence je možné provádět i na troposkopu/synoptoforu. Jedná se ale o cvičení v přístrojovém prostoru, který se velmi odlišuje od vizuální scény běžně vnímané během každodenního života. Dále během tohoto cvičení dochází k úplné disociaci vjemu pravého a levého oka. I toto cvičení pacient provádí se svojí optimální korekcí.

Cvičení konvergence provádíme běžně na obrázcích odpovídajících svojí velikostí fúzi II. Pokud ale pacient na fúzi II částečně nebo plně utlumuje, příp. má střídavou supresi, je možné cvičení provádět i s obrázky pro fúzi I. Výchozí pozicí pro cvičení konvergence je správně nastavený úhel šilhání pacienta. Následně je možné plynulým posunem ramen troposkopu/synoptoforu cvičit jak konvergenci, tak i divergenci (tedy šířku fúze) až do chvíle, kdy nám pacient zahlásí, že vidí fixovaný předmět dvakrát. Obzvláště malí pacienti nám mnohdy nedokážou rozdělení obrazu popsat, proto je velmi důležité během cvičení kontrolovat uložení jejich rohovkových reflexů, a pokud zaznamenáme posun reflexu nebo uvidíme refixační pohyb, víme, že došlo k rozpojení fúze a pacient vidí dva obrazy. Poté se opět plynulým pohybem vracíme do stanoveného úhlu šilhání a následně můžeme stejným postupem provádět cvičení i směrem do divergence. Tímto postupem je možné cvičení provádět cca 2 až 3 minuty, podle věku, soustředěnosti a aktuálního stavu pacienta.

## **Brewster – Holmesův a vergenční stereoskop**

Brewster – Holmesův a vergenční stereoskop (viz Obr. 6 a 7) reprezentují další přístroje, díky kterým lze s pacienty cvičit konvergenci. I tato metoda představuje cvičení v přístrojovém prostoru, při kterém dochází k úplné disociaci vjemu obou očí. I při tomto cvičení má pacient nasazenou svojí optimální korekci.



Obr. 6: Brewster – Holmesův stereoskop

Obr. 7: Vergenční stereoskop

Oba uvedené stereoskopy mají velmi podobnou konstrukci. Základem je lišta, která má buď ruční držátko nebo je umístěna na nastavitelném stojánku. Na liště se nachází posuvný nosič dvojobrázků (viz Obr. 6) a také neprůhledná přepážka, která odděluje vjem pravého a levého oka. Jako fixační podněty je možné použít superpoziční, fúzní nebo stereoskopické dvojobrázky. Na lištu navazují kukátka, která obsahují spojné čočky o hodnotě  $+5,25$  D, jež mají optické středy decentrovány zevně, čímž je navozen prizmatický účinek. Pro cvičení s Brewster – Holmesovým stereoskopem jsou požívány dvojobrázky, které mají neměnnou středovou vzdálenost. Naopak u vergenčního stereoskopu je možné pomocí šroubů nastavovat vzdálenost fixačních dvojobrázků. Základní výchozí pozice dvojobrázků je přibližně ve středu lišty. Vlivem decentrovaných spojných čoček dochází při přiblížení dvojobrázku k pacientově obličejí k současné akomodaci a divergenci. Naopak při oddálení dvojobrázku musí pacient současně konvergovat a desakomodovat. Tímto způsobem dochází při cvičení k disociaci VAS, takže pokud se pacient po cvičení podívá do skutečného vizuálního prostoru, je možné, že se krátce obnoví správná VAS se správným AC/A poměrem. Díky tomu je možné tímto cvičením posilovat nejen konvergenci a divergenci, ale také správnou VAS se správným AC/A poměrem. Kromě toho je možné na stereoskopech cvičit i pacientovu šířku fúze. Během cvičení je ale nezbytné stále kontrolovat postavení očí i rohovkové reflexy pacienta a to proto, že při přibližování/oddalování dvojobrázku dojde v určitém momentu k diplopii nebo k supresi jednoho oka, příp. ke střídaté supresi a v tu chvíli je nezbytné se s dvojobrázkem vrátit o pár centimetrů zpátky. Toto přibližování a oddalování dvojobrázku

provádíme celkově cca 3 – 4 minuty. Během tohoto časového intervalu je samozřejmě možné střídat fixační dvojobrázky, aby cvičení bylo pro pacienty co možná nejvíce zábavné. Pomocí různých dvojobrázků je možné cvičit pacientovu superpozici, fúzi i stereopsi. Pokud má pacient výraznou divergentní úchylku a nedokáže základní fixační dvojobrázek spojit, je možné použít dvojobrázky s větší středovou vzdáleností (u Brewster – Holmesova stereoskopu) a postupně během tohoto cvičení snižovat středovou vzdálenost obrázků. U vergenčního stereoskopu je možné nastavovat a měnit středovou vzdálenost dvojobrázků podle pacientovy potřeby. Malí pacienti ale během cvičení často diplopii nebo supresi nepopíší, proto toto cvičení nemohou dělat sami a musí být pod neustálým dohledem ortoptistky, která stále kontroluje správné uložení rohovkových reflexů. Pokud ale starší pacienti dokáží sami dostatečně dobře rozpoznat supresi nebo diplopii, mohou toto cvičení po edukaci v určitých případech provádět v ortoptické ambulanci i samostatně.

### **Šířka fúze**

Šířka fúze (zkratka ŠF) představuje rozsah fúze, ve kterém vnímá pacient daný fixační obraz jednoduše, jinými slovy řečeno ŠF představuje rozsah JBV. ŠF je hodnocena ve směru do konvergence a divergence (tedy v horizontálním směru) a také ve vertikálním směru, vždy ve směru od konkrétního úhlu šilhání pacienta. ŠF směrem do konvergence bývá označována jako kladná ŠF, naopak ŠF směrem do divergence jako negativní ŠF. V některých literárních zdrojích se pro ni používá výraz fúzní rezerva nebo amplituda fúze.

ŠF ovlivňuje mnoho faktorů. Mohou jimi být například věk pacienta, jeho pozornost a cvik, akomodace na fixační obrazy, vliv použité vyšetřovací/cvičební metody, atd. Dále pokud je ŠF měřena/cvičena na tropokospu/synoptoforu, závisí její velikost na použitém fúzním obrázku, resp. na tom, zda je pro vyšetření použit obraz pro fúzi I, II nebo III. Lada Hromádková ve své publikaci Šilhání uvádí, že by zdravý člověk měl mít kladnou ŠF 25 – 40 pD, zápornou ŠF 8 – 10 pD a vertikální ŠF 3 – 4 pD. Neuvádí zde ale, zda se jedná o dětského nebo dospělého pacienta.

Dostatečná velikost ŠF je velmi významným faktorem JBV a to z toho důvodu, že např. u heteroforických pacientů představuje rozsah, ve kterém bude heteroforie kompenzována bez větších astenopických potíží a/nebo diplopie. Jinými slovy řečeno pokud má pacient například esoforii 4 pD a kladnou ŠF 25 – 30 pD, pravděpodobně nebude tuto úchylku nijak výrazněji pociťovat.

## **Možnosti cvičení šířky fúze v ortoptické ambulanci**

ŠF je velmi důležité cvičit a ideálně rozšiřovat prakticky u všech ortoptických pacientů a to z toho důvodu, že ŠF, jako jeden z parametrů jednoduchého binokulárního vidění, by měla být, po určité době ortoptického cvičení, ideálně normalizovaná, resp. rozšířená/zvětšená.

V následujících odstavcích budou popsány jednotlivé možnosti, kterými lze šířku fúze (především kladnou a zápornou ŠF) u pacientů cvičit. V podstatě všechny se překrývají s metodami používanými při cvičení konvergence (viz výše). Proto budou popsány pouze stručně, příp. budou uvedeny odlišnosti od pouhého cvičení konvergence.

## **Cvičení s prizmaty v prostoru**

Díky této metodě je možné u pacienta cvičit nejen konvergenci (jak již bylo popsáno výše), ale i divergenci, potažmo tak i šířku fúze.

Princip cvičení ale zůstává zcela stejný. Při cvičení konvergence se pacientovi před oko předkládají prizmata bazí temporálně, pro cvičení divergence naopak bazí nazálně (zkratka BN). Po určité době cvičení lze u pacienta dosáhnout kladné šířky fúze až 30 pD a záporné šířky fúze až 12 pD. Je ale důležité podotknout, že tyto hodnoty lze obvykle očekávat spíše u dětských a mladých dospělých pacientů. Předem také nelze říci, po jak dlouhé době cvičení těchto hodnot pacient dosáhne. Pokud má pacient během cvičení s předloženým prizmatem BN problém světelný bod zfúzovat v jeden vjem, je možné ho instruovat, aby se na chvíli podíval např. na strop. Protože při pohledu nahoru se fyziologicky osy vidění odchyľují směrem ven a díky tomu může dojít při pohledu zpět na fixační světelný bod k vytvoření jednoduchého vjemu (tedy ke vjemu jednoho světla a křížku). Obvykle se během cvičení postupuje tak, že se nejprve cvičí kladná ŠF a následně záporná ŠF.

## **Polarizační vektogram**

Při cvičení ŠF pomocí polarizovaného vektogramu se kromě cvičení konvergence, cvičí i divergence. Postup cvičení, popsáný výše, zůstává i během cvičení ŠF stále stejný.

## **Troposkop/synoptofor**

Na troposkopu/synoptoforu je možné v ortoptické ambulanci také cvičit ŠF a to stejným postupem, který byl již popsán výše.

Je ale důležité si uvědomit, že vzhledem k tomu, že se jedná o úplnou disociaci vjemu pravého a levého oka v přístrojovém prostoru, může být velikost ŠF ve skutečném vizuálním prostoru lehce odlišná. ŠF se odečítá přímo ze stupnic umístěných na ramenou troposkopu/synoptoforu a to tak, že se sečte hodnota z obou ramen. Například pokud má pacient objektivní i subjektivní úchylku 0 stupňů a rozsah kladné ŠF + 8 stupňů na jednom rameni, celková kladná ŠF bude + 16 stupňů. Obvykle se ŠF zapisuje tvaru např. + 16 stupňů až 8 stupňů.

### **Brewster – Holmesův a vergenční stereoskop**

Oba tyto stereoskopy je možné použít ke cvičení ŠF, ale opět se jedná o úplnou disociaci v přístrojovém prostoru.

Při cvičení se postupuje tak, že se nejdříve plynule posouvá nosičem dvojobrázků ze základní polohy do konvergence (tedy směrem od pacienta) a následně plynule do divergence (směrem k pacientovi). V obou případech vždy do chvíle, než dojde u pacienta k diplopii, supresi nebo než ortoptistka zaregistruje odchýlení polohy rohovkových reflexů.

ŠF je v podstatě možné cvičit i pomocí **Brockovy šňůry**, cvičení **near far jump** nebo metody **tři kočky** (viz výše).

### **Závěr**

Cvičení konvergence a šířky fúze je důležitou součástí ortoptického cvičení a u pacientů s konkrétními diagnózami by nemělo být opomíjeno. V současné době existuje velké množství nejrůznějších metod, kterými lze konvergenci i ŠF cvičit jak v ortoptické ambulanci, tak i v domácím prostředí. Je možné cvičit ve skutečném, ale i v přístrojovém prostoru. Je možné využívat úplnou nebo částečnou disociaci vjemu pravého a levého oka.

Na úplný závěr je důležité zmínit, že zcela nepostačuje cvičení konvergence, příp. ŠF, jednou týdně během cvičení v ortoptické ambulanci. Ortoptistka musí správně edukovat své pacienty nebo rodiče malých pacientů, jak mají, obzvláště konvergenci, správně cvičit každý den v domácím prostředí. Protože bez tohoto pravidelného domácího cvičení nebude ani cvičení v ortoptické ambulanci dostatečně efektivní.



## **Použitá literatura**

DIVIŠOVÁ, Gabriela. *Strabismus*. Praha: Avicenum, 1990, 312 s. ISBN 80-201-0037-7.

HROMÁDKOVÁ, Lada. *Šilhání*. Vydání 3., nezměněné. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011, 162 s. ISBN 978-80-7013-530-3.

## **Zdroje obrázků**

Obr. 1: Tužka s motivem a figurka na tyčince – archiv autorky

Obr. 2: Brockova šňůra – archiv autorky

Obr. 3: Tužka a tyčinka s kuličkou na konci – archiv autorky

Obr. 4: Karta s vyobrazením dvou schématických koček – archiv autorky, autorem původní předlohy je Mgr. Elena Schmidtová

Obr. 5: Polarizovaný vektograf – archiv autorky

Obr. 6: Brewster – Holmesův stereoskop – archiv autorky

Obr. 7: Vergenční stereoskop – archiv autorky

## **Použité zkratky**

cm - centimetr

D - dioptrie

m – metr

pD – prizmatická dioptrie

**Bc. Kateřina Malá, MUDr. Miroslav Dostálek, Ph.D.**

## **The possibilities of convergence and fusion amplitude exercise in the orthoptic office**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno,**

**BINOCULAR s.r.o., Center of Paediatric Ophthalmology, Litomyšl**

### **Annotation:**

This contribution discusses the possibilities of convergence and fusion amplitude exercise in the orthoptic office. Convergence and fusion amplitude are important parameters of binocular vision, which is necessary to strengthen and exercise with patients with certain diagnoses. Some methods can also be used in home-training convergence, or fusion amplitude.

**Key words:** convergence exercise, fusion amplitude exercise, orthoptics

### **Introduction**

Convergence and fusion amplitude are important parameters of visual output and visual functions. This is mainly because, by the convergence, it is possible to achieve a sharp visual perception when looking at a near fixation object by adjusting the visual axis of both eyes so that the image of the fixation object falls into the fovea. The fusion amplitude expresses the range of horizontal vergences (convergence and divergence), as well as the heights in which the investigated person sustains the given fusing stimulus, in other words, when he/she perceives it simply and does not experience a transitional diplopia.

### **Convergence**

As noted in the introduction, convergence characterizes the state when the visual axes of both eyes are rotated so that the image of the fixation object falls on both eyes in the fovea. It is the

turning of both eyes towards the nose, in the nasal direction. The opposite of convergence is the divergence when the visual axes turn outwardly, in the temporal direction. Convergence and divergence represent vergence eye movements.

Convergence is part of the reflex of looking at a near fixation object. In some literature, this reflex is referred to as a triad by looking at a near distance, and includes contemporary convergence, pupil miosis (narrowing) and accommodation. The connection of accommodation and convergence is further characterized by the vergence – accommodative synkinase (VAS), which defines the interrelationship of these two mechanisms, so when the accommodation occurs, it also occurs the convergence and when the convergence occurs, it also occurs the accommodation. Near distance is thought to be approximately from 30 to 40 cm from the eyes of the observer.

Convergence can be divided into reflective and free. Free convergence is one that we control by our own will. Conversely, reflex convergence occurs without our consciousness, and it happens in a reflective way. Reflective convergence consists of 4 components, namely:

- tonic convergence: thanks to pulses from the brain centers, it keeps the resting eye position.
- accommodative convergence: due to accommodation and thanks to VAS. This convergence is referred to by the abbreviation AC and is an important quantity of the so-called AC / A ratio (see below).
- fusion convergence: adjusts the visual axes so that they intersect in a fixation object to allow the most optimal fusion conditions. This component complements the accommodative convergence.
- proximal convergence: it is manifested during the investigation on the devices (especially on the troposcope/synoptophore) by the physical proximity of the device itself. This component is psychogenically conditioned.

Convergence is possible, as well as other visual functions, to quantify in a certain way. The convergence performance scale is the near point of convergence (NPC). The NPC expresses the distance in the space in front of our face, where our eyes are able to converge, and that is why we see the fixation object simply. Normal NPC values are set for 5 cm for a child and 8 cm for an adult. If there is a greater NPC than the normal values, this finding is the indicative of a state of insufficient convergence (convergence insufficiency). The NPC is not so significantly dependent on age, unlike the near point of accommodation (punctum proximum), so the normal values for the child and the adult are sufficient for clinical practice.

The NPC represents the so-called break point. In some literature we can see that the blurr point and the recovery point are measured during the convergence evaluation, namely the blurring

point, followed by the break point and finally the recovery point. In the following paragraphs, the convergence assessment will focus primarily on the NPC, because most of the Czech strabologists and orthoptics currently assess this convergence parameter. On the other hand, the remaining two points are interesting and not less important for the assessment of convergence, but we will not include them in the review for the clarity of the contribution.

The unit of convergence is the so-called meter angle. One meter angle forms the visual axes of the both eyes while watching an object located at a distance of 1 meter. This unit is based on the mutual relationship of accommodation and convergence, therefore 1 meter angle corresponds to the 1D of accommodation (applies to the emetropic eye). In other words, if we accommodate 2 D, we simultaneously converge 2 meter angles.

Another evaluated parameter is the so-called AC / A ratio, or the ratio of accommodative convergence to accommodation. This ratio expresses how much accommodative convergence the accommodation will bring. Its normal value is about 3 – 5:1. This ratio is abnormally increased e.g. in non – refractive accommodative esotropia and vice versa abnormally low, for example, in convergence insufficiency.

### **The possibilities of convergence exercises in the orthoptic office**

During the exercise of convergence, it is necessary to focus not only on the NPC distance of a particular patient, but also on the smoothness and symmetry of convergence as such. Therefore, it is necessary to remember that, for example, in a patient diagnosed with esotropia or esophoria, it is appropriate to test the smoothness of convergence, not to strengthen the convergence, but to make sure that this patient also has the ability to turn the visual axis towards the nose sufficiently smooth and symmetrical.

The exercise of convergence is an integral part of a complex orthoptic therapeutic approach for a variety of strabological diagnoses. The importance of convergence exercise is in patients with diagnosed basal exotropia, insufficiency of convergence, excess of divergence, and even heterophoric patients (e.g. with insufficiency of convergence or excess of divergence), ...

For these "exo" deviations, convergence exercise is important because they have very low or, in some cases, zero convergence, and therefore the NPC is located at a greater distance from the face, and the visual axes tend to deviate outwardly, in the temporal direction. Therefore, a correct and regular exercise of convergence can achieve a lower "deviation" of the visual axis towards the

divergent position, allowing the patient to have a more comfortable vision and, therefore, better conditions for fusion, reduce astenopic problems and diplopia.

In the following paragraphs, we will focus on the various techniques that can be used to exercise and strengthen convergence with patients in the orthoptic office. Some exercise techniques are also suitable for home exercise. Because even during the exercise of convergence, as with other orthoptic - pleoptic therapeutic procedures, the regularity of exercise is very important, it is not enough to exercise, for example, once a week in an orthoptic office. It is essential to properly educate parents of a child patient or adult patient about the possibilities of convergence exercise at the home and explain the importance of regular exercise.

Some of the exercises listed below also allow to practise the divergence, respectively the fusion amplitude. Therefore, the various techniques of convergence exercise and fusion amplitude exercise can overlap partially (see below).

### **Push – up exercise**

This exercise represents the practice of convergence in the real visual space, in which, besides the central fusion stimuli, also provides the peripheral fusion stimuli, and thus faithfully simulates the visual scene commonly perceived in everyday life. The only aids for this exercise are suitable and visually attractive objects for the patient - for example, colored pencils with the motive, the figurine placed on the stick (see Figure 1), or a 30 – 40 cm string with a colored bead, etc. The entire exercise is done with the patient's optimal correction.



*Figure 1: Pencil with the motive and figurine placed on the stick*

The exercise itself is done in such a way that the orthoptist sits opposite the patient and slowly and smoothly moves the fixation object towards the eyes of the patient from a distance of about 30 – 40 cm. At the same time, she or he monitors whether the convergence is smooth and symmetrical or unsymmetrical, twitching, or if the eye is moving outward, etc. The patient is also asked when the fixation object is split into two objects, so she or he detects the subjective position of the NPC. The objective position of the NPC may be determined, in some patients, when the orthoptist records an outward move of the eye/eyes, e.g. when the patient's fusion is broken. Particularly small child patients sometimes fail to accurately determine when a fixation object is split into two, so it is necessary to determine the objective NPC. We usually repeat the moving the fixation object towards the patient approximately 20 times – always according to the concentration and age of the patient. It is also possible to change the position from which we move the object – e.g. directly opposite of the eyes, slightly up, slightly down, etc. It is also advisable to move the fixation object on the arc, because physiologically, when we are looking at a near object, we tend to slightly lower our eyes and converge and accommodate at the same time. If the patient reports a diplopia of the object, or if we see that one or both eyes are moved outward, it is necessary to move the fixation object away from the patient's face so that the fusion can renew again (for example, take from 5 to 10 cm off). Then we can repeat the exercise again. Some patients will be able to realize that their eye/eyes are moving outward after some time of convergence exercise, so they can better control their eyes position. If the patient does not know that at the beginning of the exercise, it is possible to draw attention to the deviation of his/her eye and encourage him/her to become more aware of his or her eyes position. It is also desirable that the NPC gradually moves towards the patient's face during the push-up exercise, so that its value is normalized and that the convergence is as symmetrical and smooth as possible.

Push - up exercise should also be performed at the home. For small children, the fixation object can be moved by their parent, in older children or adult patients it is possible to move the fixation object to their eyes by themselves. For older children or adults patients, the fixation object can be replaced, for example, by text from their favorite book, and it is advisable to fix, for example, one letter or a shorter word in the text. This exercise should be performed from 3 to 4 times a day, and repeat it for example from 20 to 30 times in a given series, always with a respect of the individual needs of the patient.

## **Konvergometer**

Exercise on the device, known as a convergometer, is basically a modification of the push-up exercise, with the use of a rotating black and white spiral instead of the fixation object. Even this exercise is a representative of the exercise in the real visual space and the whole exercise is done with the patient's optimal correction.

The convergometer consists of a rotating black-and-white spiral that reflects the patient's view in its center, making it easier for the patient to concentrate during the exercise. This rotating spiral is moving on a bar that has a ruler on it that makes easier to read the current NPC value. The patient has a leaning chin all the time on the cushioned chinrest. This device can be used for training with the orthoptist who slowly moves the rotating spiral towards the patient's face, or patients can practice themselves if they are able to safely determine when the spiral is split into two spirals.

## **Brock string**

Brock string (see Figure 2) is created, as the name implies, with a string with beads, but used to practice convergence and divergence in the real visual space. It uses the technique of physiological diplopia. During exercise, the patient is optimally corrected with his or her correction.



*Figure 2: Brock string*

In the basic design, the whole string has a length of about 3 m, but we can also meet the 6 m Brock string. On the string there are at least 3 colored beads at a distance of 40,5 cm, 1,5 m and 2,7 m from the patient's face. One end of Brock string holds the patient on his/her nose, the other end is suitable for example to place on the door handle so that the string is tensioned throughout the whole exercise. Then the orthotist asks the patient to look at the first bead (located closest to him). The patient should say that he/she sees one bead, and behind it two blurred lines, which together make up the letter V (due to the physiological diplopia). Subsequently, looking at the middle bead, he/she should see again two V shaped blurred lines and partly see two more blurred lines in the space in front of the bead, which makes up the inverted letter V. He/she should basically perceive the blurred letter X around the bead. Looking at the farthest bead, the patient should perceive two blurred lines in the shape of the inverted V in the space between him and the bead. After verifying that the patient correctly understands the whole exercise, it is possible to start changing the view distances, respectively to ask the patient to look at the first bead, then the last, then the middle, etc. It is advisable to "alternately" change the view distances, because of when looking at the first bead nearest to the patient, his/her convergence is practiced; on the other hand, when looking at the last bead, the patient must diverge slightly. The whole exercise can be performed about 3 or 4 minutes, according to individual needs and the current state of the patient. During the whole exercise, however, the orthoptist must keep an eye on his/her eyes, respectively on the patient's corneal reflexes and ask the patient how he/she sees the string and the beads, to make sure that the patient has not suffered, for example, suppression or diplopia that the patient can not describe. Because in this case, the Brock string can not be used.

Exercise with the Brock string can be done with the patient at home because it is not difficult to make this string. After proper education, the patient can also practice with the string by himself/herself, if the orthoptist makes sure that the exercise is done in a proper way and the patient, while fixing the bead, perceives the blurred strings in the correct position. Alternatively, the patient can exercise with his/her parent who can instructs him/her during a home exercise and also checks that the exercise is done in a correct way.

### **Chase exercise**

"Chase exercise" is a modified push-up exercise that is suitable for small patients. It is also the exercise in a real visual space. The whole exercise is done with the patient's optimal correction.



It is suitable for small patients because, in addition to the fixation object, held by the orthoptist, the patient himself/herself has a pencil or stick with the ball at the end (see Figure 3) in his/her hand, which must be accurately applied to the fixation object which the orthoptist moves differently in the patient's binocular vision field. Because the patient has to hit the object by himself/herself, he/she will also, in some cases, more focus his/her visual attention and therefore better converge. This kind of exercise is also even more fun for young patients than just watching the moving object.



*Figure 3: Pencil and stick with the ball at the end*

Chase exercise should also be done at the home, either individually (for example, in small children who have not yet manage any other exercises of convergence) or in a combination with other types of exercise.

### **Near far jump**

As can be seen from the title of this type of exercise, the essence of this is a quick jump change of fixation from a near object to the object placed at least in 5 – 6 m, or even further. This exercise also takes place in the real visual space and always with the patient's optimal correction.

For this exercise, the same fixation object is used as for the push-up exercise or chase exercise. Ideally, the patient is seated in front of the window so that he/she can watch for example houses on

the opposite side of the street, etc. Orthoptist sits next to the patient in a way that does not block him/her from looking out of the window. At the beginning of the exercise, the fixation object is placed at a distance so that the patient can converge easily and see it easily. Orthoptist will ask the patient to look at the fixation object. Then she prompts him/her to look quickly from the window, for example, to the chimney of the opposite house (at a minimum distance of 5 to 6 m) – to quickly change the fixing distance from near to the distance. She then asks him/her to look back at a near fixation object, which she has already moved a few centimetres closer to the patient's face. At the same time, she prompts him/her to stop the fixation at that near fixation object and also converge. This enhances the convergence. Thus, in a jump-like way, he/she changes the view from near to distant, for example for 2 – 3 minutes (depending on the individual patient's condition). With each view at the near fixation object, the orthoptist moves the fixation object a few centimetres closer to the patient's face until it is revealed that he/she can no longer fuse and sees it twice. This procedure should also normalize the patient's NPC during the exercise. And by looking into the distance, it is possible to train divergence, respectively desaccommodation and also the fusion amplitude. During the exercise, the orthoptist checks the eyes of the patient, during looking in the distance and looking at the near object, if eye /eyes do not move outside, etc.

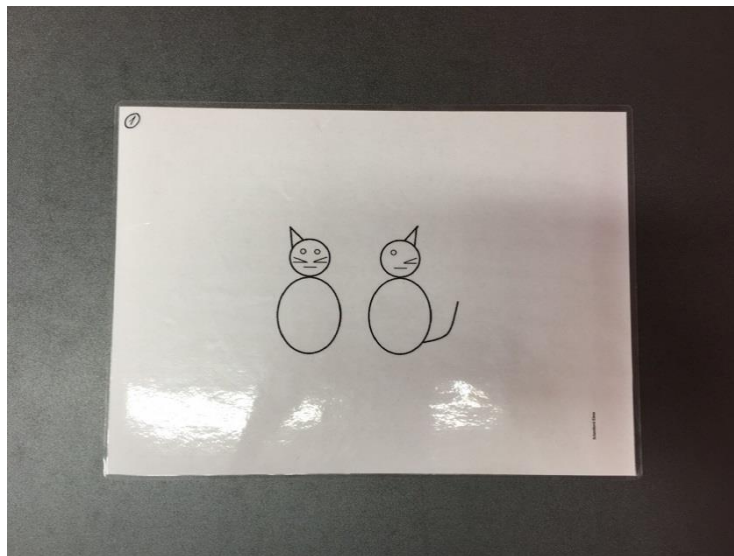
Also near far jump method of convergence exercise can be done at home, but always after proper education of the patient so that the orthoptist is 100% sure that the patient alone or the parents of the child patient can do this method properly.

### **Three cats**

As the name of the method suggests, the basis of the test is a schematic picture of cats. Originally was made in Great Britain. The whole exercise takes place in the real visual space with the patient's optimal correction. It is related to the practice which is called relative vergence exercises – the practice of convergence, or divergence, in the case of unchanging accommodation.

For the convergence exercise, an opaque card with two schematic cats (see Figure 4) is used, whose central parts are 5 cm apart and each of it has some image details omitted (e.g. as fusion images used for the troposcope/synoptophore). The orthoptist places this exercise card within 30 – 40 cm of the patient's face. Then she places a fixation object (pencil with motive, index finger, etc.) in the space between the card and the patient's face. Then she prompts the patient to focus on the fixation object. Orthoptist then instructs him/her to try to perceive in the space behind the fixation object the third cat that is created by fusing the two schematic cats from the exercise card. In other words, this third cat contains all fusion image details because it is composed of two schematic cats. It

is important to remind the patient that when he or she develops a third cat, he/she does not to start fixing to this third cat, because in some cases he/she may stop seeing it, because the fusion will be disturbed. And it is also important to mention that it is okay if the third cat is seen blurry, respectively not quite sharply, because the third cat can be seen sharply after a certain period of training this type of exercise. If the patient perceives the third cat, which has all the picture details, we can ask him/her to try to perceive this third cat for as long as possible in an ideal fusion state. Then we'll tell him/her to change the vision direction for a moment or close his/her eyes. Then we can repeat the exercise for example from 10 to 15 times according to the patient's individual needs.



*Figure 4: Card with two schematic cats*

If the transparent material with printed schematic cats is used instead of an opaque card, this method can also be used to practice divergence. The difference is that the patient fixes the object located behind the plane of the transparent card (for example, when looking from a window on the street). By looking through the exercise card to the distance, accommodation and convergence are relaxed. Only if he/she sufficiently relaxes accommodation and convergence, he/she will again see the image of the third cat with all the proper picture details.

This exercise can be used at the home after proper education. It is also possible to use a schematic picture of another animal or object instead of cats and make this exercise a patient's hobby and make it more comfortable for him/her.

## **Exercise with prisms in space**

The exercise of convergence with prisms in space is the highest degree of convergence enhancement, because in addition to this vergence motion, it also strengthens the function of single binocular vision (abbreviation SBV), especially the sensory fusion. This is an exercise in the real visual space, but with the exception that the Bagolini glasses (see below) are used to exercise, which partially dissociate the perception of the right and left eye. Even this exercise allows to practice relative vergence.

Necessary aid for orthoptic exercise of convergence in space are Bagolini glasses with scratches at the angle of 45° and 135°. Through Bagolini glasses, the patient watches a light spot located at a distance of about 5 – 6 meters. The glasses of these Bagolini glasses blur the visual perception of a small light spot into a light ray/line that is perpendicular to the scratches. If a patient looks through Bagolini glasses at the light spot with each eye separately, he/she sees only one line and one light spot. But if he/she looks with both eyes, he/she sees the cross and one (or two) light spots. In this simple way, we are constantly assuring that the patient does not suppress one eye while exercising, but uses both eyes together as needed.

During the exercise, orthoptist puts prisms (or prismatic bar) with base temporal (BT) with increasing force in front of one eye. Depending on the force of the prism, the image on the retina moves, forcing the patient to reflex, eventually free convergence to maintain a single light spot perception. Step-by-step increase of prism force will strengthen the convergence. The result of the exercise is more robust convergence and a more stable eye position.

The exercise procedure is following: we light up the light fixation spot and turn off the lights in the orthoptic office to the best see of the light spot. We put Bagolini glasses on the patient, and if the patient has his/her own spectacle correction, we put Bagolini glasses on his/her dioptric glasses. We ask him/her to look at the fixation light spot through the Bagolini glasses and ask him/her what he/she sees. If he/she tells us he/she sees one light spot and a cross over it, we know we can continue the exercise. But if he/she tells us he/she only sees one line and one light spot or a cross and two light spots, we can not continue with the exercise because the patient suffer from suppression or diplopia.

But if he/she describes that he/she sees a cross and a single light spot, we put a prism in front of one eye. We start with a prism of 1 pD, which is placed with base temporally (BT). We ask the patient what he/she see. If he/she describes that he/she sees one light spot and a cross, we know we can continue the exercise. If he/she tells us something else (as described above), we can

not continue with the exercise. We proceed the exercise in the following way: we put prisms in front of one eye gradually, usually in 1, 2 or 5 pD steps. This forces the patient to converge - the higher the prism force, the more the image moves on the retina and the more the patient must converge. This is so until the patient tells us that he/she sees only one line and one light spot or cross and two light spots and can not overcome the suppression or diplopia himself/herself. A patient who has been doing this orthoptic training for some time can handle the exercise, for example, up to a value of 25 – 30 pD BT. Then, we start putting the prisms downwards - from 25 – 30 pD BT to 1 pD BT, usually after 5, 2 or 1 pD steps. This whole process represents one exercise cycle. If a patient experiences a problem of "connecting" two lines and two light spots into one cross with one light spot in the middle, we ask him/her to blink or look at his/her nose and then back to the fixation light spot. We will do the same exercise on the other eye - again the whole exercise cycle. During exercise, it is necessary to ask several times what the patient sees to be sure he/she is properly exercise and does not make up things. E.g. we can cover one eye during the exercise and ask him/her what he/she sees. He/she should tell us that he/she sees one light and one line. Also, during exercise, we can observe the movement of the eye when we remove a prism - the eye should correctly move from the inner corner to the parallel position. We repeat the whole exercise three times for each eye, 3 exercise cycles for the right and 3 exercise cycles for the left eye. Of course, it is possible to adjust the training distance, e.g. to reduce it, etc.

Exercises can not be done at home, but only in the orthoptic office, because it is rather complicated exercise, both with its procedure and equipment.

### **Polarized vectograph**

The polarized vectograph exercise (see Figure 5) is another option for exercising convergence and also divergence. Polarized glasses are used to dissociate the perception of the right and left eye. This exercise can also be included in the exercise in the real visual space, in which there is a partial dissociation of the perception of both eyes. As exercise with prisms in space, exercise with polarized vectograph train the relative vergence. If the patient has a spectacle correction, the polarized glasses are put over his/her dioptric glasses.

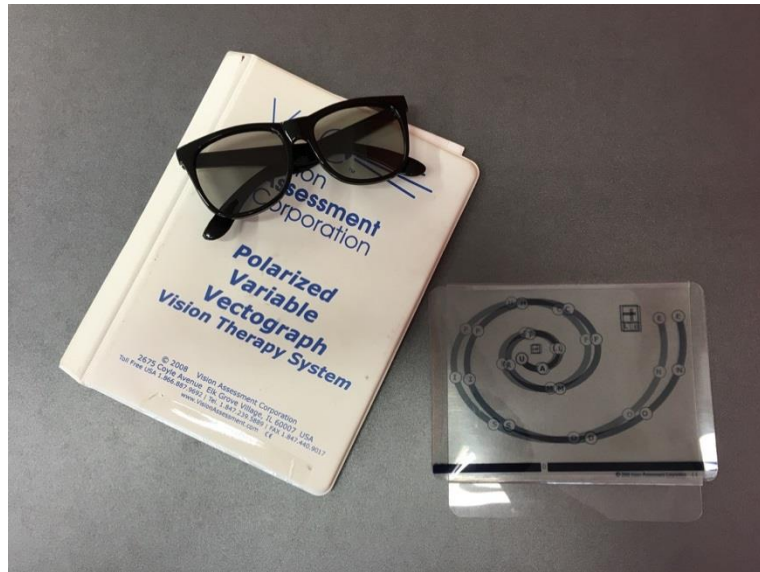


Figure 5: Polarized vectograph

The polarized vectograph is composed of two transparent foils with pre-printed motive that foils can move over themselves. The used motive may be spiral with letters, etc. It is thanks to the mutual movement of the two foils against each other that it is possible to exercise convergence or divergence. After putting polarized glasses, e.g. the spiral should be seen spatially, because in the base position of the foils, both images are slightly shifted, creating a stereoscopic perception. Before exercise, however, it is important to ask not only whether patient sees spiral spatially but also whether he/she see special test marks for the right and left eye at the same time. If these test marks were not seen with both eyes at the same time, exercise with the vectograph does not have the proper meaning. Then we ask the patient to start fixing some spot on the spiral. Then we start slowly moving the foils against each other, respectively away from each other. Moving towards the patient's right hand, we force him/her to converge, towards the patient's left hand, we force him/her to diverge. This way we move the folios until the patient tells us that he/she sees the spiral twice, blurred or non-stereoscopic. We note the value at which the spiral disconnection occurred. The digits are usually used to express the convergence value, and letters are usually used to express the divergence value. These letters and digits are usually located at the bottom of the vectograph on a single "line" that represents a scale, with a one-letter/digit shift usually corresponding to 1 pD. After splitting of the spiral, we return to the base position of the two foils and ask the patient whether the perception is stereoscopic again. If yes, we can start slowly moving the folios in the opposite direction than we were moving a while ago. During exercise, we try to motivate the patient to maintain the stereoscopic perception of the spiral for as long as possible, respectively with the greatest possible displacement of the two foils away from each other, because it also improves the convergence/divergence. It is advisable to perform this exercise for about 3 – 4 minutes, depending

on the patient's concentration and endurance. During repetitive exercises, we try to make the patient perceive the vectograph stereoscopically for as long as possible, thus increasing his/her range of convergence/divergence (evaluated by reading on the scale).

### **Troposcope/synoptophore**

Convergence exercise can also be performed on a troposcope/synoptophore. However, this is an exercise in the device space, which is very different from the visual scene normally perceived during everyday life. Furthermore, during this exercise, the right and left eye are completely dissociated. Even this exercise is done by the patient with his optimal correction.

Convergence exercises are commonly performed on figures used for fusion II. However, if the patient has at the fusion II partial or full suppression, or he/she has alternate suppression, it is possible to perform the exercises with figures for fusion I. The base position for the exercise of convergence is the correct setting of the angle of patient strabismus. Consequently, it is possible to practice both the convergence and the divergence (so the fusion amplitude) on the troposcope/synoptophore to the moment when the patient tells us that he/she sees the fixation object twice. Particularly small patients often fail to describe the splitting of the image, so it is very important to check the placement of their corneal reflexes during the exercise, and if we see a reflex shift or a refixing movement, we know that the fusion has been broken and the patient sees two images. Then, once again, we return to an angle of strabismus and then we can practice the same procedure in the way towards the divergence. This exercise can be performed for about 2 – 3 minutes, depending on the age, concentration and current state of the patient.

### **Brewster – Holmes and vergence stereoscope**

The Brewster-Holmes and vergence stereoscope (see Figures 6 and 7) represent other devices that can be used for convergence exercises with patients. This method also represents an exercise in the device space where the perception of both eyes is completely dissociated. Even during this exercise, the patient has his/her optimal correction.



*Figure 6: Brewster – Holmes stereoscope*

*Figure 7: Vergence stereoscope*

Both stereoscopes have a very similar design. The base is a bar that has either a handle or is placed on an adjustable stand. There is a sliding carrier of double – figure on the bar (see Figure 6) and an opaque divider that separates the perception of the right and left eye. As a fixation stimulus, superposition, fusion or stereoscopic double – figures can be used. On the bar there are also peepholes that contain convex lenses  $+5,25$  D, which have the optical centers decentered outward, thereby inducing a prismatic effect. For Brewster – Holmes stereoscope exercises are used double – figures that have a constant center distance. On the other hand, with a vergence stereoscope, it is possible to adjust the center distance of the fixation double – figures with the screws. The base position of the double – figures is approximately in the center of the bar. Due to the decentration of the convex lenses, during the movement of the double – figures towards the patient's face, he/she has to accommodate and diverge at the same time. On the other hand, during the movement of the double – figures away from the patient's face, he/she has to desaccommodate and converge at the same time. In this way, VAS is dissociated during the exercise, so if the patient looks into the real visual space after exercise, it is possible that the correct VAS with the correct AC/A ratio will briefly appear. As a result, the following exercise can enhance not only convergence and divergence, but also the right VAS with the right AC/A ratio. In addition, it is possible to practice the patient's fusion amplitude on the stereoscopes. During exercise, it is still necessary to check the position of the eye and the corneal reflexes of the patient because during the movement of the double – figures towards/away from the patient at some point occurs diplopia or suppression of one eye, or alternate



suppression and at that point it is necessary to return with a double – figures a few centimeters back. This movement of the double – figures towards/away from the patient's face is done about 3 – 4 minutes in total. During this time interval, it is of course possible to alternate the double – figures so that exercise is as entertaining as possible for patients. Using a variety of the double – figures, it is possible to exercise patient superposition, fusion and stereopsis. If the patient has a divergent deviation and can not fuse the base double – figures, it is possible to use the double – figures with a greater center distance (with the Brewster – Holmes stereoscope) and gradually reduce the center distance of the the double – figures during the exercise. With the vergence stereoscope, it is possible to adjust and change the center distance of the double – figures images according to the patient's need. However, small patients are not able to describe diplopia or suppression during the exercise, so they can not do this exercise alone and must be under the constant supervision of orthoptist who still checks the correct placement of the corneal reflexes. However, if older patients are able to recognize the suppression or diplopia sufficiently, they can do this exercise in the orthoptic office after a proper education by themselves.

## **Fusion amplitude**

The fusion amplitude (abbreviation FA) represents the extent of the fusion in which the patient perceives the fixation object simply, in other words, FA represents the SBV range. The FA is evaluated in the direction to convergence and divergence (in the horizontal direction) as well as in the vertical direction, always in the direction around the patient's angle of strabismus. FA towards the convergence is often referred to as positive FA, vice versa, FA towards the divergence as a negative FA. In some literary sources, the term fusion reserve is used.

FA is influenced by many factors. For example, the age of the patient, his/her attention and exercise, accommodation at the fixation objects, influence of used examination/exercise method, etc. If the FA is measured/trained on the troposcope/synoptophore, its extent depends on the used fusion figure, or on whether the figure for fusion I, II or III is used for the examination. Lada Hromádková in her publication Šilhání states that a healthy person should have a positive FA of 25 – 40 pD, a negative FA 8 – 10 pD and a vertical FA 3 – 4 pD. But it does not say whether it is a child or adult patient.

Sufficient extent of FA is a very important factor of SBV, because of, for example in heterophoric patients, FA expresses the extent in which the heterophoria will be compensated without major asthenopic problems and/or diplopia. In other words, if a patient has, for example, a 4 pD esophoria and a positive FA 25 – 30 pD, he/she will probably not feel that deviation any more.

## **The possibilities of fusion amplitude exercises in the orthoptic office**

It is very important to practice FA and ideally extend it practically in all orthoptic patients, because FA, as one of the parameters of single binocular vision, should, after a certain period of orthoptic exercise, ideally be normalized or expanded/enlarged.

The following paragraphs will describe the various options that can be used to exercise the fusion amplitude (especially positive and negative FA). Basically, all overlap with the methods used in the convergence exercise (see above). Therefore, they will be only described briefly, or the differences from the convergence exercises will be mentioned.

### **Exercise with prisms in space**

This method makes it possible for the patient to practice not only convergence (as described above), but also divergence and, therefore, the fusion amplitude.

But the exercise principle remains the same. During the exercise of convergence, the orthoptist puts the prisms with the base temporally in front of the patient's eye, but for the practice of divergence, it is used prisms with the base nasally (abbreviation BN). After a certain period of exercise, the patient can achieve a positive fusion amplitude of up to 30 pD and a negative fusion amplitude of up to 12 pD. However, it is important to note that these values can usually be expected in children and young adult patients. It is also not possible to say beforehand how long the patient has to exercise to reach these values.

If the patient has a problem during the exercise with the prism BN, it is possible to instruct him or her to look for a moment for example at the ceiling. Because looking upwards, the visual axes physiologically moves outwardly, and this can help when looking back to the fixation light spot to create a simple perception (so the perception of one light spot and a cross). Usually, during the exercise, we are practicing a positive FA and then a negative FA.

### **Polarized vectogram**

When exercising FA using a polarized vectogram, divergence is exercised in addition to convergence exercise. The exercise procedure described above remains the same during FA exercise.

## **Troposcope/synoptophore**

On a troposcope/synoptophore, it is also possible to exercise FA in the orthoptic office using the same procedure as described above.

However, it is important to note that since this is a complete dissociation of the perception of the right and left eye in the device space, the extent of the FA in the real visual space may be slightly different. The FA is read directly from the scales placed on the troposcope/synoptophore arms, adding the value from both arms. For example, if the patient has an objective and subjective angle of strabismus 0 degree and a positive FA range of + 8 degrees on one arm, the total positive FA will be + 16 degrees. Typically, the FA records in the form of e.g. + 16 degrees to - 8 degrees.

## **Brewster – Holmes and vergence stereoscope**

Both of these stereoscopes can be used for FA exercises, but again these exercises represent a complete dissociation in the device space.

The first step is to move double – figure from the base position to convergence (away from the patient's face) and then gradually into divergence (towards the patient's face). In both cases, until the moment when the patient experiences a diplopia, suppression or when the orthoptist registers the deviation of the corneal reflexes.

FA can be also practiced using **Brock string**, **near far jump** exercise or **three cats** exercise (see above).

## **Conclusion**

The exercise of convergence and fusion amplitude is an important part of orthoptic exercise and should not be neglected in patients with specific diagnoses. At present, there are a large number of different methods by which both convergence and FA can be practiced in the orthoptic office or at the home. It is possible to exercise in the real, but also in the device space. It is possible to use complete or partial dissociation of the perception of the right and left eye.

For the conclusion, it is important to mention that the convergence exercise (or FA exercise) is not enough once a week at the orthoptic office. The orthoptist must properly educate the patients

or parents of child patients, how to exercise convergence properly every day at their home. Because without this regular home exercise, the exercise in the orthoptic office will not be effective enough.

## References

DIVIŠOVÁ, Gabriela. *Strabismus*. Praha: Avicenum, 1990, 312 s. ISBN 80-201-0037-7.

HROMÁDKOVÁ, Lada. *Šilhání*. Vydání 3., nezměněné. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011, 162 s. ISBN 978-80-7013-530-3.

## Figure references

Figure 1: Pencil with the motive and figurine placed on the stick – author's archive

Figure 2: Brock string – author's archive

Figure 3: Pencil and stick with the ball at the end – author's archive

Figure 4: Card with two schematic cats – author's archive, the author of the original template is Mgr. Elena Schmidtová

Figure 5: Polarized vectograph – author's archive

Figure 6: Brewster – Holmes stereoscope – author's archive

Figure 7: Vergence stereoscope – author's archive

## Abbreviations

cm - centimetr

D - dioptr

m – meter

pD – prismatic dioptr

**Bc. Čáslavská Barbora, MUDr. Dostálek Miroslav, Ph.D.**

## **Virtuální realita v binokulární pleoptice?**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

**Centrum dětské oftalmologie Binocular s.r.o., Litomyšl**

### **Klíčová slova**

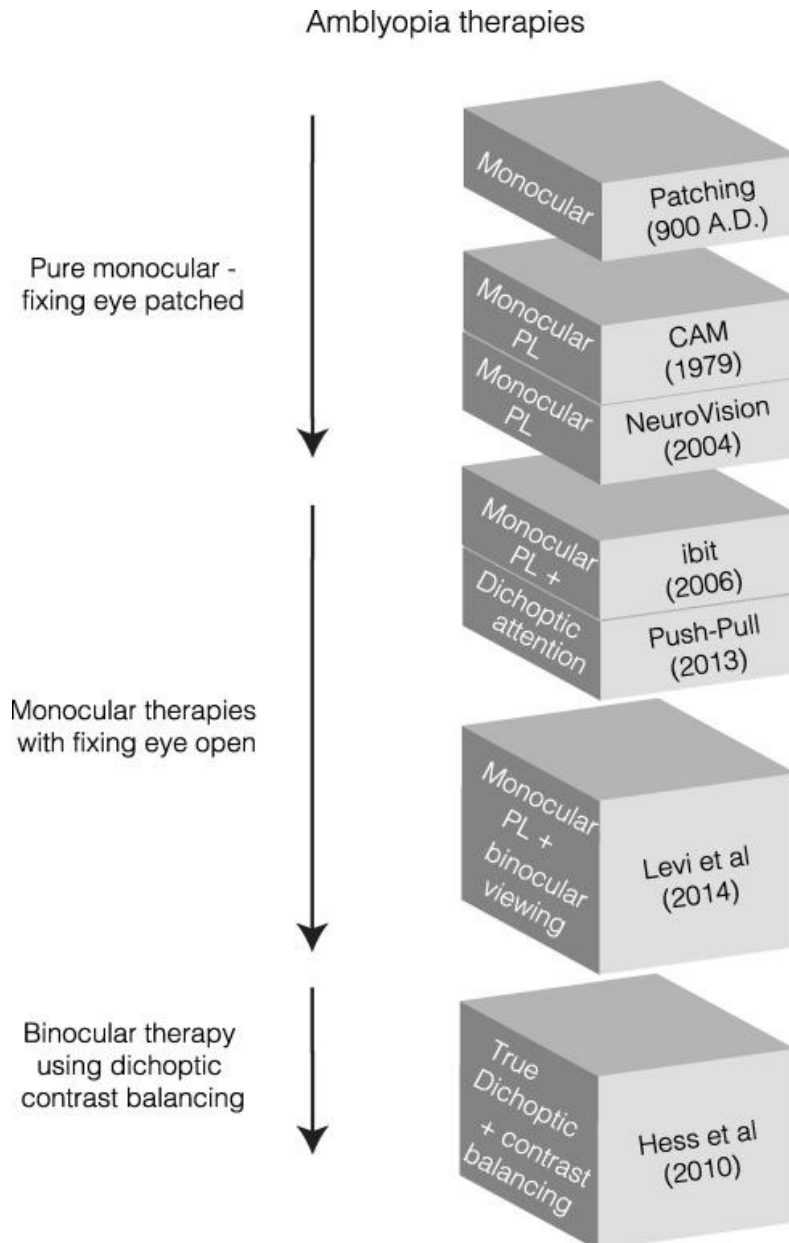
Binokulární pleoptika, virtuální realita, amblyopie, Vivid Vision

### **Úvod**

Abnormální vizuální zkušenost v dětství může způsobit monokulární supresi a návazně amblyopii, která je určující pro další funkční schopnosti pacienta a představuje důležitý prvek jeho klinického nálezu. Jedním z charakteristických rysů amblyopie je i omezení binokulární spolupráce. [1]

Léčba amblyopie, tedy pleoptika, je rozsáhlá a důležitá oftalmologická subspecializace, disponující rozsáhlou škálou léčebných postupů, které byly za posledních sto let publikovány. Zlatým standardem ale zůstává monokulární pleoptika založená na okluzi. Fyziologickým podkladem takového postupu je percepční učení. Percepční učení je zlepšování senzorní schopnosti díky získávání zkušeností a praxi. Právě zkušeností se stává, vlivem adaptace, více používaná synapse prostupnější a vlivem učení dochází k propojení současně aktivovaných neuronů. [2] Techniky monokulární okluze mohou mít navíc nepříznivé psychosociální účinky pro dítě i rodinu. [3]

Nedávno se výzkum pleoptických metod zaměřil na postupy, které přímo ovlivňují binokulární spolupráci amblyopického a vedoucího oka. Vzniká tak skupina binokulárních léčebných postupů. (viz obr. 1) [1]



**Obr. 1:** Přehled přístupů k léčbě amblyopie. Přehled zahrnuje přístupy čistě monokulární, přístupy s binokulárními prvky i jiné čistě binokulární s dichoptickou manipulací parametrů.

[1]

## Binokulární léčba amblyopie

Pacienti se strabickou nebo anizometropickou amblyopií mají snížený monokulární vÍzus amblyopického oka a zároveň sníženou nebo chybějící binokulární spolupráci. V současné době se léčba zaměřuje na zlepšení vÍzu amblyopického oka s předpokladem, že zlepšený vÍzus povede také ke zlepšení binokulárních funkcí. Binokulární léčba přistupuje k amblyopii odlišně. Namísto monokulárních okluzí, které poruchu binokularity spíše prohlubují, je potřebné binokulární funkce naopak podporovat, stimulovat. Binokulární přístup předpokládá zlepšení zrakové ostrosti v důsledku nového binokulárního stavu. Stimulace za binokulárních podmínek vede k dlouhodobě stabilnějším

výsledkům díky normalizaci rovnováhy stimulačních, ale i inhibičních synapsí. Právě vliv inhibičních synapsí hraje při vzniku amblyopie zásadní roli. [4]

Pokud tedy chápeme amblyopii především jako binokulární poruchu, léčebný postup pak vyžaduje tři kroky, a to (1) potvrzení schopnosti kombinovat informace obou očí, (2) kvantifikovat intenzitu suprese, a (3) redukovat supresi a posilovat fúzi. [4]

## **Virtuální realita pro binokulární léčbu amblyopie**

Systémy virtuální reality zahrnují počítačově vytvořená virtuální prostředí, která mohou být reprezentací reálného světa nebo naopak abstraktního prostředí. Při použití virtuální reality je vnímaný stereoskopický obraz vytvářen použitím dvou samostatných obrazů jedné scény pro každé oko zvlášť, jejichž detaily jsou pozorovány pod mírně odlišným úhlem. V podstatě se jedná o disociaci v technologickém prostoru. Principem této technologie je tedy striktně haploskopická stimulace, umožňující izolovanou stimulaci pravého a levého oka. [5]

Pro binokulární léčbu se s rozvojem informačních a komunikačních technologií (dále jen "ICT") nabízí právě technologie virtuální reality (dále jen "VR"). [5] VR splňuje vlastnosti důležité pro percepční učení, jako je motivace pacienta k léčbě, stimulace vizuální pozornosti, zpětná vazba, submaximální zátěž "kopírující" zlepšování cvičených funkcí atp. [2, 5]

Základním principem binokulární pleoptiky v prostředí VR je cílené potlačení vybraných parametrů obrazového podnětu pro vedoucí oko. Informace, které nedostává vedoucí oko, jsou v rámci komplementarity binokulárního vjemu cíleně získávány prostřednictvím oka amblyopického, čímž se selektivně cvičí tato jeho konkrétní schopnost. [5] Východiskem pro léčbu amblyopie v prostředí VR tedy není stereoskopický efekt, ale haploskopická prezentace různých objektů, založená na mechanismu selektivního účinku. Amblyopickému oku jsou zpravidla představovány zajímavé objekty, zatímco oku vedoucímu jsou představovány méně zajímavé vjemy, jako pozadí. [5]

Virtuální realita může být využívána k léčbě amblyopie zejména díky možnosti kontroly obrazového obsahu: jeho prostorovému rozložení (tj. kompozici obrazu), kontrastu, spektrální struktuře prostorových a časových frekvencí, barev atp. prezentovaného obrazu. Dále lze ovládat pozorovací úhel pro kompenzaci heterotropické nebo hereroforické odchylky a individuální interpupilární distance. [5]

## **Vivid Vision**

Vivid Vision je uživatelsky přívětivá počítačová aplikace s nástroji pro sledování a analýzu dat. Je určena k identifikaci strabismu, posouzení binokulárního vidění, k léčbě suprese, amblyopie a poruchvergence. [6]



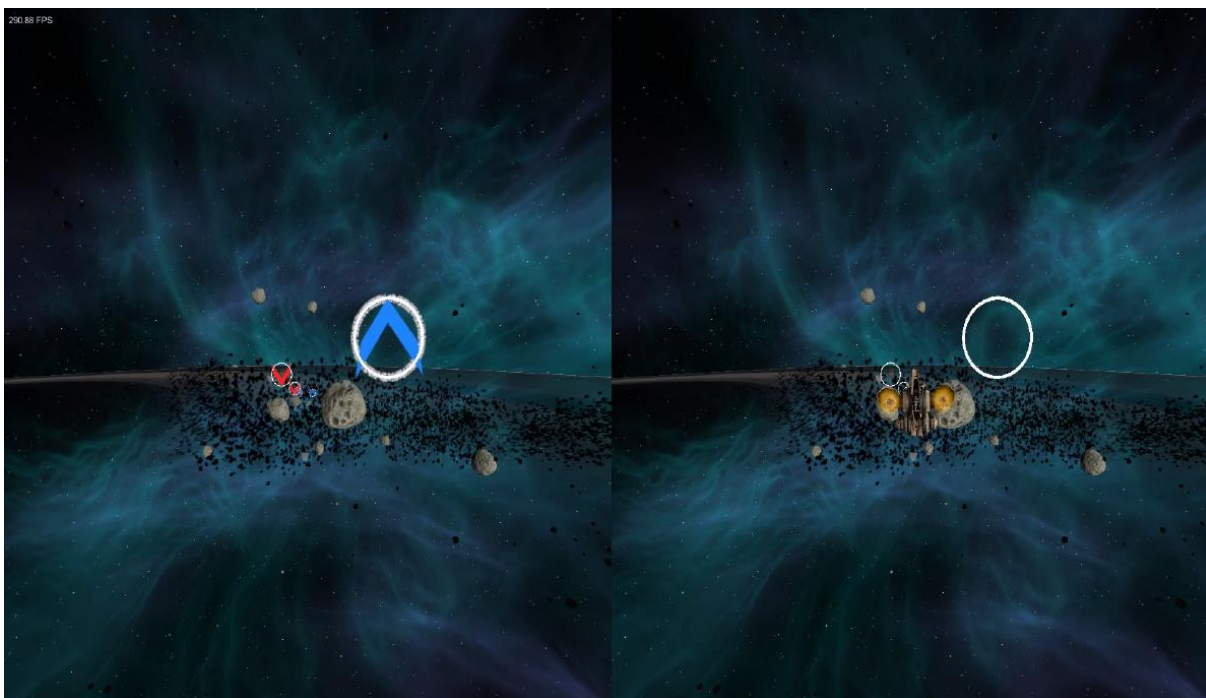
**Obr. 2:** Hardware potřebný pro používání aplikace Vivid Vision [6]

Aplikace má své využití ve vícero oblastech. Jednou z nich je odtlumení suprese. Odtlumení je možné díky tomu, že aplikace umožňuje manipulovat s celým vizuálním prostorem pacienta. Můžeme např. měnit velikost objektu, kontrast či rozostření pro překonání skotomu amblyopického oka. Další funkcí je, opět díky možnosti úpravy pozorovaného prostředí, nácvik stereopse či vergence. Cvičení vizuálních a dalších sensorických úkolů vede ke zlepšení výkonu v dané oblasti. Vivid Vision tak vyvíjí lepší vizuální dovednosti. [6]

Hry k odtlumování používají antisupresní techniky jako dichoptickou terapii, velikost objektu, kontrast, rozostření a virtuální prizma. Dichoptická terapie zvýhodňuje amblyopické oko při práci v binokulárním poli. Zvyšování velikosti anti-supresních značek před amblyopickým/strabujícím okem napomáhá překonat supresi. Jedná se o elementy viděné pouze amblyopickým okem (viz obr. 3 a 4). Snížení kontrastu před zdravým okem a zvýšení před okem amblyopickým také vede k potlačení určitých forem suprese (suprese rozdílu rozostření). Zamlžení obrazu dominantního oka působí jako vizuální penalizace a napomáhá zapojení amblyopického/strabujícího. [6]

Intenzitu všech výše jmenovaných mechanismů je možné v aplikaci manuálně nastavit dle progresu vizuálních funkcí pacienta v průběhu léčby. Právě přizpůsobování vizuálního prostoru dle aktuálního stavu trénované funkce je předpokladem úspěšnosti sensorického učení. [6]





**Obr. 3:** Hra aplikace Vivid Vision pro odtlumování levého oka. Bílé kroužky působí jako fúzní podněty obou očí a amblyopické oko vidí navíc uprostřed kroužků důležité anti-supresní značky. [6]



**Obr. 4:** Hra aplikace Vivid Vision s antisupresními značkami pro odtlumování levého oka [6]

## Zdroje

- [1] HESS, Robert F. a Benjamin THOMPSON. Amblyopia and the binocular approach to its therapy. Vision Research [online]. 2015, 114, 4–16. ISSN 00426989. Dostupné z: doi:10.1016/j.visres.2015.02.009

- [2] DOSTÁLEK, Miroslav. KRBV pleoptika II: rozvoj amblyopického oka [online]. [vid. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://binocular.cz/presentations/x3-Pleoptika-II/>
- [3] GUO, Cindy X., Raiju J. BABU, Joanna M. BLACK, William R. BOBIER, Carly S. Y. LAM, Shuan DAI, Tina Y. GAO, Robert F. HESS, Michelle JENKINS, Yannan JIANG, Lionel KOWAL, Varsha PARAG, Jayshree SOUTH, Sandra Elfride STAFFIERI, Natalie WALKER, Angela WADHAM a Benjamin THOMPSON. Binocular treatment of amblyopia using videogames (BRAVO): study protocol for a randomised controlled trial. *Trials* [online]. 2016, 17 [vid. 2018-06-13]. ISSN 1745-6215. Dostupné z: doi:10.1186/s13063-016-1635-3
- [4] HESS, Robert F. a Benjamin THOMPSON. New insights into amblyopia: Binocular therapy and noninvasive brain stimulation. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* [online]. 2013, 17(1), 89–93. ISSN 10918531. Dostupné z: doi:10.1016/j.jaapos.2012.10.018
- [5] WADDINGHAM, Paula E, Sue V COBB, Richard M EASTGATE a Richard M GREGSON. Virtual reality for interactive binocular treatment of amblyopia. *International Journal on Disability and Human Development* [online]. 2006, 5(2), 155–162. ISSN 2191-0367, 2191-1231. Dostupné z: doi:10.1515/IJDHD.2006.5.2.155
- [6] VIVID VISION. Getting started with Vivid Vision

**Bc. Čáslavská Barbora, MUDr. Dostálek Miroslav, Ph.D.**

## **Virtual reality and binocular pleoptics?**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

**Center of Paediatric Ophthalmology, Binocular s.r.o., Litomyšl**

### **Key words**

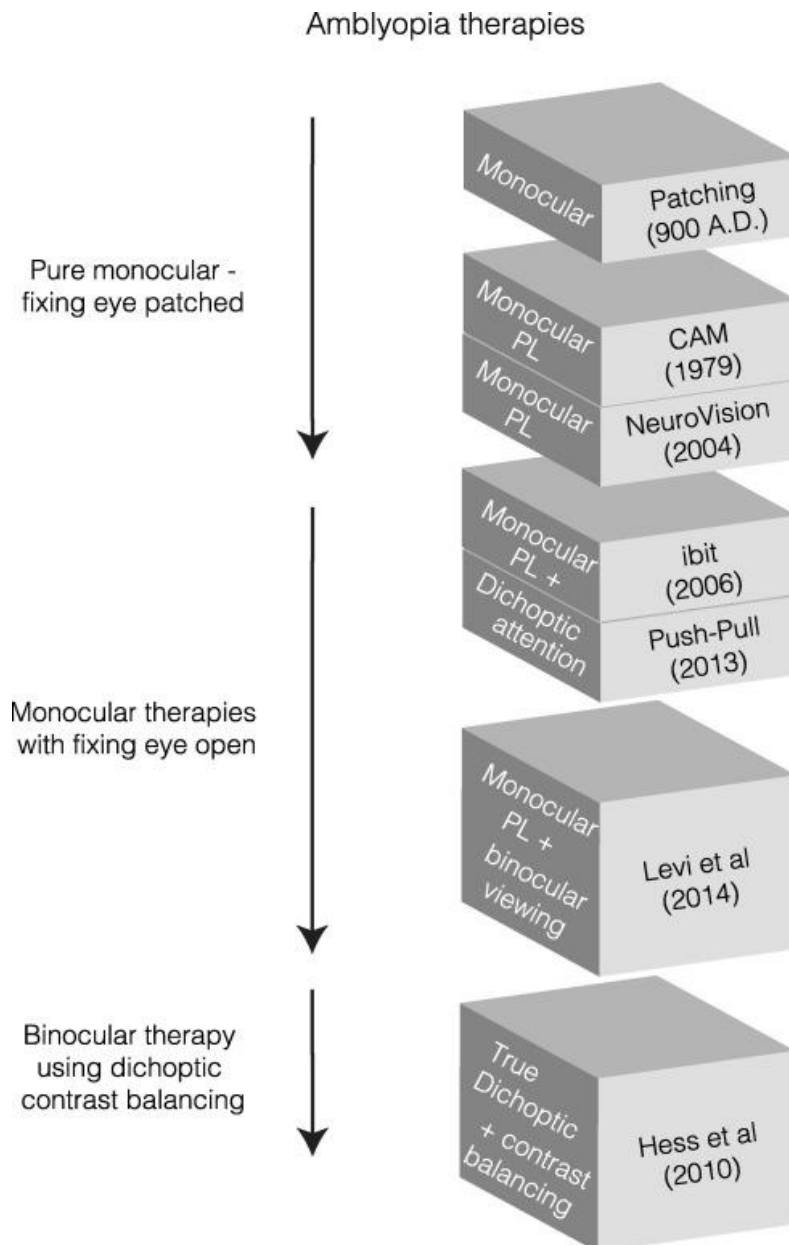
Binocular pleoptics, virtual reality, amblyopia, Vivid Vision

### **Introduction**

Abnormal visual experience in childhood can cause monocular suppression and consequently amblyopia, which is critical for further functional abilities of the patient and also it is an important element of its clinical finding. One of the characteristic features of amblyopia is the reduction of binocular cooperation. [1]

Treatment of amblyopia, called pleoptics, is an extensive and important ophthalmological subspecialisation with a wide range of therapeutic procedures, that have been published over the last hundred years. However, the gold standard remains a monocular pleoptics, based on an occlusion therapy. The physiological basis of such a process is perceptual learning. Perceptual learning means improving sensory abilities of the patient by gaining his experiences and by practice. More commonly used synapse become more permeable due to an experience. There is also a connection of simultaneously activated neurons by learning. [2] Monocular occlusion techniques may also have adverse psychosocial effects for both the child and the family. [3]

Research of amblyopia therapy have been focused on procedures that directly influence the binocular cooperation of the amblyopic and the leading eye recently. And thus, forming a group of binocular pleoptics methods. (see Figure 1) [1]



**Fig. 1:** Overview of approaches to the treatment of an amblyopia. The overview includes purely monocular approaches, approaches with binocular elements and other pure binoculars with dichoptic manipulation of parameters. [1]

## Binocular treatment of an amblyopia

Patients with strabismic or anisometropic amblyopia have reduced amblyopic eye monocular visual acuity and reduced or absent binocular cooperation. Currently, treatment aims to improve the visual acuity of the amblyopic eye, with the premise that improved vision will also improve binocular function. Binocular treatment methods treat amblyopia differently. It is necessary to stimulate binocular function instead of using monocular occlusions that binocular disorder rather deepens. The binocular approach assumes improved visual acuity due to a new binocular state. Stimulation under binocular conditions leads to longer-term more stable results due to the normalization of

normalization of both stimulatory and inhibitory synapses. The impact of inhibitory synapses plays a crucial role in the development of amblyopia. [4]

Thus, if we understand amblyopia primarily as a binocular disorder, the healing process requires three steps, namely (1) confirmation of the ability to combine the information of both eyes, (2) quantify the intensity of suppression, and (3) reduce suppression and enhance fusion. [4]

## **Virtual reality and binocular treatment of amblyopia**

Virtual reality systems include computer-generated virtual environments that can represent a real world or an abstract environment. When using virtual reality, a perceived stereoscopic image is created using two separate images of one scene per eye separately, the details of which are observed at a slightly different angle. In principle, this is a dissociation in the technological space. The principle of this technology is therefore strictly haploscopic stimulation, allowing isolated stimulation of the right and left eye. [5]

Information and communication technologies are developing, and virtual reality technology is available for binocular treatment. [5] The VR complies with features, which are important for perceptual learning, such as patient motivation for therapy, visual stimulation, feedback, submaximal workload "copying" improvement of trained functions, etc. [2, 5]

The basic principle of the binocular pleoptics in the VR environment is targeted suppression of selected image stimulus parameters for the leading eye. Information that is not eye-catching is deliberately shown to the amblyopic eye, thus developing this particular ability. [5] The starting point for the treatment of amblyopia in the VR environment is not a stereoscopic effect, but a haploscopic presentation of various objects, based on a mechanism of selective effect. To the amblyopic eye are usually shown interesting objects, while to the dominant eye are shown less interesting object such as a background. [5]

Virtual reality can be used to treat amblyopia, in particular through the ability to control image content: its spatial distribution (image composition), contrast, spectral structure of spatial and temporal frequencies, colours, of the image presented. Further, an observation angle can be used to compensate for heterotopic or heterophoric variation and individual interpupillary distances. [5]

## **Vivid Vision**

Vivid Vision is a user-friendly computer application with data tracking and analysis tools. It is designed to identify strabismus, assessment of binocular vision, to treat suppression, amblyopia and vergence disorders. [6]

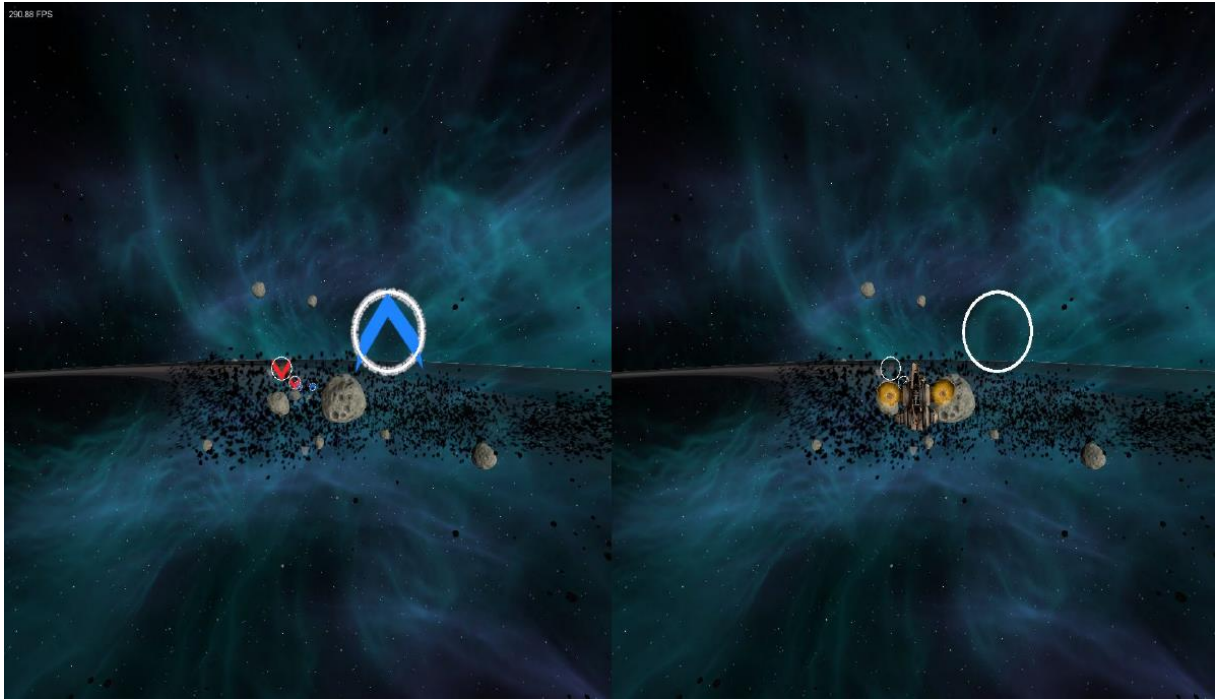


**Fig. 2:** Hardware required to use Vivid Vision application [6]

Application can be used in many areas. One of them is overcome of suppression. This is possible because the application allows you to manipulate the entire visual area of the patient. For example, we can change object size, contrast or blur to overcome the scotoma of an amblyopic eye. Another feature is stereopsis or vergence training, thanks to the ability to adjust the observed environment. Practicing visual and other sensory tasks leads to improved performance in a given area. Vivid Vision thus develops better visual skills of the patient. [6]

Anti-suppression games use anti-suppression techniques such as dichoptic therapy, object size, contrast, blur and virtual prism. Dichoptic therapy favours the amblyopic eye while working in the binocular field. Increasing the size of anti-suppression targets from the amblyopic/strabismic eye helps to overcome suppression. These anti-suppression targets are elements seen only by the amblyopic eye (see Figures 3 and 4). Decreasing the contrast in front of the healthy eye and increasing the contrast in front of the amblyopic eye also leads to the overcome of certain forms of suppression (blur diffusion suppression). Blurring the image of the dominant eye acts as a visual penalization and helps to engage the amblyopic / outrageous. [6]

The intensity of all of the above-mentioned mechanisms can be manually adjusted in the menu of an application according to the progress of the patient's visual functions during treatment. It is precisely the adaptation of the visual space according to the current state of the trained function that is a prerequisite for the success of sensory learning. [6]



**Figure 3:** Vivid Vision game used to overcome left eye suppression. White rings act as the fusion stimuli of both eyes, and the amblyopic eye sees extraordinary anti-suppression targets in the middle of the rings. [6]



**Figure 4:** Vivid Vision game with anti-suppression targets, used to overcome left eye suppression. [6]



## Zdroje

- [1] HESS, Robert F. a Benjamin THOMPSON. Amblyopia and the binocular approach to its therapy. *Vision Research* [online]. 2015, 114, 4–16. ISSN 00426989. Available from: doi:10.1016/j.visres.2015.02.009
- [2] DOSTÁLEK, Miroslav. KRBV pleoptika II: rozvoj amblyopického oka [online]. [vid. 2018-05-25]. Available from: <http://binocular.cz/presentations/x3-Pleoptika-II/>
- [3] GUO, Cindy X., Raiju J. BABU, Joanna M. BLACK, William R. BOBIER, Carly S. Y. LAM, Shuan DAI, Tina Y. GAO, Robert F. HESS, Michelle JENKINS, Yannan JIANG, Lionel KOWAL, Varsha PARAG, Jayshree SOUTH, Sandra Elfride STAFFIERI, Natalie WALKER, Angela WADHAM a Benjamin THOMPSON. Binocular treatment of amblyopia using videogames (BRAVO): study protocol for a randomised controlled trial. *Trials* [online]. 2016, 17 [vid. 2018-06-13]. ISSN 1745-6215. Available from: doi:10.1186/s13063-016-1635-3
- [4] HESS, Robert F. a Benjamin THOMPSON. New insights into amblyopia: Binocular therapy and noninvasive brain stimulation. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* [online]. 2013, 17(1), 89–93. ISSN 10918531. Available from: doi:10.1016/j.jaapos.2012.10.018
- [5] WADDINGHAM, Paula E, Sue V COBB, Richard M EASTGATE a Richard M GREGSON. Virtual reality for interactive binocular treatment of amblyopia. *International Journal on Disability and Human Development* [online]. 2006, 5(2), 155–162. ISSN 2191-0367, 2191-1231. Available from: doi:10.1515/IJDHD.2006.5.2.155
- [6] VIVID VISION. Getting started with Vivid Vision: instructions for use



**Bc. Michaela Běhounková, Mgr. Petr Veselý, Dis., Ph.D.**

## **Problematika anizometropie u jednotlivých refrakčních vad**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Anotace**

Tato studie se zabývá anizometrií ve vztahu k jednotlivým refrakčním vadám a z ní plynoucí aniseikonií. Nejprve zde budou připomenuty nejdůležitější pojmy práce a to anizometropie a aniseikonie. Následně je zařazena výzkumná část práce, ve které se zjišťuje výskyt velikosti anizometropie v populaci, velikost aniseikonie, vliv brýlové korekce a speciálních size lens čoček na potlačení aniseikonie a také přítomnost dominantního oka u pacientů s rozdílnou velikostí refrakční vady.

**Klíčová slova:** anizometropie, myopie, hypermetropie, aniseikonie, Aniseikonia Inspector

### **Úvod**

Po narození jsou oči všech dětí dalekozraké (2,5 – 3 D). Jak dítě roste, narůstá i předozadní délka oka, která je kompenzovaná oplošťováním rohovky a čočky. Oko novorozence má délku asi 18 mm, ve třech letech naroste na 23 mm a dále pokračuje vývoj mnohem pomaleji. V ideálním případě by oči měly zůstat emetropické. Avšak u více než 50 % očí přetrvává určitý stupeň hypermetropie i v dalších letech. Jestliže oko naroste více ve směru předozadní osy, stává se myopickým. Existuje možnost, že jedno oko se vyvine jinak, stává se tedy kratším nebo delším než druhé párové oko. Tato možnost je jednou z příčin anizometropie. Zkrácení o 1 mm vede ke změně refrakce asi o 3 D, takže pokud délka oka není kompenzovaná např. zakřivením rohovky, je výskyt anizometropie poměrně častý.

Pokud refrakce na obou očích je shodná, mluvíme o izometropii. Jestliže je refrakce na každém oku jiná, mluvíme o anizometropii. Toto slovo je řeckého původu: AN – ne, ISO – stejná, METR – míra, OPIA – vidění.

Obecné pravidlo říká, že rozdíl 0,25 D v refrakci způsobí 0,5 % rozdíl ve velikosti obrazů na sítnici. Jako horní hranice, která se dá ještě snést, se udává 5 %. Oči se snaží obrazy spojit a tato snaha vyvolává astenopické potíže. Při anizometropii dochází k porušení binokulárního vidění. Nejprve vzniká alternující vidění, tedy střídavé vidění každého oka zvláště, někdy

může vzniknout i vidění monokulární. Důsledkem je to, že oko, které se nepoužívá, slábne a dochází ke vzniku tupozrakosti. Anizometropie působí obtíže také při akomodaci, kdy je obtížné určit optimální akomodaci jednoho a druhého oka.

Korigovat anizometrii není úplně jednoduché. Problémem bývá anizoforie – nestejný klínový účinek při pohledu mimo středy brýlových čoček a to nutí oči nepohodlně konvergovat či divergovat. Dalším projevem u korigované anizometropie je vznik nestejně velkých sítnicových obrazů. Aniseikonie je způsobena rozdílnými hodnotami korekčních skel, jejich polohou či sklonem.

Důsledky korigované anizometropie lze minimalizovat jen do určité míry a to výběrem správné korekce. Můžeme využít brýlové čočky, kontaktní čočky, popřípadě jejich kombinaci. Speciálně pro úpravu aniseikonie byly vyvinuty iseikonické čočky. Tyto čočky pouze zvětšují obraz, aniž by změnilly refrakci a to takovým způsobem, že mění směr světelného paprsku.

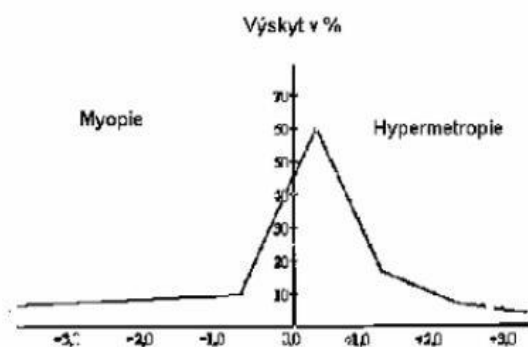
Cílem praktické části této práce je zjištění výskytu anizometropie v populaci, velikosti aniseikonie, vliv brýlové korekce a speciálních size lens čoček na potlačení aniseikonie a také přítomnost dominantního oka u pacientů s rozdílnou velikostí refrakční vady.

## Stanovení hypotéz

### Hypotéza 1

Výskyt refrakčních vad v populaci u dospělých Evropanů můžeme vyjádřit Gaussovou křivkou, která je asymetrická a jejíž vrchol směřuje více k hypermetropii. Křivka také ukazuje, že u myopie se můžeme setkat s vyššími hodnotami refrakční vady oproti hypermetropii.

Podle Sorsbyho se u 75 % populace nachází refrakce od 0 D do +1,75 D. Myopie od 0 D až do -4 D vykazuje v populaci stejný počet jedinců jako hypermetropie mezi +2 D až do +6 D.



Obrázek 1: *Výskyt refrakčních vad v populaci* [13]

Avšak refrakce v průběhu života není konstantní. Za život můžeme sledovat dvě fáze hypermetropizující, které nastávají ve věku předškolním a středním. Děje se tak pravděpodobně důsledkem poklesu tonu ciliárního svalu a změnou indexu lomu čočky. Mezi fázemi hypermetropizujícími můžeme sledovat dvě fáze myopizující a to ve věku školním a ve stáří.

Jak moc je výskyt refrakčních vad závislý na zevních vlivech, jako je velikost práce do blízka, osvětlení při práci, způsob života, je stále nezodpovězenou otázkou.

Jen zřídka najdeme v populaci jedince se stejnou velikostí refrakční vady na pravém a levém oku. Malý stupeň anizometropie je velmi rozšířený a vyšší stupeň se vyskytuje především u myopie.

Asi 40 % anizometropie se vyskytuje společně s myopickou refrakční vadou, zatímco hypermetropická anizometropie je v populaci asi jen kolem 5 %.

Při stanovení své hypotézy vycházím z toho, že výskyt refrakčních vad je závislý na vnějších vlivech. Náš zrak se po staletí rozvíjel a byl zvyklý pozorovat objekty v různých vzdálenostech. Avšak v dnešní době, kdy převládá práce do blízka tomu tak není. Lidé ve svých zaměstnáních sledují digitální obrazovky monitorů, téměř každý vlastní chytrý telefon a v neposlední řadě také roste množství studentů, jejichž zrak se hlavně zaměřuje na materiály v blízké vzdálenosti.

Prevalence myopie se proto v posledních letech dramaticky zvýšila. Novější studie naznačuje, že pokud nedojde k přesnosti akomodace při práci do blízka, rozostřený retinální obraz vede k rozvoji krátkozrakosti.

**Hypotéza 1: V populaci se vyskytuje více anizotropií s myopickou refrakční vadou než anizotropií s hypermetropickou refrakční vadou.**

### Hypotéza 2

Při formování této hypotézy jsem vycházela z předchozího měření a ze skutečnosti, že anizometropie jde ruku v ruce s anisekonií. Rozhodla jsem se zjistit, jaký vliv má brýlová korekce na anisekonií.

**Hypotéza 2: Vlastní brýlová korekce nezvyšuje anisekonií.**

### Hypotéza 3

Zde jsem opět vycházela z předchozího měření. Pokud pacientovi s vlastní brýlovou korekcí naměříme nenulovou aniseikonii, budeme se ji snažit potlačit díky předkládání size lens čoček.

**Hypotéza 3: U více než poloviny pacientů potlačíme aniseikonii na nulovou úroveň za pomoci size lens čoček.**

### Hypotéza 4

Při formování části hypotézy 4 jsem vycházela z Taiwanské studie, která se zabývala určením souvislosti mezi oční dominancí a velikostí myopie u pacientů s anizometrií. Byla zde stanovena prahová úroveň anizometrie 1,75 D, za kterou bylo vždy dominantní oko více myopické než nedominantní. Podle této studie platí, že čím vyšší je míra anizometrie, tím více je pravděpodobné, že dominantní oko je více myopické než nedominantní oko.

Proč dominantní oko je více myopické částečně vysvětlili tak, že pro osoby se sníženou schopností akomodace, práce do blízka může způsobit rozostřený retinální obraz, a toto chronické rozostření vede k myopii. Předpokládá se, že během nebo bezprostředně po práci do blízka, může tonický stav ciliárního hladkého svalstva v dominantním oku vést k menší akomodační přesnosti nebo k většímu zpoždění akomodace ve srovnání s nedominantním okem, což vede k většímu rozostření.

Dle mého názoru můj vzorek pacientů nebude vykazovat tak velkou asymetrii refrakční vady mezi pravým a levým okem, aby se potvrdila výše zmíněná studie.

Při formování další části hypotézy 4 jsem se inspirovala studií z Německa o stanovení souvislosti mezi oční dominancí a sférickou / astigmatickou anizometrií, věkem a pohlavím u hypermetropických subjektů.

Výsledky ukazují, že pro anizometrii od 0,5 D do 1,74 D nedominantní oči byly více hypermetropické v 70 %. U sférického ekvivalentu anizometrie > 2,5 D bylo nedominantní oko více hypermetropické v 95,2 %.

**Hypotéza 4: U myopické anizometrie bude dominantní oko méně myopické a u hypermetropické anizometrie bude dominantní oko méně hypermetropické.**

## Metodika měření

### Hypotéza 1

Cílem tohoto měření je zjistit refrakční stav pacientů. Jak je v praxi běžné, nejprve budu měřit objektivní refrakci s následnou subjektivní dokorekcí.

Objektivní měření bude probíhat za pomoci autorefraktometru. Autorefraktometr je přístroj, který měří refrakční stav oka za pomoci infračerveného záření. V současné době dosahujeme velmi přesných výsledků měření díky uvolnění akomodačního úsilí pacienta. Výhodou je také rychlost a nenáročnost měření.

Nicméně vždy je nutné provést subjektivní ověření údajů pro maximální vizuální pohodlí pacienta.

Pro zjištění subjektivní korekce do dálky budeme používat zkušební obrubu, sadu zkušebních skel, Jacksonův zkřížený cylindr a světelný optotyp. Postup je běžný. Nejprve stanovíme sférickou složku korekce pomocí plusových a minusových skel. Dále zjistíme přítomnost astigmatismu za použití Jacksonova zkříženého cylindru ve sledu osa cylindru a následně síla cylindru. Potom provedeme kontrolu binokulárního vyvážení za předřazení nejprve +0,25 a poté -0,25 skel před obě oči současně.



Obrázek č. 2: Zkušební obruba [14]

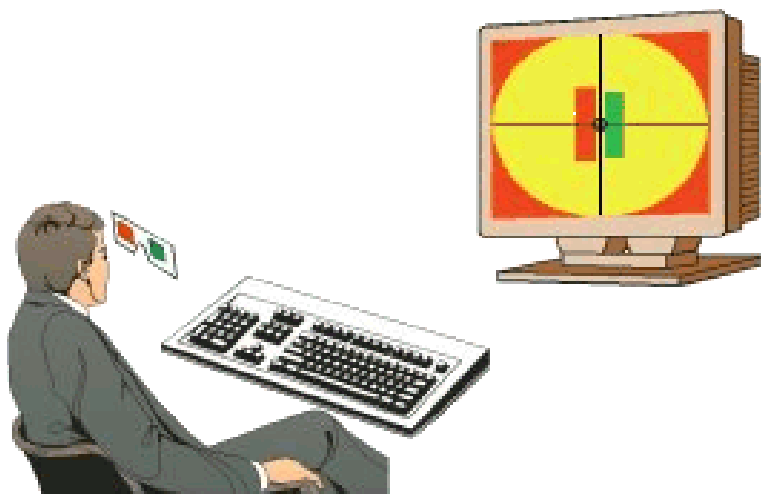
### Hypotéza 2

V této části praktického měření hraje hlavní roli počítačový program Aniseikonia Inspector. Tento program jsme nainstalovali do notebooku, proto vyšetřovací vzdálenost bude asi 50 centimetrů.

Při testování jsou pacientovi nabízeny dva odlišně velké obdélníky v komplementárních barvách. Testuje se ve čtyřech blocích. První dva bloky nabízí obdélníky výškově odlišné pro

zjištění vertikální složky aniseikonie. V dalších dvou blocích se ukazují jinak široké obdélníky k odhalení horizontální složky aniseikonie. Během testování jsou pacientovi předrženy červeno – zelené brýle.

Pro zjištění, zda brýlová korekce nezvyšuje aniseikonii, postupujeme tak, že pacientovi je nabídnuta sada testů nejprve při naturálním vízu, poté za použití své brýlové korekce do dálky.



Obrázek č.3: *Aniseikonia Inspector* [15]

### Hypotéza 3

Měření budeme provádět v případě, kdy ani s brýlovou korekcí nedosáhneme nulové aniseikonie.

Při zjišťování této hypotézy budeme opět používat počítačový program *Aniseikonia Inspector* v testové vzdálenosti asi 50 centimetrů. Pro pohodlí pacienta dáme jeho korekci spolu s červeným a zeleným filtrem do zkušební obruby. Před pravým okem si totiž pacient přidrží size – lens čočku o hodnotě, kterou jsme získali při měření aniseikonie s brýlovou korekcí při zjišťování hypotézy 2.

Size lens čočky se někdy používají ke změně velikosti obrazu sítnice bez změny polohy. Toto je obvykle nutné v případě aniseikonie, která vede k nestejně velikosti obrazu na sítnici. Tyto čočky jsou vhodné pro pacienty, kterým korekce aniseikonie pomocí brýlí činí problémy v podobě narušeného binokulárního vidění.

Čočky, které jsou speciálně navrženy tak, aby změnilly velikost sítnicového obrazu bez změny refrakce, se nazývají iseikonické nebo size – lens čočky. Iseikonické čočky jsou

založeny na principu planparalelní destičky. Planparalelní destička má dvě lomivé stěny, které jsou vůči sobě rovnoběžné. Rovnoběžné stěny způsobí změnu chodu světelných paprsků.

Zvětšení iseikonické čočky závisí na optické mohutnosti přední plochy čočky, vrcholové lámavosti čočky a na vzdálenosti od oka.



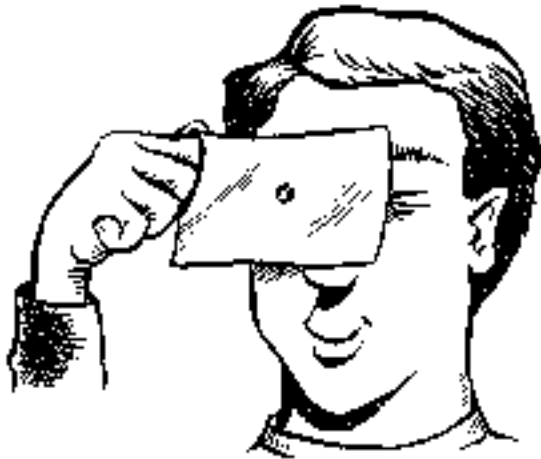
Obrázek č. 4: Iseikonické (size lens) čočky [16]

#### Hypotéza 4

Existuje mnoho způsobů, jak určit dominanci oka. Můžeme ji určovat při vidění do blízka i do dálky, při monokulárním i při binokulárním vidění.

Ve svém výzkumu budu určovat směrovou dominanci a to pomocí kontrolního testu Check Test™ (Hole – in – card test). Je to jednoduchá pomůcka, kterou pacient drží v natažené ruce a skrz otvor se dívá oběma očima na vzdálený předmět (písmeno optotypu). Nejprve zakryjeme pacientovi jedno oko a potom druhé oko a požádáme ho, aby porovnal umístění pozorovaného předmětu v otvoru testu. Dominantní je to oko, které vidí pozorovaný předmět co nejbližše středu při zakrytí oka nedominantního.

Toto „vyšetření“ můžeme provádět i bez použití pomůcky a to tak, že požádáme pacienta, aby předpažil a z prstů ruky vytvořil otvor o průměru 2 – 3 centimetry. Poté ho vyzveme, aby se otvorem díval na vzdálený předmět. Pokud by to vyšetřovanému bylo pohodlnější, může si střídavě zavírat oči sám. Jestliže v otvoru je vidět větší „uskočení“ pozorovaného předmětu, víme, že se jedná o oko nedominantní.



Obrázek č.5: Hole – in – card test [17]

## Rešerše

Trotterův výzkum z roku 1967.

Tabulka č. 1: *Procentuální výskyt anizometropie v závislosti na velikosti anizometropie (Trotter, 1967)*

Rozdíl	Počet	%
Do 1,0 D	629	91,2
1,0 – 1,75 D	36	5,2
2,0 - 2,75 D	14	2,0
3,0 D a více	11	1,6

Konstatuje, že klinicky významná anizometropie vyšší než 2,0 D se vyskytuje v méně než 4 %.

Diplomová práce – Výskyt refrakčních vad a způsoby jejich korekce v populaci studentů optometrie.

Bylo měřeno 100 studentů optometrie ve věku mezi 19 a 31 lety. U 31 jedinců nebyla zaznamenána žádná refrakční vada. Myopie byla zjištěna u 46 případů, hypermetropie pouze u 3.

Studentka se také zaměřila na poměr refrakčního stavu pravého a levého oka. Izometropie (stejná velikost refrakce obou očí) byla zjištěna u 59 studentů, anizometropie u 41 studentů.



Z 69 osob s refrakční vadou nacházíme anizometrii v 59,4 %. Z toho u myopů se vyskytla ve 22 případech, u hypermetropů ve všech 3 případech.

#### Taiwanská studie - určení souvislosti mezi oční dominancí a velikostí myopie u pacientů s anizometrií.

Zkoumalo se 55 jedinců s anizotropickou myopií. Nejprve byla měřena refrakce a axiální délka oka. Dominance oka byla stanovena pomocí otvorového testu.

Výsledky měření: z 33 pacientů s anizometrií  $\leq 1,75$  D bylo dominantní oko více myopické v 17 případech (51,5 %).

Byla zde stanovena prahová úroveň anizometrie 1,75 D, za kterou bylo vždy dominantní oko více myopické než nedominantní. Dominantní oči měly také delší axiální délku oproti nedominantním očím. Čím vyšší je míra anizometrie, tím více je pravděpodobné, že dominantní oko je více myopické než nedominantní oko.

Pro osoby se sníženou schopností akomodace, práce do blízka může způsobit rozostřený retinální obraz, a toto chronické rozostření vede k myopii. Předpokládá se, že během nebo bezprostředně po práci do blízka, může tonický stav ciliárního hladkého svalstva v dominantním oku vést k menší akomodační přesnosti nebo k většímu zpoždění akomodace ve srovnání s nedominantním okem, což vede k většímu rozostření. To může částečně vysvětlit, proč je dominantní oko více myopické.

#### **Závěr**

V tomto příspěvku jsem shrnula nejdůležitější poznatky z teoretické části své diplomové práce. V rámci výzkumné části práce jsem představila své hypotézy a popsala jsem metodiku měření. Vzhledem k tomu, že jsem teprve na začátku svého měření, prozatímní výsledky nejsou směrodatné, a proto budou konkrétněji popsány a vysvětleny v prezentaci.

#### **Zdroje**

1. POLÁŠEK, J. a kol. Technický sborník oční optiky. Praha: Nakladatelství technické literatury ve Středisku interních publikací, 1974. 188-190, 329-330 s.
2. ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. ISBN 80-7013-148-9
3. HROMÁDKOVÁ, Lada. Šilhání. Vyd. 3., nezměn. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN 978-80-7013-530-3
4. Česká oční optika. 2006, 47(03)
5. KUBOŠOVÁ, Radka. Anizometrie a aniseikonie – Diagnostika, princip korekce. Brno, 2015. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Lékařská fakulta.

6. VARILUX UNIVERSITY. Praktická refrakce. Essilor International, 2007
7. Staffová, Eva. Výskyt anizometropie a její vliv na kvalitu vidění. Brno, 2017. Diplomová práce. Masarykova univerzita. Lékařská fakulta.
8. GROSVENOR, T. Primary Care Optometry. St.Louis: ButterworthHeinemann/Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-7575-8
9. Association between Ocular Dominance and Spherical/Astigmatic Anisometropia.
10. Anisometropia and amblyopia in nasolacrimal duct obstruction.
11. FRIEDMAN, N. KAISER, P. TRATTLER, W. Review of Ophthalmology.
12. CARLSON, A.S. Magnification and Low Vision Appliances. In: EyeSite Magazine.
13. BENEŠ, P., VRUBEL, M.: Oftalmologie pro speciální pedagogy. Brno: Paido, 2018. 91 s. ISBN 978-80-7315-264-2.

## Seznam obrázků

Obrázek č.1: *Výskyt refrakčních vad v populaci*

ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 2. přeprac. vyd. Brno:

Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. ISBN 80-7013-148-9

Obrázek č.2: *Zkušební obruba*

Zkušební obruba Oculus UB4. Dostupné na adrese:

<https://www.brylove-skrine.cz/Zkusebni-obruba-Oculus-UB4-d33.htm>

Obrázek č.3: *Aniseikonia Inspector*

Aniseikonia Inspector. Dostupné na adrese:

[http://www.opticaldiagnostics.com/products/ai/additional\\_info.html](http://www.opticaldiagnostics.com/products/ai/additional_info.html)

Obrázek č.4: *Iseikonické (size – lens) čočky*

Definition of Aniseikonia. Dostupné na adrese:

<http://www.opticaldiagnostics.com/info/aniseikonia.html>

Obrázek č.5 : *Hole – in – card test*

Camp-In Curriculum: Putting It Together -- Camper Survey.

Dostupné na adrese: <http://www.pbs.org/wgbh/aso/resources/campcurr/survey.html>

**Bc. Michaela Běhounková, Mgr. Petr Veselý, Dis., Ph.D.**

## **The problem of anisometropia in refractive errors**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Annotation**

This study deals with anisometry in relation to individual refractive errors and the resulting aniseikonia. At first, we will mention the most important terms of this study - anisometry and aniseikonia. The research part of the work analyzes the impact of anisometry size on the population, the size of aniseikonia, the influence of spectacle correction and special size lenses to suppress aniseikonia, as well as the presence of the dominant eye on patients with different refractive error size.

**Key words:** anisometropia, myopia, hypermetropia, aniseikonia, Aniseikonia Inspector

### **Introduction**

After birth, all children are far-sighted (2,5 - 3 D). As the baby grows, the anterior length of its eyes increases, which is compensated by the adaptation of the corneal and lens. The newborn's eye has a length of about 18 mm. The following next three years, the length grows to 23 mm and slowly continues to develop.

Ideally, the eyes should remain emmetropic. However, more than 50% human's eyes develop some kind of hypermetropia in the future. If the eye grows more in the direction of the anterior axis, it becomes myopic. There is a possibility that one eye develops differently and becomes shorter or longer than the other. This is one of the causes of anisometry. A shortening of 1 mm results in a refraction change of about 3 D, so if the length of the eye is not compensated by, for example, corneal curvature, the incidence of anisometry is quite frequent.

Correcting anisometropia is not easy. The problem is called anisophoria – an uneven wedge effect on the outside of the center of the lenses that makes the eyes uncomfortable to convergence or divergence. Another case of corrected anisometry is the appearance of unequally large retinal images. Aniseikonia is caused by different values of the correction glasses, their position or tilt.

The consequences of corrected anisometry can only be minimized to a certain extent by selecting the right correction. We can use spectacle lenses, contact lenses, or a combination of both of them. An iseconic lens has been specially developed to treat aneseiconia. These lenses only magnify the image without changing the refraction by changing the direction of the light beam.

The aim of the practical part of this study is to determine the occurrence of anisometry in the population, the size of aniseikonia, the influence of spectacle correction and special size lenses to suppress aniseikonia, as well as the presence of the dominant eye on patients with different sizes of refractive defects.

## Determination of hypotheses

### Hypothesis 1

The incidence of refractive errors in the adult population of Europeans can be expressed by a Gaussian curve, which is asymmetric and its peak is more towards hypermetropia. The curve also shows that in myopia we may experience higher refractive errors versus hypermetropia.

According to Sorsby, 75% of the population has a refraction from 0 D to +1.75 D. Myopia from 0 D to -4 D shows the same number of individuals in the population as hypermetropia between +2 D and +6 D.

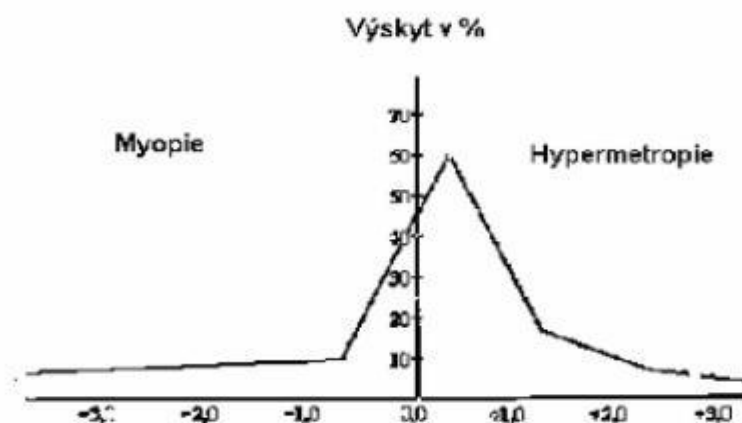


Figure 1: *The incidence of refractive errors in the population* [17]

However, lifetime refraction is not constant. We can see two hypermetropising stages that occur in pre-school and middle ages. This is probably due to a decrease in the tone of the

ciliary muscle and a change in the refractive index of the lens. Among the hypermetropic phases, we can observe two phases of myopization at school and old age.

