

brýlová optika **brýlová optika** brýlo-
brýlová optika brýlová optika **brýlo-**
optika **brýlová optika** brýlová optik-
brýlová optika **brýlová optika** brýlo-
brýlová optika brýlová optika **brýlo-**
optika **brýlová optika** brýlová optik-
brýlová optika **brýlová optika** brýlo-

Základy brýlové optiky

3. část

Vidění do dálky

Normální lidské oko je schopné díky aktivnímu procesu oční čočky automaticky přizpůsobovat optickou mohutnost svého optického systému vzdálenosti pozorovaného předmětu tak, aby se jeho obraz vytvořil na sítnici. Této vlastnosti říkáme **akomodace**. Při sledování vzdáleného předmětu (v nekonečnu) by měla být čočka v **akomodačním minimu**, tedy by měla mít nejnižší optickou mohutnost. Při postupném přibližování sledovaného předmětu by měla její optická mohutnost stoupat. Dosažený **stupeň zrakové ostrosti** při sledování předmětu v dálce je individuální. Aby bylo možné kvalitu zraku u různých pacientů porovnat, bylo nutné vypracovat měřicí metody, kterými se bude zrak měřit. Bylo zjištěno a dohodou mezi oftalmology stanoveno, že normálně vyvinuté zdravé oko rozliší dva body, které se zobrazí na sítnici pod zobrazovacím úhlem minimálně 1 úhlové

minuty. Takové oko nazýváme **emetropické**. Toto kritérium vychází z anatomické stavby sítnice v centru žluté skvrny, kde jsou světločivé elementy (čípky) velmi hustě naměštnány vedle sebe. Lidské oko rozliší dva body tehdy, jestliže jejich obrazy dopadnou na dva čípky, mezi nimiž zůstane alespoň jeden volný. Byla brána v úvahu určitá rezerva, takže za příhodných podmínek je lidské oko schopné rozlišit dva body i pod menším úhlem. Ještě jemnějšího rozlišení dosáhneme, jestliže posuzujeme koincidence (návaznost) dvou čar. Emetropické oko vidí při minimální akomodaci do nekonečna, daleký bod R je tedy v nekonečnu. Při maximální akomodaci, která klesá s věkem, vidí ostře do blízkého bodu, který leží v odpovídající konečné vzdálenosti před okem.

Měření zrakové ostrosti do dálky

Stupeň zrakové ostrosti se měří na **optotypech**. Měřená osoba má před sebou optotyp s různými znaky (písmena, čísla, Landoltovy kruhy, Pflügerovy háky, obrázky), uspořádanými nejčastěji v řádcích. V každém řádku jsou znaky stejné velikosti, nahoře s největšími, v nejspodnějším řádku s nejmenšími. U klasických optotypových tabulek (Snellenových) je každý řádek označen celým číslem, jež vyjadřuje vzdálenost v metrech, ze které by ještě mělo emetropické oko znaky této velikosti bez problémů rozpoznat (obr. 1). Optotyp je vzdálen od měřeného oka

5 nebo 6 metrů, aby akomodační výkon měřeného oka byl zanedbatelný (menší než 0,25 D). Úkolem pacienta je rozlišit nejmenší možné znaky. Postupuje se od největších k nejmenším. Nejpřesnějším optotypovým znakem pro tato měření je Landoltův kruh s přerušením odpovídajícím pětina jeho průměru. Toto přerušení může směřovat do 8 směrů.

Stupeň zrakové ostrosti (vizus) se vyjadřuje zlomkem, v jehož čitateli je vzdálenost (v metrech) oka před optotypem a ve jmenovateli je číslo posledního řádku, jehož znaky ještě rozpoznal (stačí více než polovina znaků v řádku). Tento výsledný zlomek lze vydělit a stupeň zrakové ostrosti zapsat desetinným číslem (např. $6/60 = 0,1$ nebo $6/6 = 1,0$). Za emetropické se považuje to oko, které má stupeň zrakové ostrosti vyšší než 0,9.

Oko, které potřebuje pro rozlišení dvou bodů úhel větší než jedna minuta, se nazývá **ametropické**. Příčinou ametropie je nesoulad mezi optickou mohutností optického systému oka a vzdáleností sítnice od tohoto optického systému. Následkem tohoto nesouladu jsou **oční refrakční vady**.