How much is the incidence of refractive errors, such as the size of work in the vicinity, lighting at work or the way of life, effected by external influences is still an unresolved question.

We rarely find an individual with the same size of refractive defects on the right and left eye. Smaller chance of anisometry is very widespread, and a higher chance occurs primarily in myopia.

Approximately 40% of anisometry occurs together with myopic refraction defect, while hypermetropic anisometry occurs only in about 5% of the population.

When determining my hypothesis, I assume that the incidence of refractive defects depends on external influences. Our vision has been developing for centuries and was used to observing objects at different distances. But nowadays, when labor is predominant, it is not used as much as it was before. People in their jobs are looking at digital screens, almost everyone owns a smart phone, and last but not least, the number of students whose vision focuses mainly on nearby materials is growing.

The prevalence of myopia has increased dramatically in recent years. A more recent study suggests that if the accuracy of close-up accommodation is not reached, the blurred retinal image leads to the development of short-sightedness.

**Hypothesis 1: There are more anisometropes with myopic refractive errors in the population than anisometropes with hypermetropic refractive errors.**

### Hypothesis 2

I used this hypothesis build on the previous measurement and the fact that anisometry goes hand in hand with aniseikonia. I decided to find out what effect would the spectacle correction have on aniseikonia.

**Hypothesis 2: Custom eyeglass correction does not increase aniseikonia.**

### Hypothesis 3

Here, I have also gathered information based on the previous measurement. If we see a non-zero aniseikonia in a glass eye correction, we will try to suppress it by submitting a size lens.

**Hypothesis 3: In more than half of patients, we will suppress aniseikonia to zero by using a size lens.**

#### Hypothesis 4

A part of hypothesis 4 is based on a Taiwanese study that dealt with the relationship between eye dominance and the size of myopia in patients with anisometropia. An anisometry threshold of 1.75 D was set to show that the dominant eye was always more myopic than non-dominant. According to this study, the higher the degree of anisometry, the more likely it is that the dominant eye is more myopic than the non-dominant eye.

A dominant eye with myopia occurs especially on people with reduced ability to accommodate to their surroundings and working close to some subjects, causing a blurred retinal image, and this chronic blurring leads to myopia. It is assumed that during or immediately after working close to some subjects, the tonic state of the ciliary smooth muscle in the dominant eye may lead to a lower accommodative accuracy or to a greater delay in accommodation compared to the non-dominant eye, resulting in a greater blur.

In my opinion, my patient sample will not show as much asymmetry of the refractive error between the right and left eye to confirm the above mentioned study.

Another part of my hypothesis 4 was inspired by a study from Germany about the relationship between eye dominance and spherical / astigmatic anisometry, age and sex in hypermetropic subjects.

The results show that for anisometry from 0.5 D to 1.74 D, non-dominant eyes were more hypermetropic in 70%. For a spherical equivalent of anisometry > 2.5 D, the non-dominant eye was more hypermetropic at 95.2 %.

**Hypothesis 4: In myopic anisometry, the dominant eye will be less myopic, and in hypermetropic anisometry the dominant eye will be less hypermetropic.**

#### **Measurement methodology**

##### Hypothesis 1

The aim of this measurement is to determine the patient's refractive status. As in practice, I will first measure objective refraction with subsequent subjective correction.

Objective measurements will be performed using an autorefractometer. Autorefractometer is a device that measures the refractive status of the eye with infrared radiation. At present, we

achieve very accurate measurement results by relieving the patient's accommodation efforts. Advantage is also the speed and difficulty of measuring.

However, it is always necessary to perform a subjective verification of the data for the maximum visual comfort of the patient.

To find a subjective correction in the distance, we will use a test rim - a set of test glasses, a Jackson crossed cylinder, and a light optotype. The procedure is common. First, determine the spherical correction component using plus and minus glasses. We also find the presence of astigmatism using the Jackson crossed cylinder in the sequence of the cylinder axis and consequently the force of the cylinder. Then, we check the binocular balance by first placing +0.25 and then -0.25 glasses in front of both eyes at the same time.



Figure 2: *Test rim* [18]

## Hypothesis 2

In this part of the practical measurement, the computer program Aniseikonia Inspector plays the main role. We installed this program on laptop, so the scanning distance will be about 50 centimeters.

In testing, two different rectangles in complementary colors are offered to the patient. It is tested in four blocks. The first two blocks offer height difference rectangles for detecting the vertical component of aniseikonia. The other two blocks show differently wide rectangles to reveal the horizontal component of aniseikonia. During testing, the red-green glasses are placed on the patient.

To find out if the glasses correction does not increase aniseikonia, we proceed by giving the patient a set of tests with a natural vision first, then using a spectacle correction to the distance.

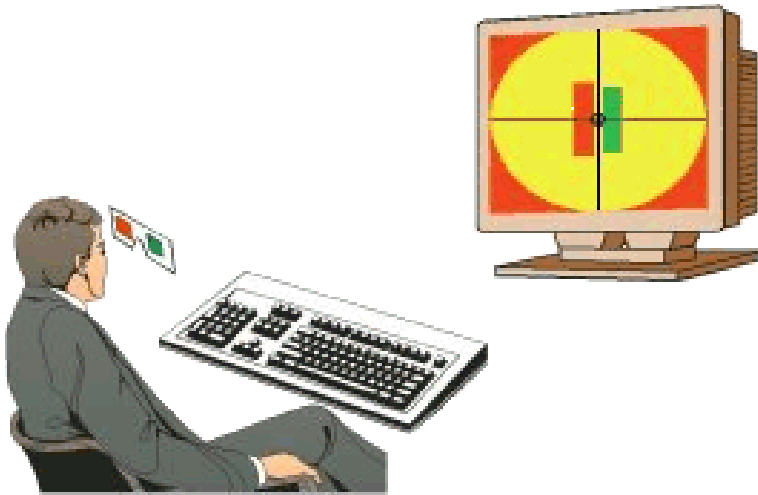


Figure 3: *Aniseikonia Inspector* [19]

### Hypothesis 3

If we do not achieve zero anisiconics even with the glass correction, we will do the measurement.

When determining this hypothesis, we will again use the *Aniseikonia Inspector* computer program at a test distance of about 50 centimeters. For patient's comfort, we correlate it with the red and green filters into the test rim. In front of the right eye, the patient retains a size - lens of the value we obtained when measuring aniseikonia with glassy correction for hypothesis 2.

The lens sized lenses are sometimes used to resize the image of the retina without changing its position. This is usually necessary in the case of anisekonia, which leads to an uneven size of the image on the retina. These lenses are suitable for patients whose correction of aniseikonia with glasses makes problems in the form of disturbed binocular vision.

Lenses that are specially designed to change the size of the retinal image without changing the refraction are called iseikonic or size lenses. Iseikonic lenses are based on the principle of a planar parallel plate. The planar leaf has two fractured walls parallel to each other. Parallel walls cause light beam to change.

The magnification of the iseconic lens depends on the optical power of the front face of the lens, the peak breaking of the lens and the distance from the eye.





Figure 4: Iseikonic (size lens) lenses [20]

#### Hypothesis 4

There are many ways to determine the dominance of the eye. We can determine it in close and distant vision, monocular and binocular vision.

In my research, I will determine directional dominance using the Check Test™ (Hole - in - card test) test. It is a simple device that the patient holds in his outstretched hand and through the opening he looks at a distant object with both eyes (the letter of the optotype). First, we cover one eye and then the second one and ask the patient to compare the location of the observed object in the test aperture. The dominant one is the eye that sees the observed subject as close as possible to the center of the obscene eye.

This "examination" can be done without the need of asking the patient to preload and to form a 2 - 3 centimeter long hole from the fingers of his hand. Then we ask him to look at the distant object through the hole. If the interviewer feels comfortable, he could close his eyes on his own. If there is a larger "jump" of the observed object in the opening, we know that it is a non-dominant eye.

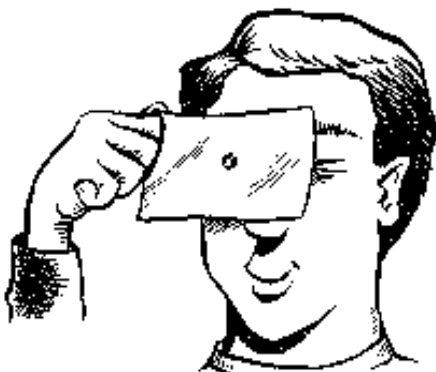


Figure 5: Hole - in - card test [21]

## Research

### Trotter's research from 1967.

Table 1: *Percentage of anisometropia in relation to the size of anisometropia (Trotter, 1967)*

Difference	Number	%
Do 1,0 D	629	91,2
1,0 – 1,75 D	36	5,2
2,0 - 2,75 D	14	2,0
3,0 D a více	11	1,6

It states that clinically significant anisometropia greater than 2,0 D occurs in less than 4% of our population.

### Diploma thesis - Occurrence of refractive defects and ways of their correction in the population by students of optometry.

100 optometric students between the age of 19 to 31 were measured. No refractive defect was recorded in 31 individuals. Myopia was detected in 46 cases, hypermetropia only in 3.

The student who measured the other students also focused on the ratio of refractive states of right and left eye. Isometropia (the same size of refraction of both eyes) was found in 59 students, anisometry in 41 students.

Out of 69 people with refractive errors, we found anisometry at 59,4 %, 22 cases with myopia and 3 cases with hypermetropes.

### Taiwan study - Determining the relationship between ocular dominance and myopia size in patients with anisometry.

55 individuals with anisometric myopia were tested. First, refraction and axial length of the eye were measured. The dominance of the eye was determined by the aperture test.

Measurement results: Out of 33 patients with anisometropia  $\leq 1,75$  D, the dominant eye was more myopic in 17 cases (51.5%).

An anisometry threshold of 1,75 D was set to see if the dominant eye was always more myopic than non-dominant. Dominant eyes also had a longer axial length than non dominant

eyes. The higher the degree of anisometropia, the more likely it is that the dominant eye is more myopic than the non-dominant eye.

For people with reduced ability to get used to different surroundings or working near the computer screens can cause a blurred retinal image, and this chronic blurring leads to myopia. It is assumed that during or immediately after working close to some subjects, the tonic state of the ciliary smooth muscle in the dominant eye may lead to a lower accommodative accuracy or to a greater delay in accommodation compared to the non-dominant eye, resulting in a greater blur. This may partly explain why the dominant eye is more myopic.

## **Conclusion**

In this part I summarize the most important findings from the theoretical part of my diploma thesis. In the framework of the research I presented my hypotheses and described the measurement methodology. As I'm only at the beginning of my measurement, the provisional results are not conclusive and will therefore be more specifically described and explained in the presentation.

## **Resources**

1. POLÁŠEK, J. a kol. Technický sborník oční optiky. Praha: Nakladatelství technické literatury ve Středisku interních publikací, 1974. 188-190, 329-330 s.
2. ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. ISBN 80-7013-148-9
3. HROMÁDKOVÁ, Lada. Šilhání. Vyd. 3., nezměn. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN 978-80-7013-530-3
4. Česká oční optika. 2006, 47(03)
5. KUBOŠOVÁ, Radka. Anizometropie a aniseikonie – Diagnostika, princip korekce. Brno, 2015. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Lékařská fakulta.
6. VARILUX UNIVERSITY. Praktická refrakce. Essilor International, 2007
7. Staffová, Eva. Výskyt anizometropie a její vliv na kvalitu vidění. Brno, 2017. Diplomová práce. Masarykova univerzita. Lékařská fakulta.
8. Ocular characteristics of anisometropia.
9. GROSVENOR, T. Primary Care Optometry. St.Louis: ButterworthHeinemann/Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-7575-8
10. Cinical management of aniseikonia.
11. Association between Ocular Dominance and Spherical/Astigmatic Anisometropia

12. Aniseikonia – presentation.
13. Anisometropia and amblyopia in nasolacrimal duct obstruction.
14. FRIEDMAN, N. KAISER, P. TRATTLER, W. Review of Ophthalmology.
15. CARLSON, A.S. Magnification and Low Vision Appliances. In: EyeSite Magazine.
16. Definition of Aniseikonia.
17. BENEŠ, P., VRUBEL, M.: Oftalmologie pro speciální pedagogy. Brno: Paido, 2018.  
91 s. ISBN 978-80-7315-264-2.

### Picture list

Figure 1 : *The incidence of refractive erros in the population*

18. ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. ISBN 80-7013-148-9

Figure 2 : *Test rim*

19. Zkušební obruba Oculus UB4. Dostupné na adrese:

<https://www.brylove-skrine.cz/Zkusebni-obruba-Oculus-UB4-d33.htm>

Figure 3 : *Aniseikonia Inspector*

20. Aniseikonia Inspector. Dostupné na adrese:

[http://www.opticaldiagnostics.com/products/ai/additional\\_info.html](http://www.opticaldiagnostics.com/products/ai/additional_info.html)

Figure 4 : *Iseikonic (size – lens) lenses*

21. Definition of Aniseikonia. Dostupné na adrese:

<http://www.opticaldiagnostics.com/info/aniseikonia.html>

Figure 5 : *Hole – in – card test*

21. Camp-In Curriculum: Putting It Together -- Camper Survey.

Dostupné na adrese: <http://www.pbs.org/wgbh/aso/resources/campcurr/survey.html>

**Bc. Nicol Dostálová, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.**

## **Vliv heteroforií na práci s počítačem**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Anotace**

V současné době je počítač nedílnou součástí našeho pracovního i osobního života. Mnoho lidí si ale také uvědomuje vliv používání počítačů, mobilů i tabletů na zrak i zdraví, poněvadž tyto přístroje v mnoha případech způsobují oční únavu, bolest hlavy, rozmazané a dvojitě vidění a další komplikace, které se nazývají syndrom počítačového vidění. Avšak tyto obtíže nemusí být způsobeny pouze tímto syndromem, ale také latentním šilháním neboli heteroforií. Ta se může projevat oční únavou, rozmazaným viděním nebo diplopií. Je tedy možné, že má heteroforie negativní vliv na práci s počítačem a zpomaluje oční pohyby – sáky a fixace. Tyto oční pohyby je možné velmi dobře vyhodnotit pomocí eye-trackingové metody.

### **Klíčová slova:**

Heteroforie, oční pohyby, syndrom počítačového vidění, eye-tracking

### **Heteroforie**

Heteroforie je latentní šilhání, jinými slovy se jedná o poruchu okohybných svalů, kterou ale není možné na pohled diagnostikovat. Příčiny heteroforií jsou různé, mezi ty nejčastější patří vrozené a nesouměrné anatomické rozložení okohybných svalů, získaná slabost některého ze svalů, porucha jejich inervace, dále také vrozené anomálie očnice velký rozestup mezi očnicemi nebo porucha akomodačně vergenčního systému. [3,7] Ne u všech pacientů ale vyvolává obtíže. V případě, že je heteroforie kompenzovaná, nejsou patrné žádné projevy, a tudíž není potřeba heteroforie řešit. Pokud ale pacientům způsobuje obtíže jako například bolesti hlavy, oční únavu, rozmazané a dvojitě vidění, tak se jedná o heteroforie dekompenzovanou a je třeba ji různými způsoby řešit. [3]

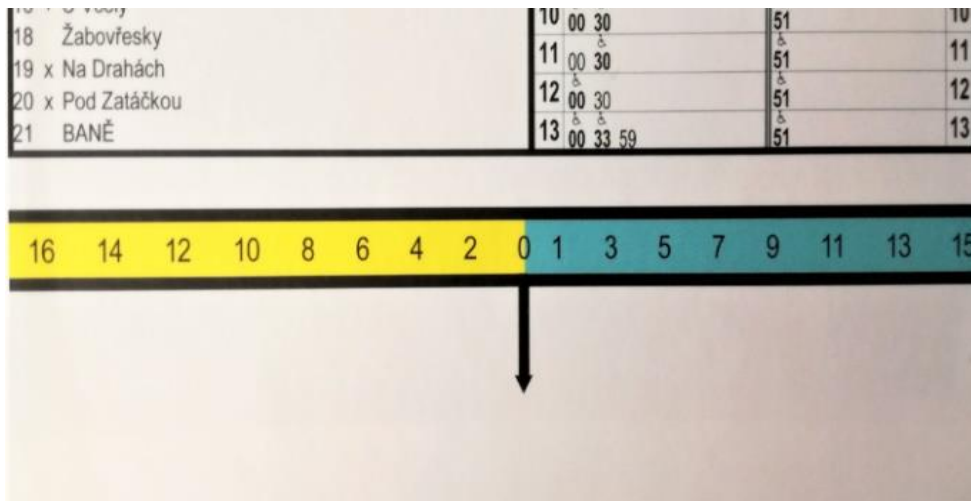
Abychom heteroforie mohli diagnostikovat, je nutné porušit binokulární fúzi. Tím se vyvolá imbalance oko-hybných svalů a následně je možné pozorovat vzájemnou polohu a pohyby očí. V případě, že se po narušení fúze neobjevila žádná deviace (oko-hybná úchylka), lze tento stav nazývat jako ortoforie. Ta se vyskytuje u přibližně 20 – 30 % populace. Pokud se demonstruje nějaká deviace, tak tento stav hodnotíme jako heteroforie. Dále je nutné zaměřit se na směr pohybu neboli odchylky, aby bylo možné určit její typ. Pokud je odchylka v horizontálním směru, jde o esoforii (deviace zakrytého oka je nasálně, odkrytého temporálně) nebo exoforii (deviace zakrytého oka je temporálně, odkrytého nasálně). u vertikální heteroforie se rozlišuje hyperforie a hypoforie a lze také zmínit cykloforie, které se dělí na incykloforii a excykloforii. [7]

V současné době se dají heteroforie vyšetřovat mnoha metodami, a to na vzdálenost 6 m i na blízkou vzdálenost (obvykle 40 cm). Při vyšetřování těchto odchylek na vzdálenost 6 metrů se obvykle začíná objektivní metodou zvanou alternující zakrývací test (Obr. 1), kdy pacient sleduje bod v odpovídající vzdálenosti a průběžně se mu zakrývá levé i pravé oko a sledují se případné deviace. Další metody, které se následně využívají, jsou již subjektivní a patří mezi ně anaglyfní testy (Worthův test a Schoberův test), Maddoxův kříž, Bagoliniho skla, MKH polarizační „křížový“ test bez fúzního podnětu, anebo také použití von Graefeho prizmatu (hodnota 6 pD bazí ve 270°), které lze použít pro měření odchylek na vzdálenost 6 m i 40 cm. Von Graefeho prizma rozdělí vizuální vjem a pacient hodnotí vzájemnou polohu obou obrazů (nejčastěji optotypový řádek). Pro vyšetření na blízkou vzdálenost je možné opět použít von Graefeho prizma v kombinaci s Howellovou tabulkou pro vyšetření heteroforií (Obr. 2),



kteřou pacient drží ve vzdálenosti 40 cm (je individuální). Po separaci vjemů vidí dva

testovací řádky, z nichž horní ukazuje šipkou na stupnici dolního řádku. Dle této hodnoty se pomocí prizmat dále koriguje heteroforie do té doby, než pacient uvidí šipku horního řádku uprostřed řádku spodního. Mezi další metody pro vyšetření heteroforií do blízka patří



Thoringtonův test nebo Maddoxovo křídlo. [2,3,7]

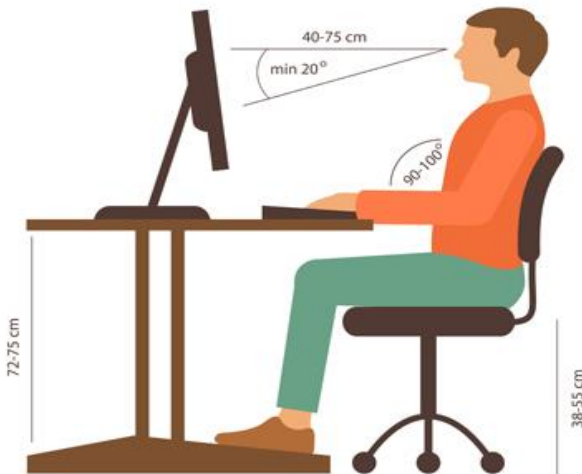
Jak již bylo zmíněno, dekompenzované heteroforie obvykle způsobují obtíže, a z tohoto důvodu by měly být řešeny. Prvním krokem řešení by měla být správná subjektivní korekce a ideální centrace brýlových čoček v používané korekci. Pokud tato varianta není dostačující a pacientovi nepomůže, lze přistoupit k pravidelnému zrakovému tréninku nebo navrhnout prizmatickou brýlovou korekci. V případě, že žádná z těchto variant pacientovi neuleví, je možné přistoupit k chirurgickému řešení. [7]

Obrázek 2: Howellova karta pro měření heteroforií. (zdroj: archiv autora)

### Syndrom počítačového vidění

Syndrom počítačového vidění (anj. computer vision syndrome) je souhrn různých příznaků, které se objevují u uživatelů počítačů, mobilů a tabletů po delší práci na nich. Tyto obtíže mohou být způsobeny různými příčinami a obecně se dají rozdělit podle místa komplikace na oční nebo celkové. Symptomy mají také odlišnou působnost, některé obtíže přetrvávají déle. Z tohoto hlediska je lze rozdělit na krátkodobé a dlouhodobé. Mezi krátkodobé patří především oční obtíže jako je oční únava, syndrom suchého oka (který se však může obrátit v dlouhodobou komplikaci), rozmazané vidění, diplopie nebo pálení očí a zarudnutí očí.

Bolesti zad, migrény, syndrom karpálního tunelu, bolesti za krkem se dají potom označit jako komplikace dlouhodobé. Výše zmíněné příznaky mohou být způsobeny různými vlivy, například neadekvátním sezením u počítače (Obr. 3), klimatizací, nekorigovanou refrakční vadou a velký vliv na naše biorytmy má i modré světlo, které monitory vyzařují a dalšími. [1,9]



Obrázek 3: Správný způsob sezení během práce na počítači. [1]

Vzhledem k tomu, že syndrom počítačového vidění je globální problém, nabízí se spousta řešení pro všechny, které tento syndrom negativně ovlivňuje. Nejprve je nutné používat správnou subjektivní korekci, v ideálním případě upravenou na počítačovou vzdálenost. Brýlová korekce se dá vylepšit speciální antireflexní vrstvou (tzv. Blue Control), která omezí průchod modrého světla brýlovou čočkou. Dále by každý člověk měl dbát na správné sezení u počítače (Obr. 3), upravit osvětlení v místnosti, a také dodržovat pravidlo 20/20/20 (v Evropě 20/20/6). To znamená, že při dlouhodobějším použití počítače by se měl uživatel každých 20 minut, přibližně na 20 vteřin podívat na 6 metrů. 20 vteřin obvykle stačí ke kompletní relaxaci oka, 6 metrů zabezpečí absolutní uvolnění akomodace, která hraje při používání počítače významnou roli. Nelze opomenout také nízkou frekvenci mrkání, která má negativní vliv a způsobuje vysychání oka. [1,9]



## Eye – tracking

Eye-tracking je technologie, která slouží ke sledování a hodnocení očních pohybů. S pomocí této technologie se dá zjistit, co upoutalo klientovu pozornost, tedy co na monitoru pozoruje, jak dlouho to sleduje a také lze tyto sledované body spojit a vytvořit trasu, kterou během eye-trackingového měření sledoval. [4,12]

Metoda eye-trackingu nachází uplatnění v mnoha oborech, mezi kterými lze zmínit neurologii, kde využívá k hodnocení aktivity mozku během zpracovávání vizuálních vjemů nebo jako pomocný nástroj při diagnostice jiných neurologických onemocnění. Nepostradatelnou součástí je eye-tracking i při psychologických výzkumech, od hodnocení emocí až po diagnostiku různých poruch, jako je například dyslexie, dysgrafie, ADHD a další. V marketingu se často využívá pro zdokonalování uživatelského prostředí webových stránek a efektivní rozmístění reklam, protože se tímto způsobem dá zjistit, jaká místa uživatelé nejčastěji sledují a kde je tedy reklama nejvíce zaujme. Jeho použití se objevuje i v oftalmologii jako pomocník při operacích rohovky nebo sítnice. Důležitou roli hraje tato metoda sledování očních pohybů i v kartografii, kde se s její pomocí dají rozvíjet a zlepšovat různé typy map. V neposlední řadě je nutné zmínit i překladatelství, kde se dá s touto pomocí dobře hodnotit proces a nové způsoby překládání textů. [4,12]

Dle způsobu měření se dá sledování očních pohybů rozdělit do dvou základních kategorií.

První z nich je velmi dobře známá z optometrie – jedná se o elektrookulografii. Během elektrookulografie dochází k vytvoření elektrického potenciálu mezi rohovkou, která má kladný náboj a sítnicí, která je nabitá záporně. Aby bylo možné tento potenciál snímat, je potřeba umístit na čelo a do zevních koutků obou očí elektrody. V rámci optometrie i oftalmologie je její základní použití hlavně pro diagnostiku chorob pigmentového epitelu sítnice. Mimo to se dá použít i pro hodnocení kvality očních pohybů, a tedy i jejich rychlosti. Od klasického eye-trackingu se však liší tím, že u ní nelze rozlišit směr pacientova pohledu, je tedy vhodnější spíše pro diagnostiku na úrovni oftalmologie. Jde však o velmi přesnou metodu, která velmi přesně zachytí např. přechody mezi jednotlivými slovy nebo řádky během kontinuálního čtení libovolného textu. [2,4]

Druhou metodou je tzv. videookulografie. Tato metoda je častěji využívána, protože dokáže kvalitně zobrazit nejen oční pohyby, ale i místo a délku jednotlivých fixací na monitoru nebo v prostoru. Hlavní věcí, která je pro provedení měření nutná je přístroj zvaný eye-tracker.

Podle jeho umístění se dá rozdělit do dvou skupin. v prvním případě má podobu brýlí, lze ho tedy umístit na hlavu pacienta, kterému to potom umožňuje větší pohybovou volnost a samotné měření je přesnější, dá se navíc použít i v prostoru (Obr. 4). Druhým typem eye-trackeru je přístroj, který je položen před monitorem ve stabilní poloze, případně může být i připevněn pomocí magnetů na samotný monitor (Obr. 5). Ten nenabízí klientovi pohyb v prostoru, ale dokáže velmi kvalitně sledovat pohled během práce s počítačem. [4,6,12]

Oba druhy přístrojů pracují na stejném principu, ten se nazývá rohovkový reflex. V přístroji jsou zabudované zdroje infračerveného záření, které po zahájení měření začnou toto infračervené záření vysílat. IR záření následně dopadá na rohovku, kde se odráží a vytvoří rohovkový reflex, který je snímán zabudovanou videokamerou. Poté přístroj vyhodnotí polohu tohoto bodu vůči středu zornice. Díky tomuto porovnávacímu pupilárnímu mechanismu jsou pacientovi umožněny mírné pohyby hlavou, které nebudou negativně ovlivňovat výsledky měření. Pro oba eye-trackery je také velmi důležitým pojmem frekvence, neboli počet snímků za jednu vteřinu, který je přístroj schopen udělat. Frekvence totiž značí kvalitu přístroje, tedy čím vyšší frekvence, tím kvalitnější a přesnější měření dostaneme. Základní přístroje disponují frekvencí 30 – 60 Hz, u kvalitnějších přístrojů frekvence dosahuje hodnoty 1000 Hz i vyšší. [4,6,12]

Vyhodnocení naměřených hodnot se provádí v programech, které se liší dle typu a značky eye-trackeru. Obecně se dají pohyby rozdělit na dvě fáze – sakády a fixace. Údaje o těchto dvou očních pohybech jsme schopni zjistit z tzv. raw dat (souřadnicová data, ze kterých lze vyhodnotit pozici pohledu v čase), zjistíme tedy, zda oko fixovalo nějaký bod anebo naopak vykonávalo sakadický pohyb. Fixace je tedy krátké zastavení během sakadického pohybu, kdy se oko zaměří na nějaký bod v rámci zrakového pole. Sakády jsou rychlé pohyby očí, které tvoří spojnici mezi jednotlivými fixacemi a tím se snaží udržet jednotný vizuální vjem – tedy se pokouší nastavit pohledové osy tak, aby sledovaný bod dopadal do místa nejostřejšího vidění, do fovey. [4,6,12]

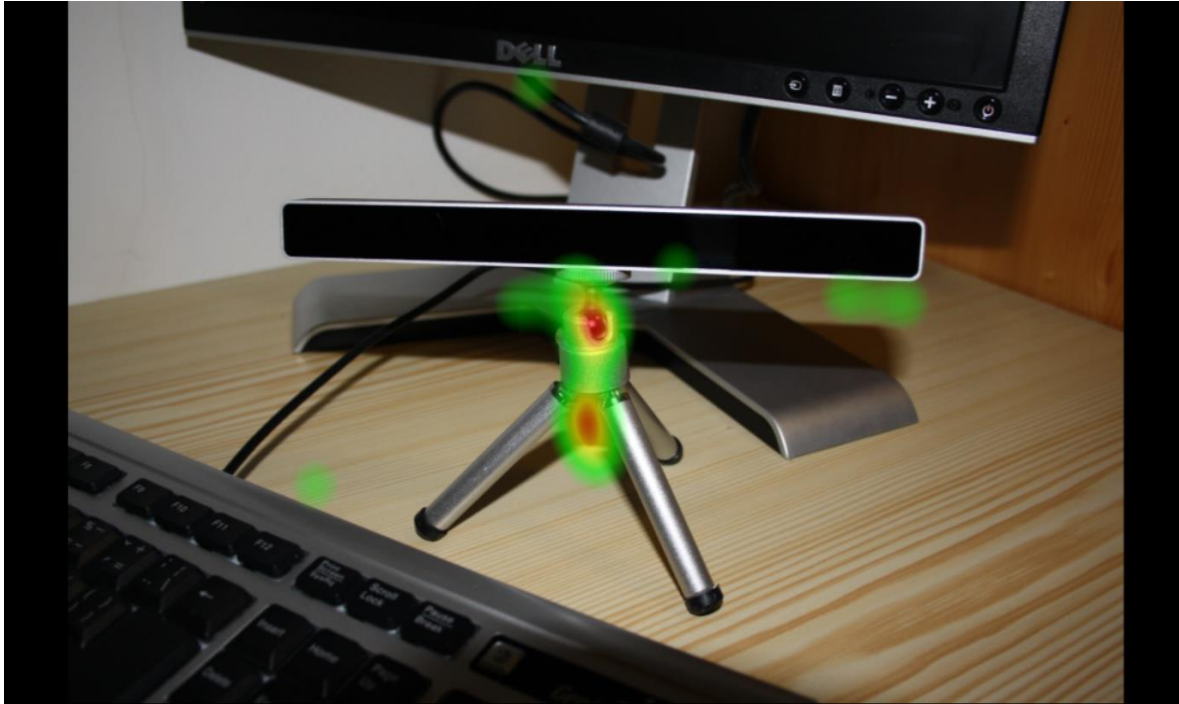


Obrázek 4: Eye-tracker Tobii Pro Glasses 2 od firmy Tobii. [13]



*Obrázek 5: Eye-tracker EyeTribe položený před monitorem. (zdroj: archiv autora)*

Zhodnocení eye-trackingového měření nabízí tři hlavní výstupy. Prvním z nich je již výše zmíněná fixace, jinými slovy poloha očního pohledu v určitém časovém okamžiku. Fixace bývají velmi krátké a dále je lze charakterizovat dobou fixace, tedy časem, který pacient vnímá konkrétní bod na monitoru. Důležité je však zmínit, že tato doba se také odehrává od psychiky člověka, jeho celkové pohody a také záleží na jeho osobních preferencích - pokud ho konkrétní věc zaujme, jeho fixace nabude na intenzitě, ačkoliv i v rámci této fixace oko vykonává pohyby. Třetím pojmem, který nás v eye-trackingovém výstupu zajímá je pohyb, tedy posun mezi jednotlivými fixacemi. Pro grafické znázornění zpracovaných dat lze použít dva druhy výstupů, tzv „gaze plots“ (Obr. 7) a „heat maps“ (Obr. 6). Gaze plots znázorňují místa jednotlivých fixací s posloupností a sakádami mezi nimi a heat maps demonstrují intenzitu pohledu v daném místě. [4,12]



Obrázek 6: Příklad heat map. (zdroj: archiv autora)

Obrázek 7: Příklad gaze plot mapy. [6]

Ačkoliv je přístroj založen na hodnocení očních pohybů, jeho využití v optometrii není časté. Objevují se však výzkumy, které používají eye-tracking pro měření fixační disparity nebo měření heteroforií objektivní metodou. [8,10] Jsou také známé výzkumy, které se zabývaly vyšetřením strabismu a hodnocením nystagmu. V budoucnu by však bylo možné eye-tracking využít pro perimetrii, vyšetření poruch barvocitu, pupilometrii a další. [4]

## **Metody a cíle měření**

Cílem této studie je ověřit negativní vliv heteroforií na práci s počítačem pomocí eye-trackingové metody. Studie je zaměřena na pacienty ve věkovém rozmezí 15-30 let, muže i ženy, z refrakčních vad myopii i hypermetropii. Hlavní výzkumné rozdělení je na pacienty s heteroforií a ortoforické pacienty (tzv. kontrolní skupina,  $HTF \leq 1$  je ortoforie). Výsledky těchto dvou skupin jsou následně porovnány. Měření probíhá v časovém rozmezí 16:00–18:00, z důvodu únavy.

Každý pacient nejprve vyplní standardizovaný CVS-Q dotazník, který své dotazy směřuje na hlavní příznaky syndromu počítačového vidění. Dotazník je následně zpracován a vyhodnocen – v případě, že má pacient CVS-Q skóre  $\geq 6$ , pravděpodobně trpí syndromem počítačového vidění. [11] Dále se pokračuje očním vyšetřením, kdy je ověřena monokulární i binokulární zraková ostrost bez korekce i s jeho vlastní korekcí. Je také ověřena pacientova objektivní (autorefraktometr) i subjektivní refrakce (zkušební obruba). Se subjektivní korekcí musí pacient dosáhnout visu alespoň  $V \geq 1$ . Jakmile je dokončeno toto měření, přejde se na diagnostiku heteroforií, která je zahájena alternujícím zakrývacím testem. Poté následuje vyšetření pomocí von Graefeho prizmatu (6 pD ve směru  $270^\circ$ ) – dojde k separaci zrakových vjemů a pacient určuje vzájemnou polohu vjemů levého i pravého oka. Metoda von Graefeho prizmatu je použita na 6 m (pozorování Snellenova optotypu) a na 60 – 70 cm (Howellova karta pro vyšetření heteroforií – Obr. 2). Po zhodnocení heteroforií se přejde na měření rychlosti očních pohybů, kdy pacient sleduje krátkou sekvenci bodů na monitoru a totéž dělá po 30 minutách intenzivního čtení textu na počítači. Tyto výsledky jsou opět zpracovány a porovnány u obou skupin.

## Literatura

- [1] *American Optometric Association: Computer Vision Syndrome* [online]. 243 N. Lindbergh Blvd., St. Louis, 2018 [cit. 2018-03-28]. Available from: <https://www.aoa.org/patients-and-public/caring-for-your-vision/protecting-your-vision/computer-vision-syndrome>
- [2] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: NCONZO, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [3] CHEN, Ai Hong a Abdul Aziz DOM. Heterophoria in Young Adults With Emmetropia and Myopia. *The Malaysian Journal of Medical Sciences : MJMS* [online]. Kuala Lumpur, 2003, **10**(1), 90-94 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3557116/pdf/mjms-10-1-090.pdf>
- [4] DOSTÁLOVÁ, Nicol a Petr VESELÝ. Eye-tracking jako novinka v optometrii? *Česká oční optika*, Expo Data s.r.o., 2018. ISSN 1211-233X.
- [5] HOLLAND, Temika, Marylisa GAREAU a Erica OLMSTED-HAWALA. A Follow-Up Usability Evaluation of the American Community Survey Website with Novice Users. *Center for Survey Measurement Study*. USA: US Census Bureau, 2014.
- [6] HOLMQVIST, Kenneth B. I. *Eye tracking: a comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press, 2015. ISBN 978-0-19-969708-3.
- [7] HRMÁDKOVÁ, Lada. Šilhání. Vyd. 3., nezměn. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011.
- [8] JASCHINSKI, Wolfgang. Individual Objective and Subjective Fixation Disparity in Near Vision. *PLoS ONE* [online]. 2017, **12**(1), 1-25 [cit. 2018-01-24]. DOI: 10.1371/journal.pone.0170190. ISSN 19326203.
- [9] LOH K, REDD S. Understanding and Preventing Computer Vision Syndrome. *Malaysian Family Physician : the Official Journal of the Academy of Family Physicians of Malaysia*. 2008;3(3):128-130.
- [10] PUJOL, Jaume, Rosa BORRAS, Mireira SÁNCHEZ, Juan Carlos ONDATEGUI-PARRA a Alfonso SANCHEZ-MAGAN. Objective horizontal heterophoria measurements using a new vision analyzer. *Davalor* [online]. Spain, 2015 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: [http://www.davalorsalud.com/sites/default/files/arvo-2015-objective-horizontal-heterophoria-eva\\_0.pdf](http://www.davalorsalud.com/sites/default/files/arvo-2015-objective-horizontal-heterophoria-eva_0.pdf)
- [11] SEGUÍ, María del Mar, Julio CABRERO-GARCÍA, Ana CRESPO, José VERDÚ a Elena RONDA. A reliable and valid questionnaire was developed to measure computer vision syndrome at the workplace. *Journal of Clinical Epidemiology* [online]. 2015, **68**(6), 662-673 [cit. 2018-04-24]. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2015.01.015. ISSN 08954356. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0895435615000232>
- [12] SCHALL, Andrew a Jennifer Romano BERGSTROM. *Eye tracking in Use Experience Design*. USA: Morgan Kaufmann, 2014. ISBN 9780124081383.
- [13] TOBII AB. Tobii Pro Glasses 2. In: *Tobii Pro* [online]. 2018 [cit. 2018-01-28]. Available from: <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/>



**Bc. Nicol Dostálová, Mgr. Petr Veselý, DiS, Ph.D.**

## **Influence of heterophoria on computer work**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Annotation**

In the present day, daily use of computer has become integral to our work and personal life. However, many people are also aware of the influence of computers, mobile phones and tablets on their vision and health. These devices in many cases can cause eye fatigue, headaches, blurred and double vision, and other complications called computer vision syndrome. However, these symptoms may not only be caused by this syndrome, but also by latent strabismus called heterophoria. This can be manifested by eye fatigue, blurred vision and diplopia. It is possible, therefore, that heterophoria has negative influence on computer work and slows down eye movements – saccades and fixations. These eye movements can be very well evaluated using the eye-tracking method.

### **Key words:**

Heterophoria, eye movements, computer vision syndrome, eye-tracking

### **Heterophoria**

Heterophoria is a kind of latent strabismus, in other words, it is a malfunction of the ocular muscles, but it is not possible to diagnose it on the first sight. The causes of heterophorias are different, among the most common are the congenital and asymmetrical anatomical distribution of the ocular muscles, the weakness of one of the muscles, the failure of their innervation, the congenital anomaly of the orbit, a large gap between the orbits or the failure of the accommodative vergence system. [3,7] However, not every patient suffers the heterophoria complications. If the heterophoria is compensated, there are no manifestations and hence no need for heterophoria to solve. However, if patients suffer problems such as headaches, eye fatigue, blurred and double vision, the heterophorias are decompensated and it is necessary to be treated in various ways. [3]

To diagnose heterophorias, binocular fusion must be broken. It shows an imbalance of the ocular muscles and consequently the relative position and movements of the eyes can be observed. If no deviations have occurred after the disturbance of the fusion (a deviation), this situation can be called orthophoria. Orthophoria occurs in approximately 20-30% of the population. In the case that some deviations are demonstrated, we evaluate this as heterophoria.

It is also necessary to focus on the direction of movement or deviation to determine its type. If the deviation is in the horizontal direction, it is called esophoria (deviating the hidden eye is in, exposed out) or exophoria (the deviation of the obscured eye is out, exposed in). Hyperphoria and hypophoria is distinguished in vertical heterophorias, and cyclophorias, which are divided into incyclophorias and excyclophorias, can also be mentioned. [2,4]

At present day, heterophorias can be examined by various methods, at the distance of about 6 m and even at the close distance (usually 40 cm). When examining these deviations at 6 meters, it usually begins with an objective method called an alternate cover test where the patient follows a point at the appropriate distance and continuously optometrist hides the left and right eye and monitors possible deviations (Fig.1).



Figure 1: Equipment needed for refraction measurement. (Source: author's archive)



Other methods that are subsequently used are already subjective, including anaglyphic tests (Worth test and Schober test), in which there is a separation of perception due to the red and green filter, which is inserted into the test rim. Other methods include the Maddox Cross, Bagolini striated glasses, MKH polarization "cross" test without a fusion stimulus, or the use of von Graefe prism (value of 6 pD bases at 270 °) that can be used to measure deviations between 6 m and 40 cm. Von Graefe prism divides the visual perception, and the patient evaluates the relative position of both images (most often the optotype line).

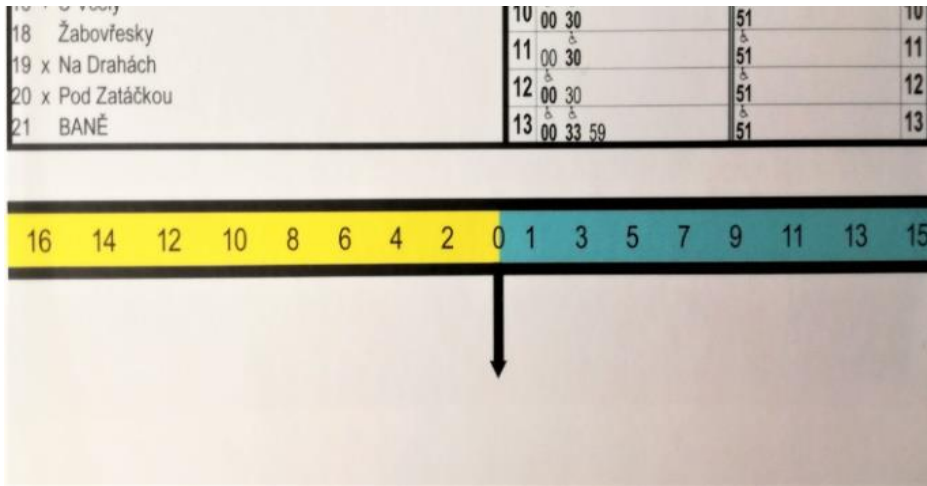


Figure 1: Howell phoria card. (Source: author's archive)

For near distance testing, von Graefe prism can be used in combination with the Howell phoria card (Fig.2) which the patient holds at a distance of 40 cm (individual). While examining the visual perception, he sees two test lines, the upper one showing the arrow on the lower line scale. According to this value, the prism further corrects the heterophoria until the patient sees the top line arrow in the middle of the lower line. Other methods for examining heterophorias to be close include the Thorington test or Maddox's wing. [2,3,7]

As already mentioned, decompensated heterophorias usually cause difficulties and should therefore be treated. The first step of the solution should be the correct subjective correction and the ideal centration of the glass lenses in its correction. If this option is not sufficient and does not help the patient, regular visual training can be done, or prismatic glasses can correct heterophoria. If none of these variants does not relieve the patient, a surgical solution can be made. [7]

## Computer vision syndrome

Computer vision syndrome is a summary of a various symptoms that occur to users of computers, mobile phones, and tablets after longer work on them. These difficulties can be caused by various problems and can generally be classified according to the location of the complication on ocular or total problems. These symptoms also have a different effect, some difficulties persist longer. From this perspective, they can be divided into short-term and long-term. Among the short-term ones are mainly eye problems such as eye fatigue, dry eye syndrome (which may turn into a long-term complication), blurred vision, diplopia or burning of eyes, and also red eye. Back pain, migraine, carpal tunnel syndrome, neck pain can then be described as long-term complications. The above symptoms can be caused by various effects, such as inadequate computer sitting posture (Fig.3), air conditioning (it can cause dry eye syndrome), uncorrected refractive defect, and blue light that the monitors emit and others greatly influence our daily biorhythm. [1,9]



Figure 3: Appropriate sitting posture. [1]

As computer vision syndrome is a global problem, there are plenty of solutions for those who are negatively influenced by this syndrome. First, the ideal subjective correction, properly adapted to the computer distance, must be used. Glass correction can be enhanced by a special antireflective coating (called for example Blue Control) that reduces the permeability of blue light through the glass lens. In addition, each person should take care of the proper computer sitting posture (Fig.3), adjust the lighting in the room, and also follow the 20/20/20 rule (in Europe 20/20/6). This means that the user should use the computer every 20 minutes, for

about 20 seconds to look at 6 meters. 20 seconds is usually enough to reach eye relaxation, 6 meters ensures absolute relaxation of accommodation, which plays an important role when using the computer. Computer user also cannot forget the low blink frequency that has a negative effect and causes the eye to dry out. [1,9]

## **Eye-tracking**

Eye-tracking is the technology used to track and evaluate eye movements. With the help of this technology, we can see what attracted the client's attention, what on the monitor watches, how long it watches, and eye-tracker can also link these points together and create a tracked route. [4,12]

The eye-tracking method is used in many disciplines, including neurology, where it uses brain activity to evaluate visual perceptions or as an aid to diagnosing other neurological diseases. An indispensable part of eye-tracking is also in psychological research, from emotion assessment to the diagnosis of various disorders such as dyslexia, dysgraphia, ADHD and others. Marketing is often used to improve the user interface of the web site and make the ads more efficient because it can be used to find out where the users are most likely to watch and where the ad is most popular. Its use also appears in ophthalmology as a helper in corneal or retinal surgeries. An important role is played by this eye tracking method in cartography, where it can be used to develop and improve different types of maps. Finally, it is necessary to mention the translation where it is possible to evaluate the process and show new ways of translating texts. [4,12]

According to the measurement method, eye movements can be divided into two basic categories.

The first one is well known in optometry - it is electrooculography. During electrooculography, an electrical potential is created between the cornea, which has a positive charge and a retina, which is charged negatively. To capture this electrical potential, it is necessary to place the electrode on the front and the outer corners of both eyes. In the field of optometry and ophthalmology, its basic use is mainly for the diagnosis of RPE diseases. In addition, it can also be used to evaluate the quality of eye movements and their speed. However, classical eye-tracking differs in that it cannot distinguish the direction of the patient's view, so it is more suitable for diagnostics at the level of ophthalmology. However,

this is a very accurate method that can accurately capture, for example, transitions between words or lines during continuous reading of any text. [2,4]

The second method is videoculography. This method is more often used because it can display not only eye movements but also the location and length of individual fixations on the monitor or in the space. The main thing that is needed to make measurements is the eye-tracker. Depending on its location, it can be divided into two groups. In the first case it is in the form of glasses, so it can be placed on the head of the patient, which then allows greater movement freedom and the measurement itself is more accurate, it can also be used in space (Fig.4). The second type of eye-tracker is a device that is placed in front of the monitor in a stable position, or it can also be attached by magnets to the monitor itself (Fig.5). It does not offer the client space movement, but it can look very good at viewing while working with the computer. [4,6,12]

Both types of devices work on the same principle, called corneal reflection. The device incorporates infrared light sources that start transmitting infrared radiation after the measurement starts. IR radiation then falls on the cornea, where it reflects and creates a corneal reflection that is captured by a built-in video camera. Then the device evaluates the position of this point relative to the center of the pupil. Thanks to this comparative pupil mechanism, the patient is given light head movements that will not adversely affect the measurement results. For both eye-trackers, it is also a very important concept of the frequency, or the number of frames per second, that the device can do. Frequency means the quality of the instrument, the higher the frequency, the better and the more accurate results we get. The basic instruments have a frequency of 30 - 60 Hz, and for higher quality instruments the frequency reaches 1000 Hz or higher. [4,6,12]

Measurement values are evaluated in programs that vary according to eye-tracker type and brand. In general, moves can be divided into two phases - saccades and fixations. The data on these two eye movements can determine from the so-called raw data (coordinate data from which we can evaluate the position of view in time), so we determine whether the eye fixes a point or, on the contrary, performs a saccadic motion. Thus, the fixation is a short stop during the saccadic movement, when the eye focuses on a point within the field of vision. Saccadic movements are fast eye movements that form the link between fixations and thus attempt to maintain a uniform visual sensation-that is, trying to set the viewing axes so that the point of view turns to the point of sharp vision, to the fovea. [4,6,12]



*Figure 4: The Eye-tracker Tobii Pro Glasses 2 by Tobii. [13]*



*Figure 5: The Eye Tribe placed behind the monitor. (Source: author's archive)*

The evaluation of eye-tracking measurement gives us three main data as outputs. The first is the fixation mentioned above, in other words the position of the eye view at a particular time. Fixations are very short, and can be characterized by the fixation time, that is, the time that the patient perceives a particular point on the monitor. It is important, however, to mention that this time also comes from personal preferences and its overall well-being - if the particular thing interests it, its fixation will become intense, even though within this fixation

eye moves. The third thing that interests us in eye-tracking output is movement, here is the shift between fixations. Two types of outputs, called "gaze plots" (Fig.7) and "heat maps" (Fig.6), can be used to graphically represent the processed data. Gaze plots represent the locations of individual fixations with sequences and saccades between them, and heat maps demonstrate the intensity of the view in the given location. [4,12]



*Figure 6: Example of heat map. (Source: author's archive)*

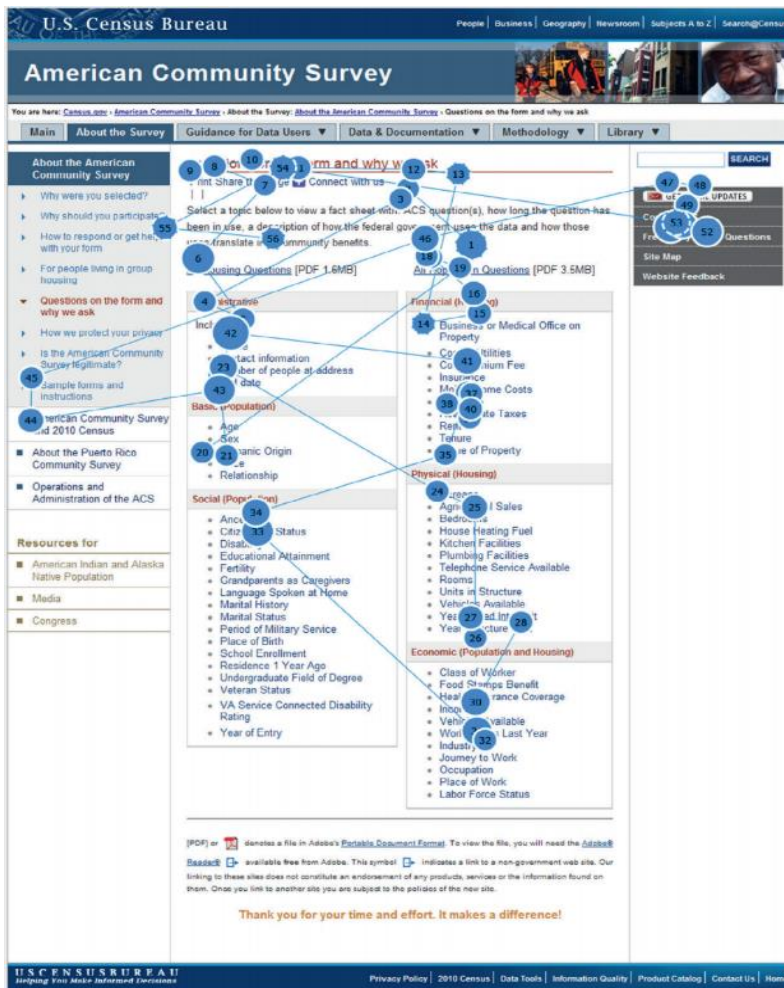


Figure 7: Example of gaze plot. [6]

Although the device is based on eye movements, its use in optometry is not common. However, there are investigations that use eye-tracking to measure fixation disparity or heterophoria measurements by an objective method. [8,10] Research is also known to investigate strabismus and the evaluation of nystagmus. In the future, eye-tracking could be used for perimetry, color vision deficiency, pupillometry, and others. [4]

## Methods and measurement objectives

The aim of this study is to verify the negative influence of heterophoria on computer work using the eye-tracking method. The study is aimed at patients aged 15-30 years, men and women, myopia and hypermetropia. The main research breakdown is for patients with heterophoria and orthophoric patients (so-called control group,  $HTF \leq 1$  is orthophoria). The



results of these two groups are then compared. Measurements take place between 16:00 and 18:00 due to eye fatigue.

Each patient first fills in a standardized CVS-Q questionnaire that asks their questions for the main symptoms of computer vision syndrome. The questionnaire is then processed and evaluated - if a patient has a CVS-Q score of  $\geq 6$ , it is likely to suffer from computer vision syndrome. [11] Further, an eye examination continues, when both monocular and binocular visual acuity is corrected without correction and with their own correction. Patient's objective (autorefractometer) and subjective refraction (trial frame) are also verified. With subjective correction, the patient must achieve a visus of at least  $V \geq 1$ . Once this measurement is complete, the heterophoria diagnostics is started, which starts with an alternate cover test. Thereafter, the examination is performed using von Graefe prism (6 pD in the 270°) - the visual perceptions are separated and the patient determines the mutual position of left and right eye perception. The von Graefe prism method is used for 6 m (observation of the Snellen optotype) and for 60-70 cm (Howell card for heterophoria examination - Figure 2). After evaluating the heterophoria, the eye movement rate is measured, when the patient monitors a short sequence of dots on the monitor and the same after 30 minutes of intensive reading on the computer. These results are again processed and compared for both groups.

## Sources

- [1] *American Optometric Association: Computer Vision Syndrome* [online]. 243 N. Lindbergh Blvd., St. Louis, 2018 [cit. 2018-03-28]. Available from: <https://www.aoa.org/patients-and-public/caring-for-your-vision/protecting-your-vision/computer-vision-syndrome>
- [2] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: NCONZO, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [3] CHEN, Ai Hong a Abdul Aziz DOM. Heterophoria in Young Adults With Emmetropia and Myopia. *The Malaysian Journal of Medical Sciences : MJMS* [online]. Kuala Lumpur, 2003, **10**(1), 90-94 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3557116/pdf/mjms-10-1-090.pdf>
- [4] DOSTÁLOVÁ, Nicol a Petr VESELÝ. Eye-tracking jako novinka v optometrii? *Česká oční optika*, Expo Data s.r.o., 2018. ISSN 1211-233X.
- [5] HOLLAND, Temika, Marylisa GAREAU a Erica OLMSTED-HAWALA. A Follow-Up Usability Evaluation of the American Community Survey Website with Novice Users. *Center for Survey Measurement Study*. USA: US Census Bureau, 2014.
- [6] HOLMQVIST, Kenneth B. I. *Eye tracking: a comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press, 2015. ISBN 978-0-19-969708-3.
- [7] HRMÁDKOVÁ, Lada. Šilhání. Vyd. 3., nezměn. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011.



- [8] JASCHINSKI, Wolfgang. Individual Objective and Subjective Fixation Disparity in Near Vision. *PLoS ONE* [online]. 2017, **12**(1), 1-25 [cit. 2018-01-24]. DOI: 10.1371/journal.pone.0170190. ISSN 19326203.
- [9] LOH K, REDD S. Understanding and Preventing Computer Vision Syndrome. *Malaysian Family Physician : the Official Journal of the Academy of Family Physicians of Malaysia*. 2008;3(3):128-130.
- [10] PUJOL, Jaume, Rosa BORRAS, Mireira SÁNCHEZ, Juan Carlos ONDATEGUI-PARRA a Alfonso SANCHEZ-MAGAN. Objective horizontal heterophoria measurements using a new vision analyzer. *Davalor* [online]. Spain, 2015 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: [http://www.davalorsalud.com/sites/default/files/arvo-2015-objective-horizontal-heterophoria-eva\\_0.pdf](http://www.davalorsalud.com/sites/default/files/arvo-2015-objective-horizontal-heterophoria-eva_0.pdf)
- [11] SEGUÍ, María del Mar, Julio CABRERO-GARCÍA, Ana CRESPO, José VERDÚ a Elena RONDA. A reliable and valid questionnaire was developed to measure computer vision syndrome at the workplace. *Journal of Clinical Epidemiology* [online]. 2015, **68**(6), 662-673 [cit. 2018-04-24]. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2015.01.015. ISSN 08954356. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0895435615000232>
- [12] SCHALL, Andrew a Jennifer Romano BERGSTROM. *Eye tracking in Use Experience Design*. USA: Morgan Kaufmann, 2014. ISBN 9780124081383.
- [13] TOBII AB. Tobii Pro Glasses 2. In: *Tobii Pro* [online]. 2018 [cit. 2018-01-28]. Available from: <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/>

## **LCD optotyp - vyhodnocení speciálních testů pro vyšetření zraku, srovnání software jednotlivých přístrojů**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Anotace**

V této práci je stručně popsán optotyp, jeho rozdělení podle druhu, znaků a konstrukčního provedení. Především je práce zaměřena na porovnání LCD optotypu s předešlými provedeními. Poslední část je věnována speciálním testům, které LCD optotyp nabízí.

### **Klíčová slova**

optotyp, test, vyšetření, oko

### **OPTOTYPY**

Optotypy lze popsat jako skupinou obrazců/znaků na určitém podkladě, pomocí kterých se vyšetřuje zraková ostrost a refrakce. Mezi nejznámější patří Snellenovy optotypy. Konstrukčně jsou zhotoveny tak, že písmena (číslice nebo jiné znaky) jsou zakresleny do čtverce, aby se pod jistou vzdáleností zobrazovaly na sítnici pod zorným úhlem pět úhlových minut, přičemž tloušťka čáry je rovna jedné úhlové minutě. Optotypy jsou obvykle konstruované na dálku 5 m nebo 6 m a písmena jsou řazena sestupně od největších k nejmenším v 7–9 řádkách, dle provedení. U každého řádku je poznamenána hodnota v metrech, která určuje vzdálenost, ze které normální emetropické oko řádek přečte. Zrakovou ostrost lze tedy určit podle posledního řádku s písmeny, který vyšetřovaný ještě přečte. Vyjadřuje se velkým písmenem V a vypočítá se:

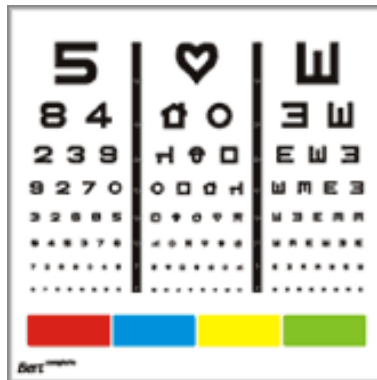
$$V = \frac{\text{vzdálenost vyšetřovaného od optotypu v metrech}}{\text{číslo posledního řádku, který vyšetřovaný ještě přečetl}}$$

### **Rozdělení optotypů podle druhu:**

- aritmetické,
- logaritmické,
- Snellenovy,
- LogMAR ETDRS.

### Rozdělení optotypů podle znaků:

- **Pflügerovy háky** se podobají písmenu E a jsou uspořádané do různých pozic.
- **Landoltovy kruhy** jsou neuzavřené kruhy, jenž mají podobu písmenu C. Znaků jsou opět natočené do různých poloh.
- **Obrázkové optotypy** jsou také zakreslené do čtverce a měly by být srozumitelné duševním schopnostem dětí. Používají se obrázky, na kterých je kolo, stůl, srdce, dům, židle, houba a čtverec.
- **Snellenovy znaky** jsou sestavené z písmen a číslic, avšak nemají správné praporečky.
- **Schoberovy znaky** jsou nejvíce podobné písmenům, se kterými se setkáváme v běžném životě a oproti Snellenovým znakům, jsou užší a vyšší. [1]



Obr. 1: Optotyp

### Rozdělení podle konstrukčního provedení:

- Tištěné,
- Světelné (celoplošné, řádkové),
- Zrcadlové,
- Projekční,
- LCD.

### LCD optotypy

LCD optotypy jsou univerzální digitální vyšetřovací systémy pro ověření vize. Skládají se ze vzájemně propojené řídicí, napájecí a zobrazovací jednotky. Součástí příslušenství obvykle také bývá dálkový ovladač, stereo brýle a polarizační brýle, kartičky s optotypy pro děti, závěs na stěnu a stojánek. Tento digitální optotyp zahrnuje nespočet mezinárodně uznávaných, ale i modifikovaných a doplňkových testů pro vyšetření zrakové ostrosti. Díky těmto inovacím vznikají nové možnosti a postupy během diagnózy.

Dle parametrů vyšetřovací místnosti, požadavku testů lze v konfiguraci LCD optotypů nastavit i přesnou vzdálenost mezi vyšetřovaným a optotypem. Nejběžnější vzdálenost je 5 - 6 metrů.

Oproti předešlým konstrukčním typům provedení je u LCD optotypu možné:

- Ukládat pacientovy osobní údaje spolu s naměřenými hodnotami pro různé testy do vnitřní paměti zařízení.
- Kopírovat naměřené údaje na USB disk nebo je tisknout prostřednictvím připojení přes USB port nebo Wi-Fi.
- Testy průběžně aktualizovat naskytne-li se vyšší verze počítačového programu.
- Využívat testy přizpůsobené řečově a sluchově hendikepovaným pacientům.
- Dosahovat vyšší přesnosti měření díky optimalizovanému kontrastu a barvám.
- Vzdělávat nebo upoutat především dětské pacienty pomocí obrázků, prezentací, videí za použití vestavěných reproduktorů.
- Zvolit požadované znaky s volbou vzhledu patkové Snellenovy/bezpatkové Sloanovy a aktivovat náhodné zobrazení znaků na řádku.
- Přepínat si pohodlně jednotlivé testy dálkovým ovládačem (neplatí pro projekční optotyp).
- Přenastavit formát optotypů pro nízkou zrakovou ostrost nebo čtecí vzdálenost.
- Využít izolovaných znaků podle stupně rozlišovacích schopností nejčastěji pozorovaných u amblyopie. [2]



Obr. 2: LCD optotyp

## TESTY PRO VYŠETŘENÍ ASTIGMATISMU

### Křížový test

Test se provádí za pomoci Jacksonova zkříženého cylindru a obrázku, na kterém je silný kříž, slabý kříž nebo horizontální a vertikální linie. Přičemž vyšetřovaný sleduje, zda dochází ke změně, pokud se otáčí Jacksonovým cylindrem.

### Křížový cylindr

Na obrázku jsou vyobrazené černé tečky na bílém ohraničeném nebo neohraničeném podkladě. Princip je obdobný jak v předešlém testu, otáčením cylindru hledáme optimální osu a sílu cylindru.

### Astigmatický vějíř

Test se provádí při vyřazené akomodaci metodou mlžení - sférickou čočkou. Vyšetřovaný sleduje vějíř a dle hodin či úhlu popisuje nejvíce zvýrazněné linie. Vyšetřující předřazuje zápornou plan-cylindrickou čočku, do osy kolmé zvýrazněné linie. Když je dosaženo správného výsledku, oddělá se mlžící čočka a upraví se pacientova korekce. [2]

## TESTY ČERVENO - ZELENÉ

Tyto testy se používají na závěr monokulárního/ binokulární vyšetření k přesnějšímu dokorigování.

**1) Bichromatické testy** - fungují na principu chromatické aberace oka. Dané prostředí oka jsou závislé na vlnové délce světla, kdy krátkovlnné paprsky (zelená barva) se lámou více než paprsky dlouhovlnné (červená barva). Emetropického oka tedy láme a rozkládá bílé světlo na několik barevných složek, přičemž složka zelená se láme před sítnicí a červená pak za sítnicí.

### Červeno zelený test

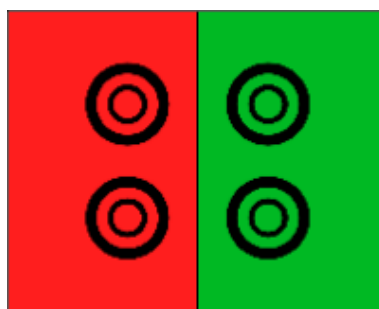
LCD optotyp promítá optotypové znaky na červeno – zelené pozadí obrazovky a pacientovi se klade otázka, na kterém poli (červeném / zeleném) vidí znaky jako výraznější/ tmavší/ černější. Z odpovědi lze pak vyhodnotit axiální stav refrakční rovnováhy v oku.

Vidí – li vyšetřovaný znaky jako výraznější/ tmavší/ černější v zelené části pole, pro vyvážení je potřeba před oko předřadit +0,25 D a naopak. Hodnotu předkládáme/ měníme až do úplného vyrovnání, pokud nemá pacient ještě jiný refrakční problém. Celý test se vyšetřuje monokulárně, a proto má pacient jedno oko zakryté clonou. [2, 4]

## KOMBINOVANÉ BICHROMATICKÉ A POLARIZAČNÍ

### Cowenův test

Cowenův bichromatický test patří k nejvíce využívaným testům pro vyhodnocení akomodační rovnováhy. Navíc se při tomto testu využívá polarizace pro jemné binokulární dokorigování. Test se skládá z jednoho pole červeného a druhého pole zeleného. Na každém poli jsou vždy dva kruhy nad sebou. Průměr a tloušťka kruhů je v souladu s velikostí Snellenových znaků optotypů. Test lze využít k ověření refrakce na blízko i na dálku. Samotné vyšetření probíhá tak, že pacient sedí v požadované vzdálenosti, ve zkušební obrubě má předřazený polarizační filtry a přes ně sleduje LCD obrazovku. Poté vidí jedním okem horní dva kroužky a druhým dolní dva kroužky. Udává, zda jsou obě poloviny stejně tmavé nebo jsou kruhy na jedné polovině výraznější/tmavší. Vyvážení se provádí stejně jak v předchozím testu.



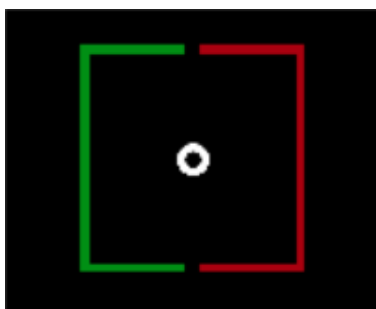
Obr. 3: Cowenův test

### Dvoubarevný balanční test dle Osterberga

V tomto testu se využívá negativního polarizovaného světla a červeno - zeleného testu. Ve zkušební obrubě jsou vloženy polarizované filtry v poloze V a vyšetřovaný vidí pravým okem svisle orientované znaky a levým okem horizontálně orientované znaky. Postupujeme dále podle kontrastu znaku. Např. Je-li výraznější červený znak v horizontálním poli, předřadíme před levé oko  $-0,25$  D.

### Hákový test- koincidence vertikální a horizontální

Test má podobu dvou odlišně zbarvených ramen orientovaných horizontálně nebo vertikálně s centrálním bodem – fúzním bodem. V zkušební obrubě jsou polarizační filtry pro vnímání každého ramena zvlášť, pouze fixační bod je viditelný pro obě oči.



Obr. 4: Hákový test

### **Polarizovaný dvojité panel**

V kombinaci bichromatického testu a polarizačních filtrů do polohy V jsou znaky v horní polovině vnímány pravým okem a v dolní části levým okem. [5, 2]

**2) Anaglyfní testy** – se vyšetřují taktéž pomocí červeno - zeleného podkladu, avšak oproti předchozím testům staví na aditivním míchání barev. Testy jsou navíc sledovány binokulárně přes červeno – zelené filtry. Tímto dochází k separaci obrazů pro pravé a levé oko zvlášť a umožnění vyšetření binokulárních funkcí.

### **Schoberův test**

Vyšetření se provádí na vzdálenost 5 – 6 m. Ve zkušební obrubě je před pravým okem předřazený červený filtr a vyšetřovaný tímto okem vidí červený kříž na černém podkladu. Před levé oko je vložený zelený filtr, díky němuž vidí soustředné zelené kruhy na černém podkladě. Dohromady, v případě ortoforie, vidí vyšetřovaný zelené kruhy s červeným křížem uprostřed.

### **Worthův test**

Opět se vyšetřuje na vzdálenost 5 – 6 m, ale i na blízko na vzdálenost 40 cm. Test má podobu čtyř značek a černého podkladu. Horizontálně jsou umístěné dvě zelené značky ve tvaru kříže a jsou vnímány levým okem přes zelený filtr. Pravým okem je vnímána s předřazeným červeným filtrem červená kárová značka ve vertikálním směru a hned pod ní, v případě ortoforie, bílá kruhová, která vznikne komplementárním smícháním červené a zelené barvy.

### **Test fixační disparity**

Na začátku se musí test předvolit na dálkovém ovladači. Vyšetřovaný má opět předřazené červeno – zelené filtry a na černém podkladě sleduje centrální bílou značku, viditelnou oběma očima. Dále červený a zelený pruh viditelný přes filtry pro každé oko zvlášť v horizontální či vertikální poloze. Vyšetřující posouvá kurzovými šipkami na ovládači pruh nahoru nebo dolů

( doprava/ doleva) a měří fixační disparitu. V pravém dolním rohu obrazovky je zaznamenána hodnota prizmatické úchyly.

### **Mallettův test**

Test slouží k vyhodnocení asociované heteroforie. Postup vyšetření je obdobný jak v případě předchozích testů, jen zde centrální fúzní podnět tvoří znaky O X O a před oči jsou předřazeny filtry barevné i polarizační. [2, 6]

## **TESTY S VYUŽITÍM POLARIZACE**

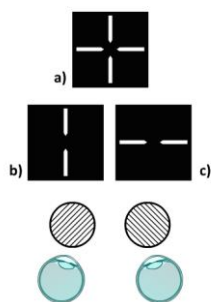
Testy se využívají k vyšetření binokulárních funkcí a buď je fúze vyražena zcela (každé oko vnímá jiný předmět) nebo se záměrně používá fúzní podnět. Z LCD optotypu (polarizátor) vychází lineárně polarizované světlo pod určitým úhlem. Vyšetřovaný sedí ve vzdálenosti 5 – 6 m od optotypu a ve zkušební obrubě má kromě nejlepší dosažené korekce i polarizační filtry (analyzátory) v ose  $135^\circ$  a  $45^\circ$ . Polarizovaný znak je viditelný, pokud má s polarizačním filtrem stejnou úhlovou orientaci. Přes filtry pak vidí každým okem jednu polovinu testu. U nejmodernějších LCD přístrojů se v současnosti využívá cirkulární polarizace.

### **Polarizovaný dvouřádkový test**

Test se využívá k binokulárnímu akomodačnímu vyvážení. Pacient sleduje přes polarizační filtry dva řádky čísel/písmen a pokud má binokulární vidění, znaky se jeví v horním řádku (pravým okem) i v dolním řádku (levým okem) jako stejně zřetelná a kontrastní.

### **Křížový test (K – test)**

V případě ortoforie vidí pacient přes polarizační filtry svisle rameno kříže (pravým okem) a vodorovné rameno (levým okem) bez posunutí – vystředěné a stejně kontrastní.



Obr. 5: Křížový test

### **Ručičkový test (R- test)**

Přes analyzátory vidí pacient pravým okem nepolarizované šedé mezikruží v centru a dvě polarizované ručičky směřující nahoru a dolů. Levým okem vidí taktéž mezikruží a dále



polarizovanou stupnicí nahoře a dole. Sledují se možné odchylky, které se projevují posunutím.

### **Hákový test**

Byl již popsán v bichromatickém provedení. Princip měření je stejný.

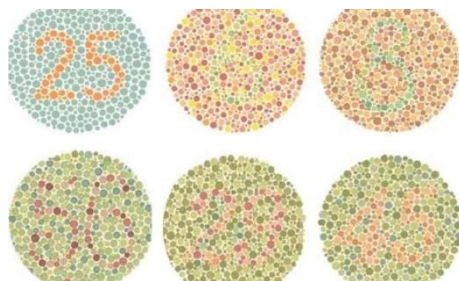
### **Trojúhelníkový stereotest (test S)**

Opět je zde nepolarizovaný černý kulatý terč viditelný oběma očima. Dále se nad a pod terčem nacházejí dva trojúhelníky, ty by se měly sfúzováním spojit a směřovat jejich vrcholem do středu terče. S natáčením analyzátorů do polohy A a V by se měly trojúhelníčky jevit prostorově. [2, 3, 6]

## **VYŠETŘENÍ BARVOCITU**

### **Ishiharovy pseudoizochromatické tabulky**

Celkově je na výběr 38 obrazců, které jsou dále roztríděny do skupin předpokládaných barevných vad. Tabulka s číslem jedna je vždy instruktážní, ostatní tabulky jsou rozděleny do skupin 2 – 5, 6 – 9, 10 – 13, 14 – 17, 18 – 21 a 22 – 27. Vyšetření se provádí v úrovni očí na vzdálenost 75 cm a ze skupin je vždy vybrána jedna tabulka. Ostatní tabulky 28 – 38 jsou komplementárními skupinami již dříve použitých obrazců.



Obr. 6: Pseudoizochromatické tabulky

### **Farnsworthův – Munsellův 100 – Hues test**

Cílem testu je seřadit barevné odstíny od prvního fixního terče k poslednímu opět stálému. Pacient sedí u stolu před LCD optotypem a pomocí myši uchopuje jednotlivé terče a seřazuje je ve správném pořadí. Před samotným vyšetřením je proto nutné buď připojit k LCD panelu myš nebo použít bezdrátovou. [2]

## **TESTY NA KONTRASTNÍ CITLIVOST**

Těmito testy se zjišťuje, do jaké míry je pacient schopný rozeznávat předměty a jejich detaily. LCD optotyp umožňuje navodit i podmínky běžného života, jako je snížené osvětlení, šero, řízení motorového vozidla. Výsledkem je na konci měření automaticky zpracována

křivka zvonovitého tvaru, na které jsou patrné odchylky vidění. Kontrastní citlivost se testuje buď pomocí písmenových testů, nebo sinusové mřížky.

### **Pelli - Robson kontrast sensitivity chart**

Pracuje na Weberovu principu – rozdílu jasů mezi pozadím a písmenem dělený jasem pozadí. Optotypové znaky jsou řazené po dvou trojicích na řádek. Každá trojice má stejný kontrast a na optotypu je jich celkově znázorněných 16. Kontrast mezi trojicemi se snižuje vždy po trojicích o 0,15 log kontrastní citlivosti. Vyšetření se provádí na vzdálenost jednoho metru s běžnou korekcí na dálku.

### **Testy využívající sinusovou mřížku**

Oproti předešlému testu lze u sinusové mřížky kontrast definovat jako rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším jasem děleným jejich součtem- Michelsonův kontrast. Maximální jas odpovídá tmavému pruhu a světlému minimálnímu jas. Kontrastní citlivost je testována v pěti prostorových frekvencích – 1,5; 3; 6; 12; 18 c/st a úkolem pacienta je rozpoznat orientaci mřížky. Ta je buď orientována svisle, doprava, doleva nebo horizontálně, nahoru, dolů. [2]



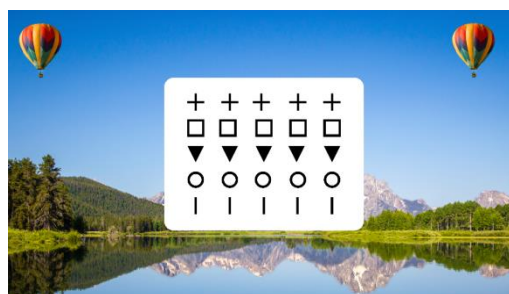
Obr. 7: Sinusová mřížka

### **STEREOTESTY**

Tyto testy se využívají na závěr binokulární korekce a lze jimi ověřit prostorové vidění. Díky příčně disparitě můžeme prostorově vnímat, avšak je – li příliš velká, nastává diplopie kvůli fúzní námaze. Na výběr jsou dva testy:

- 3D obrázky pozorované přes červeno – zelené brýle
- Stereogramy

[2]



Obr. 8: Stereotest

## AMSLEROVA MŘÍŽKA

Mřížka s centrálním fixačním bodem se pozoruje ze vzdálenosti 30 – 40 cm a slouží k vyšetření makuly. Pacient hodnotí její vzhled a možné nepravidelnosti, zdvojení čár, deformace nebo výpadek. Na výběr jsou 3 varianty mřížek:

- černá mřížka na bílém podkladě,
- bílá mřížka na černém podkladě,
- červená mřížka na černém podkladě.

[2]

## LITERATURA:

[1] BALÍK, J.; BOBEK, J.; POLÁŠEK, J. Technický sborník oční optiky. 2. vyd. Praha: Oční optika, 1975. 579 s.

[2] SYNEK, S.; MÍČA, Z.; LCD OPTOTYPY – OPTO SMARTCHART. SPIRIT MEDICAL, 2011. 36 s.

[3] ANTON, Milan. Subjektivní korekce refrakčních vad: 2. část. Česká oční optika. 2005, 3, s. 10

[4] Monokulární sférické dokorigování. Is.muni.cz [online]. 2016. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/pages/07-mono-dokorigovani.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/07-mono-dokorigovani.html)

[5] Binokulární akomodační vyvážení. Is.muni.cz [online]. 2016. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/pages/09-bino-vyvyazeni.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/09-bino-vyvyazeni.html)

[6] Binokulární korekce. Is.muni.cz [online]. 2016. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/pages/08-bino-korekce.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/08-bino-korekce.html)

## ZDROJE OBRÁZKŮ:

Obr. 1: Optotyp. Dostupné z: <https://www.bicels.cz/index.php?page=optotypy-bert>

Obr. 2: LCD optotyp. Dostupné z: <https://www.eyestore.cz/novinka-digitalni-hdmi-optotyp-ve-velikosti-usb-pameti-s-lcd>

Obr. 3: Cowenův test. Dostupné z: [http://www.jnoptik.sk/optika-meranie\\_zraku.aspx](http://www.jnoptik.sk/optika-meranie_zraku.aspx)

Obr. 4: Hákový test. Dostupné z: [http://www.jnoptik.sk/optika-meranie\\_zraku.aspx](http://www.jnoptik.sk/optika-meranie_zraku.aspx)

Obr. 5: Křížový test [6]

Obr. 6: Pseudoizochromatické tabulky. Dostupné z:

<http://www.colorblindnessfacts.com/ishihara-test-interpretation/>

Obr. 7: Sinusová mřížka. Dostupné z <http://paskal3d.com/cz/vedeni/prehled/>

**Bc. Veronika Chládková, Mgr. Dana Trávníková**

## **LCD optotypes - evaluation of special tests for eye examination, comparison of software of individual device**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Annotation**

In this work is briefly described the optotype, its distribution by type, signs and design. First of all, the work is focused on comparing the LCD optotype with previous versions. The last part is dedicated to the special tests offered by the LCD optotype.

### **Keywords**

optotype, test, examination, eye

### **OPTOTYPES**

Optotypes can be described as a group of patterns / signs on a particular basis, by which visual acuity and refraction are examined. The most well-known are Snellen's optotypes. They are designed in such a way that the letters (digits or other signs) are inscribed in a square so that they are displayed at a distance of at least five degree below this angle, with the line being equal to one angular minute. Optotypes are usually constructed at a distance of 5 m or 6 m and the letters are ranked from the largest to the smallest in 7-9 rows, according to the design. Each line is marked with a value in meters that determines the distance from which the normal emetropic eye reads. Thus, the visual acuity can be determined by the last line with the letters that the examinee are still reading. Represents the capital letter V and calculates:

$$V = \frac{\text{distance investigated from optotype in meters}}{\text{the number of the last line that the examinee has read}}$$

### **Partition of optotypes by species:**

- Arithmetic,
- Logarithmic,
- Snellen,
- LogMAR ETDRS.

### Optotypes by signs:

- Pflüger's hooks resemble the letters E and are arranged in different positions.
- Landolt's circles are unfinished circles in the form of a letter C. The signs are again rotated to different positions.
- Pictorial optotypes are also drawn to a square and should be comprehensible to children's mental abilities. Between images include a wheel, table, heart, house, chair, sponge, and square.
- Snellen's signs are made of letters and numbers, but they do not have the correct dimensions.
- Schober's signs are the most similar to the letters we encounter in everyday life and compared to Snellen's signs are smaller and higher. [1]



Picture 1: Optotype

### Distribution according to design:

- Printed,
- Backlit (full-area, line)
- Mirror,
- Projector,
- LCD.

### LCD optotypes

LCD optotypes have universal digital examination systems for vision verification. They consist of an interconnected control, power and display unit. Included accessories are also a remote control, stereo glasses and polarized glasses, children's optotype cards, wall hanging and stand. This digital optotype includes countless internationally-recognized but also modified and complementary tests for visual field examination. These new innovations create new opportunities and procedures during diagnosis.

According to the parameters of the examination room, the required tests, the exact distance between the investigated and the optometrist can be set in the LCD optotype configuration. The most common distance is 5 - 6 meters.

Compared to the previous design types, with the LCD optotype is possible:

- Possibility to save patient personal data along with measured values for various tests in the device's internal memory.
- Copy measured data to a USB drive or print via USB or Wi-Fi connection.
- Tests are continuously updated if a higher version of a computer program occurs.
- Use customized tests for speech and hearing handicapped patients.
- Achieve higher measurement accuracy with optimized contrast and color.
- Educate or attract especially child patients using pictures, presentations, videos using built-in speakers.
- Select the desired signs with the Snellen or Sloane look and activate the random signs display on the line.
- Switch the individual tests comfortably with the remote control (not applicable to the projection optotype).
- Change the optotype format for low visual acuity or read distance.
- In amblyopia use isolated signs according to the degree of resolution most commonly observed. [2]



Picture 2: LCD optotype

## TESTS FOR ASTIGMATISM

### Cross test

The test is performed using a Jackson crossed cylinder and an image on which there is

a strong cross, a weak cross, or a horizontal and a vertical line. The examinee monitors whether a change occurs when it rotates with the Jackson cylinder.

### **Cross cylinder**

The image shows black dots on a white bounded or unbounded background. The principle is similar to the previous test, by rotating the cylinder we are looking for the optimum axis and cylinder strength.

### **Astigmatized fan**

The test is made with discarded accommodation by the fogging method - a spherical lens. The examinee monitors the fan and describes the most highlighted line by clock or angle. Then we investigate the pre-negative plan-cylindrical lens into the axis of the perpendicular highlighted line. When the correct result is achieved, the investigator remove a fogging lens and correct the patient's correction. [2]

## **TESTS RED - GREEN**

These tests are used at the conclusion of a monocular / binocular examination for more accurate correction.

**1) Bichromatic tests** - it works on the principle of chromatic aberration of the eye. The eye environment is dependent on the wavelength of the light, where shortwave rays (green color) breaks more than long-wave (red) rays. The Emmetropic eye breaks and splits the white light into several colored components, the green component break in front of the retina, and the red behind the retina.

### **Red green test**

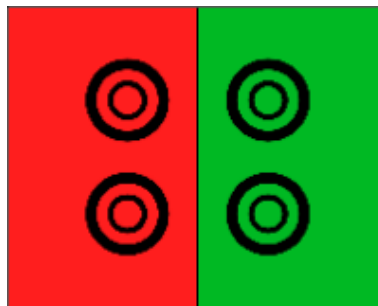
The LCD optotype translates the optotype signs into the red - green background of the screen. The patient gets a question on which field (red / green) sees the signs as more pronounced / darker / blacker. According answer can be evaluated the axial state of the refractive equilibrium in the eye.

If the signs examined are more pronounced / darker / black in the green part of the field. For balance must be preceded by +0.25 D and vice versa. We are change the value until complete alignment. this is applicable if the patient has no other refractive problem. The entire test is examined monocularly, so the patient has one eye covered by a cover. [2, 4]

## COMBINED BICHROMATIC AND POLARIZATION TESTS

### Cowen's test

The Cowen Bichromatic Test is one of the most used tests for assessing the balance of accommodation. In addition, this test uses polarization for fine binocular refinement. The test consists of one field of the red and the second green field. Each field has always two circles above each other. The diameter and thickness of the circles is consistent with the size of the Snellen signs of the optotypes. The test can be used to verification of eyesight at a close and a distance. The examination itself takes place in a way that the patient stays at the desired distance, has a polarized filter in the test glasses and watches the LCD screen. Then one eye sees the upper two rings and the other two lower two rings. Indicates whether the two halves are as dark or the circles on one half are more pronounced / darker. The balancing is done as in the previous test.



Picture 3: Cowen's test

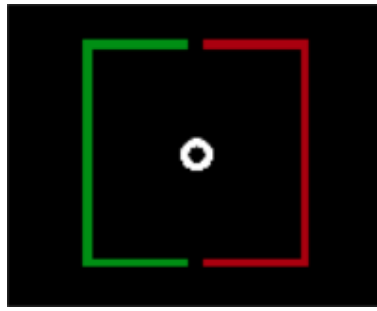
### Two-color balance test according to Osterberg

This test uses negative polarized light and a red - green test. The polarized filters are placed in the test rim in the V-position, and the examined eyes see vertically oriented signs with the right eye and horizontally oriented signs with the left eye. We continue to follow according to the contrast. E.g. If there is a more pronounced red sign in the horizontal field, we give in front of the left eye -0.25 D.

### Hook test - position vertical and horizontal

The test is in the form of two distinctly colored arms oriented horizontally or vertically with the central point - the fusion point. In the test rim polarizing filters are used to perceive each arm separately, only the fixation point is visible to both eyes.





Picture 4: Hook test

### **Polarized double panel**

When combining the bichromatic test and the polarizing filters in the position V, the characters in the upper half are perceived by the right eye and the lower part by the left eye. [5, 2]

**2) Anaglyph tests** - they are also tested using a red-green background, but they are based on additive color mixing compared to previous tests. In addition, the tests are monitored binocularly through red - green filters. This results in the separation of images for the right and left eye separately and the possibility of examining binocular functions.

### **Schober's test**

The examination is carried out at a distance of 5 - 6 m. A red filter is placed in front of the right eye in the test rim. Examined by this eye sees a red cross on a black background. A green filter is placed in front of the left eye and he sees concentric green circles on a black background. Together, in the case of orthophorics, he sees the green circles with a red cross in the middle.

### **Worth's test**

Again, it is examined for a distance of 5 - 6 m, but also close to a distance of 40 cm. The test has four signs and a black background. Horizontally, there are two green cross-shaped signs and are perceived by the left eye through a green filter. By the right eye with red filter is seen red chequered sign in the vertical direction. In the case of orthophoria, the last sign is a white circle. The last sign is formed by the complementary mixing of red and green color.

### **Fixation disparity test**

At the beginning, the test must be pre-selected on the remote control. The examinee has the red-green filters in the rim. On a black background, he watches a central white mark visible to both eyes. Furthermore, the red and green strips are visible through the filters for each eye separately in the horizontal or vertical position. The Investigator moves the bar up or down (right / left) with the cursor arrows on the controller and measures the fixation disparity. A prismatic deviation value is recorded in the lower right corner of the LCD screen.

## Mallet's Test

The test is used to evaluate associated heterophorias. The examination procedure is similar to that of the previous tests, but here the central fusion stimulus is formed by the O X O and before the eyes are given the color and polarization filters. [2, 6]

## POLARIZATION TESTS

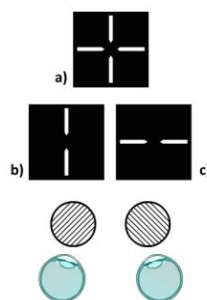
The test is used to test binocular functions. The fusion is eliminated altogether (every eye perceives another subject) or the test deliberately uses a fusion stimulus. From an optotype (polarizer), the linearly polarized light comes out at a certain angle. The examinee sits at a distance of 5 - 6 m from the optotype, and in the test rim are best correction lenses and the polarizing filters (analyzers) in position  $135^\circ$  and  $45^\circ$ . The polarized signs are visible if it has the same angular orientation with the polarizing filter. Through the filters, each eye sees one half of the test. Circular Polarization is currently being used with state-of-the-art LCD devices.

### Polarized two-line test

The test is used for binocular accommodative balancing. The patient watches two lines of numbers / letters through the polarizing filters, and if he has binocular vision, the both signs appear as sharp and contrast in the upper row (right eye) and lower row (left eye).

### Cross test (K - test)

In the case of orthophoria, the patient sees with the polarizing filters cross arm (by right eye) and the horizontal shoulder (by left eye) without the displacement. This means that the signs are centered and equally contrasting.



Picture 5: Cross test

### Needles test (R-test)

Through analyzers, the patient sees a non-polarized gray circle in the center and two polarized arms pointing up and down by the right eye. The left eye also sees the annulus and

the polarized scale at the top and bottom. Deviations are manifested by changing the position of deviated hands and scale.

### **Hook test**

It has already been described as the bichromatic design. The principle is the same.

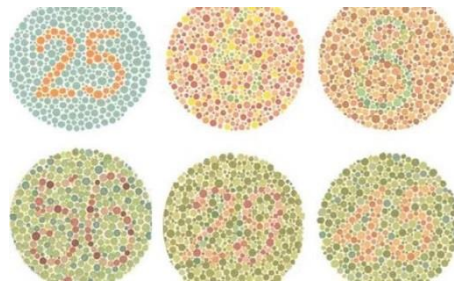
### **Triangular stereo test (S test)**

There is visible to both eyes an unpolarized black round target again . There are two triangles above and below the target, which should be merged by the eyes. The vertices of the triangle should point to the center of the target. If we are rotating analyzers to position A and V, the triangles should appear spatially. [2, 3, 6]

## **EXAMINATION OF COLOR VISION**

### **Ishihara pseudoisochromatic plates**

In total, there are 38 patterns that are further categorized into groups of predicted color defects. Plate No. 1 is always an instructional, the other plates are divided into groups 2 - 5, 6 - 9, 10 - 13, 14 - 17, 18 - 21 and 22 - 27. The examination is performed at the eye level at a distance of 75 cm. From the group of the patterns is always selected one plate. The other plates 28-38 are complementary groups of previously used patterns.



Picture 6: Pseudoisochromatic plates

### **Farnsworth's - Munsell's 100 - Hues test**

The objective of the test is to sort the color shades from the first fixed target to the last fixed to. The patient sits at the table before the LCD display and uses the mouse to grab the individual targets and sort them in the correct order. Before testing, you must either connect a mouse to the LCD panel or use a wireless mouse. [2]

## TESTS TO MEASURE CONTRAST SENSITIVITY

These tests determine the extent to which the patient is able to recognize objects and their details. The LCD optotype also allows you to capture the conditions of everyday life such as low light, darkness, driving. As a result, the bell-shaped curve is automatically processed at the end of the measurement, with visible visual deviations. Contrast sensitivity is tested either by letter tests or by sinus grid.

### Pelli - Robson contrast sensitivity chart

He works on Weber's principle - the difference in brightness between the background and the letter divided by the background brightness. Optotype characters are sorted after two triplets per line. Each triplets has the same contrast. The total number of triplets on the optotype is 16. The contrast between triads decreases each time after triads by 0.15 log contrast sensitivity. Examination is carried out at a distance of one meter with own correction.

### Tests using a sine grid

Compared to the previous test, contrast can be defined as the difference between the highest and lowest brightness divided by their sum - the Michelson contrast. The maximum luminance corresponds to the dark lane and the minimal luminance indicates light lane. Contrast sensitivity is tested in five spatial frequencies - 1.5; 3; 6; 12; 18 c / st. The patient's task is to recognize the orientation of the grid. It is either oriented vertically, right, left, or horizontally, up, down. [2]



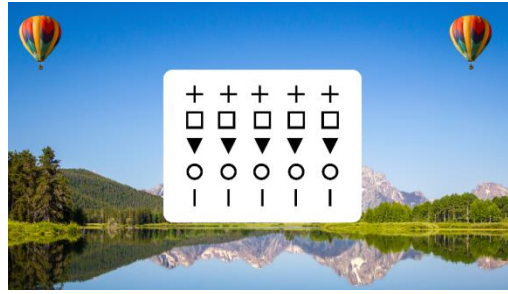
Picture 7: Sine grid

## STEREOTESTS

These tests are done at the end of the binocular correction and can be used to verify spatial orientation. We can space perceive through a transversal disparity, but if too large, diplopia occurs due to fusion. There are two tests to choose from:

- 3D images viewed through red - green glasses
- Stereograms

[2]



Picture 8: Stereotest

### Amsler's grid

The grid with a central fixation point is observed from a distance of 30-40 cm and serves for examination of the macula. The patient evaluates its appearance and possible irregularities, line doubling, deformation or failure. Three variants of grids are available:

- black grid on the white background,
- white grid on the black background,
- red grid on black the background.

[2]

### LITERATURE:

[1] BALÍK, J.; BOBEK, J.; POLÁŠEK, J. Technický sborník oční optiky. 2. vyd. Praha: Oční optika, 1975. 579 s.

[2] SYNEK, S.; MÍČA, Z.; LCD OPTOTYPY – OPTO SMARTCHART. SPIRIT MEDICAL, 2011. 36 s.

[3] ANTON, Milan. Subjektivní korekce refrakčních vad: 2. část. Česká oční optika. 2005, 3, s. 10

[4] Monokulární sférické dokorigování. Is.muni.cz [online]. 2016. [cit. 2018-05-16]. Available from: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/pages/07-mono-dokorigovani.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/07-mono-dokorigovani.html)

[5] Binokulární akomodační vyvážení. Is.muni.cz [online]. 2016. [cit. 2018-05-14]. Available from: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/pages/09-bino-vyvazeni.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/09-bino-vyvazeni.html)

[6] Binokulární korekce. Is.muni.cz [online]. 2016. [cit. 2018-05-15]. Available from: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/pages/08-bino-korekce.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/08-bino-korekce.html)

### SOURCES OF PICTURE:

Picture 1: Optotype. Available from: <https://www.bicels.cz/index.php?page=optotypy-bert>

Picture 2: LCD optotype. Available from: <https://www.eyestore.cz/novinka-digitalni-hdmi-optotyp-ve-velikosti-usb-pameti-s-lcd>

Picture 3: Cowen's test. Available from: [http://www.jnoptik.sk/optika-meranie\\_zraku.aspx](http://www.jnoptik.sk/optika-meranie_zraku.aspx)

Picture 4: Hook test. Available from: [http://www.jnoptik.sk/optika-meranie\\_zraku.aspx](http://www.jnoptik.sk/optika-meranie_zraku.aspx)

Picture 5: Cross test [6]

Picture 6: Pseudoisochromatic plates. Available from: <http://www.colorblindnessfacts.com/ishihara-test-interpretation/>

Picture 7: Sine grid. Available from: <http://paskal3d.com/cz/vedeni/prehled/>

Picture 8: Stereotest. Available from: <http://docplayer.cz/34366615-Ceske-vysoke-uceni-technicke-v-praze-fakulta-biomedicinskeho-inzenyrstvi-katedra-prirodovednych-oboru-bakalarska-prace.html>

**Bc. Anna Kořínková, Mgr. Petr Veselý, DiS., PhD.**

## **Lancaster test a jeho využití při analýze poruch okohybného aparátu**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Úvod**

Rovnovážný stav okohybných svalů, kdy lze bez zvýšeného úsilí dosáhnout binokulárního vidění, je nazýván ortoforií. V populaci se však vyskytuje přibližně z 20 % - 30 %. Z výzkumů je tedy jasně patrné, že u většiny populace se vyskytuje některá z forem heteroforie - skrytého šilhání. Heterotropie, stav zjevného šilhání, způsobuje stálé odchýlení oka z paralelního postavení pohledových os. K diagnostice heteroforií a heterotropií existuje řada pomůcek a přístrojů. Jednu z mnoha možností diagnostiky poruch okohybného aparátu představuje i Lancaster test. Jeho využití významně přispívá k přesné detekci okohybné odchylky.

### **Anatomie okohybných svalů**

Pohyb oka ovládá šest extraokulárních svalů: čtyři přímé a dva šikmé svaly.

Musculus rectus medialis

- vzdálenost úponu od limbu: 5,5 mm
- funkce: addukce

Musculus rectus lateralis

- vzdálenost úponu od limbu: 7,0 mm
- funkce: abdukce

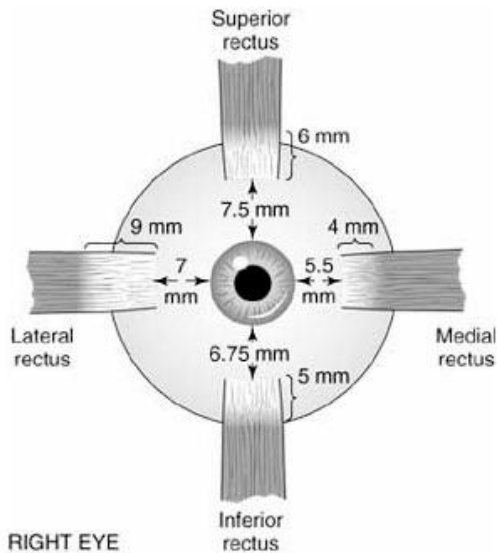
Musculus rectus superior

- vzdálenost úponu od limbu: 7,5 mm
- funkce: elevace, inocyklotorze, addukce

Musculus rectus inferior

- vzdálenost úponu od limbu: 6,75 mm
- funkce: deprese, excyklotorze, abdukce

V primární pozici oka svírají vertikální přímé svaly s optickou osou úhel okolo 23°.



Obrázek č. 1: Přibližná vzdálenost přímých svalů od limbu s přibližnou délkou šlach

### Šikmé svaly

Dva šikmé svaly ovládají primárně torzní pohyb a v menší míře pohyb směrem nahoru a dolů.

**Horní šikmý sval** (musculus obliquus superior) je nejdelší a nejtenčí sval všech očních svalů. Má počátek v hrotu očnice v místě zvaném foramen opticum.

**Dolní šikmý sval** (musculus obliquus inferior) začíná z nasální strany orbitální stěny těsně za spodním orbitálním okrajem a bočně k ductus nasolacimalis. Prochází pod spodním přímým svalem a pod zevním přímým svalem aby se krátkou šlachou připojil ke sklěře. Sval je dlouhý 37 mm.

### Okohybné odchylky

**HETEROTROPIE** - strabismus (šilhání), asymetrické postavení očí během fixace předmětu ;  
patrné šilhání

**Primární** → latentní (*heteroforie*)

→ manifestní → konkomitující

(*heterotropie*) (dynamický)

→ paralytický

## **Sekundární**

**HETEROFORIE** - skryté šilhání ; projevuje se asymetrickým postavením očí po zrušení

fúze

**Esoforie:** oko se odchýlí nasálně

**Hyperforie:** oko se odchýlí směrem nahoru

**Exofovie:** oko se odchýlí temporálně

**Hypofovie:** oko se odchýlí směrem dolů

**Incykloforie:** oko se stáčí směrem dovnitř

**Excykloforie:** oko se stáčí směrem zevně

## **Lancaster test: popis, funkce, využití**

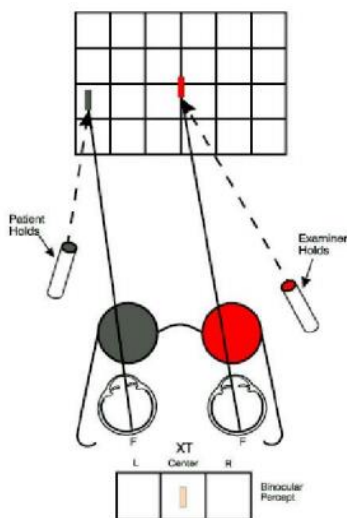
Lancasterův test je využíván k hodnocení okulomotorických pohybů. Umožňuje měřit horizontální a vertikální deviace a cyklodeviace oka u dětských i dospělých pacientů. Tento test je velmi důležitý a využíváný pro určení typu poruchy funkce okohybných svalů. Provádíme v místnosti s nízkou hodnotou osvětlení

Při samotném vyšetření je hlava vyšetřovaného umístěna asi 1 m od vyšetřovacího plátna. Korekční pomůcka je nastavena na vzdálenost 1 m a zároveň jsou klientovi předřazeny červeno-zelené brýle. Primární pohled by měl směřovat do centra vyšetřovacího plátna. Pacient používá jedno laserové ukazovátko, druhé používá vyšetřující a je vyzván, aby obrazem svého ukazovátko překryl obraz ukazovátko vyšetřujícího.