Oční refrakční vady

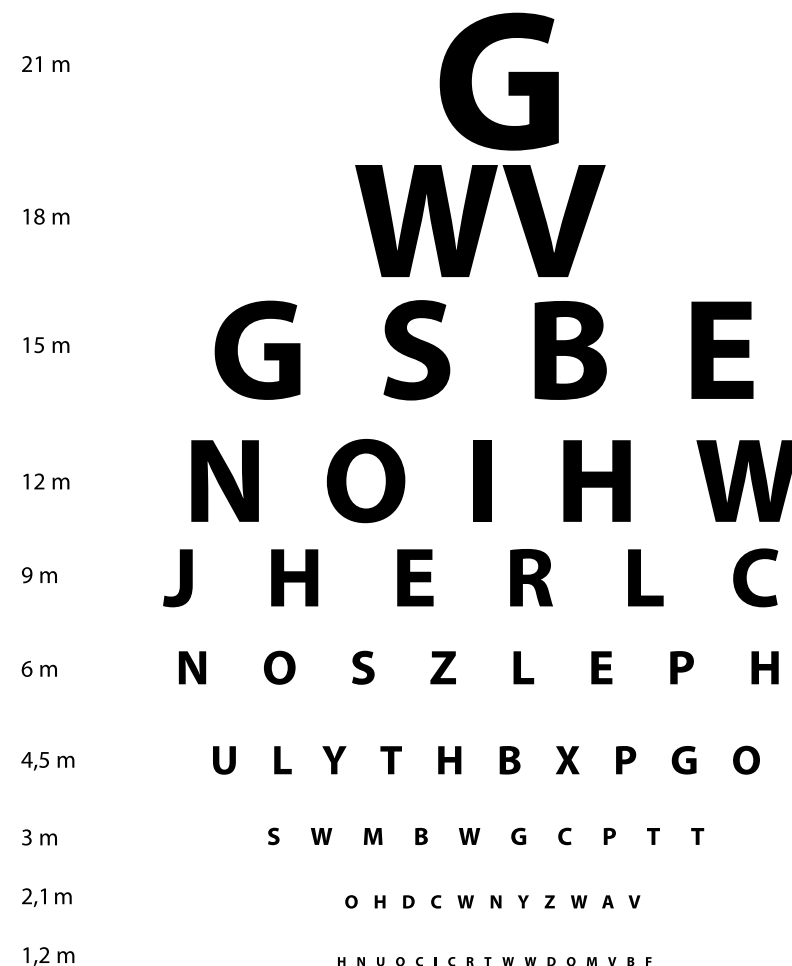
Existují dva základní typy refrakčních vad – **krátkozrakost (myopie)** a **dalekozrakost (hypermetropie, hyperopie)**. Tyto dvě základní vady mohou být kombinovány s **očním astigmatismem**.

Krátkozrakost (myopie)

V krátkozrakém oku vzniká obraz vzdáleného předmětu **před sítnicí** (obr. 2). Oko je tedy vzhledem k optické mohutnosti jeho optického systému příliš **dlouhé**.

Krátkozrakost dělíme na osovou a systémovou:

- osová – optický systém má průměrnou optickou mohutnost podle Gullstranda (58,64 D), ale oko je delší než 24 mm,
- systémová – délka oka odpovídá průměrnému Gullstrandovu oku (24 mm), ale optický systém je lámavější než u Gullstrandova oka (více než 58,64 D).