## Vlastní metodika testování

- Visus naturalis
- Objektivní + subjektivní refrakce
- S nejlepší korekcí na dálku předsazují červeno-zelené brýle
- Schoberův test – korekce OD [pD]
- Lancaster test – vyšetření v pěti pohledových směrech: střed, 0°, 90°, 180°, 270° ; korekce OD [pD]
- Vyšetřovaný má červené laserové ukazovátko (levé oko fixující, pravé oko vyšetřované) ; vyšetřující má zelené laserové ukazovátko
- Zápis naměřených hodnot a jejich následné zprůměrování

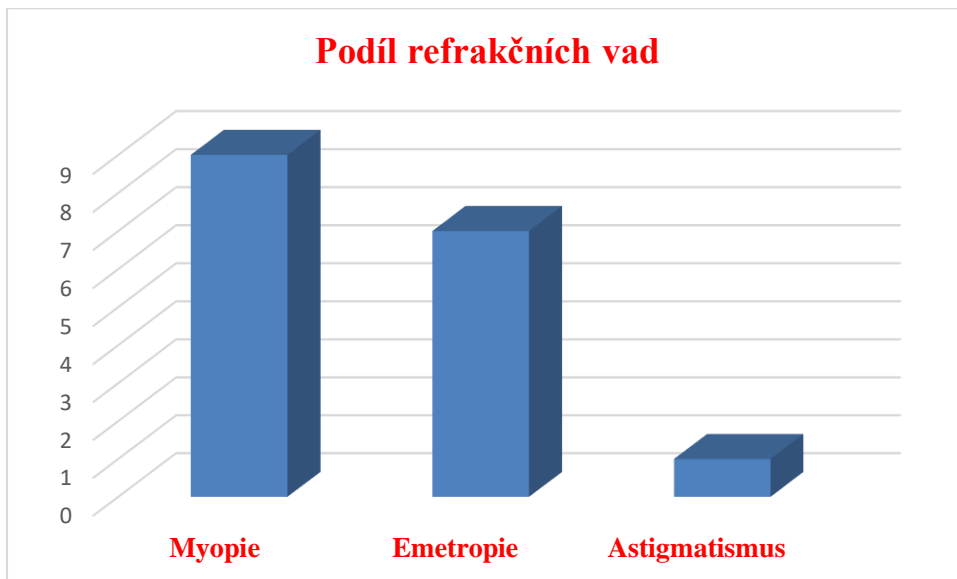


Obrázek č. 2: Lancaster test

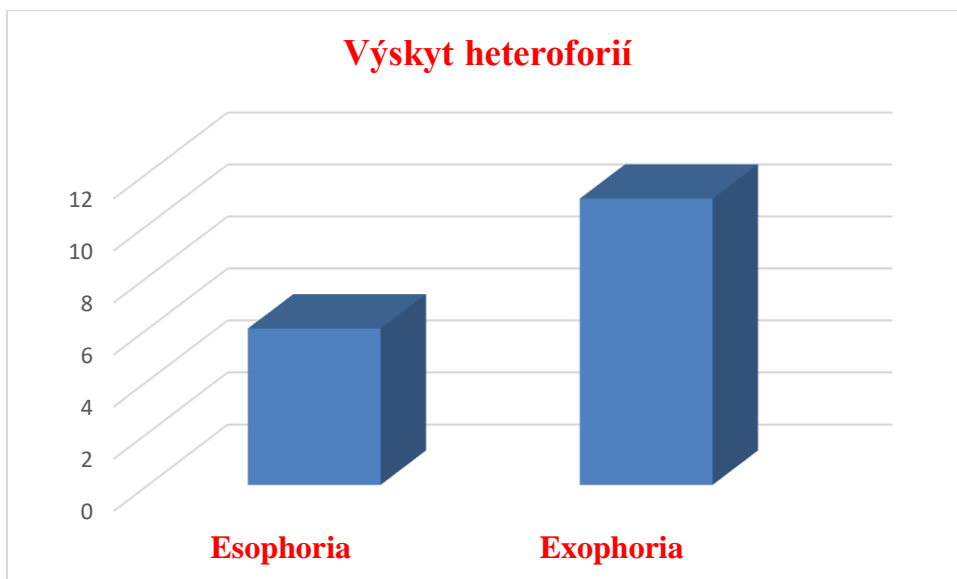
## Průběžné výsledky testování

- 17 probandů
- 11 žen ; 6 mužů

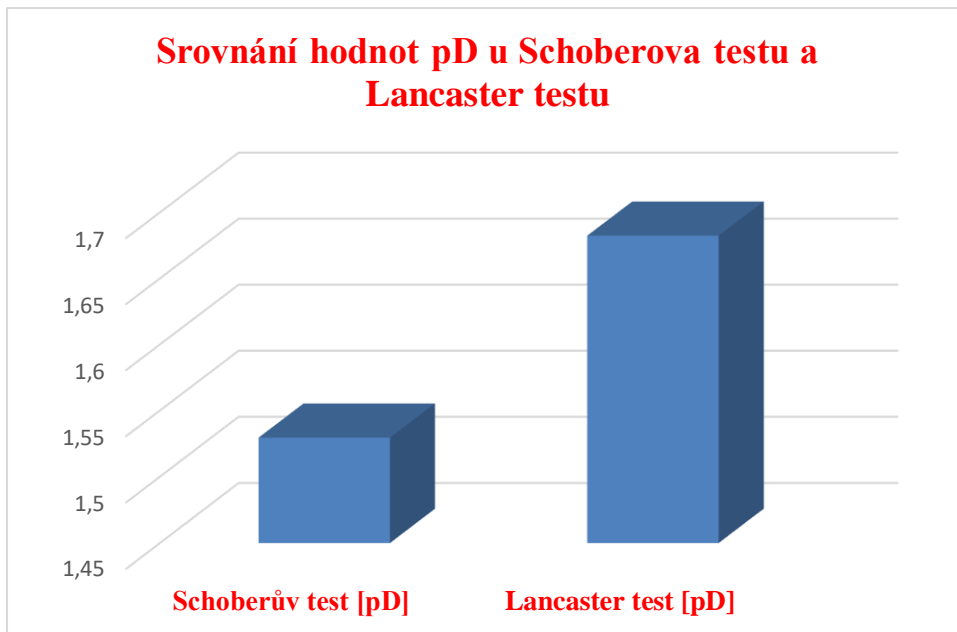
- Věkový průměr: 24,6 let
- Podmínkou je nepresbyopický věk



Graf č.1: Podíl refrakčních vad u vyšetřovaných



Graf č.2: Výskyt heretoforií



Graf č.3: Srovnání výsledků měření pomocí Schoberova testu a Lancaster testu [pD]

Z průměru naměřených hodnot dle matematické statistiky vychází hodnota  $p = 0,7$ .

**Není zde statisticky významný rozdíl.**

### Hypotézy

**Hypotéza I.:** Jakákoliv forma deviace bude přítomna přibližně u 30% vyšetřovaných.

- Z průběžných výsledků výzkumu bylo potvrzeno, že heteroforie byla přítomna u 100% respondentů.

**Hypotéza II.:** V případě odhalení odchylky bude výrazně procentuálně zastoupena horizontální deviace před vertikální.

- Bylo potvrzeno, že horizontální deviace byla zastoupena ze 100 %.

**Hypotéza III.:** Polovina vyšetřovaných s přítomností deviace bude již delší dobu pociťovat astenopické potíže.

- Hypotéza nebyla potvrzena. Pouze 1 vyšetřovaný pocítoval dlouhodobé astenopické potíže.

**Hypotéza IV.:** Hodnoty prizmatické korekce budou v případě Schoberova testu a Lancaster tetu odlišné.

- Hypotéza byla z průběžných výsledků potvrzena o matematický rozdíl 0,15 pD. Nicméně statisticky nebyl rozdíl hodnot prokázán.

## **Závěr**

Přítomnost okohybné odchylky může mít za následek řadu astenopických potíží. Tyto příznaky nerovnováhy okohybných svalů nelze za žádných okolností podceňovat a úkolem optometristy by měla být správná a spolehlivá diagnostika tohoto problému.

Cílem této diplomové práce je změřit velikost heteroforie v závislosti na pohledovém směru vyšetřovaného s její následnou korekcí. Dále porovnat metodu testování heteroforií pomocí Lancaster testu s metodou vyšetření na Schoberově testu a určit tak rozdíly výsledků těchto

## **Zdroje**

VESELÝ, Petr, SPURNÁ, Gabriela, SYNEK, Svatopluk, Vyšetření okulomotorické rovnováhy – Lancasterův a Hessův test, Katedra Optometrie a Ortoptiky, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita Brno, 2016

BENEŠ, Pavel, Přístroje pro optometrii a oftalmologii, Brno: NCO NZO, 2015, 250 s., ISBN 978-80-7013-577-8

LANGOVÁ, Barbora, Možnosti vyšetření jednoduchého binokulárního vidění a jeho poruch v ordinaci optometristy, Bakalářská práce, Brno, 2016, dostupné z:

[https://is.muni.cz/auth/th/410970/lf\\_b/bakalarska-prace-Barbora.Langova-1.pdf](https://is.muni.cz/auth/th/410970/lf_b/bakalarska-prace-Barbora.Langova-1.pdf)

**Bc. Anna Kořínková, Mgr. Petr Veselý, DiS., PhD.**

## **Lancaster test and its use in analyzing the defect of eye muscles apparatus**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Introduction**

Balance condition of eye muscles when without increased effort can be achieved binocular vision, is called orthophoria. In the population, however, it is approximately 20% - 30%. Thus, it is clear from research that most of the population has some type of heterophoria – latent strabismus. Heterotropia, state of manifest strabismus, causes a permanent deviation of the eye from the parallel position of the viewing axes. There are a number of tools and devices to diagnose heterophoria and heterotropia. One of the many ways to diagnose defects of eye muscles apparatus is the Lancaster test. Its utilization significantly contributes to accurate detection of eye muscles deviation.

### **Eye muscles anatomy**

The movement of the eye controls six extraocular muscles: four straight and two oblique muscles.

Musculus rectus medialis

- distance from the limb: 5,5 mm
- function: adduction

Musculus rectus lateralis

- distance from the limb: 7,0 mm
- function: abduction

Musculus rectus superior

- distance from the limb: 7,5 mm
- function: elevation, incyclotorsion, adduction

#### Musculus rectus inferior

- distance from the limb: 6,75 mm
- function: depression, excyclotorsion, abduction

In the primary position of the eye, the vertical straight muscles with the optical axis make an angle of about 23 °.

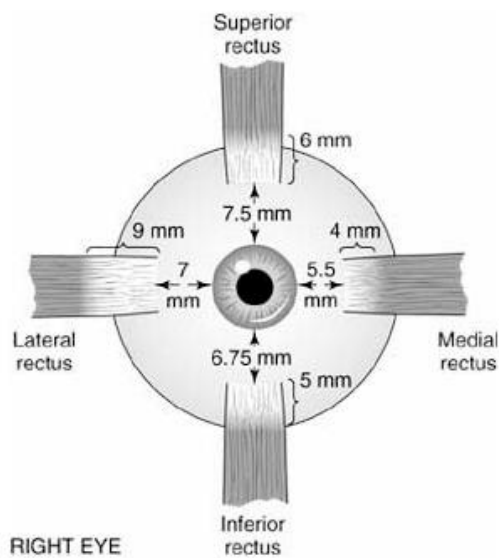


Figure 1: Approximate distance of straight muscles from limb with approximate length of tendons

#### Oblique muscles

Two oblique muscles control primarily torsional movement and, to a lesser extent, upward and downward movement.

**The upper oblique muscle** (musculus obliquus superior) is the longest and thinnest muscle of all the ocular muscles. It has its origin at the tip of the orbit at the site called foramen opticum.

**The lower obliquus muscle** (musculus obliquus inferior) starts from the nasal side of the orbital wall just below the lower orbital margin and laterally to the nasolacrimal duct. It passes under the lower straight muscles and under the right straight muscles to join the skeleton with a short tendon. The muscle is 37 mm long.

### **Eye muscles deviations**

**HETEROTROPIA** – strabismus, asymmetric eye position during fixation of the subject ; patent strabismus

**Primary** → latent (*heterophoria*)

→ manifest → concomitant

(*heterotropia*) (dynamic)

→ paralytic

### **Secondary**

**HETEROPHORIA** – hidden strabismus ; asymmetric eye position after cancel fixation of the subject

**Esophoria:** the eye deviates nasally

**Hyperphoria:** the eye deviates upwards

**Exophoria:** the eye deviates temporarily

**Hypophoria:** the eye deviates downwards

**Incyclophoria:** the eye turns inwards

**Excyclophoria:** the eye turns outward

### **Lancaster test: characterization, function, utilization**

Lancaster's test is used to evaluate oculomotor movements. It allows you to measure horizontal and vertical deviations and eye cyclodeviations in pediatric and adult patients.

This test is very important and used to determine the type of eye muscles disorder. Perform in a low-light room.

During the examination, patient's head is located about 1 meter from the screen. The correction is set at a distance of 1 meter and patient has red-green glasses. The primary view should point to the center of the screen. The patient uses one laser pointer, the other uses an investigator, and is prompted to cover the image of the pointer of the examiner by the image of his pointer.

### **Testing methodology**

- Visus naturalis
- Objective + subjective refraction
- With the best correction at a distance, I'm delivering red-green glasses
- Schober's test - correction OD [pD]
- Lancaster test - Examination in five directions: center, 0 °, 90 °, 180 °, 270 °; correction OD [pD]
- The patient has a red laser pointer (left eye fixing, right eye being examined); the investigator has a green laser pointer
- Write the measured values and their subsequent averaging



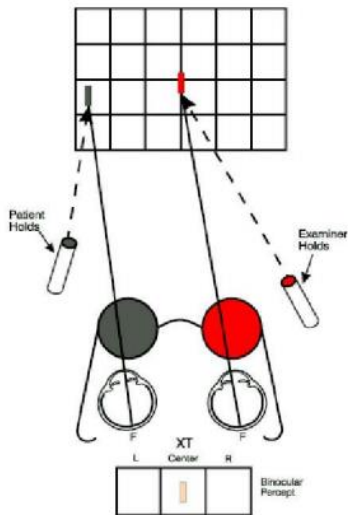
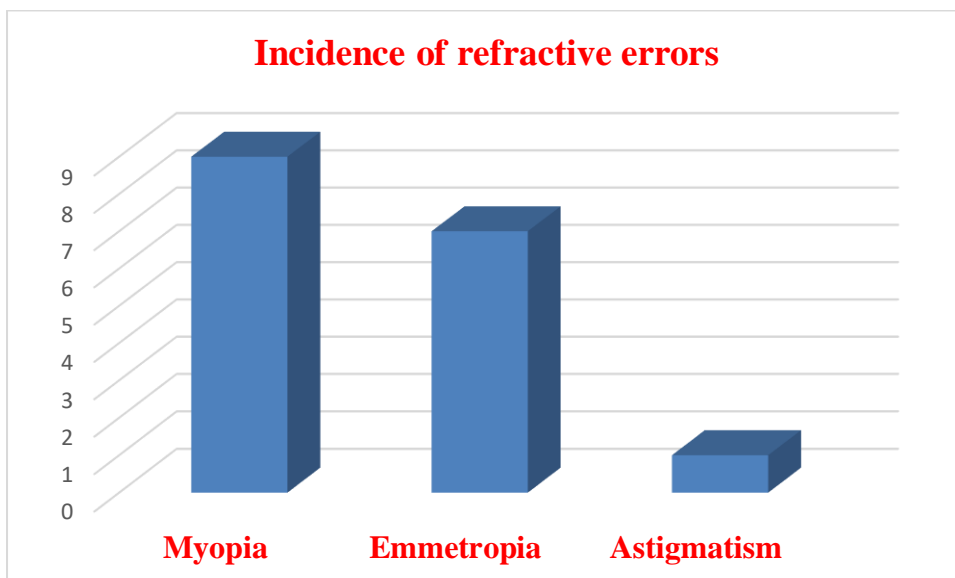


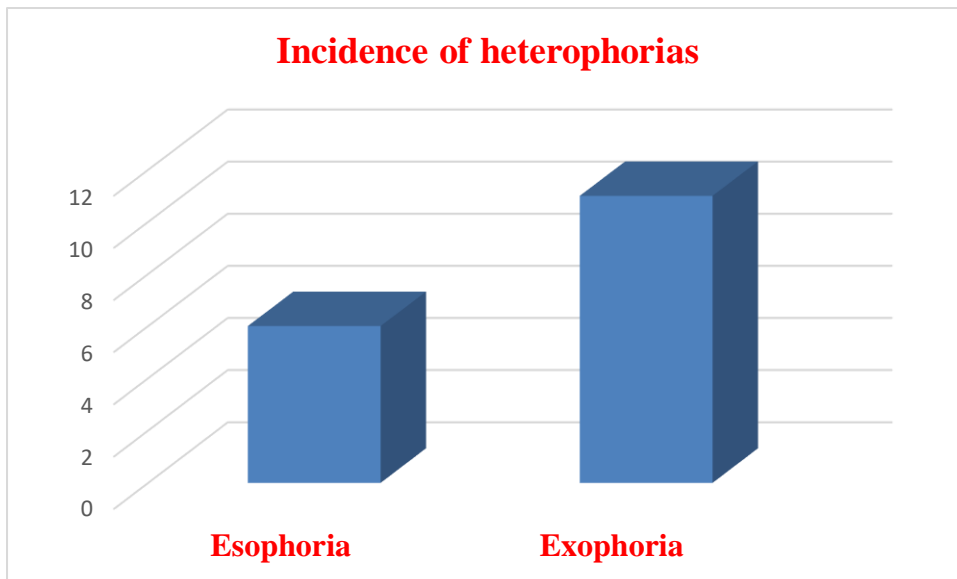
Figure 2: Lancaster test

**Progressive test results:**

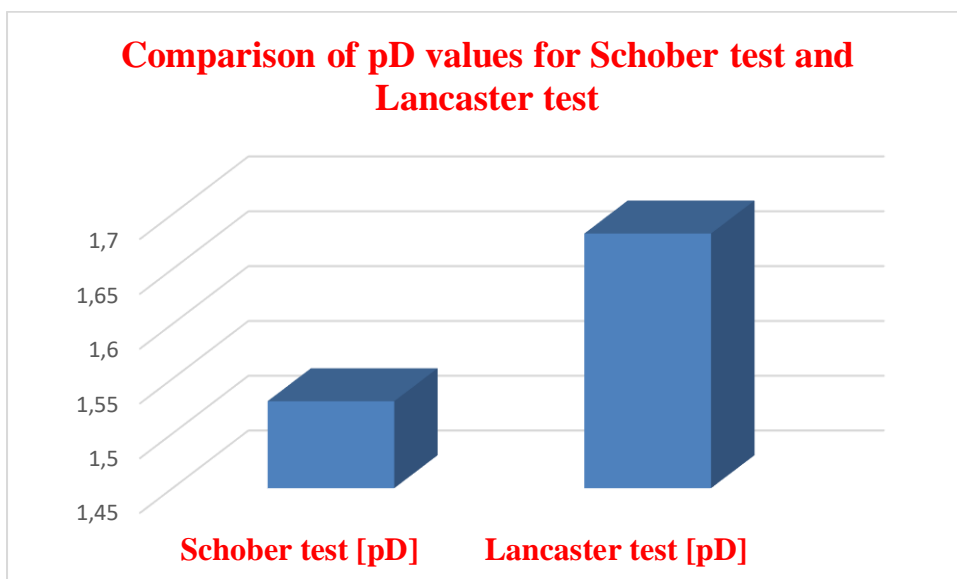
- 17 patients
- 11 women; 6 men
- Age average: 24.6 years
- The condition is non-presbyopic patient



Graph 1: Incidence of patient's refractive errors



Graph 2: Incidence of heterophorias



Graph 3: Compare the measurement results using the Schober test and the Lancaster test [pD]

From the average of the measured values according to mathematical statistics is p-value = 0,7.

**There is no statistically significant difference.**

## Hypotheses

**Hypothesis I.:** Any form of deviation will be present in approximately 30% of the patients.

- From the ongoing research results, it was confirmed that heterophoria was present in 100% of respondents.

**Hypothesis II.:** If the deviation is detected, the horizontal deviation will be significantly represented in front of the vertical.

- It was confirmed that the horizontal deviation was represented by 100%.

**Hypothesis III.:** Half of those diagnosed with the presence of deviations will experience asthenopic problems for a longer period of time.

- Hypothesis not confirmed. Only 1 patient experienced long-term asthenopic problems.

**Hypothesis IV.:** Prismatic diopter values for the Schober test and Lancaster test differ.

- The hypothesis was confirmed by a mathematical difference of 0,15 pD from the ongoing results. However, the difference in values was not statistically proven.

## Conclusion

The presence of eye muscle deviation may result in a number of asthenopic problems. These symptoms of the imbalance of the eye muscles can under no circumstances be underestimated and the task of the optometrist should be the correct and reliable diagnosis of this problem.

The aim of this thesis is to measure the degree of the heterophoria depending on the viewing direction patient's eye and its subsequent correction. Next, compare the method of

testing heterophorias using the Lancaster test with the Schober test method to determine differences in the results of these methods.

### Sources

VESELÝ, Petr, SPURNÁ, Gabriela, SYNEK, Svatopluk, Vyšetření okulomotorické rovnováhy – Lancasterův a Hessův test, Katedra Optometrie a Ortoptiky, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita Brno, 2016

BENEŠ, Pavel, Přístroje pro optometrii a oftalmologii, Brno: NCO NZO, 2015, 250 s., ISBN 978-80-7013-577-8

LANGOVÁ, Barbora, Možnosti vyšetření jednoduchého binokulárního vidění a jeho poruch v ordinaci optometristy, Bakalářská práce, Brno, 2016, dostupné z:

[https://is.muni.cz/auth/th/410970/lf\\_b/bakalarska-prace-Barbora.Langova-1.pdf](https://is.muni.cz/auth/th/410970/lf_b/bakalarska-prace-Barbora.Langova-1.pdf)

**Mgr. Roman Heinz**

**Novinky firmy Essilor**

**Mgr. Roman Heinz**

**Essilor News**



**essilor**

## **Průmyslová výroba kontaktních čoček**

### **CooperVision Limited**



Současná denní produkce kontaktních čoček ve výrobním závodě se počítá v milionech kusů. Je tedy samozřejmé, že průmyslová výroba kontaktních čoček je, podobně jako řada jiných odvětví, výrazně automatizovaný proces. Vedle nových automatických výrobních linek ji výrazně ovlivňují také nové technologické postupy a materiály. Přesto řada základních prvků výroby se výrazněji nemění.

Jedním z nejdůležitějších prvků v průmyslové výrobě kontaktních čoček je reprodukovatelnost postupu a přesná shoda finálního výrobku. To znamená, že každá nově vyrobená kontaktní čočka je identická s výrobním vzorem.

Dalším faktorem jsou velké objemy vyráběných produktů. Většinu kontaktních čoček dnes produkují automatické a poloautomatické výrobní linky. Obvyklý je způsob, kdy jsou ve stejném momentě na určitém kroku výroby čočky po šesti, osmi nebo dokonce šestnácti kusech. V jiných momentech, jako je například proplachování a hydratace, se používají větší zásobníky s obsahem až 640 kusů čoček. To samozřejmě klade větší nároky na logistiku a přesnou evidenci v průběhu výroby.

Základem dnešních technologií průmyslové výroby kontaktních čoček je technika tzv. suchého nebo mokrého odlévání do formy (cast moulding). Suchý proces znamená, že v průběhu polymerizace neobsahuje monomer vodu. U mokrého procesu je naopak určitý obsah vody v monomeru záměrně přidán a čočka ihned po polymerizaci má již částečně pružnou a gelovitou strukturu.

**Výroba formy na kontaktní čočky:** Prvním krokem vedoucím ke vzniku vlastní kontaktní čočky je výroba odlévací formy. Jako materiál se využívají teplem tvárné plasty, např. polypropylen, které ve formě granulátu vstupují do stříkolisu. Matrice pro výrobu forem je kovová a používá se opakovaně v rámci výrobního cyklu. Oproti tomu formička na vlastní kontaktní čočku je jednorázová, tedy pro každý nový kus kontaktní čočky se vyrábí nová forma. Běžná forma na kontaktní čočky má dvě části. Dutá polovina formy definuje přední plochu kontaktní čočky a je odpovědná za výslednou dioptrickou hodnotu. Zadní plocha čočky je definována tvarem vyklenuté poloviny formy. Její tvar ovlivňuje především usazení a centraci kontaktní čočky na oku.

**Odlévání do formy:** plně automatizované plnění formy monomerem a její následné uzavření je jedním z klíčových faktorů pro dodržení přesných parametrů výsledné čočky. Dokonalé sesazení formy má zásadní vliv na kvalitu okrajů čočky. Množství injikovaného monomeru je vždy o něco větší než objem výsledné čočky. Eliminuje se tak vznik bublin, nebo nedostatek materiálu ve formě. Forma se po naplnění monomerem uzavře přesně stanoveným tlakem a zajistí proti otevření. Možností je několik, často se využívá bodové svaření okrajů formy. Některé používané monomery jsou citlivé na

světlo, především jeho UV složku, jiné na teplotu. Proto většina monomerních látek vyžaduje speciální postupy pro uchovávání a manipulaci.

Polymerizace probíhá buď působením tepla, kdy podle typu materiálu trvá přibližně od 20 do 45 minut, nebo UV zářením. Polymerizace UV zářením je časově delší, trvá přibližně jednu hodinu.

Dalším kritickým okamžikem výroby je otevření formičky a uvolnění polymerizované čočky. K otevření formy se používá speciální nůž, který prořízne sváry v jejím okraji a zároveň od sebe odtlačí obě poloviny formy. Jedna část formy se následně odstraní. Z druhé poloviny formy je nutné nově vzniklou kontaktní čočku šetrně uvolnit. K uvolnění čočky se nejčastěji využívá nahřátí formy, buď speciálním kovovým trnem, který čočku zároveň vytlačí, nebo vytřesením v teplé vodní lázni.

**Hydratace kontaktních čoček:** Proces hydratace kontaktních čoček je rozdílný podle použitého materiálu. Hydrogelové materiály se hydratují výrazně jednodušším a méně zdlouhavým procesem. Používá se obvykle teplý fyziologický roztok, který se několikrát vyměňuje. Výrazně náročnější proces se používá k hydratování silikon hydrogelových materiálů. Zde je nutné kromě hydratace zaručit také vyplavení nepolymerizovaných částí monomeru, proto první lázně obsahují etanol a teprve následně se čočky hydratují v čistém fyziologickém roztoku. Proces hydratace čoček trvá od několika desítek minut až po téměř tři hodiny.

**Kontrola čoček v průběhu výroby:** Všechny procesy výroby jsou neustále monitorovány. Po každém kroku prochází vystupující polotovary plnou elektronickou kontrolou a vyřazením špatných čoček. Tato kontrola je vždy po polymerizaci čočky, uvolnění čočky z formy, po hydrataci čočky a před konečným zabalením do blistrů. V průběhu výroby jsou odebírány vzorky z každé šarže na celkovou namátkovou kontrolu.

**Balení, sterilizace a logistika:** Výstupní část hydratační linky je obvykle zakončena procesem balení čoček do blistrů. Následně čočky putují do autoklávu ke sterilizaci. Takto připravené čočky jsou již vlastně hotovým výrobkem, přesto je ještě čeká dlouhá cesta, na které dostanou slušivý obal a jsou expedovány až ke koncovým uživatelům.

## **Industrial production of contact lenses**

### **CooperVision Limited**

Current production of contact lenses in one manufacturing place is calculated in millions pieces every day. So that's why industrial production of contact lenses is, like many other sectors, significantly automated process. In addition to new automated production lines it also affect by new technologies and materials. But a big number of basic elements of production are not changed so much.

One of the most important elements in manufacturing of contact lenses is reproducibility of the process and an exact accordance of the final product. This means that each newly produced contact lens is identical with the production model.

Another factor is the large volumes of manufactured products. Most contact lenses today are produced on automatic and semi-automatic production lines. The usual method is where the same moment at a certain stage of production of the lens by two, four, eight or even sixteen pieces. In other moments, such as hydration process, to use larger reservoirs containing up to 640 pieces of lenses. This of course also places greater demands on logistics and its records during production. The basis of today's technology manufacturing contact lenses is a technique called dry or wet cast molding. The dry process means that during the polymerization the monomer does not contain water. In contrast, the wet process is water content in the monomer and the lens is immediately after the polymerization partially flexible, gel-like structure.

**Production of molds:** The first step leading to the formation of a contact lens is mold production. As a material are used heat-ductile plastics, eg. polypropylene, which in the form of granules entering to the injection press. Matrix for mold is from metal and is used repeatedly throughout the production cycle. In contrast, for each new piece of contact lens is produced new mold. Typical mold for soft contact lens has two parts. Concave part determines front surface of lens and in the final is responsible for power of lens. The convex part build back surface of lens and with them is responsible for good fit and centration of lens on the eye.

**Cast molding:** fully automated filling of forms by monomer and its subsequent conclusion is one of the key factors for achieving precise parameters of the final lens. The perfect fit of the mold has a major impact on the quality of the edges of the lens. The amount of the injected monomer is always slightly larger than the volume of the resultant lens. This eliminates the formation of bubbles, or lack of material in the mold. The mold is closed by exactly specific press and is locked by spot welding. Also manipulation and storage of monomer needs some specific conditions as some of them are sensitive on the light, usually UV part of them, or higher temperature.

Polymerization is carried out either by the heat, which according to the type of material takes approximately 20 to 45 minutes, or UV radiation. Polymerization by UV radiation is longer, it takes approximately one hour.

Another critical moment is the opening of molds and release of polymerized lens. To open the mold is used a special knife which cut the welding spots and also push the mold parts apart. One part of mold is removed. The new lens is gently release from mold by warm metal thorn which pushed on the bottom of mold, or is shaken out from mold in a water bath.



**Hydration of contact lenses:** A process for hydrating contact lenses is different according to the material used. Hydrogel materials are moisturized by simpler way and less time-consuming process. It is used warm saline solution, which is repeatedly changed. Significantly more demanding process is used to hydrate the silicone hydrogel materials. Here, in addition to the hydration also are ensured leaching rest parts of monomer, so the first bath containing ethanol and subsequently the lenses are hydrated in pure saline. The process of hydration lenses lasts from a few tens of minutes to nearly three hours.

**Check the lens during production:** All manufacturing processes are constantly monitored. After going through every step projecting semi full electronic control and discarding bad lens. This check is after the polymerization, lens release from the mold, the hydration of the lens and before final packaging into blisters. Subsequently, samples are taken from each batch to overall control.

**Packaging, sterilization and logistics:** Output of moisturizing line is usually finished like packing of lenses to blisters. Subsequently lenses wander into an autoclave for sterilization. In this moment lenses are actually already finished product, but it is still a long way to get a nice stickers and boxes and be shipped to the users.

## **3D refrakce**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Anotace**

3D refrakce přináší nové možnosti vyšetření zraku s využitím cirkulárních polarizačních filtrů po celou dobu měření, díky čemuž můžeme vyšetřovat monokulárně za binokulárních podmínek. Cílem této práce je shrnout možnosti 3D refrakce a její výhody a nevýhody oproti standardní refrakci při použití jiných metod vyšetření zraku.

### **Klíčová slova**

3D refrakce, polarizační testy, optotyp

### **Úvod**

Při stanovení subjektivní refrakce se snažíme vyšetřovanému nastavit takové podmínky, které co nejvíce odpovídají standardnímu postavení očí a přirozenému vidění. Běžné vyšetřovací metody jsou založeny na primárním stanovení monokulární refrakce, kdy nejdříve zakryjeme oko, které nevyšetřujeme a teprve posléze ověřujeme refrakci za binokulárních podmínek. Při monokulárním stanovení vizu se u některých pacientů může při okluzi objevit cyklorotace oka, které za binokulárního stavu není přirozeně plně přítomno. Toto vede k odchylce osy korekčního cylindru a změně síly korigovaného astigmatismu, tuto změnu označujeme jako tzv. zbytkový astigmatismus.

Sílu zbytkového astigmatismu  $|Ast|$  můžeme stanovit ze vzorce:

$$|Ast| = \frac{1}{10} \cdot cyl \cdot \frac{x^\circ}{3^\circ} \quad (1)$$

Kde  $cyl$  je síla vloženého korekčního cylindru v dané ose,  $x^\circ$  je stočení cylindru od požadované osy.

V následující tabulce jsou shrnuty vlivy pootočení osy cylindru na vznik nežádoucího zbytkového astigmatismu (2)

Velikost odchylky osy cylindru [°]	Síla korekčního cylindru [D]					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
5°	0,09	0,17	0,26	0,35	0,44	0,52
10°	0,17	0,35	0,52	0,70	0,87	1,04
15°	0,26	0,52	0,78	1,04	1,29	1,55
20°	0,34	0,68	1,03	1,37	1,71	2,05
25°	0,42	0,85	1,27	1,69	2,11	2,54
30°	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

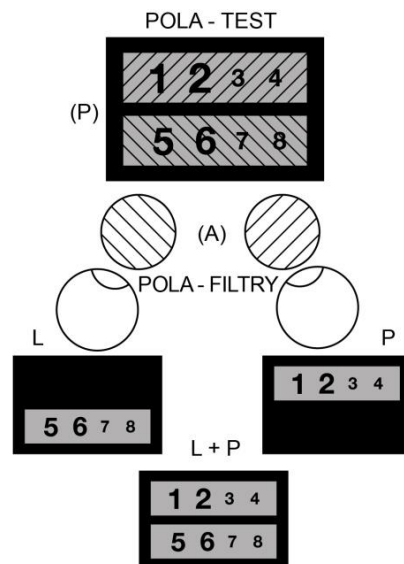
*Tabulka 1 Vztah pootočení osy cylindru na vznik nežádoucího zbytkového astigmatismu*

### **Možnosti binokulárního vyvážení při použití LCD optotypů**

LCD optotypy jsou v současnosti nejrozšířenějším moderním typem vyšetřovacích optotypů. Jejich velkou předností je velká škála možností digitálních testů pro stanovení zrakové ostrosti, polarizačních testů především pro zjištění binokulární spolupráce, testů pro stanovení kontrastní citlivosti a mnoho dalšího.

Pokud bychom se zaměřili pouze na vyšetření binokulárního vyvážení, máme k dispozici více možností, avšak nejzákladnějším a nejpoužívanějším testem je Schultzeho polazirační dvouřádkový test.

Tento test je postaven na negativní polarizaci. Dle postavení pozice předkládaných polarizačních testů před vyšetřované oko do pozice „A“ či „V“ vidí dané oko pouze horní nebo spodní řádek, jak je zobrazeno na obrázku č. 1.



Obrázek č. 2: Schultzeho polarizační dvouřádkový test (1)

Pokud jsou obě oči stejně vykorigovány, měl by vyšetřovaný vnímat oba řádky stejně ostře. V případě, že je jeden z řádků rozdílný než druhý, postupujeme jako u standardního monokulárního stanovení refrakce, tedy nejdříve zkontrolujeme u daného oka sférickou složku, následně cylindrickou a nakonec osu cylindru.

Můžeme se setkat i s třířádkovým polarizovaným testem, který je založený na stejném principu, mezi řádky se však navíc nachází centrální linie, která není polarizovaná, je tak vidět oběma očima a slouží nám jako fúzní podnět. (3)

### Nevýhoda LCD optotypů

Pokud bychom se zaměřili čistě na binokulární vyvážení, můžeme, díky monokulárnímu stanovování refrakce a teprve posléze stanovení binokulární spolupráce, přehlédnout či nedostatečně odhalit zbytkový astigmatismus. Především, pokud dvouřádkový test není správně prováděn, nebo v horších případech, kdy není prováděn vůbec.

### Princip 3D refrakce

Základním rozdílem 3D refrakce, oproti běžnému stanovení refrakce je monokulární měření refrakčního stavu oka za binokulárních podmínek. Pro měření je do zkušební obruby přidáván cirkulární polarizační filtr, který způsobí disociaci vnímání pravého a levého oka. Díky tomu může pacient sledovat optotyp za binokulárních podmínek i při monokulárním

stanovování refrakce. Oči jsou v nejpřirozenějším postavení a minimalizuje se vznik nežádoucích rotací, které by vedly ke vzniku zbytkového astigmatismu. (4)

### **Nevýhody 3D refrakce**

I přes značné výhody 3D refrakce není tato metoda vyšetření vhodná pro všechny klienty. Mezi nejzákladnější důvody, kdy není 3D refrakce vhodná řadíme:

- porucha jednoduchého binokulárního vidění
- Vysoký rozdíl korekce mezi pravým a levým okem
- Přílišná dominance jednoho oka

V současnosti se na trhu objevuje již více typů zařízení a souboru testů, které jsou určeny pro 3D refrakci, často označovanou i jako tzv. zážitkovou. V této práci bude podrobně popsána jedna z nich, konkrétně PASKAL 3D.

### **3D refrakce pomocí systému PASKAL 3D**

#### **Základní informace**

Refrakční systém PASKAL 3D byl poprvé představen v roce 2014, nyní představuje souhrn více než 80ti možností testování zraku, které si vyšetřující může sestavit sám dle své zvyklosti a posloupnosti.

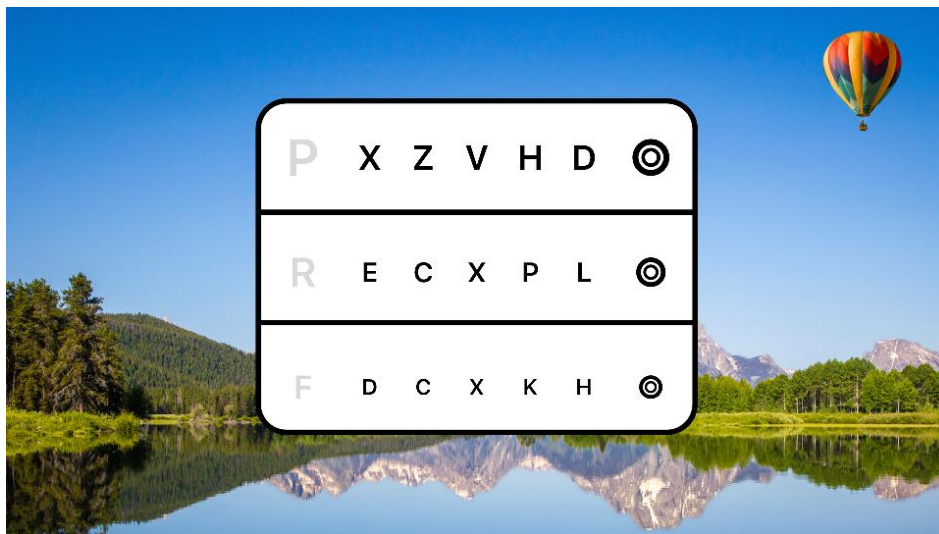
Program byl vyvinut pro aplikaci Apple iPad a televizor, který podporuje 3D zobrazení a obsahuje set-top-box Apple TV, bez těchto zařízení není možné systém ovládat.

Pro pohodlnost vyšetřovaného je možné vyšetření provádět za 3D zobrazení, kdy jako binokulární stimul slouží podkladový obrázek jezera a balónu, na bílou plochu v popředí jsou poté promítány znaky před vyšetřované oko/oči. V případě, že klientům nevyhovuje 3D stimul, je možné pozadí nahradit 2D obrazem či čistě neutrální šedou plochou. (4)

## Testy pro stanovení vízu

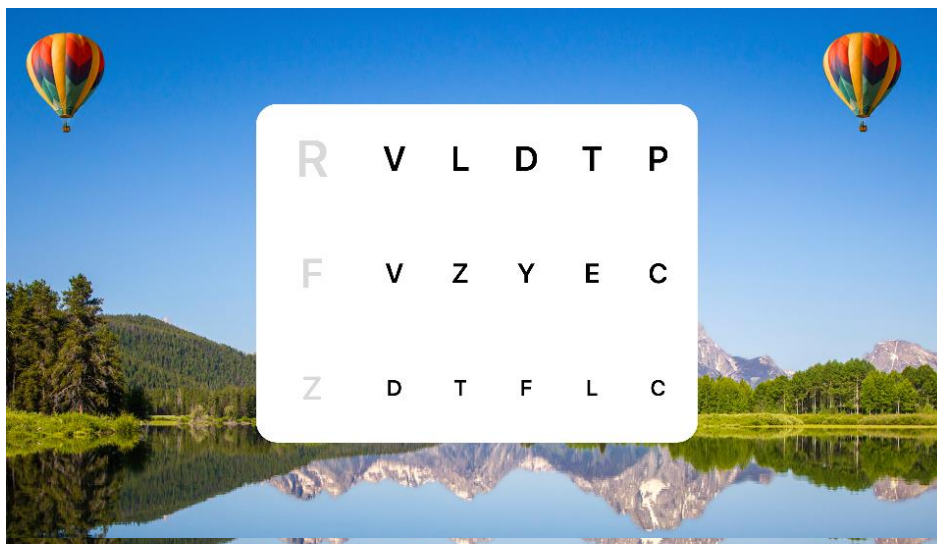
Jako u běžného stanovování refrakce je test se třemi řádky základních optotypových znaky považován za základ. Znaky mohou být v provedení písmen, Kay obrázků, Landoltových kruhů či Pflügerových háků. Tento test navíc kombinuje možnost vyšetření více jevů zároveň.

- **Test kontrastní citlivosti dle Baylie Lovie** – vyšetření základní kontrastní citlivosti představují šedší znaky na levé straně optotypové tabule. Tyto znaky slouží pro základní screening, zda je vyšetřovaný schopen přechíst méně kontrastní znak a poté navede vyšetřovaného k hlubšímu vyšetření případné nedostatečnosti.
- **Optotypové znaky** – tyto znaky se nacházejí ve střední části optotypové tabule. Můžeme měnit jejich velikost, dle potřeb při stanovení subjektivní refrakce.
- **Stanovení cylindrické korekce** – pro toto vyšetření slouží dvě soustředné kružnice v pravé části optotypové tabule.



Obrázek 3 Základní vyšetřovací tabule pro stanovení subjektivní monokulární refrakce. (4)

Další optotypovou tabulí, kterou řadíme k těm základním pro stanovení vízu je test sloužící pro binokulární dokorigování a akomodační rovnováhy. Pravá polovina obrazu slouží pro pravé oko, levá pro levé. V případě binokulární rovnováhy by měla být pravá a levá polovina stejná – stejně kontrastní a ostrá. V případě nerovností můžeme provést jemné dokorigování sféry, osy cylindru a síly cylindrické korekce.



Obrázek 5 Test pro jemné binokulární vyrovnání (4)

Obrázek 4 Test sloužící pro stanovení akomodační rovnováhy (4)

Do základních testů, pro stanovení vize, řadíme test pro jemné binokulární dorovnání, který je představen základními optotypovými znaky zobrazené pro obě oči. Test je doplněn znaky se sníženým kontrastem v levé části.

Testy pro stanovení vize jsou dále doplněny o testové tabule EyeChart s odstupňovanými testovými znaky všech velikostí vize. Dále můžeme zobrazit pouze jeden řádek z optotypu nebo i pouze jeden znak. (4)

### Testy pro stanovení cylindrické korekce

Systém PASKAL 3D má velkou škálu testů sloužících pro vyšetření cylindrické korekce. Jedním ze základních je astigmatická ružice, která může být zobrazena monokulárně, nebo i binokulárně, oba tyto testy jsou zobrazeny na obrázku č. 5

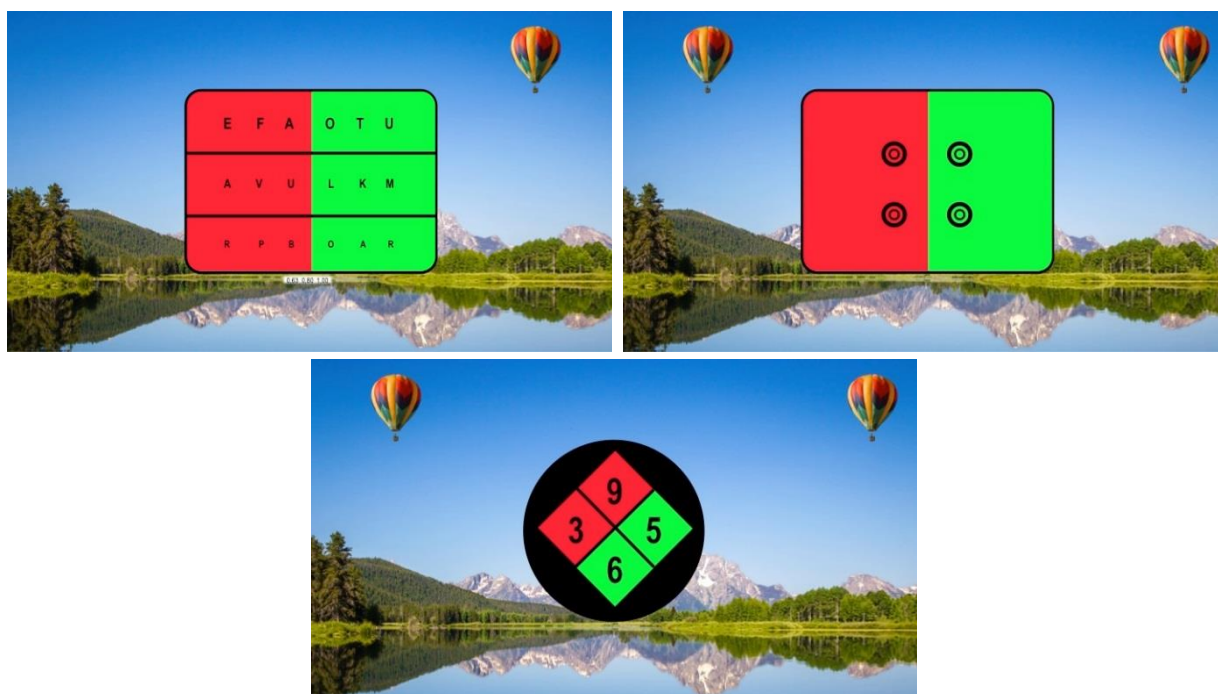


Obrázek 6 Astigmatická ružice se vzdáleností čar po 30° (4)

Mezi astigmatické testy je také zařazen Brokův test, pro vyšetření pomocí Jacksonova zkříženého cylindru. (4)

## Červeno-zelené testy

Tyto testy slouží především pro jemné monokulární či binokulární dokorigování. Systém PASKAL 3D opět nabízí několik možností testů, které může vyšetřující použít pro korekci vyšetřovaného. U bichromatických testů se vždy vyšetřovaného ptáme, jak vnímá znaky na červeném a zeleném pozadí, v případě rovnováhy budou znaky na červeném i zeleném pozadí vnímány stejně, a to jak při monokulárním tak binokulárním dokorigování.



Obrázek 7 Červeno-zelené testy, vlevo nahoře zobrazen standardní třířádkový test, vpravo nahoře pak Cowenův test a uprostřed dole Bichromatický balanční test (4)

Na obrázku č. 6 jsou uvedeny základní testy:

- **třířádkový červeno-zelený test** – tento test slouží k monokulárnímu dokorigování
- **Cowenův test** – vhodný pro monokulární i binokulární dokorigování
- **Bichromatický balanční test** – označován také jako test dle Osterbergra, tento test slouží k binokulárnímu sférickému dokorigování, kdy pravé oko vidí jeden znak z červené a jeden znak ze zelené části testu. Test může sloužit i pro základní odhalení



případných fórií, kdy by se jednotlivé znaky pravého a levého oka mezi sebou posouvali. (4)

### **MKH (Mess und Korrektionsmethodik nach Haase) testy a testy na odhalení fórií**

Systém PASCAL 3D obsahuje všechny základní testy MKH metodiky, tedy křížový, ručičkový, hákový, stereotest a stereovalenční test. Pro vyšetření fórií navíc obsahuje křížový test s fúzním podnětem a Schoberův test.

## Stereoskopické testy

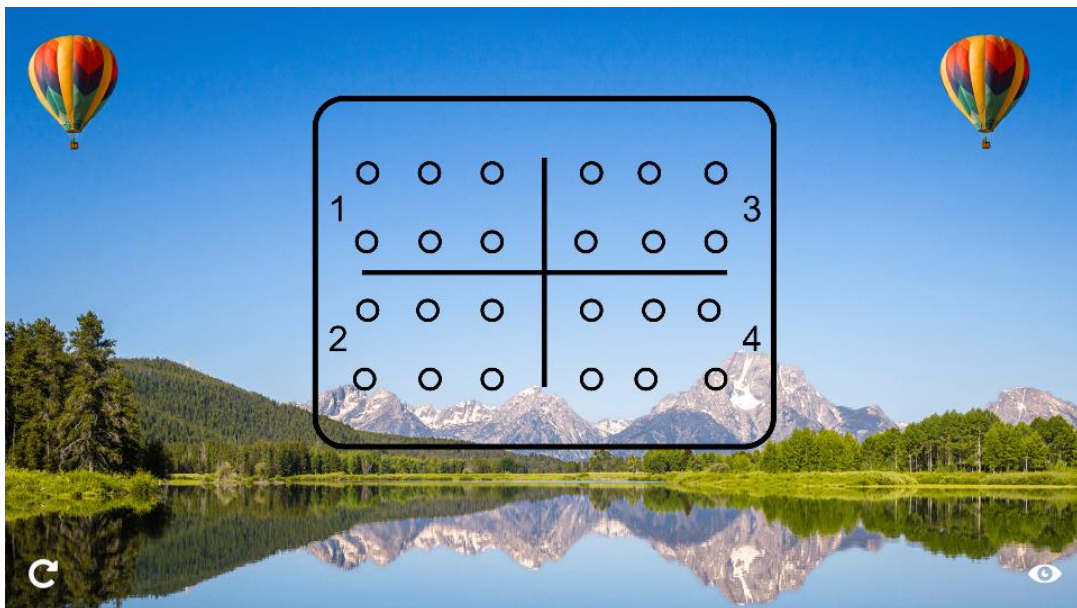
Program nabízí širokou škálu screeningových stereoskopických testů.

- **Balónový test** – patří mezi základní, je tvořen 4-mi balóny s rozdílnou hloubkou stereopse, vyšetřovaný má za úkol určit pořadí jednotlivých balónů od nejvzdálenějšího po nejbližší.



Obrázek 8 Balónový test (4)

- 
- **Stereotest s odstupňovanou paralaxou** – test slouží pro určení stereoskopické ostroty (hloubky stereopse). Test obsahuje 4 kvadranty s 6-ti kružnicemi, kdy vždy jedna z kružnic v každém kvadrantu při 3D zobrazení jde za obraz a druhá vystupuje před něj. Postupně se snižuje stereoskopická paralaxa od kvadrantu 4, kde je nejzřetelnější po kvadrant 1, kde je nejmenší. (4)



Obrázek 9 Stereotest s odstupňovanou paralaxou (4)

## Testy jemného dokorigování

Tyto testy jsou určeny k jemnému binokulárnímu dokorigování jako je dvouřádkový či třířádkový srovnávací test. (4)

## Kontrastní testy

System PASCAL 3D nabízí test na určení kontrastní citlivosti dle Pelli-Robinsona se Sloanovými písmeny. (4)

## Screeningové testy

Tyto testy slouží k doplnění kompletních informací o stavu zrakových funkcí. System nabízí testy:

- **Test oční dominance** – vyšetřujeme především senzickou dominanci. Před jedno oko je předložen obrázek psa v balónu, před druhé obrázek kočky. Vyšetřovaný má za úkol říci, které ze dvou zvířat vidí. Pokud se mu zvířata střídají, můžeme předpokládat alternující typ vidění. Pokud vidí zároveň obě, nemá vyšetřovaný vyhraněnou oční dominanci.



Obrázek 10 Test oční dominance (4)

- **Pseudoisochromatické Ishiharovy tabulky** – standardní tabulky pro vyšetření barvocitu. (4)

## Zdroje

1. Miloš, Ruterle. *Přístrojová optika*. Brno : Institut pro další vzdělávání zdravotnických pracovníků v Brně, 2000. ISBN 80-7013-301-5.
2. Beneš, Pavel. Optická praktika. *Elportál MU*. [Online] 2010. <https://is.muni.cz/elportal/?id=901008>. ISSN 1802-128X.
3. Severa David, Veselý Petr, Beneš Pavel. *Elportál*. [Online] Masarykova Univerzita, 2016. [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/index.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/index.html). ISSN 1802-128X.
4. <http://paskal3d.com/cz/vedeni/paskal-3d/>. *Pascal 3D*. [Online] <http://paskal3d.com/cz/vedeni/paskal-3d/>.

**Mgr. Dana Trávníková**

## **3D Refraction**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Annotation**

3D refraction brings new possibilities of examining eyesight using circular polarizing filters throughout the measurement period, which allows us to investigate monocularly under binocular conditions. The aim of this work is to summarize the possibilities of 3D refraction and its advantages and disadvantages compared to standard refraction using other methods of eye examination.

### **Keywords**

3D refraction, polarization tests, optotype

### **Introduction**

When determining subjective refraction, we try to set the examining subject to conditions that correspond to the standard eye status and natural vision as much as possible. The usual investigative methods are based on the primary determination of monocular refraction by first covering the eye that we do not investigate and only then verify the refraction under binocular conditions. When monocular vision is established, ocular cycling can occur in some patients during occlusion, which is not naturally present in the binocular state. This leads to the deviation of the axis of the correction cylinder and to the change in the force of the astigmatism, which is referred to as so-called residual astigmatism.

The strength of residual astigmatism  $|Ast|$  we can determine from the formula:

$$|Ast| = 1 / 10 \cdot cyl.x^{\circ} / (3^{\circ}) \quad (1)$$

Where cyl is the force of the inserted correction cylinder in the given axis,  $x^\circ$  is the roll of the cylinder from the desired axis.

The following table summarizes the effects of rotation of the cylinder axis to produce undesirable residual astigmatism (2)

The size of the cylinder axis deviation [°]	Correction cylinder force [D]					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
5°	0,09	0,17	0,26	0,35	0,44	0,52
10°	0,17	0,35	0,52	0,70	0,87	1,04
15°	0,26	0,52	0,78	1,04	1,29	1,55
20°	0,34	0,68	1,03	1,37	1,71	2,05
25°	0,42	0,85	1,27	1,69	2,11	2,54
30°	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

Table 1 Relationship of the axis of the cylinder to the formation of unwanted residual astigmatism

### Binocular balancing options using LCD optotypes

LCD optotypes are currently the most widespread modern type of investigative optotypes. Their great advantage is the wide range of digital tests for visual acuity, polarization tests especially for binocular cooperation, contrast sensitivity tests, and much more.

If we only focus on examining binocular balancing, we have more options available, but the most basic and most used test is Schultze's pollinator two-line test.

This test is based on negative polarization. By positioning the position of the polarization tests in front of the eye under "A" or "V", the eye only sees the top or bottom line as shown in Figure 1.

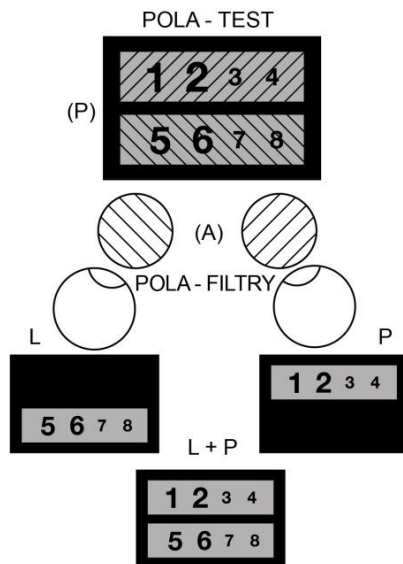


Figure 1: Schultze Polarization Two-Line Test (1)

If both eyes are equally refined, the investigated should perceive both lines equally sharply. If one of the lines is different from the other, we proceed as in the standard monocular refraction determination, so first check the spherical component of the eye, then the cylindrical and finally the cylinder axis.

We can also encounter a three-line polarized test that is based on the same principle, but there is also a central line that is not polarized, can be seen with both eyes and serves as a fusion stimulus. (3)

### Disadvantage of LCD optotypes

If we focus purely on binocular balancing, we can overlook or inadequately detect residual astigmatism due to the monocular refraction determination and only then the determination of binocular cooperation. Above all, if a two-line test is not performed correctly or in worse cases when it is not performed at all.

### 3D refraction principle

The basic difference of 3D refraction, compared to the normal refraction determination, is the monocular measurement of the refractive state of the eye under binocular conditions. For measurement, a circular polarizing filter is added to the test rim that causes

dissociation of right and left eye perception. This allows the patient to observe the optotype under binocular conditions as well as monocular refraction determination. Eyes are in the most natural position and minimize the formation of unwanted rotations that would result in residual astigmatism. (4)

### **Disadvantages of 3D refraction**

Despite the considerable benefits of 3D refraction, this method of examination is not suitable for all clients. Among the most basic reasons that 3D refraction is not suitable, we include:

- disorder of simple binocular vision
- High correction difference between right and left eye
- Excessive dominance of one eye

At present, there are more types of devices and a set of tests that are designed for 3D refraction, often referred to as the "Experimental". In this paper one of them will be described in detail, namely PASCAL 3D.

### **3D refraction using PASCAL 3D**

#### **Basic information**

The PASKAL 3D refraction system was introduced for the first time in 2014, now it's a collection of more than 80 eye examinations, which the examiner can build up according to their custom and succession.

The program was developed for Apple iPad and a TV that supports 3D viewing and includes an Apple TV set-top box, without these devices the system can not be controlled.

For the convenience of the investigated, it is possible to carry out the examination under 3D images, where the underlying image of the lake and balloon is used as a binocular stimulus, the signs in front of the eye / eyes are projected onto the white surface in the



foreground. If the client does not suit the 3D stimulus, the background can be replaced by a 2D image or a purely neutral gray area. (4)

## Visus tests

As with normal refraction determination, a three-line test of basic optotype characters is considered the basis. Characters can be in letters, Kay images, Landolt circles, or Pflüger hooks. In addition, this test combines the possibility of examining multiple phenomena at the same time.

- **Baylie Lovie Contrast Sensitivity Test** - Basic Contrast Sensitivity is the gray mark on the left side of the Optotype Board. These characters serve for basic screening, whether the investigator can read a less contrasting character, and then instruct the investigated person to investigate the deficiency.
- **Optotype characters** - these characters are in the middle of the optotype board. We can alter their size, according to the needs of determining subjective refraction.
- **Determination of cylindrical correction** - two concentric circles on the right part of the optotype board are used for this examination.

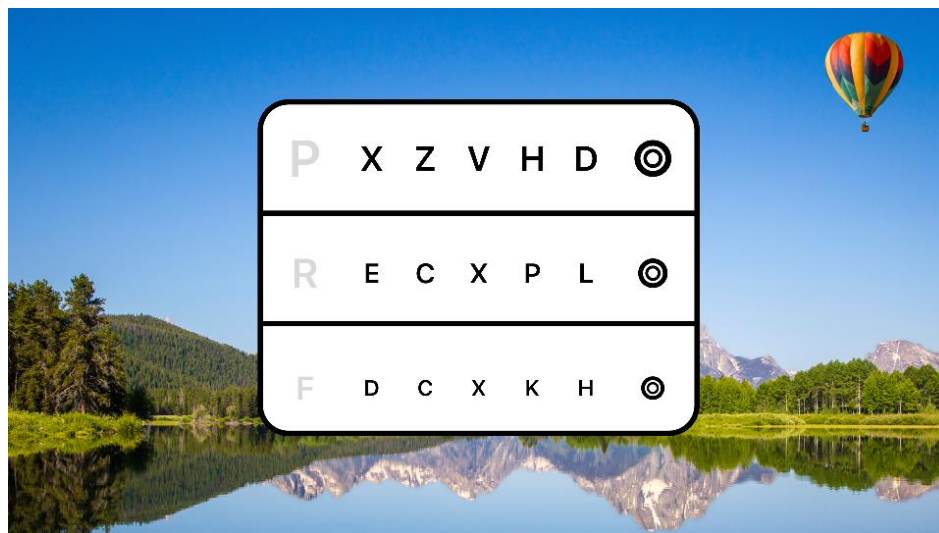


Figure 2 Basic examination panel for subjective monocular refraction. (4)

Another optotype board, which is one of the basic ones for determining the visa, is a test for binocular refinement and accommodation equilibrium. The right half of the image is for the right eye, left for the left. In the case of binocular equilibrium, the right and left half should be the same - the same contrast and sharp. In the case of unevenness, we can fine-tune the sphere, the cylinder axis and the force of the cylindrical correction.

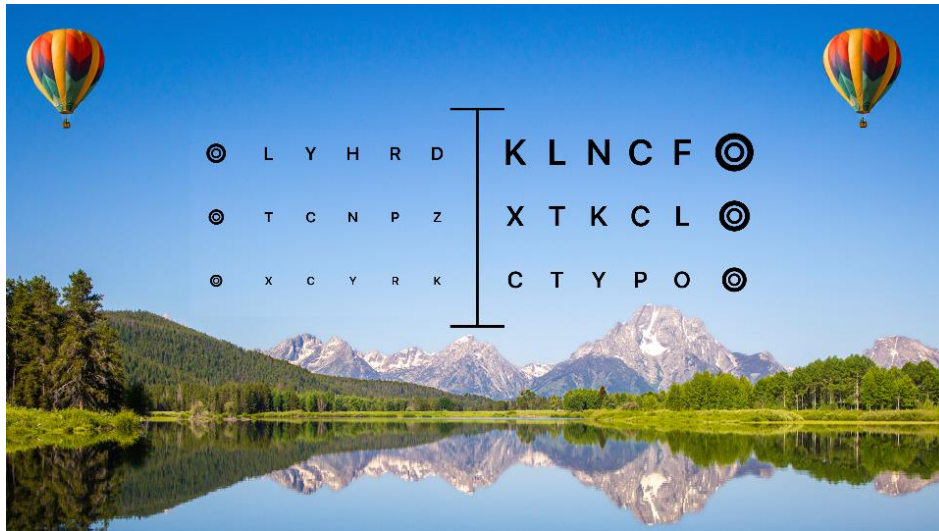


Figure 3 Test to determine accommodation balance (4)

Basic tests for the determination of visas include the fine binocular alignment test, which is represented by the basic optometric characters displayed for both eyes. The test is completed with lower-contrast features on the left.



Figure 4 Fine binocular alignment test (4)

Visus tests are further supplemented with EyeChart test boards with stepped test characters of all visa sizes. In addition, we can only display one line of the optotype or even one character. (4)

### Tests for cylindrical correction

The PASKAL 3D system has a wide range of tests to test the cylindrical correction. One of the basics is the astigmatic rosette, which can be displayed monocularly or even binocularly, both of which are shown in Figure 5.

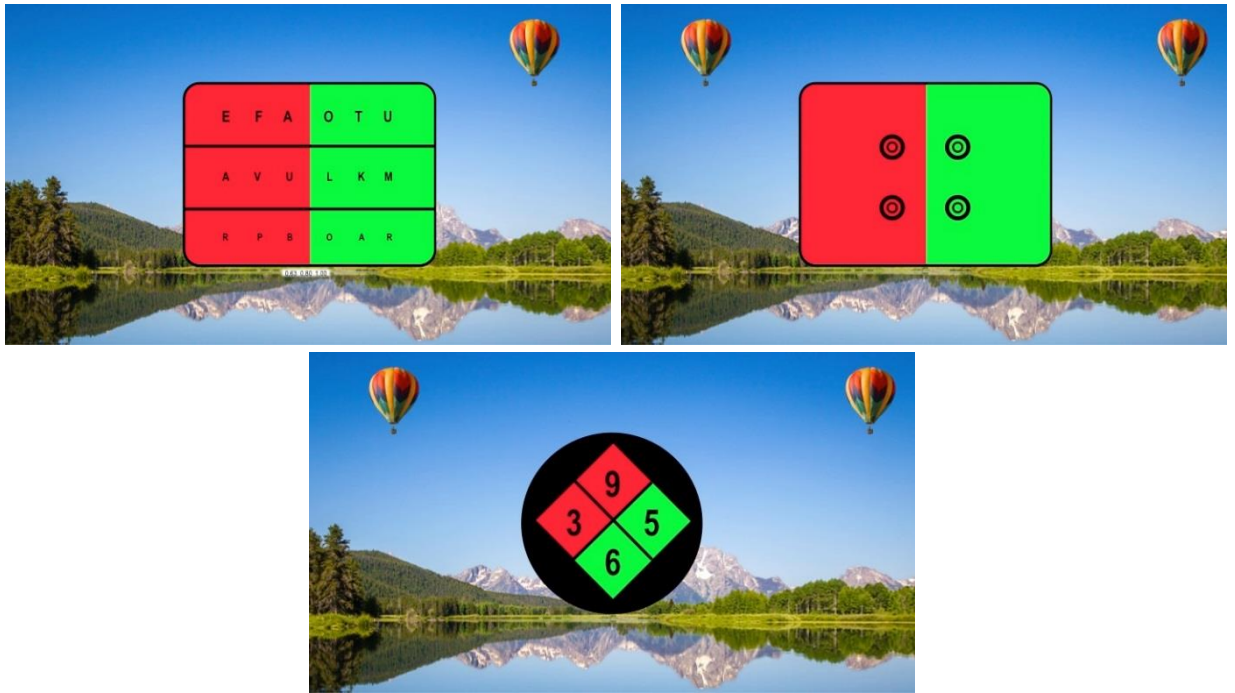


*Figure 5 Astigmatic rosette with a line spacing of 30 ° (4)*

Among the astigmatic tests, Brok's test is also included, for Jackson's crossed-out examination. (4)

### Red-green tests

These tests are primarily for fine monocular or binocular refinement. The PASKAL 3D system again offers several test options that investigators can use to correct the investigated. In the dichromatic tests, we always ask how he perceives the characters on the red and green backgrounds, in the case of balance the characters on both red and green backgrounds will be perceived the same, both in monocular and binocular refinement.



*Figure 6 Red-green tests, a standard three-line test at the top left, the Cowen test at the top right, and the Bottom Bottom Biometric Balance Test (4)*

Figure 6 gives basic tests:

- **Three-line red-green test** - this test is for monocular refinement
- **Cowen's test** - suitable for both monocular and binocular refinement
- **Bichromatic Balance Test** - also referred to as the Osterberg Test, this test is used for binocular spherical refinement when the right eye sees one red and one green test. The test can also serve as a base for uncovering potential forums where individual characters of the right and left eyepieces would move between them. (4)

### **MKH (Mess und Korrektionsmethodik nach Haase) tests and tests for revealing forums**

The PASCAL 3D system includes all the basic tests of the MKH methodology, ie, cross, hand, hook, stereo and stereo-test. In addition, the forums include a cross-test with a fusion stimulus and a Schober test.

### **Stereoscopic tests**

The program offers a wide range of screening stereoscopic tests.

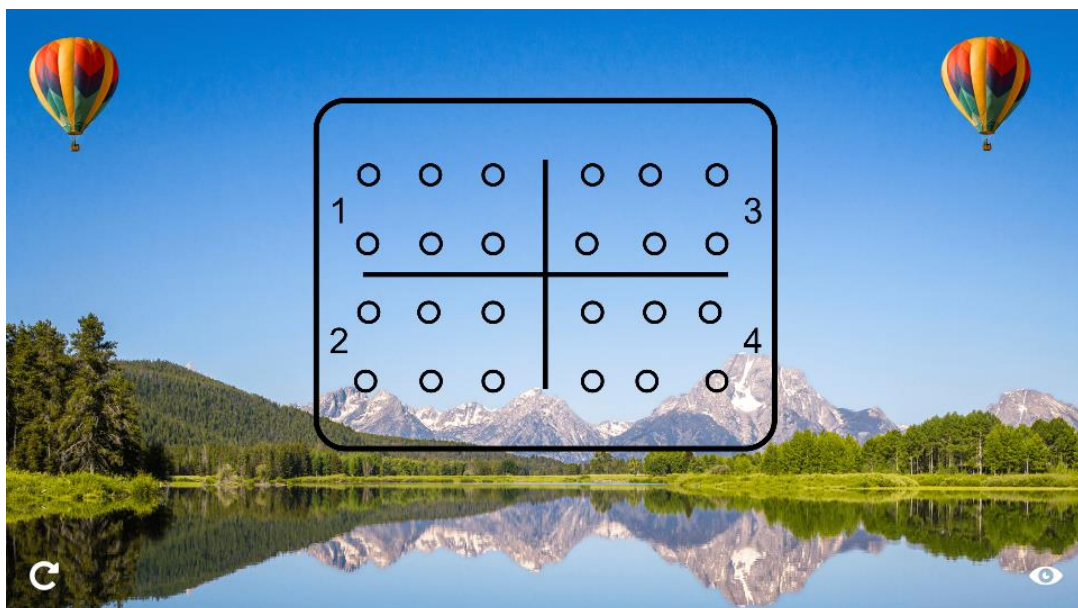


- **Balloon test** - the basic one is made up of 4 balloons with different depths of stereopse, the investigated task is to determine the order of the individual balloons from the furthest to the nearest.



*Figure 7 Balloon Test (4)*

- 
- **Stereotest with graded parallax** - the test is used to determine stereoscopic sharpness (depth stereopse). The test contains 4 quadrants with 6 circles, each one of the circles in each quadrant in 3D viewing is the image and the other one faces before it. Stereoscopic parallax is gradually decreasing from quadrant 4, where it is most pronounced after quadrant 1, where it is the smallest. (4)



*Figure 8 Stepped Parallax Stereotest (4)*

## Fine-proofing tests

These tests are designed for fine binocular refinement such as a two-line or three-line comparative test. (4)

## Contrast tests

The PASCAL 3D system offers a Pelli-Robinson contrast sensitivity test with Sloan letters. (4)

## Screening tests

These tests serve to complete the complete information on the state of visual functions. The system offers tests:

- **Ocular dominance test** - we mainly investigate sensory dominance. One eye is presented with a picture of the dog in the balloon, before the second picture of the cat. The investigator has the task of telling which of the two animals he sees. If the animals alternate, we can assume an alternate type of vision. If he sees both, he does not have a pronounced ocular dominance.



*Figure 9 Ocular dominance test (4)*

- **Pseudo-isochromatic Ishihar's Tables** - Standard Tables for Examination of Color.

(4)

### Resources

1. Miloš, Ruterle. *Přístrojová optika*. Brno : Institut pro další vzdělávání zdravotnických pracovníků v Brně, 2000. ISBN 80-7013-301-5.
2. Beneš, Pavel. Optická praktika. *Elportál MU*. [Online] 2010. <https://is.muni.cz/elportal/?id=901008>. ISSN 1802-128X.
3. Severa David, Veselý Petr, Beneš Pavel. *Elportál*. [Online] Masarykova Univerzita, 2016. [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/index.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/index.html). ISSN 1802-128X.
4. <http://paskal3d.com/cz/vedeni/paskal-3d/>. *Pascal 3D*. [Online] <http://paskal3d.com/cz/vedeni/paskal-3d/>.

### Strabismus

University of Applied Sciences Velika Gorica

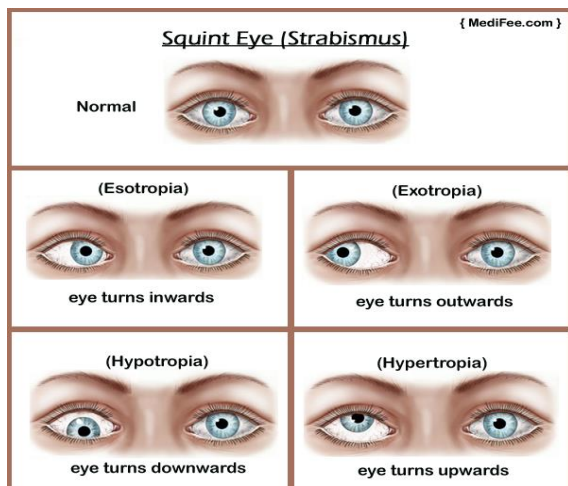
#### 1. WHAT IS STRABISMUS:

**Strabismus** is a visual disorder in which the eyes are misaligned and point in different directions. It is a condition in which both eyes don't look at the same place at the same time. Nobody don't know exactly what and why is strabismus caused but it is known that about 3-5 % of world population is suffering from this condition. It usually occurs in people who have poor eye muscle control or are very farsighted. Strabismus can be caused by problems with the eye muscles, the nerves that transmit information to the muscles, or the control center in the brain that directs eye movements. It can also develop due to other general health conditions or eye injuries. Also some of the risk factors for developing a strabismus are cases of the strabismus in the family, some uncorrected refractive errors, or medical conditions such a Cerebral palsy, Down syndrome or people who have suffered a stroke of head or some head or neck injuries.

Strabismus can occur in people of every age, but usually develops during early childhood. Strabismus hinders the creation of clear stereo binocular image, and double vision or confusion may occur. Confusion is a phenomenon where two different images are created in the same place, and double vision is the appearance of two identical images in two different places. Since the light in a sick eye don't fall exactly to the macula, the brain receives a signal of two different images that disables the fusion or the creation of a third dimension binocular image - stereo vision.

**Anomalous retinal correspondence (ARC)** is a neural adaptation to eye misalignment in which non-corresponding retinal points are linked in the visual cortex to provide binocular fusion. If strabismus is not corrected on time, the brain will make the suppression of the diseased eye in order to eliminate the formation of double vision and confusion. This phenomenon is called **amblyopia**, and in difficult stages it is almost incalculable and irreversible.





## 2. DEFINING FACTORS OF STRABISMUS:

- **Direction of the eye turn** – is not always crossed eyes. Eye can do some horizontal move out of fixation direction: **esotropia** (inwards), **exotropia** (outward), vertical move out of fixation direction: **hypertropia** (up), **hypotropia** (down) or in rare cases eyes can do a rotation move-**cyclotropia**.  
Esotropia is most common type of strabismus and besides the problem with innervation it can often be caused because of hyperopia. People who have uncorrected hyperopia are constantly accommodating and because of AC/A relationship eyes are automatically doing convergence.
- **Frequency of the eye turn**- if the eyes are always misaligned we call it (**constant strabismus**) or only some of the time (**intermittent strabismus**). If the one eye is turned constantly it can cause amblyopia and constant strabismus is harder to treat than an intermittent.
- **Which eye is affected**- an eye turn can occur on both eyes, just one eye or it can be alternating. Alternating strabismus is less dangerous because mostly it can't cause amblyopia.
- **Limitation of the eye turn**- all reasons of why strabismus occur are still not yet known but mostly we classify them as a **comitant** or **incomitant** (parietic). If the angle of ocular misalignment is equal in all fields of gaze, remains the same regardless of which eye is used for fixation, and if the eye movements are all full, the strabismus is described as comitant. All reasons of why this type occur are still unknown but some types of this strabismus are accommodative esotropia which can be caused because of uncorrected hyperopia or abnormal AC/A relationship. Incomitant (parietic) strabismus is deviation when sick eye doesn't follow or (follow with limitation) healthy eye in all direction of gaze. In this case there are two angles of deviation. Primary angle is deviation angle of sick eye when healthy eye fixes, and secondary angle is deviation angle of healthy eye when sick eye fixes. Parietic deviation may occur because of some nerve damages which innervate the eye, in cases of some diseases of the central nervous system, problems with eye muscles or some head or neck traumas. The disabled or limited side of gaze depends on which nerve is damaged, as a

consequence it have a limited or disabled muscle contraction and disturbed eye movement.

- **According to time of onset-** strabismus can be congenital or acquired. Many infants are born with their eyes slightly misaligned, and this is typically outgrown by six to 12 months of age. Acquired and secondary strabismus develop later. The onset of accommodative esotropia, an over convergence of the eyes due to the effort of accommodation, is mostly in early childhood. Acquired non-accommodative strabismus and secondary strabismus are developed after normal binocular vision has developed. In adults with previously normal alignment, the onset of strabismus usually results in double vision.

### 3. MOST COMMON TYPES OF STRABISMUS:

- **Accommodative esotropia** develops because of an abnormal relationship between the converging muscles (medial recti) and the focusing muscles (ciliary body) attached to the lens inside the eye. Normally, there is a linear relationship between these two groups of muscles in that a certain amount of convergence is accompanied by a certain amount of accommodation. This condition may begin initially as an intermittent deviation where the eyes may be satisfactorily aligned when the child's gaze is not fixing on an object, only to become markedly esotropic when focusing mechanisms are used.  
Accommodative esotropia can also develops in uncorrected hyperopic people who are constantly accommodating.  
If the reason of developing is uncorrected hyperopia it is easy to fix it with normal dioptric eyeglasses, bifocal glasses or contact lenses. In some cases it require eye patching or eye surgery.
- **Intermittent exotropia** develops between the ages of 10 months and 4 years, and can be difficult to detect. Parents are unable to describe accurately the abnormality that they see in a child's eye because ocular deviation presents initially only from a distance or when the child is sick. Parents will notice the misalignment, ask the child to look at them, and of course from near distances the eyes are perfectly straight. Because the eyes are only intermittently deviated, the incidence of amblyopia in this condition is quite low, and the children tend to develop good binocularity and stereoscopic vision .A classic symptom of intermittent exotropia is the closing of one eye in bright sunlight. Detection of this symptom alone is an indication for a referral to an ophthalmologist. A cover test may be performed on a distant fixation target, perhaps taking the child to an office window to fixate on an interesting object. Surgery for intermittent exotropia is generally performed around the age of four years when adequate measurements of the angle of deviation can be obtained. Surgery consists of weakening and strengthening appropriate extraocular muscles, and, generally, glasses and exercises don't particular value.

- **Infantile esotropia** is esotropia with an onset before the age of six months with a constant, large angle of strabismus ( $> 30$  PD), no or mild amblyopia, small to moderate hyperopia, latent nystagmus, dissociated vertical deviation, limitation of abduction or limitation due to cross fixation and absent or reduced binocular vision, in the absence of nervous system disorders.

Patients with infantile esotropia are typically neurologically normal, have hyperopia less than 3.50 diopters. Equal visual acuity is normally observed, with amblyopia occurring in less than half of patients. Nystagmus is also frequently observed and is usually latent type. On optokinetic nystagmus testing, will have monocular smooth pursuit asymmetry when the nasal-to-temporal versus temporal-to-nasal response is tested. The treatment of infantile esotropia is extraocular muscle surgery.

- **Microstrabismus** is an eye condition defined by less-than-perfect binocular vision, characterized by a small angle deviation with suppression of the deviated eye and the presence of binocular peripheral fusion. That is, microstrabismus implies peripheral fusion without central fusion. Aside the manifest small-angle deviation tropia, subjects often also have a large-angle latent deviation, **phoria**. Microstrabismus is estimated to affect 1% of the general population. It is believed that this condition is a result of a primary sensorial defect, predisposing to anomalous retinal correspondence. Secondary it can be a outcome of surgical treatment of congenital esotropia or it can be a result of anisometropia. Angle of deviation in this type of strabismus is mostly less than 5 prismatic diopters and it is usually treated with eye patching, prismatic eye glasses, changing refractive prescription, vision exercises or surgery treatment.

## Most common types of strabismus in children

<b>Supranuclear causes</b> (generally comitant)	<b>Paralytic, muscular or orbital causes</b> (generally incomitant)
Infantile esotropia (before 6-8 months, prevalence 1%)	Congenital superior oblique paresis
Accommodative esotropia (between 2-3 year, prevalence 2.5%)	Congenital cranial dysinnervation disorders (Brown, Duane, congenital fibrosis)
Sensory esotropia (rare)	Myopathies (myasthenia, chronic progressive ophthalmoplegia) rare
Acquired late esotropia (rare)	III, IV, VI
Intermittent exotropia (+/- 3 times less frequent and 6 times less amblyogenic than esotropia)	Orbital pattern strabismus
Pattern strabismus	Orbital fractures rare
Monofixation syndrome	Craniostenosis rare

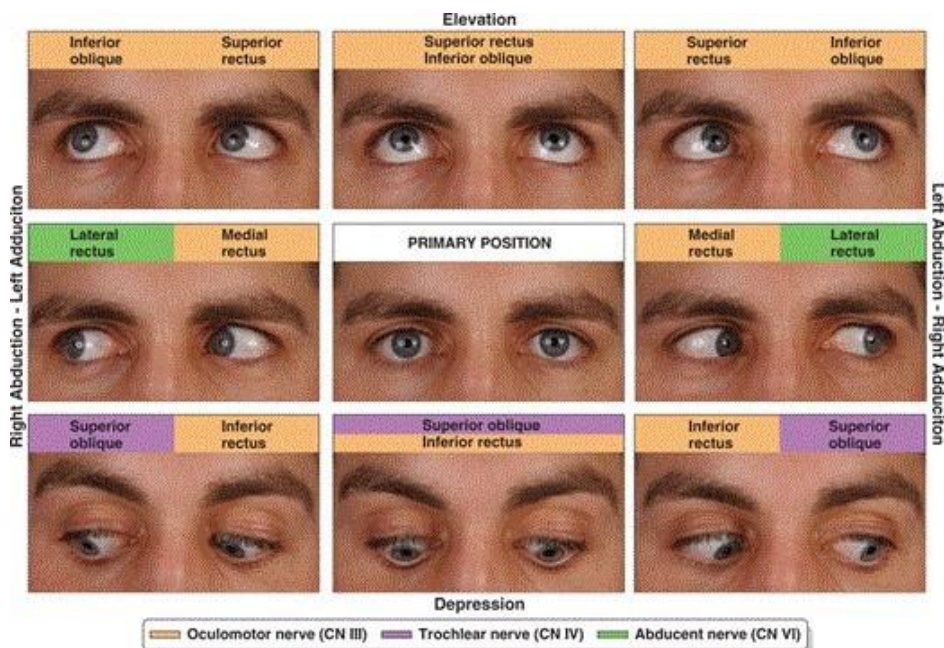


Figure 1. Innervation of eye muscles and connection with eye movement

#### 4. CONCLUSION:

Some types of strabismus is not so easy to recognize, especially if children and adult clients do not perform regular examinations. That is why it is important for us that optometrists are well informed about this phenomenon in order to recognize this more and more common phenomenon, to be consulted and reacted in time to correct this condition and prevent the emergence of amblyopia.

#### 5. LITERATURE:

- <https://www.aapos.org/terms/conditions/100>
- <https://www.umkelloggeye.org/conditions-treatments/strabismus>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3729504/>
- <http://www.thevisiontherapycenter.com/discovering-vision-therapy/what-are-the-types-of-strabismus>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3343641>
- <http://www.ijo.in/article.asp?issn=0301-4738;year=1969;volume=17;issue=6;spage=242;epage=244;aulast=Garg>
- Clinical ophthalmology, Kanski
- Classification of strabismus- Pr. Dr. Monique Cordonnier, Université Libre de Bruxelles
- Strabizam i ambliopija, B.Vukov, M. Blagojević
- Klinička optometrija, B. Cerovski

## **Vertical heterophoria**

**University of Applied Sciences Velika Gorica**

### **1. INTRODUCTION**

Orthophoria is characterised by perfect alignment of two eyes in all positions of gaze and at all fixation distances so that the visual axes are parallel for distance and have proper convergence for near. The problem is that orthophoria is very rare condition. Most of the people have some amount of heterophoria. Heterophoria or latent squint is a condition in which eyes in the primary position or in their movement are maintained on the fixation point under stress only, with the aid of corrective fusion reflexes. When the influence of fusion is removed, the visual axis of one eye deviates.

There are 3 types of heterophoria: vertical, horizontal and cyclophoria. Vertical heterophoria usually has more significant impact on vision than horizontal.

### **2. SYMPTOMS**

There is a lot of symptoms that a person with vertical heterophoria could have. We can divide those symptoms in few categories:

-vestibular symptoms: dizziness, disorientation, nausea, motion sickness and car sickness, unsteadiness while walking, drifts to one side while walking down a hallway.

-Head, neck and shoulder pain symptoms: headache (most common locations are forehead, temples and back of head), pain with eye movements, a feeling of pressure on top of the head, sinus pain, severe neck and shoulder discomfort due to an accompanying head tilt.

-Anxiety: very often symptom. It can be associated with being uncomfortable while driving in a moving vehicle. People are concerned that a dizzy episode will occur while they are driving, and that they will not be able to pull over to the side of the road to get to safety, before harming themselves or others. It can also be associated with being in a space with a tall ceiling. All of the multiple stimuli and detail in a large space can overload the visual system and trigger a dizzy episode with the resultant feeling of being overwhelmed.

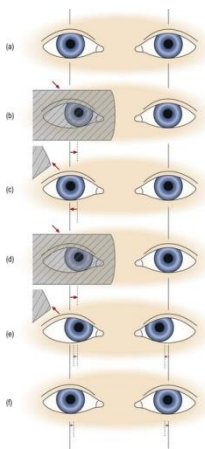
-Reading difficulties associated with misalignment of the eyes: skipping lines with reading, losing their place while reading, using their finger or a ruler as a guide to follow along on a line of print, words running together while reading, fatigue with reading.

-Vision and diplopia symptoms: sensitivity to bright lights from misalignment of eyes causing an exaggerated amount of glare off all surfaces, blurred distance or near vision, overlapping vision, double vision, shadowed vision, poor depth perception, eye strain.

### 3. DIAGNOSIS

Vertical heterophoria can be diagnosed with a lot of methods and tests. Here we are going to show a few tests that are the most common.

Cover- Uncover test: It should be performed for both distance and near. One eye of the patient is covered while fixating with other eye at a distant target. The eye is then uncovered and any movement of the eye to take up fixation is noted. The test is repeated with other eye. The direction of deviation, the degree of deviation and speed of recovery is noted. If the right eye is deviated while under cover, a re-fixation movement is observed on being uncovered. Adduction of the right eye indicates exophoria and abduction esophoria. Upward or downward movement indicates a vertical phoria. After the cover is removed, the speed and smoothness of recovery indicates the strength of motor fusion. After performing cover-uncover test for both distance and near, we can perform alternate cover test.

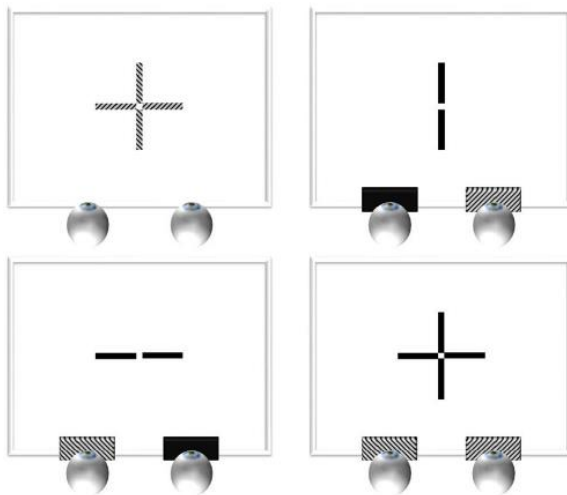


Maddox rod test -the Maddox rod consists of a series of fused cylindrical red glass rods that convert the appearance of a white spot of light into a red streak. The optical property of rod causes the streak of light to be at an angle of  $90^\circ$  with the long axis of the rods. The Maddox rod is placed in front of one eye and patient fixates with both eyes on a spot of light. The patient is asked whether the streak produced by Maddox rod passes through the fixation light seen by the other eye. If not, the patient has some heterophoria. Advantage of this test is that interpretation of results is easy and also we can do it very quickly. Disadvantage is that this test is not so precise and should not be used as final correction.





Polarized cross test- Polarization is set so that the right eye can see at the vertical line and left eye can see the horizontal. We ask the client whether any of these lines is moving or is it standing in the center. If the horizontal line is moved upward, this means that the client has a hypophoria of the left eye (hyperforia of the right eye), and if it is moved downward, there is hyperforia of the left eye (hypophoria of the right eye).



Schober- For this test we use red and green filter. One eye should see a red cross and other eye should see two green circles. If patient is orthophoric the red cross is in the middle. If it isn't, that means that our patient has some heterophoria. If a red filter is in front of the right eye and a green filter is in front of the left eye, and cross is going up, that is hypophoria of right eye (or hyperphoria of left eye). If cross is going down, that is hyperphoria of right eye (or hypophoria of left eye)





## 4. CORRECTION

Not all vertical heterophorias need correction. If person doesn't have any symptoms or difficulties, the correction is unnecessary. But there is also a solution for those who need correction. Heterophoria can be corrected with prism glasses. We put base of the prism opposite to the direction of heterophoria. Usually the value of measured prism is divided on both eyes equally, except in special situations (eg. amblyopic eye, big difference in visus of right and left eye ect.) That means that hyperphoria is corrected with prism base down (inferior) and hypophoria is corrected with prism base up (superior).



Except with prisms, vertical heterophoria can be corrected with decentration of the lens. It is calculated by the formula  $P=c*S$  where P stands for prismatic effect, c is decentration in cm and S is spherical value of lenses. We can only decentrate spherical lenses up to 5 prism dpt. Aspherical lenses can not be decentrated.

## 5. CONCLUSION

Vertical heterophoria is vertical misalignment between the eyes. It can have a significant impact on vision and can cause a lot of difficulties. Many symptoms can lead to the conclusion that a person has vertical heterophoria. The most common symptoms are dizziness, headache, nausea, skipping lines while reading ect. It can be diagnosed with a lot of tests and methods. Every test has advantages and disadvantages, that is why we should do few tests before giving patient final correction. Vertical heterophoria can be corrected with prism lenses or by decentration of the lens, but not every heterophoria needs correction.

## 6. REFERENCES

1. <https://www.aimu.us/2017/12/10/heterophoria-symptoms-causes-diagnosis-and-management/>
2. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22390327>
3. <http://dizzinessandvertigo.weebly.com/vertical-heterophoria.html#>
4. <http://clarkeeye.com/wp-content/uploads/2015/04/Symptoms-of-Vertical-Heterophoria.pdf>
5. <https://innerharbouroptometry.com/vertical-heterophoria/>
6. A. Raizner: Osnove refrakcije, 2009.
7. D.Benčić, I.Donaj , A.v.Raizner, P.Vretenar: Leksikon očne optike i optometrije, 2006.

## Sekce posterů / Posters:

**Bc. Markéta Zmeškalová, Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.**

### **Změny rohovkového endotelu u dlouhodobých nositelů kontaktních čoček**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

Tato práce se zabývá otázkou, zda má dlouhodobé nošení kontaktních čoček vliv na endotel rohovky a jaké kontaktní čočky, z hlediska materiálu a let nošení, parametry endotelu nejvíce ovlivňují.

#### **Úvod**

Kontaktní čočky jsou nedílnou součástí aktivního života mnoha lidí. Na trhu je v současnosti nepřeberné množství produktů z různých materiálů, ať už se jedná o kontaktní čočky tvrdé, měkké či hybridní. Hlavní otázkou je působení kontaktních čoček na parametry rohovky, především pak na její endotel. Mnohé studie ukazují, že nejvýraznější změny v parametrech endotelu se vyskytují u nositelů tvrdých kontaktních čoček. Neméně důležitou roli hraje také to, jak dlouho již kontaktní čočky jedinec nosí. Ačkoliv dnes v drtivé většině převažují nositelé silikonhydrogelových a hydrogelových kontaktních čoček, byly také u nich zpozorovány případy změn v endotelu rohovky, a to především u pacientů, kteří jsou dlouholetými nositeli.

#### **Endotel rohovky**

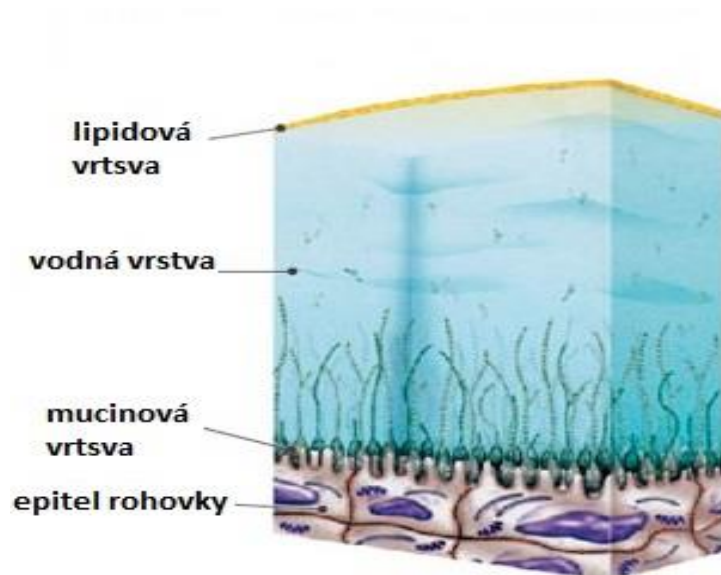
Endotel rohovky je složen z jedné vrstvy polygonálních buněk, které na sebe těsně přiléhají. Celá vrstva endotelu má tloušťku cca 5  $\mu\text{m}$ . Endotel udržuje konstantní hydrataci rohovky a tím zajišťuje i její transparentci. Je metabolicky neaktivnější vrstvou rohovky. Normální počet buněk endotelu je při narození 4000–5000 na  $\text{mm}^2$  a během života klesá. Jejich počet klesá také při různých onemocněních, po nitroočních operacích či po transplantaci rohovky. Mezi dvacátým a padesátým rokem věku je hustota buněk endotelu u většiny populace relativně stabilní. Zdravý endotel má průměrný počet buněk 2600–3000 na  $\text{mm}^2$ . Reparace endotelu probíhá zvětšováním a migrací stávajících buněk. Skrz endotel proudí do rohovky látky z komorové vody, které ji vyživují a z rohovky zpět do komorové vody odpadní produkty. Za minimální počet buněk, který je nutný pro zachování rohovkové fyziologie, bývá považováno 400–700 buněk na  $\text{mm}^2$ . Pokud počet buněk klesne pod tuto hodnotu, dojde k poruše hydratace a k edému rohovky. Endotelové buňky mají fyziologicky relativně uniformní

tvár i velikost. Stupeň uniformity buňkové velikosti lze měřit. Získává se tzv. koeficient variace buňkové velikosti (označení CV). Koeficient variace má za normálního stavu rohovky hodnotu přibližně 22 až 31 %. Zvýšené CV poukazuje na nestabilní a stresovanou vrstvu endotelových buněk. Tento stav se nazývá polymegetismus. Jako pleomorfismus se označuje stav, kdy je zvýšený počet buněk, které mají více nebo méně než 6 stran. Tyto stavy poukazují na poškozenou endotelovou vrstvu a jsou také znakem některých onemocnění. Četnost hexagonálního tvaru buněk, tzv. hexagonalita, se u zdravého endotelu pohybuje mezi 70 až 80 %. Riziko vzniku polymegetismu či pleomorfismu se zvyšuje s věkem, nošením kontaktních čoček, onemocněními nebo chirurgickými zákroky.

### **Slzný film, jeho struktura a funkce**

Slzný film je tenká, bezbarvá, transparentní vrstva pokrývající rohovku i spojivku. Jeho tloušťka je 4,5 až 8,7  $\mu\text{m}$  a kolísá mezi jednotlivými mrknutími. Je tvořen třemi vrstvami, které spolu úzce souvisí.

Vnitřní a zároveň nejtenčí je vrstva mucinová produkovaná pohárkovými buňkami spojivky. Nad ní se pak nachází vrstva vodná, která zaujímá největší část slzného filmu a má za úkol omývat oko. Je produktem Krauseho žláz, Wolfringových žláz a slzné žlázy jako celku. Zevní vrstva je vrstva lipidová s tloušťkou 0,1  $\mu\text{m}$ , která zabraňuje odpařování slz a zajišťuje stabilitu slzného filmu. Je produkována Meibomskými žlázami na okraji víček.



Obr. 1: vrstvy slzného filmu

### Funkce slzného filmu:

- vytváří opticky hladké rozhraní na rohovce
- omývá povrch oka a odplavuje metabolity rohovky, cizí tělíška, mrtvé buňky
- chrání před infekcí
- lubrikuje povrch oka, čímž umožňuje plynulý a bezbolestný pohyb víček a udržuje vhodné prostředí pro rohovkový epitel
- zásobuje epitel kyslíkem, rozpuštěným ve vodné složce

### **Slzný film s kontaktní čočkou**

Slzný film je jedním z důležitých faktorů, které ovlivňují pohodlí kontaktní čočky. Sama čočka však vlastnosti slzného filmu také ovlivňuje. Po aplikaci kontaktní čočky se prekorneální slzný film rozdělí na dvě vrstvy.

Na povrchu kontaktní čočky vzniká slzný film prelenticulární. Mezi kontaktní čočkou a rohovkou pak slzný film postlenticulární.

Prelenticulární slzný film plní funkci ochrany kontaktní čočky před vysoušením a ukládáním deposit. Je mnohem tenčí než slzný film bez kontaktní čočky. Vlivem kontaktní čočky dochází k radikálnímu ztenčení lipidové vrstvy a tím je ovlivněna i stabilita slzného filmu.

Postlenticulární slzný film slouží jako polštář, na kterém leží kontaktní čočka. Velmi důležitá je cirkulace slz pod kontaktní čočkou. Nedostatečná cirkulace slz může způsobit nahromadění nečistot mezi kontaktní čočkou a rohovkou. Při aplikované kontaktní čočce vytváří postlenticulární slzný film **slznou čočku**, která ovlivňuje výslednou hodnotu korekce.

### **Kontaktní čočky a jejich dělení dle materiálu**

Kontaktní čočky prodělaly velký vývoj a materiály používané pro jejich výrobu se výrazně měnily. Nové materiály umožňují velmi dobrou látkovou výměnu rohovky, zajišťují tak fyziologické funkce rohovky a snižují riziko vzniku komplikací. Z hlediska materiálu se kontaktní čočky dělí na tvrdé, měkké a hybridní.

### Tvrdé kontaktní čočky

Tvrdé kontaktní čočky můžeme obecně rozdělit na tvrdé pro plyny nepropustné a tvrdé plynopropustné. Mezi kontaktní čočky tvrdé pro plyny nepropustné patří například kontaktní čočky vyrobené ze skla či z PMMA. Mezi plynopropustné pak kontaktní čočky, které jsou vyrobeny z RGP materiálů.

**Sklo** bylo prvním materiálem použitým na výrobu kontaktních čoček, který se však nedokázal přizpůsobit tvaru oka. Původní skleněné čočky dnes již zcela ustoupily.

Problémem kontaktních čoček vyrobených z **PMMA** byla prakticky úplná nepropustnost materiálu pro kyslík. Jeho přívod a látková výměna byla zajištěna cirkulací slz pod kontaktní čočkou. Tyto problémy byly řešeny korneální konstrukcí čočky. Při delším nošení docházelo k problémům jako byl edém rohovky či poškození epitelu. Od 70. let 20. století byly kontaktní čočky z PMMA postupně vytlačovány a dnes již jejich výroba skončila. Tyto čočky však velmi přispěly ke studiu vlastností a metabolických potřeb rohovky.

Další podskupinou jsou kontaktní čočky vyrobené z **RGP** materiálů. Jejich výhoda spočívá v tom, že dokonale propouští kyslík, avšak nepropouštějí vodu, a tudíž vážně odvod zplodin od rohovky. Tento problém je opět řešen korneální konstrukcí čočky. Čočky se vyrábí s použitím kopolymerů a dalších příměsí.

### Měkké kontaktní čočky

Měkké kontaktní čočky lze rozdělit v širším slova smyslu na hydrofobní a hydrofilní. Častější dělení je pak na čočky hydrogelové a silikonhydrogelové. Velkým pokrokem byl vynález materiálu HEMA, který má vysokou biokompatibilitu, nízkou toxicitu a je schopný vázat vodu díky čemuž se stává hydrofilním. Z tohoto materiálu vznikly první **hydrogelové** kontaktní čočky. Propustnost hydrogelů pro kyslík je omezena obsahem vody, který dokážou zvýšit kopolymery. Díky svým hydrofilním vlastnostem kontaktní čočka podporuje látkovou výměnu rohovky. HEMA se stal standardem pro další hydrogely. Většina čoček dnes stále obsahuje HEMA spolu s jednou či více přísadami. V drtivé většině začínají převažovat také čočky **silikonhydrogelové**, které mají vzájemně propojenou hydrofobní a hydrofilní strukturu, vznikly tedy kombinací silikonů s hydrogely. Silikonhydrogelové kontaktní čočky mají nižší obsah vody, avšak vysoké hodnoty propustnosti pro kyslík.