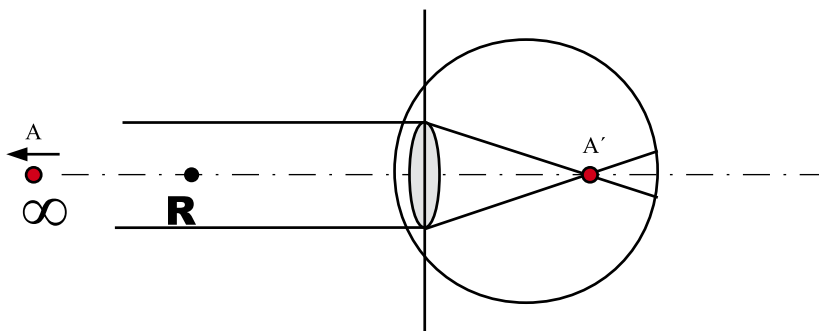


obr. 1 Optotypová tabule, označení řádků v metrech

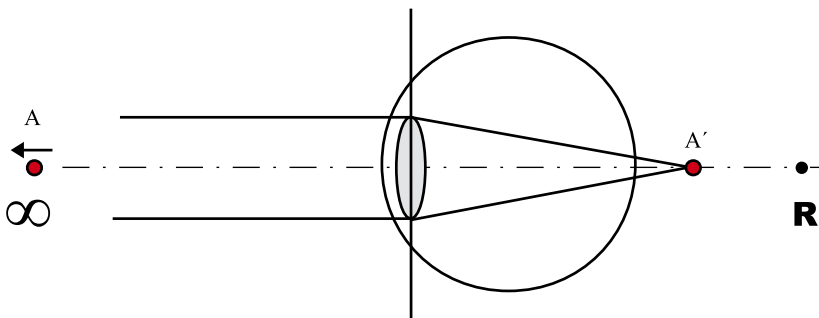
Optická mohutnost systému je ovlivněna poloměry křivosti jednotlivých lámavých ploch (nejvíce přední plochy rohovky) a indexy lomu jednotlivých optických prostředí v oku.

Krátkozraké oko vidí při minimální akomodaci do určité předmětové vzdálenosti, čím vyšší je krátkozrakost, tím kratší je vzdálenost. Aby se vytvořil obraz na sítnici, musí mít svazek paprsků vstupujících do oka **rozbíhavý charakter**. Z hlediska zásad geometrického zobrazování musí tedy vycházet z určitého bodu na optické ose před okem. Tento bod nazýváme dalekým. Daleký bod **R** je tedy v konečné vzdálenosti před okem a jeho vzdálenost a_R se





obr. 2 Zobrazení vzdáleného bodu A v krátkozrakém oku, R je daleký bod oka



obr. 3 Zobrazení vzdáleného bodu A v dalekozrakém oku, R je daleký bod oka

zapisuje v metrech se znaménkem minus. Převrácená hodnota této vzdálenosti je **axiální refrakce**, vyjadřuje se v dioptriích a je záporná. Axiální refrakce nás informuje o stupni refrakční vady oka. Jinak řečeno nám udává, o kolik dioptrií je potřeba **u krátkozrakého snížit a u dalekozrakého zvýšit** optickou mohutnost oka tak, aby se ostrý obraz dostal na sítnici. **Blízký bod** krátkozrakého oka se nachází poněkud **blíže** než u stejně starého průměrného emetropického oka.

Nekorigované krátkozraké oko dokáže ostře zobrazit předměty nacházející se v akomodačním intervalu před okem, ohraničeném dalekým a blízkým bodem.

Krátkozraké oko se koriguje **rozptylkami**.

Dalekozrakost (hypermetropie, hyperopie)

V dalekozrakém oku vzniká obraz vzdáleného předmětu při minimální akomodaci za sítnicí (obr. 3). Oko je tedy vzhledem k optické mohutnosti systému příliš **krátké**. Tato situace se automaticky řeší potřebnou akomodací oční čočky, kdy se zvýší její optická mohutnost natolik, že se obraz posune na sítnici. To je ovšem s přibývajícím věkem stále obtížnější a pro daného člověka únavnější. Z tohoto nadměrného úsilí mohou vznikat tzv. **astenopické obtíže**, které se projevují únavou, pálením až bolestí očí, případně stupňující se bolestí hlavy.