## Hybridní kontaktní čočky

Hybridní kontaktní čočky mají tvrdou plynopropustnou optickou část a měkkou hydrofilní periferii. Což znamená, že poskytují kvalitu vidění jako RGP čočky a komfort jako měkké kontaktní čočky.

### **Fyziologické komplikace a změny parametrů rohovky indukované kontaktními čočkami**

Kontaktní čočka na oku působí jako cizí těleso. Materiál kontaktní čočky by neměl narušovat fyziologii oka, cirkulaci slz, zásobování rohovky kyslíkem a také odvod zplodin metabolismu rohovky. Tato kritéria však žádná kontaktní čočka v současné době nespĺňuje, avšak volbou správné kontaktní čočky a správnou aplikací mohou být negativní jevy minimalizovány.

Kontaktní čočky mají výrazný vliv na rohovku a celý přední segment oka. Tlakem na rohovku a změnou přísunu kyslíku k rohovce mohou vzniknout změny na povrchu rohovky, ve stromatu, v endotelu i v jejím zakřivení. Významnější je vliv na **citlivost rohovky**, kterou kontaktní čočky mohou snižovat. Se snížením citlivosti se snižuje frekvence mrkání a tím pádem vážně i obměna slzného filmu. Další komplikací způsobenou kontaktními čočkami (především hydrogelovými) může být také **syndrom suchého oka**. Problém souvisí s poruchou lipidové vrstvy slzného filmu. Dochází k vyššímu odpařování vodné vrstvy slzného filmu a ke vzniku obtíží jako je pálení a řezání očí.

Kontaktní čočka také omezuje přístup kyslíku k rohovce a situaci, kdy se začíná tento nedostatek kyslíku projevovat, nazýváme **hypoxie**. Hypoxie se projevuje množstvím změn na rohovce.

Nejprve se projeví na rohovkovém epitelu, kde se objevuje tzv. **Sattlerův závoj**. Ten se projevuje rozmazaným viděním. Při déletrvajícím hypoxii dochází i k **edému stromatu**, k výskytu **strií** ve stromatu a k jeho **ztenčování**. Na trvajícím nedostatek kyslíku reagují i cévy a začínají se tvořit **neovaskularizace**. Dlouhodobá hypoxie vede k chronickému **edému epitelu**. Ve spodních vrstvách epitelu se také objevují **mikrocysty**, které se postupně posouvají k povrchu epitelu, kde způsobují defekt. Dlouhodobá hypoxie má rovněž nepříznivý vliv na rohovkový endotel. Dochází k jeho vyčerpání a k odumírání endotelových buněk. Jelikož buňky nemají schopnost regenerace, volný prostor po odumřelých endotelových buňkách zaujímají okolní buňky, vzniká **polymorfismus a polymegetismus endotelu**.

Dlouhodobá hypoxie, chronický edém epitelu, stromatu, vznikající polymegetismus a polymorfismus vedou k poruchám průhlednosti rohovky a větším vaskularizacím. Tento stav se nazývá syndrom vyčerpání rohovky.



Vložení kontaktní čočky do oka se endotelové buňky mechanickou silou oploští a navzájem se od sebe vzdálí. U měkkých kontaktních čoček jsou odezvy endotelových buněk větší než u pevných čoček, které mají menší průměr a pokrývají menší část rohovky.

### Endoteliální mikroskop

Endoteliální mikroskop slouží k podrobnému analyzování vrstvy endotelových buněk rohovky a k detekci jejich změn. Zachycuje obraz endotelu nekontaktní metodou využívající princip zrcadlového odrazu. Vyšetření pomocí endoteliálního mikroskopu se řadí mezi neinvazivní metody a je důležité zejména při diagnostice endotelových onemocněních. Bývá též součástí předoperačního vyšetření před nitroočními operacemi. Moderní spekulární mikroskopy mají vysoké rozlišení a větší zorné pole, navíc i kvalitnější optiku, která umí potlačit odlesk. Součástí je zabudovaný kamerový systém s možností uložení pořízeného snímku. Z uložených snímků, které mikroskop pořídí, dokáže zabudovaný počítačový software kvantifikovat a vyhodnotit morfologickou analýzu endotelových buněk. Parametry, jež software vyhodnocuje, jsou např. velikost a tvar endotelových buněk, hustota a procentuální výskyt buněk šestihhranného tvaru v analyzované oblasti (hexagonalita).



Obr. 2: Endoteliální mikroskop Nidek CEM-530

	<R>	<L>
NUM	211	222 (cell)
CD	2859	2937 (cell/mm <sup>2</sup> )
AVG	350	340 (μm <sup>2</sup> )
SD	106	105 (μm <sup>2</sup> )
CV	32	33 (%)
MAX	881	1093 (μm <sup>2</sup> )
MIN	128	128 (μm <sup>2</sup> )
HEX	67	60 (%)
-----		
CT	540	555 (μm)
FIX	C	C
	<R>	<L>
		
	NIDEK CEM-530	

Obr. 3: Záznam výsledků měření z endoteliálního mikroskopu Nidek CEM-530

### Praktická část

Praktická část je zaměřena na měření a porovnání parametrů endotelu rohovky u dlouhodobých nositelů měkkých, tvrdých, hybridních kontaktních čoček z hlediska let nošení a kontrolních subjektů. Kontrolními subjekty jsou jedinci, kteří kontaktní čočky nenosí.



Základní hypotézou je předpoklad, že se u všech dlouhodobých nositelů kontaktních čoček dohromady budou hodnoty parametrů endotelu rohovky lišit oproti hodnotám u kontrolních subjektů. Měřenými parametry jsou hustota buněk endotelu, koeficient variace a hexagonalita.

Druhá základní hypotéza předpokládá, že se naměřené parametry endotelu rohovky budou nejvíce lišit u nositelů tvrdých kontaktních čoček.

Subjekty jsou rozděleni do šesti skupin. První skupinu tvoří kontrolní subjekty, druhou všichni nositelé kontaktních čoček, třetí nositelé měkkých kontaktních čoček nosící čočky méně nebo rovno pět let, čtvrtou skupinou jsou nositelé měkkých kontaktních čoček nosící kontaktní čočky více jak pět let, pátou nositelé tvrdých kontaktních čoček a šestou nositelé hybridních kontaktních čoček.

Endotel rohovky je měřen vždy v centrální části endoteliálním mikroskopem Nidek CEM-530.

### Dosavadní výsledky výzkumu

Výsledky	Kontrolní subjekty	Všichni nositelé kč	Nositelé měkkých kč ≤ 5 let	Nositelé měkkých kč > 5 let	Nositelé hybridních kč	Nositelé tvrdých kč
Počet očí (z toho P a L)	97 (51-46)	97 (46-51)	20 (10-10)	31 (15-16)	29 (13-16)	17 (8-9)
Průměrný věk (nejmladší, nejstarší)	28,43 (15-65)	33,22 (15-65)	25,3 (18-46)	26,44 (20-45)	36,67 (15-60)	45,8 (28-65)
Průměrná délka nošení kč (roky) (min, max)	-	8,48 (2-30)	3,9 (2-5)	9,38 (6-24)	6,17 (2-20)	15,8 (7-30)
Průměrný počet buněk endotelu na mm <sup>2</sup> ; CD	2942,75	2863,16	2950,3	2949,39	2797,52	2715,41
Průměrná hodnota CV	29,24	29,45	28,45	27,48	29,97	33,35
Průměrná hodnota HEX	71,29	65,64	66,25	66,32	65,14	64,53

Tabulka č. 2: Počty očí, průměrný věk, průměrná délka nošení kontaktních čoček, průměrná hustota buněk endotelu, hodnota CV a HEX u jednotlivých skupin

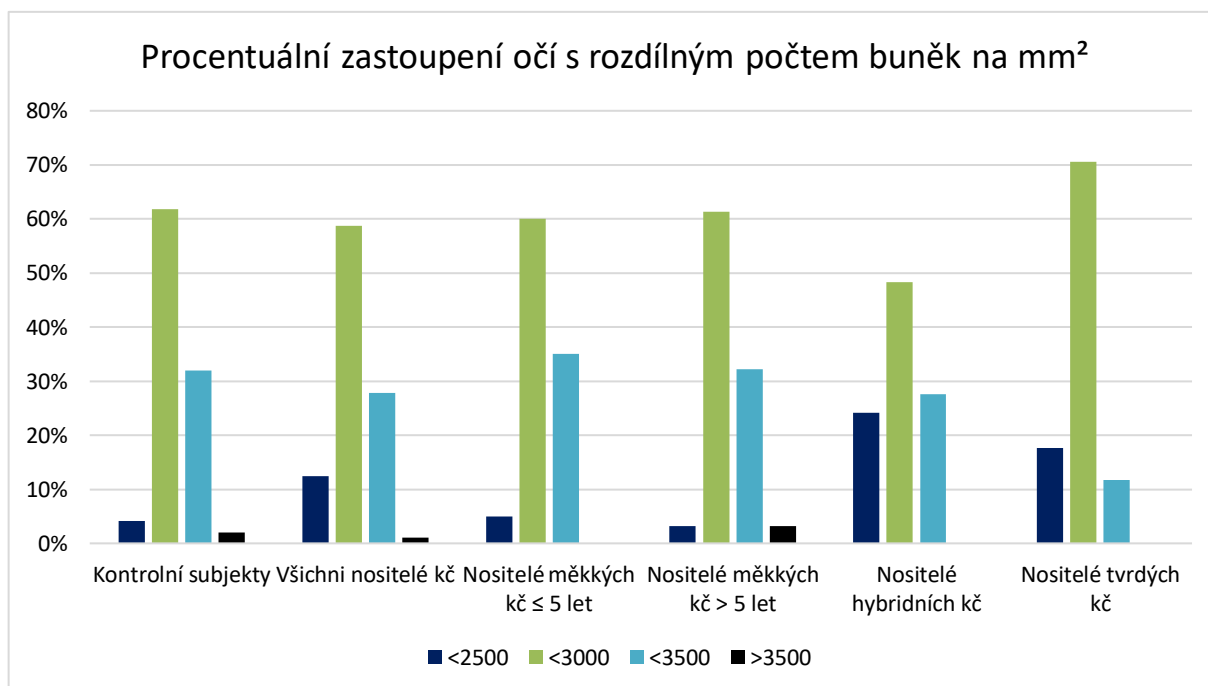
Z tabulky č. 1 je patrné, že se průměrný počet buněk endotelu na mm<sup>2</sup> u skupiny všech nositelů kontaktních čoček, oproti kontrolním subjektům, liší. Nejvyšší hodnoty průměrného počtu buněk na

mm<sup>2</sup> však nevykazuje skupina kontrolních subjektů, nýbrž skupina nositelů měkkých kontaktních čoček nosící kontaktní čočky méně nebo rovno 5 let. Naopak nejnižší hodnoty průměrného počtu buněk na mm<sup>2</sup> vykazuje skupina nositelů tvrdých kontaktních čoček.

U skupiny všech nositelů kontaktních čoček se také nepatrně odlišuje průměrná hodnota koeficientu variace a hexagonalita. Výrazně vyšší hodnoty koeficientu variace jsou u nositelů tvrdých kontaktních čoček, naopak hexagonalita vykazuje u této skupiny hodnoty nejnižší.

První základní hypotéza a to ta, že se u všech dlouhodobých nositelů kontaktních čoček budou hodnoty parametrů endotelu rohovky lišit oproti hodnotám kontrolních subjektů, se zatím potvrzuje. Průměrný počet buněk endotelu na mm<sup>2</sup> je u skupiny všech nositelů kontaktních čoček nižší, koeficient variace vyšší a hexagonalita nižší než u kontrolní skupiny. Jednotlivé skupiny nositelů kontaktních čoček však vykazují oproti kontrolní skupině hodnoty odlišné.

Druhá základní hypotéza předpokládající, že se naměřené parametry endotelu rohovky budou nejvíce lišit u nositelů tvrdých kontaktních čoček, se zatím potvrzuje plně.



Graf č. 1: Procentuální zastoupení očí s rozdílným počtem buněk na mm<sup>2</sup>

Z grafu č. 1 je patrné, že je u všech skupin nejčastěji zastoupen počet buněk endotelu na mm<sup>2</sup> v rozmezí hodnot 2500 až 3000. Nejvyšší procentuální zastoupení v těchto rozmezích hodnot mají nositelé tvrdých kontaktních čoček. Naopak u nositelů hybridních kontaktních čoček je oproti ostatním skupinám, navíc poměrně více zastoupen počet buněk endotelu na mm<sup>2</sup> v hodnotách pod 2500.

## Závěr

V současnosti jsou kontaktní čočky rozšířenou korekční pomůckou, která má spoustu výhod oproti brýlím. Bohužel i kontaktní čočky mohou způsobit určité komplikace, mít vliv na různé parametry a jejich změny v jednotlivých vrstvách rohovky.

Tato práce má ověřit, zda má dlouhodobé nošení kontaktních čoček vliv na parametry rohovkového endotelu a porovnat, který materiál kontaktních čoček způsobuje v rohovkovém endotelu nejvýraznější změny.

## Zdroje

Agarwal, Sunita, Agarwal, Athiya a Apple, David J. Textbook of Ophthalmology. New Delhi: Jaypee Brothers Publishers, 2002. 81-7179-884-5.

Craig, Thomas. Use Specular Microscopy to Diagnose Corneal Disease. Review of Optometry. [Online] 15. 6 2009. <http://www.revoptom.com/content/d/cornea/c/14605/>.

FIALKOVÁ, Lenka, 2011. Slzný film a kontaktní čočky. Olomouc. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta.

HRUŠKOVÁ, Karolina, 2015. Vliv aplikace kontaktních čoček na parametry rohovky. Brno. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta.

J. MANNIS, Mark a Karla ZADNIK. Contact lenses in optical practise. 1. Springer, 2003. ISBN 978-0-387-40400-4.

JUREČKA T., MAŠKOVÁ Z., PETROVÁ S. Základy aplikace kontaktních čoček. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2008. ISBN 978-80-7013-470-2.

KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007, 768 s. ISBN 978-80-247-1163-8.

Maldonado-Codina, C.: Soft lens materials, Contact Lens Practice, 2.vydání, Butterworth Heinemann Elsevier, Edinburgh, 2010, s. 67-85, ISBN: 978-0-7506-8869-7

Michálek, J.: Materiály a technologie pro výrobu kontaktních čoček, Základní kurz školení kontaktologů, Česká kontaktologická společnost, Praha, 2004, s. 49-72

PÁSKOVÁ, Petra, 2017. Speciální kontaktní čočky. Olomouc. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta.

Purslow, Ch.: The interaction between contact lenses and the tear film, dostupné na: <http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/CET%20260210-2%20POINT.pdf>

SYNEK, S., SKORKOVSKÁ, Š.: Kontaktní čočky, Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, Brno, 2003, s. 91, ISBN: 80-7013-387-2

SYNEK Svatopluk, SKORKOVSKÁ Šárka: Fyziologie oka a vidění. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2004. 94 s. ISBN 80-247-0786-1.

TOVÁRKOVÁ J. Tvrdé kontaktní čočky. Česká oční optika, ročník 49, 2008, č. 1, str. 94 - 95.

VLKOVÁ, E., HLINOMAZOVÁ, Z.: Riziková keratoplastika, 1. vydání, Brno, Masarykova univerzita, 1999, 79 s., ISBN 80-210-2108-X

<https://innovamed.com/sites/default/files/CEM-530-1.jpg>

[https://www.collinsoptometrists.com.au/wp-content/uploads/2015/08/TearFilm\\_DiagramWebsite.jpg](https://www.collinsoptometrists.com.au/wp-content/uploads/2015/08/TearFilm_DiagramWebsite.jpg)

**Bc. Markéta Zmeškalová, Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.**

## **Effects of long-term contact lens wear on the corneal endothelium**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

This work deals with the question whether the long-term wearing of contact lenses affects the corneal endothelium and what contact lenses, in terms of material and years of wearing, have the most influence on endothelium parameters.

### **Introduction**

Contact lenses are an integral part of the active life of many people. There are currently plenty of products from various materials on the market, whether they are hard, soft or hybrid contact lenses. The main question is the influence of contact lenses on the parameters of the cornea, especially on its endothelium. Many studies have shown that the most striking changes in endothelial parameters occur in carriers of hard contact lenses. Equally important is how long the contact lenses wear the individual. Although the silicon hydrogel and hydrogel contact lenses predominantly prevail today, there have also been reports of changes in the corneal endothelium, especially in patients who have long been carriers.

### **Corneal endothelium**

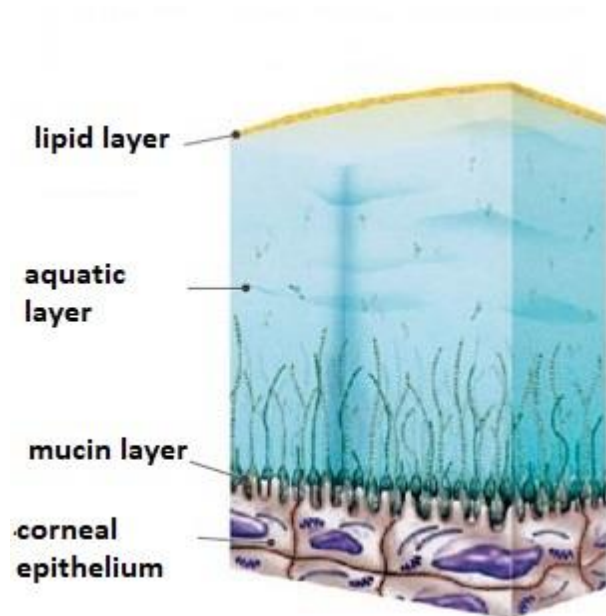
The corneal endothelium is composed of a single layer of polygonal cells that fit tightly against each other. The whole endothelium layer has a thickness of about 5  $\mu\text{m}$ . The endothelium maintains constant corneal hydration to ensure its transparency. It is the most metabolically active corneal layer. The normal number of endothelial cells at birth is 4000-5000 per  $\text{mm}^2$  and decreases during life. Their number also decreases in various diseases, after intraocular surgery or after corneal transplantation. Between the age of twenty and fifty, the density of endothelial cells in majority of the population is relatively stable. A healthy endothelium has an average cell count of 2600-3000 per  $\text{mm}^2$ . Endothelial repair proceeds by enlarging and migrating existing cells. Through the endothelium, substances from the ventricle flow into the cornea to nourish and return the waste products back to the chamber. The minimum number of cells required to maintain corneal physiology is considered 400-700 cells per  $\text{mm}^2$ . If the number of cells falls below this value, a hydration and corneal edema disorder occurs. Endothelial cells have a physiologically relatively uniform shape and size. The degree

of cell size uniformity can be measured. A so-called cell-size variation coefficient (CV) is obtained. The coefficient of variation is about 22 to 31% in the normal corneal state. Increased CV points to an unstable and stressed layer of endothelial cells. This condition is called polymegetism. Pleomorphism refers to a condition where there is an increased number of cells that have more, or less than 6 sides. These conditions point to a damaged endothelial layer and are also a sign of some diseases. Frequency of hexagonal shape of cells, called hexagonality, ranges between 70 and 80% in a healthy endothelium. The risk of polymegetism or pleomorphism increases with age, wearing contact lenses, diseases or surgical procedures.

### **Tear film, its structure and function**

Tear film is a thin, colorless, transparent layer covering the cornea and conjunctiva. Its thickness is 4.5 to 8.7  $\mu\text{m}$  and varies between individual blinks. It is made up of three layers that are closely related.

Inner and thinner is the mucin layer produced by conjunctival cup cells. Above it there is an aqueous layer that occupies the largest part of the tear film and has the task of washing the eye. It is the product of Krause's glands, Wolfring's glands and lacrimal glands as whole. The outer layer is a 0.1  $\mu\text{m}$  thick lipid layer that prevents the evaporation of tears and ensures the stability of the tear film. It is produced by Meibom glands on the edges of the eyelids.



Picture 11: layers of tear film

### **The function of the tear film:**

- creates an optically smooth interface on the cornea
- observes the surface of the eye and flushes the metabolites of the cornea, foreign bodies, dead cells
- protects against infection
- lubricates the surface of the eye, allowing smooth and painless movement of the eyelids and maintains a suitable environment for corneal epithelium
- provides the epithelium with oxygen dissolved in the aqueous component

### **Tear film with contact lens**

Tear film is one of the important factors that affect the comfort of a contact lens. The lens itself also influences the properties of the tear film. After the contact lens is applied, the pre-corneal tear film is divided into two layers.

On the surface of the contact lens, the tear film is prelenticular. Between the contact lens and the cornea, the tear film is post-lenticular.

Prelenticular tear film fulfills the function of contact lens protection prior to drying and depositing deposits. It is much thinner than a tear film without a contact lens. Due to the contact lens, a radical thinning of the lipid layer results in the stability of the tear film.

The postlenticular tear film serves as a pillow on which the contact lens lies. Very important is the circulation of tears under the contact lens. Insufficient circulation of tears can cause the accumulation of dirt between the contact lens and the cornea. When the contact lens is applied, the postlenticular tear film creates a tear lens that affects the resulting correction value.

### **Contact lenses and their division according to material**

Contact lenses have undergone a lot of development and the materials used for their production have changed significantly. The new materials enable very good corneal metabolism, thus ensuring the physiological functions of the cornea and reducing the risk of complications. In terms of material, contact lenses are divided into hard, soft and hybrid.

### Hard Contact Lenses

Hard contact lenses can generally be divided into hard for gas impermeable and hard gas-permeable. Hard contact lenses for gas impermeable include, for example, contact lenses made of glass or PMMA. Among the porous permeable contact lenses, which are made of RGP materials.

**Glass** was the first material used to make contact lenses, but it was unable to adapt to the shape of the eye. The original glass lenses have now subsided.

The problem of contact lenses made of **PMMA** was virtually total impermeability of the oxygen material. Its feed and metabolism were ensured by circulating tears under the contact lens. These problems were addressed by the corneal design of the lens. Longer wearing problems involved corneal edema or epithelial damage. Since the 70s of the 20th century, PMMA contact lenses have been gradually pushed out and now their production has ended. However, these lenses have greatly contributed to the study of the properties and metabolic needs of the cornea.

Another subgroup are contact lenses made from **RGP** materials. Their advantage lies in the fact that they completely release oxygen, but do not leak water and hence lead to corneal exhaust. This problem is again resolved by the corneal design of the lens. The lenses are made using copolymers and other admixtures.

### Soft contact lenses

Soft contact lenses can be broadly categorized as hydrophobic and hydrophilic. Frequent division is then on hydrogel and silicone hydrogel lenses. Great progress has been made with the invention of HEMA, which has high biocompatibility, low toxicity and is capable of binding water making it hydrophilic. This material produced the first **hydrogel contact lenses**. The hydrogel permeability for oxygen is limited by the water content that can increase the copolymers. Thanks to its hydrophilic properties, the contact lens supports corneal metabolism. HEMA has become the standard for other hydrogels. Most lenses today still contain HEMA along with one or more ingredients. For the most part, **silicone hydrogel lenses**, which have a mutually interconnected hydrophobic and hydrophilic structure, have become predominantly formed by the combination of silicones and hydrogels. Silicon hydrogel contact lenses have a lower water content, but high oxygen permeability.



### Hybrid contact lenses

Hybrid contact lenses have a hard gas-permeable optical part and a soft hydrophilic periphery. Which means they provide vision quality as RGP lenses and comfort as soft contact lenses.

### **Physiological complications and changes in corneal parameters induced by contact lenses**

The contact lens on the eye acts as a foreign object. Contact lens material should not interfere with eye physiology, tear circulation, corneal oxygen supply, and corneal metabolism exhaust. These criteria, however, no contact lens currently meets, but by choosing the right contact lens and the right application, negative phenomena can be minimized.

Contact lenses have a significant effect on the cornea and the entire front segment of the eye. Pressure on the cornea and changes in oxygen to the cornea can cause changes in the corneal surface, in the stroma, in the endothelium and in its curvature. More important is the effect on the **corneal sensitivity** that contact lenses may reduce. By reducing sensitivity, the blink frequency is reduced, and the tear film is also changed. Other complications caused by contact lenses (especially hydrogel) may be **dry eye syndrome**. The problem is related to the lipid layer of the tear film. There is a higher evaporation of the aqueous layer of tear film and problems such as burning and cutting eyes.

The contact lens also restricts the access of oxygen to the cornea, and the situation when this oxygen deficiency begins to manifest is called **hypoxia**. Hypoxia is manifested by number of changes on the cornea.

First, it appears on the corneal epithelium, where **Sattler's veil** appears. It shows a blurred vision. During prolonged hypoxia, **stroma edema**, **shingles** in the stroma and its **thinning** occur. Ongoing oxygen deficiency also responds to blood vessels and **neovascularization** begins to form. Long-term hypoxia leads to chronic epithelial edema. In the lower layers of the epithelium, **microcysts** also appear which gradually move towards the surface of the epithelium where they cause defect. Long-term hypoxia also has an adverse effect on the corneal endothelium. It is exhausted and endothelial cell death. Since the cells are not regenerating, free space after dead endothelial cells occupy the surrounding cells, resulting in **polymorphism** and **endothelial polymegethism**.

Long-term hypoxia, chronic edema of the epithelium, stroma, polymegethism and polymorphism result in corneal opacities and increased vascularization. This condition is called corneal exhaustion syndrome.

By inserting the contact lens into the eye, the endothelial cells are pulled apart by mechanical force and leave one another apart. In soft contact lenses, endothelial cell responses are greater than those of fixed lenses that have a smaller diameter and cover a smaller part of the cornea.

### Endothelial microscope

The endothelial microscope serves for detailed analysis of the corneal endothelial cell layer and for the detection of changes in the cornea. It captures the image of the endothelium by a non-contact method using the mirror-reflection principle. Endothelial microscopic examination is a non-invasive method and is particularly important in the diagnosis of endothelial diseases. It is also part of a preoperative examination before intraoperative surgery. Modern speculative microscopes have a high resolution and a larger field of view, as well as superior optics that can suppress glare. Includes a built-in camera system with the option to save the captured image. The built-in computer software can quantify and evaluate endothelial cell morphology from stored images that the microscope makes. Parameters that the software evaluates are, for example, the size and shape of endothelial cells, the density and percentage of hexagonal shape cells in the analyzed area (hexagonality).



Picture 2: Endothelial microscope Nidek CEM-530

	<R>	<L>
NUM	211	222 (cell)
CD	2859	2937 (cell/mm <sup>2</sup> )
AVG	350	340 (μm <sup>2</sup> )
SD	106	105 (μm <sup>2</sup> )
CV	32	33 (%)
MAX	881	1093 (μm <sup>2</sup> )
MIN	128	128 (μm <sup>2</sup> )
HEX	67	60 (%)
-----		
CT	540	555 (μm)
FIX	C	C
	<R>	<L>
		
NIDEK CEM-530		

Picture 3: Record of measurement results from endothelial microscope Nidek CEM-530

## Practical part

The practical part is focused on the measurement and comparison of corneal endothelium parameters in long-term wearers of soft, hard, hybrid contact lenses in terms of years of wearing and control subjects. Control subjects are individuals who do not wear contact lenses.

The underlying hypothesis is that for all long-term contact lens wearers, the corneal endothelium parameters will differ from those of the control subjects. Measured parameters are endothelial cell density, variance coefficient and hexagonality.

The second basic hypothesis assumes that the measured parameters of the corneal endothelium will be most different among those with hard contact lenses.

Subjects are divided into six groups. The first group consists of control subjects, the other wearing contact lenses, the third wearers of soft lenses wearing lenses for less than or five years, the fourth group wearing soft contact lenses wearing contact lenses for more than five years, the fifth wearers of hard contact lenses and the six wearers of hybrid contact lenses.

Endothelial cornea is always measured in the central part of the endometrial microscope Nidek CEM-530.

## Current research result

Results	Control subjects	All wearers	Wearers soft ≤ 5 let	Wearers soft > 5 let	Wearers hybrid	Wearers hard
Number of eyes (R-L)	97 (51-46)	97 (46-51)	20 (10-10)	31 (15-16)	29 (13-16)	17 (8-9)
Average age (youngest, oldest)	28,43 (15-65)	33,22 (15-65)	25,3 (18-46)	26,44 (20-45)	36,67 (15-60)	45,8 (28-65)
Average wear length (years) (min, max)	-	8,48 (2-30)	3,9 (2-5)	9,38 (6-24)	6,17 (2-20)	15,8 (7-30)

Average number of endothelial cells per mm <sup>2</sup> ; CD	2942,75	2863,16	2950,3	2949,39	2797,52	2715,41
Average value CV	29,24	29,45	28,45	27,48	29,97	33,35
Average value HEX	71,29	65,64	66,25	66,32	65,14	64,53

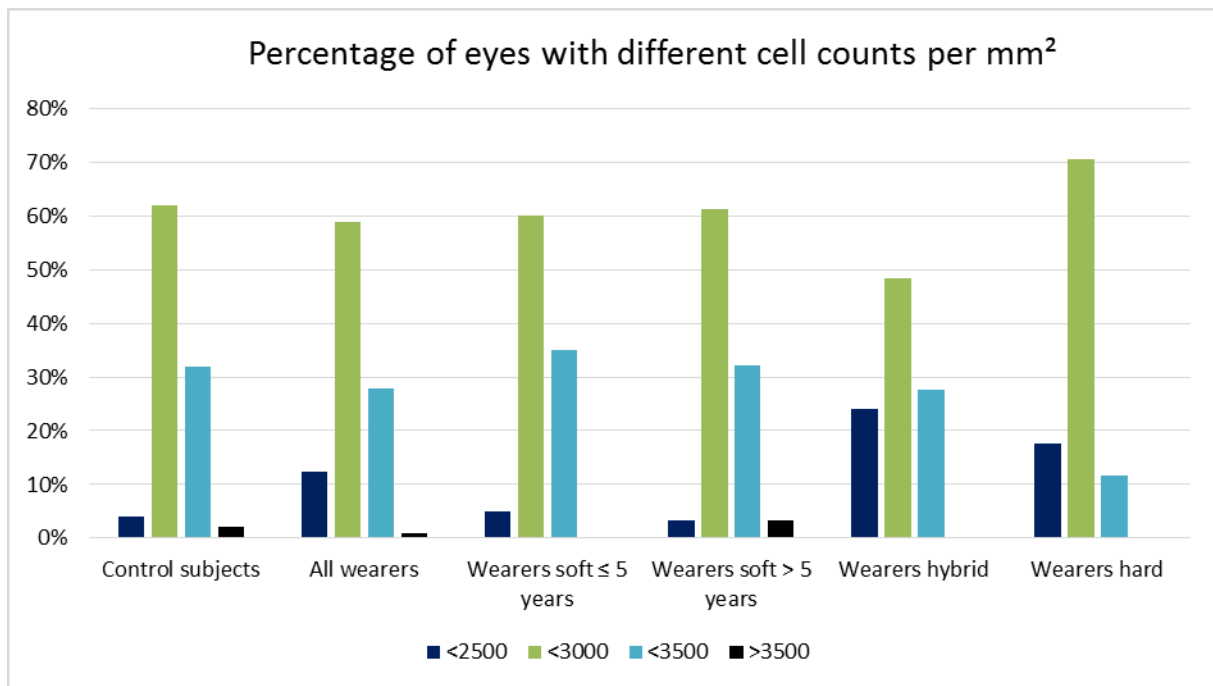
Table 1: Eye count, mean age, mean contact lens wear, mean endothelial cell density, CV and HEX values for individual groups

Table 1 shows that the average number of endothelial cells per mm<sup>2</sup> in the group of all contact lens wearers differs from control subjects. However, the group of control subjects does not have the highest values of the average number of cells per mm<sup>2</sup>, but the group of soft contact lenses wearing contact lenses is less than or equal to 5 years. On the other hand, the lowest average number of cells per mm<sup>2</sup> is shown by the group of hard contact lens wearers.

For the group of all contact lens wearers, the average value of the coefficient of variation and hexagonality also differs slightly. Significantly higher values of the coefficient of variation are for the holders of hard contact lenses, on the contrary the hexagonality is lower in this group.

The first basic hypothesis, namely that for all long-term contact lens wearers, the values of the corneal endothelium parameters will differ from those of the control subjects, so far. The average number of endothelial cells per mm<sup>2</sup> is lower in the group of all contact lens wearers, the coefficient of variation higher and the hexagonality lower than in the control group. However, the individual groups of contact lens wearers have different values over the control group.

The second basic hypothesis, which assumes that measured corneal endothelial parameters will be the most different for hard contact lens wearers, has been fully confirmed.



Graph 1: The percentage of eyes with different number of cells per mm<sup>2</sup>

From the graph 1 is seen that it is most often in all groups represented by number of cells per mm<sup>2</sup> endothelial values between 2500 and 3000. The highest percentage of values in these ranges, the holders of hard contact lenses. Conversely, for hybrid contact lens wearers, compared to other groups, the number of endothelial cells per mm<sup>2</sup> is more, or less represented below 2500.

### Conclusion

Currently, contact lenses are an expanded correction aid that has many advantages over eyeglasses. Unfortunately, contact lenses can cause some complications, affect various parameters and their changes in the individual layers of the cornea.

This work should verify whether long-term wearing of contact lenses influences the corneal endothelium parameters and compare which contact lens material causes the most marked changes in the corneal endothelium.

### Resources

Agarwal, Sunita, Agarwal, Athiya a Apple, David J. Textbook of Ophthalmology. New Delhi: Jaypee Brothers Publishers, 2002. 81-7179-884-5.

Craig, Thomas. Use Specular Microscopy to Diagnose Corneal Disease. Review of Optometry. [Online] 15. 6 2009. <http://www.revoptom.com/content/d/cornea/c/14605/>.

FIALKOVÁ, Lenka, 2011. Slzný film a kontaktní čočky. Olomouc. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta.

HRUŠKOVÁ, Karolina, 2015. Vliv aplikace kontaktních čoček na parametry rohovky. Brno. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta.

J. MANNIS, Mark a Karla ZADNIK. Contact lenses in optical practise. 1. Springer, 2003. ISBN 978-0-387-40400-4.

JUREČKA T., MAŠKOVÁ Z., PETROVÁ S. Základy aplikace kontaktních čoček. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2008. ISBN 978-80-7013-470-2.

KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007, 768 s. ISBN 978-80-247-1163-8.

Maldonado-Codina, C.: Soft lens materials, Contact Lens Practice, 2.vydání, Butterworth Heinemann Elsevier, Edinburgh, 2010, s. 67-85, ISBN: 978-0-7506-8869-7

Michálek, J.: Materiály a technologie pro výrobu kontaktních čoček, Základní kurz školení kontaktologů, Česká kontaktologická společnost, Praha, 2004, s. 49-72

PÁSKOVÁ, Petra, 2017. Speciální kontaktní čočky. Olomouc. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta.

Purslow, Ch.: The interaction between contact lenses and the tear film, dostupné na: <http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/CET%20260210-2%20POINT.pdf>

SYNEK, S., SKORKOVSKÁ, Š.: Kontaktní čočky, Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, Brno, 2003, s. 91, ISBN: 80-7013-387-2

SYNEK Svatopluk, SKORKOVSKÁ Šárka: Fyziologie oka a vidění. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2004. 94 s. ISBN 80-247-0786-1.

TOVÁRKOVÁ J. Tvrdé kontaktní čočky. Česká oční optika, ročník 49, 2008, č. 1, str. 94 - 95.

VLKOVÁ, E., HLINOMAZOVÁ, Z.: Riziková keratoplastika, 1. vydání, Brno, Masarykova univerzita, 1999, 79 s., ISBN 80-210-2108-X

<https://innovamed.com/sites/default/files/CEM-530-1.jpg>

[https://www.collinsoptometrists.com.au/wp-content/uploads/2015/08/TearFilm\\_DiagramWebsite.jpg](https://www.collinsoptometrists.com.au/wp-content/uploads/2015/08/TearFilm_DiagramWebsite.jpg)

**Bc. Lada Pavlíková, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.**

## **Přístroje a testy pro vyšetření barvocitu**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Anotace**

Tento příspěvek pojednává o barvocitu – jeho rozdělení a vyšetřování. Poruchy barvocitu jsou zde rozděleny podle počtu typů funkčních receptorů. V následující části jsou vypsány konkrétní přístroje a testy pro vyšetřování barvocitu a jeho poruch.

**Klíčová slova:** barvocit, poruchy barvocitu, monochromázie, protanopie, deuteranopie, pseudoisochromatické tabulky, FM 100, anomaloskop

Schopnost rozlišovat konkrétní barvy a správně je vnímat nazýváme barvocit. Nejlepší barevnou rozlišovací schopnost máme ve foveole, kde se nachází tři typy čípků s různými fotopigmenty, které jsou různě citlivé. Testy na vyšetřování barvocitu se nejčastěji rozdělují do čtyř kategorií, jedná se o testy *rozlišovací, seřazovací, míchací a pojmenovávací*.

### **Barvocit**

Přesněji je barvocit schopnost rozlišit vlnovou délku světla, které se od daného předmětu odrazí, případně jím projde nebo je dokonce předmětem vyzářeno. Určování barvy je důležité v každodenním životě, zvláště pak v technických oborech, dopravě či jiných zaměstnáních.

Barvocit je závislý na neporušené činnosti oka, zrakové dráhy a příslušných mozkových center. Právě čípkové buňky jsou zodpovědné za barevné vidění a jejich funkce je ovlivňována osvětlením. Při velmi intenzivním osvětlení přestáváme vnímat barvy, problémy začínají od krátkovlnného konce spektra, to je fialová a modrá barva, až postupně k barvě červené. Naopak při snižování osvětlení přestáváme vnímat barvy od těch dlouhovlnných až do překročení prahové hodnoty čípků, kdy zcela nejsme schopni barvy rozeznat.

Lidské oko je citlivé na vlnové délky světla od 380 do 760 nanometrů. Paprsky s kratší vlnovou délkou než 380 nm jsou zpravidla pohlcovány čočkou. Při testech citlivosti oka na různé složky světelného spektra za různých světelných podmínek, to jsou fotopické – adaptace na světlo, nebo skotopické – adaptace na tmu; získáváme dvě odlišné křivky citlivosti. Křivka citlivosti čípků za fotopických podmínek má maximum při 555 nm,

což je zelenožlutá barva. Křivka získaná při adaptaci na tmu má maximum při kratších vlnových délkách světla – 507 nm, to odpovídá modrozelené barvě. Tato skutečnost se označuje jako *Purkyňův jev*. Tyčinky nejsou citlivé na červenou barvu, rozmezí 650 až 750 nanometrů, proto červenými brýlemi projde jen ta část spektra, na kterou reagují pouze čípkové buňky. Tyčinky zůstávají adaptovány na tmu.

### **Dělení poruch podle počtu typů funkčních receptorů**

Dělení barvosleposti podle počtu typů funkčních fotoreceptorů je na monochromázii, dichromázii a anomální trichromázii. **Monochromázií** rozumíme totální ztrátu barvocitu, chybí totiž dva nebo tři barevné pigmenty v čípkových buňkách. Dělíme ji na *tyčinkovou*, kdy postižený není schopný rozeznat barvy, shledáváme u něj fotofobii, nystagmus způsobující problémy se stálou fixací na předmět, a má slabou zrakovou ostrost. V sítnici se nenachází žádný funkční typ čípkových buněk. Tyčinková monochromázie je buď způsobena nepřítomností fotopigmentu v čípku, nebo velmi vzácně jde o poškození v průběhu zrakové dráhy.

*Čípková* monochromázie je poměrně vzácná a pacient má relativně normální vidění, zhoršené za šera a tmy. V sítnici jedince se nachází jediný typ čípkové buňky, nejčastěji jde o čípky citlivé na krátkovlnné světlo – modrá barva.

**Dichromázie** znamená absenci nebo dysfunkci jednoho typu barevných receptorů, postižený dokáže vnímat svět barevně, dokonce je schopen většinu spektrálních barev složit ze dvou stávajících fotopigmentů. Podle chybějícího nebo nefunkčního typu čípku sem řadíme *protanopsii* (absence receptorů pro červenou barvu, ta se jeví jako černá nebo šedá), *deuteranopii* (absence receptorů pro zelenou barvu, opět se jeví jako šedá nebo černá), *tritanopii* (absence modrých receptorů, špatné rozlišování bílé a žluté nebo červené a fialové) a *tetranopii* (velmi vzácná odchylka ve vnímání modrozlutých barev).

Pokud se jedná pouze o sníženou schopnost rozpoznávání barev jedním fotoreceptorem, hovoříme o **anomální trichromázii**. To znamená, že v sítnici jsou obsaženy všechny tři typy fungujících čípkových buněk, avšak vnímání jedné barvy je nedostatečné. Anomální trichromázii opět můžeme rozdělit na tři skupiny, právě podle barvy, která je abnormálně vnímána. *Protanomalie* je spojena se sníženou schopností vnímání červené barvy, *deuteranomalie* označuje sníženou schopnost vnímat zelenou barvu a poslední *tritanomalii* rozumíme sníženou schopnost vnímat barvu modrou.



## Vyšetření

Je značně přínosné vyšetřovat barvocit několika metodami, případně za různých světelných podmínek, abychom získali co nejpřesnější výsledky. Protože se v současné době u některých povolání klade velký důraz na perfektní barvocit – piloti, řidiči, designéři, restaurátoři, elektroinstalatéři. Důkladné vyšetření barvocitu není součástí běžné preventivní lékařské prohlídky, je nutné o něj zažádat a to hlavně v případech, kdy máme subjektivní pocit špatného rozlišování barev, nebo pokud vyšetření vyžaduje samotný zaměstnavatel.

K měření barvocitu přistupujeme po předchozím pečlivém vyšetření celého zrakového orgánu. Vždy začínáme anamnézou, dále vyhodnocujeme přesný refrakční stav oka, vyšetřujeme motorickou složku (heterotropie, heteroforie, motilita oka), následují testy na jednoduché binokulární vidění.

Pacienti s mírnou poruchou barvocitu, jsou z běžného života zvyklí rozpoznávat barevné odstíny podle rozdílů sytosti a světlosti, proto se při vyšetřování zásadně neptáme na názvy barev, abychom vadu barvocitu odhalili.

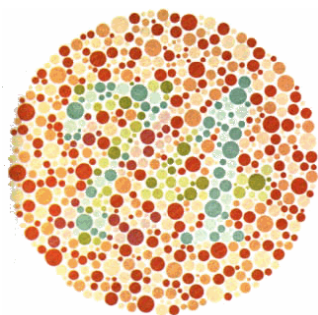
## Rozlišovací testy

K nejjednodušším a nejdostupnějším rozlišovacím testům patří takzvané **pseudoisochromatické tabulky** (PIC tests), které jsou založeny na principu splývání záměnných barev. Je jich nepřeberné množství a jsou pojmenovávány především podle jejich autorů – *Ishihara*, *Stilling*, *Rabkin*, *Velhagen* a další. Prvním publikovaným pseudoisochromatickým testem byl test *Ishihara* již v roce 1906. *Stillingovy* tabulky se používají dokonce od roku 1873.

Rozlišovací testy se skládají z velkého počtu malých různě barevných a různě velkých bodů, které mají stejný odstín, ale rozdílný jas a odrazivost. Tón skvrn tvořících prvek je odlišný od tónu bodů v pozadí tabulky, většinou se jedná o záměnnou barvu. Sledovaný prvek může být písmeno, číslice, obrázek nebo symbol. Člověk se správným barvocitem rozliší ve shluku bodů barevně odlišný objekt, protože rozezná odlišný tón bodů. Jedinec s narušeným barvocitem, který je zvyklý se v běžném životě orientovat podle jasu, symbol v tabulce neuvidí. Protože odlišný jas mají jak body tvořící objekt, tak body pozadí. Jedná se o princip pseudoisochromazie (obr. 1).

Tabulky slouží k diagnostice, zda je případná porucha barvocitu u klienta vůbec přítomna, nikoliv ke kvantitativnímu posouzení odchylky. Vyšetřovací vzdáleností je jeden metr, aby na obrázek dopadal dostatek difúzního světla. K testování je také důležité zajistit vhodné

osvětlení, pacient by neměl být příliš unaven a jeho zraková ostrost by měla být nejméně 6 / 18. Vyšetření se může provádět i s korekcí na blízko.



obr. 1: pseudoisochromatická tabulka (Pavlíková 2016)

Pro vyšetření barvocitu dětí do šesti let věku je vhodné použít **Color Vision Testing Made Easy** (CVTME). Jedná se o devět testovacích karet, na kterých jsou zobrazeny obrázky seřazeny od jednodušších po složitější (od geometrických tvarů až po jednoduché obrázky, například pes nebo auto), nejedná se o číslice nebo písmena. Abychom o dítěti mohli prohlásit, že má neporušený barvocit, musí rozeznat minimálně osm karet.

Do rozlišovacích testů můžeme ještě zařadit **Holmgreenovy bavlnky** (obr. 2), což jsou různobarevné bavlnky o různých odstínech a sytostech, nesmí zde chybět především odstíny olivové, šedé, šedě růžové, světle fialové a modré barvy. Vyšetřovanému na dobře osvětlené ploše předložíme zelený, purpurový a sytě červený vzorek a jeho úkolem je z krabice vytáhnout všechny ostatní přádenka stejných barevných tónů. Což pacient s porušeným barvocitem nesvede, protože se řídí jasnem barev. Výhoda tohoto testu spočívá právě v tom, že respektuje skutečnost, že mnozí lidé sice správně rozeznají barvy, ale nesvedou je označit správným názvem.

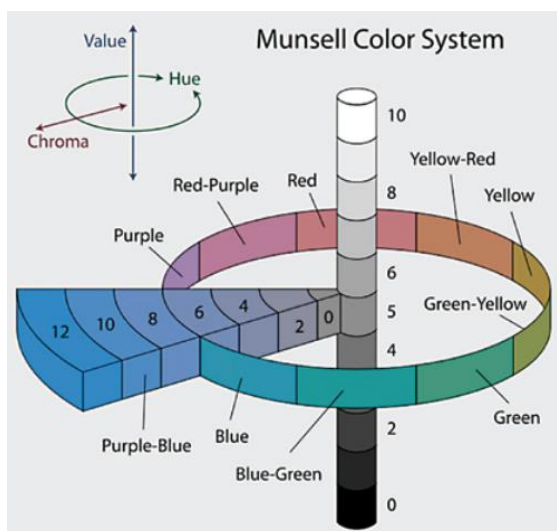


obr. 2: Holmgreenovy bavlnky (Pavlíková 2016)

### Seřazovací testy

Většina seřazovacích testů vychází z Munsellova systému barev (obr. 3), který je znázorněn níže na obrázku. Munsellův barevný systém řadí barvy podle stejných percepčních úrovní.

Barvy testu *Farnsworth-Munsell 100 Hue Test* (FM 100) se tak shodují v sytosti (*chroma*) a jasnosti (*value*), odlišují se pak v odstínu (*hue*), tento test se používá již od 40. let 20. století. Rozlišujeme zde pět odstínů – červený (Red), žlutý (Yellow), zelený (Green), modrý (Blue) a purpurový (Purple). Přechody mezi těmito tóny tvoří ještě dalších pět barev – oranžová (Yellow-Red), zelenožlutá (Green-Yellow), modrozelená (Blue-Green), fialovomodrá (Purple-Blue) a červeno-fialová (Red-Purple). Každý z těchto deseti odstínů se dělí na dalších deset pododstínů (1 RP – 10 RP), takže v Munsellově systému barev nalezneme celých sto různých odstínů.



obr. 3: Munsellův systém barev (Pavlíková 2016)

Farnsworth-Munsell 100 Hue Test (obr. 4) sice vychází z Munsellova systému, ale obsahuje pouze 85 barevných terčů, protože doktor Dean Farnsworth zjistil, že člověku dělá potíže rozlišit některé odstíny, proto je z testu odstranil. Od roku 1957 se tedy používá těchto 85 barevných barevných terčů, které jsou dále rozděleny do čtyř skupin. Všechny terčíky jsou zespodu očíslovány, aby vyšetřující rychle porovnal správnost spektrální posloupnosti. V prvním boxu jsou terče v oranžových a červených odstínech (85 – 21), ve druhém jsou žluté a zelené barvy (22 – 42), ve třetím modré a fialové (43 – 63) a ve čtvrtém pak fialové a červené (64 – 84). Úkolem vyšetřovaného je seřadit v každém boxu zvlášť terče podle jejich odstínu jak jdou za sebou s tím, že první a poslední terč jsou pevně připevněné a ostatní terče jsou volně pohyblivé.

Podle rozdílů konečného subjektivního uspořádání terčů zaznamenaného do kruhového schématu a objektivní posloupnosti odstínů pak můžeme zjistit pacientovo takzvané *celkové chybové skóre* (Total Error Score, TES). Tato křivka je závislá na věku, do dvaceti let nejprve klesá a po dvacátém roce pozvolna opět narůstá. Hodnocení je následné: TES 0 – 16 – výborné; TES 20 – 100 – průměrné; TES více jak 100 – špatné. Farnsworth-Munsell 100 Hue

Test se používá především při diagnostice získaných poruch barvocitu. Nevýhodou testu může být fakt, že se zde špatně určuje rozdíl mezi normálním barvocitem a anomální trichromázií.



obr. 4: Farnsworth-Munsell 100 Hue Test (Pavlíková 2016)

Zkrácenou modifikací testu FM 100 je **Farnsworth-Munsell Dichotomous D-15** (obr. 5) nebo **Panel D-15 test**, opět se používá pro diagnostiku získaných poruch barvocitu. V tomto testu je pouhých 16 barevných terčů. Klient opět seřazuje terče všech barev od modré přes zelenou a žlutou až po fialovou. Stav barvocitu hodnotíme taktéž podle celkového chybného skóre. Výhodou oproti FM 100 je časová nenáročnost, však nevýhoda ve špatném rozlišení normálního barvocitu a anomální trichromázií zůstává.

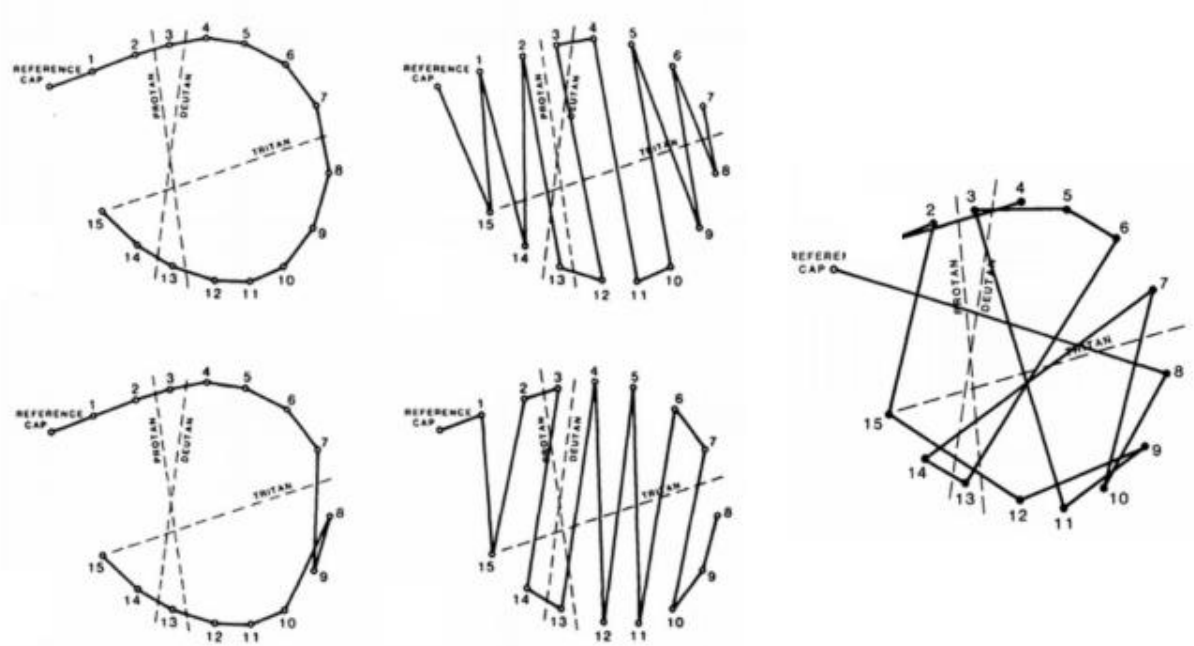


obr. 5: Farnsworth-Munsell Dichotomous D-15 (Pavlíková 2016)

Dalším seřazovacím testem je také **Lanthony Desaturated D-15 Test** (obr. 6), znovu je podobný FM 100 nebo D-15, obsahuje 16 barevných terčů. Rozdíl je v tom, že tyto barvy jsou desaturované, nejsou přímo spektrální, ale mají v sobě určitý poměr bílé barvy. Jsou tedy méně syté, a tak jejich vzájemné rozlišení je těžší. Kvůli větší náročnosti je doporučováno i vyšší osvětlení a to od 600 do 800 luxů. V praxi většinou navazuje na D-15 Test a lépe tak diagnostikuje zjištěné poruchy barvocitu z testu D-15. Používá se především k určování získaných poruch barvocitu. Možnou metodou vyhodnocení je kruhový diagram, kde je v kruhu dané pořadí terčů a vyšetřující čarou spojuje subjektivní pořadí terčů pacienta (obr. 7). Právě tak se dají rozlišit vrozené poruchy barvocitu od těch získaných.



obr. 6: Lanthony Desaturated D-15 Test (Pavlíková 2016)



obr. 7: vyhodnocení poruch barvocitu pomocí kruhového diagramu u Lanthony D-15 testu; první sloupec zleva znázorňuje normální barvocit, prostřední sloupec vrozený defekt a diagram vpravo zobrazuje získanou poruchu barvocitu (Pavlíková 2016)

Další test původně navržený pro diagnózu získaných defektů barvocitu je **Lanthony New Colour Test**. Používá se však i pro vrozené poruchy barvocitu nebo zjištění zpožděného vývoje v rozlišení v modro-žluté oblasti a to u dětí do šesti let. Test má čtyři úrovně obtížnosti podle sytosti barev. Prvním úkolem vyšetřovaného je rozdělit terče na barevné a šedé. Následně ty šedé rozdělí podle jejich reflektivity a barevné podle odstínu. Poslední částí je pak porovnávání, zda zbylé terčky jsou tmavší než ty šedé.

### Míchací testy

Typickým a nejrozšířenějším míchacím testem je **anomaloskop** (obr. 8). První zařízení bylo vyrobeno již v roce 1907 německým fyziologem Willibaldem Nagelem, proto se můžeme v literatuře setkat s pojmenováním *Nagelův anomaloskop*. Tento přístroj je založen

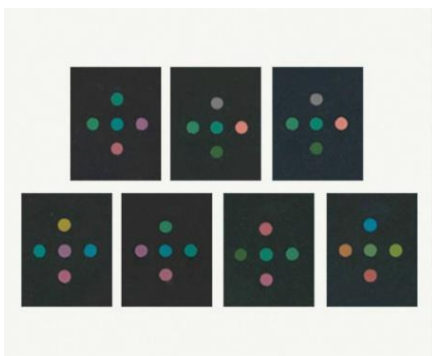
na principu Rayleighova vztahu, to znamená *červená + zelená = žlutá*. Vyšetřovanému je promítáno žluté pole a jeho úkolem je pomocí otočných šroubů aditivně mísit monochromatické červené světlo o vlnové délce 670,8 nm a monochromatické zelené světlo s vlnovou délkou 546 nm tak, aby subjektivně namíchal stejný odstín žluté. Při zjištění poruchy je pak vykázán jiný poměr smíchání barev. Jedinci s poruchou vnímání barev v červené oblasti (protanopie / protanomalie) přidávají více červené, pacienti s problémy se zelenou barvou (deuteranopie / deuteranomalie) zase doplní více zeleného světla. Jelikož se jedná o spektrální přístroj, dává nám přesnější výsledky poruch barvocitu a to jak kvalitativní, tak kvantitativní. Právě pomocí Rayleighova vztahu můžeme přesně určit a rozeznat vrozené poruchy barvocitu.

Výsledek vyšetření vychází z kvocientu anomálie (AQ), pokud jsou hodnoty AQ menší než 0,7, pacient má protanomalii. Rozmezí neporušeného barvocitu je od 0,7 do 1,4. Deuteranomalii pak odpovídá kvocient větší než 1,4.



obr. 8: anomaloskop (Pavlíková 2016)

*The City University Test* (CUT; obr. 9) také řadíme do míchacích testů, i když se jedná spíše o úpravu seřezovacího testu D-15, ze kterého se použije pouze pět barev, které tvoří kříž. Jedna barva se umístí do středu pomyslného kříže, nejlépe na černý papír, k tomuto odstínu se položí sousední spektrální barva. Do zbylých ramen kříže se pak umístí další tři barvy z D-15 testu, právě takové, které leží na liniích záměny. Vyšetřovaný má za úkol určit polohu terče, který se mu jeví jako nejvíc podobný středovému odstínu.



obr. 9: CUT (Pavlíková 2016)



## Pojmenovávací testy

Kategorie pojmenovávacích testů se nejvíce hodí k vyšetřování barvocitu u řidičů, strojvůdců nebo pilotů, protože nejlépe simulují reálné situace v životě. *Farnsworth Lantern Test* (FaLant) byl vyvinut právě pro americké námořnictvo, a proto jsou v něm použity barvy důležité pro námořníky – červená, zelená a bílá. Vyšetřované barvy musí správně rozeznat a pojmenovat. Obtížnost FaLant testu je větší než u klasického D-15, proto je vhodný k podrobnější klasifikaci odchylek objevených na D-15 testu.

Do pojmenovávacích testů můžeme ještě zařadit takzvaná *signální světla* (obr. 10) někdy uváděná jako *přístroj ke zkoušení barvocitu*. Autorem tohoto zařízení je Jaroslav Netušil, kterému byl na jeho konstrukci udělen i československý patent. Aparát je určen především ke zkoušce schopnosti rozeznávat barevná signalizační světla pro návěstidla, což je nezbytné pro řidiče, zaměstnance železnice, vojenské služby, apod. Slouží k ověření způsobilosti řízení motorových vozidel.

Přístroj je ve tvaru skříňky, obsahuje tři žárovky s červeným, zeleným a žlutým filtrem a čtvrtou žárovku s clonou, která je zdrojem bílého světla. Právě pomocí žárovky s clonou vyšetřující může libovolně měnit sytost barevného světla a tím zvyšovat obtížnost testu. Každá žárovka se dá zvlášť zapnout a vypnout tlačítky na zadní straně konstrukce. Barevnými světly se osvětluje vnitřní prostor skříňky, který klient pozoruje okénkem v přední stěně. Kde je také umístěno otočné ovládání clony pro bílé světlo se stupnicí udávající, jak moc je clona otevřená.



obr. 10: signální světla (Pavlíková 2016)

## Zdroje

- AUTRATA Rudolf a Jana VANČUROVÁ. *Nauka o zraku*. Vydání první. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2002, 226 stran. ISBN 80-7013-362-7.
- BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Vydání první. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015, 250 stran. ISBN 978-80-7013-577-8.
- MEDOVÁ, Michaela. *Vliv barevných brýlových filtrů na barvocit u subjektů s poruchou a bez poruchy barvocitu*. Brno, 2014. Diplomová práce. Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Katedra optometrie a ortoptiky. Vedoucí diplomové práce Petr Veselý.
- MRÁZIKOVÁ, Eva. *Porovnání metod vyšetření barvocitu*. Brno, 2011. Diplomová práce. Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Katedra optometrie a ortoptiky. Vedoucí diplomové práce Petr Kus.
- PAVLÍKOVÁ, Lada. *Přístroje a testy pro vyšetření barvocitu, metodika, vyhodnocení vyšetření*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Katedra optometrie a ortoptiky. Vedoucí bakalářské práce Petr Veselý.
- POLÁŠEK, J. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Nakladatelství technické literatury ve Středisku interních publikací, 1975, 579 stran.
- PRUDILOVÁ, Vendula. *Poruchy barvocitu a jejich vyšetřování*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Katedra optometrie a ortoptiky. Vedoucí bakalářské práce Pavel Beneš.
- SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. Vydání první. Praha: Grada, 2004, 93 stran. ISBN 80-247-0786-1.
- VESELÝ, Petr. Současné metody vyšetřování barvocitu. *Česká oční optika*. Praha: Společenstvo českých optiků a optometristů, 2010, č. 4, s. 54 – 66. ISSN 1211-233X.



**Bc. Lada Pavlíková, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.**

## **Devices and tests for colour vision testing**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Annotation**

This paper deals with color vision – its division and examination. There are color defects divided by number of functional receptors types. In the following section, specific devices and tests for detecting color fault are listed.

**Key words:** color vision, color defects, monochromasia, protanopia, deuteranopia, pseudoisochromatic tables, FM 100, anomaloscope

The ability to distinguish specific colors and to perceive them correctly is called color vision. We have the best color distinction in foveola, where there are three types of cones with different photopigments that are differently sensitive. Tests for color vision are most often divided into four categories; these are *distinctive*, *sorting*, *blending* and *naming* tests.

### **Color vision**

More precisely, color-defying is the ability to distinguish the wavelength of the light that reflects on the subject, whether it passes through it or is radiated. Color determination is important in everyday life, especially in technical fields or transport.

Color is dependent on the intact operation of the eye, the visual pathway and the corresponding brain centers. It is just suppository cells that are responsible for color vision and their function is influenced by illumination. In very intense lighting, we cease to perceive colors, problems starting from the shortwave end of the spectrum, such as purple and blue color, gradually to red color. On the other hand, when we reduce light, we cease to perceive colors from those long-wavelengths up to the threshold of a suppository, when we are totally unable to recognize the colors.

The human eye is sensitive to wavelengths of light from 380 to 760 nanometers. Beams with a shorter wavelength greater than 380 nm are typically absorbed by the lens. We get two different sensitivity curves in eye sensitivity tests on different components of the light

spectrum under different lighting conditions. The sensitivity curve of cones under photopic conditions has a maximum at 555 nm, which is a greenish-yellow color. The curve obtained in darkness adaptation has a maximum at shorter wavelengths of light - 507 nm, which corresponds to blue-green color. This is called Purkyne's phenomenon. Rods are not sensitive to red color (ranging from 650 to 750 nanometers) so only the part of the spectrum responding to cones cells responds with red glasses. The rods remain adapted to the dark.

### **Division of color defects by number of functional receptor types**

The division of color blindness according to the number of types of functional photoreceptors is based on monochromasia, dichromasia and anomalous trichromasia. **Monochromasia** means total loss of color, lacking two or three colored pigments in supine cells. We divide it into a *rod monochromasia*, where the disabled are unable to recognize the colors. It is associated with a photophobia, a nystagmus causing permanent fixation problems and reduced visual acuity. There is no functional type of cone cells in the retina. Rod monochromasia is either due to the absence of photopigmentation in the cone cells, or very rarely, damage during the visual pathway.

*Cone monochromasia* is relatively rare and the patient has a relatively normal vision, aggravated by darkness. There is only one type of cone cell in the retina, most commonly the cones sensitive to shortwave light - blue.

**Dichromasia** means the absence or dysfunction of one type of color receptor, the affected person is able to perceive the world in color, even capable of composing most of the spectral colors from two existing photopigments. According to the missing or non-functional type of the cone, we include *protanopia* (lack of receptors for the red color, which appears to be black or gray), *deuteranopia* (lack of receptors for green color, again appearing gray or black), *tritanopia* (lack of blue receptors, wrong differentiation white and yellow or red and purple) and *tetranopia* (very rare deviation in the blue-yellow color perception).

**Anomalous trichromasia** is reduced color recognition of the only one photoreceptor. This means that all three types of functioning cone cells are contained in the retina, but the perception of one color is inadequate. Anomalous trichromasia can be divided into three groups, depending on the color that is abnormally perceived. *Protanomalialia* is associated with a reduced ability to perceive red, *deuteranomalialia* means a reduced ability to perceive the green color, and the last *tritanomalialia* means a reduced ability to perceive the blue color.

### **Examination**

It is very beneficial to examine coloring with several methods, or at least under different lighting conditions, to get the most accurate results. Nowadays, there is great emphasis on perfect coloring in some professions – such as pilots, drivers, designers, restorers or electricians. Thorough examination of coloring is not part of a regular medical check-up, it is necessary to apply for it, especially in cases where we have a subjective feeling of deficient color differentiation or if the examination is required by the employer itself.

First, we examine the visual acuity properly and after that, we test color vision. Always, whole examination starts with a medical history, exact evaluation of the refractive state of the eye, we test also the movement component of vision apparatus (heterotropia, heterophoria, eye motility) followed by simple binocular vision tests.

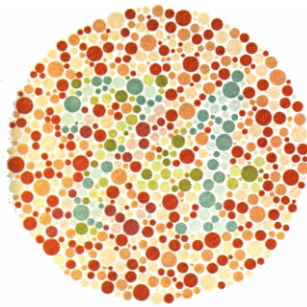
Patients with a small color defect are usually accustomed to recognizing color shades from differences in saturation and brightness, so we do not ask for color names to examine the color defect.

### **Distinctive tests**

The *pseudoisochromatic tables* (PICs tests) are the simplest and the most accessible tests based on blending of interchangeable colors. They are numerous and are named after their authors - *Ishihara, Stilling, Rabkin, Velhagen* and others. The first published pseudoisochromatic table was the **Ishihara** test already in 1906. **Stilling** tables were used even since 1873.

Distinctive tests consist of a large number of small, differently colored and differently sized dots, which have the same shade but different brightness and reflectivity. The tone of the spots that make up the element is different from the tone of the dots in the background of the table. A person with the right color vision distinguished a cluster of points by a color-distinct object, because it recognizes a different tone of points. A person with a disturbed color vision, who is accustomed to orienting in brightness in everyday life, will not see the symbol in the table. Because the different brightness has both the points forming the object and the background points. This is the principle of pseudoisochromasia (pic. 1).

The tables are used to diagnose whether any color defect at the client is present at all, not a quantitative assessment of the difference. The examination distance is one meter to give enough diffuse light to the picture. For testing, it is also important to provide appropriate illumination, the patient should not be too tired and his visual acuity should be at least 6/18. Examination can be performed with a near-correction.



pic. 1: pseudoisochromatic table (Pavlíková 2016)

**Color Vision Testing Made Easy** (CVTME) should be used to test the color vision of children under the age of six. These are nine test cards that show objects ranging from simpler to more complex (from geometric shapes to simple images, such as dogs or cars), they are not digits or letters. Children have to recognize at least eight cards, if their color vision is intact.

Another distinctive test is **Holmgreen's Cottons** (pic. 2), which are multicolored cotton bunches of various shades and saturation, not to mention the shades of olive, gray, gray pink, light purple and blue. On a well-lit area, we present a green, purple and deep red bunches in front of patient. The person has to pull out all the other shades of the same colored tones from the box. Patients with deficiency of color vision are controlled by color brightness and they do not do this. The advantage of this test lies in the fact that it respects the fact that many people correctly recognize the colors but do not call them the correct name.

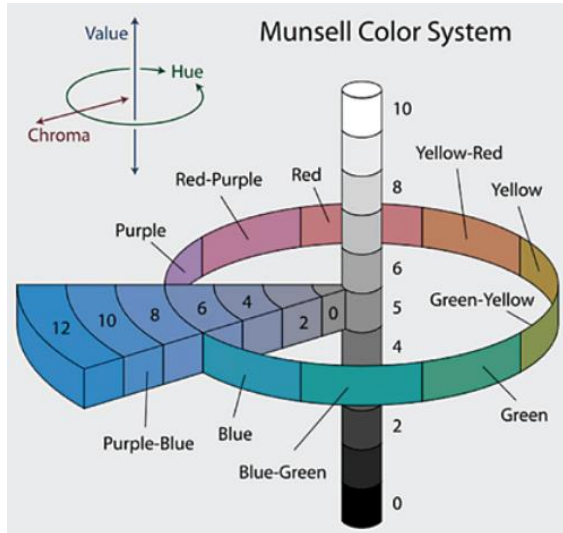


pic. 2: Holmgreen's Cottons (Pavlíková 2016)

### Sorting tests

Most sorting tests are based on the Munsell's color system (pic. 3), which is shown below. Munsell's color system assigns colors to the same perceptual levels. The colors of the **Farnsworth-Munsell 100 Hue Test** (FM 100) match in saturation (*chroma*) and luminance (*value*), differ in *hue*. This test has been used since the 1940s. There are five

shades - Red, Yellow, Green, Blue, and Purple. Transitions between these tones are made up of five other colors - Yellow-Red, Green-Yellow, Blue-Green, Purple-Blue and Red-Purple. Each of these ten shades is divided into ten other sub-frames (1 RP-10 RP), so in the Munsell's color system we find a hundred different shades.



pic. 3: Munsell's color system (Pavliková 2016)

The Farnsworth-Munsell 100 Hue Test (pic. 4) is based on the Munsell's system, but it contains only 85 color targets because Dr. Dean Farnsworth found that it is difficult for a person to distinguish some shades, so he removed them from the test. Since 1957, these 85 colored targets have been used, which are further divided into four groups. All of the targets are numbered from the bottom so that the examiner quickly compares the correctness of the spectral sequence. In the first box the targets are in orange and red shades (85-21), in the second are yellow and green colors (22-42), in the third are blue and purple (43-63) and in the fourth are purple and red (64-84). The task of the patient is to arrange in each box special targets according to their shade as they go. The first and the last targets are fixed and the other targets are freely movable.

We can see the patient's so-called *Total Error Score* (TES) depending on the differences in the final subjective target arrangement recorded in the circle diagram and the objective sequence of shades. This curve is age-dependent, initially declining within twenty years, and slowly rising again after the twentieth year. The rating is as follows: TES 0 - 16 - excellent; TES 20 - 100 - average; TES more than 100 - bad. The Farnsworth-Munsell 100 Hue Test is used primarily to diagnose acquired color defects. The disadvantage of the test may be the fact that the difference between normal color vision and anomalous trichromasia is poorly determined here.



pic. 4: Farnsworth-Munsell 100 Hue Test (Pavlíková 2016)

The abridged modification of the FM 100 test is **Farnsworth-Munsell Dichotomous D-15** (pic. 5) or **Panel D-15 test**, again used to diagnose acquired color defects. There are only 16 color targets in this test. The client registers the targets of all colors from blue to green and yellow to purple. We also evaluate the color vision by the Total Error Score. The advantage over FM 100 is shorter testing time. But the disadvantage is wrong resolution of normal color vision and anomalous trichromasia as in the Farnsworth-Munsell 100 Hue Test.

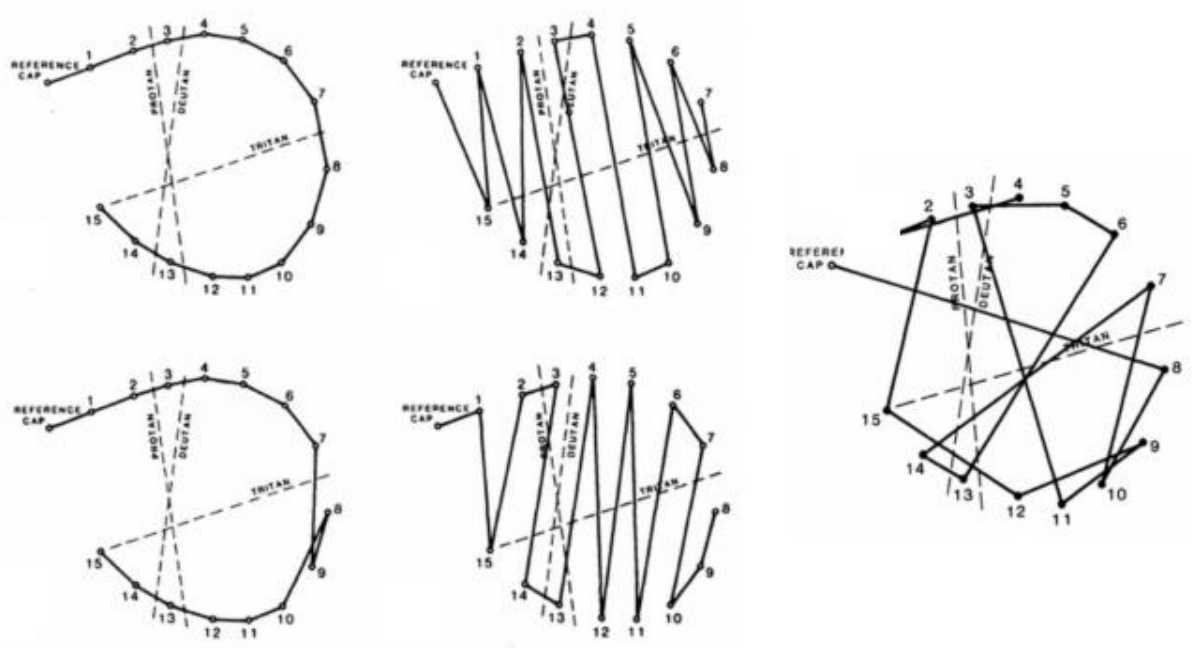


pic. 5: Farnsworth-Munsell Dichotomous D-15 (Pavlíková 2016)

Another sorting test is **Lanthony Desaturated D-15 Test** (pic. 6). Again similar to the FM 100 or D-15, it contains 16 colored dots. The difference is that these colors are desaturated, they are not spectral, but they have a certain white ratio include. Therefore, they are less saturated, so their mutual distinction is more difficult. Higher lighting is recommended due to greater difficulty, it is from 600 to 800 lx. In practice, it usually follows the D-15 Test and thus better detects color defects from D-15. It is used primarily to determine the acquired color defects. A possible method of evaluation is a circle diagram. There is the circle of the target order and the examiner writes down the subjective order of the patient's targets (pic. 7). This is the way to distinguish congenital malformations from those acquired.



pic. 6: Lanthony Desaturated D-15 Test (Pavlíková 2016)



pic. 7: circular diagrams of the Lanthony D-15 test and evaluation of color defects; the first column on the left shows the normal color vision, the middle column is the inherent defect, and the diagram on the right shows the acquired color defect

The **Lanthony New Color Test** is another test originally designed to diagnose the resulting color defects. However, it is also used for congenital malformations or the detection of delayed development in the blue-yellow area in children up to six years of age. The test has four levels of difficulty depending on the color saturation. The first task is to divide the targets into color and gray. Then, the grays divide according to their reflectivity and colors according to the shade. The last part is to compare whether the remaining dots are darker than the gray ones.

### Blending tests

The **anomaloscope** (pic. 8) is typical and the most common blending test. The first device was made in 1907 by German physiologist Willibald Nagel, so we can refer to the *Nagel's*

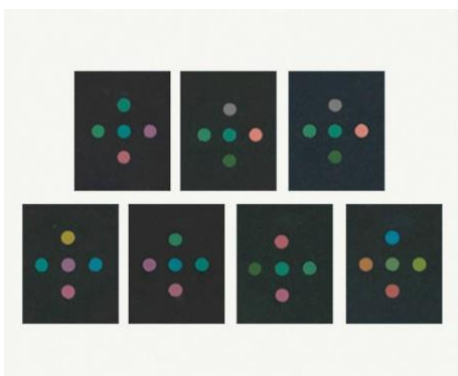
*anomaloscope* in the literature. This device is based on the Rayleigh relation, that  $s\ red + green = yellow$ . The yellow field is projected to patient and his task is to blend monochromatic red light (with a wavelength of 670.8 nm) and monochromatic green light (with a wavelength of 546 nm) to the same shade of yellow. When a fault is detected, a different color mixing ratio is reported. Individuals with red-eye reduction (protanopia / protanomalialia) add more red, green-colored patients (deutanopia / deutanomalialia) will add more green light. Since it is a spectral device, it gives us more accurate results of color defects, both qualitative and quantitative. It is through Rayleigh's relation that we can precisely identify and recognize congenital malformations.

The result of the examination is based on an anomaly quotient (AQ) if the AQ is less than 0.7, the patient has protonomalialia. The intact coloring ranges from 0.7 to 1.4. Deutanomalialia corresponds to quotient greater than 1.4.



*pic. 8: anomaloscope (Pavliková 2016)*

**The City University Test** (CUT; pic. 9) is also included in the blending tests, although it is rather a modification of the D-15 test. CUT test uses only five colors that make up the cross. One color is placed in the center of the imaginary cross, preferably on black paper. The adjacent spectral color is placed on one arm of the cross. The remaining three arms are supplemented with dots of the D-15, just the ones on the lines of confusion. The task of the patient is to mark a cross arm that appears to be the most similar to a central target.



*pic. 9: CUT (Pavliková 2016)*



## Naming tests

The naming test category is best suited to examination the coloring of drivers, engine-drivers or pilots. Because this tests the best simulate real life situations. The *Farnsworth Lantern Test* (FaLant) was developed specifically for the US Navy and therefore uses colors important for sailors - red, green and white. The patient has to properly recognize and name these colors. The difficulty of the FaLant test is greater than that of the classic D-15. So that it is suitable for a more detailed classification of the deviations found on the D-15 test.

In the naming tests we can still include so-called *Signal Lights* (pic. 10), sometimes referred to as a *color-testing device*. The author of this equipment is Jaroslav Netušil, who was also granted a Czechoslovak patent for its construction. The device is primarily designed to test the ability to recognize colored signaling lights for drivers, railway employees, military services, etc. It is used to verify driving skills.

The device is in the shape of a cabinet, it contains three bulbs with a red, green and yellow filter and a fourth bulb with a curtain that is a source of white light. The examiner can change the saturation of colored light due to that bulb with a curtain. And thus increase difficulty of this test. Each bulb can be individually switched on and off by the buttons on the back of the box. The color lights illuminate the interior of the cabinet, which the client observes through the window in the front wall. On the back of the device, there is also the rotating control of the white light curtain with a scale indicating how much the aperture is open.



pic. 10: *Signal Lights* (Pavlíková 2016)

## Sources

AUTRATA Rudolf a Jana VANČUROVÁ. *Nauka o zraku*. Vydání první. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2002, 226 stran. ISBN 80-7013-362-7.

BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Vydání první. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015, 250 stran. ISBN 978-80-7013-577-8.

MEDOVÁ, Michaela. *Vliv barevných brýlových filtrů na barvocit u subjektů s poruchou a bez poruchy barvocitu*. Brno, 2014. Diplomová práce. Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Katedra optometrie a ortoptiky. Vedoucí diplomové práce Petr Veselý.

MRÁZIKOVÁ, Eva. *Porovnání metod vyšetření barvocitu*. Brno, 2011. Diplomová práce. Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Katedra optometrie a ortoptiky. Vedoucí diplomové práce Petr Kus.

PAVLÍKOVÁ, Lada. *Přístroje a testy pro vyšetření barvocitu, metodika, vyhodnocení vyšetření*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Katedra optometrie a ortoptiky. Vedoucí bakalářské práce Petr Veselý.

POLÁŠEK, J. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Nakladatelství technické literatury ve Středisku interních publikací, 1975, 579 stran.

PRUDILOVÁ, Vendula. *Poruchy barvocitu a jejich vyšetřování*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Katedra optometrie a ortoptiky. Vedoucí bakalářské práce Pavel Beneš.

SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. Vydání první. Praha: Grada, 2004, 93 stran. ISBN 80-247-0786-1.

VESELÝ, Petr. Současné metody vyšetřování barvocitu. *Česká oční optika*. Praha: Společenstvo českých optiků a optometristů, 2010, č. 4, s. 54 – 66. ISSN 1211-233X.

## **Vyšetření binokulárních funkcí v praxi optometristy**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Úvod**

Binokulární vidění je koordinovaná senzomotorická činnost obou očí, která umožňuje vytvoření jednoduchého obrazu. Není to vrozená záležitost, k dokončení jeho vývoje dochází ve věku 6 let.

K úspěšnému vytvoření binokulárního obrazu zapotřebí tři důležité faktory:

- **Senzorická složka** – převádí získané obrazové informace do korových center, kde dochází ke splnutí obrazu a uvědomování si sledovaného předmětu. Existují jisté předpoklady k fungování senzorické složky, těmi jsou:
  - Normální vidění obou očí
  - Přibližně stejně velké sítnicové obrazy
  - Centrální fixace obou očí
  - Normální retinální korespondence
  - Schopnost fúze
  - Normální funkce zrakových center
- **Motorická složka** – má za úkol nastavit oční bulby do takového postavení, aby obraz dopadal do foveí, udržet je jich tam a upravit osy vidění na cíl. Podmínky pro úspěšné funkce motorické části:
  - Při pohledu do dálky, oči musí být v paralelním postavení
  - Volná pohyblivost očí ve všech pohledových směrech
  - Normální funkce motorických drah a center
  - Poměr mezi akomodací a konvergencí musí být v pořádku
- **Optická složka** – moderuje tok světelných paprsků tak, aby se na sítnici vytvořil ostrý obraz. Její součástí jsou optická média: rohovka, komorová voda, oční čočka a sklivec. Důležitým aspektem je transparentnost všech optických médií, která umožňuje správnou lomivost paprsku.

Rozlišují se tři stupně binokulárního vidění:

- 1) **Superpozice** – schopnost překrýt oběma očima nestejně obrazy, simultánní vidění
- 2) **Fúze** – jde o schopnost centrální, jejím úkolem je spojit stejné obrázky pravého a levého oka v jeden vjem. Podle rozsahu sítnic, můžeme fúzi dělit na:
  - **Fúze I.** – paramakulární, periferní – obrazy spojíme větším rozsahem než je makula
  - **Fúze II.** – makulární – obrazy jsou spojeny rozsahem makuly
  - **Fúze III.** – foveolární – obrázky spojujeme foveou

Dalším důležitým elementem je šířka fúze. Normální kladná šířka fúze je  $+30^\circ$ , normální záporná šířka je  $-8^\circ$ , a normální vertikální šířka fúze je  $3^\circ$ . Tedy čím je šířka větší, tím je fúze silnější.

- 3) **Stereopse** – schopnost vytvoření hloubkového vjemu spojením obrazů, jejichž jednotlivé části dopadají na lehce disparátní místa sítnice.

### Poruchy jednoduchého binokulárního vidění

Pokud dojde k poruše jednoduchého binokulárního vidění (JBV), organismus na to reaguje s různými adaptačními procesy jako: suprese, amblyopii, excentrickou fixací a anomální retinální korespondencí (ARK).

**Suprese (útlum)** – Zabraňuje vstupu informací z uchýleného oka do příslušných zrakových center a zabrání tím i jejich uvědomění. U zdravého oka zraková kůra vnímá to, na co je zaměřena pozornost, a vše ostatní v okolí utlumí.

**Amblyopie (tupozrakost)** – Lze ji definovat, jako snížení zrakové ostrosti při normálním fyziologickém nálezu na oku. Rozděluje se na:

- **Kongenitální (vrozená)** – je přítomná již od narození, terapií se lepší jen málokdy. Sem řadíme amblyopii při nystagmu a albinismu.
- **Amblyopia ex anopsia** – vzniká následkem nepoužívání oka, když je vstup zrakových podnětů do oka je omezen, např.: při zkalení optických médií, krvácení do sklivce, déletrvajícím obvazu jednoho oka.
- **Anizometropická** – je typická při anizometrii a způsobená rozdílem dioptrií mezi očima.
- **Ametropická** – vyskytuje se u vyšších refrakčních vad, především u hypermetropie.
- **Meridionální** – projevuje se u velkých vrozených astigmatických očí.
- **Relativní** – vzniká v případě malé organické vady.
- **Amblyopie při strabismu** – může se vyskytovat při útlumu fovey uchýleného oka.

Jednotlivé typy amblyopií se mohou navzájem kombinovat, projevovat se jedno nebo i oboustranně.

Dle stupně snížení zrakové ostrosti se tupozrakost rozděluje na:

- Těžkou – vizus je 6/60 nebo horší
- Střední – vizus je 6/60 – 6/18
- Lehkou – vizus je 6/18 – 6/8.

**Excentrická fixace** – je to porucha, při které fovea ztrácí svou dominanci a její úkol přebírá jiné místo na sítnici, které se nachází v různé vzdálenosti od fovey. Jedná se o anomálii monokulární.

**ARK** – je to binokulární, centrálně nervová porucha. Vzniká tím, že fovea dominantního oka a místo sítnice odchyleného oka začínají spolupracovat a získávají společnou lokalizaci v prostoru- vytvářením nového sítnicového vztahu.

### Poruchy okohybného systému oka

Pokud dojde k poruše rovnováhy okohybných svalů po zrušení fúze, vzniká heteroforie (HTF). Jedná se o binokulární rovnovážnou poruchu, která se také nazývá skryté šilhání. Ideálně by svaly měly být v rovnováze, při které lze dosáhnout JBV. Tento stav je označován jako ortoforie. V tomto případě jsou oční bulby při pohledu do dálky v paralelním postavení, a do blízka se otáčí správně do konvergence. Tento stav se týká pouze malé části populace, v číslech 20 – 30 %.

Různé typy heteroforií se vyskytují u většiny lidí. Objevují se při zrušení fúze, v případě zakrytí jednoho oka, při fixaci různě vzdálených předmětů. Etiologie vzniku HTF je velice různorodá, může být vrozená, získaná po nemoci slabosti svalů, podkorigovaná, způsobená nesprávnou brylovou korekcí, aniseikonií, poruchou akomodace, konvergencí neboli inervací svalů. Pokud se latentní šilhání objevuje bez výrazných komplikací, jde o kompenzovanou heteroforii. Projevují-li astenopické potíže, metamorfopsie obrazu nebo diplopie, mluvíme o dekompenzované heteroforii.

Rozdělení HTF podle směru úchylky:

- **Vertikální** – hyperforie (nahoru), hypoforie (dolů)
- **Horizontální** – esoforie (dovnitř), exoforie (vně)
- **Předozaďní délka bulbu** – incykloforie (horní část vertikálního meridiánu oka je stočena dovnitř), excykloforie (horizontální část vertikálního meridiánu oka je stáčena ven)

Etiologické rozložení:

- **Statické** – projevuje se při anomálii očních, bulbů nebo okoahybných svalů
- **Akomodační** – vzniká poruchou mezi akomodací a konvergencí a při nekorigované refrakční vadě
- **Neurogenní** – vyskytuje se při poruše inervace svalů

Další rozdělení:

- **Arteficiální HTF** – objevuje se v případě špatné brýlové korekce
- **Anizoforie** – velikost úchyly není stejná v každých pohledových směrech
- **Izoforie** – velikost úchyly je stejná ve všech směrech

Dále se rozlišuje heteroforie do dálky, která je řízena klidovým svalovým tonem, a heteroforie do blízka, u kterého se uplatňuje tonická konvergence, akomodace a fúze.

### Vyšetřovací metody heteroforie do dálky

Pro detekci heteroforie máme mnoho objektivních i subjektivních vyšetřovacích metod. Některé důležité techniky vyšetření jsou níže uvedeny níže, ale pouze stručně, jelikož práce se spíše zaměřuje na vyšetření heteroforii do blízka.

#### **Cover test** – zakrývací zkouška

Jedná se o jedno z objektivních vyšetření HTF, které se používá jak do dálky, tak i do blízka. Jsou známy dva způsoby: jedním z nich je **Unilaterální** zakrývací zkouška, u které se pomalu zakryje a odkryje vždy jedno oko a pozoruje se pohyb nezakrytého oka. Zjistí se tím zjevné šilhání. Druhým způsobem vyšetření je **Alternující** cover test, který spočívá v rychlém střídavém zakrytí jednoho a druhého oka. Tímto způsobem se detekuje skryté šilhání.

#### **Maddoxův kříž**

Maddoxův kříž se skládá ze dvou křížících se ramen, kde v místě křížení svítí světlo. Vyšetřuje se pomocí Maddoxova cylindru, který se vloží nejprve horizontálními rýhami před pravé oko. Vzniká tak vertikální vjem, kterým hodnotíme horizontální HTF. Cylindr se pak otočí rýhami horizontálně, pacient tedy vidí vertikální čáru, kterou detekujeme vertikální forie. Velikost odchylky se odečte přímo v prizmatických dioptriích ze stupnice.

### **Worthův test**

Jde o test černého podkladu, na kterém se nachází dva zelené kříže, dole mezi nimi je bílý kruh a nad nimi je červený kruh. Měření se provádí pomocí červených a zelených filtrů. Heteroforie se hodnotí na základě posunutí testových značek. Bílým znakem se dá určit i dominance oka- podle barvy, v jaké se jeví klientovi po předřazení filtrů.

### **Schoberův test**

Je to metoda, která funguje na stejném principu jako předchozí. Vyšetřovacími znaky jsou nyní dva zelené kruhy a uprostřed umístěný červený kříž. Přes filtry pacient udává posunutí kříže.

### **Křížový test**

Jedná se o techniku využívající polarizace, proto ji řadíme mezi pola testy. Zde je důležité předřazení polarizačních filtrů před obě oči- s orientací  $135^\circ$  a  $45^\circ$ . Tím vnímá jedno oko pouze vertikální, a druhé pouze horizontální ramena kříže. Podle odezvy klienta, jak vidí test- můžeme určit heteroforie.

### **Vyšetření HTF do blízka – vlastní měření**

Na začátku měření se vyplňuje se souhlasem klienta formulář, kterým se získávají základní data pacienta, anamnéza a kam se zapisují výsledky naturálního vizu, vizu s vlastní korekcí a s optimální korekcí. Zahrnuje se sem i typ a velikost heteroforie. Poté začíná vyšetření heteroforie do blízka následujícími dvěma technikami:

- **Thoringtonův test a Maddoxův cylindr**

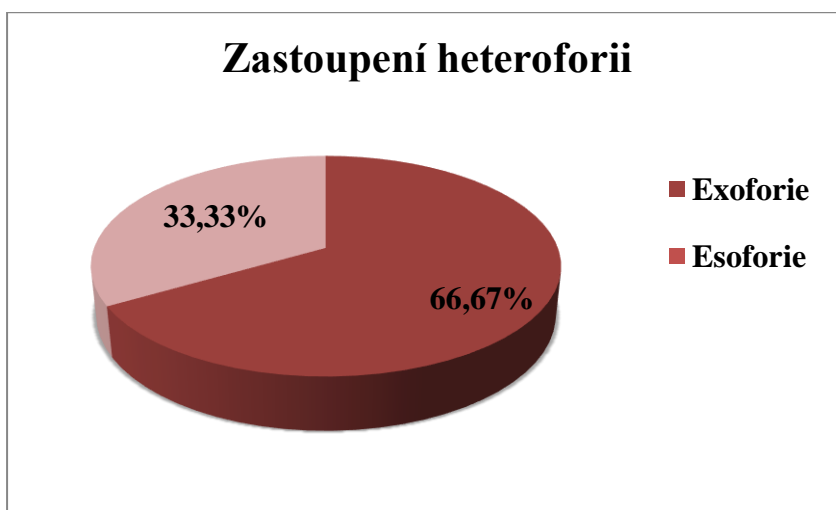
Měření se dělá 40 cm od očí klienta. Maddoxův cylindr se vloží s vodorovně vytvořenými rýhami před pravé oko tak, aby klientovi vznikl svislý světelný vjem ze světla svítícího ze středu tabulky. Když se svislá čára posouvá na pravém rameni – na číslicích ukazuje eso úchylku. V případě posunutí čáry na druhém rameni, teda na písmenkách - jedná se o exo úchylku.

- **Howellova tabule a von Graafeho prizma (6-8 pD)**

Tabulka se umístí do vzdálenosti 40 cm od pacienta. Před pravé oko je předřazený 6-8 pD bází dolů, aby došlo k rozdvojení obrazu. Takto vidí pravé oko horní řádek a levé oko dolní. Pokud jsou oba sloupce nad sebou, znamená to ortoforii. Když je horní šipka posunuta vpravo, na žluté straně testu, značí nám esoforii. V případě posunutí horní šipky vlevo na modré rameno tabulky, ukazuje přítomnost exoforii.

## Průběžné výsledky

- Počet naměřených osob: 3
- 2 ženy; 1 muž
- Průměrný věk: 28
- Měření max.: do 35 let



Graf č. 1. Zastoupení heteroforií mezi naměřenými probandy

## Hypotézy

1. Heteroforie nezpůsobují u korigovaných ametropů tolik obtíží, jako u ametropů nekorigovaných.
2. Více než 50% vyšetřovaných s heteroforiemi budou pociťovat přítomnost astenopických potíží.
3. Předpokládám, že v případě obou metod nedosahují rozdíly naměřených hodnot v pD větší hodnoty než 2 pD. Předpokládám také, že méně přesné výsledky lze dosáhnout pomocí Maddoxova cylindru, protože v tomto případě nelze vyloučit akomodaci.

## Závěr

Počet naměřených hodnot je příliš malý, abychom mohli porovnávat výsledky jednotlivých typů vyšetřovacích metod a potvrzovat hypotézy. Nicméně měření bude dále probíhat a budou získávány další výsledky pro zjištění přesnosti vybraných metod.



## Zdroje

DAŇKOVÁ, Bc. Veronika, 2008. *Posouzení binokulárních funkcí*. Brno. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

TRŇÁKOVÁ, Bc. Markéta, 2015. *Výskyt heteroforie u ametropů v populaci studentů*. Brno. Diplomová práce. Masarykova Univerzita. Vedoucí práce Mgr. Radek Anderle.

HROMÁDKOVÁ, Lada, 1995. *Šilhání*. Vyd. 2., dopl. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví. ISBN 80-701-3207-8.

BENEŠ P., VRUBEL, M.: *Oftalmologie pro speciální pedagogy*. Brno: Paido, 2018. 91 s. ISBN 978-80-7315-264-2.

## **Examination of binocular functions in practice of optometrists**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Introduction**

Binocular vision is a coordinated sensomotor activity of both eyes, which allows the creation of a simple image. It is not an innate ability; its development ends at 6 years of age. There are three important factors needed in order to create a binocular image successfully:

- **Sensor component** - Converts the acquired image information into the cortical centers where the image information is merged to form an image and subsequently and the viewed subject is recognized. There are several prerequisites for the functioning of the sensory component, namely the following:
  - Ability of both eyes to see normally
  - Approximately equally large retinal images
  - Central fixation of both eyes
  - Normal retinal correspondence
  - Merger capability
  - Normal functions of visual center
- **Motor component** – its function is to set the eye bulbs into a position in which the image falls on the fovea, to keep it there and to adjust the viewing axes to the target. Conditions for the successful operation of the motor part:
  - During watching in the distance, both eyes must be in a parallel position
  - Free eye movement in all viewing directions
  - Normal operation of motor pathways and centers
  - The ratio between accommodation and convergence must be in norm.
- **Optical component** - moderates the light beam flux in order to create a sharp image on the retina. Its components are the optical media: cornea, aqueous humour, eye lens, and vitreous humour. An important aspect of all optical media is their transparency, which allows proper beam refraction.

There are three levels of binocular vision:

1. **Superposition** – the ability to overlap different images seen with each eye, simultaneous vision
2. **Fusion** - it is the central ability. Its task is to combine the same images of the right and left eye in one perception. Depending on the size of the retina, we can divide the fusion into:
  - **Fusion I.** - paramacular, peripheral – in this case both images are larger than the macula
  - **Fusion II.** - macular - images are linked by the extent of the macula
  - **Fusion III.** - foveolar - we associate pictures with fovea

Another important element is the width of the fusion. The normal positive fusion

width is + 30 °, the normal negative width is -8 °, and the normal vertical fusion width is 3 °. The truth is, the bigger the width, the thicker the fusion.

**3. Stereopsis** – it is the ability to create a depth perception by combining images parts of which fall on slightly disparate parts of the retina.

### Disorders of simple binocular vision

If a simple binocular vision (SBV) fails, the body reacts with various adaptation processes such as suppression, amblyopia, eccentric fixation, and anomalous retinal correspondence (ARC).

**Suppression (attenuation)** - Prevents information from the retracted eye from entering the eye centers and prevents the subject from becoming aware of them. In a healthy eye, the visual cortex perceives what the focus is on and everything else dampens around it.

**Amblyopia** – it can be defined as a reduction of visual sharpness under normal physiological findings on the eye. It can be:

- **Congenital** - it is an innate state; therapy makes it rarely better. Amblyopia in nystagmus and albinism both belong here.
- **Amblyopia ex anopsia** - arises from not using the eye, i.e. when ocular stimulus in the eye is prevented, e.g.: by opaque optical media, vitreous hemorrhage, prolonged bandage on one eye.
- **Anisometropic** – is typical in cas of anisometropia; it occurs when unequal focus between the two eyes causes chronic blur on one retina
- **Ametropic** – occurs in higher refractive defects, especially in hypermetropia.
- **Meridional** - occurs in large congenital astigmatic eyes.
- **Relative** - occurs in the case of a small organic defect.
- **Amblyopia in strabismus** - may occur when the fovea of the retracted eye is attenuated.

Individual types of amblyopia can be combined with one another, manifest themselves on one or both sides.

Depending on the degree of visual acuity, the opacity is divided into:

- **Heavy** - the visus is 6/60 or worse
- **Medium** - visus is 6/60 - 6/18
- **Light** - visus is 6/18 - 6/8.

**Eccentric fixation** - this is a disorder where the fovea loses its dominance, and its task is taken on by another location on the retina, at a certain distance from the fovea. It is a monocular anomaly.

**ARC** - It is a binocular, central nervous disorder. It occurs when the fovea of the dominant eye and a place of the retracted eye's retina begin to cooperate and gain a common localization in space, creating a new retinal relationship.

### Disorders of the eye moving system of eye

If there is a disturbance of the equilibrium of the eye moving muscles after the fusion is abolished, heterophoria (HTF) arises. It is a binocular equilibrium disorder, which is called hidden strabismus. The ideal state is when the muscles are in balance, thus SBV is achieved. This state is referred to as orthophoria. In this case, the eye bulbs are in a parallel position when looking into the distance, and turn to the correct convergence when looking at close object. This condition concerns only a small part of the population, in figures of 20-30%.

Different types of heterophorias occur in most people. They appear when the fusion is canceled, when fixating objects in varying distances with one of the eyes covered. The etiology of HTF is very heterogeneous, can be congenital, after illness, gaining muscle weakness, undercorrection, incorrect spectacle correction, anisometropia, failure of accommodation, convergence, or muscle innervations. In case a latent squint occur without significant complications, we are talking about compensated heterophorias. If there are asthenopic problems, image metamorphosis or diplopia, we are talking about decompensated heterophorias.

HTF Breakdown by deviation direction:

- **Vertical** - hyperopia (up), hypopia (down)
- **Horizontal** - esophoria (inward), exophoria (outward)
- **The foreground length of the bulb** - incyclophoria (the upper part of the vertical meridian of the eye is turned inward), excyclophoria (the horizontal part of the vertical meridian of the eye is drawn from the outside)

Etiological distribution:

- **Static** - occurs in the anomaly of the eyeballs, bulbs, or bumps
- **Accommodative** - arises from a disorder between accommodation and convergence and uncorrected refractive error
- **Neurogenic** - occurs when muscle innervation fails

Other divisions:

- **Artificial HTF** - appears in the case of poor spectacle correction
- **Anisophoria** - deviation size is not the same in every viewing direction
- **Izophoria** - deviation size is the same in all directions

Furthermore, there is distance heterophoria, which is controlled by resting muscle tone, and near heterophoria, where tonic convergence, accommodation and fusion are applied.

## Examining methods of distance heterophoria

We have a lot of objective and subjective investigative methods for detecting heterophoria. A few dominant examination techniques are mentioned below, albeit briefly as the work focuses rather on examining near heterophoria.

### Cover test

It's one of the HTF's objective examinations, which is used both in distance and near heterophoria. Two forms are known, one of which is a Unilateral Cover Test during which one eye is slowly covered and uncovered while the other one's movement is observed. This reveals obvious strabismus. Another form of examination is the Alternating Cover Test, which

consists of fast alternating cover of one eye and the other. In this way, hidden strabismus is detected.

### **Maddox's cross**

Maddox's cross consists of two crossing arms, and at the crossing point of the arms, there is a lamp shining. It is investigated using the Maddox cylinder, which is first inserted with horizontal grooves in front of the right eye. This creates a vertical perception that we evaluate the horizontal HTF. The cylinder then rotates horizontally, so the patient sees the vertical line to detect the vertical force. The magnitude of the variance is read directly in prismatic diopters from the scale.

### **Worth's test**

This is a black background test with two green crosses, a white circle between them, and a red circle above them. Measurements are done using red and green filters. Heterophorias are evaluated on the basis of the displacement of the test marks. The white character can also determine the dominance of the eye, depending on what color appears to the client after the filters are presented.

### **Schober's test**

It is a method that works on the same principle as the previous one. The examination features are two green circles and a red cross in the middle. Through the filters, the patient indicates a cross shift.

### **Cross test**

It is a polarization technique, so it belongs among polarization tests. For this, it is important to preassemble the polarizing filters in front of both eyes, with the orientation of  $135^\circ$  and  $45^\circ$ . This makes one perceive eye only the vertical, and the other only the horizontal arms of the cross. Depending on the client's response on how they see the test, we can identify heterophorias.

## **Near HTPH examinations - own measurements**

At the beginning of the measurement, the client is asked for their written consent which obtains the patient's basic data, history, and the results of the natural vision, the self-corrected visus and the optimal correction are recorded. This includes the type and size of the heterophoria. Then the heterophoric examination begins with two techniques that are as follows:

- **Thorington test and Maddox cylinder**

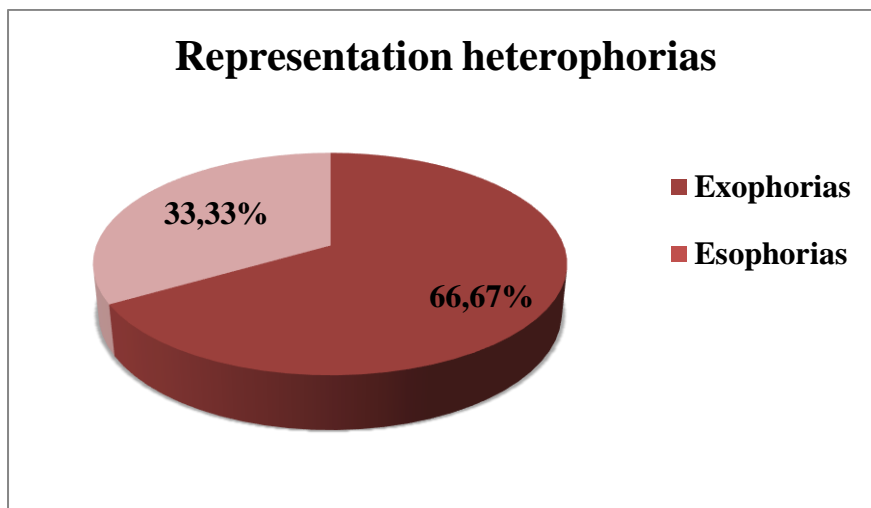
Measurement is done 40 cm from the eyes of the client. The Maddox cylinder is inserted with horizontally folded grooves in front of the right eye so that the client has a vertical light sensation from the light illuminated from the center of the table. When the vertical line moves on the right arm - on a digit, the ace shows a deviation. In the case of a line shift on the other arm, that is to say on the letters - this means an exo deviation.

- **Howell's board and von Graaf's prism (6-8 pD)**

The table is placed at a distance of 40 cm from the patient. In front of the right eye, the 6-8 pD base is downward in order to split the image. This way the right eye sees the top line, and the left eye is lower. If both columns are above each other, that means orthophoria. When the upper arrow is moved to the right, on the yellow side of the test, it indicates the esophoria. In the case of moving the upper arrow to the left on the blue tab of the table, it shows the presence of the exophoria

### Interim results

- Number of measured persons: 3
- 2 women; 1 man
- Average age: 28
- Measurement max: up to 35 years



Graph nr. 1. Representation of heterophorias between measured probands

### Hypotheses

1. Heterophorias do not cause as many issues in fixed ametropophiacs as with unmodified ametropes.
2. More than 50% of those investigated with heterophories will feel the presence of astenopic problems.
3. I assume that for both methods, the differences in measured values in pD do not exceed the value of 2 pD. I also assume that less accurate results can be achieved with the Maddox cylinder, because in this case the accommodation cannot be excluded.

### Conclusion

The number of measured values is still low so we can compare the results of each type of investigation method and confirm the hypothesis. However, the measurements will continue to run and additional results will be obtained to determine the accuracy of the selected methods.

### Resources

DAŇKOVÁ, Bc. Veronika, 2008. *Posouzení binokulárních funkcí*. Brno. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

TRŇÁKOVÁ, Bc. Markéta, 2015. *Výskyt heteroforie u ametropů v populaci studentů*. Brno. Diplomová práce. Masarykova Univerzita. Vedoucí práce Mgr. Radek Anderle.

HROMÁDKOVÁ, Lada, 1995. *Šilhání*. Vyd. 2., dopl. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví. ISBN 80-701-3207-8.

BENEŠ P., VRUBEL, M.: *Oftalmologie pro speciální pedagogy*. Brno: Paido, 2018. 91 s. ISBN 978-80-7315-264-2.

**Bc. Barbora Zedníčková, Mgr. Simona Bramborová**

## **Vztah změny pohledové vzdálenosti k vizuálnímu systému u nonpresbyopického pacienta**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Anotace:**

Tento text nejprve vysvětluje termín akomodační facilitata jako schopnost měnit úroveň akomodace dle požadovaného stimulu a popisuje možnosti jejího vyšetřování. Nejjednodušší metodou je změna fixace mezi dvěma různě vzdálenými stimuly. Standardní metodou je změna úrovně akomodace pomocí akomodačního flipru. Testování akomodační facility metodou odstupňování dle akomodační amplitudy bere v potaz fyziologický pokles akomodační amplitudy s přibývajícím věkem. Naměřené hodnoty mohou ukazovat na akomodační popřípadě vergenční problém ve zrakovém aparátu.

**Klíčová slova:** monokulární a binokulární akomodační facilitata, flipr, Active lens

### **Úvod**

Zrakem, jako nejdůležitějším ze smyslů vnímáme většinu podnětů ze svého okolí. Denně i při těch nejjednodušších činnostech měníme pohledovou vzdálenost ze vzdálenějších předmětů na bližší či naopak. Typickým příkladem může být řidič, který potřebuje zkontrolovat palubní desku. Je tedy nesmírně důležité, aby byl vizuální systém dostatečně pružný a dokázal přesně a rychle zaostřovat podle konkrétního požadavku.

Schopnost lidského oka vidět ostře různě vzdálené předměty označujeme akomodace. Tento proces není vrozený, ale vyvíjí se v prvních měsících života. Kromě akomodační amplitudy, udávající maximální zaostřovací schopnost oka, je důležitá akomodační facilitata, která přináší informace o svižnosti a přesnosti reakce na základě nového



akomodačního požadavku. Snížení této schopnosti může při delší práci do blízka přinášet typické symptomy (astenopie, diskomfort, rozostřené vidění). Řešením je v první řadě zraková terapie, sloužící k nácviku akomodace a všech jejích složek. Je to však řešení časově náročné, proto lidé často volí kompenzaci pomocí optických skel.

V současné době se do povědomí dostávají takzvané „active lens“, přinášející atraktivní řešení pro ty, kteří na konci dne trpí oční únavou způsobenou trvalým vypětím jejich očí. Těchto lidí zejména z důvodu aktivního životního stylu plného digitálních zařízení, která vyžadují neustálé zaostřování a uvolňování očí, stále přibývá. Vizuelní systém se tedy po celodenní námaze unavuje a není divu, že ke konci dne už akomodační systém ztrácí na přesnosti i rychlosti.

## **Vizuální systém**

Vizuální systém člověka zajišťuje příjem informací z vnějšího prostředí přenášených světelným podnětem, jejich transformaci v nervový vzruch vedený zrakovou dráhou do specializovaných korových okřsků, kde jsou zpracovány ve zrakový vjem. Nositelem informací o vnějším prostředí je tedy světlo, které se jeví jako prostředek umožňující přijetí zmíněné informace.

Zrakový systém člověka je soustava s komplikovanou anatomickou strukturou. Obecně se skládá ze tří částí: periferní (oční bulvy tvořené světlolomným a světločivým aparátem), spojovací (zraková dráha) a centrální (korové a podkorové části mozku. Bezchybná funkce světlolomného aparátu zajistí dopad světelných paprsků na sítnici, kde jsou světločivými buňkami fotoreceptorů zachyceny. Tento podnět způsobí depolarizaci buněčné membrány a elektrický vzruch je dále veden zrakovým nervem do korových center.

Adekvátním podnětem pro zrakový aparát jsou elektromagnetické vlny v rozsahu viditelného spektra, které dle zákonů fyzikální optiky procházejí očními optickými médii. Zrakový vjem vzniká po dopadu světelných paprsků na sítnici, kam je soustředil světlolomný aparát. Zářivá energie světla nesoucí informace z okolí se chemickou reakcí v sítnicových buňkách přeměňuje na elektrický potenciál, který je neurony veden do mozkové kůry.

## **Akomodační facilitita**

Termín akomodační facilitita popisuje schopnost vizuálního systému rychle a pružně měnit úroveň akomodace na různé podněty. Význam má především při změně fixace z blízka do dálky a zpět. Zatímco ostatní veličiny (PRA, NRA či akomodační amplituda) udávají maximální hodnoty akomodace za různých podmínek, akomodační facilitita přináší informaci o změně úrovně akomodace dle nového požadavku. Snížené hodnoty akomodační facility mohou korelovat s astenopickými potížemi při dlouhodobější práci do blízka.

## **Měření akomodační facility**

Cílem tohoto testování je zhodnotit vytrvalost a dynamiku akomodační reakce. Testování akomodační facility je založeno na principu nabízení dvou různých zrakových podnětů, přičemž se hodnotí snadnost a rychlost, s jakou se zrakový systém na stimul adaptuje. Klinicky se akomodační facilitita měří pomocí stimulace a následné inhibice akomodace (například předkládáním skel různé dioptrické hodnoty).

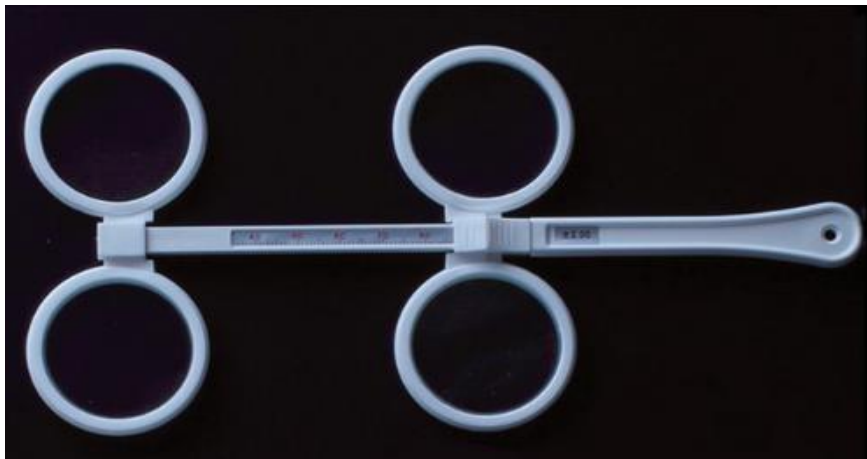
Naměřená hodnota akomodační facility je vyjádřena v cyklech za minutu (cpm). V případě, že v průběhu jedné minuty počítáme zaostření při každé změně stimulu, musíme výslednou hodnotu podělit dvěma, abychom dostali počet cyklů.

Typicky je akomodační facilitita testována nejdříve monokulárně a následně binokulárně. Při binokulárním vyšetření je hodnocena interakce mezi akomodačním i vergenčním systémem, tudíž vyšetření uvažuje také konvergenci.

## Metody měření akomodační facility

Nejjednodušší metodou hodnocení akomodační facility je změna fixace mezi dvěma akomodačními stimuly. Blízký stimul se nachází ve vzdálenosti 40 cm, čímž je akomodace stimulována. Vzdálený stimul leží ve vzdálenosti 6 m a akomodaci uvolňuje. Vyšetřovaný je požádán, aby po dobu jedné minuty přenášel fixaci z jednoho stimulu na druhý, přičemž ohlásí stav, kdy stimul vidí ostře.

Častěji užívanou metodou je testování s použitím optických skel, kdy rozptylná čočka akomodaci stimuluje a spojná naopak uvolňuje. Mohou se použít čočky o různé optické mohutnosti, empirická testování však probíhají s hodnotou  $\pm 2,0$  D. Ideálním řešením je použití flipru, což je předsádka tvořená dvojicí spojných a rozptylných čoček. Akomodační stimul je umístěn ve vzdálenosti 40 cm, úroveň požadované akomodace se mění přetočením flipru. Vyšetření začíná předložením spojných čoček a opět se po dobu jedné minuty měří počet zaostření.



Obr. 1.: Akomodační flipr  $\pm 2,0$  D (archiv autora)

Yothers a kolektiv poukazují na to, že standardní měření akomodační facility je u dospělého člověka ovlivněno fyziologickým poklesem akomodační amplitudy. Další úvahy spočívaly v tom, jaký je akomodační požadavek s použitím  $\pm 2,0$  D flipru pro konkrétního jedince s konkrétní akomodační amplitudou.

Jako příklad může být uveden mladý jedinec s akomodační amplitudou 12 D. Stimul ve vzdálenosti 40 cm vytváří požadavek 16% celkové AA ( $2,5/12$ ), po předložení flipru požadavek vzrůstá na 33% celkové AA ( $4/12$ ). Při uvažování dospělého jedince s akomodační amplitudou 5 D se hodnoty výrazně změní. Stimul ve vzdálenosti 40 cm znamená požadavek 50% celkové AA ( $2,5/5$ ) a po předložení flipru požadavek vzrůstá až na 80% celkové AA ( $4/5$ ). Navrhli proto odstupňovat test na základě AA tak, aby vzdálenost stimulu zapojovala 45% AA a předřazený flipr 30% AA.

Amplituda	Vzdálenost od nosu (cm)	Vzdálenost testu (cm)	Síla flipru (D)
22.25	4.5	10.0	±3.25
20.00	5.0	11.0	±3.00
18.25	5.5	12.0	±2.75
16.75	6.0	13.5	±2.50
15.50	6.5	14.5	±2.25
14.25	7.0	15.5	±2.25
13.25	7.5	16.5	±2.00
12.50	8.0	18.0	±2.00
11.75	8.5	19.0	±1.75
11.00	9.0	20.0	±1.75
10.50	9.5	21.0	±1.50
10.00	10.0	22.0	±1.50
9.50	10.5	23.5	±1.50
9.00	11.0	24.5	±1.50
8.75	11.5	25.5	±1.25
8.25	12.0	26.5	±1.25
8.00	12.5	28.0	±1.25
7.75	13.0	29.0	±1.25
7.50	13.5	30.0	±1.00
7.25	14.0	31.0	±1.00
7.00	14.5	32.0	±1.00
6.75	15.0	33.5	±1.00
6.50	15.5	34.0	±1.00
6.25	16.0	35.5	±1.00
6.00	16.5	37.0	±1.00
5.75	17.5	38.5	±1.00
5.50	18.0	40.5	±0.75
5.25	19.0	42.5	±0.75
5.00	20.0	44.5	±0.75
4.75	21.0	47.0	±0.75
4.50	22.0	49.5	±0.75

Obr. 2.: Hodnoty doporučené pro testování akomodační facility metodou odstupňování dle akomodační amplitudy

(SCHEIMAN, Mitchel a Bruce WICK. *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.)

#### Postup měření a fixační stimul

Vyšetření akomodační facility se provádí s optimální korekcí do dálky za denního osvětlení, kdy pro dobrou činnost čtecí karty můžeme použít i přídatné osvětlení. Vyšetřovanému vysvětlíme, že cílem je po dobu 1 minuty měřit zaostřovací schopnost oka. Instruuje ho, aby se snažil při každém přehození flipru zaostřit fixační stimul co nejrychleji a toto zaostření oznámil. Nejprve je dobré provést krátkou ukázkou, aby vyšetřovaný postup měření snáze pochopil.

Nejprve se měří binokulární akomodační facilitita (BAF) a poté i monokulární akomodační facilitita (MAF) pro každé oko, přičemž nevyšetřované oko bývá zakryto. Vyšetření se vždy začíná stimulem uvolňujícím akomodaci. Vyšetřující sleduje počet úspěšných zaostření a také dobu k tomu potřebnou tak, aby mohl vyhodnotit, zda působí větší problémy zaostření přes spojná či rozptylná skla.

Fixační stimul by měl obsahovat jemné detaily vysokého kontrastu. Může být použita standardní čtecí tabulka, kde sledovaný text odpovídá řásku o jeden větší, než nejmenší, který vyšetřovaný dokáže rozlišit (obvykle řádek vízu 0,8). Alternativou praktickou zejména pro vyšetřování dětí, které mohou mít problém s přesným určením zaostření, jsou tzv. accommodative rock cards. Vyšetřovaný zde musí přečíst slovo či písmeno, které se s každým otočením flipru zaostří v po sobě jdoucích políčkách. Tím se ujistíme, že vyšetřovaný stimul opravdu zaostřil.



Obr.3.: Accommodative rock cards a vektogram Bernell č.9

(<https://www.bernell.com/category/Vectograms-Vectographs>,

<https://www.acbo.org.au/shop/tests-equipment/product/845-accommodative-rock-cards>)

Dalším využitelným stimulem je tzv. vektogram Bernell č.9, kontrolující supresi. Jedná se o polarizovaný test s několika řádky, kdy jeden řádek je viditelný jen pravým okem, jiný

pouze levým a zbytek vidí obě oči. Tento fixační stimul je vhodné použít, pokud předešlá vyšetření přináší podezření na supresi, která by mohla negativně ovlivnit výsledky.

### Interpretace hodnot akomodační facility

Měřením akomodační facility hodnotíme kvalitu akomodaci a její účast na pohodlném binokulárním vidění. Nejprve se vyšetřuje BAF. Pokud vykazuje fyziologické hodnoty, značí to normální akomodačně – vergenční funkci. Pokud je tato hodnota snížena, přejde se k monokulárnímu testování. V případě, že jsou výsledky binokulárního měření nízké, ale monokulární výsledky v normě, binokulární dysfunkce nesouvisí s akomodační snadností. Obě snížené hodnoty značí akomodační problém.

Důležité je zhodnotit selhává – li akomodační facility při předřazení spojných či rozptylných skel. Snížená BAF při předřazení spojné čočky značí slabší konvergenci, pokud se BAF snižuje při předřazení rozptylné čočky, očekává se slabá divergence. Při interpretaci výsledků MAF mohou nastat následující situace:

Čočky		Interpretace
+	–	
OK	OK	Není problém v akomodační facility.
X	X	Akomodační nesnadnost.
X	OK	Hyperakomodace (exces či spasmus akomdoace).
OK	X	Problém ve stimulaci akomodace (akomodační insuficience či ochablost).

## Výzkumná část:

Cílem diplomové práce je určit zatížení vizuálního systému (akomodace) na různé pohledové vzdálenosti a prokázat přínos čoček s relaxačním (plusovým) přídatkem do blízka. Účelem relaxačních (Active lens) čoček je uvolnit zvýšenou námahu akomodačního systému při dlouhodobější práci do blízka, která může přinášet únavu očí.

Zatížení akomodačního systému hodnotím prostřednictvím vyšetření monokulární akomodační facility (pouze pro pravé oko) s použitím  $\pm 1,0$  D a  $\pm 2,0$  D flipru. Fixačním stimulem je standardní čtecí tabulka, řádek odpovídající vízu 0,8. Měřen je počet cyklů i čas potřebný k zaostření před spojné a rozptylné sklo. Následně do zkušební obruby přidávám sklo  $+0,5$  D imitující funkci relaxační čočky a opět proměřím obě hodnoty

## Hypotézy:

- Počet cyklů bude s použitím  $\pm 2,0$  D flipru nižší a naopak doba potřebná k zaostření přes rozptylné sklo vyšší, což odpovídá většímu zatížení akomodace.
- U myopů bude akomodační facility oproti emetropům snížena.
- Po přidání  $+0,5$  D imitující relaxační účinek Active lens se hodnoty zlepší (počet cyklů i čas potřebný k zaostření).

## Zdroje:

**KUCHYNKA, Pavel.** *Oční lékařství.* Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.

**SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ.** *Fyziologie oka a vidění, 2. dopl. a přeprac. vyd.* Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.

**KOTRNCOVÁ, Jana.** *Akomodační a vergenční facility s brýlovou korekcí a s korekcí kontaktními čočkami.* Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta přírodovědecká, 2014. Vedoucí diplomové práce Mgr. Lucie Machýčková.

**FORRESTER, John V., DICK Andrew D., MCMENAMIN, Paul G., ROBERTS, Fiona a Robert PEARLMAN.** *The eye: basic science in practice.* 4. vydání. Elsevier Health Sciences, 2016. ISBN 978-0-7020-5554-6.

**SCHEIMAN, Mitchel a Bruce WICK.** *Clinical Management od Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye movement Disorders*, 3. vydání. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer, 2008. ISBN 978-0-7817-7784-1.



**Bc. Barbora Zedníčková, Mgr. Simona Bramborová**

## **The relationship of the change in the visual distance to the visual system in a non presbyopic patient**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Annotation:**

This text first describes the term accommodative facility as the ability to change the level of accommodation according to the desired stimulus and describes the possibilities of its measurement. The easiest way to test the accommodative facility is to change fixation between two accommodative stimuli. The standard method is to change the level of accommodation by using the accommodating flipper. Testing an accommodative facility by amplitude scale method takes into account the physiological decrease of the accommodative amplitude with increasing age. Measured values may indicate an accommodative or vergence problem in the visual apparatus.

Key words: monocular and binocular accommodative facility, flipper, Active lens

### **Introduction**

By sight, as the most important sense we perceive most of the objects from our surroundings. Daily, even in the simplest activities, we change the visual distance from further subjects to closer and back. A typical example is the driver who needs to check the dashboard. Therefore it is extremely important for the visual system to be flexible enough to accurately and quickly focus on a particular requirement.

Accommodation is the ability of the human eye to see differently distance subjects clearly. This process isn't innate, it develops in the first few months of life. Except the accommodative amplitude, this indicates the maximum focusing ability of the eye. An accommodative facility is important. It provides information about the flexibility and

accuracy of the response based on the new accommodative requirement. Reducing this ability can cause typical symptoms (asthenopia, discomfort, blurred vision) when working longer in proximity. The first solution is a visual therapy, used to practice all components of accommodation. However, it is a time consuming solution, so people often use an optical glasses for compensation.

Currently the so called „active lenses“ comes in, bringing an attractive solution for those, who suffer from eye strain. Because of the active lifestyle full of digital device, number of these people increases. Working with digital device requires constant focusing, which cause eye stress. The visual system is after all day workout tired. Therefore it's no wonder that at the end of the day, the accommodative system is losing an accuracy and speed.

## **Visual system**

The human visual system ensures reception of information from the surroundings transmitted by the light. Then it's transformation to the neural stimulus led by the visual path into specialized sphere in the brain. There they are processed to visual perception. So the light is a bearer of information about external environment, it appears to be a factor of receiving the information.

The human visual system has a complicated anatomic structure. Generally, it consist of free parts: a peripheral (bulbus consist of focusing and light – sensitive layers), a connective (visual pathway) and a central (cortical a subcortical parts of the brain). The flawless function of a focusing apparatus ensures the impact of the light rays on the retina. There the photoreceptor luminescent cells are captured. This stimulus causes depolarization of the cell membrane and the electrical stimulation is led by the visual nerve to the cortical centers.

An adequate stimulus for the visual system is electromagnetic waves in the range of visible spectrum, which, according to the physical optics principals, passes through the optical media. Visual perception arise, when light rays achieve the retina, where is the centre of a light – sensitive apparatus. The energy of light carrying information from the

environment is by the chemical reactions in the retinal cells, transformed into the electrical potential.

### **Accommodative facility**

The term accommodative facility describes the ability of the visual system to quickly and flexibly change the accommodation for various stimuli. It is important for change the fixation from near to far and back. While the other components (accommodative amplitude, PRA, NRA) indicate maximal accommodation under different conditions, the accommodative facility provides information of changing the accommodative level according to the new requirement. Reduced score of accommodative facility correlates with asthenopic problems when longer proximal working.

### **Measurement of the accommodative facility**

The purpose of this test is to evaluate the persistence and dynamics of the accommodative reaction. Testing of the accommodative facility is based on the offering two different visual stimuli. The speed and ease with which the visual system adapts to the stimulus is tested. Clinically, the accommodative facility is measured by stimulation and subsequent inhibition of accommodation (for example by the presentation the lens of different dioptric power).

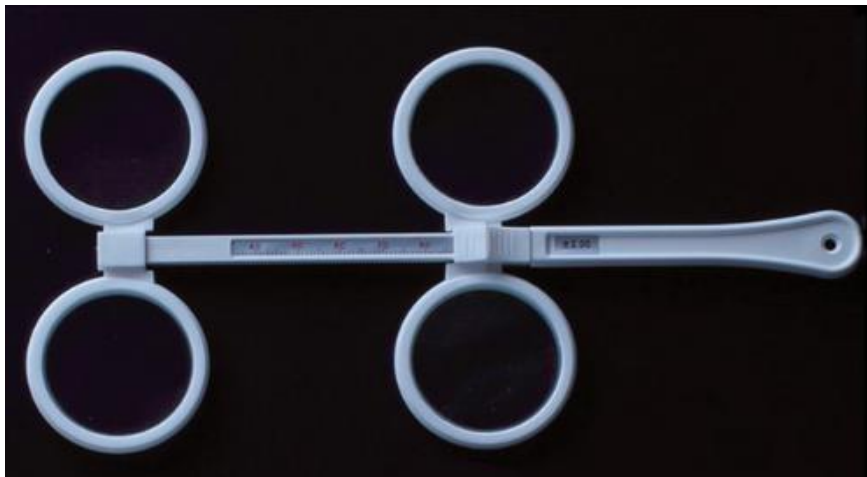
Results of the accommodative facility are expressed in cycles per minute (cpm). If we count focus of each stimulus change in one minute, we need to divide the result by two to get the number of cycles.

Typically, the accommodative facility is first tested monocularly and then binocularly. The binocular examination evaluates the interaction between accommodative and vergence system, so it also considers convergence.

### Methods of measuring the accommodative facility:

The easiest way to test the accommodative facility is to change fixation between two accommodative stimuli. The proximal stimulus is at a distance of 40 cm, thereby accommodation is stimulated. The distant stimulus is located at a distance of 6 m and releases the accommodation. The patient is asked to transfer fixation from one stimulus to another for one minute. He reports when the stimulus is seen clearly.

The commonly used method is testing by optical glass, when the minus lens stimulates the accommodation and plus lens release it. Many powers of optical lenses may be used, but empirical testing is done with  $\pm 2,0$  D lenses. Ideal solution is to use a flipper, which is a pair of plus and minus lenses. The accommodative stimulus is located at a distance of 40 cm, the level of the desired accommodation changes by reversing the flipper. The examination starts with plus lenses and focusing is measured for one minute.



Pic. 1.: Accommodative flipper  $\pm 2,0$  D (own archive)

Yothers and colleagues point out that the standard measurement of the accommodative facility is influenced by the physiological decline of the accommodative amplitude by an adult. Next considerations consisted in how is an accommodative requirement with using a  $\pm 2,0$  D flipper for a particular individual with a particular accommodative amplitude.

As an example, a young person with accommodative amplitude 12 D may be mentioned. The stimulus at a distance of 40 cm creates a requirement of 16% of the total AA (2,5/12) after addition the flipper, the requirement increases up to 33% of the total AA (4/12). When considering an adult with amplitude of 5 D, the values will change significantly. Stimulus at a distance of 40 cm creates requirement of 50% of the total AA (2,5/5). When using the flipper the requirement increases up to 80% of the total AA (4/5). Therefore Yothers created an amplitude scale test, where the stimulus distance involved 45% of AA and flipper 30% of AA.

Amplitude	Nose distance (cm)	Test distance (cm)	Power of flipper (D)
22.25	4.5	10.0	±3.25
20.00	5.0	11.0	±3.00
18.25	5.5	12.0	±2.75
16.75	6.0	13.5	±2.50
15.50	6.5	14.5	±2.25
14.25	7.0	15.5	±2.25
13.25	7.5	16.5	±2.00
12.50	8.0	18.0	±2.00
11.75	8.5	19.0	±1.75
11.00	9.0	20.0	±1.75
10.50	9.5	21.0	±1.50
10.00	10.0	22.0	±1.50
9.50	10.5	23.5	±1.50
9.00	11.0	24.5	±1.50
8.75	11.5	25.5	±1.25
8.25	12.0	26.5	±1.25
8.00	12.5	28.0	±1.25
7.75	13.0	29.0	±1.25
7.50	13.5	30.0	±1.00
7.25	14.0	31.0	±1.00
7.00	14.5	32.0	±1.00
6.75	15.0	33.5	±1.00
6.50	15.5	34.0	±1.00
6.25	16.0	35.5	±1.00
6.00	16.5	37.0	±1.00
5.75	17.5	38.5	±1.00
5.50	18.0	40.5	±0.75
5.25	19.0	42.5	±0.75
5.00	20.0	44.5	±0.75
4.75	21.0	47.0	±0.75
4.50	22.0	49.5	±0.75

Pic. 2.: Recommended values for testing an accommodative facility by amplitude scale method.

(SCHEIMAN, Mitchel a Bruce WICK. *Clinical Management od Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye movement Disorders*, 3. vydání. Philadelphia: Lippincott Williams &Wilkins, a Wolters Kluwer, 2008. ISBN 978-0-7817-7784-1.)

## Measurement process and fixation stimulus

The examination of the accommodative facility is done with optimal distance correction, in daylight, where additional lighting can be used for better legibility of the reading card. The patient is instructed that the goal is to measure the focusing ability of the eye for one minute. The patient is instructed to try to focus the stimulus as quickly as possible and announce this to the optometrist. Before the measuring is started, it's recommended making a short demonstration for the patient, so that the measure process is well understood.

First the binocular accommodative facility (BAF) is measured, followed by the monocular accommodative facility (MAF) for each eye, where the other eye is covered. Examination always begins with releasing stimulus. The examiner monitors the number of successful focuses and also the time it takes. It's good to evaluate whether there is more problematic focusing with plus or minus lens.

The fixation stimulus should include details of high contrast. A standard reading table can be used, where the reading text corresponds to a line greater than the smallest one the patient can distinguish (usually a visus line of 0,8). Alternatives are accommodative rock cards, which are useful for testing children who may have a problem with accurate focus determination. Here patient must read the word or letter that focuses in box with each flipper rotation. This will make sure the stimulus had really been focused.



Pic. 3.: Accommodative rock cards and Bernell vectogram No.9

(<https://www.bernell.com/category/Vectograms-Vectographs>,

<https://www.acbo.org.au/shop/tests-equipment/product/845-accommodative-rock-cards>)

Another useful stimulus is so called Bernell No. 9, with control of suppression. This is a polarized test that has one line seen by the right eye, one by the left eye and one by both. This fixation stimulus should be used if previous measurement reveals suppression that could affect results.

### **Interpretation of the accommodative facility values**

By measuring the accommodative facility, we evaluate the quality of accommodation and its participation in comfortable binocular vision. BAF is measured as the first. If the measure shows physiological values, it means a normal accommodative – vergence function. If the value is reduced, monocular testing follows. If the binocular results are low, but the monocular are physiologic, binocular dysfunction is unrelated to accommodative system. In case both values are low, the accommodative problem is indicated.

It's important to evaluate, if the accommodative facility fails with plus or minus lens. Decreased BAF with plus lens means lower convergence and decreased BAF with minus lens means a lower divergence. When interpreting MAF 's results, the following situations may occur:

<b>Lenses</b>		<b>Interpretation</b>
+	-	
OK	OK	No problem with accommodative facility.
X	X	Accommodative Infacility.
X	OK	Hyperaccommodation (Exces or Spasm of Accommodation).
OK	X	Problem with an accommodative stimulation (Accommodative Insufficiency).

## Research part

The purpose of the diploma thesis is to determine the strain of the visual system (accommodation) at different visual distance and to prove the benefit of the „active lenses“. The purpose of active lenses is to release the accommodative strain caused by longer proximal working, which may cause eye fatigue.

I evaluate the accommodative strain by examining the monocular accommodative facility (for right eye only) with using  $\pm 1.0$  D and  $\pm 2.0$  D flippers. The fixation stimulus is the standard reading table, the line correspond to the visus of 0,8. The number of cycles and the time required to focus on the plus and minus lenses are measured. Then I add + 0,5 D lens which imitate the function of the relaxation lens and measure both values once again.

### Hypotheses:

- The number of cycles will be less when use  $\pm 2,0$  D flipper and the time required to focus is higher which correspond to a higher accommodative strain.
- In myopes, the accommodative facility will be reduced compared to emetropes.
- After adding + 0,5 D imitating the effect of the Active lens, the values will be improved (the number of cycles and the time required to focus).

### Resources:

**KUCHYNKA, Pavel.** *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.

**SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ.** *Fyziologie oka a vidění, 2. dopl. a přeprac. vyd.* Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.

**KOTRNCOVÁ, Jana.** *Akomodační a vergenční facilitata s brýlovou korekcí a s korekcí kontaktními čočkami*. Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta přírodovědecká, 2014. Vedoucí diplomové práce Mgr. Lucie Machýčková.

**FORRESTER, John V., DICK Andrew D., MCMENAMIN, Paul G., ROBERTS, Fiona a Robert PEARLMAN.** *The eye: basic science in practice*. 4. vydání. Elsevier Health Sciences, 2016. ISBN 978-0-7020-5554-6.



**SCHEIMAN, Mitchel a Bruce WICK.** *Clinical Management od Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye movement Disorders*, 3. vydání. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer, 2008. ISBN 978-0-7817-7784-1.

**Bc. Lucie Mikesková, Mgr. Dana Trávníková**

## **Komparace hodnot přední plochy rohovky u nositelů kontaktních čoček**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Anotace:**

V diplomové práci je popsána anatomie rohovky, Gullstrandův model oka a obeznamuje i o přístrojích, kterými lze zakřivení rohovky měřit a následně porovnávat jejich výsledky. Praktická část se zabývá změnami zakřivení rohovky při nošení kontaktních čoček z různých materiálů. Cílem je určit, jestli a do jaké míry materiály čoček mění zakřivení rohovky.

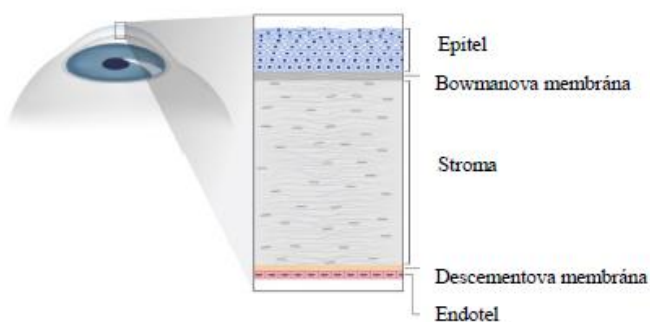
**Klíčová slova:** Rohovka, rohovkový topograf, Autokeratorefraktometr

### **Anatomie a fyziologie rohovky**

Struktura rohovky je popisována jako průhledná, bezcévnatá tkáň. V anatomii je brána jako pokračování skléry směrem k přední části bulbu, toto místo označujeme jako limbus corneae. Rohovka tvoří 2/3 celkové optické mohutnosti oka, takže z optického hlediska představuje velice důležitou stavbu, ale je pouze jednou ze čtyř optických médií. Mezi tato prostředí se dále řadí nitrooční tekutina (humor aquosus), čočka (lens) a sklivec (corpus vitreum).

Na následujícím obrázku je viditelné, že se rohovka skládá z pěti nad sebou ležících vrstev, a to z epitelu, pod ním ležící Bowmanovy membrány, na kterou navazuje stroma obalené Descementovou membránou z druhé strany a poslední vrstvou je endotel. [9]

Mezi důležité parametry rohovky patří její tvar, poloměry křivosti, optická mohutnost a astigmatismus.

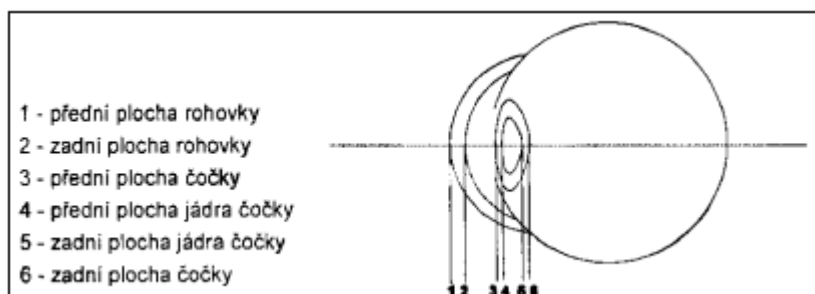


**Obrázek 1. Zobrazení vrstev rohovky [zdroj 14]**

## Gullstrandův model oka

Švédský oftalmolog Alvar Gullstrand popsal základní rozměry rohovky pomocí zjednodušeného Gullstrandova modelu oka počátkem 19. století. Díky jeho velice podobnému optickému popisu se dodnes používá nejčastěji.

Jeho předpokladem bylo to, že všechny součásti optické soustavy oka jsou kulové. V jeho popisu je zahrnuto šest lomivých ploch – přední a zadní povrch rohovky, přední a zadní povrch čočky a přední a zadní povrch jádra čočky. Z tabulky lze vyčíst parametry jednotlivých struktur, jako jsou indexy lomu, poloměry křivosti, optické mohutnosti, ale také polohy uzlových nebo hlavních bodů, ať už při akomodaci nebo při stavu klidu oka. [1; 4]



Obrázek 2. Gullstrandův model oka, lámavé plochy [zdroj 2]

	Vzdálenost od vrchole rohovky [mm]	Poloměr křivosti [mm]	Index lomu	Optická mohutnost [D]
Přední plocha rohovky	0	+ 7,7	-	+ 48,831
Rohovka	-	-	1,376	-5,882
Zadní plocha rohovky	+ 0,5	+ 6,8	-	+ 43,053
Komorová voda	-	-	1,336	-
Přední plocha čočky	+ 3,6	+ 10,00	-	+ 5,0
Periferie čočky	-	-	1,386	
Přední plocha jádra čočky	+ 4,146	+ 7,911	-	
Jádro čočky	-	-	1,406	+ 5,985
Zadní plocha jádra čočky	+ 6,665	- 5,760	-	
Zadní plocha čočky	+ 7,2	- 6,0	-	+ 8,33
Sklivec	-	-	1,336	-
Sítnice	+ 24,00	-	-	
Předmětové ohnisko	- 15,707	-	-	-
Obrazové ohnisko	+ 24,387	-	-	-
Předmětový hlavní bod	+ 1,348	-	-	-
Obrazový hlavní bod	+ 1,602	-	-	-
Předmětový uzlový bod	+ 7,078	-	-	-
Obrazový uzlový bod	+ 7,332	-	-	-

Tabulka 1: Parametry Gullstrandova schématického oka, hodnoty odpovídají neakomovanému stavu oka. [zdroj 3]

Vertikální meridián poloměru křivosti je menší než horizontální meridián. Hodnota poloměru křivosti přední plochy rohovky je +7,7 mm, tedy větší než poloměr křivosti zadní plochy rohovky, který nabývá hodnot +6,8 mm. [3; 12]

Tvarově připomíná rohovka horizontálně uloženou elipsu, jejíž průměrná hodnota linie vedoucí od nazálního k temporálnímu okraji limbu se pohybuje mezi 11,5 – 12 mm. Ve svém vertikálním průměru, od horního k dolnímu okraji limbu, nabývá hodnoty 11 mm. V případě, že je horizontální průměr menší než 10 mm, jedná se o abnormalitu označovanou jako mikrocornea, pokud je tento průměr větší než 13 mm nazýváme tento stav jako megalocornea. Je důležité si uvědomit, že směrem do periferie se rohovka oplošťuje. [4; 12]

Tvar rohovky můžeme označit také jako excentricita rohovky  $\varepsilon$ , která vychází z tvarové konstanty K. Pro určení tvaru jednotlivých kulových ploch, si musíme vyjádřit vztahy, kdy položíme vrchol křivky meridiánu plochy rohovky do počátku, které jsou znázorněny v tabulce 2. [5]

Hyperbola	$y^2 = 2px + \left(\frac{b^2}{a^2}\right)x^2$
Parabola	$y^2 = 2px$
Elipsa	$y^2 = 2\left(\frac{b^2}{a}\right)x - \left(\frac{b^2}{a^2}\right)x^2$
Kružnice	$y^2 = 2px - x^2$
Obecně	$y^2 = 2px + /-Kx^2$ $y^2 = 2\left(\frac{b^2}{a}\right) + /-\left(\frac{b^2}{a^2}\right)x^2$
Legenda	x – souřadnice ve směru osy rotace y – pořadnice kolmá k ose x p = $r_0$ – poloměr křivosti ve vrcholu a – délka hlavní velké poloosy b – délka vedlejší malé poloosy

**Tabulka 2** Vztahy pro výpočet meridiánu plochy rohovky položeného do počátku [zdroj 5]

Pro tvarovou konstantu poté můžeme určit následující pravidla:

- $K < 0$  hyperbola
- $K = 0$  parabola
- $0 < K < 1$  protáhlá elipsa
- $K = 1$  kružnice
- $K > 1$  široká elipsa

Díky znalosti tvarové konstanty K můžeme následně stanovit hodnotu **excentricity**  $\varepsilon$ , její hodnota se stanovuje vzorcem:

$$\varepsilon = \frac{a^2 - b^2}{r_0^2 K^2 (1 - K)}$$

Dle velikosti excentricity  $\varepsilon$  můžeme charakterizovat různé tvary jednotlivých řezů v daných meridiánech:

- $\varepsilon = 0$  kružnice
- $0 < \varepsilon < 1$  elipsa

- $\varepsilon = 1$  parabola
- $\varepsilon > 1$  hyperbola

Průměrné hodnoty excentricity se udávají mezi 0,35 – 0,55, které odpovídají rotačnímu elipsoidu, jehož výskyt je u 70 % rohovek. Strmějších rohovek je asi 20 %, plošší rohovky se vyskytují pouze v 10 %. [5]

Tloušťka rohovky je v centrální části 555  $\mu\text{m}$ , do periferie se rohovka ztlušťuje až na hodnotu 1000  $\mu\text{m}$ . [5]

## AUTOKERATOREFRAKTOMETR

Během jednoho měření na tomto přístroji jsme schopni získat hned několik parametrů. Jedná se o refrakční stav oka, nitrooční tlak a keratometrii. Bezkontaktní, velice rychlá, přesná a bezbolestná metoda měření. Mezi další výhody měření řadíme opakovatelnost, možnost uložení dat a sledování progresu naměřených hodnot. Keratometrie zahrnuje měření hodnot nejploššího a nejstrmějšího meridiánu rohovky. Obrázek 3 znázorňuje obecný vzhled autokeratorefraktometru.



**Obrázek 3. Autokeratorefraktometr [zdroj 15]**

### Technické parametry

Moderní autorefraktokeratometry pracují s infračervenou oblastí záření kolem 880 nm, přičemž nedochází k oslnění vyšetřovaného oka. Optický systém přístroje je důležitý pro maximální uvolnění akomodace. Testová značka, která je promítnuta před vyšetřované oko, pomocí základních obrazců představuje daleký obraz (např. dům na horizontu, balón na obloze). Při měření dochází ke střídavému zaostřování a rozostřování podle zamlžovacího principu. Tzv. přístrojová myopie může vzniknout v případě neúplného porušení akomodace a může ovlivnit výsledné měření, až o  $\pm 0,5$  D. Přístroj provede několik měření kvůli možné odchylce a výsledná hodnota je zprůměrována z dílčích měření. [7;9]

Keratometrické údaje získáme při odrazu od přední plochy rohovky, kdy je testová značka promítnuta polarizovaným světlem s vlnovou délkou 830 nm. Porovnáváme mezi sebou parsek příchozí a referenční paprsek. Centrace probíhá automaticky. Za pomoci tohoto principu lze změřit hodnotu minimálního a maximálního řezu centra rohovky. [8]

### Postup měření

V prvním kroku vyzveme vyšetřovaného k opření brady a čela na přístrojovou opěrku. Oči musí být v požadované výšce, kterou zjistíme na bohu opěrného systému, vnější koutky

zároveň s kontrolními značkami. Vyšetřovaný by měl během měření být v klidu a neměl by mrkat, protože jinak by došlo ke zkreslení výsledků. Vyšetřovaný pozoruje testovou značku, která se během měření záměrně zaostruje. Vyšetřující si na displeji přístroje zobrazí zornici pomocí ovládacího zařízení. Automatické přístroje poté zahájí měření a naměřená data zprůměruje. U manuálních přístrojů je nutné provést stiskem tlačítka jednotlivá měření. Totéž probíhá i při přesunu na druhé oko. Výsledky lze vytisknout nebo uložit do paměti přístroje, dle jeho softwaru.

## ROHOVKOVÝ TOPOGRAF

Princip analýzy probíhá na principu Placidových disků, které jsou odraženy na povrchu rohovky, tudíž měříme její odchylky. Rohovka má asférický tvar, proto je důležité mít, co nejvíce údajů jejího povrchu. Pro snadnější vysvětlení a odečet dat jsou výsledné hodnoty zaznamenány do široké škály barevných map.

Lze naměřit i status slzného filmu, což probíhá taktéž bezkontaktně, bez bolesti a v reálném čase. [6]

Na obrázku č. 4 je zobrazen vzhled rohovkového topografu.



Obrázek 4. Rohovkový topograf [zdroj 13]

### Princip přístroje

Přístroj se skládá z hlavice promítající na povrch rohovky soustředné bílé a černé kružnice. Odraz je snímán CCD kamerou a převáděn v digitální podobě do počítače k vyhodnocení v podobě barevných topografických map.

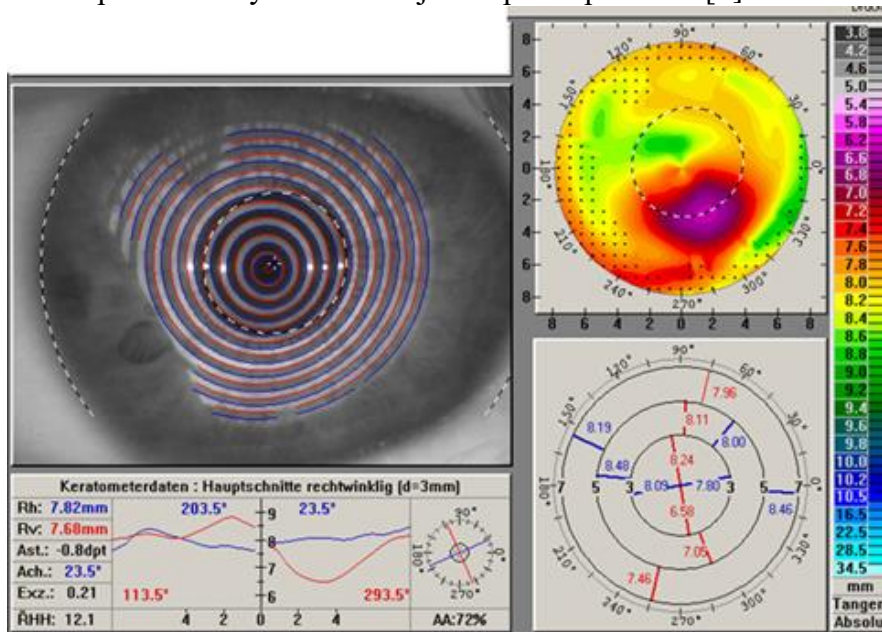
Na povrch je promítáno 12 – 24 kružnic v rozsahu rohovky 7 – 9 mm, z nichž můžeme získat 2 600 – 22 000 bodů, pro které je topograf schopen stanovit přesnou hodnotu optické mohutnosti. V reálném čase potom můžeme sledovat progresi poloměrů křivosti rohovky. [10]

### Zobrazení dat:

- a) **Keratometrické údaje** – radíme zde data zobrazované rohovkovým topografem, jako je optická mohutnost rohovky a velikosti poloměrů křivosti.
- **Fotografie** - nám zobrazují průběh odrazu Placidových disků na přední ploše rohovky. U přerušovaných kružnic usuzujeme na nejrůznější důvody, kvůli kterým nemohla být daná část rohovky změřena. Nejčastějšími vadami zobrazení je nepřesné nastavení topografu, mrknutí vyšetřované osoby v době měření nebo v daném místě nelze

rohovku změřit. Obrázek 5 ukazuje odraz Placidových disků a část rohovky, na které kde nebylo možná tyto údaje naměřit (levá spodní část). Celková kvalita vyšetření se označuje AA a můžeme ji najít pod černobílým obrázkem oka v pravém spodním rohu. Významná jsou takové hodnoty, u kterých proběhlo měření s přesností více jak 65 %. [6]

- **Mapa průběhu rohovky** – přehledná mapa, na které jsou všechny naměřené hodnoty porovnány s referenční plochou a následně vykresleny pomocí barev od tmavě šedé až po modrou. Hodnoty poloměrů křivosti a barevná škála jsou znázorněny v pravé části. Červené, oranžové (teplé) odstíny zobrazují větší poloměry křivosti, naopak modré (chladné) menší poloměry křivosti ve srovnání s referenční plochou, což můžeme pozorovat na obrázku 5. [6]
- **Keratometrické hodnoty** – hodnoty velikosti horizontálního a vertikálního meridiánu včetně přibližné osy můžeme najít ve spodní polovině.[6]



Obrázek 5 Keratometrické údaje z rohovkového topografu [zdroj 16]

- b) **Hodnoty z měření slzného filmu** – pomocí topografu lze měřit také stav a vlastnosti slzného filmu. Tento parametr je důležitý k vyhodnocení syndromu suchého oka. Tato funkce je umožněna pouze u rohovkových topografů, které mají potřebný software počítače a určitou stavbu přístroje. [6]

Díky softwarovému rozšíření lze měřit tyto údaje slzného filmu:

- **Měření výšky slzného menisku** – výpočet výšky slzného menisku je specifický pro každý přístroj podle vlastních vyhodnocovacích tabulek. Měření probíhá při větším zvětšení, ze kterého se pomocí tabulek vypočítá kvantita slz. Na obrazovém záznamu lze vyhodnotit výšku slzného menisku. [6]
- **Neinvazivní BUT** – český název čas do roztržení pochází z anglického Break up time (BUT). Měříme čas od počátku měření až po první viditelné známky porušení celistvosti slzného filmu. Celý proces je snímán a zaznamenáván kamerou a po skončení měření se vyhodnotí čas, který byl potřebný k deformaci promítaných Placidových disků. [6]

- c) **Měření šířky optické části rohovky – vyšetření White to White** – díky softwarovým rozšířením můžeme měřit také šířku optické části rohovky, tzn. od limbu k limbu. [6]
- d) **Reakce zornice na osvit** – měření probíhá na principu světelné stimulace 5 až 6 světelných záblesků, které následují rychle po sobě. Reakce rohovky jsou zaznamenány rohovkovým topografem. Výsledkem je největší a nejmenší průměr zornice. Posouzení zornicových reakcí slouží ke zhodnocení stavu zornic u různých chorob. [6]

### Postup měření

Než začneme měřit, musí se vyšetřovaný řádně usadit za přístroj, výškově upravíme sedačku a opěrku brady a poučíme vyšetřovaného, že během měření nesmí mrkat. Následně si vyšetřovaný opře bradu a čelo a dívá se rovně před sebe, doprostřed soustředných kružnic. Dalším krokem je centrace přístroje tak, aby bylo možné přesně změřit parametry rohovky. Po nalezení ideální pozice, přístroj začne automaticky měřit. Totéž provedeme i na oku druhém. Výsledné data je možné uložit do databáze.

### Zdroje:

1. **MILAN, ANTON.** *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody.* Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví BRNO, 1993. str. 108. ISBN 80-7013-148-9.
2. **BAŠTECKÝ, RICHARD.** *Praktická brýlová optika.* Praha : R + H optik, 1997.
3. **KUCHYNKA PAVEL, KOLEKTIV.** *OČNÍ LÉKAŘSTVÍ.* Praha : Grada Publishing, 2007. str. 812. ISBN 978-80-247-1163-8.
4. **KVAPILÍKOVÁ, KVĚTA.** *Anatomie a embryologie oka.* Brno : Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2010. ISBN 80-7013-313-9.
5. **PETROVÁ, SYLVIE.** *Základy aplikace kontaktních čoček.* Brno : Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2008. ISBN 978-80-7013-470-2.
6. **ALBRECHTOVÁ, DANA.** *Srovnání zobrazovacích metod předního očního segmentu.* Brno : Bakalářská práce, 2014. str. 57.
7. **GLOGAROVÁ, LUCIE.** *Porovnání keratometrie Javalovým keratometrem a rohovkovou topografií.* Brno : Diplomová práce, 2010. str. 75.
8. **EVA, CHRÁSTOVÁ.** *Vyšetření a korekce astigmatismu.* Brno : Bakalářská práce, 2014.
9. **ZUZANA, KUREKOVÁ.** *Vliv zakřivení rohovky a délky oka na výpočet optické mohutnosti nitrooční čočky.* Brno : Diplomová práce, 2009. str. 113.
10. **PERLOVÁ, LENKA.** *Rohovková topografie.* Brno : Bakalářská práce, 2009.
11. **GROSS D., GERSTMAN D.** The Optical Science Underlying the Quantification of Corneal Contour.: *Indiana Journal of Optometry.* 2000, 3.
12. **MASHIGE, KP.** A review of corneal diameter, curvature and thickness values and influencing factors. *S Afr Optom.* 2013, 72(4) 185-194.
13. <http://www.oculus.cz/topografy>. [Online]



14. [http://www.visioncarespecialists.com/wpcontent/uploads/2013/05/shutterstock\\_127500686.jpg](http://www.visioncarespecialists.com/wpcontent/uploads/2013/05/shutterstock_127500686.jpg). [Online]

15. <https://www.vaszrak.cz/lasery-a-pristroje/autokeratorefraktometr>. [Online]

16. <https://is.muni.cz/do/1499/el/estud/lf/js10/kontakt/web/pages/vlastni-postup-aplikace.html>

**Bc. Lucie Mikesková, Mgr. Dana Trávníková**

## **Comparison of corneal anterior surface values for contact lens wearers**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Annotation:**

The diploma thesis describes the anatomy of the cornea, Gullstrand's eye model, and describes the devices that can measure corneal curvature and then compare their results. The practical part deals with changes in corneal curvature when wearing contact lenses from different materials. The aim is to determine if and to what extent lens materials change the curvature of the cornea.

**Key words:** Cornea, cornea topograph, Autokeratorefractometer

### **Anatomy and Corneal Physiology**

The structure of the cornea is described as a transparent, non-cerebellar tissue. In the anatomy, it is taken as a continuation of the sclera towards the front of the bulb, which is referred to as limbus corneae. The cornea makes up 2/3 of the total optical power of the eye, making it an important building from the optical point of view, but it is only one of four optical media. These environments include humor aquosus, lens lens and corpus vitreum.

The following figure shows that the cornea consists of five layers lying above one another, from the epithelium underlying the Bowman membrane, followed by the stroma covered by the Descement membrane from the other side and the last layer is the endothelium.

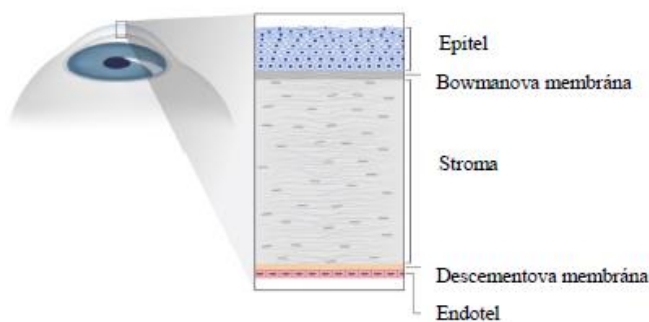


Figure 1. Viewing the layers of the cornea

Important corneal parameters include its shape, radius of curvature, optical power and astigmatism.

### Gullstrand's eye model

Swedish optologist Alvar Gullstrand described the basic dimensions of the cornea using the simplified Gullstrand eye model at the beginning of the 19th century. Thanks to its very similar optical description, it is still used most often today.

His assumption was that all the components of the optical system of the eye were spherical. It describes six fractures - the anterior and posterior surfaces of the cornea, the front and the back surface of the lens, and the front and back surfaces of the lens core. From the table you can read the parameters of individual structures, such as refractive indices, curvature radii, optical strength, but also the position of the nodal or main points, whether in accommodation or in the state of the eye.

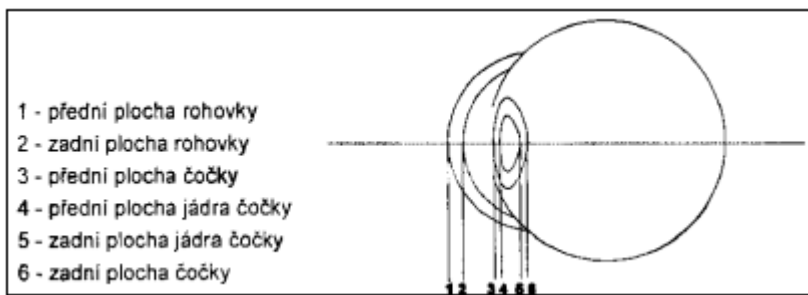


Figure 2. Gullstrand's eye model, fractured area

	Vzdálenost od vrcholu rohovky [mm]	Poloměr křivosti [mm]	Index lomu	Optická mohutnost [D]
Přední plocha rohovky	0	+ 7,7	-	+ 48,831
Rohovka	-	-	1,376	-5,882
Zadní plocha rohovky	+ 0,5	+ 6,8	-	+ 43,053
Komorová voda	-	-	1,336	-
Přední plocha čočky	+ 3,6	+ 10,00	-	+ 5,0
Periferie čočky	-	-	1,386	
Přední plocha jádra čočky	+ 4,146	+ 7,911	-	
Jádro čočky	-	-	1,406	+ 5,985
Zadní plocha jádra čočky	+ 6,665	- 5,760	-	
Zadní plocha čočky	+ 7,2	- 6,0	-	+ 8,33
Sklívec	-	-	1,336	-
Sítnice	+ 24,00	-	-	
Předmětové ohnisko	- 15,707	-	-	-
Obrazové ohnisko	+ 24,387	-	-	-
Předmětový hlavní bod	+ 1,348	-	-	-
Obrazový hlavní bod	+ 1,602	-	-	-
Předmětový uzlový bod	+ 7,078	-	-	-
Obrazový uzlový bod	+ 7,332	-	-	-

Table 1: Parameters of the Gullstrand schematic eye, the values correspond to the unconfused state of the eye.

The vertical meridian curvature radius is less than the horizontal meridian. The curvature radius of the anterior corneal surface is +7.7 mm, i.e. greater than the radius of curvature of the corneal back surface, which is +6.8 mm.

The cornea resembles a horizontally placed ellipse whose average line value from the nasal to the temporal edge of the limb is between 11.5-12 mm. In its vertical diameter, from the upper to the lower edge of the limb, it gains 11 mm. If the horizontal diameter is less than 10 mm, it is an abnormality known as microcornea, if this diameter is greater than 13 mm, we call it the magalocornea. It is important to note that the cornea fills in the periphery.

The shape of the cornea can also be referred to as the eccentricity of the cornea, which is based on the shape constant K. To determine the shape of the individual spherical surfaces, we must express the relationships when we place the peak of the meridian curve of the corneal surface at the beginning. (Table 2)

Hyperbola	$y^2 = 2px + \left(\frac{b^2}{a^2}\right)x^2$
Parabola	$y^2 = 2px$
Elipsa	$y^2 = 2\left(\frac{b^2}{a}\right)x - \left(\frac{b^2}{a^2}\right)x^2$
Kružnice	$y^2 = 2px - x^2$
Obecně	$y^2 = 2px + /-Kx^2$ $y^2 = 2\left(\frac{b^2}{a}\right) + /-\left(\frac{b^2}{a^2}\right)x^2$
Legenda	x – souřadnice ve směru osy rotace y – pořadnice kolmá k ose x p = r <sub>0</sub> – poloměr křivosti ve vrcholu a – délka hlavní velké poloosy b – délka vedlejší malé poloosy

Table 2 Relationships for Meridian Calculation of the Corneal Surface Placed at the Origin

For the shape constant then we can specify the following rules:

- K < 0 hyperbola
- K = 0 parabola
- 0 < K < 1 elongated ellipse
- K = 1 circle
- K > 1 broad ellipse

Thanks to the knowledge of the shape constant  $K$  we can subsequently determine the eccentricity value  $\varepsilon$  whose value is determined by the formula:

$$e = a^2 - b^2 = r^2 K^2 (1 - K)$$

Depending on the size of eccentricity  $\varepsilon$  we can characterize the different shapes of individual cuts in given meridians:

- $\varepsilon = 0$  circle
- $0 < \varepsilon < 1$  ellipse
- $\varepsilon = 1$  parabola
- $\varepsilon > 1$  hyperbola

Average eccentricity values are between 0.35 and 0.55, which correspond to the rotational ellipsoid, which is found in 70% of the corneas. Steeper corneas are about 20%, flatter corneas occur in only 10%.

The corneal thickness is 555  $\mu\text{m}$  in the central part, with the cornea thickening to the periphery to 1000  $\mu\text{m}$ .

## **AUTOKERATOREFRAKTOMETR**

During one measurement on this unit, we are able to get several parameters at a time. This is the refractive state of the eye, intraocular pressure and keratometry. Non-contact, very fast, accurate and painless measurement method. Other merits include repeatability, data storage and monitoring of measured values. Keratometry involves measurement of the highest and steepest meridian values of the cornea. Figure 3 shows the general appearance of an autocatrefractometer.



Figure 3. Autokeratorefraktometer

## **Technical parameters**

Modern autorefractometers work with an infrared radiation region around 880 nm, without glare of the examined eye. The optical system of the device is important for maximum relaxation of accommodation. The test mark, which is projected before the eye under investigation, using the basic patterns represents a far-reaching image (eg house on the horizon, balloon in the sky). In the metering process, the focusing and blurring is blurred according to the misting principle. The so-called instrumental myopia may arise in case of incomplete disturbance of accommodation and may affect the resultant measurement by up to  $\pm 0.5$  D. The device performs several measurements due to possible deviation and the resulting value is averaged from partial measurements.

Keratometric data is obtained from reflection from the anterior surface of the cornea, where the test mark is projected by polarized light with a wavelength of 830 nm. We compare incoming parcel and reference beam between each other. Centration takes place automatically. Using this principle, the value of the minimum and maximum cuts of the cornea center can be measured.

## **Measurement procedure**

In the first step, we invite the investigator to restrain the chin and forehead to the instrument support. The eyes must be at the desired height, which we find on the god of the support system, the outer corners with the control marks. The investigator should be calm during the measurement and should not wink, otherwise the results would be distorted. The investigator observes the test mark that deliberately focuses during the measurement. The investigator will display the pupil on the display with the control device. Automatic devices then initiate measurement and averaged measured data. For manual devices, you need to press the individual measurements button. The same goes for the second eye. The results can be printed or stored in the device memory according to its software.

## **CORNEAL TOPOGRAPHY**

The principle of analysis is based on the Placid disc principle, which is reflected on the surface of the cornea, so we measure its variations. The cornea has an aspherical shape, so it is important to have as much data as possible on its surface. For easier explanation and data readout, the resulting values are recorded in a wide range of color maps.

The status of the tear film can also be measured, which is also contactless, painless and real-time. Figure 4 shows the appearance of a corneal topographer.



Figure 4. Corneal topograph

### Device principle

The device consists of a head projected onto the surface of the concentric white and black circles. The reflection is captured by a CCD camera and transferred in digital form to a computer for evaluation in the form of color topographic maps.

The surface is projected to 12 - 24 circles in the cornea range of 7 - 9 mm, from which we can obtain 2 600 - 22 000 points, for which the topographer is able to determine the exact value of the optical power. In real time, we can then monitor the progression of radii of curvature of the cornea.

### Data View:

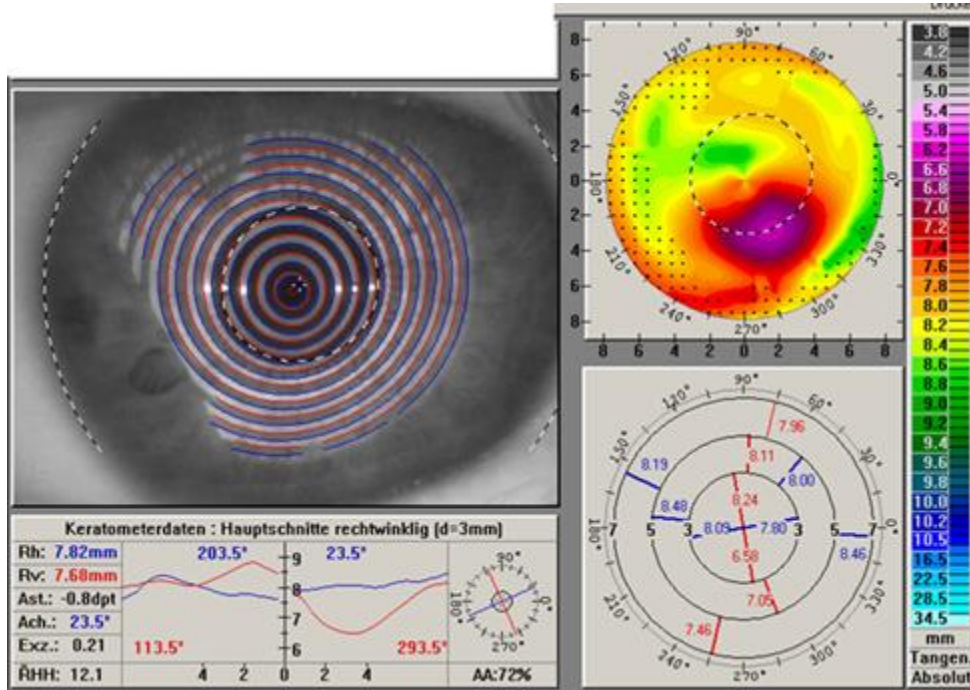
a) **Keratometric data** - here is the data displayed by a corneal topographer, such as the corneal opacity and the radius of curvature.

- **Photos** - show us the course of reflection of Placid discs on the front of the cornea. We consider the broken circles for a variety of reasons for which a given part of the cornea could not be measured. The most common display defects are inaccurate topographer settings, blink of the person under investigation at the time of measurement, or the cornea can not be measured at the given site. Figure 5 shows the reflection of Placid disks and the part of the cornea where it was not possible to measure this data (left bottom). The overall quality of the examination is AA and can be found under the black and white eye image in the lower right corner. Significant are those values that have been measured more than 65% accurate.

- **Corneal Map** - a clear map where all the measured values are compared to the reference surface and then drawn using dark gray to blue. The values of the radii of curvature and the color scale are shown on the right. Red, orange (warm) shades show larger radii of curvature,

while blue (cold) smaller radii of curvature compared to the reference surface, as shown in Figure 5.

- **Keratometric values** - the values of the horizontal and vertical meridian sizes including the approximate axis can be found in the lower half.



**Figure 5 Keratometric data from a corneal topograph**

b) **Tear film measurements** - using the topograph, the tear film status and properties can also be measured. This parameter is important for evaluating dry eye syndrome. This feature is only available to corneal topographers who have the required computer software and a particular device construction.

With software extension, you can measure the following tear film data:

- **Measurement of the height of tear meniscus** - the calculation of the height of the tear meniscus is specific for each device according to its own evaluation tables. Measurement takes place at a larger magnification, from which the tear quantity is calculated using the tables. In the image record, you can evaluate the height of the tear meniscus.

- **Non-invasive BUT** - the Czech name break time comes from the English Break Up Time (BUT). We measure the time from the beginning of the measurement to the first visible signs of breaking the integrity of the tear film. The whole process is captured and recorded by the camera, and after the measurement is completed, the time it takes to deform the projected Placid discs is evaluated.



c) **Measurement of the width of the optical part of the cornea - White to White examination** - thanks to the softvar enlargement we can also measure the width of the optical part of the cornea, from language to language.

d) **Response of the pupil to the light** - measurement takes place on the principle of light stimulation of 5 to 6 light flashes, which follow quickly in succession. Corneal reactions are recorded by a corneal topograph. The result is the largest and smallest pupil diameter. Assessment of pupil responses serves to evaluate pupil status in various diseases.

### **Measurement procedure**

Before we begin measuring, we must examine the device properly, adjust the seat and chin support height and instruct the investigated person not to blink during the measurement. Subsequently, the investigated man rests his chin and forehead and looks straight ahead in the center of concentric circles. The next step is to center the device so that it can accurately measure the corneal parameters. Once the ideal position is found, the device automatically starts measuring. We will do the same thing on the other's eye. The resulting data can be stored in the database.

### **Resources:**

1. **MILAN, ANTON.** *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody.* Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví BRNO, 1993. str. 108. ISBN 80-7013-148-9.
2. **BAŠTECKÝ, RICHARD.** *Praktická brýlová optika.* Praha : R + H optik, 1997.
3. **KUCHYNKA PAVEL, KOLEKTIV.** *OČNÍ LÉKAŘSTVÍ.* Praha : Grada Publishing, 2007. str. 812. ISBN 978-80-247-1163-8.
4. **KVAPILÍKOVÁ, KVĚTA.** *Anatomie a embryologie oka.* Brno : Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2010. ISBN 80-7013-313-9.
5. **PETROVÁ, SYLVIE.** *Základy aplikace kontaktních čoček.* Brno : Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2008. ISBN 978-80-7013-470-2.
6. **ALBRECHTOVÁ, DANA.** *Srovnání zobrazovacích metod předního očního segmentu.* Brno : Bakalářská práce, 2014. str. 57.
7. **GLOGAROVÁ, LUCIE.** *Porovnání keratometrie Javalovým keratometrem a rohovkovou topografií.* Brno : Diplomová práce, 2010. str. 75.
8. **EVA, CHRÁSTOVÁ.** *Vyšetření a korekce astigmatismu.* Brno : Bakalářská práce, 2014.
9. **ZUZANA, KUREKOVÁ.** *Vliv zakřivení rohovky a délky oka na výpočet optické mohutnosti nitrooční čočky.* Brno : Diplomová práce, 2009. str. 113.
10. **PERLOVÁ, LENKA.** *Rohovková topografie.* Brno : Bakalářská práce, 2009.

11. **GROSS D., GERSTMAN D.** The Optical Science Underlying the Quantification of Corneal Contour:. *Indiana Journal of Optometry*. 2000, 3.
12. **MASHIGE, KP.** A review of corneal diameter, curvature and thickness values and influencing factors. *S Afr Optom*. 2013, 72(4) 185-194.
13. <http://www.oculus.cz/topografy>. [Online]
14. [http://www.visioncarespecialists.com/wpcontent/uploads/2013/05/shutterstock\\_127500686.jpg](http://www.visioncarespecialists.com/wpcontent/uploads/2013/05/shutterstock_127500686.jpg). [Online]
15. <https://www.vaszrak.cz/lasery-a-pristroje/autokeratorefraktometr>. [Online]
16. <https://is.muni.cz/do/1499/el/estud/lf/js10/kontakt/web/pages/vlastni-postup-aplikace.html>

**Bc. Barbora Šálová, MUDr. Magdaléna Bočková**

## **Slzný film a oční povrch v populaci pacientů s kataraktou**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### Úvod

Slzný film, jeho kvantita a kvalita se v průběhu života mění. Po operaci šedého zákalu si pacienti mohou začít stěžovat na pocity suchých očí, které do té doby nikdy nepociťovali a přisuzovat tyto potíže právě operaci katarakty. Pacient však mohl příznaky syndromu trpět i před operací, jen si je třeba nepřipouštět. Proto je důležité před operací i po operaci katarakty kvalitu a kvantitu slzného filmu vyšetřit a následně obě tyto hodnoty porovnat. Na vznik syndromu suchého oka totiž v některých případech může mít vliv i operace katarakty, otázkou je však, jak velký tento vliv bude a u jakého množství pacientů se syndrom suchého oka po operaci katarakty projeví.

### **Povrch oka – rohovka a slzný film**

Rohovka je transparentní tkáň, tvořící přední část pevného obalu oka. Je mechanickou bariérou mezi nitrem oka a zevním prostředím, společně se spojivkou, sklérou a slzným filmem.

Slzy mají za úkol zvlhčovat povrch oka. Jejich působení na povrchu oka umožňuje kvalitní zobrazení předmětů na sítnici, napomáhají kvalitnímu optickému zobrazení. Slzy zajišťují vyplavení metabolitů, starých epitelálních buněk a nečistot, z části vyživují rohovku a mají antibakteriální účinek. Hlavní tvorba slz je zajišťována slznou žlázou, z menší části jsou za tvorbu slz zodpovědné i přídatné žlázy spojivky a víček. Slzy jsou z oka odváděny odvodnými slznými cestami, které jsou tvořeny slznými body, slznými kanálky, slzným vakem a společným slzovodem ústícím do nosu. Tvorba a odvodní systém slz jsou za standardních podmínek v rovnováze.

Slzný film pokrývá povrch rohovky a jeho funkcí je jak mechanická, tak imunologická ochrana povrchového epitelu rohovky. Tloušťka slzného filmu je 7 mikrometrů a skládá se ze tří vrstev, olejové, vodní a mucinové. Ty v sebe plynule přecházejí.

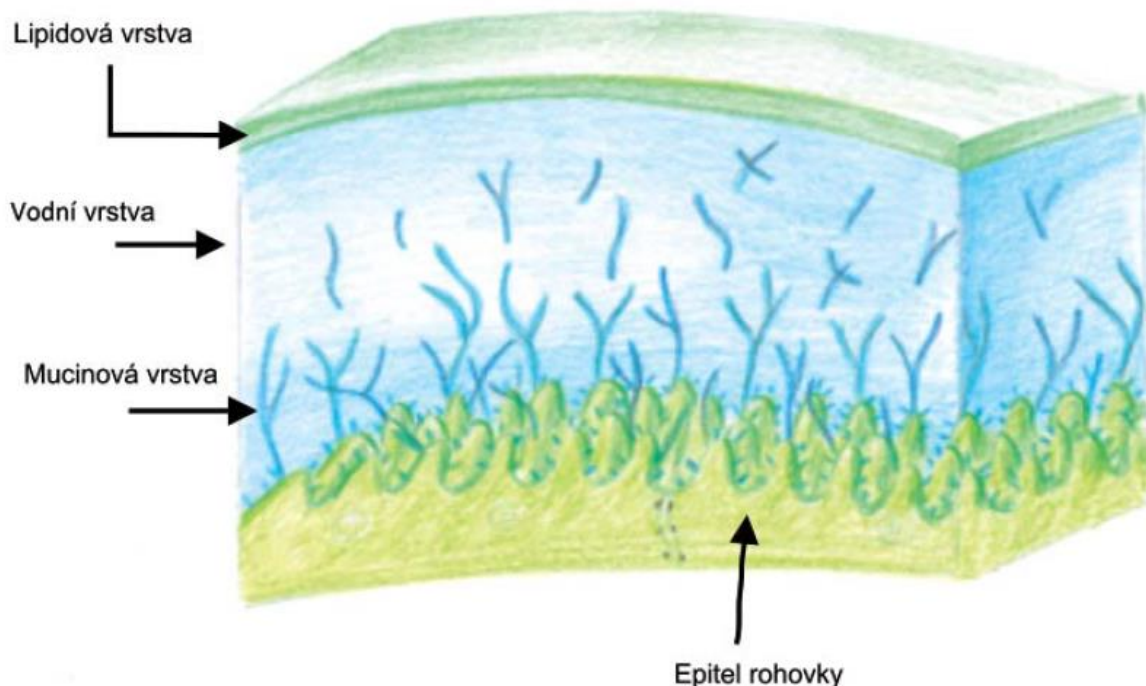
Olejová vrstva je silná 0,5 mikrometru. Je tvořena lipidy, které jsou secernovány Meibomskými žlázkami a má za úkol zabránit odpařování vodné složky slzného filmu.

Vodní vrstva má tloušťku kolem 6 mikrometrů a je tvořena sekrecí přídatných slzných žláz uložených ve spojivce. Na reflexním slzení se podílí víčková a ocnicová část slzné žlázy.

Mucinová vrstva je produkována pohárkovými buňkami, které se nachází ve spojivce. Snižuje povrchové napětí rohovky a umožňuje přilnutí vodné složky slzného filmu na hydrofobní povrch epitelu rohovky.

Rohovka je tvořena pěti vrstvami. Nejzvnějšší vrstvou je epitel rohovky, dále je to Bowmanova membrána, stroma, Descemetova membrána a rohovkový endotel. Pro problematiku slzného filmu je nejzajímavější vrstvou epitel rohovky. Epitel rohovky je uspořádán do čtyř až šesti vrstev a představuje 10 % rohovkové tloušťky. Má rychlou schopnost regenerace. Rohovkový epitel se obnovuje průměrně každých 7 dní. Za tuto schopnost jsou odpovědné limbální buňky.

Povrch epitelu tvoří mikrokly, které umožňují přilnutí mucinové vnitřní vrstvy slzného filmu. Neporušený povrch epitelu brání vniknutí infekce do rohovky.



Obrázek 12: Vrstvy slzného filmu

Rohovka je vyživována výživnými metabolity (aminokyseliny a glukóza) a zásobována kyslíkem třemi cestami: difuzí z kapilár limbu, difuzí a aktivním transportem z komorové tekutiny (hlavně glukóza) a difuzí z prekorneálního slzného filmu (hlavně kyslík).

## **Patologie slzného filmu a syndrom suchého oka**

Syndrom suchého oka řadíme k nejčastějším očním onemocněním. Charakterizuje ho nestabilní slzný film a jeho zvýšená osmolalita. Klasifikace syndromu suchého oka je velmi složitá a na jeho vzniku se podílí velké množství lokálních a celkových příčin.

Z lokálních příčin je to avitaminóza A, která vede k šerosleposti a narušení povrchu rohovky. Další příčinou může být poškození trigeminálního nervu v důsledku operací nebo refrakčních zákroků na rohovce. Problémy mohou vzniknout rovněž aplikací lokální anestezie rohovky či jejím předávkováním, velmi častou příčinou vzniku syndromu suchého oka je také nošení kontaktních čoček.

Syndrom suchého oka se objevuje při dystrofii rohovky, v důsledku poruchy postavení víček nebo např. u obrny lícního nervu při lagofthalmu (neúplné dovržení oční štěrbin). V takovém případě není porušena tvorba slz, ale je narušen pohyb slz na povrchu oka.

Výrazně mohou ovlivňovat metabolismus slz a jejich produkci i některá celková onemocnění. Příčinou mohou být hormonální změny estrogenů, androgenů nebo přítomnost prolaktinu během těhotenství. Velmi často se syndrom suchého oka vyskytuje u žen po menopauze. Poruchy slzné žlázy mohou způsobit i některá autoimunitní onemocnění.

Syndrom suchého oka mohou pociťovat osoby v klimatizovaných nebo zakouřených místnostech. Příčinou bývá dlouhodobé sledování počítačových monitorů, kdy při soustředění pacient méně často mrká, čímž se zvyšuje odpařování slz. Vliv při vzniku obtíží příznačných pro syndrom suchého oka mají některá léčiva s hyposekrečním účinkem na slznou žlázu. Nejvíce bývá poškozena vodná složka slzného filmu.

Formy syndromu suchého oka je možné rozdělit podle toho, která ze složek slzného filmu (mucinové, vodné a lipidové) je poškozena, dále může být způsoben onemocněními vzniklými kvůli poruše funkce víček. Zvláštní formou syndromu suchého oka je epitelopatie.

K záznamu rozmanitých symptomů syndromu suchého oka byl vytvořen speciální dotazník, který slouží k vyjádření tzv. *Ocular Surface Disease Index* (OSDI), což můžeme přeložit jako index onemocnění povrchu oka. V dotazníku se ptáme na anamnestické údaje pacienta. Je známo velké množství variant tohoto dotazníku, podle obtížnosti použití pro pacienta. Dotazník OSDI se zabývá častými příznaky suchého oka jako je pocit cizího tělíska či písku v očích, citlivé oči či zhoršené vidění. Pomocí dotazníku rovněž zjišťujeme, zda se problémy u pacienta vyskytují při provádění určitých aktivit, jako je čtení, sledování televize, v noci při řízení motorových vozidel, v klimatizovaném prostředí nebo v místnostech s nízkou vlhkostí.

## Ocular Surface Disease Index<sup>®</sup> (OSDI<sup>®</sup>)<sup>2</sup>

Ask your patients the following 12 questions, and circle the number in the box that best represents each answer. Then, fill in boxes A, B, C, D, and E according to the instructions beside each.

<b>Have you experienced any of the following <i>during the last week</i>?</b>	<b>All of the time</b>	<b>Most of the time</b>	<b>Half of the time</b>	<b>Some of the time</b>	<b>None of the time</b>
1. Eyes that are sensitive to light? ..	4	3	2	1	0
2. Eyes that feel gritty? .....	4	3	2	1	0
3. Painful or sore eyes? .....	4	3	2	1	0
4. Blurred vision? .....	4	3	2	1	0
5. Poor vision? .....	4	3	2	1	0

Subtotal score for answers 1 to 5

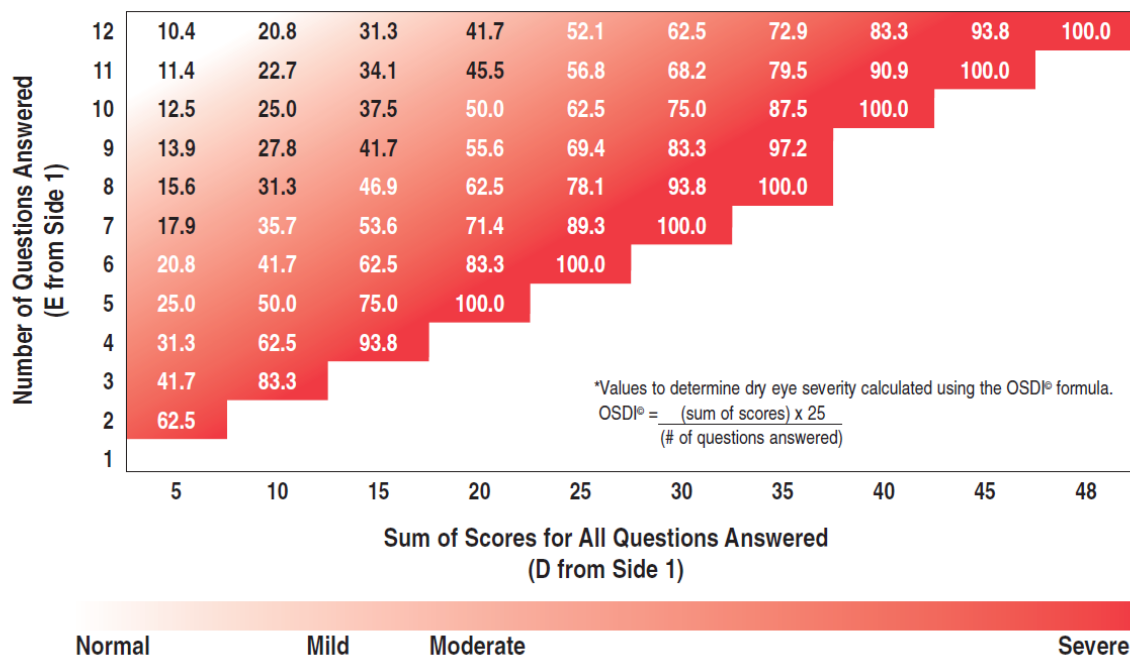
<b>Have problems with your eyes limited you in performing any of the following <i>during the last week</i>?</b>	<b>All of the time</b>	<b>Most of the time</b>	<b>Half of the time</b>	<b>Some of the time</b>	<b>None of the time</b>	<b>N/A</b>
6. Reading? .....	4	3	2	1	0	N/A
7. Driving at night? .....	4	3	2	1	0	N/A
8. Working with a computer or bank machine (ATM)? .....	4	3	2	1	0	N/A
9. Watching TV? .....	4	3	2	1	0	N/A

Subtotal score for answers 6 to 9

<b>Have your eyes felt uncomfortable in any of the following situations <i>during the last week</i>?</b>	<b>All of the time</b>	<b>Most of the time</b>	<b>Half of the time</b>	<b>Some of the time</b>	<b>None of the time</b>	<b>N/A</b>
10. Windy conditions? .....	4	3	2	1	0	N/A
11. Places or areas with low humidity (very dry)? .....	4	3	2	1	0	N/A
12. Areas that are air conditioned? ...	4	3	2	1	0	N/A

Subtotal score for answers 10 to 12

Obrázek 13: OSDI test



Obrázek 14: Vyhodnocení OSDI testu

### Vyšetření kvality a kvantity slzného filmu

Slzný film můžeme vyšetřit pomocí šterbinové lampy. Vyšetřením na šterbinové lampě hodnotíme okraje víček a Meibomské žlázy, a to jejich počet a ústí do spojivky. Měříme výšku slzného menisku na okraji dolního víčka. Normální výška slzného menisku je 0,2 mm. Dále hodnotíme stav spojivky a rohovky.

Slzný film můžeme hodnotit také pomocí diagnostických testů.

Pro kvantitativní posouzení slzného filmu nejčastěji provádíme Schirmerův test I a II. Schirmerův test I měří totální sekreci slz a do oka se před vyšetřením neaplikuje anestezie. K vyšetření se používají proužky filtračního papíru 5 x 35 milimetrů, které se vkládají zevně za okraj víčka. Hodnoty u zdravého oka jsou nad 15 milimetrů za 5 minut, hodnoty 10–15 milimetrů představují počáteční deficit kvantity slzného filmu a hodnoty 5–10 milimetrů pokročilý deficit tvorby slz. Pokud pacient naslí méně než 5 milimetrů, značí to těžký deficit tvorby slz. Schirmerův test slouží také ke zjištění bazální sekrece slz při eliminaci reflexního slzení. Test se provede stejným způsobem, jak bylo uvedeno výše, ale provádí se aplikace lokálního anestetika, a navíc je tento test praktikován v zatemněné místnosti. Schirmerův test II určuje reflexní sekreci slz – bez aplikace anestetika. Průběh testu je stejný jako u Schirmerova testu I, ale po zavedení proužků podráždíme povrch spojivky vatovou štětíčkou.





Obrázek 15: Schirmerův test

Stabilitu slzného filmu měříme pomocí break-up time testu (BUT). Do oka kápneme fluorescein. Po obarvení fluoresceinem požádáme pacienta, aby nemrkal. Na štěrbinové lampě s modrým kobaltovým filtrem sledujeme „roztržení“ stejnoměrného tenkého filmu fluoresceinu na povrchu rohovky. Normální hodnoty BUT jsou nad 15 sekund, hodnoty 5–10 sekund značí mírný pokles stability slzného filmu a hodnoty pod 5 sekund výrazné snížení stability slzného filmu. Vyšetření se provádí bez předchozí aplikace anestezie.

Doplňujícími metodami vyšetření slzného filmu jsou barvicí metody, jako barvení 0,1% fluoresceinem (průnik barviva povrchovými defekty epitelu) či 1% bengálskou červení (barví poškozené buňky epitelu spojivky a rohovky).

### **Klinické projevy syndromu suchého oka**

Subjektivní projevy syndromu suchého oka vnímají pacienti různě. Často je udáván pocit sucha, pocit cizího tělíska v oku, pálení oka. V pokročilém stádiu může pacient pociťovat bolestivost a citlivost na světlo, dále se může vyskytovat zarudnutí očí nebo svědění. U některých pacientů se může během dne měnit kvalita vidění. Subjektivní projevy lze vyjádřit pomocí pěti stupňů: 1. stupeň – subklinický, 2. stupeň – mírný, 3. stupeň – závažnější, 4. stupeň – středně těžký, 5. stupeň – těžký.

Při prvním stupni onemocnění již u pacienta došlo k poklesu tvorby slz, příznaky však pacient téměř nikdy nepociťuje. Symptomy, jako je pocit suchosti, únava, a občasné rozmazané



vidění, se objevují pouze v některých případech, a to například pokud se pacient pohybuje v prostorách s klimatizací. Při mírném stupni se u pacienta projevují příznaky suchosti často. Tento stupeň postižení syndromem suchého oka je často zaměňován s infekčním nebo alergickým zánětem spojivek. U třetího, závažnějšího, stupně se kromě výše uvedených symptomů u pacienta projevují nevratné změny, jako jsou keratopatie nebo vznik skvrn na očním povrchu. Při středně těžkém stupni se objevují trvalé znaky syndromu suchého oka, může se objevit leukom, neovaskularizace rohovky, či jiné trvalé poškození rohovky. U těžkého stupně poškození rohovky způsobuje více či méně závažnou a trvalou ztrátu zraku.

Objektivními projevy mohou být porucha lipidové složky, porucha vodné složky, porucha mucinové složky, porucha postavení a funkce víček a epitelopatie.

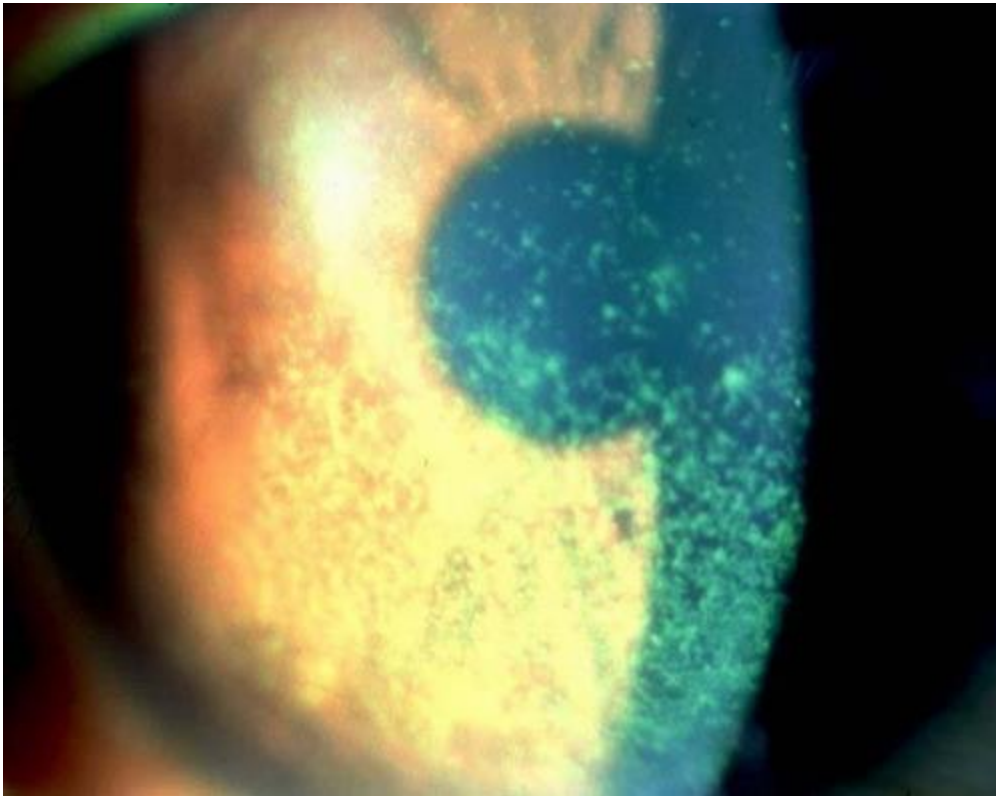
Porucha mucinové vrstvy se může objevovat při nedostatku vitamínu A. Vitamin A kontroluje diferenciaci epitelových buněk při jeho deficitu dochází ke zvýšené produkci keratinizujících buněk. Snížená produkce hlenu pak vede k nestabilitě slzného filmu, což se projeví při vyšetření kvality slzného filmu pomocí BUT testu.

Porucha vodné vrstvy vede ke snížené omývací schopnosti slzného filmu. Projevuje se zvýšenou přítomností nerozpuštěných mucinových vláken v dolním fornixu, u těžších forem je přítomna keratitida.

Porucha lipidové vrstvy se projevuje jako chronická blefaritida, jsou přítomny viditelné krusty mezi řasami, jsou ucpané vývody Meibomských žláz, okraje víček mohou být zarudlé a ztluštělé.

Porucha postavení a funkce víček se může vyskytovat například u expoziční keratitidy v důsledku poruchy n. facialis. Poruchy mrkání a zvýšená expozice rohovky po obrně n. facialis mají za následek osychání epitelových buněk, nedostatečnou hydrataci rohovky s porušením bazální membrány a vzniku defektu rohovky – keratitis éлагоftalmó.

Epitelopatie je jednou z vzácnějších příčin syndromu suchého oka. Vyskytuje se u dystrofií rohovky, dále u nerovností povrchu rohovky, v přítomnosti rohovkových jizev, při elevacích nebo erozích rohovky nebo jako následek anestezie rohovky, kdy může dojít k poruše inervace rohovky postižením n. trigeminus. Nejčastější příčinou poruchy inervace rohovky bývá infekce herpetickými viry (herpes simplex a zoster), ozáření v oblasti oka nebo chirurgický zákrok (např. operace katarakty). Narušení inervace rohovky vede k poruše funkce rohovkového epitelu. Projevuje se nejčastěji jako tečkovitá epitelopatie, kterou můžeme identifikovat pomocí fluoresceinového barvení.



Obrázek 16: Tečkovitá epitelopatie

### Změny slzného filmu související s věkem

Většina tělesných tkání s věkem degeneruje. Tvorba slz se začíná snižovat kolem 30. roku věku. Tvorba slz však stále převyšuje bazální požadavky a lidé kolem třicítky nevykazují symptomy. Kritické úrovně dosáhne tvorba slz kolem 45. roku věku, kdy už lidé začínají za určitých okolností zaznamenávat symptomy suchého oka. Valná většina lidí ale už pocítí jistý stupeň syndromu suchého oka kolem 60. roku věku (např. při nošení kontaktních čoček, v klimatizovaných prostorech nebo v noci). Tato suchost je součástí tzv. multiexokrinní xerózy, což dále zahrnuje suchá ústa, suché hrdlo, suchý nos apod.

Další příčinou syndromu suchého oka mohou být anatomické změny. Slzné body jsou umístěny zhruba 6 milimetrů od vnitřního koutku na okraji horního a dolního víčka. Jejich velikost je přibližně 0,25 milimetrů, v mladším věku mají spíše oválný tvar a jsou natočeny směrem k bulbu. S narůstajícím věkem slzné body přecházejí ve štěrbinovitý tvar a dochází k jejich vytočení směrem od bulbu, což může přispívat k horší funkci slzných cest, a tedy ke vzniku syndromu suchého oka.

## Hormonální změny a slzný film

Vylučování některých žláz souvisí s tvorbou androgenů, estrogenů a prolaktinu. Problém suchých očí se může objevit během kojení, při odnětí pohlavních žláz, během stárnutí, při užívání antikoncepce na bázi estrogenů a během klimakteria a v období po menopauze. Po menopauze (mezi 48 až 52 lety) se určitý stupeň suchosti projevuje u všech žen – suchost očí, rtů, nosu atp.

## Závěr

Slzný film je ovlivňován obrovským množstvím faktorů, jedním z nich je stárnutí a také hormonální změny u žen. Pokud chceme zjišťovat, zda měla operace katarakty vliv ve smyslu vzniku syndromu suchého oka, je nutné pacienta tedy vyšetřit i před operačním zákrokem. Ve své diplomové práci budu měřit kvantitu slzného filmu pomocí Schirmerova testu I bez anestetika. Během něj s pacientem vyplním dotazník OSDI. Dále u pacienta budu měřit kvalitu slzného filmu pomocí fluoresceinového BUT testu. Pomocí fluoresceinu také zkontroluji povrch epitelu rohovky – zda se nevyskytuje tečkovitá epitelopatie. Měření budu provádět bezprostředně před operací šedého zákalu a poté týden po operaci. Z výsledků předoperačního měření posoudím, kolik pacientů již trpělo nějakou poruchou slzného filmu a také zjistím, zda jsou syndromem suchého oka postiženy spíše ženy nebo muži. Z výsledků pooperačního měření určím, jaká je incidence vzniku syndromu suchého oka v důsledku operačního zásahu do oka.

## Seznam použité literatury

### Knižní publikace

FIALKOVÁ, Lenka. *Slzný film a kontaktní čočky*. Olomouc, 2011. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Katedra optiky. Vedoucí práce Bc. Lenka Musilová, DiS.

KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007, 812 s. ISBN 978-80-247-1163-8.

KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Vyšetřování oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995, 87 s. ISBN 80-7013-195-0.

ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, 2006, 373 s. ISBN 80-7262-404-0.

#### Články

ODEHNAL, M.M., FERROVÁ M.K., and MALEC, M.J. (2010). Léčba suchého oka Poruchy slzných žláz, slzného filmu a využití umělých slz v praci. *Prakt. Lékáren.*, 6(3), 149-152.

ROCHA Eduardo M., ALVES Monica, RIOS J. David, DARTT Darlenne A. (2002) The Aging Lacrimal Gland: Changes in Structure and Function. *Ocul Surf* 6: 162–174.

Madridská klasifikace suchého oka [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: [http://files.fibromyalgik.webnode.cz/200000022-b4dc7b5d66/madridska\\_klasifikace\\_sucheho-oka.pdf](http://files.fibromyalgik.webnode.cz/200000022-b4dc7b5d66/madridska_klasifikace_sucheho-oka.pdf)

#### Internetové zdroje

<https://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/pages/The-Schirmer-test.html>

<https://is.muni.cz/do/1499/el/estud/lf/js10/kontakt/web/pages/poskozeni-oka.html>

<https://static1.squarespace.com/static/5a7915b649fc2b945a095fa3/t/5aadf828562fa7d5c70a4be0/1521350696433/OSDI.pdf>

**Bc. Barbora Šalová, MUDr. Magdaléna Bočková**

## **Tear film and ocular surface in the cataract patient population**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Introduction**

Tear film, its quantity and quality change over the course of life. After a cataract surgery, patients may start complaining of dry eye feelings they have never felt and assign these problems to cataract surgery. However, the patient may have symptoms of the syndrome even before surgery, but it is not necessary to admit it. Therefore, it is important to investigate the quality and quantity of tear film prior to surgery after cataract surgery, and then compare both of these values. Some cases of cataract surgery may also affect the onset of dry eye syndrome, but the question is how large this effect will be and how many patients with dry eye syndrome after cataract surgery will be affected.

### **Eye surface - cornea and tear film**

The cornea is a transparent tissue that forms the front part of the firm eye layer. It is a mechanical barrier between the inside of the eye and the external environment, together with conjunctiva, sclera and tear film.

Tears are intended to wet the surface of the eye. It's impact on the surface of the eye allows for high-quality objects projection on the retina and help with high-quality optical imaging. Tears ensure the washing away of metabolites, old epithelial cells and impurities, in part nourish the cornea and have an antibacterial effect. The main tear production is provided by the tear gland, and in smaller part the additional glands of the conjunctiva and the eyelids are responsible for tear formation. Tears are drawn from the eye through drainage tear paths, which are made up of lacrimal puncta, lacrimal canals, lacrimal sac, tears and nasolacrimal ductus which leads to nose. Creation and drain system are in balance in standard conditions.

Tear film covers the surface of the cornea and its function is both mechanical and immunological protection of the corneal epithelium of the cornea. The thickness of the tear

film is 7 microns and consists of three layers – oil, water and mucin. They go smoothly over each other.