Dalekozrakost dělíme, stejně jako krátkozrakost, **na osovou a systémovou**:

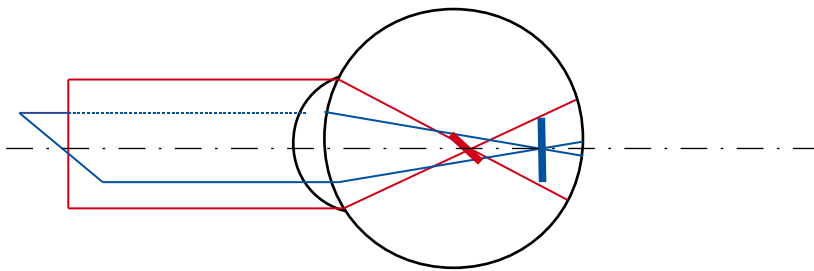
- osová – optický systém má průměrnou optickou mohutnost podle Gullstrandova (58,64 D), ale oko je kratší než 24 mm,
- systémová – délka oka odpovídá průměrnému Gullstrandovu oku (24 mm), ale optický systém je méně lámavý než u Gullstrandova oka (méně než 58,64 D).

Dalekozraké oko vidí do nekonečna za cenu určitého stupně akomodace. Aby ostrý obraz vznikl na sítnici, musel by svazek paprsků vstupovat do oka **sbíhavě**. Kdybychom tento sbíhavý svazek paprsků prodloužili za oko, protnul by optickou osu oka v **dalekém bodě za okem**. Vzdálenost dalekého bodu (v metrech) je tedy kladná, a proto i převrácená hodnota této vzdálenosti (axiální refrakce) je kladná.

Blízký bod dalekozrakého oka je poněkud **dále** než u stejně starého oka emetropického. Poloha blízkého bodu nekorigovaného dalekozrakého oka může být v závislosti na zmenšující se akomodační šíři během stárnutí člověka:

- před okem,
- v nekonečnu,
- za okem.

Tím jsou dány i akomodační intervaly, tedy rozsahy ostrého vidění daného oka. Jestliže se postupně s přibývajícím věkem dostane blízký bod až do nekonečna, znamená to, že oko ztratilo schopnost zobrazovat ostře a je plně odkázáno



obr. 4 Příklad pravidelného očního astigmatismu – v tomto případě složeného, přímého, myopického (červený meridián svislý, modrý vodorovný)

na kladnou korekci brýlemi nebo kontaktními čočkami. Z akomodačního intervalu v takovém případě zůstala jen neskutečná část za okem.

Dalekozraké oko se koriguje **spojkami**.

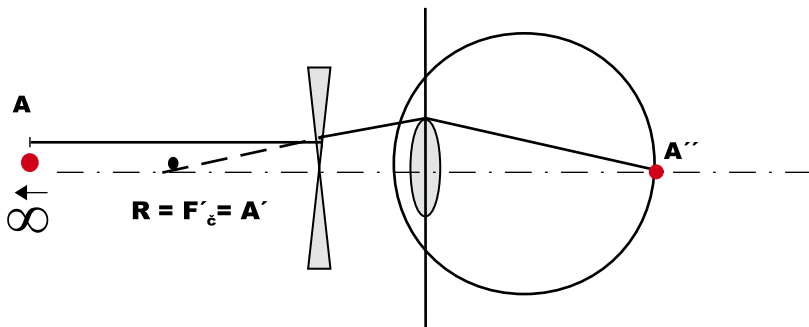
Oční astigmatismus

V krátkozrakém i dalekozrakém oku se zobrazuje bod jako bod, poněvadž optické plochy oka jsou sférické (kulové). Takový optický systém má ve všech me-

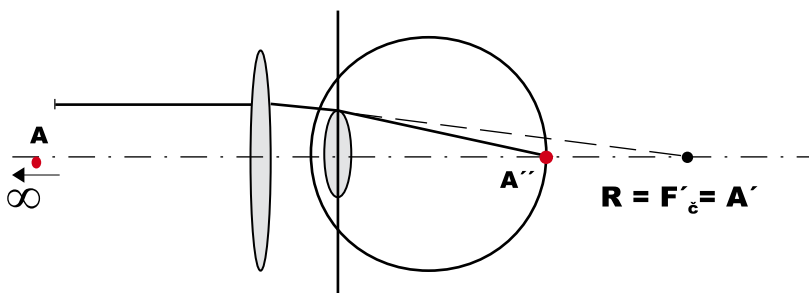
ridiánech stejnou optickou mohutnost. Svazek paprsků přicházejících rovnoběžně z nekonečna se po průchodu systémem soustřeďuje do jednoho bodu – obrazového ohniska.