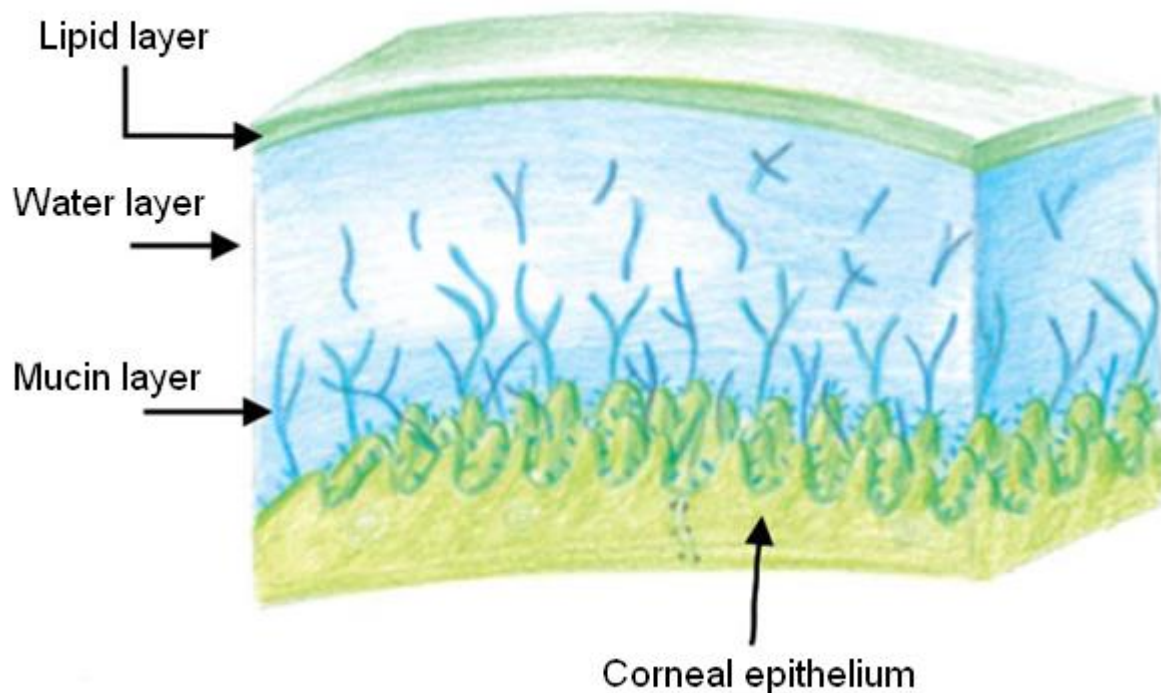
The oil layer is 0.5 micron thick. It is made of lipids that are secreted by Meibom glands and is designed to prevent evaporation of the aqueous component of the tear film.

The water layer has a thickness of about 6 microns and is formed by the secretion of additional tear glands stored in the conjunctiva. Reflex tearing is caused by the cap and eyelid part of the tear gland.

The mucin layer is produced by cup cells located in the conjunctiva. It reduces the corneal surface tension and allows the aqueous component of the tear film to adhere to the hydrophobic surface of the corneal epithelium.

The cornea consists of five layers. The outermost layer is the corneal epithelium, the Bowman membrane, the stroma, the Descemet membrane and the corneal endothelium. For the tear film issue, the most interesting layer is the epithelium of the cornea. The epithelium of the cornea is arranged in about four to six layers and represents 10% of the corneal thickness. It has a rapid regeneration capability. Corneal epithelium is renewed on average every 7 days. Limb cells are responsible for this ability.

The surface of the epithelium forms micelles that allow adhesion of the mucin inner layer of the tear film. The intact surface of the epithelium prevents the infection from entering the cornea.



*Picture 1: Layers of the tear film*

The cornea is nourished by nutritious metabolites (amino acids and glucose) and supplied by oxygen in three ways: diffusion from limb capillaries, diffusion and active transport from ventricular fluid (mainly glucose) and diffusion from precorneal tear film (mainly oxygen).

#### [Pathology of tear film and dry eye syndrome](#)

Dry eye syndrome is one of the most common ocular disorders. It is characterized by an unstable tear film and its increased osmolality. Classification of dry eye syndrome is very complex and a large number of local and general causes are involved in its formation.

Local causes are avitaminosis A, which leads to blindness and disturbance of the surface of the cornea. Another cause may be trigeminal nerve damage due to corneal surgery or refractive surgery. Problems may also arise from the application of local anesthesia or overdose of the cornea, and the use of contact lenses is a very common cause of dry eye syndrome.

Dry eye syndrome occurs in corneal dystrophy due to a disorder of the eyelid or, for example, in the paralysis of the facial nerve in the lagophthalm (incomplete opening of the eye socket). In this case, the tear formation is not impaired, but the tear movement is disturbed on the surface of the eye.

It can significantly affect the metabolism of tears and their production as well as some general diseases. The cause may be hormonal changes of estrogen, androgen or the presence of prolactin during pregnancy. Very often dry eye syndrome occurs in postmenopausal women. Troubled glands can also cause some autoimmune diseases.

Dry eye syndrome may be felt by people in air-conditioned or smoky rooms. The reason is long-term watching computer monitors, when the patient tends to blink at concentration, which increases the evaporation of tears. The effects on the symptoms of dry eye syndrome have some drugs with a hypo-creep effect on the lacrimal gland. The water component of the tear film is most often damaged.

Dry eye syndrome forms can be divided according to which of the components of the tear film (mucin, water and lipid) is damaged, it can also be caused by diseases caused by a faulty function of the eyelids. A special form of dry eye syndrome is epitheliopathy.

To record the multiple symptoms of dry eye syndrome, a special questionnaire was created to describe the Ocular Surface Disease Index (OSDI). In the questionnaire we ask the patient's anamnestic data. A large number of variants of this questionnaire are known, depending on the difficulty and complexity of the questionnaire. The OSDI questionnaire deals with frequent dry eye symptoms such as the feeling of a foreign body or sand in the eyes, sensitive eyes or impaired vision. Using the questionnaire we also find out if patient's problems occur when performing certain activities such as reading, watching television, driving at night, in an air-conditioned environment, or in rooms with low humidity.



## Ocular Surface Disease Index<sup>®</sup> (OSDI<sup>®</sup>)<sup>2</sup>

Ask your patients the following 12 questions, and circle the number in the box that best represents each answer. Then, fill in boxes A, B, C, D, and E according to the instructions beside each.

Have you experienced any of the following <i>during the last week</i> ?	All of the time	Most of the time	Half of the time	Some of the time	None of the time
1. Eyes that are sensitive to light? ..	4	3	2	1	0
2. Eyes that feel gritty? .....	4	3	2	1	0
3. Painful or sore eyes? .....	4	3	2	1	0
4. Blurred vision? .....	4	3	2	1	0
5. Poor vision? .....	4	3	2	1	0

Subtotal score for answers 1 to 5

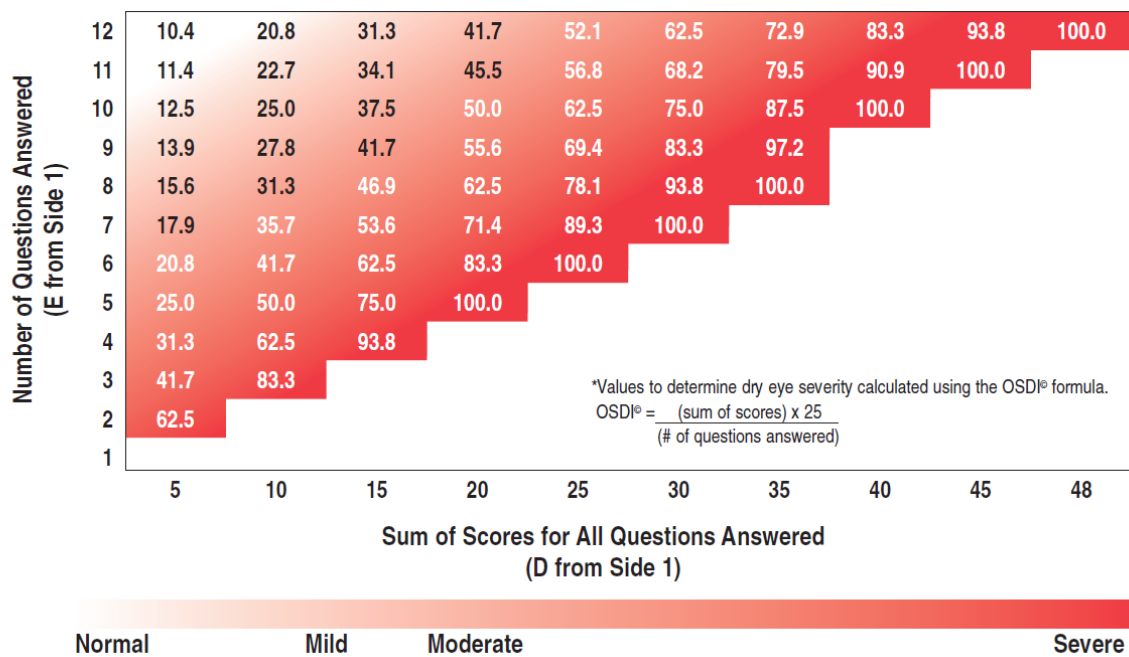
Have problems with your eyes limited you in performing any of the following <i>during the last week</i> ?	All of the time	Most of the time	Half of the time	Some of the time	None of the time	N/A
6. Reading?.....	4	3	2	1	0	N/A
7. Driving at night? .....	4	3	2	1	0	N/A
8. Working with a computer or bank machine (ATM)?.....	4	3	2	1	0	N/A
9. Watching TV? .....	4	3	2	1	0	N/A

Subtotal score for answers 6 to 9

Have your eyes felt uncomfortable in any of the following situations <i>during the last week</i> ?	All of the time	Most of the time	Half of the time	Some of the time	None of the time	N/A
10. Windy conditions?.....	4	3	2	1	0	N/A
11. Places or areas with low humidity (very dry)? .....	4	3	2	1	0	N/A
12. Areas that are air conditioned?...	4	3	2	1	0	N/A

Subtotal score for answers 10 to 12

Picture 2: OSDI



Picture 3: Results of OSDI

### Examination of the quality and quantity of tear film

The tear film can be examined using a slit lamp. By examining the slit lamp, we evaluate the edges of the eyelids and the Meibom glands, their number and the mouth of the conjunctiva. We measure the height of the lazy meniscus on the edge of the lower eyelid. The normal height of the tear meniscus is 0.2 mm. We further evaluate the conjunctival and corneal condition.

Tear film can also be evaluated using diagnostic tests.

For the quantitative assessment of tear film, we mostly perform Schirmer's tests I. and II. Schirmer's test I. measures total tear secretion and anesthesia is not applied to the eye prior to examination. For screening, 5 x 35 mm filter paper strips are used to insert the outside of the lid. The values in the healthy eye are above 15 millimeters in 5 minutes, and the 10-15 millimeter values represent the initial deficiency of the tear film quantity and the 5-10 millimeters of advanced tear deficiency. If the patient tears less than 5 millimeters, it means a heavy tear production deficit. Schirmer's test is also used to detect basal secretion of tears while eliminating reflex tearing. The test is carried out in the same manner as described above, but local anesthetic administration is performed and, in addition, this test is practiced in a darkened room. Schirmer's test II. determines the reflex tear secretion - without

application of anesthetics. The course of the test is the same as for Schirmer's test I, but after insertion of the strips we irritate the conjunctiva surface with a cotton bud.



*Picture 4: Schirmer's test*

The tear film stability is measured by the break-up time test (BUT). Fluorescein is being dripped into an eye. After fluorescein staining, we ask the patient not to blink. On a slit lamp with a blue cobalt filter we observe a "burst" of uniform thin fluorescein film on the surface of the cornea. Normal BUT values are over 15 seconds; values of 5-10 seconds indicate a slight decrease in stability of tear film and below 5 seconds a significant decrease in tear film stability. The examination is performed without prior application of anesthesia.

Additional methods of tear film screening are coloring methods, such as 0.1% fluorescein staining (dye penetration by surface epithelial defects) or 1% Bengal red (colored damaged epithelium of the conjunctiva and cornea).

#### [Clinical manifestations of dry eye syndrome](#)

Subjective manifestations of dry eye syndrome are perceived by patients differently. Often, feeling dry, feeling strange in the eye, burning the eye. At an advanced stage, the patient may experience pain and sensitivity to light, red eye or itching may occur. Some patients may experience vision change during the day. Subjective manifestations can be expressed by five degrees: 1st degree - subclinical, 2nd degree - mild, 3rd degree - more serious, 4th grade - moderate, 5th grade - heavy.

In the first stage of the disease, the patient have a decrease in tear formation, but the symptoms are almost never felt. Symptoms such as dryness, fatigue, and occasional blurred vision occur only in some cases, for example when the patient is moving in air-conditioned rooms. At a moderate degree level, the patient often experiences dry symptoms. This degree of dry eye syndrome is often confused with infectious or allergic conjunctivitis. In the third, more serious, degree, in addition to the above symptoms, the patient exhibits irreversible changes such as keratopathy or the appearance of stains on the ocular surface. At moderate levels, persistent signs of dry eye syndrome appear, may appear with leukemia, corneal neovascularization, or other permanent corneal damage. In severe corneal damage, it causes more or less severe and permanent loss of vision.

Objective manifestations include lipid component failure, water component failure, mucin component failure, eyelid position and function disorder, and epitheliopathy.

Mucin layer defects may occur in the absence of vitamin A. Vitamin A controls the differentiation of epithelial cells, resulting in increased production of keratinizing cells.

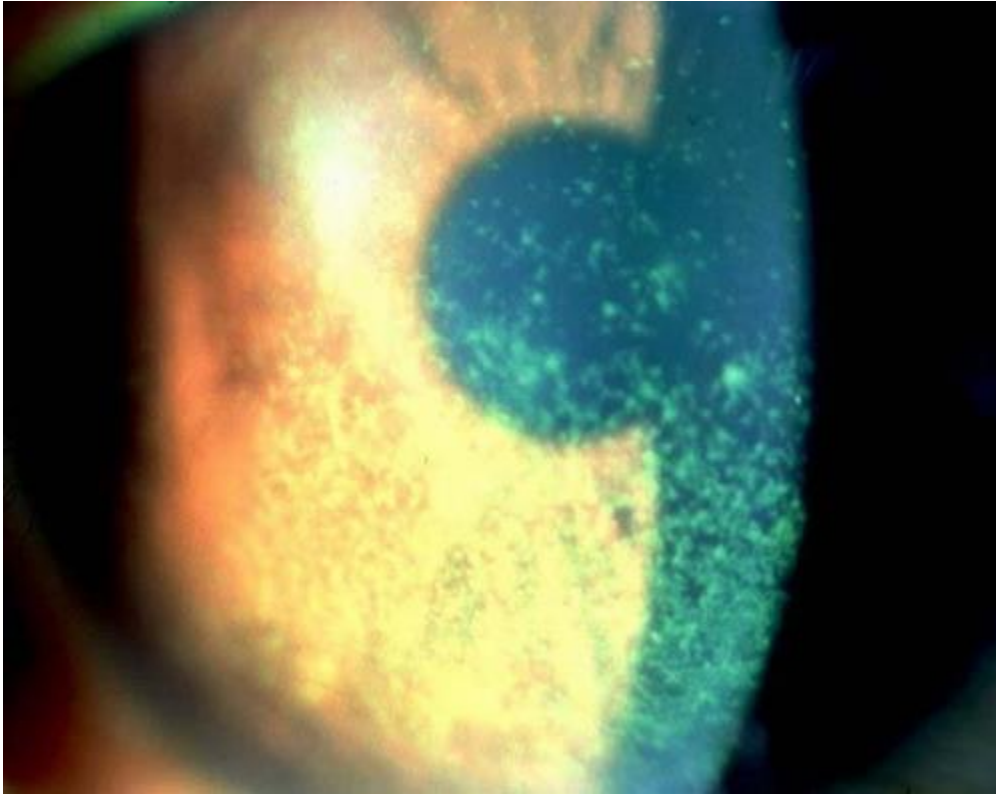
Decreased mucus production then leads to instability of tear film, which results in a tear film quality test using the BUT test.

The water layer defect leads to a decreased washing ability of the tear film. It manifests itself with increased presence of undissolved mucin fibers in the lower fornix, keratitis is present in heavier forms.

The lipid disorder manifests itself as chronic blepharitis, visible crucifixes between the lashes, clogged Meibom glands, the edges of the eyelids may be red and thickened.

A defect in the position and function of the eyelids may occur, for example, in exposure keratitis due to n. facialis disorder. Blurring disorders and increased corneal exposure to polio n. facialis result in epithelial cell wrinkling, insufficient corneal hydration with basal membrane disruption and corneal defect - keratitis é lafftalmó.

Epitheopathy is one of the rare causes of dry eye syndrome. It occurs in corneal dystrophy, corneal surface irregularities, in the presence of corneal scars, corneal elevations or erosions, or as a result of corneal anesthesia, where a corneal innervation of a neoplasm trigeminus can occur. The most common cause of a corneal innervation disorder is infection by herpes simplex (herpes simplex and zoster), eye irradiation or surgery (e.g. cataract surgery). Disturbance of corneal innervation leads to a corneal epithelium disorder. It is most often seen as point-like epitheliopathy, which can be identified by fluorescein staining.



*Picture 5: Point-like epitheliopathy*

### Changes in age-related tear film

Most body tissues age with degeneration. Creating tears begins to decrease around age 30. Creating tears still exceeds basal requirements, and people around the age of thirty do not show symptoms. Critical levels reach tear formation around the age of 45, when people begin to experience symptoms of dry eye under certain circumstances. A large majority of people will already experience a certain degree of dry eye syndrome around the age of 60 (for example, wearing contact lenses, air-conditioned rooms or at night). This dryness is part of so-called multiexocrine xerosis, which also includes dry mouth, dry throat, dry nose,

Another cause of dry eye syndrome may be anatomical changes. The tear points are located about 6 millimeters from the inner corner at the edges of the upper and lower eyelids. Their size is approximately 0.25 millimeters, at a younger age they are rather oval in shape and are turned towards the bulb. With increasing age, tear points change into a slanting shape, and they are turned away from the bulb, which can contribute to the worse function of lacrimal pathways and thus to dry eye syndrome.

## Hormonal changes and tear film

Elimination of some glands is related to the formation of androgens, estrogens and prolactin. Dry eye problems may occur during breastfeeding, withdrawal of the glands, during aging, estrogen contraceptive use, and during menopause and post-menopause. After menopause (between 48 and 52 years), a certain degree of dryness occurs in all women - dry eyes, lips, nose, etc.

## Conclusion

Tear film is influenced by a myriad of factors, one of which is aging and also hormonal changes in women. If we want to investigate whether cataract surgery has an effect in terms of dry eye syndrome, it is necessary to investigate the patient's condition before surgery. In my diploma thesis I will measure the quantity of tear film using Schirmer's test I without an anesthetic. During the interview, I fill out the OSDI questionnaire. In addition, I will measure the quality of tear film by the fluorescein BUT test. Using fluorescein, they also check the surface of the corneal epithelium - whether there is no dotted epithelium. I will perform the measurements instantly before the cataract surgery and then a week after surgery. From the results of the preoperative measurement, I will assess how many patients have already suffered from a lesion of a tear film and also find out if affected patients are more likely women or men. From the results of the postoperative measurement, I will determine the incidence of dry eye syndrome due to the operation of the eye.

## List of used literature

### Book publications

FIALKOVÁ, Lenka. *Slzný film a kontaktní čočky*. Olomouc, 2011. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Katedra optiky. Vedoucí práce Bc. Lenka Musilová, DiS.

KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007, 812 s. ISBN 978-80-247-1163-8.

KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Vyšetřování oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995, 87 s. ISBN 80-7013-195-0.

ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, 2006, 373 s. ISBN 80-7262-404-0.

## Articles

ODEHNAL, M.M., FERROVÁ M.K., and MALEC, M.J. (2010). Léčba suchého oka Poruchy slzných žláz, slzného filmu a využití umělých slz v praci. Prakt. Lékáren., 6(3), 149-152.

ROCHA Eduardo M., ALVES Monica, RIOS J. David, DARTT Darlenne A. (2002) The Aging Lacrimal Gland: Changes in Structure and Function. Ocul Surf 6: 162–174.

Madridská klasifikace suchého oka [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: [http://files.fibromyalgik.webnode.cz/200000022-b4dc7b5d66/madridska\\_klasifikace\\_sucheho-oka.pdf](http://files.fibromyalgik.webnode.cz/200000022-b4dc7b5d66/madridska_klasifikace_sucheho-oka.pdf)

## Internet sources

<https://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/pages/The-Schirmer-test.html>

<https://is.muni.cz/do/1499/el/estud/lf/js10/kontakt/web/pages/poskozeni-oka.html>

<https://static1.squarespace.com/static/5a7915b649fc2b945a095fa3/t/5aadf828562fa7d5c70a4be0/1521350696433/OSDI.pdf>

**Bc. Eliška Vyhnálková, Mgr. Gabriela Spurná**

## **Výskyt refrakčních vad a způsoby jejich korekce v populaci studentů optometrie**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Úvod**

Je obecně známo a prokázáno, že u studentů obecně je nejčastější refrakční vadou myopie, toto tvrzení se pokusím prokázat i ve své práci. Zaměřím se na studenty optometrie a zmapuji výskyt refrakčních vad v jejich populaci, nejčastější způsoby korekce, a zda studenti optometrie při výběru své korekce uplatňují poznatky a vědomosti ze svého studia.

### **Refrakční pojmy**

#### **Refrakce oka**

Jako refrakce oka se označuje poměr mezi optickou mohutností lomivých prostředí oka a jeho délkou. Světelný paprsek prochází přední plochou rohovky, tkání rohovky, zadní plochou rohovky, komorovou vodou, přední plochou čočky, nitročočkovými strukturami, zadní plochou čočky a sklivcem.

Každá vyjmenovaná struktura má specifický index lomu. Vlastní rohovkové tkáň má index lomu roven 1,376. Index lomu komorové tekutiny je 1,336. Vnější vrstvy čočky mají index lomu 1,386, a hutnější jádro pak 1,406. Jako průměrná hodnota indexu lomu čočky se uvádí přibližně 1,396. Indexu lomu sklivce je 1,336, jeho hodnota je srovnatelná s indexem lomu komorové tekutiny.

#### **Daleký bod R**

Daleký bod (punctum remotum) je bod na optické ose zobrazující se na sítnici oka při minimální akomodaci. Jeho vzdálenost od předměťové hlavní roviny oka označujeme jako  $a_R$ . Tato vzdálenost se měří v metrech, u emetropického oka jde o nekonečně velkou vzdálenost.



## Blízky bod P

Blízky bod (punctum proximum) je bod na optické ose zobrazující se na sítnici při maximální akomodaci. Jeho vzdálenost od předmětové hlavní roviny oka se označuje  $a_P$  a měří se také v metrech. Blízky bod hraje roli při posuzování momentálního akomodačního výkonu. Blízky a daleké bod ohraničují akomodační interval.

## Akomodační šíře

Akomodační šíře nám udává největší možný nárůst refrakční síly dosažitelný akomodací. Jde o rozdíl klidové a maximální akomodace. Akomodační šíři se udává v dioptriích a platí pro ni rovnice:  $A\check{S} = \frac{1}{a_R} - \frac{1}{a_P}$ . Akomodační šíře se v průběhu života snižuje vlivem postupné ztráty elasticity oční čočky. Mění se poloha blízkého bodu a tím i celý akomodační interval.

## Akomodační interval

Jako akomodační interval se označuje oblast mezi dalekým a blízkým bodem a vyjadřuje míru využitelnosti akomodace. Měří se v metrech. Popisuje se následující rovnicí:  $\Delta a = a_R - a_P$  resp.  $\Delta a = 1/AR - 1/AP$ . Z této rovnice plyne, že největší akomodační interval vykazuje právě emetropické oko. Myopické oko vykazuje zásadní zmenšení akomodačního prostoru a praktického rozmezí zobrazování před okem. Hypermetropické oko má sice teoreticky akomodační interval větší než emetrop, avšak toto zvětšení a skutečný přínos pro oko jsou jen zdánlivý. Blízky bod se od oka vzdálil, a tak se ve skutečnosti zmenšil jeho praktický akomodační interval, odpovídající reálné oblasti před okem.

## Vývoj refrakce

Refrakce není konstantní a neměnnou hodnotou, v průběhu života může docházet k jejím změnám. Podléhá pomalým, často malým fyziologickým i patologickým změnám. Každé oko je zpočátku hypermetropické vzhledem k jeho malému vzrůstu. Během prvních let života je rozhodujícím prvkem, určujícím refrakci, narůstající délka oka. Udává se, že růst oka probíhá ve dvou fázích. Během prvních třech let, i tzv. infantilní rychlé fázi, roste předoždní délka oka novorozence ze 17-18 mm na 23 mm. Případný růst oka o 5 mm by navozoval krátkozrakost asi - 15 D, to je však kompenzováno změnami lomivosti čočky a rohovky v průběhu jejich růstu. Další, tzv. juvenilní pomalý růst oka probíhá ve věku od 3 do 13 až 14 let, a to zhruba o 0,1 mm za rok. Během této fáze dojde k nárůstu oka asi o 1 mm, což

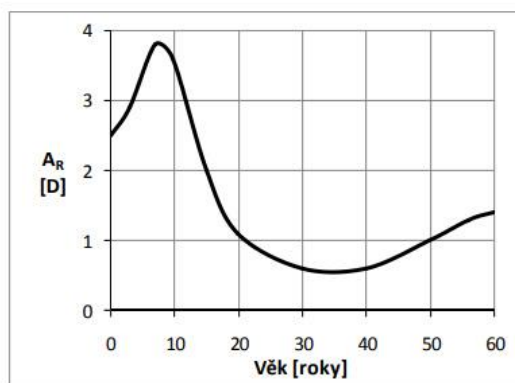
odpovídá myopizaci cca 3 D. Tento proces vede k následné emetropizaci původně hypermetropického oka.

Podobně rychle roste i rohovka. Během prvního roku života narůstá její průměr  $a$  z 9,5 mm na 11-12 mm. Spolu s narůstáním průměru dochází i ke ztenčování a rohovky a její lomivost se snižuje z přibližně +51,1 D na +45,0 D.

Při narození je oční čočka téměř kulovitá a roste po celý život. V průběhu prvního roku se její velikost téměř zdvojnásobí, během následujících let dochází k progresivnímu oploštění přední i zadní plochy čočky a lomivost klesá z přibližně +33 D na +18 D u dospělého člověka.

### Změny refrakce

Při dlouhodobém sledování lze u každého oka pozorovat určitý refrakční posun. V průběhu života lze zaznamenat dvě fáze hypermetropizující (předškolní věk a dospělost) a dvě fáze myopizující (školní věk a stáří) a relativně stabilní období mezi 20. a 50. rokem.



Graf č.1 Závislost axiální refrakce  $A_R$  na věku

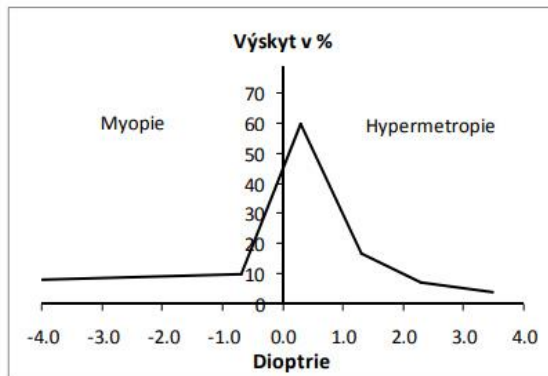
Změnu lze pozorovat i u astigmatismu. S přibývajícím věkem se obvykle mění astigmatismus podle pravidla na astigmatismus proti pravidlu. Pro tyto změny je typický pomalý, těžko postřehnutelný průběh.

K rychlým a značným refrakčním změnám může docházet také vlivem celkových změn zdravotního stavu, podávání farmak, očních onemocnění a úrazů.

## Refrakční vady

### Výskyt refrakčních vad v populaci

Výskyt refrakčních vad u dospělé populace v Evropě lze vyjádřit křivkou, jejíž vrchol je posunut směrem k hypermetropii.



Graf č.2 Výskyt refrakčních vad v populaci

Refrakční vady, kromě těžké myopie a hypermetropie, jsou růstové varianty, jejichž frekvence sleduje průběh tzv. binominální křivky s vrcholem kolem +0,5 D. Lze vidět, že do refrakční skupiny od 0 D do +1,75 D spadá téměř 75 % populace. Podobný počet lidí má refrakční vadu na straně hypermetropie v rozsahu od +2 D do +6 D a na myopické straně od -4 D. U refrakčních vad nad -4 D a nad +6 D již není tak nápadná srovnatelnost.

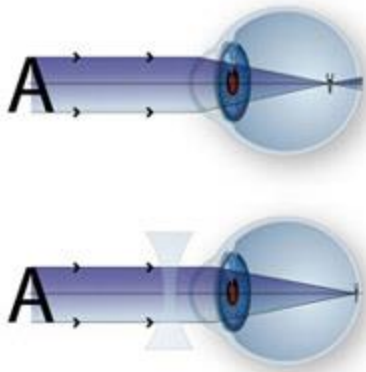
Uvádí se, že na výskytu refrakčních vad mohou mít vliv i rasové rozdíly. U východních asijských národů se vyskytuje nesrovnatelně vyšší počet případů myopie než u Evropské populace. Dále se uvádí, že refrakční vady mohou ovlivněny způsobem života, stravou, osvětlením při práci či pracovní vzdáleností.

Vyšší refrakční vady jsou často provázeny menšími obtížemi než vady malé. V případě větších vad je vidění podstatně sniženo, zamlženo a nepřesné. Oko není schopno tuto vadu korigovat, a tak se o to ani nesnaží. U malých vad jsme schopni do určité míry sami tuto vadu vykorigovat. Tato vnucená činnost však vede ke svalovému a nervovému vyčerpání, provázené řadou astenopických potíží.

### Myopie (krátkozrakost)

Myopie je sférická refrakční vada, u níž paprsky rovnoběžně dopadající na rohovku oka v akomodačním klidu, tvoří ohnisko před sítnicí. Na sítnici pak dopadá kužel divergentních paprsků, které vytvářejí rozostřený sítnicový obraz vzdáleného objektu. Ostře se zobrazují jen

předměty umístěné v dalekém bodě, který se posunul do konečné vzdálenosti před rohovku. Stejně tak blízký bod se posunul do kratší vzdálenosti před oko. Divergentní paprsky vycházející z dalekého bodu se po průchodu optickým systémem sbíhají přímo na sítnici. Bod umístěný dále než je daleký bod lze zobrazit ostře po předřazení rozptylné čočky.



#### **Průchod paprsků myopickým okem (bez korekce, s korekcí)**

<http://www.ocnioptika.com/images/myopie.jpg>

Hlavním klinickým příznakem je rozostřené vidění do dálky. Typické je mhouření očí při pohledu do dálky, kdy se pacient s myopií snaží navodit stenopeické vidění. Jedním z příznaků nižší a střední myopie je také schopnost využití naturálního vidění do blízka i v presbyopickém věku. Astenopické obtíže u rozvinuté myopie nebývají časté. Mohou být však příznakem nově vzniklé vady.

V současnosti je myopie velmi rozšířenou refrakční vadou. V Evropě a USA je udáván výskyt krátkozrakosti 20 - 40 %, v asijských zemích je toto procento ještě vyšší a pohybuje se v rozmezí 50 - 80%. Podle hodnoty refrakce dělíme myopii na lehkou (od 0 - 3 D), střední (od - 3,25 až - 6 D), vysokou (od - 6,25 až - 10 D) a těžkou (nad - 10 D).

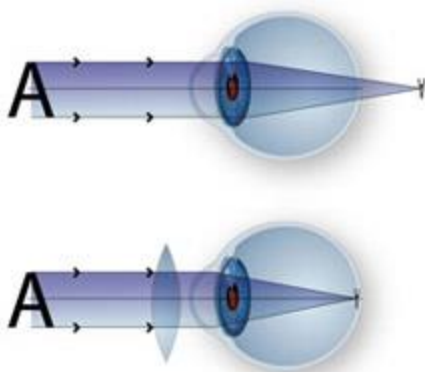
Brýlová korekce krátkozrakosti spočívá v předřazení odpovídající rozptylné čočky tak, aby její obrazové ohnisko splynulo s dalekým bodem myopického oka, přičemž striktní podmínkou je použití takové čočky, se kterou oko ještě neakomoduje, tj. není překorigované.

#### **Hypermetropie (dalekozrakost)**

Hypermetropie je sférická refrakční vada, u níž paprsky, které rovnoběžně dopadají na rohovku oka v akomodačním klidu, tvoří ohnisko za sítnicí. Na sítnici pak vzniká neostřý

obraz pozorovaného předmětu. Hypermetropické oko není schopno vidět do dálky ani do blízka bez dodatečné konvergenční síly.

Daleký bod leží u hypermetropie v konečné vzdálenosti za okem. Platí, že čím vyšší hodnoty dalekozrakost nabývá, tím více je tento daleký bod vzdálen z nekonečna a posunut do konečné, bližší vzdálenosti k oku.. Blízky bod, promítaný a zobrazený na sítnici při maximální akomodaci, může být před okem, v nekonečnu, i za okem podle stupně vlastní vady a akomodační šíře v daném věku. Celý akomodační interval je přesunut dále od oka a pozorování předmětů v bližší vzdálenosti pak představuje pro hypermetropa větší akomodační úsilí. Hypermetropie je nejčastější refrakční vadou a přibližně polovinu všech refrakčních stavů tvoří lehká hypermetropie mezi 0 D a 1 D.



#### **Průchod paprsků okem s hypermetropií (bez korekce, korekcí)**

<http://www.ocnioptika.com/images/hypermetropie.jpg>

Podle hodnoty refrakce lze hypermetropii rozdělit na nízkou (do +3 D), střední (+3,25 až +5 D) a vysokou (více než +6 D). Celkovou skutečnou míru hypermetropie ale označujeme jako totální hypermetropii. Část totální hypermetropie je korigována fyziologickým tonem ciliárního svalu, který je možno vyřadit z funkce atropinovými preparáty. Tato složka totální hypermetropie se označuje jako latentní hypermetropie. Zbývající část pak tvoří manifestní hypermetropie, která se dále dělí na fakultativní hypermetropii, která může být zčásti překonána kontrakcí ciliárního svalu - akomodací a na absolutní hypermetropii, kterou oko samo není schopno vykorigovat.

Nižší hypermetropie u mladších jedinců většinou nemá klinické příznaky. S poklesem akomodační schopnosti se pak ale projevují i nižší vady. Dalekozraký musí akomodovat, aby viděl ostře do dálky a zvláště potom při práci na blízko. Nadměrné zatížení akomodace a s tím

spojená souhra mezi akomodací a konvergencí vede ke vzniku astenopických obtíží (pocit "nepohodlného" vidění, slzení, překrvení spojivek aj.), hlavně při delším čtení, a frontální bolesti hlavy, zhoršující se večer. Usilovná akomodace může vést až k ciliárnímu spasmu, což se projeví náhlým zamlženým viděním.

Korekce dalekozrakého oka je zajišťována předsazením odpovídající spojné čočky tak, aby její obrazové ohnisko splynulo s dalekým bodem oka.

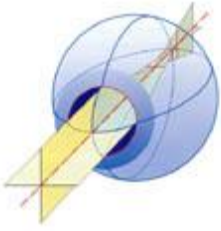
## **Astigmatismus**

Astigmatismus je asférická refrakční vada, při které svazek rovnoběžných paprsků nevytvoří po průchodu optickými prostředími ohnisko v jedné, ale ve dvou různých rovinách. Vzdálenost těchto dvou ohnisek se nazývá fokální interval a jeho délka je měřítkem stupně astigmatismu.

Jako první upozornil na astigmatismus Isaac Newton v roce 1727. Podrobněji tuto vadu popsal v roce 1801 Thomas Young, který sám touto vadou trpěl. V roce 1827 astronom Airy jako první korigoval astigmatismus cylindrickou čočkou. Podrobněji popsal klinické příznaky a význam této refrakční vady Donders v roce 1864.

Nejvíce astigmatismů nalézáme u dětí v prvním roce života. Do 5 až 8 let se počet výskytu astigmatismu snižuje a nadále zůstává relativně stabilní. Pokud astigmatismus nevznikne v prvním roce života, je málo pravděpodobné, že by vznikl později. Udává se, že 44,4 % obyvatelstva má astigmatismus do 1 D a u 34,6 % špatně vidících s astigmatismem je cylindr vyšší než 1 D.

Astigmatismus může být vrozený, způsoben vadou zakřivení, nesprávnou centrací nebo indexem lomu optických prostředí oka. Získané změny zakřivení rohovky bývají následkem úrazů, operací (keratoplastika, operace katarakty atd.) a onemocnění rohovky.



## Průchod paprsků astigmatickým okem

<http://www.ocnioptika.com/images/astigmatismus.jpeg>

### Rozdělení astigmatismu

Nepravidelný astigmatismus má v každém meridiánu i v každém místě plochy jinou optickou mohutnost, nelze určit hlavní řez s maximálním a minimálním účinkem. Je typický zejména pro poúrazové stavy předních partií oka, onemocnění rohovky, keratokonus atd. Plocha rohovky je nepravidelně zborcená bez symetrie. Tento astigmatismus nelze korigovat brýlovou čočkou.

Pravidelný astigmatismus má dva na sebe kolmé meridiány s maximálně odlišnou lomivostí. Dále se dělí na:

1. Astigmatismus jednoduchý (simplex), který má jeden meridián emetropický a druhý myopický nebo hypermetropický. Jinými slovy jedna z obou vytvořených ohniskových linií leží na sítnici, zatímco druhá před, nebo za ní.
2. Astigmatismus složený (compositus) má oba meridiány myopické nebo hypermetropické. Tzn., že obě ohniskové linie se vytvářejí buď před sítnicí, nebo za ní.
3. Astigmatismus smíšený (mixtus) má jeden meridián myopický a druhý hypermetropický. Tzn., že jedna ohnisková linie vzniká před sítnicí a druhá za sítnicí.
4. Astigmatismus ryze smíšený je astigmatismus, který se vyznačuje jednou ohniskovou rovinou hypermetropickou a druhou myopickou, přičemž jsou obě roviny stejně daleko od sítnice. Kroužek nejmenšího rozptylu se tedy nachází na sítnici.
5. Astigmatismus šikmý (obliquus) má dva meridiány s maximálně odlišnou lomivostí, které svírají pravý úhel. Oba meridiány však leží šikmo, pod 45 a 135 stupni. Nelze tedy určit, který meridián je horizontální a který vertikální.

6. Astigmatismus přímý, podle pravidla (rectus), kdy lomivost rohovky vykazuje ve vertikálním směru vyšší optickou mohutnost, než ve směru horizontálním. Jde většinou o astigmatismus rohovkový.

7. Astigmatismu nepřímý, proti pravidlu (inversus), kdy lomivost rohovky vykazuje ve vertikálním směru nižší optickou mohutnost, než ve směru horizontálním. Bývá většinou čočkový a je o něco menší než rohovkový.

### Výzkumná část

Výzkumná část diplomové práce je zaměřena na mapování výskytu refrakčních vad v populaci studentů optometrie. U studentů bude měřen naturální vízus, případně vízus s vlastní korekcí u těch, kteří ji používají. Tímto bude ověřena správnost či nesprávnost korekce u osob, které mají některou z refrakčních vad a nosí brýle či kontaktní čočky a současně budou diagnostikovány refrakční vady u studentů, kteří korekci nenosí, ale potřebovali by ji. Dále bude pomocí dotazníku zjišťováno, jaký druh korekce studenti upřednostňují, jak často korekci používají, zda zvažují případné podstoupení chirurgického zákroku, výskyt refrakčních vad v rodině, progresse korekce

### Hypotézy:

1. Nejčastější refrakční vadou u studentů bude myopie.
2. Studenti nejčastěji volí brýlovou korekci.
3. Studenti optometrie znají možnosti korekce a volí proto kvalitní korekci oproti levnější variantě.

### Zdroje:

ANTON, M., Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody, 3. přepracované vydání. Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotních oborů v Brně, 2004. ISBN 80-7013-402-X, 3. vyd., Brno, Národní centrum nelékařských a zdravotnických oborů, 2004, 96 s.

ANTON, M.: Základy refrakce, 1. vyd., Brno, 1971, 94 s.

RUTRLE, M., Brýlová optika, 2. Vydání. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. ISBN 80-7013-145-45. Rutrle, M.: Brýlová optika, 2. vyd., Brno, IDVPZ Brno, 1993, 144 s.

AUTRATA, R., Nauka o zraku, 1. Vydání. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotních oborů v Brně, 2002.



KOLÍN, J., Oční lékařství., 2. vydání. Praha: Karolinum, 2007. ISBN 9788024613253.

BURYÁNOVÁ, Veronika. Výskyt refrakčních vad a způsoby jejich korekce v populaci studentů optometrie [online]. Brno, 2008 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/flrjy/>>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Sylvie Petrová.

**Bc. Eliška Vyhnálková, Mgr. Gabriela Spurná**

## **Occurrence of refractive defects and methods of their correction in the population of students of optometry**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Introduction**

It is generally known and proved that in general the most common refractive defect by students is myopia, I will try to prove this in my thesis. I will focus on the students of optometry and will find out the incidence of refractive defects in their population, the most common ways of correction, and whether optometry students apply the knowledge of their studies when choosing their correction.

### **Refraction concepts**

#### **Refraction of the eye**

Refraction of the eye refers to the ratio between the optical power of the eye's refractive environment and its length. The light beam passes through the anterior cornea, corneal tissues, corneal back, vitreous water, lens front surfaces, intraocular structures, the back surface of the lens and vitreous.

Each named structure has a specific refractive index. Own corneal tissue has a refractive index equal to 1,376. The vitreous fluid refractive index is 1.336. The outer layers of the lens have a refractive index of 1.386, and a denser core of 1.406. The average lens refractive index is approximately 1.396. The refractive index of the vitreous is 1.336, its value is comparable to the vitreous fluid refractive index.

#### **Far point R**

Point point (punctum remotum) is a point on the optical axis depicted on the retina of the eye with minimal accommodation. Its distance from the subject main plane of the eye is called  $aR$ . This distance is measured in meters, the emetropic eye is an infinitely large distance.

## Near Point P

The proximal point is a point on the optical axis displayed on the retina at maximum accommodation. Its distance from the subject main plane of the eye is  $a_P$  and is also measured in meters. The midpoint plays a role in assessing the current accommodative performance. The proximate and far points limit the accommodating interval.

## Accommodating width

Accommodating width gives us the greatest possible increase in refractive power attainable by accommodation. This is the difference between rest and maximum accommodation. The accommodation width is given in diopters and equals:  $\Delta S = 1 / a_R - 1 / a_P$ . Accommodating width decreases over the course of life due to the gradual loss of eyepiece of the ophthalmic lens. The location of the nearby point changes and thus the entire accommodation interval.

## Accommodating interval

Accommodating interval refers to the area between the far and near points and expresses the degree of usability of the accommodation. Measured in meters. It is described by the following equation:  $\Delta a = a_R - a_P$  resp.  $\Delta a = 1 / AR - 1 / AP$ . It follows from this equation that the largest accommodating interval is the emetropic eye. The myopic eye has a significant reduction in accommodation space and a practical range of imaging in front of the eye. The hypermetropic eye has a theoretically greater interval than the emetrop, but this magnification and real eye benefit are only apparent. The proximal point has moved away from the eye, and in fact its practical interval has been reduced, corresponding to the real area in front of the eye.

## Development of refraction

Refraction is not a constant and invariable value, it can change during life. It is subject to slow, often minor physiological and pathological changes. Each eye is initially hypermetropic due to its small increase. During the first years of life, the decisive element, determining refraction, is the increasing length of the eye. It is reported that eye growth occurs in two phases. During the first three years, so-called infantile fast phases, the anterior posterior

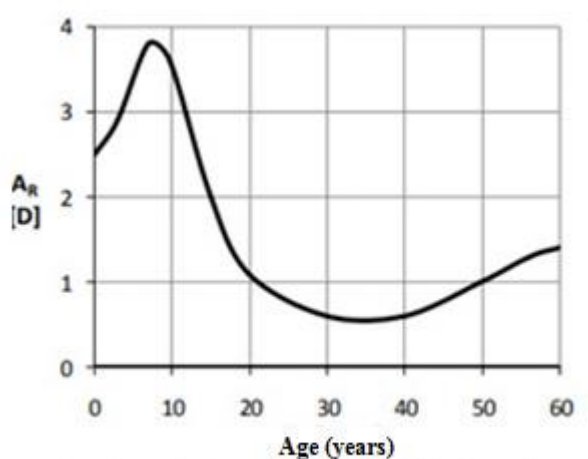
length of the newborn's eye grows from 17-18 mm to 23 mm. Possible eye growth of 5 mm would result in a myopia of about -15 D, but this is compensated by changes in lens and corneal fracture during their growth. Another, so-called juvenile slow eye growth, ranges from 3 to 13 to 14 years, by about 0.1 mm per year. During this phase, the eye grows by about 1 mm, corresponding to myopication of about 3 D. This process leads to the subsequent emetropization of the originally hypermetropic eye.

Similarly, the cornea grows fast. During the first year of life, its diameter rises from 9.5 mm to 11-12 mm. Together with the increase in diameter, it also leads to thinning and cornea, and its fracture decreases from approximately +51.1 D to +45.0 D.

At birth, the lens is almost spherical and grows throughout life. In the course of the first year, its size is almost doubled, the progressive fisting of the front and the rear surface of the lens progresses over the following years, and the decay rate drops from approximately +33 D to +18 D in the adult human.

### Changes in refraction

With long-term observation, a certain refractive shift can be observed for each eye. Two stages of hypermetropia (pre-school age and adulthood) and two phases of myopiasis (school age and age) and a relatively stable period between the 20th and 50th years can be recorded during life.



Graph no. 1: Dependence of axial refraction on age

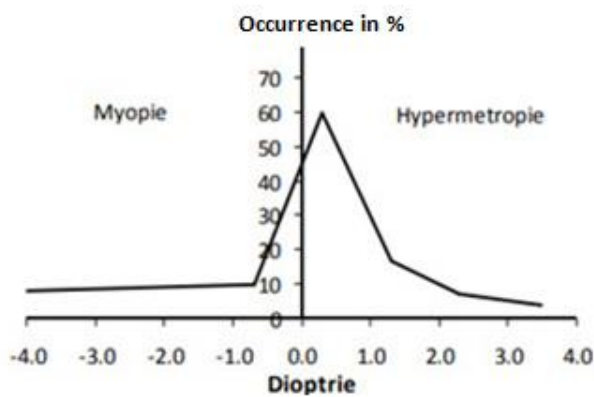
Change can also be observed with astigmatism. With increasing age, astigmatism usually changes according to the rule of astigmatism against the rule. These changes are typical of a slow, difficult-to-follow course.

Rapid and significant refractive changes can also occur due to overall changes in health status, pharmacokinetics, eye diseases and injuries.

## Refractive defects

### Occurrence of refractive defects in the population

The incidence of refractive defects in the adult population in Europe can be expressed by a curve whose peak is shifted towards hypermetropia.



Graph no. 2: Occurrence of refractive defects in the population

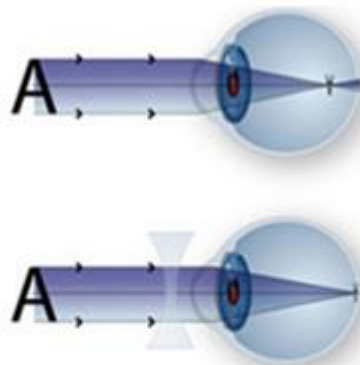
Refraction defects, apart from severe myopia and hypermetropia, are growth variants whose frequency follows the course of the so-called binominal curve with a peak of +0.5 D. It can be seen that in the refractive group from 0 D to +1.75 D falls almost 75% population. A similar number of people have a refractive error on the side of the hypermetropia ranging from +2 D to +6 D and myopic side from - 4 D. For refractive errors above - 4 D and above + 6 D there is no such striking comparability.

It is reported that racial differences may also affect the incidence of refraction. In Eastern Asian nations, there is an incomparably higher number of myopia cases than in the European population. It is also reported that refractive defects can be affected by lifestyle, diet, work lighting, or working distance.

Higher refractive defects are often accompanied by minor difficulties than small defects. In case of major defects, the vision is substantially reduced, blurred and inaccurate. The eye is not able to correct this defect, so it does not even try. For small defects, we are able to correct this defect to some extent. This forced activity, however, leads to muscle and nerve exhaustion, accompanied by a number of asthenopic problems.

## Myopia

Myopia is a spherical refractive defect, in which the rays parallel to the cornea of the eye in accommodative rest form an outbreak of the retina. A cone of divergent beams, which create a blurred retinal image of a distant object, then strikes the retina. Only objects located at a long point that shifted to the final distance in front of the cornea are sharply displayed. Similarly, the close point moved to a shorter distance before the eye. Divergent beams emerging from the far point pass through the optical system and converge directly onto the retina. The point placed further than the far point can be seen sharply after the lens has been preassembled.



**Rays passage of myopic eye (with correction, without correction)**

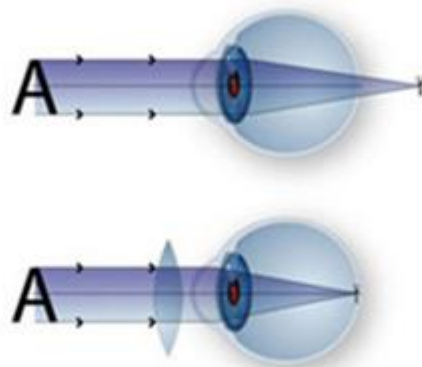
The main clinical symptom is blurred vision. Typical eye blinking is when looking into the distance when a patient with myopia tries to induce stenopathic vision. One of the symptoms of lower and middle myopia is also the ability to use natural vision in close and presbyopic age. Asthenopic problems in developed myopia are uncommon. However, they may be a symptom of a new defect.

At present, myopia is a very widespread refractive defect. In Europe and the USA, the incidence of short-sightedness is 20-40%, in Asian countries this percentage is even higher and ranges from 50-80%. According to the refraction value, we divide myopia into light (from 0-3 D), medium (from - 3.25 to - 6 D), high (from - 6.25 to - 10 D) and heavy (above - 10 D).

Spectacular correction of myopia lies in the presence of a corresponding lens so that its image focuses on the far point of the myopic eye, the strict condition being the use of a lens with which the eye still does not modify, if it is not re-corrected.

## Hypermetropia

Hypermetropia is a spherical refractive defect, in which the rays, which parallel to the cornea of the eye in accommodative rest, form a focal point behind the retina. A blurry image of the observed object is created on the retina. Hypermetropic eye is unable to see in the distance or near without additional convergence force.



**Rays passage of hypermetropic eye (with correction, without correction)**

The far point lies in hypermetropia at the final distance behind the eye. It is true that the higher the values of the farsightedness, the more this far point is infinite and shifted to the final, closer distance to the eye. The proximal point, projected and displayed on the retina at maximum accommodation, can be in front of the eye, at infinity by the eye according to the degree of their own defect and the accommodative width of the given age. The entire sleeping interval is moved further from the eye, and observation of objects at a closer distance then represents greater accommodative effort for hypermetropia. Hypermetropia is the most common refractive defect, and approximately half of all refractory conditions make light hypermetropia between 0D and 1D.

According to the refraction value, hypermetropia can be divided into low (+3 D), medium (+3.25 to +5 D) and high (over +6 D). However, we describe total overall hypermetropia as total hypermetropia. Part of total hypermetropia is corrected by the physiological tone of the ciliary muscle, which can be eliminated from the function of atropine preparations. This

component of total hypermetropia is referred to as latent hypermetropia. The remaining part is manifested by hypermetropia, which is further divided into facultative hypermetropia, which can be partly overcome by contraction of the ciliary muscle - accommodation and absolute hypermetropia which the eye itself is unable to repair.

Lower hypermetropia in younger subjects usually has no clinical signs. However, with decreasing accommodation capacity, lower defects also appear. The far-sighted must accommodate to see it sharply in the distance, and especially when working closely. The excessive burden of accommodation and the associated interplay between accommodation and convergence leads to asthenopic problems (feeling of "inconvenient" vision, tearing, congestion, etc.), especially during longer reading, and frontal headaches, a worsening evening. Strenuous accommodation can lead to ciliary spasm, resulting in sudden blurred vision.

Correction of the farsighted eye is ensured by fitting the matching lens so that its image focuses farther with the far point of the eye.

## **Astigmatism**

Astigmatism is an aspherical refractive defect in which a beam of parallel beams does not produce a focal point in one but in two different planes after passage through optical environments. The distance of these two focal points is called the focal interval and its length is a measure of the degree of astigmatism.

He was the first to point out the astigmatism of Isaac Newton in 1727. He described this defect in more detail in 1801, Thomas Young, who himself suffered from this defect. In 1827, Airy astronomer first corrected cylindrical lens astigmatism. In more detail, he described the clinical signs and the importance of this refractive defect in 1864.

Most astigmatism is found in children in the first year of life. Within 5 to 8 years, the number of astigmatism decreases and remains relatively stable. If astigmatism does not occur in the first year of life, it is unlikely to occur later. It is reported that 44.4% of the population has astigmatism up to 1 D and 34.6% of the poor with astigmatism is a cylinder higher than 1 D.

Astigmatism may be congenital due to a curvature defect, incorrect centering, or refractive index of the eye's optical environment. The acquired changes in corneal curvature are the result of injuries, operations (keratoplasty, cataract surgery, etc.) and corneal disease.



## The division of astigmatism

Irregular astigmatism has different optical potency in each meridian and at each site, no major cut can be determined with maximum and minimum effect. It is typical for post-traumatic eye conditions, corneal diseases, keratoconus, etc. The corneal surface is irregularly collapsed without symmetry. This astigmatism can not be corrected by a glass lens.

Regular astigmatism has two perpendicular meridians with maximally different refractive error. It is further divided into:

1. Simplex astigmatism, which has one emmetropic meridian and the other is myopic or hypermetropic. In other words, one of the two focal lines formed lies on the retina, while the other before or after it.

2. Composite astigmatism (compositus) has both meridians myopic or hypermetropic. That is, both focal lines are formed either before or behind the retina.

3. Astigmatism mixed (mixtus) has one myopic meridian and the other hypermetropic. That is, one focal line is formed before the retina and the other behind the retina.

4. Astigmatism is a mixture of astigmatism, characterized by one focal plane, hypermetropic and second myopic, with both planes as far away from the retina. The smallest scattering ring is thus located on the retina.

5. Astigmatism (obliquus) has two meridians with maximally different refractive error, which make a right angle. However, both meridians lie obliquely, below 45 and 135 degrees. It is not possible to determine which meridian is horizontal and vertical.

6. Astigmatism direct, according to the rule (rectus), where the corneal refractive error exhibits higher optical power in the vertical direction than in the horizontal direction. It is mostly about corneal astigmatism.

7. Indirect, inverse astigmatism, where the corneal refractive error exhibits a lower optical power in the vertical direction than in the horizontal direction. It is mostly lenticular and is slightly smaller than corneal.



**Rays passage of the astigmatic eye**

## Research part

The research part of the diploma thesis is focused on the mapping of occurrence of refractive defects in the population of students of optometry. Students will be enrolled in a natural visa or a self-corrected visa for those who use it. This will verify correctness or incorrect correction for people who have some refractive defects and wear glasses or contact lenses and will also diagnose refractive defects in students who do not wear correction but need it. In addition, the questionnaire will determine what kind of correction the students prefer, how often the correction is used, whether they consider the possibility of surgical intervention, the occurrence of refractive defects in the family, the progression of correction.

## Hypotheses:

1. The most common refractive defect in students is myopia.
2. Students most often choose glasses correction.
3. Students of optometry know the possibilities of correction and therefore choose a good correction compared to a cheaper one.

## Resources:

ANTON, M., Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody, 3. přepracované vydání. Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotních oborů v Brně, 2004. ISBN 80-7013-402-X, 3. vyd., Brno, Národní centrum nelékařských a zdravotnických oborů, 2004, 96 s.

ANTON, M.: Základy refrakce, 1. vyd., Brno, 1971, 94 s.

RUTRLE, M., Brýlová optika, 2. Vydání. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. ISBN 80-7013-145-45. Rutrle, M.: Brýlová optika, 2. vyd., Brno, IDVPZ Brno, 1993, 144 s.

AUTRATA, R., Nauka o zraku, 1. Vydání. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotních oborů v Brně, 2002.

KOLÍN, J., Oční lékařství., 2. vydání. Praha: Karolinum, 2007. ISBN 9788024613253.

BURYÁNOVÁ, Veronika. Výskyt refrakčních vad a způsoby jejich korekce v populaci studentů optometrie [online]. Brno, 2008 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/flrjy/>>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Sylvie Petrová.

## **Dystrofie makuly**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Anotácia**

Medzi dystrofie radíme choroby, ktoré vedú k predčasným zmenám buniek a ich apoptóze. Dystrofie makuly patria do skupiny chorioretinálnych dystrofií, ktoré postihujú pigmentový epitel sietnice, fotoreceptory a choriokapilaris. K najznámejším dystrofiám makuly radíme Stargardtovu chorobu a Bestovu viteliformnú dystrofiu makuly.

### **Kľúčové slová**

Dystrofia makuly, diferenciálna diagnostika, Stargardtova choroba, Bestova viteliformná dystrofia makuly

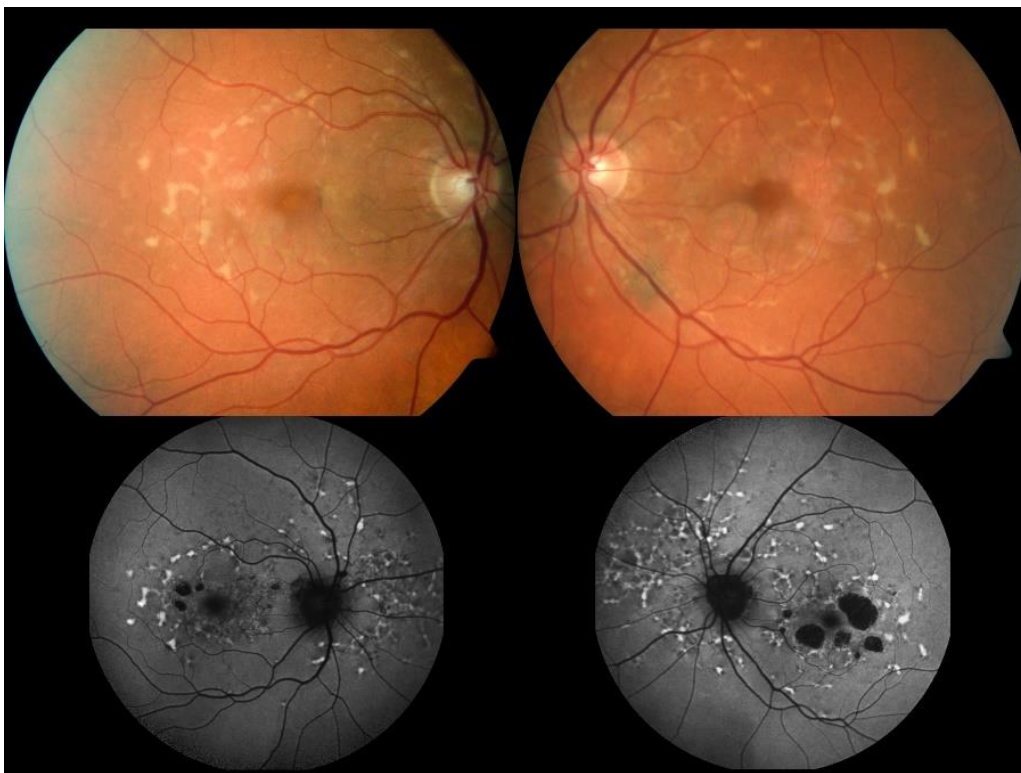
### **Stargardtova choroba**

Najčastejšou dystrofiou makuly je Stargardtova dystrofia. Vyskytuje sa zhruba u jedného človeka na 8 000 až 10 000 ľudí. Jej dedičnosť je autozomálne recesívna. Bolo objavené veľké množstvo génových sekvencií, ktoré spôsobujú toto ochorenie, čo spôsobuje jej obrovskú variabilitu v príznakoch a prejavoch – rôzne nálezy na očnom pozadí alebo pri vyšetovaní pomocou elektrofyziologických vyšetrovacích metód. Tiež je veľmi individuálna progresia a prognóza tohto ochorenia.

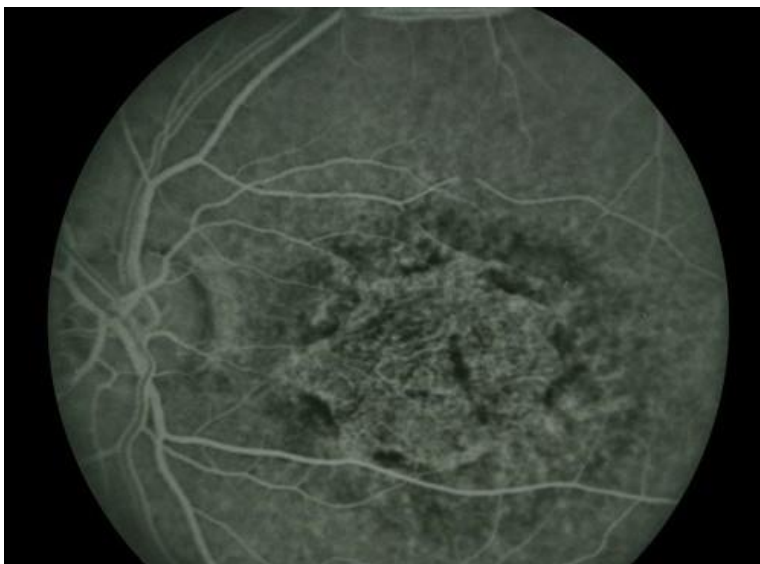
K hlavným príznakom radíme obojstrannú stratu centrálného videnia, často býva spojená s farbosleposťou a typickým nálezom je atrofia makuly, ktorá má vzhľad „tepaného bronzu“.

Väčšinou táto choroba začína v detstve a pacient postupom času vníma stratu centrálného videnia. Zo začiatku pri oftalmoskopii nenachádzame žiadne zmeny, maximálne malé abnormality – stratu reflexu z fovey, prípadne malé poškodenie RPE. Na potvrdenie

poškodenia RPE je vhodné spraviť autofluorescenciu fundu (FAF). V počiatočných štádiách vidíme malé škvrny na funde a atrofiu makuly (v tvare „býčieho oka“), ktoré sú spôsobené nadmerným množstvom lipofuscínu. Pri ERG vyšetrení zisťujeme, že ako choroba progreduje, odpoveď sietnice sa znižuje. Typickým príznakom Stargardtovej choroby je tmavá choroidea, ktorú vyšetrujeme pomocou fluorescenčnej angiografie (FAG). Avšak problémom je, že tento príznak sa nachádza u 75 % pacientov, u zvyšných 25 % ho nenachádzame.



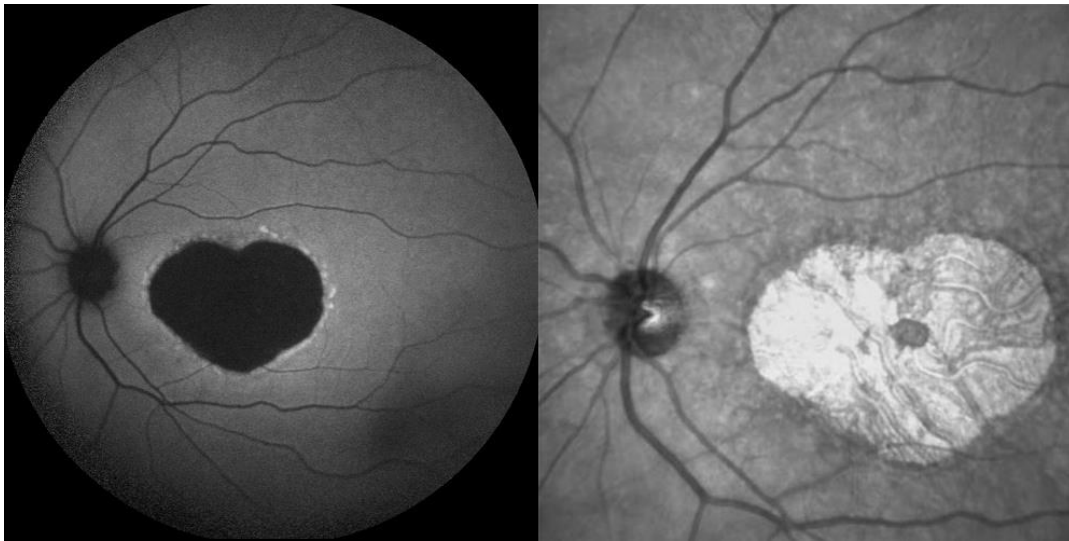
Obr. 2: Fundus snímka a autofluorescencia fundu u Stargardtovej choroby (Dostupné z <http://www.scottpautlermd.com/stargardt-disease/>)



Obr. 1: Stargardtova choroba - "býčie oko" (Dostupné z <http://imagebank.asrs.org/file/24111/stargardt-disease/>)

Pri OCT vyšetrení sledujeme hrúbku centrálnej krajiny. Niekoľkými výskumami bolo dokázané, že jej zmenšovanie súvisí so znižovaním zrakovej ostrosti.

Prognóza tejto choroby je väčšinou zlá, v konečných štádiách sa zrková ostrosť pohybuje na úrovni okolo 4/40. Avšak keď sa Stargardtova choroba začne prejavovať vo vyššom veku, je viac pravdepodobné, že sa nedostane do tak vážnych stupňov ako u pacientov, u ktorých začala v skoršom veku. Taktiež sa nezhoršuje pacientov vizus a nenachádzame žiadne abnormality pri ERG vyšetrení.



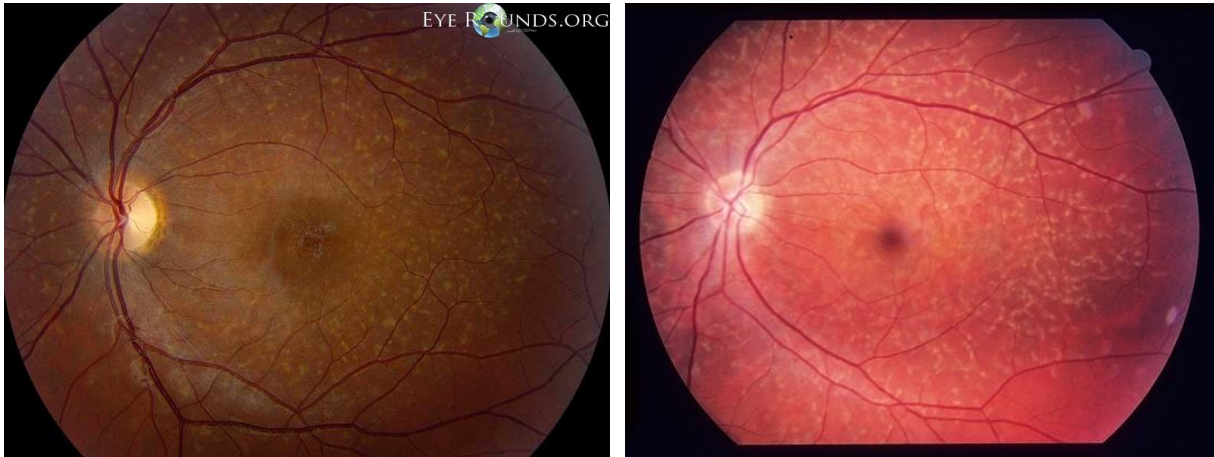
Obr. 3: Stargardtova choroba, atrofia makuly v tvare srdiečka (Dostupné z: <https://retinalyze.com/romantic-hole-syndrome-retina/>)

Kvôli diferenciálnej diagnostike je veľmi dôležité odobrať podrobnú anamnézu, genetické vyšetrenie a z očných vyšetrení autofluorescenciu fundu, fluorescenčnú angiografiu, ERG a OCT vyšetrenie.

U dystrofii čapíkov nachádzame okrem typických príznakov Stargardtovej choroby znížený farbocit.

Podobný nález na funde sa môže vyskytnúť aj u ceroidálnej lipofuscinóze – je to dedičné ochorenie, ktoré je typické spomaleným psychomotorickým vývojom, očné príznaky sú len jedným z mnoho prejavov.

Ďalšími ochoreniami, ktoré je podobné Stargardtovej chorobe sú pattern dystrofiie. Je to viacero ochorení sietnice, ktoré sa väčšinou prejavujú medzi 40. – 50. rokom života. Väčšina pacientov neudáva žiadne problémy, odhalíme ju až pri vyšetrení fundu. Retikulárna pattern dystrofia má podobný nález na očnom pozadí ako u Stargardtovej choroby.



Obr. 4 a 5: Fundus snímka Stargardtovej choroby (Dostupné z: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/pages/Stargardt-disease-13.htm>) a retikulárnej pattern dystrofiie (Dostupné z: <http://imagebank.asrs.org/file/24111/stargardt-disease>)

Jedinou liečbou v dnešnej dobe je podporná liečba vitamínom A, ktorá spomaľuje postup tohto ochorenia. Úplná liečba nie je zatiaľ známa, avšak sú v procese výskumy zaoberajúce sa génovou terapiou a transplantáciou kmeňových buniek.

Čo sa týka géovej terapie, je v procese výskum možností modifikovať apoptózu fotoreceptorov. Taktiež sa rieši možnosť transplantácie tyčínok a čapíkov – či už zrelé retinálne bunky (momentálne sú však veľké problémy s imunitnou reakciou), alebo transplantácia kmeňových buniek, ktoré zatiaľ vyzerajú ako lepšia varianta, ale testy zatiaľ prebehli len na potkanoch a nie je doriešená etická otázka tohto zákroku.

Okrem géovej terapie a transplantácie buniek sú vo výskume aj nové farmakologické preparáty – fibroblastový rastový faktor, ciliárny neurotrofický rastový faktor a antiparkinsonitika (majú antiapoptopické účinky).

### **Bestova viteliformná dystrofia makuly**

Bestova choroba je pomerne vzácne hereditárne ochorenie, ktoré má autozomálne dominantnú dedičnosť. Najčastejšie sa prejavuje do 10. roku života vznikom oranžovožltého

ložiska v žltej škvrne. Vyskytuje sa prevažne na oboch stranách, avšak môže vzniknúť aj jednostranne.

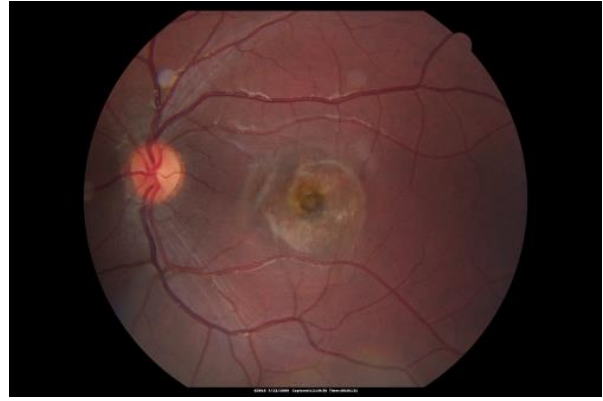
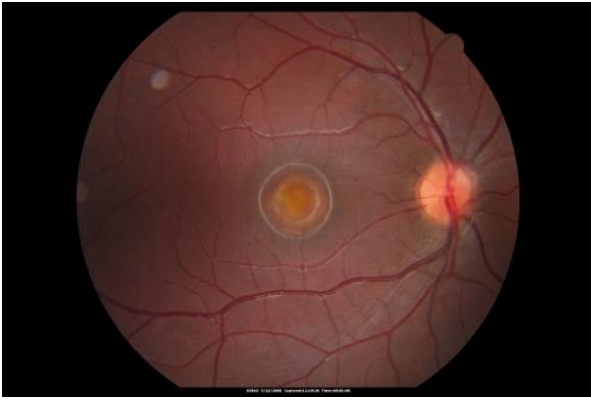
K určeniu diagnózy využívame oftalmoskopiou, elektrookulografiu (EOG), fluorescenčnú angiografiu, OCT vyšetrenie. EOG je veľmi dobrým ukazovateľom tohto ochorenia, pretože nadobúda patologických hodnôt už v prvom štádiu ochorenia, kedy ešte ostatné vyšetrovacie metódy nemusia ukazovať na abnormality. Fluorescenčná angiografia ukazuje v mieste ložiska hyperfluorescenciu a OCT vyšetrenie zas zvýšenú odrazivosť v mieste zhrubnutia pigmentového epitelu sietnice.

Túto chorobu rozdeľujeme do piatich základných štádií:

- Prvé štádium, previteliformné štádium je typické tým, že na očnom pozadí pacienta nenachádzame žiaden patologický nález a pacient nepociťuje žiadne problémy. Jediným upozornením na toto ochorenie je znížená odpoveď na EOG vyšetrení.
- Druhé štádium, viteliformné je typické nálezom žltoranžového ložiska na očnom pozadí, ktoré má veľkosť cca 1 – 3 pD. Vzniká nahromadením lipofuscínu v pigmentovom epitelu sietnice. Toto ložisko je inak nazývané aj „vajcový žltok“. Zrková ostrosť v tejto fázi ešte nezvykne byť znížená. Pri FAG vyšetrení vzniká hyperfluorescencia na mieste, kde vznikla atrofia RPE.
- V tretej fázi sa ložisko lipofuscínu čiastočne vstrebe a nahromadí sa v spodnej časti, vznikne pseudohypopyon, ktorý sa rozptýli. Toto štádium pripomína „miešané vajčička“.
- Štvrté štádium je typické pre 2. – 4. dekádu života, kedy sa žltoranžové ložisko vyprázdňuje do subretinálneho priestoru. V tomto štádiu už nastupujú subjektívne príznaky, medzi ktoré typicky patrí znižovanie centrálnej zrakovkej ostrosti.
- V piatom štádiu je typický vznik disciformnej jazvy, atrofickej makulopatie a subretinálneho tkaniva s neovaskularizáciou.

Prognóza je väčšinou zlá a pacienti v posledných štádiách väčšinou dosahujú hodnôt zrakovkej ostrosti zhruba do 4/40.





Obr.6 a 7: 11-ročný chlapec, II. štádium Bestovej dystrofie, typický nález "vajcového žltka" (Dostupné z: [http://retinagallery.com/displayimage.php?album=112&pid=1027#top\\_display\\_media](http://retinagallery.com/displayimage.php?album=112&pid=1027#top_display_media)), pravé oko neliečené, ľavé po fotodynamickej terapii a liečbe Avastinom (Dostupné z: [http://retinagallery.com/displayimage.php?album=112&pid=1030#top\\_display\\_media](http://retinagallery.com/displayimage.php?album=112&pid=1030#top_display_media))



Obr.8: Bestova dystrofia, III. štádium, pseudohypopyon (Dostupné z: <http://imagebank.asrs.org/file/18311/best-disease>)

Pri podozrení na Bestovu vitelformnú dystrofiu a potom v následnej diferenciálnej diagnostike je dôležité odobrať od pacienta podrobnú anamnézu s dôrazom na výskyt tohto ochorenia v rodine, aby sme vedeli, či je možná dedičnosť, alebo nie.

Toto ochorenie sa najviac podobá na pattern dystrofiu a nonneovaskulárnu formu vekom podmienenej makulárnej degenerácie.

Ak váhame, či daný nález možno považovať za pattern dystrofiu, alebo Bestovu vitelformnú dystrofiu, veľmi nám pomôže, keď vieme, kedy sa toto ochorenie začalo prejavovať. Pattern dystrofia sa začína zväčša prejavovať medzi 40. – 50. rokom života, ale

Bestova viteliformná dystrofia už v detstve, tj. v prvej dekáde života. Pochybnosti môžu vzniknúť pri študovaní FAG snímky, kde nám u oboch chorôb vzniká nadmerná fluorescencia v mieste makuly. Veľmi výhodné je v tomto prípade spraviť EOG vyšetrenie, kde pacient s pattern dystrofiou nevykazuje žiadne abnormality, zatiaľ čo pacient s Bestovou viteliformnou dystrofiou nemá fyziologickú odpoveď.

Pri suchej forme vekom podmienenej makulárnej degenerácie v konečnom štádiu vzniká geografická atrofia, ktorá môže byť podobná ako žltlooranžové ložisko v makule pri Bestovej dystrofii (štádium „miešaných vajíčok“).



Obr. 9 a 10: Bestova dystrofia (štádium „miešaných vajíčok“) (Dostupné z: <http://disorders.eyes.arizona.edu/disorders/macular-dystrophy-vitelliform-2>) a vekom podmienená makulárna degenerácia – geografická atrofia (KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství.)

Rovnako ako na Stargardtovu chorobu, ani na Bestovu viteliformnú dystrofiu nepoznáme žiadnu komplexnú liečbu. Momentálne sú v procese výskumy ohľadom genetického podkladu tohto ochorenia, aby sa mohli zahájiť výskumy na génovú terapiu.

V dnešnej dobe vieme zatiaľ liečiť len príznaky tohto ochorenia, konkrétne sekundárnu choroidálnu neovaskularizáciu pomocou laserovej alebo fotodynamickej terapie, popřípade anti-VEGF preparátmi, ktoré sa využívajú najmä pri liečbe vekom podmienenej makulárnej degenerácie. (2, 50)

Fotodynamická terapia využíva diódový laser ( $\lambda = 689 \text{ nm}$ ) a verteporfín (fotoaktívna látka). Najprv pacientovi aplikujeme intravenózne verteporfín, ktorý sa dobre viaže na lipoproteíny. Toto je dôležité hlavne preto, lebo v choroidálnej neovaskularizácii sa vo väčšom množstve nachádzajú lipoproteínové receptory, čiže verteporfín ostane v neovaskularizácii. Niekoľko minút po aplikácii verteporfínu môžeme začať samotnú fotodynamickú terapiu tak,

že vyšleme laserové svetlo k fundu. Laser s touto vlnovou dĺžkou prejde cez sietnicu a retinálny pigmentový epitel bez toho, aby ich narušil a prejde až do subretinálneho priestoru, kde sa vytvorila neovaskularizácia. Pri interakcii verteporfínu s laserom dochádza k uvoľneniu radikálov, ktoré poškodia endotel neovaskulárnych ciev a zapríčinia zánik ich buniek. Tým zanikne celá neovaskularizácia.

Pred aplikáciou je dôležité poznať veľkosť choroidálnej neovaskularizácie a vypočítať presné množstvo verteporfínu, ktoré následne aplikujeme pacientovi. Taktiež to záleží aj od hmotnosti pacienta.

Druhou možnosťou, ako liečiť choroidálnu neovaskularizáciu je použitie anti-VEGF preparátov. Pôvodne boli vyvinuté na liečbu rôznych druhov rakoviny, až neskôr sa objavil ich pozitívny vplyv aj na liečbu neovaskularizácie pri rôznych očných ochoreniach. Aplikujú sa priamo do sklovca intravitreálnou injekciou v oblasti pars plana. Môžeme aplikovať len veľmi malé množstvo preparátu, pretože inak by sa mohol zvýšiť vnútroočný tlak. Na našom trhu máme 4 preparáty, jeden z nich tzv. „off-label“.

Prvým z nich je Macugen (pegaptanib). Jeho aplikácia je každých 6 týždňov, pacient dostane celkovo 9 dávok a ak si to stav vyžaduje, pokračujeme v liečbe aj neskôr. Veľkou výhodou tohto preparátu je, že ho môžeme použiť aj u ľudí s kardiovaskulárnymi ochoreniami.

Druhým preparátom je Avastin (bevacizumab). Jeho pôvodným účelom bolo liečiť karcinom pľúc a hrubého čreva. Mnoho štúdií tiež potvrdilo jeho pozitívne účinky aj na choroidálne neovaskularizácie, ale stále je „off-label“. Je to hlavne preto, lebo ešte nie je presne stanovené, v ktorých prípadoch môže byť použitý, počet dávok, ktorý by ustálil nález a taktiež nie je úplne potvrdená jeho bezpečnosť. Na schválenie je potrebné pokračovať ešte vo výskumoch.

Ďalším preparátom, ktorý môžeme využiť na liečbu choroidálnej neovaskularizácie je Lucentis (ranibizumab). Pacient zväčša dostáva každé štyri týždne jednu dávku počas troch mesiacov. Ak by došlo časom k zhoršeniu, aplikácia sa opakuje.

Najnovším preparátom je Eylea (aflibercept). Výhodou tohto preparátu je, že ho stačí aplikovať len raz za dva mesiace, čo je menej náročné pre pacienta a výsledky sú porovnateľné s aplikáciou ranibizumabu, ktorý je nutné aplikovať dvakrát tak často.

## Zdroje

- ALUŠÍKOVÁ, Marie, Jana MLADÁ, Martina KOTULKOVÁ et al. Farmakoterapie u věkem podmíněné degenerace makuly. *Farmakoterapeutické informace* [online]. 2008, 4(4), 1-4, [cit. 2017-02-28]. ISSN 1211 – 0647. Dostupné z: [http://www.sukl.cz/file/2960\\_1\\_1/](http://www.sukl.cz/file/2960_1_1/)
- BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: NCONZO, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8
- Best Disease Treatment and Management. *Medscape*. [online]. [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <http://emedicine.medscape.com/article/1227128-treatment#d6>
- Best Disease. *Retina Image Bank*. [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://imagebank.asrs.org/file/18311/best-disease>
- CIHELKOVÁ, Ilona a Petr SOUČEK. *Atlas makulárních chorob*. Praha: Galén, 2005. ISBN 80-7262-370-2
- ERNEST, Jan. *Makulární degenerace: trendy v léčbě věkem podmíněné makulární degenerace*. Praha: Mladá fronta, 2010. Aeskulap. ISBN 978-80-204-2363-4
- KOLÁŘ, Petr. Věkem podmíněná makulární degenerace – epidemiologie, rizikové faktory, diagnostika, terapie. *Medicína pro praxi* [online]. 2012, 9(11), 432-435, [cit. 2017-02-28]. ISSN 1803-5310. Dostupné z: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2012/11/04.pdf>
- KOLÁŘ, Petr. *Věkem podmíněná makulární degenerace*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2605-2
- KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8
- Macular Dystrophy, Vitelliform 2. *The University of Arizona Health Sciences, Hereditary Ocular Disease*. [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <http://disorders.eyes.arizona.edu/disorders/macular-dystrophy-vitelliform-2>
- Reticular Pattern Dystrophy. *Retina Image Bank*. [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://imagebank.asrs.org/file/8775/reticular-pattern-dystrophy>

Romantic Hole Syndrome of the Retina. *RetinaLyze*. [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <https://retinalyze.com/romantic-hole-syndrome-retina/>

SHINTANI, Kelly, Diana L. SHECHTMAN a Andrew S. GURWOOD. Review and update: Current treatment trends for patients with retinitis pigmentosa. *Optometry - Journal of the American Optometric Association* [online]. 2009, **80**(7), 384-401, [cit. 2016-11-17]. ISSN 15291839. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1529183909000840>

Stargardt's disease. *Retina Image Bank*. [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://imagebank.asrs.org/file/24111/stargardt-disease>

Stargardt disease. *EyeRounds*. [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/pages/Stargardt-disease-13.htm>

Stargardt Disease. *Scott E. Pautler, M.D. Tampa, Florida – Treatment of diseases of the retina and vitreous*. [online]. [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://www.scottpautlermd.com/stargardt-disease/>

TANNA, Preena, Rupert W STRAUSS, Kaoru FUJINAMI a Michel MICHAELIDES. Stargardt disease: clinical features, molecular genetics, animal models and therapeutic options. *British Journal of Ophthalmology* [online]. 2016, **101**(1), 25-30, [cit. 2016-11-20]. ISSN 0007-1161. Dostupné z: <http://bjo.bmj.com/content/early/2016/10/28/bjophthalmol-2016-308823.long>

ZUBČÁKOVÁ, Lenka. Diferenciální diagnostika onemocnění makuly [online]. Brno, 2017 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/q73vm/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Monika Synková.

**Bc. Lenka Zubčáková, MUDr. Monika Synková**

## **Macular dystrophies**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Annotation**

Among dystrophies we include diseases that lead to premature cell changes and apoptosis. Macular dystrophy belongs to a group of chorioretinal dystrophies that affect retinal pigment epithelium, photoreceptors and choriocapilaris. We recognize Stargardt's disease and Best's macular dystrophy among the most famous macular dystrophies.

### **Keywords**

Macular Dystrophy, Differential Diagnostics, Stargardt's Disease, Best Derivative Macro Dystrophy

### **Stargardt's disease**

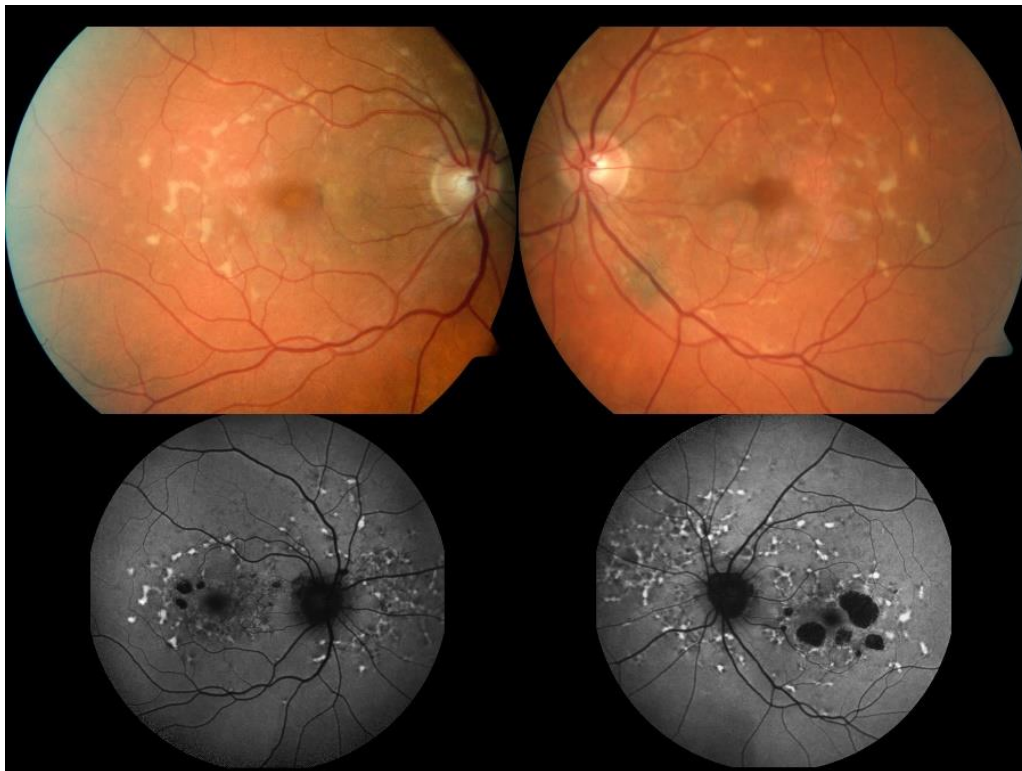
The most common macular dystrophy is Stargardt's dystrophy. It occurs in about one person per 8,000 to 10,000 people. Inheritance is autosomal recessive. A large number of gene sequences have been discovered that cause this disease, causing its immense variability in symptoms and symptoms - various findings on the eye background or investigations using electrophysiological investigation methods. Also, there is a very individual progression and prognosis of this disease.

The main symptoms are the two-sided loss of central vision, often associated with colorblindness and the typical finding is the atrophy of the macula, which has the appearance of "wrought bronze".

In most cases, this disease begins in childhood and the patient experiences the loss of central vision over time. In the ophthalmoscopy, there are no changes, maximum small abnormalities - loss of foveal reflex, or small RPE damage. In order to confirm the RPE damage, it is advisable to do the autofluorescence of the fundus (FAF). In early stages, we see small spots on fundus and atrophy of the "bull's eye", which are caused by excessive amounts

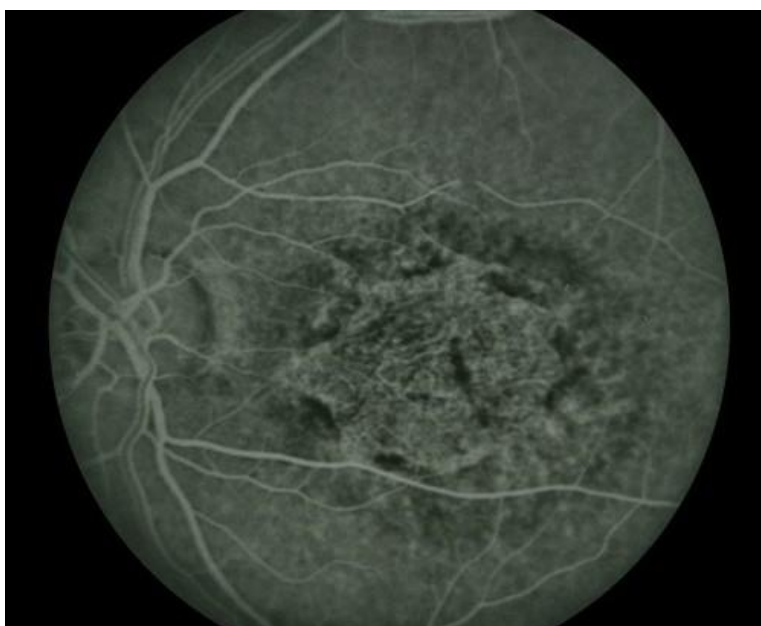


of lipofuscin. In an ERG investigation, we find that as the disease progresses, the retinal response decreases. The typical symptom of Stargardt's disease is dark choroid, which is



investigated by fluorescence angiography (FAG). However, the problem and the remaining 25% is not found.

*Fig. 1: Fundus Image and Autofluorescence of Fundus in Stargardt's Disease (Available from*



<http://www.scottpautlermd.com/stargardt-disease/>

Fig. 2: Stargardt's Disease - "Bull's Eye" (Available from <http://imagebank.asrs.org/file/24111/stargardt-disease>)

In the OCT, we monitor the thickness of the central landscape. Several studies have shown that its reduction is associated with reduced visual acuity.

The prognosis of this disease is mostly poor, in the final stages the visual acuity is about 4/40. However, when Stargardt's disease begins to manifest at an older age, he is more likely to not get as serious as if it has started at an earlier age. It also does not aggravate patients' vision and there are no abnormalities in ERG screening.

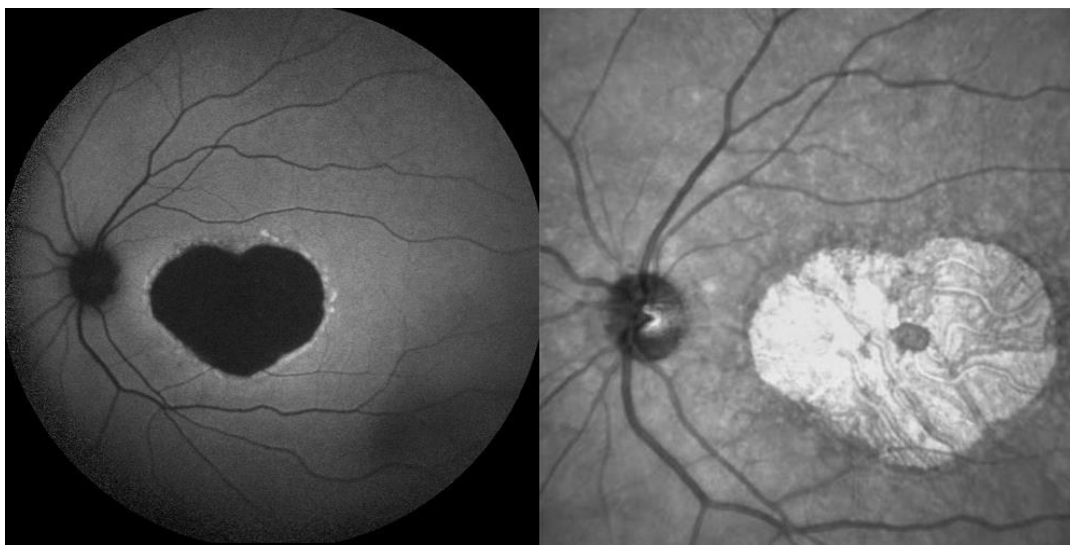


Fig. 3: Stargardt's disease, heart-shaped macular atrophy (Available from: <https://retinalyze.com/romantic-hole-syndrome-retina/>)

Because of differential diagnosis, it is very important to take a detailed history, genetic examination, and eye examinations of fundus autofluorescence, fluorescence angiography, ERG and OCT examination.

In addition to the typical symptoms of Stargardt's disease, the dystrophy of the cones is also damaged color vision.

A similar finding on funde can also occur with ceroid lipofuscinosis - a hereditary disease that is typical by psychomotoric development, eye symptoms are just one of many manifestations.

Other diseases that are similar to Stargardt's disease are the pattern dystrophies. It is a number of diseases of the retina, which usually manifest themselves between the 40th and the 50th year of life. Most patients do not have any problems, but we do not detect it until the



fundus has been examined. The reticular pattern dystrophy has a similar fundus image to Stargardt's disease.



*Fig. 4 and 5: Fundus Image of Stargardt's Disease (Available from: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/pages/Stargardt-disease-13.htm>) and a reticular pattern dystrophy (Available from: [http://imagebank.asrs.org/file/24111/Stargardt disease-](http://imagebank.asrs.org/file/24111/Stargardt%20disease-))*

The only treatment currently available is supportive treatment with vitamin A, which slows the progression of this disease. Complete treatment is not yet known, but studies on gene therapy and stem cell transplantation are in progress.

In terms of gene therapy, the research has the potential to modify apoptosis of photoreceptors. Also, the possibility of transplantation of rods and cones - whether mature retinal cells (currently major immune-related problems) or stem cell transplants that look like a better option, but tests have only been performed on rats and the ethical question is not solved of this procedure.

In addition to gene therapy and cell transplantation, new pharmacological preparations - fibroblast growth factor, ciliary neurotrophic growth factor and antiparkinsonian drugs (having antiapoptotic effects) are also investigated.

### **Best's vitelliform dystrophy**

Best's disease is a relatively rare hereditary disease that has autosomal dominant inheritance. It most often occurs in the first decade of life by the formation of an orange-yellow deposit in a macula lutea. It occurs predominantly on both sides, but can also occur unilaterally.

We use ophthalmoscopy, electrooculography (EOG), fluorescence angiography, OCT examination to determine the diagnosis. EOG is a very good indicator of this disease, because

it acquires pathological values already in the first stage of the disease when other methods of investigation may not show abnormalities. Fluorescence angiography shows, at the site of the hyperfluorescence deposit and the OCT examination, an increased reflection at the site of thickening of the retinal pigment epithelium.

We divide this disease into five basic stages:

- The first stage, the previteliform stage, is typical of the fact that there is no pathological finding on the patient's fundus and the patient does not feel any problems. The only warning for this disease is the reduced response to EOG examination.

- The second stage, the viteliform, is typical of the yellow-orange deposit on the eye background, which is about 1 - 3 pD. It is formed by the accumulation of lipofuscin in the pigment epithelium of the retina. This bearing is otherwise referred to as "egg yolk". The visual acuity at this stage is not reduced. In the FAG, hyperfluorescence occurs at the site where RPE atrophy originated.

- In the third phase, the lipofuscin deposit is partly injected and accumulates in the lower part, creating a pseudohypopyone that is dispersed. This stage resembles "mixed eggs".

- The fourth stage is typical for the 2nd - 4th decade of life, when the yellow-orange deposit is emptied into the subretinal space. At this stage, subjective symptoms are already occurring, typically including the reduction of central visual acuity.

- At the fifth stage, the appearance of a dissect scar, atrophic maculopathy and subretinal tissue with neovascularization is typical.

The prognosis is mostly poor, and patients in most recent stages usually achieve visual acuity values roughly up to 4/40.

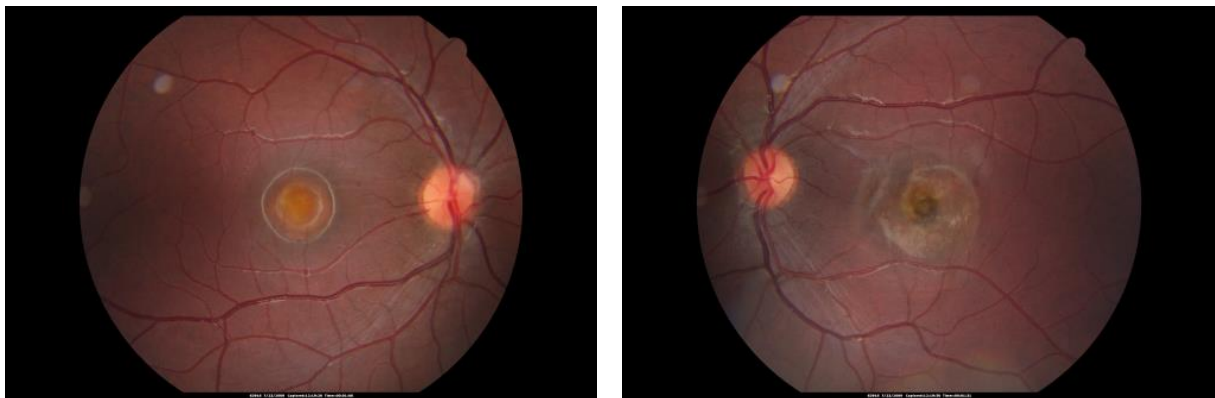


Fig. 6 and 7: 11-year-old boy, II. Stage of Best's disease), right eye untreated (Available from: [http://retinagallery.com/displayimage.php?album=112&pid=1027#top\\_display\\_media](http://retinagallery.com/displayimage.php?album=112&pid=1027#top_display_media)), left after photodynamic

therapy and treatment with Avastin (Available from: [http://retinagallery.com/displayimage.php?album=112&pid=1030#top\\_display\\_media](http://retinagallery.com/displayimage.php?album=112&pid=1030#top_display_media))



Fig.8: Best dystrophy, III. stage, pseudohypopyone (Available from: <http://imagebank.asrs.org/file/18311/best-disease>)

In the case of a suspicion of Best's dystrophy and then in a subsequent differential diagnosis, it is important to get from the patient a detailed history with an emphasis on the occurrence of this disease in the family, in order to know whether heredity is possible or not. This disease is most similar to pattern dystrophy and non-neovascular form of age-related macular degeneration.

If we are concerned that a given finding can be considered as a pattern dystrophy, or a Best's disease, it will greatly help us when we know when the disease began to manifest itself. The pattern dystrophy is most likely to manifest itself between the 40th and 50th years of life, but Best's dystrophy is already in childhood, in the first decade of life. Doubts can arise when we are studying FAG images, where in both fluorescence occurs at place of the macula. It is very good in this case do an EOG examination where the patient with the pattern dystrophy does not show any abnormalities, while the patient with the Best's dystrophy has no physiological response.

In the dry form of age-related macular degeneration at the final stage a geographic atrophy arises, which may be similar to a yellow-orange bearing in a macula at Best's dystrophy (a stage of "mixed egg").

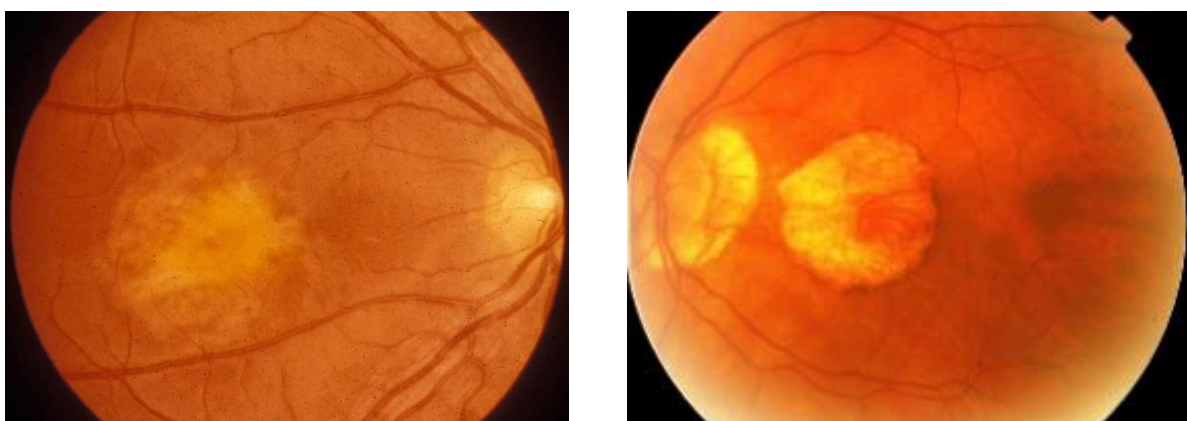


Fig. 9 and 10: Best's dystrophy (stage of „mixed eggs“) (Available from <http://disorders.eyes.arizona.edu/disorders/macular-dystrophy-vitelliform-2>) and age-related macular degeneration – geographic atrophy (available from KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství)

As with Stargardt's disease, no comprehensive treatment is available for Best's dystrophy. Currently, there are studies on the genetic background of this disease in order to initiate gene therapy research.

Nowadays, we can only treat symptoms of this disease, namely secondary choroidal neovascularization by laser or photodynamic therapy, or anti-VEGF substances, which are especially useful in the treatment of age-related macular degeneration.

Photodynamic therapy uses a diode laser ( $\lambda = 689 \text{ nm}$ ) and verteporfin (photoactive substance). We first put intravenously verteporfin, which binds well to lipoproteins. This is very important, because in the choroidal neovascularization lipoprotein receptors are present in large amounts, so verteporfin remains in neovascularization. A few minutes after verteporfin administration, we can begin the photodynamic therapy by sending laser light to the fundus. The laser with this wavelength passes through the retina and the retinal pigment epithelium without disturbing them and goes to the subretinal space where neovascularization has occurred. Verteporfin interacts with the laser to release radicals that damage the endothelium of the neovascular vessels and cause cell death. This will eliminate all neovascularization. Prior to administration, it is important to know the magnitude of choroidal neovascularization and calculate the exact amount of verteporfin that we then apply to the patient. It also depends on the weight of the patient.

A second option for treating choroidal neovascularization is the use of anti-VEGF preparations. They were originally developed for the treatment of various types of cancer, until later their positive effect also appeared on the treatment of neovascularization in various eye diseases. They are applied directly to the eye by intravitreal injection in the pars plana

area. We can apply only a very small amounts of the substance, because otherwise intraocular pressure may be increased. We have 4 substances on our market, one of them is called "off-label".

The first is Macugen (pegaptanib). It's application is every 6 weeks, the patient receives a total of 9 doses and, if the condition requires, we continue to treat it also later. The great advantage of this substance is that we can also use it in people with cardiovascular disease.

The second preparation is Avastin (bevacizumab). It's original purpose was to treat lung and colon carcinoma. Many studies have also confirmed its positive effects on choroidal neovascularization, but are still "off-label". This is mainly because the exact number of doses in which cases can be used is not yet determined, which would stabilize the finding and its safety is not fully confirmed. Approval is still to be continued in research.

Another substance that we can use to treat choroidal neovascularization is Lucentis (ranibizumab). The patient usually receives a single dose every four weeks for the three months. If there is a time of deterioration, the application is repeated.

The latest preparation is Eylea (aflibercept). The advantage of this preparation is that it is needed to apply it only once every two months, which is less demanding for the patient, and the results are comparable to the application of ranibizumab, which has to be applied two times more than aflibercept.

## Sources

ALUŠÍKOVÁ, Marie, Jana MLADÁ, Martina KOTULKOVÁ et al. Farmakoterapie u věkem podmíněné degenerace makuly. *Farmakoterapeutické informace* [online]. 2008, 4(4), 1-4, [cit. 2017-02-28]. ISSN 1211 – 0647. Dostupné z: [http://www.sukl.cz/file/2960\\_1\\_1/](http://www.sukl.cz/file/2960_1_1/)

BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: NCONZO, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8

Best Disease Treatment and Managenent. *Medscape*. [online]. [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <http://emedicine.medscape.com/article/1227128-treatment#d6>

Best Disease. *Retina Image Bank*. [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://imagebank.asrs.org/file/18311/best-disease>



CIHELKOVÁ, Ilona a Petr SOUČEK. *Atlas makulárních chorob*. Praha: Galén, 2005. ISBN 80-7262-370-2

ERNEST, Jan. *Makulární degenerace: trendy v léčbě věkem podmíněné makulární degenerace*. Praha: Mladá fronta, 2010. Aeskulap. ISBN 978-80-204-2363-4

KOLÁŘ, Petr. Věkem podmíněná makulární degenerace – epidemiologie, rizikové faktory, diagnostika, terapie. *Medicína pro praxi* [online]. 2012, **9**(11), 432-435, [cit. 2017-02-28]. ISSN 1803-5310. Dostupné z: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2012/11/04.pdf>

KOLÁŘ, Petr. *Věkem podmíněná makulární degenerace*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2605-2

KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8

Macular Dystrophy, Vitelliform 2. *The University of Arizona Health Sciences, Hereditary Ocular Disease*. [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <http://disorders.eyes.arizona.edu/disorders/macular-dystrophy-vitelliform-2>

Reticular Pattern Dystrophy. *Retina Image Bank*. [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://imagebank.asrs.org/file/8775/reticular-pattern-dystrophy>

Romantic Hole Syndrome of the Retina. *RetinaLyze*. [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <https://retinalyze.com/romantic-hole-syndrome-retina/>

SHINTANI, Kelly, Diana L. SHECHTMAN a Andrew S. GURWOOD. Review and update: Current treatment trends for patients with retinitis pigmentosa. *Optometry - Journal of the American Optometric Association* [online]. 2009, **80**(7), 384-401, [cit. 2016-11-17]. ISSN 15291839. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1529183909000840>

Stargardt's disease. *Retina Image Bank*. [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://imagebank.asrs.org/file/24111/stargardt-disease>

Stargardt disease. *EyeRounds*. [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/pages/Stargardt-disease-13.htm>

Stargardt Disease. *Scott E. Pautler, M.D. Tampa, Florida – Treatment of diseases of the retina and vitreous.* [online]. [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://www.scottpautlermd.com/stargardt-disease/>

TANNA, Preena, Rupert W STRAUSS, Kaoru FUJINAMI a Michel MICHAELIDES. Stargardt disease: clinical features, molecular genetics, animal models and therapeutic options. *British Journal of Ophthalmology* [online]. 2016, **101**(1), 25-30, [cit. 2016-11-20]. ISSN 0007-1161. Dostupné z: <http://bjo.bmj.com/content/early/2016/10/28/bjophthalmol-2016-308823.long>

ZUBČÁKOVÁ, Lenka. Diferenciální diagnostika onemocnění makuly [online]. Brno, 2017 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/q73vm/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Monika Synková.

**Bc. Kateřina Kostková, Mgr. Pavel Kříž, Ph.D.**

## **Diferentní akomodace – diagnostika, řešení**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Úvod**

Práce rozebírá akomodaci, její mechanismus, měření a poruchy. Výzkumná část práce se zabývá porovnáním akomodační šíře pravého a levého oka s využitím push-up metody. Cílem je stanovit výskyt stavu nestejně akomodace ve zkoumaném vzorku.

### **Akomodace**

Akomodace je děj, při kterém se zvyšuje optická mohutnost oční čočky a tím se umožní, aby lidské oko vidělo ostře objekty v různých vzdálenostech od oka. Podílí se něm zejména oční čočka, její závěsný aparát a ciliární sval. [1,2]

Současně s akomodací dochází také ke konvergenci očních bulbů, aby se zajistilo jednoduché binokulární vidění, a dále zúžení zornic, které zvýší hloubku ostrosti. Spojení těchto tří jevů nazýváme akomodační triádou. [1, 3]

### **Složky akomodace**

Proces akomodace se skládá ze čtyř složek: reflexní, vergenční, proximální a tonické. Reflexní akomodace je vyvolána neostrým obrazem a zajišťuje zaostření obrazu na sítnici. Vergenční akomodace je navozená konvergencí. Proximální akomodaci vyvolá odhad vzdálenosti předmětu. A tonická akomodace je způsobena klidovým napětím ciliárního svalu, takže je přítomná bez jakéhokoliv podnětu. U mladých lidí je rovna zhruba 1,0 D. [3, 4]



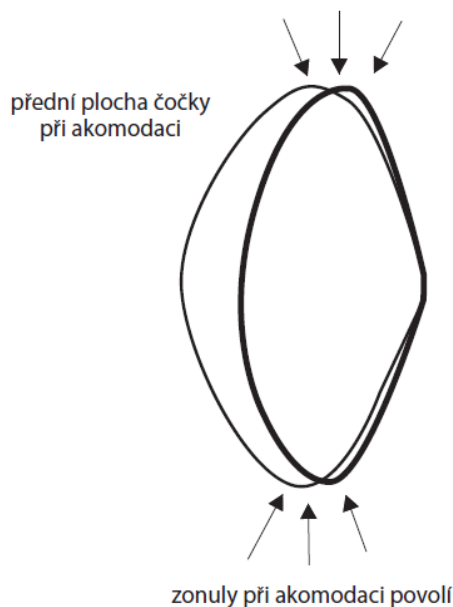
## Fyzikální a fyziologická akomodace

Jedním z faktorů podílejících se na akomodaci je schopnost čočky měnit svůj tvar. Tato část akomodace zajištěná elasticitou čočky se nazývá fyzikální akomodace a měříme ji v dioptriích. Druhou částí je akomodace fyziologická, která je určena činností ciliárního svalu a jednotkou je myodioptrie. Jedna myodioptrie se rovná kontrakční síle ciliárního svalu nutné ke zvýšení refrakčního stavu oka o 1 D. [3, 5]

## Teorie akomodace

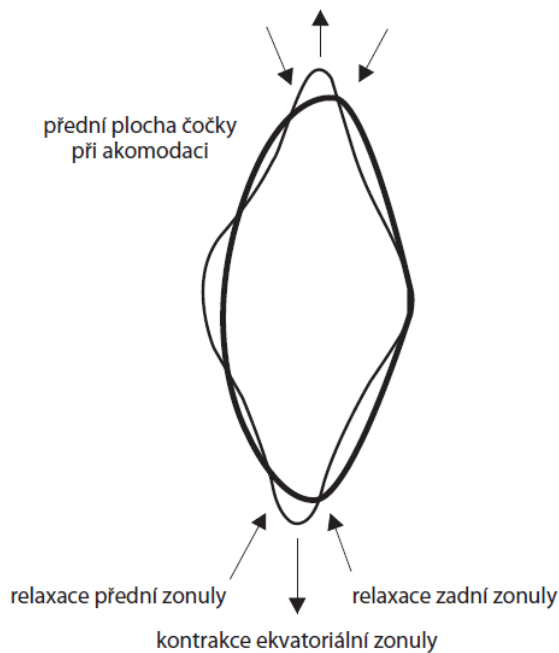
Mechanismem akomodace se zabývalo už řada autorů. Níže jsou uvedeny nejznámější teorie akomodačního mechanismu.

Podle **Helmholtzovy kapsulární teorie** je v neakomodovaném stavu ciliární sval relaxován a zonulární vlákna napnutá a čočka je udržována v relativně plochém stavu. Během akomodace se kontrahuje ciliární sval a povolí se závěsný aparát čočky. Díky elasticitě pouzdra se přední plocha čočky vyklene směrem dopředu, a tak se zvýší její dioptrická síla. Při desakomodaci se pak ciliární sval uvolní a zonulární vlákna znovu napnou a zformují čočku do původního stavu. [2, 6]



Obr.1: Princip Helmholtzovy teorie akomodace (činnost zonulárních vláken při akomodaci) [6]

Oponentní je **teorie podle Tscherninga a Schachara**, která předpokládala jiné anatomické rozmístění úponu ciliárních vláken. Ekvatoriální část zonulárního vlákna je upnuta na přední část ciliárního svalu, přední a zadní část vlákna je upnuta v zadní části svalu. Díky tomu se při kontrakci ciliárního svalu ekvatoriální zonula napne, přední a zadní zonula uvolní, a dojde k elongaci, tj. prodloužení vertikálního průměru oční čočky. Na rozdíl od Helmholtze je principem Schacharovy teorie aktivní spolupráce mezi ciliárním svalem a závěsným aparátem čočky. Podle Tscherninga se na akomodaci podílel i sklivec. [2, 6]



Obr. 2: Princip teorie akomodace podle Schachara a Tscherninga (činnost zonulárních vláken při akomodaci) [6]

**Colemanova teorie** se zakládá na existenci diafragmy mezi přední komorou a sklivcem. Tato diafragma je tvořená čočkou, závěsným aparátem a předním sklivcem. Při kontrakci ciliárního svalu se mezi předním sklivcem a přední komorou vytvoří tlakový gradient, dojde ke zvýšení tlaku ve sklivcovém prostoru a zároveň snížení tlaku v přední komoře. Tlak sklivce na zadní čočkové pouzdro způsobí vyklenutí čočky do přední komory. [2, 6]

## Akomodační interval a akomodační šíře

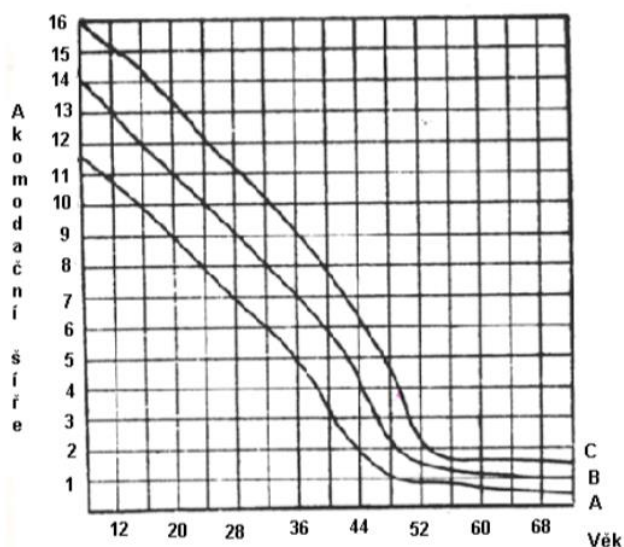
Nejvzdálenější bod, který oko vidí ostře se nazývá daleký bod (punctum remotum). Je to bod na optické ose, který se zobrazí na sítnici při minimální akomodaci. Převrácená hodnota vzdálenosti dalekého bodu je označována jako axiální refrakce, kterou udáváme v dioptriích.

Bod na optické ose, který se zobrazí na sítnici při maximální akomodaci se nazývá blízký bod (punctum proximum). Je to tedy nejbližší bod, který jsme schopni zaostřit.

Oblast mezi dalekým a blízkým bodem se nazývá akomodační interval. Je dán rozdílem vzdáleností těchto bodů a udává se v metrech. Akomodační šíře (amplituda) je rovna rozdílu převrácených hodnot vzdálenosti dalekého a blízkého bodu a je vyjádřena v dioptriích. Jinými slovy udává rozdíl klidové a maximální akomodace a vyjadřuje největší možný nárůst refrakční síly oka v důsledku akomodace.

S věkem dochází k postupnému úbytku akomodační šíře. Tento fyziologický jev se nazývá presbyopie. První známky presbyopie, které se subjektivně projevují únavou a rozostřeným viděním do blízka, se začínají objevovat většinou po 40. roce věku. [3, 6, 7]

Průměrné hodnoty akomodační šíře v závislosti na věku jsou zaznamenány v Duanově grafu na obrázku 3.

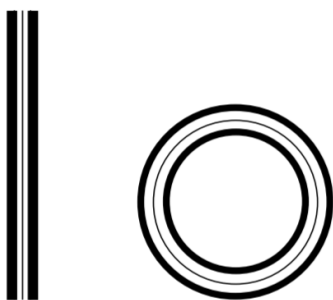


Obr. 3: Změny akomodace s věkem (C – linie maximální akomodace, A – linie minimální akomodace, B – linie průměrné akomodace stanovené Duanem) [3]

## Měření akomodační šíře

Akomodační šíři lze spočítat odečtením dioptrické hodnoty blízkého bodu od dioptrické hodnoty dalekého bodu. Pokud se daleký bod nachází v nekonečnu, akomodační amplituda je rovna reciproké hodnotě vzdálenosti blízkého bodu. Tento stav je přítomen u emetropa případně u pseudoemetropa (se správně vykorigovanou refrakční vadou). V praxi se k subjektivnímu určování akomodační amplitudy nejčastěji využívá push-up metoda, push-down metoda a metoda s rozptylnými čočkami. [8]

**Push-up metoda** spočívá v přibližování testového objektu do jeho rozmazání. Jako testový objekt lze použít optotypovou tabuli do blízka nebo Duanův test či Glaserův test vhodný pro astigmatické oči (viz obr. 4). Test provádíme monokulárně a poté binokulárně. Podmínkou je dobře osvětlená místnost. Pacient sedí s nasazenou plnou korekcí do dálky a drží v ruce testovou tabulku, kterou plynule přibližuje směrem k sobě. Doporučuje se rychlost zhruba 2cm/s. Poučíme pacienta, aby se po celou dobu snažil test vidět ostře. V momentě, kdy se mu testový znak rozostří, vyzveme pacienta, aby tabulku už dále nepřibližoval a pokusil se znak ještě zaostřit, protože se snažíme získat maximální akomodační odpověď. Pokud se tak nestane, je tento bod rozostření blízkým bodem akomodace. Změříme vzdálenost tabulky od oka a převrácená hodnota této vzdálenosti v metrech nám přímo udá velikost akomodační amplitudy v dioptriích. Test opakujeme třikrát na každé oko a poté třikrát binokulárně. [8, 9]



Obr. 4: Duanův a Glaserův test [9]

Obdobou push-up testu je **metoda push-down**. V tomto případě ale testovou tabulku umístíme blíže k obličejí, než je blízký bod akomodace. To znamená, že pacient vidí znak

rozostřeně. Tabulku pomalu oddaluje od obličeje až do bodu, kdy se mu znak zaostří. Převrácená hodnota vzdálenosti tohoto bodu od oka udává hodnotu akomodační amplitudy. Stejně jako u předchozí metody test opakujeme vícekrát monokulárně i binokulárně. [8, 9]

Další alternativou měření akomodační šíře je **metoda rozptylky**. Test provádíme monokulárně, pacient sedí s nasazenou optimální korekcí a fixuje optotypový znak v konstantní vzdálenosti (např. ve 40 cm). Před oko postupně předkládáme rozptylné čočky v krocích po 0,25 D. Úkolem pacienta je snažit se udržet znak stále zaostřený. V momentu, kdy se mu znak rozostří si zaznamenáme hodnotu použitých rozptylek. Akomodační amplitudu vypočítáme součtem hodnoty rozptylky a 2,50 D, což odpovídá použité vzdálenosti 40 cm. [9]

## Zdroje

- [1] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., doplněné a přepracované vydání. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [2] GODWIN O. OVENSERI-OGBOMO a OLALEKAN A. ODUNTAN. Mechanism of accommodation: A review of theoretical propositions. *African Vision and Eye Health, Vol 74, Iss 1, Pp e1-e6 (2015)* [online]. 2015, **74**(1), 6 [cit. 2018-05-29]. DOI: 10.4102/aveh.v74i1.28. ISSN 24133183. Dostupné z: <https://avehjournal.org/index.php/aveh/article/view/28>
- [3] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. 3. přeprac. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [4] PLUHÁČEK, František. Měření ACA poměru gradientní metodou. In: *10. odborný kongres očních optiků a optometrův slovenska* [online]. Katedra optiky PŘF UP Olomouc, 2014, 2014, s. 18 [cit. 2018-05-30]. Dostupné z: [http://www.optometry.cz/obsah/materialy/ACA\\_2014.pdf](http://www.optometry.cz/obsah/materialy/ACA_2014.pdf)
- [5] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada Publishing, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
- [6] KUČHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.

[7] CHMELÍK, Radim. *Ametropie: Přednáška z předmětu Brýlová optika I - před.* [online]. s. 12 [cit. 2018-05-29]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/auth/el/1411/jaro2016/BOBO0221p/um/56690744/BO04\\_Ametropie.pdf?studium=787483](https://is.muni.cz/auth/el/1411/jaro2016/BOBO0221p/um/56690744/BO04_Ametropie.pdf?studium=787483)

[8] ROSENFELD, Mark, Nicola LOGAN a Keith EDWARDS. *Optometry: science techniques and clinical management*. 2nd ed. Edinburgh: Butterworth Heinemann Elsevier, c2009. ISBN 978-0-7506-8778-2.

[9] SEVERA, David, Pavel BENEŠ a Simona BRAMBOROVÁ. Je libo push-up?. *Česká oční optika* [online]. 2013, **54**(4/2013), 3 [cit. 2018-05-29]. ISSN ISSN 1211–233X. Dostupné z: [http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci\\_2013\\_04.pdf](http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2013_04.pdf)

**Bc. Kateřina Kostková, Mgr. Pavel Kříž, Ph.D.**

## **Different accommodation – diagnostics, management**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Introduction**

The thesis analyses the accommodation, its mechanism, measurement and accommodative dysfunction. The practical part of the thesis deals with the comparison of the accommodative amplitude of the right and left eye using the push-up method. The aim is to determine the occurrence of different accommodation in the examined sample.

### **Accommodation**

Accommodation is a process in which the optical power of the crystalline lens increases, allowing human eye to see objects sharply at different distances from the eye. Especially the lens, zonular fibres and the ciliary muscle are involved in the accommodation. [1,2]

Concurrently with accommodation, convergence of the eyeballs also occurs to ensure simple binocular vision and pupils constrict to increase the depth of field. The combination of these three movements is referred to as the accommodative triad. [1,3]

### **Components of accommodation**

Accommodation consists of four components: reflex, vergence, proximal and tonic accommodation. Reflex accommodation is triggered by a blurry image and ensures focusing of the image on the retina. Vergence accommodation is driven by convergence. An estimate of the distance of the subject causes proximal accommodation. Tonic accommodation is the result of the resting tension of the ciliary muscle, thus it exists without any stimulus. It's equal to about 1,0 D in young people. [3, 4]

## Physical and physiological accommodation

One of the factors contributing to accommodation is the ability of the lens to change its shape. This part of the accommodation provided by the elasticity of the lens is called physical accommodation and we measure it in diopters. The second part is physiological accommodation, which is determined by the activity of the ciliary muscle and the unit is myodiotria. One myodiotria is equal to the contraction force of the ciliary muscle needed to increase the refractive state of the eye by 1 D. [3, 5]

## Theory of accommodation

Several authors already have dealt with the mechanism of accommodation. There are mentioned the most familiar theories of the accommodation mechanism below.

According to **Helmholtz's capsular theory**, in the unaccommodated state the ciliary muscle is relaxed, and the zonular fibres are stretched, and the lens is kept in a relatively flat state. During accommodation, the ciliary muscle contracts and zonular fibres become loose. Thanks to the elasticity of the lens capsule, the anterior side of the lens increases its curvature, thus increasing its dioptric power. During desaccommodation, the ciliary muscle loosens and the zonular fibres re-tighten and form the lens to its original state. [2, 6]

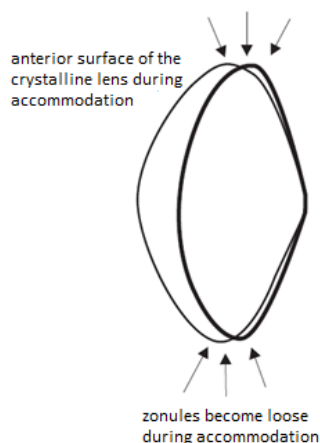


Figure 1: Helmholtz theory of accommodation (activity of the zonular fibres during accommodation)

[6]



The **theory of Tscherning and Sachar** assumed another anatomical placement of the ciliary fibres. The equatorial part of the zonular fibres is clamped to the front part of the ciliary muscle, and the front and back part of the fibres is clamped in the back of the muscle. Thanks to this arrangement of zonular fibres, when the ciliary muscle contracts, equatorial zonular tension is increased, the front and the back zonules are released, causing elongation, i.e. elongation of the vertical diameter of the lens. In contrast to Helmholtz's theory, Sachar presumes active cooperation between the ciliary muscle and the *fibrae zonulares*. According to Tscherning, vitreous body is also involved in the mechanism of accommodation. [2, 6]

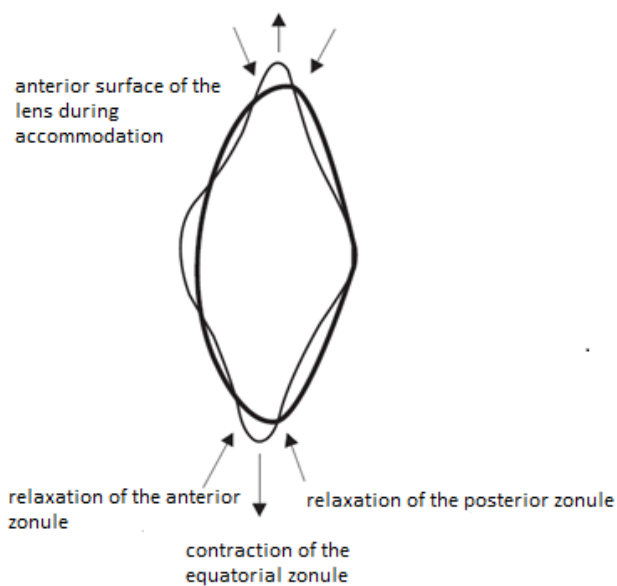


Figure 2: Sachar's and Tscherning's theory of accommodation (activity of the zonular fibres during accommodation) [6]

**Coleman's theory** is based on the existence of a diaphragm between the anterior chamber and the vitreous body. This diaphragm is formed by crystalline lens, suspensory ligaments of the lens and a front part of vitreous body. During the contraction of the ciliary muscle, a pressure gradient is formed between the front vitreous and the anterior chamber, causing an increase in pressure in the vitreous body and a reduction in the pressure in the anterior chamber. The pressure of the vitreous body on the posterior capsule causes that the anterior lens increases its curvature. [2, 6]

## Range of accommodation, amplitude of accommodation

The far point (punctum remotum) is the furthest point that eye sees clearly. It's a point on the optical axis that appears on the retina with minimal accommodation. The reciprocal value of the distance of the far point is referred to as axial refraction (measured in dioptres).

The point on the optical axis which appears on the retina with maximum accommodation is called the near point (punctum proximum). It's the closest point we can focus on.

The distance between the near point and the far point is called range of accommodation and it's measured in meters. Amplitude of accommodation is equal to the difference in the reciprocal values of the distance of the far point and near point. It's the maximum potential increase in optical power that an eye can achieve during accommodation and its measured in dioptres.

The physiological progressive loss of accommodative amplitude is called presbyopia. The first signs of presbyopia, subjectively manifested as fatigue and blurred near vision, begin to appear mostly after 40 years of age. [3, 6, 7]

Duane's curve shows the dependency of the accommodative amplitude to age and it's shown in Figure 3.

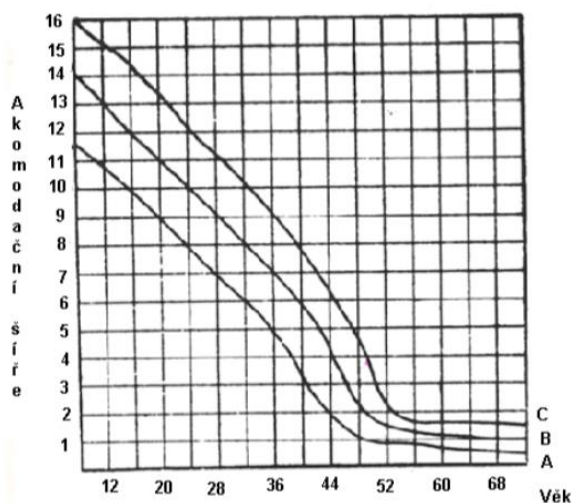


Figure 3: Changes of the accommodation with age (C – maximal accommodation, A – minimal accommodation, B – average accommodation according Duane.) [3]

## Measurement of accommodative amplitude

Amplitude of accommodation can be calculated by subtraction the near point in dioptres from the far point in dioptres. If the far point is in infinite, the accommodative amplitude is equal to the reciprocal value of the near point (distance). This condition is present in emmetropic eyes or pseudoemmetropic eyes (with correctly corrected refractive error). In practise, the push-up method, push-down method and the minus lens method are most commonly used for subjective determination of the accommodative amplitude. [8]

The principle of the **push-up method** is to bring the test object closer and closer to the eye until it's blurred. For the measurement we can use eye chart for testing near vision acuity, or a Duane's test or a Glasser's test suitable for astigmatic eyes (see Figure 4). The test is performed monocularly and then binocularly. A well-lit room is needed. The patient sits and has full corrected refractive error for distance. He holds a test object in his hands and moves it closer to his eyes. A speed of about 2cm/s is recommended. We instruct the patient to try to see the test sharply all the time. When the test object becomes blurry, we ask the patient to not move with it and try to focus on the test object again (as we try to get the maximum accommodative response). If the test object is still blurry, we found the distance of the near point. Then we measure the distance of the test object from the eye. The reciprocal value of this distance in metres give us the value of accommodative amplitude in dioptres. We repeat the push-up test three times for each eye and then three times binocularly. [8, 9]

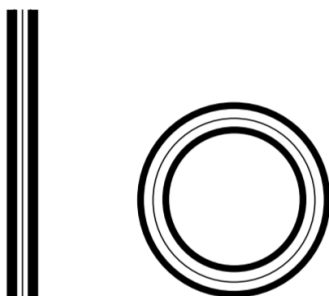


Figure 4: Duane's and Glasser's test [9]

The **push-down test** is analogous to the push-up test. In this case, however, we place the test object closer to the face than the near point lies, so the patient sees the object blurry. Then the patient moves away the test object from his eyes until he sees it sharply. The reciprocal value of the distance of this point from the eye gives us the value of the accommodative amplitude. The push-down test is performed multiple times both monocularly and binocularly. [8, 9]

Another subjective method of measuring of accommodative amplitude is **Minus to blur** method. It's performed monocularly, the patient sits and has the optimal correction for distance and focuses on the test object at a constant distance (e.g. 40 cm). The patient's task is to keep the test object still focused. Minus lenses are introduced in 0,25 D steps until the patient reports the first sustained blur. Accommodative amplitude is calculated by the sum of the amount of minus lens power introduced plus the 2,50 D, corresponding to the used distance of 40 cm. [9]

## References

- [1] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., doplněné a přepracované vydání. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [2] GODWIN O. OVENSERI-OGBOMO a OLALEKAN A. ODUNTAN. Mechanism of accommodation: A review of theoretical propositions. *African Vision and Eye Health*, Vol 74, Iss 1, Pp e1-e6 (2015) [online]. 2015, **74**(1), 6 [cit. 2018-05-29]. DOI: 10.4102/aveh.v74i1.28. ISSN 24133183. Dostupné z: <https://avehjournal.org/index.php/aveh/article/view/28>
- [3] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. 3. přeprac. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [4] PLUHÁČEK, František. Měření ACA poměru gradientní metodou. In: *10. odborný kongres očních optiků a optometrův slovenska* [online]. Katedra optiky PŘF UP Olomouc, 2014, 2014, s. 18 [cit. 2018-05-30]. Dostupné z: [http://www.optometry.cz/obsah/materialy/ACA\\_2014.pdf](http://www.optometry.cz/obsah/materialy/ACA_2014.pdf)

[5] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada Publishing, 1997. ISBN 80-7169-079-1.

[6] KUČHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.

[7] CHMELÍK, Radim. *Ametropie: Přednáška z předmětu Brýlová optika I - před.* [online]. s. 12 [cit. 2018-05-29]. Dostupné z:  
[https://is.muni.cz/auth/el/1411/jaro2016/BOBO0221p/um/56690744/BO04\\_Ametropie.pdf?studium=787483](https://is.muni.cz/auth/el/1411/jaro2016/BOBO0221p/um/56690744/BO04_Ametropie.pdf?studium=787483)

[8] ROSENFELD, Mark, Nicola LOGAN a Keith EDWARDS. *Optometry: science techniques and clinical management*. 2nd ed. Edinburgh: Butterworth Heinemann Elsevier, c2009. ISBN 978-0-7506-8778-2.

[9] SEVERA, David, Pavel BENEŠ a Simona BRAMBOROVÁ. Je libo push-up?. *Česká oční optika* [online]. 2013, **54**(4/2013), 3 [cit. 2018-05-29]. ISSN ISSN 1211–233X. Dostupné z:  
[http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci\\_2013\\_04.pdf](http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2013_04.pdf)

**Bc. Zuzana Roubcová, Mgr. Simona Bramborová, DiS.**

## **Individuální parametry brýlových obrub**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

ANOTACE:

Individuální parametry brýlových obrub jsou důležité nejen při výrobě a správném usazení obrub na obličej, ale také při samotném výběru brýlí se zákazníkem. Každého optika živí prodej brýlí, a proto je důležité si při prvním kontaktu se zákazníkem udělat představu o vzhledu a tvaru brýlí, které by mu slušely. Zákazníci za námi chodí jako za odborníky a zajisté ocení radu a při výběru může zohlednit náš pohled. Proto je podle mého názoru důležité znát zákonitosti vztahu tvaru obličeje s tvarem obruby. Cílem této práce je zjistit, jestli v praxi platí zákonitosti tvaru brýlových obrub vzhledem k anatomickému tvaru obličeje.

KLÍČOVÁ SLOVA: Brýlová obruba, tvary obrub, parametry obrub

### **Rozdělení brýlových obrub**

#### 1) Brýlové obruby s očníci

Tento typ brýlí se v klasické nabídkové paletě vyskytuje v rozmanitých možnostech tradičně nejčastěji. Jejich výhodou je pevnost, kompaktnost a solidní ochrana, jakou poskytují stále složitějším typům brýlových skel do nich vsazovaných. Brýlové obruby se skládají z brýlového středu tvořeným dvěma očníci spojenými nosníkem (viz. obrázek č. 1). Aby v očnicích brýlové čočky správně držely, jsou po celém vnitřním obvodu vybavené drážkou ve tvaru „V“, do které zapadá sklíčko a poskytují tak dosedací a opěrnou plochu pro tzv. „střechovitou“ fazetu s odpovídajícími parametry.

Celý brýlový střed je pak doplněn o pár stranic, připevněných k brýlovému středu kloubovým spojením, tzv. stěžkami. Obruby jsou vyráběny z tradičních umělohmotných a přírodních materiálů. V případě použití kovového materiálu je styčná plocha nosníku řešena nejčastěji použitím sedel různých typů, materiálů a velikostí, upevněných pomocí kovových třmenů, resp. úponů. Ty pak bývají

pevně připájené k očnicím nebo jiným vyztužujícím a spojujícím dílkům nosníku. U některých typů se využívá sedlových umělohmotných ploch, tzv. dvojsedel připevněných na výztuhu spojující očnice. Umělohmotné materiály mají vytvarovaný tzv. anatomický nosník, což je sedlový můstek zajišťující přiměřené rozložení působících sil na styčnou plochu nosního kořene. Celá plocha nosníku je typicky prohnutá v předozadním směru, kvůli menší vzdálenosti vlastního korekčního členu před okem.

Kloubové spojení brýlového středu a stranic zajišťují stěžecky s různým počtem oček a rozmanitým provedením. Toto spojení umožňuje složení brýlí do „klidové fáze“, kdy se předpokládá jejich nepoužívání. Do stranic z umělé hmoty jsou často vkládány kovové výztuže, aby byla zvýšena pevnost. Kovová zakončení výztuh mohou být samotnou součástí stěžecky.

Část stranice ohnutá za uši se nazývá koncovka. Může tvořit pokračující část vlastního těla stranice, nebo může být nasunuta na kovovou výztuhu stranice. Stranice a koncovky hrají důležitou roli při vytvarování a přizpůsobení anatomických požadavků klienta a zajištění žádoucí stability obruby.



Obrázek č. 1 (Obruba s očnicemi) [<http://www.bryle-domu.cz/dioptricke-bryle-mats.html>]

## 2) Poloobruba

Odlišují se obruba s očnicemi tím, že při výrobě u nich došlo ke konstrukčnímu odstranění určité části očnice (viz. obrázek č. 2), což může být výhodou zejména proto, že chybějící část očnice neomezuje zorné pole jako tomu může být v případě kompletních očnic. Vlastní spojení těla středu, tzv. „obočnic“ s korekčními členy, se provádí za pomoci silonového vlasce připevněného k její části. Díky těmto odlišnostem musí mít jak drážka, tak fazeta čočky svá specifika. Jedná se o kombinovanou fazetu střeovitou a v oblasti upevnění silonu o fazetu plochou s vyfrézovanou drážkou. Další možností je vložení brýlové čočky s plochou fazetou a drážkou po celém obvodu do očnice se zalisovaným silonem v místě kovové drážky. Očividným plusem obruby by mohla být snížená

hmotnost obruby a možnost individuálního dotváření a přizpůsobování tvaru skel a tím změna celkového vzhledu obruby.



Obrázek č. 2 (Poloobruba) [<https://www.opti24.cz/bryle-poloobruba?page=4>]

### 3) Brýle bez očnic

Tyto brýle vznikly na základě snahy odlehčit brýle v maximální míře co se obrub týče. Také jako přání klientům, kteří nechtěli nosit brýle a žádali o jejich „zneviditelnění.“ Největší výhodou je dozajista snížení, resp. odstranění skotomů v zorném poli způsobené očnicemi. Základnou pro uchycení nosníkové části s opěrnými sedly a vnější části se stranicemi se staly samotné korekční čočky (skla). Tradičně bývá tato kategorie charakterizována použitím ploché fazety v celém obvodu korekčního členu. Brýle bez očnic jsou zobrazeny na obrázku č. 3.



Obrázek č. 3 (Brýle bez očnic) [<https://www.easyoptic.cz/bryle/typ-bryli>]

## **Rozměry brýlových obrub**



Abychom zjistili jednotlivé parametry a rozměry obrub, můžeme využít dva systémy k tomu předurčené. Jedná se o způsob měření do obdélníka a způsob měření na ose. Každý ze systémů má vlastní symbol, důležitý při popisu parametrů obruby popsanych níže.

V našich evropských podmínkách se prosadil systém měření do obdélníka neboli BOXING SYSTÉM. Pro zjištění základních parametrů, jako šířky i výšky očnice, šířky nosníku i očnicového rozestupu je třeba vytvořit následující nákres (viz. obrázek č. 4). Kolem vnitřních obrysů očnic brýlového středu se opíše dva pravouhelníky orientovaný dle horizontální osy obruby. Horizontální hrany uvažovaných pravouhelníků musí v průběhu vycházet z vnitřních krajů drážek obou očnic. Protínají se tedy nejvyšší a nejnižší limitní křivky očnic. Jednotlivé parametry i s popisky jsou popsány níže. Ke zjištění rozměrů dle této metody můžeme v praxi využít posuvné měřítko, jehož čelisti se přiloží naplocho k brýlovému středu. Vytvoří se tak měřitelná temporální svislá tečna s tečnou nasálení.

Všechny základní rozměry musí být při výrobě dodrženy s tolerancí  $\pm 0,5$  mm. Jako doplňující a pomocné informace o obrubě mohou být rozměry stranice, které sestávají z délky měřené k ohybu stranice a délky koncovky. Všechny parametry jsou důležité pro následný výběr velikosti brýlí s přihlédnutím na dané anatomické a fyziognomické veličiny.

Ve východní Asii se můžeme setkat s obrubami, jejichž rozměry byli popsány pomocí systému měřeného na ose neboli DATEN-LINIE SYSTÉM. V praxi je možné ho změřit milimetrovým měřítkem, které se přiloží od jednoho okraje očnice k druhému. Zobrazí se nám linie horizontální středové osy. Při porovnání obou metod se mohou některé rozměry lišit. Výška očnic je stejná u obou měření. Kdežto u šířky očnic, nosníku a očního rozestupu se projeví odlišnosti. Je to způsobeno odvozením průsečíku křivek očnice s horizontální osou procházející středem. Na rozdíl od odvození z limitních vnějších a vnitřních průběhů drážek v případě boxing systému.



Obrázek č. 4 (Popis parametrů oobrubu) [<http://www.vyhodne-bryle.cz/info/cisla-na-vnitri-strane-obrubu.html>]

a= šířka očnice

b= výška očnice

c= střed očnice

d= šířka nosníku

Odlišnosti metod se projevují u hodnot a, c, d.

Na obrubě jsou parametry zapsány v tomto pořadí : šířka očnice, symbol měřící metody, šířka nosníku, vzdálenost vnějších částí, délka stranice.

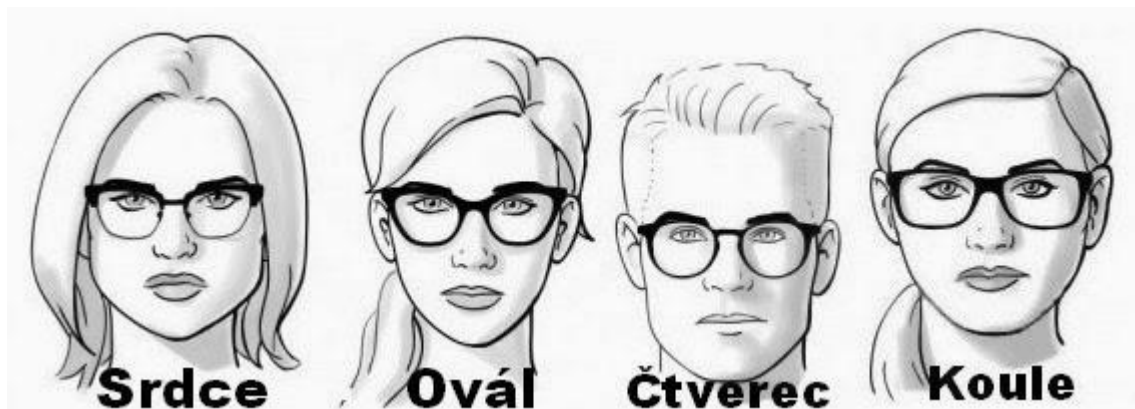
#### **Požadavky kladené na brýlové obruby dle ČSN**

Výrobce obrub musí splňovat normu ČSN EN ISO 12870, která sleduje dodržování vyznačených rozměrů, zkoušky fyziologické snášenlivosti materiálu, rozměrovou stálost při a po nahřívání, odolnost vůči deformaci, potu, mechanickému zatížení, záření a v neposlední řadě hořlavost, resp. nehořlavost. Materiál, který nesplňuje tyto podmínky, nebo vyvolává dráždění, alergické či toxické reakce musí být z výroby vyřazen. Hodnoty rozměrů brýlového středu se mohou lišit o  $\pm 0,5$  mm a délka stranic o  $\pm 2$  mm. Zkoušena je také rozměrová stálost při maximálním rozevření stranic po dvouhodinovém působení teploty 55°C. Měřená je dále mechanická stálost působením síly o 5 N po dobu 5 vteřin. Při deformaci (prohnutí) nosníku nesmí být vytlačeny čočky z očnic. Trvanlivost obruby je testována ohýbáním probíhajícím v 500 cyklech. Neměly by pak být nalezeny žádné trhliny či zlomy. Odolnost vůči potu se ověřuje použitím umělého roztoku (900 mililitrů vody, 100 gramů chloridu sodného a 50 gramů kyseliny mléčné) a jeho následným zahřátím při teplotě 55 °C po dobu 8 hodin, během kterých se nesmí objevit skvrny, zbarvení či koroze. Pokud materiál nezměnil barvu po ozařování xenonovým zdrojem světla, byla odolnost potvrzena. Nehořlavost znamená, že materiál nevzplane po přiložení ocelové tyčky zahřáté na 650 °C po dobu 5 s. Dále je pak doporučována hmotnost obruby do 32 g. Zároveň pak plochy dotýkající se pokožky musí mít oblou hranu.

## Brýlová estetika

### Morfologie hlavy

Z hlediska průběhu frontálně konturní linie obličeje se popisují základní tvary: kulatý, oválný, trojúhelníkový (srdcovitý) a kubický, viz. obrázek č. 5.



Obrázek č. 5 (Tvary obličeje) <http://blog.wayfarer.cz/2015/05/vyberte-si-sprave-sve-slunecni-bryle.html>]

Oválný tvar obličeje patří k nejděčnějším tvarům z hlediska výběru obrub, protože se k tomuto obličejí hodí téměř všechny tvary očnic přes kulaté, oválné, hranaté, kočičí či jejich derivace. Záleží pak na osobnosti a vkusu. Určitou univerzálnost pak mohou ovlivnit požadavky na vzhled spojené s jinými parametry obličeje a jeho součástí. I u brýlí platí klasické zásady využívané hlavně v módě a návrhářství. Chce-li zákazník vizuálně zkrátit delší obličej, měl by zvolit širší nebo vyšší obruby. Jako vhodná obruba se tedy jeví obruba s masivními očnicemi, nebo obruba s proměnlivou tloušťkou. Méně příznivé by byli obruby s tenkými očnicemi či dokonce obruby bez očnic. Výběrem brýlového středu se dá korigovat i jednotlivě vnímanou délku nosu. Dlouhý nos lze opticky zkrátit vyšším masivnějším nosníkem (dvojitým nosníkem). Naopak je to u krátkého nosu, který lze vizuálně prodloužit použitím obrub s nosníkem ve tvaru „klíčové dírky.“ Stejného efektu lze docílit také vyšším umístěním nosníkem se sedly v případě kovových brýlí.

V případě kulatého obličeje jsou ve smyslu korigujících kontur obličeje vhodnější brýle s výraznou hranatou charakteristikou. Lze využít očnice odvozené od pravoúhlých tvarů. Žádoucí

oživení původního působení těžkopádnosti dosáhneme pastelovými barvami dle módních možností. Při výběru by se měl zákazník vyvarovat kulatým typům brýlí, které by plnost obličeje ještě posílily. Celkový vzhled také nepříznivě ovlivňují kulaté doplňky, přísně sčesané vlasy dozadu a zvýrazněná linie obočí.

Lidé s trojúhelníkovým tvarem obličeje mívají výraznější obočí a užší drobnější bradu. Jak bylo zmíněno lze drobnou bradu zvýraznit ztlustěním rámu v dolní části obruby, což způsobí plnější dojem bradové partie. Ideální volbou jsou kočičí tvary s jemnými konturami. Je možný i hranatější typ s nižší hloubkou obruby tak, aby nezakrýval obočí. Nedoporučují se hrubší a velké tvary brýlí, které by akorát zdůraznily špičatou bradu. V tomto případě se nedoporučuje přehánět to s barvami.

Výrazné rysy kubického obličeje se zjemňují velkými kulatými nebo kočičími tvary očné. Cíleně se zdůrazňuje linie obočí a spánku. Hranaté křivky v obličeji mohou působit přísně a tvrdě, a proto se nedoporučují hranaté tvary, které by onu tendenci ještě posílily. V tomto případě neplatí, čím tenčí, tím lepší.

Následující obrázky obrub (obrázky č. 6, 7, 8 a 9) jsou vytvořené v programu „3D Malování“ a budou použity v praktické části práce, kde budou zkoumány a hodnoceny fotografie probandů. Cílem bude zjistit, které obruby nejvíce sedí danému tvaru obličeje.



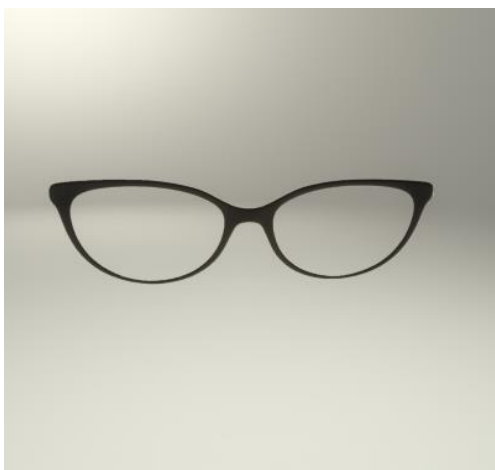
Obrázek č. 6 (Kulaté obruby) [Archiv autora]



Obrázek č. 7 (Čtvercové obruby) [Archiv autora]



Obrázek č. 8 (Obdélníkové obruby) [Archiv autora]



Obrázek č. 9 (Kočíí obruby) [Archiv autora]

## Vlasy, pleť a make up

Každý optik by si měl udělat představu o sortimentu, který nabídne zákazníkovi hned při prvním kontaktu. Nejenom tvar obličeje nám může prozradit něco o somatické stránce zákazníka. Doplnující informace získáváme právě z jednotlivých aspektů celkového vzhledu, jakými mohou být například vlasy. Každá hlava totiž změnou účesu získá jinou konturu. Například sčesáním vlasů do čela lze změnit zdánlivé proporční poměry obličeje i celkově lebky. Účesu připisují velký význam hlavně ženy, i když v dnešní době se prostřednictvím různých úprav vlasů projevují i muži. Může být významnou součástí vytvořené osobní image. Styl a barva účesu prozrazuje, zda jde o osobu elegantní, sportovní, romantickou, ležérní, vtipnou, rozvernou nebo strohou. Když je vlasová pokrývka skrovnější, případně chybí-li úplně musíme zas mít na paměti, že se každá obruba projevuje výraznějším způsobem.

Barvu obruby může ovlivnit nejen barva vlasů ale hlavně barva pleti. Platí obecné pravidlo, že pro světlejší typy pleti se hodí spíše jemnější, tenké obruby. Kdežto u více pigmentované pleti může vyhovovat výraznější a tmavší očné, pokud se od nich neočekává kontrastní účinek.

V neposlední řadě také další „vyhodnocení“ líčení, oděvu a doplňků nám může v předstihu napovědět často mnohem více o zákazníkovi, než by se dařilo odhalit v průběhu vzájemného dialogu. Správný optik by také měl poznat povahu klienta a rozhodnout pak zda a jak moc by měl zasahovat do výběru brýlí. Neměl by svůj názor prosazovat za každou cenu a měl by mít na paměti, že poslední slovo patří klientovi a prokázat tak vůči němu určitou empatii. Bude to zákazník, kdo pak v každodenním životě bude muset obhajovat své rozhodnutí před kritickými zraky okolí.

Zákazník také může do svého rozhodování zanést velmi logický faktor, kterými jsou sedla. Klienti většinou po vlastní špatné zkušenosti mohou zamítnout brýle, které by mu seděly, protože ho jejich výsledky zklamali i když to byl třeba subjektivní pocit. Ženy například uvažují při výběru kovových obrub i nad tím, že by se jim sedla zamotávala do vlasů. Nebo zákazníci přicházejí kvůli tomu, že mají sedla „zarytá do nosu“, což je otázkou zatížení kůže, materiálu a správnou úpravou dle anatomických potřeb klienta. Může to mít negativní vliv na náš vztah s klientem, protože se k nám navrací nespokojen. Základem, je správná anatomická úprava. Dále pak záleží na zatížení a elasticitě kůže. Mladí lidé mají mnohem větší elasticitu kůže a pro jejich potřeby jsou vhodnější měkčí sedla, kdežto u starších lidí, kde je elasticita kůže celkově snižena, se doporučují sedla tvrdší. Záleží i na velikosti sedel dle priorit zákazníka. Je důležité, aby optik dokázal najít pro klienta vhodný kompromis, protože po všech stránkách mohou být doporučení splněna, ale individuální požadavky

zákazníka jsou odlišné, a to je naše priorita. Jedná se například o působení vlastních metabolitů vylučovaných tělem způsobující diskomfort a nesnášenlivost.

Sedla jsou tedy velmi významným článkem, co se týče celkové stability brýlí. Brýle působí silou 0,6 až 1 N/cm<sup>2</sup>, která se rozprostírá mezi nos a uši. 90 % této síly zatěžuje právě oblast nosního kořene a tedy 10 % přebírají stranice. Při nepřiměřené zátěži povrchu kůže z jakýchkoliv důvodů může vést k patofyziologickým procesům jakými jsou zčervenání, bolest a v poslední řadě i poškození tkáně. Z tohoto pohledu se příznivěji jeví plastové brýle, které disponují anatomickým nosníkem s větší styčnou plochou, což znamená větší rozprostření působících sil. U kovových brýlí se může využít dvojsedla, které supluje funkci anatomického nosníku. Optik tak musí přemýšlet i nad tíhou celkových brýlí (včetně vsazených korekčních skel) a upozornit zákazníka na možné, výše zmíněné komplikace a doporučit tak i jiné možnosti a varianty.

#### **Zdroje / Resources:**

NAJMAN, Ladislav. *Dílenská praxe očního optika*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-7013-328-7.

RUTRLE, Miloš. *Brýlová technika, estetika a přizpůsobování brýlí: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-7013-347-3.

HUJEROVÁ, Dagmar. *Design brýlí*: diplomová práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014.

**Bc. Zuzana Roubcová, Mgr. Simona Bramborová, DiS**

## **Individual parameters of spectacle frames**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

ANNOTATION:

The individual parameters of the spectacle frames are important not only in the production and proper fit of the face curves, but also in the choice of the glasses with the customer. Each optician nourishes the sale of glasses, so it is important to get an idea of the look and shape of the glasses that would suit him. Customers come to us as experts and will certainly appreciate advice and can take our perspective into account when choosing. Therefore, in my opinion, it is important to know the patterns of the face shape relationship with the shape of the frames. The aim of this work is to find out if in practice the rules of the shape of the spectacle frames apply to the anatomical shape of the face.

KEY WORDS: spectacle frame, shape of frames, parameters of frames

### **Division of spectacle frames**

#### 1) Spectacle frames with eyelets

This type of glasses is traditionally the most common in the classic offer palette. Their advantage is the strength, compactness and solid protection they provide to ever more complex types of spectacle lenses that are inserted into them. The spectacle frames consist of a spectacle center consisting of two eyelets connected by a beam (see figure number 1). To keep the lenses in the eyeglasses properly, they have a V-shaped groove all around the inner periphery that fits the slide so that they provide a bearing and support surface for the so-called "roof-like" facet with the corresponding parameters

The entire glass center is then complemented by a pair of sides, attached to the eyeglass center by an articular connection, called hinges. The frames are made from traditional plastic and natural materials. In the case of the use of metallic material, the contact



surface of the beam is most often solved using saddles of different types, materials and sizes, fastened with metal stirrups, respectively attachments. They are then soldered firmly to the eyelets or other reinforcing and joining pieces of the beam. For some types, saddle plastic surfaces are used, so-called two-seaters attached to the brace connecting the eyebrows. The plastic materials have a so-called anatomical beam, which is a saddle bridge providing adequate distribution of the forces acting on the nasal root surface. The whole surface of the beam is typically curved in the forward-facing direction due to the smaller distance of the actual correction member in front of the eye.

An articulated connection with the center-glass and the side provides interlocks with a variety of stitches and a variety of designs. This connector allows the glasses to be put into a "quiescent phase" when they are not intended to be used. Metal braces are often embedded in the plastic in order to, so that can be increase strength. The metal endings of the braces can be the part of the hinge itself.

Part of the earpiece which is bent behind the ears is called the ending. It can form a continuous part of the earpiece's own body, or it can be pushed to the metal reinforcement of the earpiece. The earpieces and ends play an important role in shaping and adapting the client's anatomical requirements and ensuring the desired stability of the frames.



Figure number 1 (Frame with eyelets) [<http://www.bryle-domu.cz/dioptricke-bryle-mats.html>]

## 2) Half- frame

The eyepiece curve is distinguished by the fact that a certain part of the eyelets has been removed (see Figure 2), which can be advantageous in particular because the missing part of the eyepiece does not restrict the field of vision as it may be in the case of complete eyelids . The actual joining of the center of the body, the so-called "brows", with the correction members, is carried out by means of a sillon line attached to its part. Thanks to these differences, both the groove and the

facet of the lens must have their own specifics. This is a combined facet and in the area of the flat-faced silicon face-milled groove. Another option is to insert a spectacle lens with a flat bevel and a groove around the perimeter into the orifice with a molded silicon at the place of the metal groove. The obvious plus of the trim could be the reduced weight of the frame and the possibility of individually adjusting and adjusting the shape of the glass and thus changing the overall appearance of the frame.



Figure number 2 (Half- frame) [<https://www.opti24.cz/bryle-polobruba?page=4>]

### 3) Glasses without eyelets

These glasses have been created on the basis of the effort to relieve the glasses to the maximum extent of the waist. Also as a wish to clients who did not want to wear glasses and asked for their "invisibility." The biggest advantage is definitely a reduction or, the removal of scotomas in the field of vision caused by the eyelids. The base for fixing the beams with support seats and the outer parts with the sides became the correction lenses (glasses) themselves. Traditionally, this category is characterized by the use of a flat facet throughout the perimeter of the correction member. Glasses without eyelets are shown in figure 3.



Figure number 3 (Glasses without eyelets) [<https://www.easyoptic.cz/bryle/typ-bryli>]

## Dimensions of spectacle frames

In order to determine the individual parameters and dimensions of the frames, we can use two systems to do this. This is a way of measuring into a rectangle and a method of measuring the axis. Each of the systems has its own symbol, important in describing the parameters of the flange described below.

In our European conditions, a measurement system has been introduced into a rectangular system called BOXING SYSTEM. To determine the basic parameters such as the width and height of the eyelets, beam width and eyelets spacing (see figure number 4). Around the inner contours of the eyeglass centering eye are two rectangles oriented along the horizontal axis of the bead. The horizontal edges of the rectangles considered must protrude from the inner edges of the grooves of the two orifices. The highest and lowest limit curves of the orbits intersect. Parameters and labels are described below. To measure dimensions according to this method, we can use a sliding scale in practice, whose jaws are applied flat to the center of the glass. This creates a measurable temporal vertical tangent with tangled nose.

All basic dimensions must be maintained at the tolerance of  $\pm 0.5$  mm. As additional and auxiliary information on the bead, the dimensions of the side may be that of the length measured for the side bending and the length of the end piece. All parameters are important for the subsequent selection of the size of the glasses, taking into account the given anatomical and physiognomic quantities.

In East Asia, we can encounter ribbons whose dimensions have been described using a system measured on the axis system called DATEN-LINE SYSTEM. In practice, it can be measured with a millimeter scale, which is applied from one edge of the eyebrow to the other. You will see a line of the horizontal centerline. When comparing both methods, some dimensions may vary. The height of the orbits is the same for both measurements. While there are differences in the width of the eyelids, the beam and the eyepiece. This is due to the derivation of the intersection of the orbital curves with the horizontal axis passing through the center. Unlike the derivation of the outermost and inner grooves in the boxing system.



Figure number 4 (Description of the parameters of the unit) [<http://www.vyhodnebryle.cz/info/cisla-na-vnitri-strane-obruby.html>]

a = eyelet width

b = eyelet height

c = glasses width

d = beam width

Differences between methods are shown at a, c, d values.

On the frame, the parameters are written in the following order: Eyelet Width, Symbol of Measurement Method, Beam Width, Distance of Outside, Length of Sides.

## Requirements for spectacle frames according to ČSN

The manufacturer of the flange must comply with the standard EN ISO 12870, which observes the adherence to the marked dimensions, the physiological tolerance of the material, dimensional stability during and after heating, resistance to deformation, sweat, mechanical load, radiation and, last but not least, flammability. non-flammability. Material that does not meet these conditions or causes irritation, allergic or toxic reactions must be discarded from the factory. The dimensions of the center of the spectacle center may vary by  $\pm 0.5$  mm and the side length by  $\pm 2$  mm. Dimensional stability is also tested at maximum side opening after a two-hour exposure to  $55^\circ$

C. Mechanical stability is also measured by applying a force of 5 N for 5 seconds. When deflecting the beam, the lenses of the eyepieces must not be pushed out. The shelf life is tested by bending in 500 cycles. No cracks or breaks should be found. The resistance to perspiration is verified using artificial solution (900 milliliters of water, 100 grams of sodium chloride and 50 grams of lactic acid) and then heating at 55 ° C for 8 hours, during which no stains, discoloration or corrosion may appear. If the material did not change color after irradiation with a xenon light source, resistance was confirmed. Flammability means that the material does not catch up after applying a steel rod heated to 650 ° C for 5 seconds. Furthermore, the weight of the flange is up to 32 g. At the same time, the areas touching the skin must have a round edge

## Aesthetics of the glasses

### Head morphology

From the viewing of the frontal contour line of the face are described the basic shapes: round, oval, triangular (cordate) and cubic. See at the figure number 5.



Figure number 5 (Shapes of faces: cordate, oval, cubic, round)  
<http://blog.wayfarer.cz/2015/05/vyberte-si-sprave-sve-slunecni-bryle.html>]

The oval shape of the face is one of the most glorious shapes in terms of the choice of rims, because almost all shapes of the orbits around the round, oval, rectangular, cat or their derivatives are suitable for this face. It depends on personality and taste. Some versatility can then affect appearance requirements associated with other facial parameters and their components. Even with the glasses, the classic principles apply to fashion and design. If the customer wants to visually

shorten a longer face, he should choose wider or larger frames. As a suitable curtain, therefore, it appears to be a bevel with massive orifices, or a bead of varying thickness. Less favorable would be the frames with thin orifices or even beads without eyebrows. By selecting the centerpiece, the individually perceived nose length can also be corrected. The long nose can be abbreviated optically by a higher massive beam (double beam). On the contrary, it is a short nose that can be visually extended by the use of a bead with a "keyhole" shaped bearer. The same effect is achieved by the higher positioning of the bearer with the seat in the case of metal spectacles.

In the case of a round face, goggles with a pronounced angular characteristic are more suitable in the sense of correcting face contours. Ears derived from rectangular shapes can be used. Desirable revival of the original effects of cumbersome we can achieve pastel colors according to fashion possibilities. When selecting, the customer should avoid round glasses that would enhance the fullness of his face. Overall appearance also affects round accessories, tightly combed back and high eyebrow lines.

People with triangular face shape have a more pronounced eyebrow and narrower chin. As mentioned, a small chin can be accentuated by thickening the frame at the bottom of the frame, which will give a fuller impression of the chin portion. Ideal choices are cat shapes with fine contours. It is also possible to have a more square type with a lower depth of the rim so that it does not cover the eyebrows. The coarser and bigger shapes of glasses are not recommended, which would just emphasize a pointed chin. In this case, it is not recommended to overdo it with colors.

The distinctive features of the cubic face are softened by large round or cat shapes of the orbit. The line of eyebrows and sleeping is emphasized. The curved curves in the face can act severely and hardly, and therefore angular shapes are not recommended to enhance this tendency. In this case, the thinner the better.

The following border pictures (figure number 6, 7, 8 and 9) are created in the "3D Paint" program and will be used in the practical part of the work where the proband photographers will be examined and evaluated. The aim will be to find out which frames most fit to the given face shape.



Figure number 6 (Round frame) [Author's archive]



Figure number 7 (Cubic frame) [Author's archive]

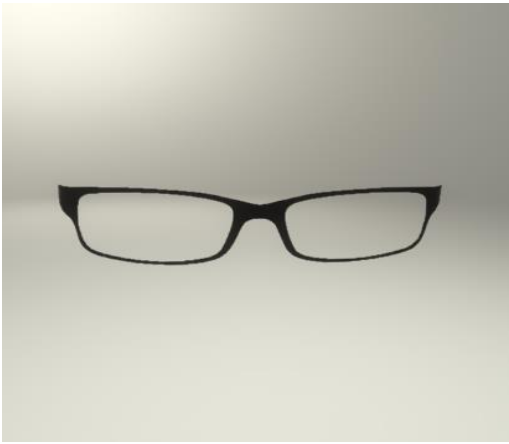


Figure number 8 (Rectangle frame) [Author's archive]

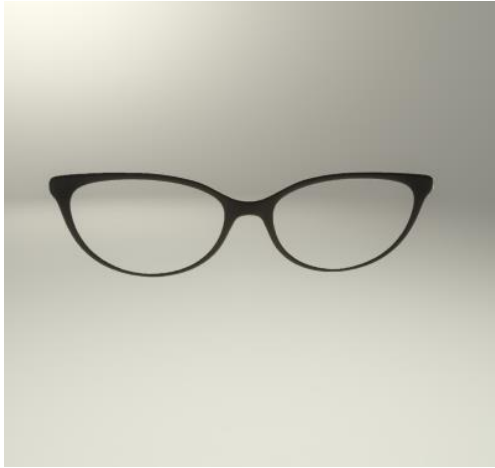


Figure number 9 (Cateye frame) [Author's archive]

### **Hair, skin and make up**

Each optician should have a knowledge of the assortment he offers to the customer at first contact. Not only the shape of the face can tell us something about the somatic side of the customer. Additional information is gained from individual aspects of the overall look, such as hair. Each head is given a different contour by changing the hairstyle. For example, by combing hair in the forehead, the apparent proportions of the face and the overall skull can be changed. The hairstyle attributed great importance to women, although nowadays men also appear through different hair modifications. It can be an important part of the created personal image. The style and color of the hairstyle reveals whether it is a person elegant, sporty, romantic, casual, funny, wild or austere. When the hair cover is scarce or if it is completely missing, we must remember that each frame is more pronounced.

The color of the trim can affect not only the color of the hair but also the color of the skin. The general rule is that thinner, thinner frames are more suitable for lighter skin types. While more pigmented skin may have more pronounced and darker eyelids, unless it is expected to have a contrast effect.

Last but not least, another "evaluation" of make-up, clothing and accessories can often tell us more about the customer in advance than it would be able to reveal during a dialogue. The right optician should also recognize the nature of the client and decide whether and how much he should interfere with the choice of glasses. He should not push his mind at all costs, and he should bear in mind that the last word belongs to the client and proves to him a certain empathy. It will be a



customer who will have to defend his decision in the everyday life from the critical eyes of the neighborhood.

The customer can also make a very logical factor in their decision making, such as saddles. Clients, mostly because of their own bad experiences, may reject the glasses that would sit him because their results disappointed him even if it was a subjective feeling. Women, for example, are considering choosing metal frames, even if they sit in tangles in their hair. Or customers come because of their saddles "gushing in the nose", which is a matter of skin, material and proper adjustment according to the client's anatomical needs. It can have a negative impact on our relationship with the client because he is not satisfied with our return. The basis is the correct anatomical treatment. Further, it depends on the load and elasticity of the skin. Young people have a much higher elasticity of the skin and softer saddles are more suitable for their needs, whereas in older people where skin elasticity is generally reduced, harder saddles are recommended. Depending on the size of the saddles according to the customer's priorities. It is important for the optician to find a suitable compromise for the client, because recommendations can be fulfilled in all respects, but individual customer requirements are different, and that is our priority. These include, for example, the action of the excreted metabolites of the body causing discomfort and intolerance.

Saddles are therefore a very important element in the overall stability of glasses. The glasses have a force of 0.6 to 1 N / cm<sup>2</sup>, which extends between the nose and the ears. 90 % of this force is burdened by the area of the nasal root, and thus 10 % is taken over by the parties. Inappropriate load on the surface of the skin for any reason can lead to pathophysiological processes such as redness, pain and, last but not least, tissue damage. From this point of view, plastic spectacles, which have an anatomical beam with a larger contact surface, are more advantageous, which means a larger spread of acting forces. In the case of metal glasses, a double chair can be used, which adds to the function of the anatomical beam. The optician must also think over the weight of the total glasses (including the correcting glasses) and warn the customer of the possible complications mentioned above, recommending other options and variants.

**Bc. Ondřej Linha, MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D.**

## **Změny kontrastní citlivosti při onemocnění sítnice**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **Anotace**

Příspěvek prezentuje výzkumné téma kontrastní citlivosti oka u pacientů s diabetem. V teoretické části představuje kontrastní citlivost oka a faktory podílející se na její patologii.

V praktické části prezentuje výsledky právě probíhajícího výzkumu, který srovnává kontrastní citlivost oka u pacientů s diabetem s výsledky kontrastní citlivosti oka u zdravé populace.

**Klíčová slova:** Kontrastní citlivost, diabetes mellitus, Pelli- Robson tabule

### **Úvod**

Tento příspěvek je částečným abstraktem právě vznikající magisterské diplomové práce na téma „Změny kontrastní citlivosti při onemocnění sítnice“. V teoretické části práce je představena kontrastní citlivost oka jako komplexní optometrický fenomén, který je dále zkoumán ve vztahu k diabetické retinopatii. Diabetickou retinopatii lze definovat jako soubor diabetem vyvolaných patologických změn na sítnici. Výzkumné téma práce je zúženo na změny kontrastní citlivosti oka u pacientů trpících diabetem.

Výsledky studie jsou podloženy kvantitativním výzkumem, kterého se v dosavadní fázi zúčastnily dvě desítky respondentů. Ti byli vybráni na základě předchozí anamnézy. Kritériem pro zařazení respondenta do výzkumného vzorku byl především diabetes, dále dosud nepozorované změny na očním pozadí a zdravotní stav bez dalších komplikací ovlivňujících kontrastní citlivost oka. Respondentům je při výzkumném sezení měřena kontrastní citlivost a zraková ostrost. Výsledky šetření u pacientů s diabetem jsou porovnány s výsledky

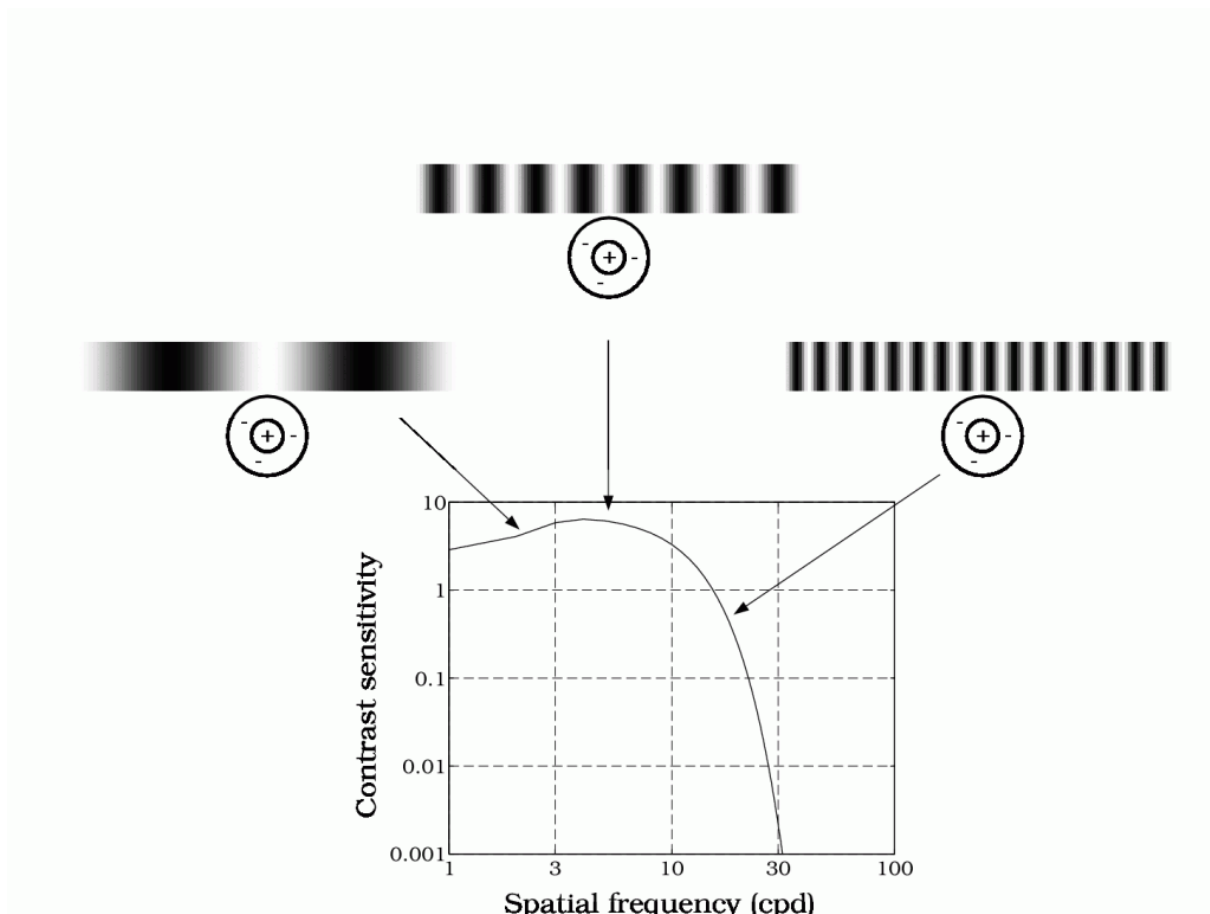
kontrastní citlivosti oka u zdravé populace. Cílem práce je prostřednictvím tohoto výzkumu a následného porovnání výsledků posoudit, zda se samotný diabetes bez přítomnosti diabetické retinopatie projevuje na kontrastní citlivosti oka. [1]

## **Kontrastní citlivost**

Pro posouzení rozlišovací schopnosti lidského oka nestačí pouze hodnoty naměřené zrakové ostrosti, určené na běžných optotypech za vysokého kontrastu, který nepodává přesné, z praktického hlediska velmi důležité, informace o rozlišovací schopnosti lidského oka za nižších kontrastech. Právě vyšetření kontrastní citlivosti je schopné předpovědět pacientovu schopnost v běžném neideálně osvětleném životě rozeznávat objekty v okolním prostředí.

Pro kvalitní posouzení citlivosti ve smyslové fyziologii je dobrou měřitelnou veličinou prahový stimul. Jedná se o takovou nejmenší intenzitu stimulu, který je schopen právě vyvolat vjem. U kontrastní citlivosti poté definujeme prahovou hodnotu jako takový kontrast objektu, u kterého dokážeme dosáhnout vnímání různého osvětlení dvou částí objektu. Hranice kontrastní citlivosti je dále závislá na úrovni adaptace očí, pohybu pozorovaného předmětu, kvalitě osvětlení apod. Při denním světle dosahuje prahový kontrast u zdravých očí hodnoty asi 0,01. Jako kontrastní citlivost označujeme převrácenou hodnotu prahového kontrastu. Kontrastní citlivost určuje nejnižší rozlišitelný kontrast při dané velikosti předpokládaného objektu. Na rozdíl od vysokokontrastního měření zrakové ostrosti tedy kontrastní citlivost hodnotí současně dvě veličiny, velikost a kontrast.

Pro měření kontrastní citlivosti je dále velmi důležitá prostorová frekvence, parametr udávaný v cyklech na úhlový stupeň, kde jeden cyklus je dán úhlovou šířkou jednoho tmavého a sousedního světlého pruhu. Graf závislosti jednotlivých kontrastních prahů na prostorové frekvenci je nazýván křivkou kontrastní citlivosti viz obr. 1. Lidské oko nejlépe vnímá kontrastní citlivost v rozmezí 3–6 cyklů/stupeň, u vyšších a nižších prostorových frekvencí citlivost klesá. [1] [2] [3]



Obr. č. 1 Závislost citlivosti na kontrast na prostorové frekvenci pozorovaného objektu [4]

Neuronální změny zrakové dráhy mohou být (vedle změn optických a sítnicových) příčinou poklesu kontrastní citlivosti a zvýšené citlivosti k oslnění i při normálním vizu také u diabetiků 2. typu nebo u starší populace klesá CK za fotopických podmínek od 60. roku věku o 0,1 log jednotek citlivosti na kontrast za dekádu a citlivost na kontrast za mezopických podmínek je alterována již o dekádu dříve.

Citlivost na kontrast lze určit třemi základními způsoby založenými na odlišných principech.

- 1) Písmenové testy kontrastní citlivosti.
- 2) Měření citlivosti na kontrast metodou sinusových pruhů.
- 3) Měření citlivost na kontrast metodou rozlišování dělicích linií.

V klinické praxi je rozšířená zejména metoda měření kontrastní citlivosti za pomoci písmenových testů. Dle autorů Pelliho-Robsonovy tabule pro to existuje několik důvodů:

- 1) Tabulové testy umožňují hodnocení kontrastní citlivosti v prostorových frekvencích, v nichž dosahuje citlivost na kontrast nejvyšších hodnot (určí vrchol křivky CK) a v kombinaci s vyšetřením vizu (určí pravý konec křivky CK) jsou téměř ve všech případech dostačující k určení průběhu celé křivky.
- 2) Vyšetření písmenové kontrastní citlivosti je jednoduché a rychlé, podobně jako rutinní vyšetření zrakové ostrosti.
- 3) Písmenová kontrastní citlivost je otázkou spíše rozpoznání než rozlišení, a navíc vykazuje dobrou reprodukovatelnost výsledků.

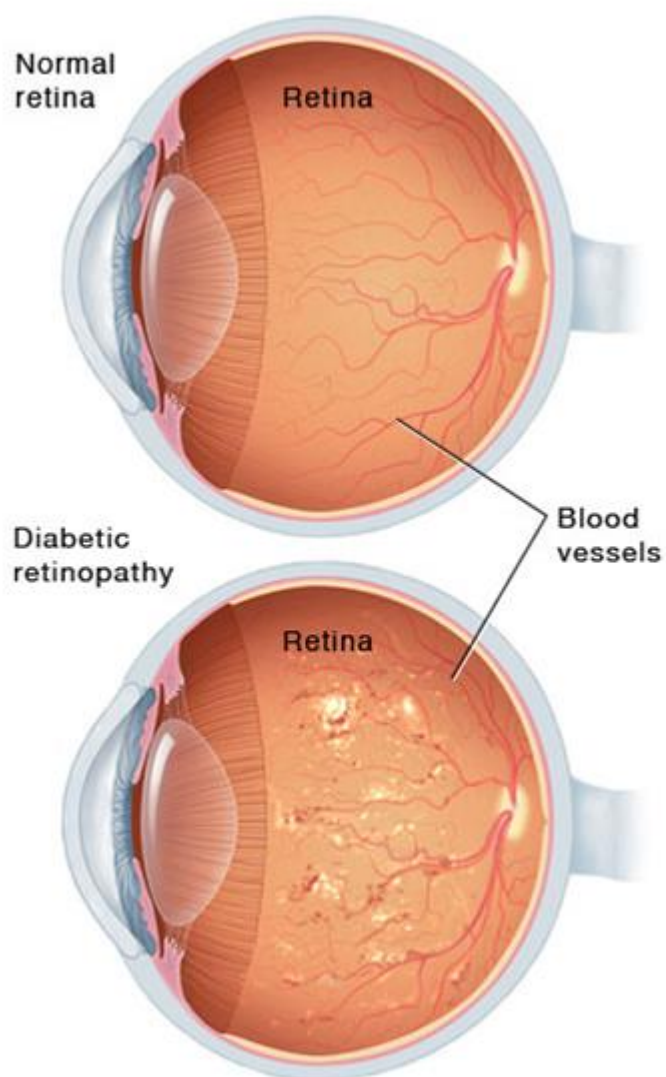
Principem je určení kontrastu nutného k rozlišení poměrně velkých písmen o stejné velikosti. V současné době jsou k dispozici dva typy velkoplošných tabulí (84x59 cm), jejichž podoba je na obrázku č. 2, zavěšených na stěnu a skládajících se z 16 trojic písmen rozdělených do 8 řad po dvou trojicích viditelných pod úhlem 2,8 stupňů ze vzdálenosti 1 m. Všechna tři písmena v každém tripletu mají stejný kontrast, v každém následujícím tripletu klesá kontrast s faktorem  $1/\sqrt{2}$  ( $=0,707$  log jednotek). Pacient čte zleva doprava a shora dolů. Poslední triplet, ve kterém pacient rozpozná 2 písmena, určuje log CK, která je odečtena ze skórovacího listu. Rozsah testovaných log CK je od 0,00 do 2,25. Nevýhodou je nutnost poměrně velké plochy na stěně a jejího homogenního osvětlení, relativně snadné poškození plastových tabulí a konečně změny kontrastu při dlouhodobé expozici světlem. [1] [2] [3]



Obr. č.2 Ukázka tabule Pelli- Robson použité při testování kontrastní citlivosti [5]

### **Diabetická retinopatie**

Jedná se o mikrovaskulární a neurodegenerativní onemocnění, které způsobuje funkční a strukturální změny všech buněčných struktur sítnice, jak je znázorněné na obr. 3. Společně s diabetickým makulárním edémem se jedná o zrak ohrožující komplikací diabetu a je hlavní příčinou slepoty v produktivním věku v rozvinutých zemích včetně naší republiky.



Obr. č. 3 Poškození sítnice diabetickou retinopatií [9]

Obávané jsou hlavně komplikace proliferální formy diabetické retinopatie, která způsobuje ztrátu zraku krvácením do sklivce a trakčním odchlípením sítnice. Proliferační forma diabetické retinopatie se vyvíjí především u diabetu 1. typu, ale i diabetes druhého typu může způsobit praktickou slepotu vznikem diabetického makulárního edému, se kterým se překvapivě můžeme setkat již v době diagnózy diabetu. Navíc ani u diabetu druhého typu není vyloučen vznik novotvořených cév znamenajících hrozbu výše popsaných komplikací vedoucí ke slepotě.

Diabetický makulární edém je nejčastější příčinou poruchy zraku u pacientů s neproliferující diabetickou retinopatií. Diabetický makulární edém je všeobecný termín, označující ztluštění sítnice, které postihuje makulární krajinu. Ztluštění může být fokální i difúzní. Fokální edém bývá spojen s koncentricky uloženými shluky tvrdých exsudací (lipoproteinová depozita) a vyskytuje se v místech, kde je porušena těsnost hematoretinální bariéry. Difúzní edém představuje mnohem rozsáhlejší poruchu. Prosakují mikroaneuryzmata i retinální kapiláry. Exsudativní tekutina může v retinálních vrstvách hromadit a vytvářet cystické prostory.

Tato patologie, způsobena závažnou poruchou těsných spojení (tight junctions) endotelií a ztrátou hematoretinální bariéry, může souviset i s proliferující diabetickou retinopatií. V riziku rozvoje diabetického makulárního edému v průběhu času jsou všichni pacienti s diabetem. Nástup diabetického makulárního edému je obvykle pozvolný, nebolestivý a manifestuje se jako zhoršení centrální zrakové ostrosti. Pokročilá stádia diabetického makulárního edému jsou spojena s těžkou a mnohdy obtížně léčitelnou poruchou zrakových funkcí.

Nadměrná cévní permeabilita, která je příčinou prosakování tekutiny a složek plazmy (zejména lipoproteinů) do sítnice, způsobuje ztluštění retiny. Jestliže ztluštění zasahuje nebo se blíží k centru fovey, je riziko významného poškození zrakových funkcí vysoké.

Příčinou všech jmenovaných změn je hyperglykémie, která vede k mikrovaskulárním komplikacím, které se sítnicových cév týkají. Při vzniku diabetického makulárního edému hraje významnou úlohu i hypertenze a hyperlipidémie. Proto je velmi významná úloha diabetologa v precizní kompenzaci glykémie, krevního tlaku a lipidémie. Jedině při správné dlouhodobé kompenzaci těchto faktorů může být snaha zastavit rozvoj diabetických změn laserovou koagulací úspěšná. [1] [6] [7] [8]

## **Cíl a hypotézy**

Cílem výzkumu je objevení možného vlivu diabetu na citlivost lidského oka na kontrast ještě před tím, než se diabetem vyvolané změny viditelně projeví na očním pozadí. Za tímto účelem měřím citlivost na kontrast u pacientů, u kterých mají diabetes, ale ještě u nich nebylo



prokázáno poškození sítnice. Naměřené hodnoty budu poté porovnávat s kontrolní skupinou zdravých nediabetických pacientů. Pro dané měření jsem si stanovil dvě pracovní hypotézy.

H1: Monokulární i binokulární kontrastní citlivost bude u diabetických participantů nižší než u zdravého vzorku.

H2: Kontrastní citlivost se nebude lišit u diabetických participantů mezi pravým a levým okem.

U první hypotézy předpokládám, že samotné zvýšené riziko vzniku retinopatie bude mít alespoň nějaký vliv na citlivost jedince na kontrast, přestože na očním pozadí zatím nedošlo k pozorovatelným změnám. Druhá hypotéza se poté zaměřuje na domněnku, že diabetes sice působí na oči souměrně, ale samotné poškození očního pozadí, a tedy i vizu a citlivosti na kontrast, nebude probíhat symetricky. Pokud se tedy poškodí častěji nejdříve jedno oko, i změna citlivosti na kontrast by se měla měnit na jednotlivých očích rozdílně rychle. [1]

## **Vzorek a metodika**

Ze vzorku vyřazují pacienti, u kterých se v anamnéze vyskytne jedna z následujících (kontrastní citlivost ovlivňujících) komplikací: vysoká hypermetropie/myopie, glaukom, katarakta operovaná i neoperovaná, umělá nitrooční čočka, refrakční/chirurgický zákrok na rohovce, nebo oko jizvící poranění.

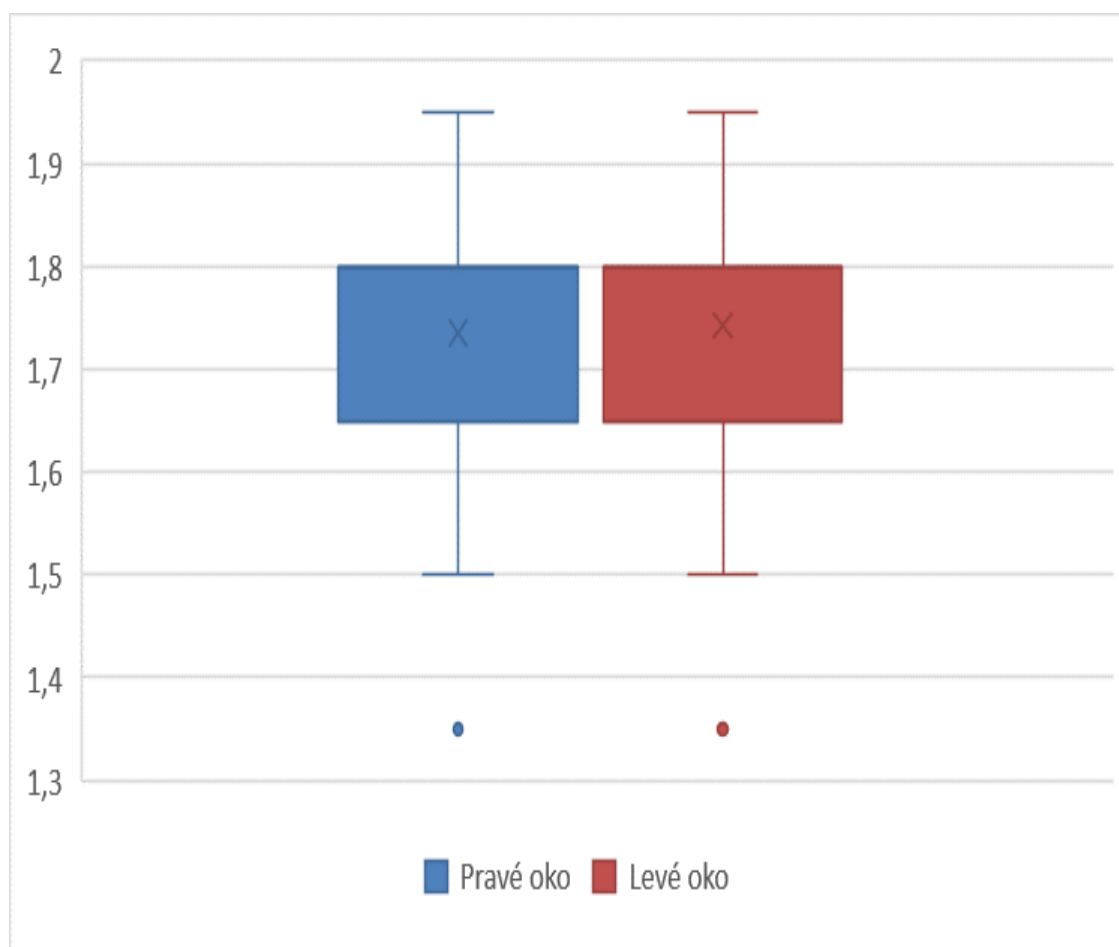
Měření probíhá ve Fakultní nemocnici u sv. Anny, na oddělení nemocí očních a optometrie, v prostorách elektrofyziologické laboratoře. K hodnocení citlivosti na kontrast je použita tabule Pelli- Robson.

Prozatímní vzorek obsahuje pouze diabetické pacienti ve věkovém průměru  $60 \pm 7$  let, přičemž se jedná 15 mužů a 6 žen. [1]

	N	Průměr	Int. Spol. 95,00%	Int. Spol. 95,00%	Medián	Minimum	Maximum
Mono. KC	42	1,739	1,709	1,813	1,8	1,35	1,95
Bino. KC	21	1,929	1,905	1,953	1,95	1,8	1,95

Tabulka č. 1 Naměřené hodnoty kontrastní citlivosti u diabetických pacientů [1]

Výsledky prozatímního testování druhé hypotézy je naznačeno v grafu č. 1 níže, kde mediánové hodnoty pro pravé i levé oko měřených probandů vycházejí totožně tedy 1,8. Citlivostí na kontrast se tedy u diabetických pacientů bez retinálního poškození mezi pravým a levým okem neliší. [1]



Graf č. 1 Srovnání hodnot kontrastní citlivosti mezi pravým a levým okem diabetických pacientů [1]

## Závěr

Dle dosavadních výsledků šetření lze konstatovat potvrzení druhé hypotézy. Při šetření nebyly zjištěny výrazné rozdíly mezi kontrastní citlivostí levého a pravého oka u pacientů s diabetem. Diabetes tedy pravděpodobně působí na kontrastní citlivost očí symetricky.

V aktuální fázi výzkumu dosud nebyl šetření podroben kontrolní vzorek zdravé populace. Prozatím tedy nelze potvrdit ani vyvrátit první hypotézu.

## Zdroje

- [1] LINHA, Ondřej. *Změny kontrastní citlivosti při onemocnění sítnice*. Brno, 2019. Magisterská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Skorkovská Karolína. (nepub.)
- [2] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-316-6.
- [3] *Trendy soudobé oftalmologie 4*. Praha: Galén, 2007. ISBN 978-80-7262-470-6.
- [4] WANDELL, Brian. Figure 5.18: The contrast sensitivity function.  
In: *Foundationsofvision.stanford.edu* [online]. [cit. 2018-05-28]. Dostupné z:  
[https://foundationsofvision.stanford.edu/wp-content/uploads/2012/02/rf.freq\\_.png](https://foundationsofvision.stanford.edu/wp-content/uploads/2012/02/rf.freq_.png)
- [5] Figure 2. Pelli-Robson test. In: *Researchgate.net* [online]. [cit. 2018-05-28]. Dostupné z:  
[https://www.researchgate.net/profile/Tais\\_Parede/publication/260131039/figure/fig2/AS:296990878519302@1447819551724/Pelli-Robson-test-measures-contrast-sensitivity-using-a-single-large-letter-size-20-60.png](https://www.researchgate.net/profile/Tais_Parede/publication/260131039/figure/fig2/AS:296990878519302@1447819551724/Pelli-Robson-test-measures-contrast-sensitivity-using-a-single-large-letter-size-20-60.png)
- [6] *Trendy soudobé oftalmologie 8*. Praha: Galén, 2012. ISBN 9788072628186.
- [7] KUČHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [8] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-716-9079-1.
- [9] Diabetic retinopathy. In: *Mayoclinic.org* [online]. [cit. 2018-05-28]. Dostupné z:  
[https://www.mayoclinic.org/-/media/kcms/gbs/patient-consumer/images/2013/08/26/10/42/ds00447\\_im02507\\_r7\\_retinopathythu\\_jpg.jpg](https://www.mayoclinic.org/-/media/kcms/gbs/patient-consumer/images/2013/08/26/10/42/ds00447_im02507_r7_retinopathythu_jpg.jpg)

**Bc. Ondřej Linha, MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D.**

## **Changes of contrast sensitivity in retinal disease**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **Anotation**

The paper presents the research topic of contrast sensitivity in patients with diabetes. In the theoretical part, it presents the contrast sensitivity of the eye and the factors involved in its pathology.

In the practical part, she presents the results of the ongoing research, which compares the contrast sensitivity of the eye in patients with diabetes with the results of the contrast sensitivity of the eye in the healthy population.

**Key words:** Contrast sensitivity, diabetes mellitus, Pelli-Robson chart

### **Introduction**

This paper is a partial abstract of the current Master's thesis on "Changes in Contrast Sensitivity in Retinal Disease". The theoretical part of the thesis presents the contrast sensitivity of the eye as a complex optometric phenomenon, which is further investigated in relation to diabetic retinopathy. Diabetic retinopathy can be defined as a set of diabetes-induced pathological changes in the retina. The research topic of work is narrowed to change the contrast sensitivity of the eye in patients with diabetes.

The results of the study are supported by quantitative research, which was attended by twenty respondents in the present phase. They were selected on the basis of a previous medical history. The criterion for inclusion of the respondent in the research sample was mainly diabetes, as yet unnoticed changes on the ocular background and health without further complications affecting the contrast sensitivity of the eye. Respondents are measured by contrast sensitivity and visual acuity during the research session. The results of

the investigations in diabetic patients are compared with the results of the contrast sensitivity of the eye in the healthy population. The aim of this work is to investigate whether the diabetes without the presence of diabetic retinopathy manifests itself on the contrast sensitivity of the eye through this research and the subsequent comparison of the results. [1]

### **Contrast sensitivity**

To assess the human eye's resolving ability, it is not enough to measure the visual acuity values of common optotypes with high contrast that do not give accurate, for practical very important information about the human eye's resolving power at lower contrasts. Examining contrast sensitivity is able to predict the patient's ability to recognize objects in the surrounding environment in ordinary life.

For good sensitivity assessment in sensory physiology, a good measurable variable is a threshold stimulus. It is the smallest intensity of the stimulus that is able to produce a perception. For contrast sensitivity we then define a threshold value as the contrast of an object in which we can achieve the perception of different illumination of two parts of the object. The boundary of the contrast sensitivity is further dependent on the level of eye adaptation, the movement of the object being observed, the quality of lighting etc. The contrast threshold for healthy eyes reaches during daylight about 0.01. We refer to the inverted threshold of the contrast value as the contrast sensitivity. Contrast sensitivity determines the lowest resolution contrast for a given size of the predicted object. As opposed to high-contrast visual acuity, contrast sensitivity simultaneously measures two magnitudes, size and contrast.

To measure the contrast sensitivity, spatial frequency is very important parameter measured in cycles at the angular degree, where one cycle is given by the angular width of one dark and adjacent luminous lane. The graph of the dependence of the individual contrast thresholds on the spatial frequency is called the contrast sensitivity curve (see Figure 1). The human eye best perceives the contrast sensitivity in the range of 3-6 cycles / degree. The sensitivity decreases at higher and lower spatial frequencies. [1] [2] [3]

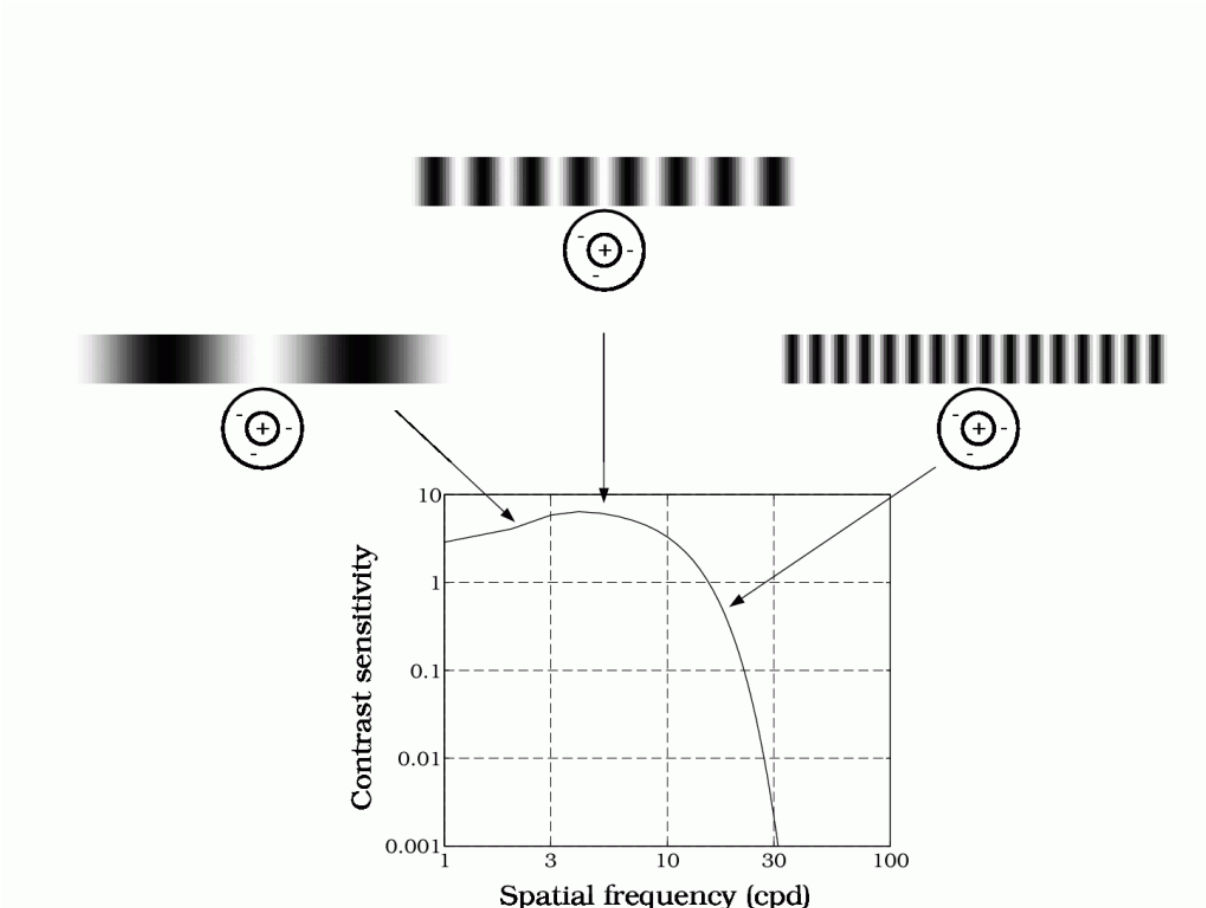


Figure 1. Dependence of contrast sensitivity on the spatial frequency of the observed object.[4]

Neuronal changes in the visual pathway may be due to a decrease in contrast sensitivity and increased sensitivity to dazzle even in normal vision in type 2 diabetics or in the elderly population decreases CK under photopic conditions from the age of 60 by 0.1 log sensitivity units per contrast for decade and the sensitivity to contrast under mesopic conditions is altered by decade earlier.

Contrast sensitivity can be determined by three basic methods based on different principles.

- 1) ) Contrast sensitivity letter tests.
- 2) Measurement of contrast sensitivity by sinusoidal method.

### 3) Measurement of sensitivity to contrast by dividing lines.

The method of measuring contrast sensitivity using letter tests is in clinical practice, particularly widespread. There are several reasons for this phenomena according to Pelli and Robson.

1) Table tests allow for the evaluation of contrast sensitivity in spatial frequencies in which sensitivity to the contrast of the highest values (determined by the peak of the CK curve) and in combination with the examination of the vision (determined by the right end of the CK curve) are almost always sufficient to determine the course of the whole curve .

2) Examination of letter contrast sensitivity is simple and fast, just like a routine examination of visual acuity.

3) The letter contrast sensitivity is a question of recognition rather than resolution, and in addition it exhibits good reproducibility of the results.

The principle is to determine the contrast required to distinguish between letters of the same size. At present, there are two types of large-area (84x59 cm) large-format boards, as shown in Figure 2, hinged on a wall, consisting of 16 triple letters divided into 8 rows after two triplets visible at an angle of 2.8 degrees 1 m. All three letters in each triplet have the same contrast, with each of the following triplets the contrast decreases by a factor of  $1 / \sqrt{2}$  (= 0.15 log units). The patient reads from left to right and from top to bottom. The last triplet in which the patient recognizes 2 letters determines the CK log that is subtracted from the scoring sheet. The range of test log CK is from 0.00 to 2.25. The disadvantage is the need for a relatively large area on the wall and its homogeneous illumination, a relatively easy damage to plastic boards and finally a change in contrast when exposed to light for a long time. [1] [2] [3]



Fig. 2 Example of the Pelli-Robson panel used to test the contrast sensitivity [5]

### **Diabetic retinopathy**

It is a microvascular and neurodegenerative disease that causes functional and structural changes in all cellular structures of the retina as shown in Figure 3. Together with diabetic macular edema, it is a sight threatening complication of diabetes and is the main cause of blindness of working age in developed countries including our republic.



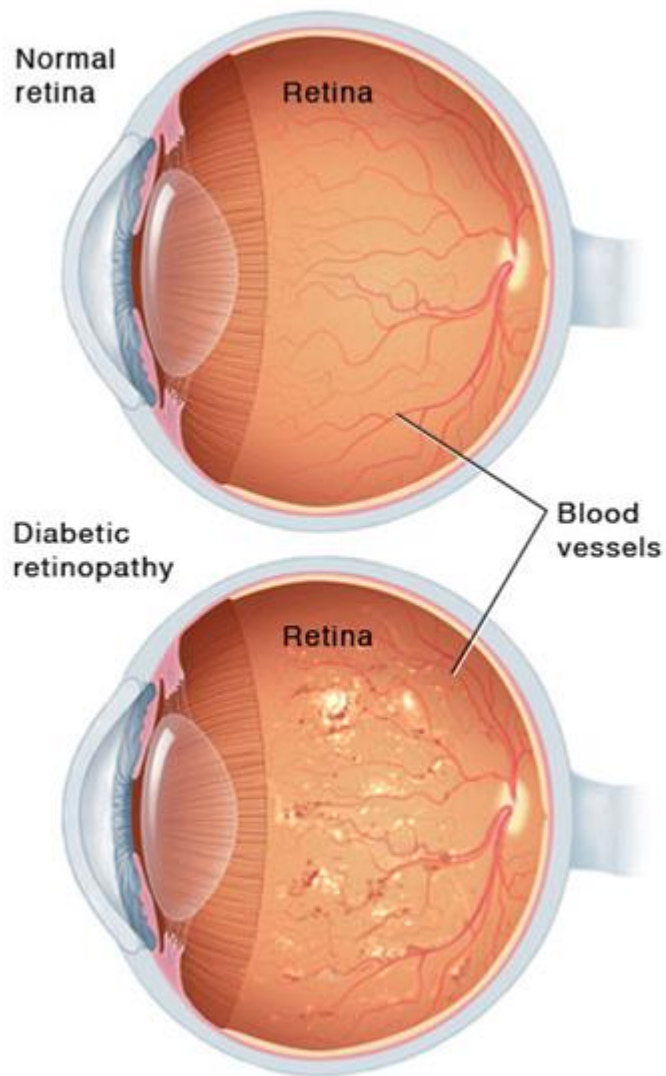


Fig. No. 3 Damage of the retina by diabetic retinopathy [9]

In particular, the complications of the proliferative form of diabetic retinopathy, which causes loss of vision through vitreous hemorrhage and traction of the retina, are feared. The proliferative form of diabetic retinopathy develops primarily in type 1 diabetes, but also in type 2 diabetes can cause practical blindness by the occurrence of diabetic macular edema, which is surprisingly encountered at the time of diagnosis of diabetes. In addition, even in type 2 diabetes, the formation of newly created vessels, which pose a threat to the complications described above leading to blindness, is not ruled out.

Diabetic macular edema is the most common cause of visual disturbance in patients with non-proliferative diabetic retinopathy. Diabetic macular edema is a generic term, indicating the retinal thickening that affects the macular landscape. Damping may be focal or diffuse. Focal edema is associated with concentrically stored clumps of hard exudates (lipoprotein deposition) and occurs in places where the tightness of the hematoretin barrier is impaired. Diffuse edema is a much wider disorder. Microanalysis and retinal capillaries leak. Exudative fluid can accumulate in the retinal layers and create cystic spaces.

This pathology, caused by a serious disorder of tight junctions of the endothelium and the loss of hematoretinal barriers, may also be related to proliferative diabetic retinopathy. At risk of developing diabetic macular edema over time, all patients with diabetes. The onset of diabetic macular edema is usually gradual, painless and manifests as a worsening of central visual acuity. Advanced stages of diabetic macular edema are associated with a severe and often difficult to treat visual impairment.

Excessive vascular permeability, which causes leakage of the fluid and plasma components (especially lipoproteins) into the retina, causes retinal thickening. If thickening reaches or approaches the center of the fovea, the risk of significant damage to the visual function is high.

The cause of all these changes is hyperglycemia, which leads to microvascular complications affecting the retinal vessels. Hypertension and hyperlipidemia play a major role in diabetic macular edema. Therefore, the diabetologist's role in the precise compensation of blood glucose, blood pressure and lipidemia is very important. Only with the correct long-term compensation of these factors can efforts to stop the development of diabetic changes by laser coagulation be successful. [1] [6] [7] [8]

### **Objective and hypotheses**

The aim of the research is to discover the possible influence of diabetes on human eye's eye sensitivity to contrast before diabetes-induced changes appear visually on the ocular background. For this purpose, I measure the contrast sensitivity in patients who have diabetes but have not yet been shown to have retinal damage. The measured values will

then be compared to the control group of healthy non-diabetic patients. For this measurement, I have set two working hypotheses.

H1: Monocular and binocular contrast sensitivity will be lower for diabetic subjects than healthy samples.

H2: Contrast sensitivity will not be different for diabetic participants between right and left eye.

In the first hypothesis I assume that the increased risk of retinopathy itself will have at least some effect on the sensitivity of the individual to the contrast even though there are no observable changes on the eye background. The second hypothesis then focuses on the assumption that diabetes works in the eyes symmetrically, and therefore the damage to the ocular background, and thus the visual and sensitivity to contrast, will be symmetrical. [1]

### **Sample and Methodology**

From the sample, patients with a history of one of the following (contrast-sensitive) complications: high hypermetropia / myopia, glaucoma, cataracts operated or not operated, artificial intraocular lens, corneal refractive / surgical procedure, or eye scarring injuries.

Measurements are carried out at the Faculty Hospital at St. Anny, Department of Eye Diseases and Optometry, at the Electrophysiological Laboratory. The Pelli-Robson Board is used to evaluate the contrast sensitivity.

The interim sample contains only diabetic patients aged  $60 \pm 7$  years, with 15 men and 6 women. [1]

### **Past Results**

The previously measured contrast sensitivity values relating to hypothesis 1 are shown in Table 1. With respect to the currently unmatched control group, the results are not yet compared.

	N	Average	Confi. Int. 95,00%	Confi. Int. 95,00%	Median	Minimum	Maximum
Mono. CS	42	1,739	1,709	1,813	1,8	1,35	1,95
Bino. CS	21	1,929	1,905	1,953	1,95	1,8	1,95

Table 1 Measured contrast sensitivity values in diabetic patients [1]

The results of the provisional hypothesis of the second hypothesis are shown in Figure 1 below, where the median values for the right and left eye of the measured probands are the same 1.8. Thus, the contrast sensitivity is not different in diabetic patients without retinal damage between the right and left eye. [1]

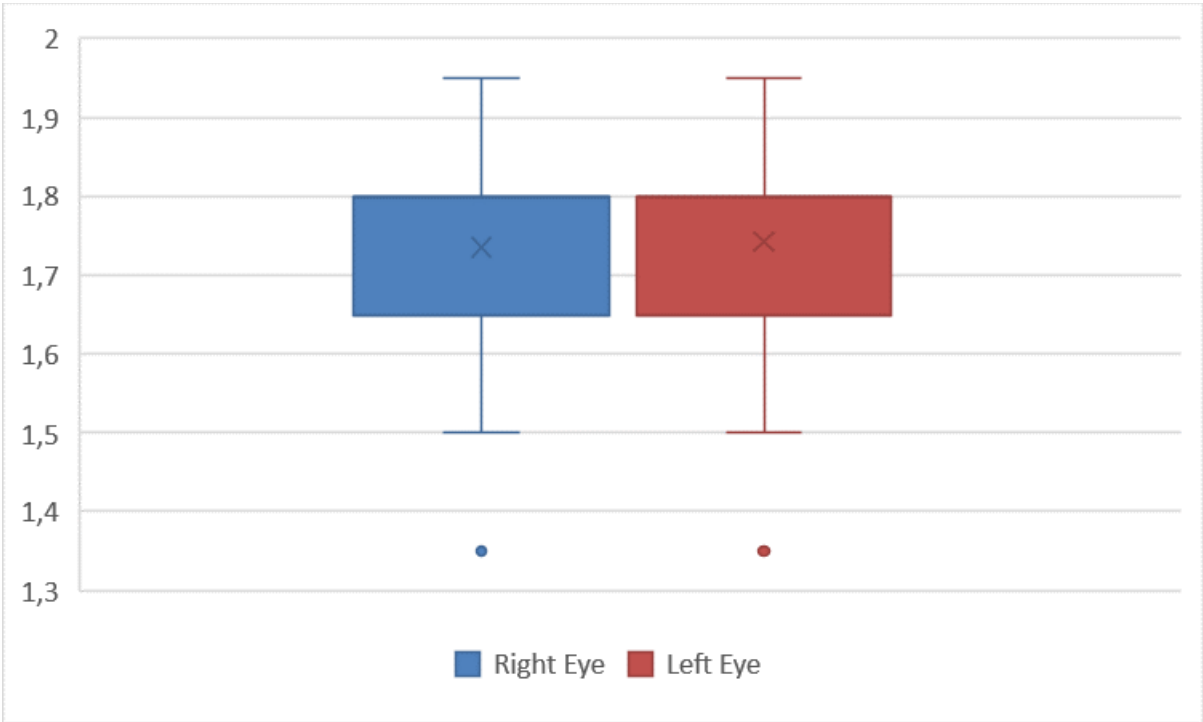


Figure 1 Comparison of the contrast sensitivity values between the right and left eye of diabetic patients [1]

## Conclusion

According to the results of the investigation, confirmation of the second hypothesis can be found. In the investigation, no significant differences were found between the left and right contrast eye sensors in diabetic patients. Diabetes is likely to affect the contrast sensitivity of the eyes symmetrically.

In the current phase of the research, the survey has not yet been subjected to a control sample of a healthy population. For the time being, we can not confirm or disprove the first hypothesis.

## Sources

- [1] LINHA, Ondřej. *Změny kontrastní citlivosti při onemocnění sítnice*. Brno, 2019. Magisterská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Skorkovská Karolína. (not published.)
- [2] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-316-6.
- [3] *Trendy soudobé oftalmologie 4*. Praha: Galén, 2007. ISBN 978-80-7262-470-6.
- [4] WANDELL, Brian. Figure 5.18: The contrast sensitivity function.  
In: *Foundationsofvision.stanford.edu* [online]. [cit. 2018-05-28]. Dostupné z: [https://foundationsofvision.stanford.edu/wp-content/uploads/2012/02/rf.freq\\_.png](https://foundationsofvision.stanford.edu/wp-content/uploads/2012/02/rf.freq_.png)
- [5] Figure 2. Pelli-Robson test. In: *Researchgate.net* [online]. [cit. 2018-05-28]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Tais\\_Parede/publication/260131039/figure/fig2/AS:296990878519302@1447819551724/Pelli-Robson-test-measures-contrast-sensitivity-using-a-single-large-letter-size-20-60.png](https://www.researchgate.net/profile/Tais_Parede/publication/260131039/figure/fig2/AS:296990878519302@1447819551724/Pelli-Robson-test-measures-contrast-sensitivity-using-a-single-large-letter-size-20-60.png)
- [6] *Trendy soudobé oftalmologie 8*. Praha: Galén, 2012. ISBN 9788072628186.
- [7] KUČHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.

[8] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-716-9079-1.

[9] Diabetic retinopathy. In: *Mayoclinic.org* [online]. [cit. 2018-05-28]. Dostupné z:  
[https://www.mayoclinic.org/-/media/kcms/gbs/patient-  
consumer/images/2013/08/26/10/42/ds00447\\_im02507\\_r7\\_retinopathythu\\_jpg.jpg](https://www.mayoclinic.org/-/media/kcms/gbs/patient-consumer/images/2013/08/26/10/42/ds00447_im02507_r7_retinopathythu_jpg.jpg)

**Bc. Filip Mikulecký, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.**

## **Tvorba interaktivních video záznamů vyšetřovacích postupů v optice a optometrii**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

### **1 Anotace**

Ve své diplomové práci se věnuji popisu vyšetřovacích metod, které jsou součástí běžného optometrického vyšetření. V teoretické části se zabývám kapitolami týkající se anamnézy, zjištění naturálního a habituálního vízu, objektivní refrakce a následné subjektivní korekce. V rámci monokulární subjektivní korekce popisuji metodu Jacksonových zkřížených cylindrů, metodu zamlžovací a následné sférické dokorigování na červeno-zeleném testu. V rámci korekce binokulární se věnuji akomodačnímu vyvážení na Cowenově testu, vyšetření heteroforií na křížovém a Schoberově testu.

Praktická část sestává z videozáznamu jednotlivých částí vyšetření s doprovodným scénářem ve výchozím textu.

### **2 Anamnéza**

Optometristické vyšetření většinou zahajujeme anamnézou, a to kvůli informacím o pacientovi důležitým pro správnou diagnostiku potíží se zrakem. Proces anamnézy zahajujeme již při příchodu pacienta formou aspekce – styl chůze, držení těla a hlavy atd.

Anamnéza probíhá formou strukturovaného rozhovoru. Otázky se budou týkat celkem 6 okruhů – osobní a oční, pracovní, sociální, rodinné, farmakologické a alergologické anamnéze a také abúzu. [4, 5, 7]

### **3 Refrakce oka**

Další částí je zjištění refrakce oka objektivními metodami pomocí autorefraktometru případně retinoskopie. Objektivní refrakci lze měřit také až po zjištění naturálního a habituálního vízu, Vzhledem k výhodnějšímu následnému postupu jsem zvolil měření

objektivní refrakce již před měřením ZO (po měření objektivní refrakce již bude mít pacient po celou dobu vyšetření nasazenou zkušební obrubu). [4, 7]

### **3.1 Objektivní refrakce pomocí autorefraktometru (ARM)**

Vyšetření objektivní refrakce pomocí autorefraktometru je v současnosti jedno z nejvyužívanějších. Vyšetření je snadno proveditelné, rychlé a poměrně přesné, což jsou pravděpodobně nejdůležitější aspekty, kvůli kterým se autorefraktometry vyskytují téměř na každém optometrickém pracovišti a v očních ordinacích.

Autorefraktometry pracují na principu optometru, skiaskopie či Scheinerově principu. V posledních letech se z autorefraktometru stává stále více multifunkční zařízení. [7, 11]

Pacient sedí ve vyšetřovacím křesle. Autorefraktometr umístím před pacienta, který si opře bradu a čelo o opěrky k tomu určené. Fixační značka má za úkol uvolnit akomodaci, samotný měřicí paprsek se pohybuje v infračervené části spektra, je proto pro oko neviditelný a nemá vliv na akomodaci oka. Pomocí joysticku zaostřím autorefraktometr na oko a stisknu tlačítko na vrcholu joysticku pro zahájení měření, následně je měření již automatické. [4, 7]

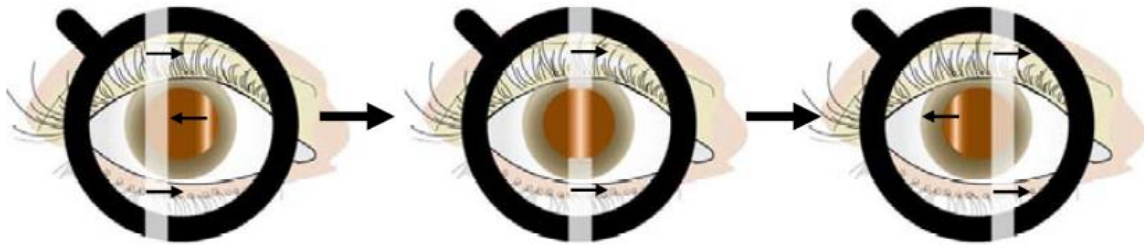
### **3.2 Objektivní refrakce pomocí retinoskopie**

Retinoskopie je druhou metodou vyšetření objektivní refrakce, která bude součástí video záznamu vyšetření. Princip vyšetření spočívá ve vybavení červeného reflexu, s jehož pomocí lze určit refrakční stav oka.

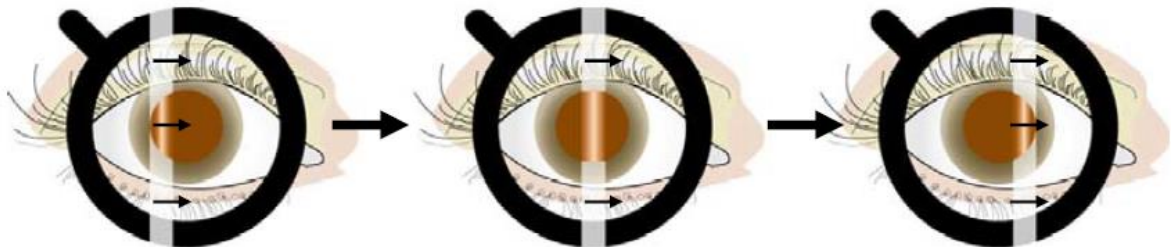
Retinoskop je zařízení obsahující regulovatelný světelný zdroj a průzor. Skrze průzor optometrista sleduje červené reflexy. Červený reflex vzniká odrazem světla od sítnice a obvykle bývá zbarven červeno-oranžově. Toto zbarvení způsobuje odraz světla od sítnice. Při pohybu retinoskopu červené reflexy vykazují pohyb v závislosti na refrakčním stavu oka. [7, 11]



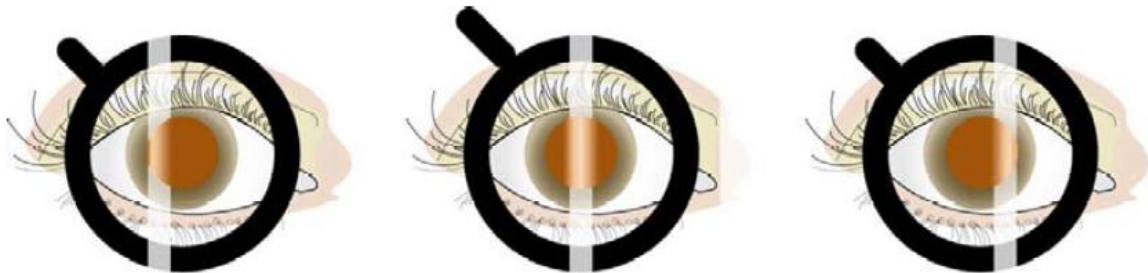
Pacient sedí ve vyšetřovací křesle a sleduje optotypové znaky pro něj čitelné, a to oběma očima. Před vyšetřované oko předložím čočku o opt. mohutnosti +2,0 D odpovídající vergenci vyšetřovací vzdálenosti, a to kvůli vyhnutí se přepočtu výsledné korekce. Skrze retinoskop, se kterým mírně otáčím (po horizontální/vertikální ose s vertikálním/horizontálním světelným pásem) pozoruji červený reflex a jeho pohyb. V případě protichůdného/stejnosměrného pohybu se jedná o myopii/hypermetropii (viz obr. č. 1, 2) – předřazuji rozptylnou/spojnou čočku. Pokud dosáhneme bodu neutralizace (viz obr. č. 3), reflex se pouze rozsvítí a zhasne, čím blíže budu nalezení bodu neutralizace, tím bude pohyb reflexu rychlejší. [1, 4, 7, 10]



obrázek č. 1 – Protichůdný pohyb červeného reflexu [13]



obrázek č. 2 – Souhlasný pohyb červeného reflexu [13]



obrázek č. 3 – Bod neutralizace [13]

## **4 Stanovení naturálního vízu (Vsc) + vízu s vlastní korekcí (Vcc)**

Hodnota zrakové ostrosti optometristovi poskytuje představu o zrakovém výkonu pacienta. Vyšetření zrakové ostrosti zahajuje proces subjektivní refrakce a je důležitým krokem při jejím správném stanovení. [7]

Pacientovi sedícímu ve vyšetřovacím křesle nasadím a upravím zkušební obrubu a poté vložím clonu před levé oko. Vyzvu pacienta, aby četl optotypové znaky po řádcích s cílem rozeznat co nejmenší znaky, s čímž narůstá hodnota zrakové ostrosti nutná k rozeznání těchto znaků. Za výsledný vízus považujeme poslední řádek, ve kterém pacient rozezná alespoň 60 % znaků, pro hodnocení výsledného vízu tedy používám prahovou metodu. Analogicky zjistím také vízus druhého oka a vízus binokulární.

Následovat bude zjištění vízu s vlastní korekcí, jejíž dioptrické hodnoty přednostně zjistím na fokometru v rámci anamnézy. Vložím do zkušební obruby zkušební čočky s korekčním účinkem odpovídajícím korekci v brýlích. Následně postupuju analogicky se zjištěním naturálního vízu. [1, 4, 5, 6, 7, 8]

## **5 Subjektivní refrakce**

Stanovení subjektivní refrakce představuje nejdůležitější část celého vyšetření, správné zvládnutí postupu je tedy jedna z nejdůležitějších dovedností optometristy. Korekci lze provést dvěma postupy, a to buď s pomocí Jacksonova zkříženého cylindru, anebo zamlžovací metodou s využitím astigmatické růžice. [7]

### **5.1 Monokulární korekce pomocí Jacksonova zkříženého cylindru (JCC)**

Korekce s použitím JCC představuje jednu z nejpoužívanějších metod monokulární korekce. Výhody použití JCC spočívají v možnosti přesného nastavení osy a hodnoty korekčního cylindru. [1, 2, 3, 6, 7]

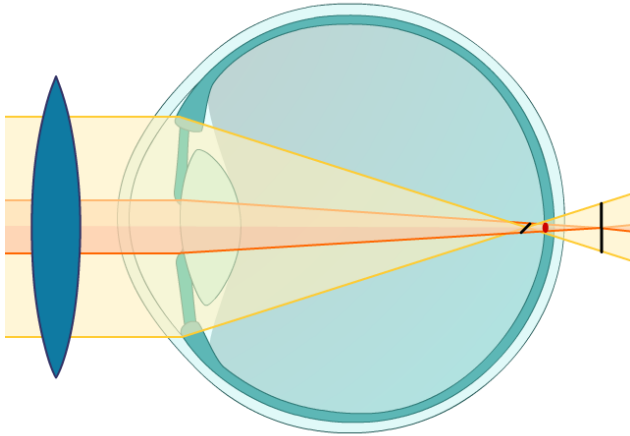
### 5.1.1 Nejlepší sférická korekce

Vkládám nejprve spojnou čočku, jejíž vrcholová lámavost odpovídá sférickému deficitu podle úrovně vízu (viz tabulka č. 1), a doprovázím otázkou: Zhoršil se obraz nebo zůstal stejný? V případě, že obraz zůstal stejný (uvolnění akomodace), nebo se zlepšil (posun obrazu k sítnici), spojnou čočku ponechávám. V případě zhoršení obrazu spojnou čočku vyjmu a vložím rozptylnou čočku o stejné vrcholové lámavosti a doprovázím otázkou: Zlepšil se obraz? Pokud dojde k doostření obrazu, rozptylnou čočku ponechávám.

SPH deficit podle úrovně vízu		
Vízus	SPH deficit	Vrcholová lámavost
1,0	0,25	0,25
0,80	0,50	0,25
0,50	1,00	0,50
0,30	1,50	0,75
0,15	2,00	1,00
$\leq 0,10$	3,00	2,00

tabulka č. 1 – SPH deficit podle úrovně vízu [7]

Po dobu celého vyšetření se řídím korekčními podmínkami – korekce myopie nejslabší rozptylnou čočkou, se kterou dosáhnu nejlepší zrakové ostrosti a korekce hypermetropie nejsilnější spojnou čočkou, se kterou dosáhnu nejlepší zrakové ostrosti. Celý postup sférické korekce doprovázím zmíněnými otázkami. Konec sférické korekce (viz obr. č. 4) nastává v případě, kdy rozptylná čočka o hodnotě  $-0,25$  D již nelepší obraz, resp. spojná čočka o hodnotě  $+0,25$  D obraz zhorší.

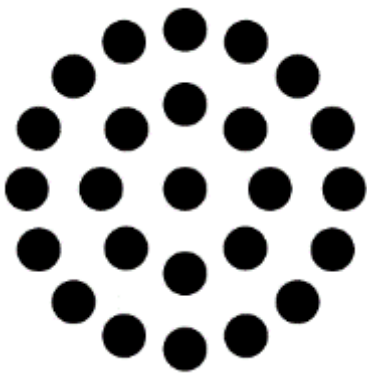


obrázek č. 4 – Astigmatické oko s nejlepší sférickou korekcí [12]

Pro eliminaci zapojení nežádoucí akomodace využívám výměnný trik. V případě spojných čoček nejprve vložím požadovanou spojnou čočku a až poté vyjmu původní. U rozptylných čoček nejprve vyjmu původní rozptylnou čočku a až poté vložím rozptylnou čočku novou. [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]

### 5.1.2 Korekce astigmatismu

Pacient sedí na vyšetřovacím křesle již s nejlepší sférickou korekcí. Na LCD optotypu je vyobrazen Brockův test (viz obr. č. 6), který je určen pro korekci astigmatismu (lze také korigovat na znacích s kulatými liniemi – C, O, 9, 3, 8).

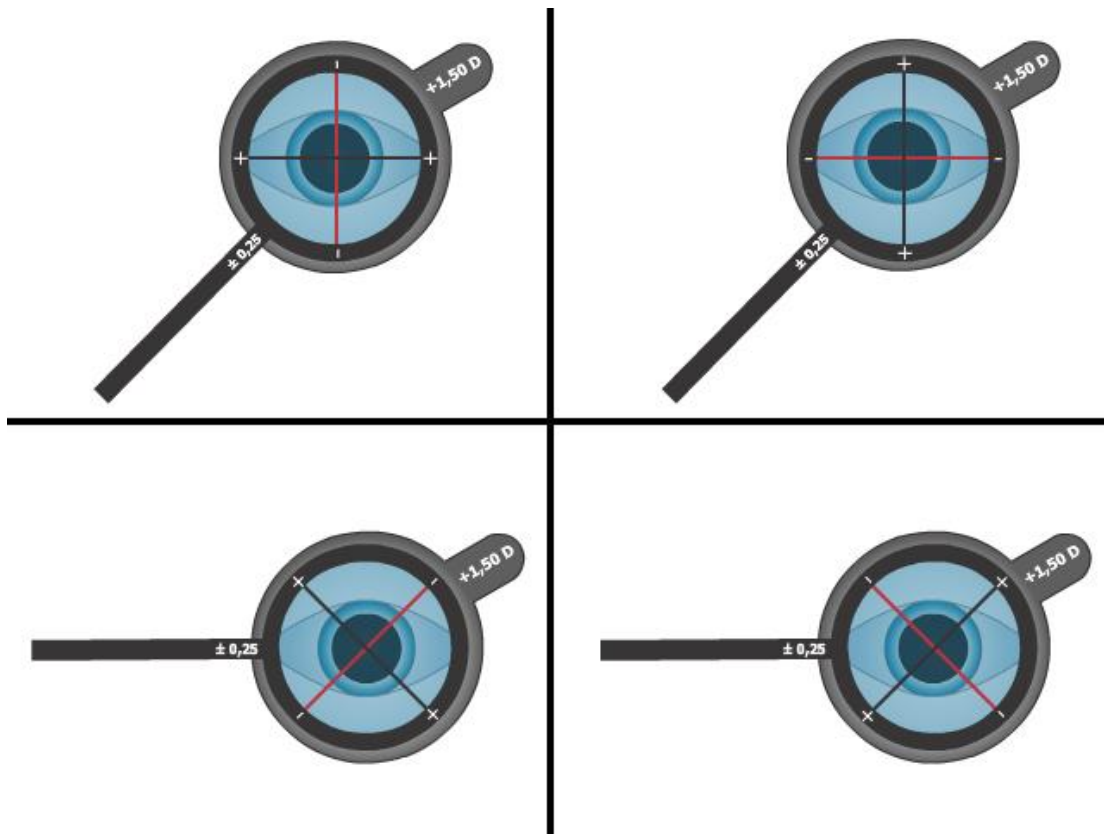


obrázek č. 6 – Brockův test [12]

Prvně je potřeba zjistit **přibližnou osu astigmatismu**, případně zda je vůbec přítomen. Vyšetřované předložím JCC před oko tak, aby rozptylná osa JCC odpovídala vertikálnímu směru – 90°. Následně pomocí rotace držátka kolem své osy otočím JCC o 180°, čímž se mi hlavní osy vymění a rozptylná osa JCC bude odpovídat horizontále – 180°. Celý tento postup doprovázím otázkou, zda je lepší varianta jedna, nebo dvě (to samé v osách 45° a 135°, viz obr. č. 7). Rozptylný plan-cylindr tedy následně vložím mezi dvě preferované osy detekované ze dvou dvojic variant (90°/180°, 45°/135°). Hodnotu plan-cylindru určím dle cylindrického deficitu podle úrovně vízu (tabulka č. 2).

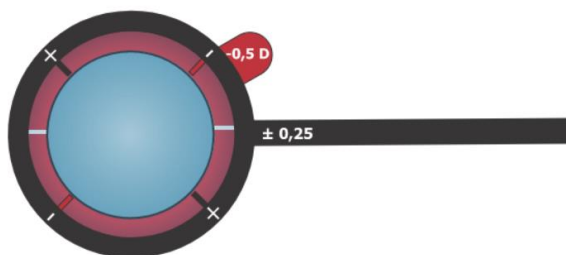
CYL deficit podle úrovně vízu		
Vízus	CYL deficit	Vrcholová lámavost
1,20	0,25	0,12
1,00	0,50	0,25
0,65	1,00	0,50
0,50	1,50	0,50
0,40	2,00	0,50
0,20	3,00	1,00

*tabulka č. 3 – CYL deficit podle úrovně vízu [7]*



obrázek č. 7 – Pozice JCC při hledání přibližné osy astigmatismu [12]

Po nalezení přibližné osy astigmatismu a vložení plan-cylindru do zkušební obruby přichází na řadu co **nejpřesnější stanovení jeho osové orientace**. JCC předložím před oko tak, aby osa vloženého plan-cylindru byla přesně mezi hlavními řezy JCC (viz obr. č. 8). Otočím JCC a opět postup doprovázím otázkou, zda je lepší varianta jedna, nebo dvě. Po detekci preferované varianty stáčím vložený plan-cylindr směrem k pozici rozptylné osy u preferované varianty. Tento postup opakuji do té doby, než budou varianty jedna a dvě stejné.



obrázek č. 8 – Poloha JCC při stanovení přesné osové orientace astigmatismu [12]

Následuje **nalezení optické mohutnosti cylindru**. JCC předložím před oko vyšetřované tak, aby rozptylná osa odpovídala kolmému směru k ose vloženého plan-cylindru. Poté opět rotuji s JCC. Postup doprovázím dotazem, zda je lepší varianta, nebo dvě. Podle preferované varianty hodnotu plan-cylindru buď o +0,25 D zeslabím, nebo o -0,25 D zesílím. Postup opakuji do stavu, kdy varianty jedna a dvě budou stejné.

Při zesilování hodnoty plan-cylindru neopomenu pokaždé překontrolovat osu plan-cylindru. Důležitou částí je také úprava sféry. Při změně hodnoty plan-cylindru o 0,5 D změním také hodnotu sféry o 0,25 D. Po dokončení korekce astigmatismu ověřím hodnotu sféry předřazením čoček + 0,25 D a -0,25 D. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 9]

## **5.2 Monokulární sférické dokorigování (červeno-zelený test)**

Pacient sleduje červeno-zelený test, který sestává ze sad znaků na zeleném a červeném podkladu. Vyšetřovanou zamlžím čočkou +0,5 D – znaky v červeném poli se zdají výraznější. Ptám se, zda je některá skupina znaků tmavší/černější. Princip korekce: předkládám rozptylné čočky do vyrovnání kvality obrazu na červeném/zeleném poli (obecně: lepší skupina znaků v červeném/zeleném poli – předkládám rozptylnou/spojnou čočku). [1, 2, 3, 6, 7]

## **6 Binokulární akomodační vyvážení (Cowenův test)**

Je potřeba disociovat vjemy levého a pravého oka, čehož dosáhnou předložením polarizačních filtrů. Pacient vidí pravým okem pouze horní dva kruhy a levým okem pouze spodní. Každá z dvojic kruhů ve sloupci náleží podkladu jiné barvy (červená/zelená – analogicky s červeno-zeleným testem). Vyšetření probíhá analogicky s červeno-zeleným testem, avšak binokulárně. Jestliže jsou jako výraznější kruhy detekovány ty na červeném podkladu, předkládám binokulárně -0,25 D, zda jsou výraznější kruhy na zeleném podkladu, předkládám +0,25 D. Ve výsledku by vyšetřovaná měla detekovat oba řádky (všechny kruhy) jako stejně ostré, což by znamenalo, že obě oči jsou akomodačně stejně vykorigovány. [2, 3, 7]

## 7 Vyšetření heteroforie bez/s přítomností fúze

Pacient má předřazeny polarizační filtry. Na optotypu promítnu křížový test bez fúzního podnětu/křížový test s fúzním podnětem. Pacient vidí v případně prvního testu horizontální ramena kříže levým okem, vertikální ramena pravým. V případě křížového testu s fúzním podnětem vidí pacient levým okem levé a spodní rameno a pravým okem pravé a horní rameno, bod uprostřed je viděn oběma očima. Následná korekce heteroforie/fixační disparity se odehrává podle postavení ramen kříže. V případě decentrace části obrazu odpovídající pravému oku **doprava/doleva/nahoru/dolu** se jedná o **esoforii/exoforii/poz. hypoforii/poz. hyperforii**. Prizmatickou čočku vkládám bází proti úchylice (**BO/BI/BU/BD**). [1, 2, 3, 6, 7]

### Zdroje:

#### Knižní publikace:

- [1] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [2] ANTON, M. *Subjektivní korekce refrakčních vad*. Česká oční optika 2005. č. 2.
- [3] ANTON, M. *Subjektivní korekce refrakčních vad*. Česka oční optika 2005. č. 3.
- [4] FALHAR, Martin. a kolektiv. *21VBV. 21 kroků vyšetření binokulárního vidění*. [online] 2016 [cit. 2017-11-04] Dostupné z: <[www.optikarium.cz/21VBV.pdf](http://www.optikarium.cz/21VBV.pdf)>
- [5] FORÝTKOVÁ, Lenka, Aleš BOUREK a Bohumil SEIFERT. *Standardy léčebných postupů a kvalita ve zdravotní péči: manuál zvyšování kvality péče pro nemocnice, polikliniky, praktické lékaře a specialisty*. Praha: Dashöfer, 2014. ISSN 1803-120x.
- [6] PRAKTICKÁ REFRAKCE. In: *Listy očních optiků*, Essilor International, 2007.
- [7] SEVERA, David, Petr VESELÝ a Pavel BENEŠ. *Základy metod korekce refrakčních vad*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2016. Elportál. ISBN 978-80-210-8289-2.
- [8] VESELÝ, Petr. *Porovnání a spolehlivost vyšetření zrakové ostrosti na optotypu logMAR ETDRS a Snellen celořádkovou a interpolační metodou*. Brno, 2012. Disertační práce. Lékařská



fakulta Masarykovy Univerzity. Vedoucí práce Doc. MUDr. Svatopluk Synek CSc. Dostupné z:  
<[http://is.muni.cz/th/176573/lf\\_d/](http://is.muni.cz/th/176573/lf_d/)>

[9] JACKSONS CROSS CYLINDER [Online]. 2007 [cit. 2017-11-04]. Dostupné z:  
<[http://ksos.in/ksosjournal/journalsub/Journal\\_Article\\_9\\_102.pdf](http://ksos.in/ksosjournal/journalsub/Journal_Article_9_102.pdf)>

[10] RETINOSCOPY – STUDENT MANUAL [Online]. 2008 [cit. 2017-11-04]. Dostupné z:  
<<http://www.vargellini.it/zaccagnini/download/approfondimenti/optometria/retinoscopia%20eenglis.pdf>>

[11] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.

#### **Obrázky:**

[13] SEVERA, David, Petr VESELÝ a Pavel BENEŠ. *Základy metod korekce refrakčních vad*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2016. Elportál. ISBN 978-80-210-8289-2.

[14] RETINOSCOPY – STUDENT MANUAL [Online]. 2008 [cit. 2017-11-04]. Dostupné z:  
<<http://www.vargellini.it/zaccagnini/download/approfondimenti/optometria/retinoscopia%20eenglis.pdf>>

**Bc. Filip Mikulecký, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D**

## **Creation of the optometric examination interactive video record**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

### **1 Annotation**

In my thesis I deal with the description of the examination methods that are part of the normal optometric examination. In the theoretical part, I deal with chapters concerning anamnesis, natural and habitual visual acuity, objective refraction and subjective correction. In the context of monocular subjective correction, I describe the method of Jackson's cross cylinders, the method of misting and examination on red-green test. In the binocular correction, I focus on the Cowen test, the heterophoric examination on the cross and Schober test.

The practical part consists of video record of the individual parts of the examination with the accompanying screenplay in the original text.

### **2 Anamnesis**

Optometric examinations usually begin with a anamnesis, due to patient information important for correct diagnosis of vision problems. We are beginning the process of anamnesis when the patient arrives in the form of an aspect - walking style, posture of body and head, etc.

The anamnesis is going in the form of a structured interview. Questions are divided to 6 sections - personal and ocular, working, social, family, pharmacological and allergic anamnesis and also abuse. [4, 5, 7]

### **3 Eye refraction**

Another part is the detection of eye refraction by objective methods using autorefractometer or retinoscopy. Objective refraction can also be measured after finding a natural and habitual vision. Because of the more favourable follow-up, I chose measure objective refraction before the VA measurement (after the objective refraction, the patient will have the test rim fitted to the end of the examination). [4, 7]

#### **3.1 Objective refraction by autorefractometer (ARM)**

Examination of objective refraction by autorefractometer is currently one of the most commonly used. Examination is easy to perform, fast and fairly accurate, which are probably the most important aspects that make autorefractometers available at almost every optometric workplace and ophthalmology.

Autorefractometers work on the principle of optometr, skiascopy, or Scheiner's principle. An autorefractometer has become increasingly multifunctional devices in recent years [7, 11]

The patient sits in the examination chair. I place the ARM in front of a patient who rests her chin and forehead on the restraints intended for it. The fixation mark is intended to release the accommodation, the measuring beam itself is in the infrared portion of the electromagnetic spectrum, therefore it is invisible to the eye and doesn't affect the accommodation of the eye. Using the joystick, I focus the ARM on the eye and press the button at the top of the joystick to start the measurement, then the measurement is already automatic. [4, 7]

#### **3.2 Objective refraction by retinoscopy**

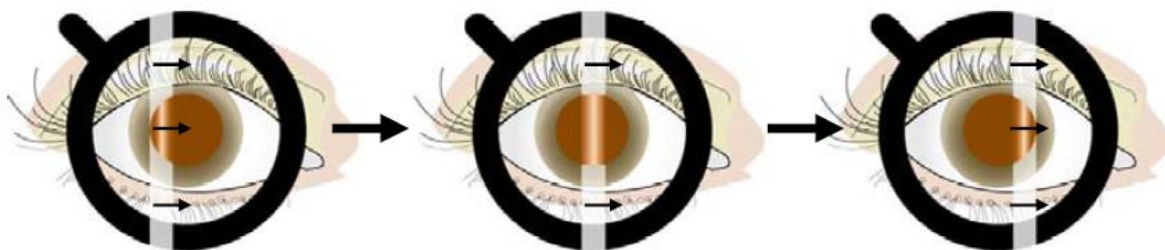
Retinoscopy is the second method of objective refraction examination, which will be part of the video recording. The principle of examination is to provide a red reflex to determine the refractive status of the eye.

Retinoscope is a device that contains a controllable light source and a hole for view. Through this hole the optometrist sees red reflexes. The red reflex is formed by the reflection of light from the retina and is usually red-orange. This coloring causes reflection of the light from the retina. When retinoscopy moves, the red reflexes show movement depending on the refraction of the eye. [7, 11]

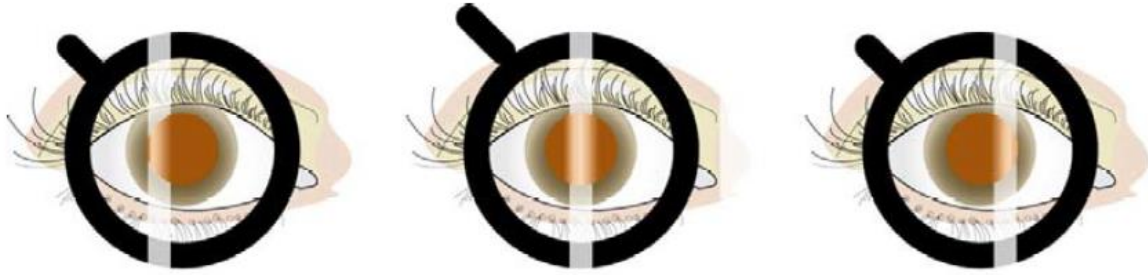
The patient sits in the examination chair and watches the optometric characters for him readable with both eyes. Before the eye I will submit a lens with power of +2.0 D corresponding to the vergence of the examination distance, in order to avoid recalculation of the correction result. Through a retinoscope, with which I turn slightly (horizontally / vertically with and a vertical / horizontal position of light band), I observe the red reflex and its movement. In the case of against / with movement, it is myopia / hypermetropia (see image 1, 2) - I assume a minus / plus lens. If we reach the neutral point (see image 3), the reflex only lights up and goes out, the closer I am to finding the neutral point, the faster the reflex movement will be. [1, 4, 7, 10]



*Image 1 – Against movement [13]*



*Image 2 – With movement [13]*



*Image 3 – Point of neutralization [13]*

#### **4 Determination of natural visual acuity + self-corrected visual acuity**

The value of visual acuity provides an assumption of the patient's visual performance. The examination of visual acuity begins the process of subjective refraction and it is an important step in its correct determination. [7]

I will put and adjust the test rim on the patient sitting in the examination chair and then place the chart in front of patient's left eye. The patient reads the optometric characters in rows to detect the smallest characters, thus increasing the value of visual acuity needed to distinguish these characters. For the final visual acuity, we consider the last line in which the patient recognizes at least 60 % of the characters, so I use the threshold method for evaluating the visual acuity result. Analogously I will also find the visual acuity of the second eye and the binocular visual acuity.

Next part will be a self-correction visual acuity. The refraction power of the glasses lenses will be preferentially found on the focimeter within the anamnesis. I place test lenses with a refractive power corresponding to correction in the glasses in the test rim. I then proceed analogously to the findings of a natural visual acuity. [1, 4, 5, 6, 7, 8]

#### **5 Subjective refraction**

Determination of subjective refraction is the most important part of the entire examination, therefore the proper handling of the procedure is one of the most important

skills of the optometrist. Correction can be accomplished by two procedures, by Jackson's crossed cylinder, or by the astigmatic rosette using the foggy method. [7]

## 5.1 Monocular correction by Jackson cross cylinder (JCC)

Correction using JCC is one of the most commonly used monocular correction methods. Advantages of using JCC include the ability to precisely adjust the axis and the value of the cylinder. [1, 2, 3, 6, 7]

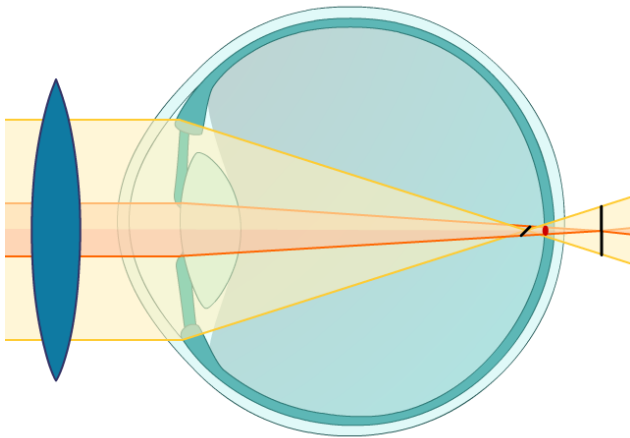
### 5.1.1 The best spherical correction

First, I insert a plus lens with a power corresponds to the spherical deficit according to the VA level (see Table 1), and accompanied by the question: Did the picture deteriorate or stay the same? If the image remains the same (relaxation accommodation) or improved (shifting the image to the retina), I keep the lens in the test rim. In the case of a deterioration of the image, remove the lens and insert the minus lens with the same power and ask the question: Did the image improve? If the image is sharpened, I keep the lens in the test rim.

SPH deficit via VA level		
VA level	SPH deficit	Power of the lens
1.0	0.25	0.25
0.80	0.50	0.25
0.50	1.00	0.50
0.30	1.50	0.75
0.15	2.00	1.00
$\leq 0.10$	3.00	2.00

Table 1 – Sph deficit via VA level [7]

Throughout my examination, I follow the correctional conditions - myopia correction with the weakest lens to achieve the best visual acuity and correction of hypermetropia with the strongest lens to achieve the best visual acuity. The whole process of spherical correction accompanied by the above mentioned questions. The end of the spherical correction (see image 4) occurs when the lens of  $-0.25$  D already hasn't a better image, lens  $+0.25$  D will deteriorated the image.

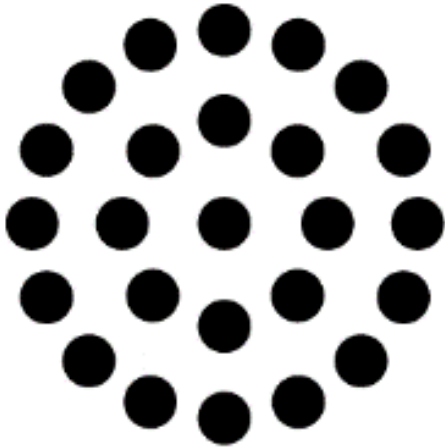


*Image 4 – Astigmatic eye with best spherical correction [12]*

To eliminate unwanted accommodation, I use a substitute trick. In the case of a plus lenses, I first insert the required lens into the test rim and then remove the original lens. For minus lenses, first remove the original lens and then insert the diffuse lens. [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]

### **5.1.2 Astigmatism correction**

The patient sits in the examination chair with the best spherical correction. The Brock test for correcting astigmatism (see image 6) is shown on the LCD optotype (it can also be corrected by using characters with rounded lines - C, O, 9, 3, 8).



*Image 6 – Brock test [12]*

First, it is necessary to find out the approximate axis of astigmatism, or whether it is present at all. I insert the JCC in front of the eye so that the JCC axis corresponds to the vertical direction -  $90^\circ$ . Subsequently, by rotation of the handle around its axis, I rotate the JCC by  $180^\circ$ , changing the main axis and the JCC axis being corresponded to direction  $180^\circ$ . All of this is accompanied by the question of whether one is better- one or two (the same in the  $45^\circ$  and  $135^\circ$  axes). The minus plan-cylinder is then inserted between two preferred axes detected from two pairs of variants ( $90^\circ / 180^\circ$ ,  $45^\circ / 135^\circ$ ). The plan-cylinder value is determined by the cylindrical deficit according to the visual acuity level (Table 2).



CYL deficit via VA level		
VA	CYL deficit	Power of the lens
1.20	0.25	0.12
1.00	0.50	0.25
0.65	1.00	0.50
0.50	1.50	0.50
0.40	2.00	0.50
0.20	3.00	1.00

Table 2 – CYL deficit via VA level [7]

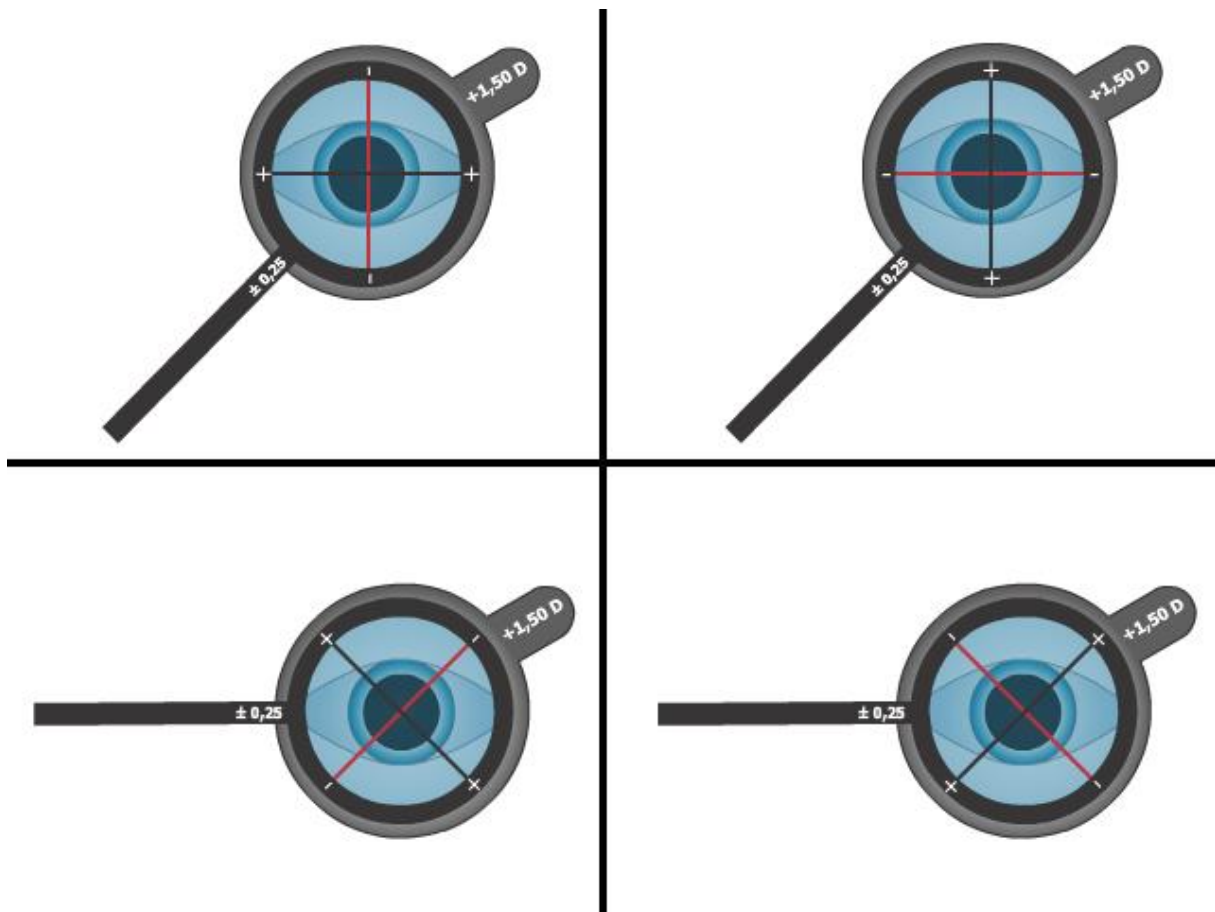
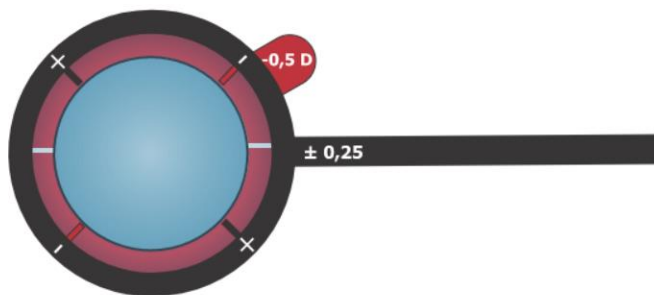


Image 7 – Positions of JCC for finding an approximate axis [12]

After finding the approximate axis of astigmatism and inserting the plan-cylinder into the test rim follows the most accurate determination of its axial orientation. JCC will be placed in front of the eye so that the axis of the inserted plan-cylinder is exactly between the major sections of the JCC (see image 8). I turn the JCC and ask the question of whether there is a better option - one or two. After detecting the preferred variant, the plan-cylinder is rotated toward the position of the minus axis of the preferred variant. I repeat this procedure until the variants - one and two are the same.



*Image 8 – Position of JCC for finding the most accurate axis [12]*

Next part is the finding of the optical power of the cylinder. JCC will be placed in front of the eye so that the minus axis corresponds to the perpendicular direction to the axis of the inserted plan-cylinder. Then I rotate JCC again. The procedure is accompanied by a question as to whether there is a better option - one or two. According to a preferred variation I insert the plan-cylinder + 0.25D or -0.25 D. I repeat the procedure to a state where variants one and two will be the same.

When amplifying the value of the plan-cylinder, I do not forget to check the axis every time. An important part is also the sphere's adjustment. When changing the plan-cylinder value by 0.5 D, it also changes the sphere value by 0.25 D. After completing the astigmatism correction, I verify the sphere value by inserting the lenses + 0.25 D and -0,25 D. [1, 2, 3, 4, 6,7,9]

## **5.2 Red-green test**

The patient follows a red-green test consisting of a set of characters on a green and red background. The patient blurred with a lens +0.5 D - the characters in the red field appear to be more pronounced. I ask if any group of characters is darker / blacker. Correction Principle: I'm inserting minus lenses to match the image quality on the red / green field (generally: better character group in the red / green field - I'm inserting a minus / plus lens). [1, 2, 3, 6, 7]

## **6 Binocular accommodative balancing**

It is necessary to dissociate the senses of the left and right eye, which is achieved by submitting the polarization filters. The patient sees only the upper two circles with the right eye and only the lower with the left eye. Each of the pairs of circles in the column belongs to the background of another color (red / green - analogous to the red-green test). The examination is performed analogously to the red-green test, but binocularly. If circles on the red background are detected as darker or blacker, I insert the -0.25 D lens for a more pronounced circle on a green background, I insert +0.25 D lens. As a result, the investigated should detect both rows (all circles) as sharp, which would mean that both eyes are equally corrected as well. [2, 3, 7]

## **7 Examination of heterophoria without / with the presence of fusion**

The patient has polarized filters in the test rim. On a optotype, a cross-test without a fusion stimulus / cross-test with a fusion stimulus will be projected. The patient sees the horizontal parts of the cross with the left eye in the first test, the vertical parts with the right eye. In the case of a cross-test with a fusion stimulus, the patient sees the left and lower part with the left eye, and the right and upper part of the right eye, the center point seen by both eyes. Heterophoria / fixation disparity is corrected according to the position of the parts of the cross. In the case of the decentration of a portion of the image corresponding to the right eye right / left / up / down, it is an esophoria / exophoria / pos. hypophoria / pos.

hyperphoria. Prismatic lens are inserts with base against deviation (BO / BI / BU / BD). [1, 2, 3, 6, 7]

### Sources:

#### Books:

- [1] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [2] ANTON, M. *Subjektivní korekce refrakčních vad*. Česká oční optika 2005. č. 2.
- [3] ANTON, M. *Subjektivní korekce refrakčních vad*. Česka oční optika 2005. č. 3.
- [4] FALHAR, Martin. a kolektiv. *21VBV. 21 kroků vyšetření binokulárního vidění*. [online] 2016 [cit. 2017-11-04] Dostupné z: <[www.optikarium.cz/21VBV.pdf](http://www.optikarium.cz/21VBV.pdf)>
- [5] FORÝTKOVÁ, Lenka, Aleš BOUREK a Bohumil SEIFERT. *Standardy léčebných postupů a kvalita ve zdravotní péči: manuál zvyšování kvality péče pro nemocnice, polikliniky, praktické lékaře a specialisty*. Praha: Dashöfer, 2014. ISSN 1803-120x.
- [6] PRAKTICKÁ REFRAKCE. In: *Listy očních optiků*, Essilor International, 2007.
- [7] SEVERA, David, Petr VESELÝ a Pavel BENEŠ. *Základy metod korekce refrakčních vad*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2016. Elportál. ISBN 978-80-210-8289-2.
- [8] VESELÝ, Petr. *Porovnání a spolehlivost vyšetření zrakové ostrosti na optotypu logMAR ETDRS a Snellen celořádkovou a interpolační metodou*. Brno, 2012. Disertační práce. Lékařská fakulta Masarykovy Univerzity. Vedoucí práce Doc. MUDr. Svatopluk Synek CSc. Dostupné z: <[http://is.muni.cz/th/176573/lf\\_d/](http://is.muni.cz/th/176573/lf_d/)>
- [9] JACKSONS CROSS CYLINDER [Online]. 2007 [cit. 2017-11-04]. Dostupné z: <[http://ksos.in/ksosjournal/journalsub/Journal\\_Article\\_9\\_102.pdf](http://ksos.in/ksosjournal/journalsub/Journal_Article_9_102.pdf)>
- [10] RETINOSCOPY – STUDENT MANUAL [Online]. 2008 [cit. 2017-11-04]. Dostupné z: <<http://www.vargellini.it/zaccagnini/download/approfondimenti/optometria/retinoscopia%20eenglis.pdf>>

[11] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.

**Images:**

[13] SEVERA, David, Petr VESELÝ a Pavel BENEŠ. *Základy metod korekce refrakčních vad*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2016. Elportál. ISBN 978-80-210-8289-2.

[14] RETINOSCOPY – STUDENT MANUAL [Online]. 2008 [cit. 2017-11-04]. Dostupné z: <<http://www.vargellini.it/zaccagnini/download/approfondimenti/optometria/retinoscopia%20eenglis.pdf>>

**Bc. Kateřina Bělinová, Mgr. Ondřej Vlasák**

## **Komparace retinoskopie a autorefraktometri při stanovení refrakční vady**

**Katedra optometrie a ortoptiky LF MU, Brno**

**Anotace:** Tento příspěvek pojednává o objektivních metodách vyšetřování vízu, konkrétně o retinoskopii a autorefraktometrii. Nejdříve jsou popsány jednotlivé metody a průběh vyšetření, na konci jsou pak shrnuty základní body měření mého výzkumu.

**Klíčová slova:** retinoskopie, autorefraktometrie, refrakční vady, objektivní metody

### **Úvod**

Existuje několik typů přístrojů, které dokáží objektivně změřit refrakční stav klientových očí. Takovéto měření však musí být vždy doplněno o subjektivní vyšetření. V dnešní uspěchané době se preferují přístroje, které jsou nenáročné na obsluhu a rychlé co se týče doby vyšetření. Mezi takové přístroje se řadí i autorefraktometr, který se v poslední době stal více důležitým kvůli časovému vytížení vyšetřujících optometristů a oftalmologů, a který disponuje spoustou kladných vlastností, ale je i velmi nákladný a nese s sebou další nevýhody, jako je navození proximální akomodace a s ní i přístrojové myopie. Na druhé straně jsou tu přístroje, jejichž pořizovací cena je oproti automatickým přístrojům mnohem nižší, ale vyžadují velkou zkušenost a praxi vyšetřujícího, manipulace s nimi je náročná a doba vyšetřování se prodlužuje. Sem patří retinoskop/skiaskop, jeden z prvních přístrojů, které byly používány k měření objektivní refrakce. Dříve byla tato metoda hojně využívána, právě kvůli své dobré finanční dostupnosti nebo mýtu "zlatého standardu v přesnosti". Zároveň je zde minimální riziko navození přístrojové myopie. V současné době je využití retinoskopu i autorefraktometru srovnatelné, ačkoliv v některých zemích světa preferují daný typ oproti jinému a v dalších zase naopak.

## Retinoskopie

Retinoskopie (skiaskopie) je vyšetřovací technika, díky níž můžeme objektivně změřit refrakční stav oka pomocí pohybu tzv. červeného očního reflexu, vnímaného po odrazu od povrchu sítnice. Tato metoda je poměrně jednoduchá, finančně nenáročná na vybavení a zároveň relativně přesná. Klade však na vyšetřujícího vysoké nároky, neboť vyžaduje velkou zkušenost a preciznost vyšetřujícího během měření.

Retinoskop je přístroj, který obsahuje světelný zdroj, jehož intenzitu světla a směr šíření svazku osvětlovacích paprsků je možné regulovat. Pro stanovení refrakční vady se obvykle používá divergentního svazku paprsků. Vyšetřující umístí rozsvícený přístroj před klienta do určité vzdálenosti, čímž vybaví poměrně snadno červené reflexy obou očí klienta, ty je pak snadné pozorovat současně. Tato vzdálenost většinou z praktických zkušeností bývá 0,5 metru, snadno pozorovatelná pomocí natažené paže vyšetřujícího, a je volena takto z důvodu snadné manipulace s retinoskopem a zkušebními čočkami, které pacientovi následně předřazujeme.

K vyvolání červeného reflexu je nutné osvětlit sítnici ve stejném směru, v jakém oko pozorujeme. Světlo vycházející z retinoskopu může být buď bodové nebo pásového charakteru (využití při stanovení astigmatismu). Za běžných okolností je reflex symetrický a zbarvený do oranžovo-červena. Jeho zbarvení je zdůvodněno odrazem dopadajícího světla od vrstev zadního pólu sítnice, zvláště od cévnatky a zobrazí se pouze tehdy, jsou-li oční média čirá a není-li přítomen patologický stav. Směr a rychlost pohybu červeného reflexu jsou pak dány velikostí refrakční vady oka. Červený reflex se pohybuje pomaleji a je matnější, pokud je umístění skiaskopu daleko od pozice dalekého bodu vyšetřovaného (při vysoké refrakční vadě). Naopak čím je umístění retinoskopu blíže k pozici dalekého bodu vyšetřovaného, tím je pohyb červeného reflexu rychlejší a je výraznější, světlejší (při malé refrakční vadě). Lze také posuzovat šíři reflexu, která se mění na základě velikosti refrakční vady. Čím větší je refrakční vada, tím užší je červený reflex. Naopak čím je refrakční vada menší, tím se červený reflex rozšiřuje, až zaplní celou zornici při úplné neutralizaci refrakční vady.

Retinoskopie se provádí v zatemnělé místnosti, což zajistí potřebné rozšíření zornice a je nutné, aby klientovo oko neakomodovalo. Toho se dosáhne tím, že fixuje oběma očima např. optotypový znak v běžné vyšetřovací vzdálenosti 5-6 m a akomodace se uvolní. Pro zajištění

úplného uvolnění akomodace lze ještě před nevyšetřované oko předložit spojnou čočku, která však nesmí snížit zrakovou ostrost méně než 0,1 decimálně. Tomuto způsobu retinoskopie se říká **statická** a je v dnešní době rozšířenější.

Můžeme se setkat ale také s **dynamickou** retinoskopií, při níž pacient fixuje blízký předmět v pracovní vzdálenosti, umístěný např. na retinoskopu a oko aktivně akomoduje. Při vyšetření manipulujeme s retinoskopem obvykle ve vzdálenosti půl metru. Vergence této vzdálenosti je pak + 2D. Vždy je nutné tuto vzdálenost k naměřenému refrakčnímu stavu oka přičíst, abychom získali správné hodnoty. Abychom na to na konci vyšetření nezapomněli, je vhodné umístit do zkušební obruby čočku o hodnotě + 2D ještě před začátkem samotné retinoskopie. Následně světlem z retinoskopu zobrazují červený reflex sítnice a pozorují směr a rychlost pohybu reflexu. Cílem tohoto vyšetření je naleznout tzn. bod neutralizace (jinak řečeno také bod zvratu). Je-li retinoskop umístěn přímo v dalekém bodě vyšetřovaného, pohyb reflexu není viditelný, zornice se při přechodu svazku paprsků světla náhle “rozzáří”, reflex jakoby jen blikne.



Obr.1 - Statická retinoskopie při použití zkušební obruby a čoček

(<https://en.wikipedia.org/wiki/Retinoscopy>)

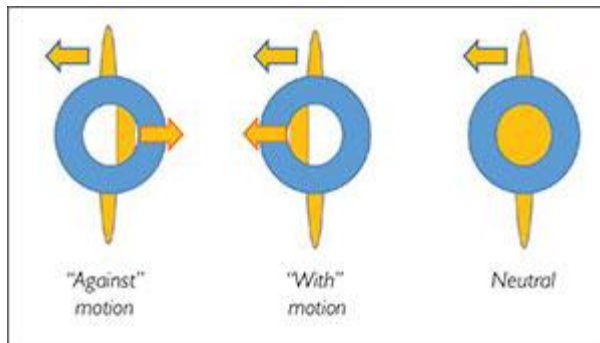
**Emetropické oko** bez jakékoliv refrakční vady tohoto bodu docílí při vyšetřovací vzdálenosti 0,5 metru a předřazené + 2D čočce. Při osvětlení klientovy zornice uvidíme červený reflex a při odklonu mimo zornici opět zmizí.

Co se týče **myopického oka**, tak při přechodu světla z retinoskopu přes zornici klientova oka budeme pozorovat protichůdný pohyb reflexu, a to právě proto, že daleký bod



myopického oka se nachází v konečné vzdálenosti před okem, tzn. mezi okem klienta a samotným retinoskopem, a světlo se při výstupu z oka převrací.

U **hypermetropického oka** to bude právě naopak. Pohyb červeného reflexu bude stejnosměrný s pohybem retinoskopu. Daleký bod se v tomto případě nachází za retinoskopem a červený reflex se tudíž nebude v rovině daného meridiánu převracet.



Obr. 2 - Pohyb reflexu při retinoskopii

<https://www.aao.org/young-ophthalmologists/yo-info/article/retinoscopy-101>

V případě **astigmatismu** využíváme pásového světelného svazku paprsků. Při přechodu světelného pásu přes zornici můžeme vidět odlišnou orientaci a pohyb červeného reflexu ve dvou na sebe kolmých meridiánech. Je doporučeno korigovat vždy stejnosměrně pohybující se reflex. Pro docílení tohoto stavu předkládáme záporné čočky, dokud se reflex nepohybuje stejným směrem jako paprsek. Nejdříve korigujeme refrakci v jednom meridiánu a po dosažení bodu neutralizace dáme danou zkušební čočku stranou a otočíme světlo retinoskopu o 90 stupňů. Následně korigujeme refrakci v druhém meridiánu, až dospějeme k bodu neutralizace. Získané dvě hodnoty pak převedeme do sféro-cylindrického zápisu a získáme hodnotu refrakce oka. Osa cylindru se určí podle směru natočení pásového světla retinoskopu dle osy vyznačené na zkušební obrubě.

Kromě statické a dynamické retinoskopie existují i další, např. **MEM retinoskopie**. MEM je zkratkou pro *Monocular Estimated Method*. Při této metodě je fixační bod umístěn do čtecí vzdálenosti vyšetřovaného. Toto vyšetření objektivně testuje akomodační schopnost vyšetřovaného na blízko a ceněná je především při stanovení binokulárních anomalit nebo akomodačních dysfunkcí. Používá se u mladých lidí před presbyopickým věkem, zejména

však u lidí, kteří trpí astenopií do blízka nebo máme podezření na akomodační potíže (latentní hypermetropie nebo akomodační spasmus).

### **Autorefraktometrie**

Autorefraktometr se také používá ke zjištění objektivní refrakce oka. Automaticky změří různé parametry oka a může fungovat ve spojení s např. tonometrem, který slouží k měření nitroočního tlaku či keratometrem, díky němuž získáme hodnoty zakřivení rohovky. Vyšetření je oproti retinoskopii velmi rychlé a nenáročné na obsluhu. Oproti retinoskopu je však pořizovací cena mnohonásobně vyšší a přístroj bývá více náchylný k poruchám. Zároveň nelze využít u nespolupracujících nebo ležících osob a výsledek měření může být ovlivněn špatnou fixací klienta, zákalem očních médií nebo nystagmem. Tento přístroj promítá na sítnici obrazy, které jsou jím následně vyhodnocovány a na základě toho určí velikost refrakční oční vady. Během krátké chvíle dokáže s velkou přesností posoudit mohutnost optické soustavy oka. V dnešní době ty nejmodernější přístroje obsahují zabudovanou wavefront analýzu, která vypočítává aberace oka.



Obr.X - Autorefraktometr s bezkontaktním tonometrem

[\(https://ocnipraha.webnode.cz/album/vybaveni-ordinace/autorefraktometr-jpg/\)](https://ocnipraha.webnode.cz/album/vybaveni-ordinace/autorefraktometr-jpg/)

Během posledních let procházely automatické refraktometry značnou proměnou, což je udělalo dostupnějšími a sofistikovanějšími oproti manuálním refraktometrům. V zásadě se od sebe liší pouze typem měřicí metody, všechny však využívají infračervené světlo o vlnové délce 800 - 950 nm, a to proto, že odrazivost fundu je v infračerveném světle asi 10x vyšší než se viditelné oblasti světelného spektra. Velkou výhodou infračerveného světla je také

vyšší transmitance průhledných a lomivých částí oka. Autoreftaktometry jsou doplněny o přídatná zařízení sloužící ke kontrole akomodace a správné fixace klientova oka.

Autorefraktometry pracují na mnoha různých principech, těmi základními jsou například:

- Princip retinoskopie
- Scheineroва metoda
- Analýza kvality obrazu

### **Princip retinoskopie**

Tento princip se shoduje s klasickou manuální retinoskopií. Hlavním rozdílem je, že oko vyšetřujícího je nahrazeno objektivní čočkou, štěrbinou a dvěma fotodiodami. Výpočet hodnot refrakce závisí na rychlosti pohybu sítnicového reflexu a v dnešní době je většina autorefraktometrů založena právě na tomto principu. Přístroj obsahuje prstenec se štěrbinami, uvnitř kterého se nachází zdroj světla, infračervená LED. Zdroj světla se zobrazí za pomoci oftalmologické čočky do předmětového ohniska klientova oka, dopadá tedy na sítnici, kde následně vytvoří reflex. Rychlost a směr pohybujícího reflexu sítnice můžeme pozorovat v rovině zornice a po dopadu na čtyřkvadrantový fotodetektor je zjištěna hodnota refrakce oka.

### **Scheineroва metoda**

Při Scheinerově metodě prochází dva periferní úzké svazky paprsků přes dva otvory v dírové cloně (Scheinerově cloně) a po průchodu do oka se lámou tak, že u emetropického oka dopadnou přesně na sítnici a vyvolají reflex fundu. Při ametropii se tedy vytvoří dva neostré reflexy, u myopického oka před sítnicí a hypermetropického za sítnicí. Pokud otvory v Scheinerově cloně střídavě zakrýváme, zmizí u myopie reflex fundu na opačné straně a hypermetropie na stejné straně. Tudiž spodní reflex zmizí, když je zakrýván horní otvor clony a naopak. Světelné svazky paprsků vycházejí ze dvou infračervených diod, které jsou zaostřeny do ohniska čočky kolimátoru. Abychom dosáhli koincidence obou paprsků, musíme posunout testovou značku podél optické osy. Po jejím zaostření je signál detekován a vyhodnocen. Na tomto principu pracují přístroje NIDEK.

## **Analýza kvality obrazu**

Autorefraktometry založené na tomto principu objektivně vyhodnocují ostrost a kvalitu obrazu na sítnici. Rotující mřížka vytváří ze světelného zdroje na sítnici vyšetřovaného pohyblivý obraz, který se systémem optometru zobrazí na pevnou mřížku, za kterou se nachází detektor. U emetropa se jak na sítnici, tak na pevnou mřížku ostře ohraničený pohyblivý mřížkový obraz. Naopak u ametropie se zobrazí neostrý pohyblivý mřížkový obraz, nižší kontrast sítnicového obrazu a slabší signál detektoru. Určitými změnami v systému autorefraktometru lze docílit zaostření obrazu a podle velikosti změny pak lze snadno odvodit velikost ametropie. Principu analýzy kvality obrazu využívá přístroj Dioptron vyvinutý již v roce 1974. Měření se provádí v rozsahu od 0° do 90° vždy po 15°, a z těchto šesti měření se vypočítá refrakční stav vyšetřovaného. V přístroji se nachází i fixační značka pro nevyšetřované oko.

## **Probandi a metodika**

V mé práci se budu zabývat experimentálním porovnáním retinoskopie a autorefraktometrie, shrnu klady a zápory obou metod, stanovím opakovatelnost měření refrakce těmito metodami a zároveň se pokusím zjistit, jaký přístroj upřednostňují mladí optometristé do 30 let, a to formou dotazníku. Mým cílem je změřit 60 očí použitelných k výzkumu. Budu měřit pravé i levé oko každého pacienta. Podmínky pro účast v mém výzkumu jsou následující: věk od 18 do 40 let, nízká až střední refrakční vada a zdravý stav očních médií. Převážná většina probandů by měla také být myopická.

Při vyšetřování jsem si zvolil postup: retinoskopie, autorefraktometrie, retinoskopie. Nejdříve změřím refrakční stav oka pomocí retinoskopu, zkušební obruby a zkušebních čoček ve zatemnělé místnosti, pacient bude fixovat daný bod v dálce za mnou, např. znak na optotypu ve vzdálenosti 6 m, a vyšetřovací vzdálenost bude na délku mé natažené paže (50 cm). Poté bude pár minut pauza a přesuneme se k autorefraktometru, kterým během jednoho měření získám dvě hodnoty refrakce najednou. Pacient opře bradu a čelo o opěrku hlavy a fixuje obrázek v navozeném nekonečnu uvnitř přístroje.

## Hypotézy

H01: Retinoskopie a autorefraktometrie jsou stejně dobré jako výchozí bod pro měření subjektivní refrakce.

H02: Optometristé do 30 let upřednostňují autorefraktometr před retinoskopem.

H03: Opakovatelnost je přesnější u retinoskopie než u autorefraktometrie.

Existuje několik zahraničních i českých studií, ze kterých jsem čerpala svoji inspiraci a zároveň podklady k hypotéze, která z těchto metod je přesnější. Zmiňme jich jen pár:

**Retinoscopy/autorefraction: which is the best starting point for a noncycloplegic refraction?** *Jorge J, Queirós A, Almeida JB, Parafita MA*

V této studii bylo testováno 192 zdravých pravých očí lidí od 18 do 34 let věku, kdy průměrný věk byl 21.6 roku. Výsledky ukázaly, že retinoskopie v ruku zkušeného vyšetřujícího je přesnější než autorefraktometrie jako výchozí bod pro necykloplegickou refrakci.

**Comparison of Autorefractometer, Retinoscope and Subjective Method in Myopic and Hypermetropic Patients** *Anita Ganger, Saroj Bala, Inderjit Kaur, Prempal Kaur, Satpal*

Kolektiv oftalmologů z Indie testoval 100 binokulárních pacientů, kteří nahlásili potíže se zrakem. Výsledky ukázaly, že obě metody jsou srovnatelné v tom případě, že u hypermetropů je při retinoskopii použita cykloplegie a tak možné změřit správný refrakční stav oka. Závěrem této studie je, že autorefraktometr je velice ceněná pomůcka u časově vytížených vyšetřujících, ale retinoskopie stále zůstává nejpřesnější metodou ke stanovení refrakčního stavu.

**Srovnání vybraných metod objektivního měření refrakce** *Bc. Klára Kysilková*

Tato česká studie provedená v roce 2015 na půdě olomoucké přírodovědné fakulty mapovala měření objektivní refrakce pomocí tří metod, a to skiaskopie, autorefraktometrie a aberometrie, a porovnávala je mezi sebou spolu s opakovatelností. Pokud se zaměřím jen na skiaskopii a autorefraktometrii, výsledky překvapivě ukázaly, že mezi těmito vybranými

metodami není žádný statistický rozdíl, a tudíž jsou obě vhodné jako první krok při stanovení subjektivní refrakce.

## Závěr

Nesmíme zapomínat na to, že vyšetření refrakce oka některou z objektivních vyšetřovacích metod nenahrazuje subjektivní vyšetření, pouze slouží jako výchozí bod k urychlení následné subjektivní refrakce, která by měla vždy následovat.

Při porovnání retinoskopie a autorefraktometrie bychom měli mít na paměti, že porovnat obě metody je prakticky nemožné, jelikož každý určitý přístroj od daného výrobce vykazuje jinou chybu měření. Můžeme tedy porovnat jen dva konkrétní přístroje, ne však metody jako takové. V dnešní době se využívá obou metod přibližně stejně a obě lze považovat za vhodný začátek při jakémkoliv měření subjektivní refrakce. Podle domácích i zahraničních studií však zůstává retinoskopie v rukou zkušeného vyšetřujícího zlatým standardem.

## Zdroje

- [1] JORGE J., QUEIRÓS A.: Retinoscopy/Autorefraction: Which Is the Best Starting Point for a Noncycloplegic Refraction?, Zdroj: Optometry and Vision Science: January 2005, Vol. 52., No. 1, s. 64 – 68, ISSN 10405488
- [2] RUTRLE M.: Přístrojová optika, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, Brno: 2000, ISBN 80-7013-301-5
- [3] CORBOY J.M., NORATH D.J.: The Retinoscopy Book – An Introductory Manual for Eye Care Professionals, SLACK Incorporated, USA: 2003, 5th edition, ISBN 1-55642-623-2
- [4] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [5] KYSILKOVÁ, K. Srovnání vybraných metod objektivního měření refrakce [online]. Olomouc, 2014 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: [https://theses.cz/id/73wc6n/Srovn\\_n\\_vybranch\\_metod\\_objektivno\\_men\\_refrakce\\_-](https://theses.cz/id/73wc6n/Srovn_n_vybranch_metod_objektivno_men_refrakce_-)

\_Klra\_Kys.pdf. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra optiky. Vedoucí práce RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

[6] POLÁŠEK J., ZOUBEK R., a kol.: Technický sborník oční optiky, Státní nakladatelství technické literatury, Oční optika, Praha: 1974

[7] POKUPEC R., MRAZOVAC D. a kol.: Comparison Between Refractometer and Retinoscopy in Determining Refractive Errors in Children – False Doubt, Zdroj: Collegium Antropologicum: 2013, Vol. 37, s. 205 – 208, ISSN: 0350-6134

[8] <https://www.smart-optometry.com/mem-retinoscopy/>

[9] [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/pages/02-objektivni-metody.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/02-objektivni-metody.html)

**Bc. Kateřina Bělinová, Mgr. Ondřej Vlasák**

## **Comparison of retinoscopy and autorefractometry when determining refraction**

**Department of Optometry and Orthoptics LF MU, Brno**

**Annotation:** This paper discusses objective methods that are being used for detecting refractive errors, retinoscopy and autorefractometry. First, each method is described and at the end there are main points of my research.

**Key words:** retinoscopy, autorefractors, refraction error, objective method

### **Introduction**

There is a few types of machines that can objectively measure refraction of client's eyes. This measurement needs to be completed with subjective examination. In these hurried times people tend to prefer instruments that are easy to operate and fast in time of examination. In between these instruments we can include autorefractor which has lately begun more and more important because of optometrists' and ophthalmologists' time load, and which has many positive qualities but is also very expensive and brings many disadvantages such as proximal accommodation and instrumental myopia as well. On the other hand there are instruments that has much lower purchase price, but they require big experience of examinational person, manipulating with them is hard and time of examination is getting longer. We can include retinoscope in this group. Retinoscope was one of first instruments that could measure objective refraction. Earlier this method was abundantly used to determine refraction of patient's eye due to its good financial availability or the myth of "golden standard in accuracy". At the same time there is a minimal risk of induction instrumental myopia. At present, the use of retinoscope and autorefractometer is



comparable even though they prefer one over another one in some countries and the other way in another countries.

## **Retinoscopy**

Retinoscopy is an examination technique that allows us to objectively measure the refractive status of the eye by movement of red ocular reflex motion perceived after reflection from the surface of the retina. This method is relatively simple, cost-effective for equipment and relatively accurate. However, it places high demands on the investigator because it requires a great deal of experience and precision by the investigator during the measurement.

Retinoscope is a device that contains a light source whose light intensity and direction of beam propagation can be regulated. A divergent beam is usually used to determine the refractive error. The investigator places the lighted device in front of the client within a certain distance, giving a relatively easy red reflex of both eyes, which is easy to observe at the same time. This distance is usually 0.5 meters, easily observable with the extended arm of the examining person, and is selected like this for easy of manipulation with retinoscope and test lenses, which are then being put in to the patient.

To retrieve the red reflex, it is necessary to illuminate the retina in the same direction as the one we are observing in. Retinoscope light can be either spot or stripe character (used to determine astigmatism). Under normal circumstances, the reflex is symmetrical and orange-red. Its coloration is justified by reflection of the incident light from the retina's posterior pole layers, especially from the choroidea, and is only displayed when the ocular media is clear and there is no pathological condition. The direction and velocity of the red reflex motion are then determined by the size of the refractive error of the eye. The red reflex moves slower and is dimmer if the location of the skiascope is far from the position of the far point investigated (high refractive error). On the contrary, when the placement of the retinoscope is closer to the position of the far point being investigated, the red reflex movement is faster and more pronounced, lighter (small refractive error). It is also possible to evaluate the width of the reflex, which varies according to the largeness of the refractive

error. The greater the refractive error, the narrower the red reflex is. Conversely, when the refractive error is smaller, the red reflex expands to when it fills the entire pupil while completely neutralizing the refractive defect.

Retinoscopy is performed in a darkened room, which ensures the necessary enlargement of the pupil and it is necessary for the client's eye to not accommodate. That is accomplished when fixing with both eyes, for example, an optotype character at a standard examination distance of 5-6 m, and the accommodation is relaxed. To ensure complete relaxation of the accommodation, a plus lens can be provided before the unexamined eye, but it must not reduce the visual acuity by less than 0.1 decimally. This type of retinoscopy is called **static** and is now more widespread.

We have also **dynamic retinoscopy**, in which the patient fixes a close subject in the working distance, based, for example, on a retinoscope and the eye actively accommodates. When examining, we usually manipulate a retinoscope at a distance of 0,5 meter. Vergence of this distance is +2 Dpt. It is always necessary to add this distance to the measured refractive error of the eye in order to obtain the correct values. In order not to forget about this at the end of the examination, it is convenient to place a + 2 Dpt lens in the test rim before starting retinoscopy itself.

Then, the retinoscope light shows the red reflex of the retina and observes the direction and speed of the reflex movement. The purpose of this examination is to find a point of neutralization ("turning point"). If a retinoscope is located directly at the far point of the examined person, the movement of the reflex is not visible, the pupil suddenly "brightens" when the beam of light passes, the reflex as if blinks.



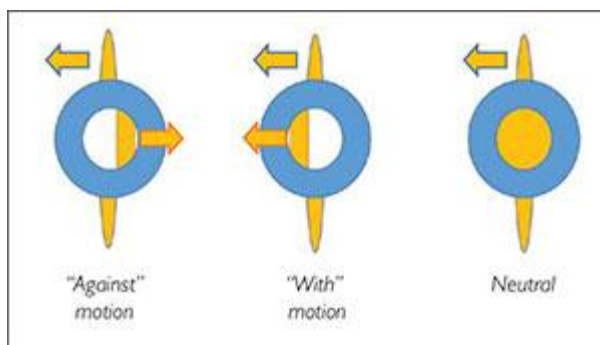
Pic.1 - Static retinoscopy using test frame and lenses

*(<https://en.wikipedia.org/wiki/Retinoscopy>)*

**Emetropic eye** without any refractive error reaches this point at the examination distance 0,5 meter and +2 Dpt lens. When illuminating client's pupil, we will see a red reflex which disappears once removed from the pupil.

As far as the **myopic eye** is concerned, when we cross the light from the retinoscope through the eye of the client's eye, we will observe the opposite movement of the reflex precisely because the far point of myopic eye is at the final distance in front of the eye, which means it is between client's eye and retinoscopy, and the light overturns when it comes out of the eye.

At the **hypermetropic eye** will be the opposite way. The movement of the red reflex will be the same way with the movement of the retinoscope. The far point is in this case behind the retinophope, and the red reflex will not overturn in the place of the given meridian.



Pic. 2 - Movement of the reflex at retinoscopy

*(<https://www.aaopt.org/young-ophthalmologists/yo-info/article/retinoscopy-101>)*

In the case of **astigmatism**, we use a beam of beams. When the light is passing over the pupil we can see the different orientation and movement of the red reflex in two vertical meridians. It is recommended that you always correct the DC moving reflection. To achieve this, we present the negative lenses until the reflex moves in the same direction as the beam. First, we correct refraction in one meridian, and after reaching the neutralization point, we put the test lens aside and turn the light of the retinoscope by 90 degrees. Subsequently, we correct the refraction in the second meridian until we reach the neutral

point. The two values obtained are then converted to the spherical cylindrical record to obtain the refraction value of the eye. The axis of the cylinder is determined according to the direction of rotation of the retinoscope belt light according to the axis marked on the test rim.

In addition to static and dynamic retinoscopy, there are other, MEM retinoscopy. MEM is an abbreviation for the Monocular Estimated Method. With this method, the fixation point is located within the reading distance of the examined person. This examination objectively measures the accommodation capability of the examined person to close distance, and is prized especially for the determination of binocular anomalies or accommodation dysfunctions. It is used in young people before presbyopic age, especially in people who have asthenopia in the near distance, or we have suspicion of accommodation difficulties (latent hypermetropia or accommodation spasm).

### **Autorefractometry**

The autorefractometer is also used to detect objective refraction of the eye. It automatically measures many different eye parameters and can work in conjunction with, for example, a tonometer used to measure intraocular pressure or a keratometer, resulting in corneal curvature values. The examination is very fast and easy to use comparing to retinoscopy. However, the purchase price is many times higher and the device is more susceptible to disturbance. At the same time, it can not be used in non-cooperating or not-able-to-sit persons, and the result of measurement can be affected by poor client fixation, ocular occlusion or nystagmus. This device projects images on the retina that are subsequently evaluated and determines the size of the refractive eye defect. Within a short time, it can accurately assess the strength of the optical system of the eye. Nowadays, the state-of-the-art devices incorporate a built-in wavefront analysis that calculates the aberration of the eye.



Pic.X - Autorefractor with tonometer (<https://ocnipraha.webnode.cz/album/vybaveni-ordinace/autorefraktometr-jpg/>)

In recent years, automatic refractometers have undergone considerable changes, making them more accessible and sophisticated than manual refractometers. In principle, they differ only from the type of the measurement method, but all use infrared light at a wavelength of 800-950 nm because the reflection of the fundus in the infrared light is about 10 times higher than the visible range of the light spectrum. A great advantage of infrared light is also higher transmission of transparent and fractured parts of the eye. Autorefractometers are complemented by additional devices for checking the accommodation and correct fixation of the client's eye.

Autorefractometers work on many different principles, such as:

- Retinoscopy principle
- Scheiner method
- Analysis of image quality

### **Retinoscopy principle**

This principle is consistent with traditional manual retinoscopy. The main difference is that the eye of the examining person is replaced by an objective lens, a slit, and two photodiodes. The calculation of the refraction value depends on the velocity of the retinal movement and nowadays most autorefractometers are based on this principle. The device includes a slotted ring, inside which is a light source, an infrared LED. The light source is displayed with the help of an ophthalmic lens into the object focus of the client's eye, thus falling onto the retina, where it then creates a reflex. The velocity and direction of the

moving retinal reflex can be seen in the pupil, and after the impact on the quadruple photodetector, the refraction value of the eye is determined.

### **Scheiner method**

In Scheiner's method, two peripheral narrow beams pass through two holes in a hole aperture (Scheiner's aperture), and pass through the eye to break so at the emetropic eye they land just onto the retina and cause the reflex of the fundus. In the case of ametropia, two blurred reflexes are created, in the myopic eye before the retina and hypermetropic eye behind the retina. If the holes in the Scheiner aperture alternately conceal, myopia reflexes the fundus on the opposite side and the hypermetropia on the same side as it disappears. Thus, the lower reflex disappears when the upper aperture of the aperture is concealed and the other way around. Beam light comes from two infrared diodes that are focused on the focus of the collimator lens. To achieve the coincidence of both beams, we must move the test mark along the optical axis. After focusing, the signal is detected and evaluated. NIDEK works on this principle.

### **Analysis of image quality**

Autorefractometers based on this principle objectively evaluate the sharpness and quality of the image on the retina. The rotating grid creates a moving image from the light source on the retina, which appears on the fixed grid behind the detector with the optometric system. In the emetrops, both the retina and the fixed grid are sharply bounded by the moving grid image. Conversely, ametropia shows a blurry moving grid image, a lower contrast of the retinal image, and a weaker detector signal. With some changes in the autorefractometer system, image focusing can be achieved and the amount of ametropia can easily be derived from the magnitude of the change. The principle of image quality analysis is used by the Diopttron instrument developed in 1974. The measurement is carried out in the range of  $0^\circ$  to  $90^\circ$  every  $15^\circ$ , and from these six measurements the refractive state of the investigated is calculated. There is also a fixation mark for the untreated eye in the device.

## **Probands and methodology**

In my work I will deal with the experimental comparison of retinoscopy and autorefractometry, summarize the pros and cons of both methods, determine the repeatability of the refraction measurement by these methods, and at the same time try to find out which device the young optometrists prefer within 30 years, by means of a questionnaire. My goal is to measure 60 eyes that can be used for research. I will measure the right and left eye of each patient. The conditions for participating in my research are the following: age 18 to 40 years, low to moderate refractive defect and healthy state of eye media. The vast majority of probands should also be myopic.

In the examination I choose the procedure: retinoscopy, autorefractometry, retinoscopy. I first measure the refractive status of the eye using a retinoscope, test rim, and test lenses in a darkened room, the patient will fix a given point in the distance behind me, eg a 6m mark on the optotype, and the exam distance will be on my stretched arm (50 cm) . After that, there will be a pause for a few minutes, and we will move to the autorefractometer to get two refraction values in one measurement at a time. The patient leans the chin and forehead against the head restraint and fixes the image in the infinite infinity inside the device.

## **Hypotheses**

H01: Both retinoscopy and autorefractometry are as good as the starting point for subjective refraction.

H02: Optometrists up to 30 years of age favor a autorefractometer in front of retinoscopy.

H03: Repeatability is more accurate in retinoscopy than autorefractometry.

There are several foreign and Czech studies, from which I got my inspiration and at the same time foundation to the hypothesis.

Let's mention just a few:

**Retinoscopy/autorefraction: which is the best starting point for a noncycloplegic refraction?** *Jorge J, Queirós A, Almeida JB, Parafita MA*

In this study, 192 healthy right eyes were tested from 18 to 34 years of age, with an average age of 21.6 years. The results showed that retinoscopy in the hands of an experienced investigator is more accurate than autorefractometry as the starting point for noncycloplegical refraction

**Comparison of Autorefractometer, Retinoscope and Subjective Method in Myopic and Hypermetropic Patients** *Anita Ganger, Saroj Bala, Inderjit Kaur, Prempal Kaur, Satpal*

A team of ophthalmologists from India tested 100 binocular patients who reported eye problems. The results showed that both methods are comparable in the case that hypermetropes had cycloplegia for retinoscopy, so that the correct refractive state of the eye can be measured. The conclusion of this study is that the autorefractometer is a highly valued aid for time-consuming investigators, but retinoscopy still remains the most accurate method for determining the refractive state.

**Comparison of selected methods of objective refraction measurement** *Bc. Klára Kysilková*

This Czech study, conducted in 2015 at the Faculty of Natural Sciences in Olomouc, mapped the objective refraction measurements using three methods - skiascopy, autorefractometry and aberometry, and compared them with each other together with repeatability. If I focus only on skiascopy and autorefractometry, the results have surprisingly shown that there is no statistical difference between these methods and therefore both are suitable as a first step in determining subjective refraction.



## Conclusion

We must not forget that examining eye refraction by any of the objective examination methods does not replace subjective examination, it only serves as a starting point for accelerating subsequent subjective refraction, which should always follow.

When comparing retinoscopy and autorefractometry, we should bear in mind that comparing both methods is practically impossible since each particular device from a given manufacturer exhibits another measurement error. So we can only compare two specific devices, but not the methods as such. Nowadays, both methods are used approximately the same, and both can be considered a good starting point for any subjective refraction measurement. However, according to both home and foreign studies, retinoscopy remains in the hands of an experienced investigating gold standard.

## Resources

- [1] JORGE J., QUEIRÓS A.: Retinoscopy/Autorefractometry: Which Is the Best Starting Point for a Noncycloplegic Refraction?, Zdroj: Optometry and Vision Science: January 2005, Vol. 52., No. 1, s. 64 – 68, ISSN 10405488
- [2] RUTRLE M.: Příkladová optika, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, Brno: 2000, ISBN 80-7013-301-5
- [3] CORBOY J.M., NORATH D.J.: The Retinoscopy Book – An Introductory Manual for Eye Care Professionals, SLACK Incorporated, USA: 2003, 5th edition, ISBN 1-55642-623-2
- [4] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [5] KYSILKOVÁ, K. Srovnání vybraných metod objektivního měření refrakce [online]. Olomouc, 2014 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: [https://theses.cz/id/73wc6n/Srovn\\_n\\_vybranch\\_metod\\_objektivneho\\_men\\_refrakce\\_-\\_Klra\\_Kys.pdf](https://theses.cz/id/73wc6n/Srovn_n_vybranch_metod_objektivneho_men_refrakce_-_Klra_Kys.pdf). Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra optiky. Vedoucí práce RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

[6] POLÁŠEK J., ZOUBEK R., a kol.: Technický sborník oční optiky, Státní nakladatelství technické literatury, Oční optika, Praha: 1974

[7] POKUPEC R., MRAZOVAC D. a kol.: Comparison Between Refractometer and Retinoscopy in Determining Refractive Errors in Children – False Doubt, Zdroj: Collegium Antropologicum: 2013, Vol. 37, s. 205 – 208, ISSN: 0350-6134

[8] <https://www.smart-optometry.com/mem-retinoscopy/>

[9] [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/pages/02-objektivni-metody.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/02-objektivni-metody.html)

**Katarina Sarac, Sonja Drugović. Marcela Domnik, Kristijan Pili**

## **Pterygium and pinguecula**

**University of Applied Sciences Velika Gorica**

### **1. Introduction**

In this poster presentation I compare two similar subjects which relate to pathology of the eye. I have chosen this subject because people often get confused about these pathological conditions

These pathological conditions have some similar causes and similar ways of treatment. With help from modern medicine these bumps on the eye ball, precisely on the conjunctiva, can be solved but there is a chance that they come back or cause astigmatism or higher order aberation.

### **2. Pinguecula**

Pinguecula is a yellowy elevated bump which is located nasally on bulbar conjunctiva.

Pinguecula can grow in different shapes like horizontal, triangular or oval, but usually in triangular. Thickening is caused by a ciliary degeneration of the connective tissue and excessive growth of yellow elastic tissue. Pathological changes are most commonly diagnosed in older population and people who are exposed to extreme environment including dust, smoke, wind and sunlight.

Pinguecula is formed when the tissue in our conjunctiva change and creates a small bump and these bumps contain grease, calcium or both. Some pinguecula can become large, but this occurs in rare cases, in the most cases pinguecula is diagnosed on one or the both eyes.

Photo 1. Pinguecula



## Simptoms of pinguecula

Eye with pinguecula can be irritated or dry. Patients with pinguecula can feel the presence of a foreign body like sands or coarse particles. Eye can be also red and can cause itching.

Optometrist or eye doctor should diagnose this pathological condition on overview and localization.



Photo 2. Eye drops

## Treatment

With time pinguecula can increase, but is benign bulge and usually does not require treatment. Eye drops can improve reduction discomfort in eyes, more over they can apart red eyes.

Pinguecula can become inflammation and that state it's called pingueculitis, but cause of pingueculitis is unknown and it's not related with infection. If inflammation pinguecula causes discomfort and aesthetic problems, pinguecula can be treated with anti-inflammatory substances such as prednisolone drops.

If pinguecula doesn't cause non annoyance with vision, surgery isn't necessary but can be one of the solution. If there's no need for medical help, but patient is trying to fix his esthetic problem, in that case the surgery is only solution.

Patients with pinguecula isn't the best option for using contact lenses.

### 3. Pterygium

A pterygium is an lifted, wedged – shaped bump on the conjunctiva.

It starts on the sclera and can expand on the cornea. When we are talking about pterygium we have three different parts: head, body and neck of pterygium. The head of pterygium is placed on cornea, neck on the limbus and a body of pterygium in the most cases is placed on the limbus conjunctiva.

Pterygium can be progressive and stationary. Progressive pterygium is enough vascularized and can grow according to the center of cornea. If it comes to center also affects the iris and than the vision is significantly reduced.

Stationary pterygium is poorly vascularized and they don't grow.

Pterygium are benign growths, but they can permanently disfigure the eye. They also can cause discomfort and blurry vision.

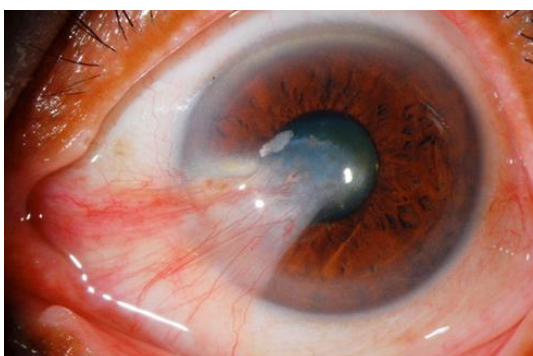


Photo 3. Pterygium

## Causes

One of the most important precondition to continue pterygium is ultraviolet radiation, dust and wind are implicated to, as well dry eye disease. People with lighter skin and eyes have greater eventuality o have a pterygium.

Pterygium also affects older population, and people who live in tropical counters.

## Signs and symptoms

Pterygium doesn't always show symptoms, but if it has symptoms they are basic and similar to pinguecula. People who have pterygium have red eyes reason of that is that pterygium often become inflamed. Larger pterygium ( they develop on the side closer to the ear ) or growing pterygium frequently cause feeling something in the eye, something like foreign body.

If pterygium went through the cornea, people have problems with visual abilities such as astigmatism and higher – order aberrations.

## Treatment

If pterygium doesn't grow and if people have no problems with visual ability eye doctors will prescribe eye drops or eye cream. As help in treatment pterygium contact lenses can help with cover bulb and to protect from dryness and ultraviolet radiation.

Eye doctor or optometrist can prescribe also tropical cyclosporine for dry eye. Pterygium surgery may be performing at the doctor's room or inn an operating room. It's important to tell the patient that surgery can induce astigmatism, especially for people who already have astigmatism.

During the surgery patient shouldn't feel anything. Duration the surgery is about 30-40 minutes. After operation patient might be feel eye scratching and have red eyes just one or two days after. Stitches will fall apart on their own, but in modern medicine natural glue is better.

After surgery patient should use eye drops.



## 4. Conclusion

Like proverb said: ' Prevention is better than cure '. That can be applied here with these two bulges in the eye. Prevention achieved wearing protection sunglasses and caps. People who spend a lot of time on sun, in the sea, and on the snow should be wearing protection for their eyes from ultraviolet radiation. Protecting their eyes from pinguecula and pterygium can reduce irradiation bulges on the eye.

One of the most important thing in treating these disease its use as eye drops.

## 5. Literature

1. Imunološke bolesti oka, Prim. Dr. sci. Branko Mesarić, Prof. dr.sci. Branko Vitale, Školska knjiga – Institut „Ruđer Bošković“ Zagreb 1991
2. Nathan Efron, Contact lenses complications, Third Edition, ExpertConsult.com

3. Leksikon očne optike i optometrije , D.Benčić, I.Donaj , A.v.Raizner, P.Vretenar ,  
Godina izdanja : 2006
4. <https://www.healthline.com/health/pterygium> July 7 2018
5. PP presentation of our Prof.dr.sc. Snježana Kaštelan, dr.med. Zavod za očne bolesti -  
KB Dubrava
6. Krešimir Čupak, Nikica Gabrić, Branimir Cerovski i suradnici, Oftalmologija,  
Nakladni zavod – globus
7. <https://www.isightvisioncare.com/blog/pinguecula-and-pterygium-whats-the-difference> July 8, 2018



**Název:** Sborník přednášek a posterů  
IX. CELOSTÁTNÍ STUDENTSKÁ KONFERENCE OPTOMETRIE  
A ORTOPTIKY S MEZINÁRODNÍ ÚČASTÍ

**Vydal:** NCO NZO, Vinařská 6, 603 00 Brno

**Pořadatelé sborníku:** Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.; Mgr. Sylvie Petrová;  
Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.;  
Bc. Lucie Mikesková; Bc. Michaela Běhounková; Bc. Jana Chludilová  
Katedra optometrie a ortoptiky, LF MU, Komenského nám. 2, 662 43 Brno

**Počet stran:** 516

**Výrobní číslo:** 57/2018

**ISBN:** 978-80-7013-591-4

**Tirážní znak:** 57-852-18