Astigmatický optický systém nemá ve všech meridiánech stejnou optickou mohutnost, ale má **dva meridiány s extrémními hodnotami** optické mohutnosti – **nejvyšší** a **nejnižší**. Tyto dva meridiány jsou na sebe kolmé. Svazek paprsků přicházejících rovnoběžně z nekonečna se po průchodu astigmatickým systémem soustřeďuje do dvou obrazových **ohniskových linií**, kde se bod zobrazí jako úsečka. Tyto dvě ohniskové linie jsou v různé vzdálenosti od optického systému a jsou na sebe kolmé. Čím dále jsou od sebe vzdáleny, tím vyšší je hodnota astigmatismu (obr. 4).

Aplikujeme-li výše uvedené poznatky na optický systém oka, vyplývá z toho, že astigmatické oko má ve dvou na sebe **kolmých** meridiánech (řezech) rozdílné refrakční stavy. Tomuto astigmatismu říkáme **pravidelný** a lze ho korigovat brýlemi. ●●●



obr. 5 Korekce krátkozrakého oka rozptylkou (R je daleký bod, F'_e je obrazové ohnisko rozptylky)



obr. 6 Korekce dalekozrakého oka spojkou (R je daleký bod, F'_e je obrazové ohnisko spojky)

- **jednoduchý** – jeden z meridiánů je emetropický (ohnisková linie je na sítnici),
- **složený** – oba meridiány vykazují buď krátkozrakost, nebo dalekozrakost,
- **smíšený** – jeden meridián vyazuje krátkozrakost, druhý dalekozrakost.

Pravidelný oční astigmatismus dále dělíme na:

- **přímý** (podle pravidla) – svislý ($\pm 15^\circ$) meridián oka je lámavější,
- **nepřímý** (proti pravidlu) – vodorovný ($\pm 15^\circ$) meridián oka je lámavější,
- **šikmých os** – meridiány astigmatického oka jsou stočeny o více než 15° od svislého a vodorovného směru.

Nepravidelný astigmatismus, u kterého nelze určit dva na sebe kolmé meridiány s maximální a minimální lámavostí, nelze korigovat brýlemi. Jestliže je způsoben nepravidelnou deformací přední plochy rohovky, můžeme ho korigovat tvrdými kontaktními čočkami.

Typy pravidelného očního astigmatismu v závislosti na refrakčních stavech v meridiánech:

Výše astigmatismu oka je dána astigmatickým rozdílem v dioptriích, což je rozdíl refrakčních stavů obou meridiánů

oka. V korekčním předpisu se vyjadřuje hodnotou cylindru (cyl). Kompletní korekce astigmatického oka se zapisuje tzv. **sféro-cylindrickým zápisem**. Sférická složka (**sph**) vyjadřuje plnou korekci jednoho z meridiánů oka a cylindrická složka (**cyl**) udává zbývající korekční hodnotu pro plnou korekci druhého meridiánu. Předpis bývá doplněn **úhlem osy (ax)** korekčního cylindru. Využívá se klasické úhlové stupnice v rozsahu 0° až 180° , pro obě oči orientované podle mezinárodní dohody oftalmologů **stejným směrem**, a to **proti směru** chodu hodinových ručiček (TABO-schéma). Korekční cylindr má svůj lámavý účinek vždy v meridiánu **kolmém k ose cylindru**.

Korekční předpis lze uvádět s kladnou, nebo zápornou hodnotou cylindru. Obě varianty jsou naprosto **rovnocenné** a udávají celkovou korekci naprosto shodného astigmatického oka. Po změně znaménka cylindrické složky se však musí o 90° upravit osa a přepočítat hodnota sférické složky.

Příklady přepočtů:

- a) **sph 2,0 / cyl 1,0 ax 0°** , přepočítáno **sph 3,0 / cyl -1,0 ax 90°** ,
- b) **sph -3,5 / cyl 1,5 ax 10°** , přepočítáno **sph -2,0 / cyl -1,5 ax 100°** ,
- c) **sph -1,25 / cyl 2,0 ax 170°** , přepočítáno **sph 0,75 / cyl -2,0 ax 80°** .

Pravidelný oční astigmatismus korigujeme brýlemi s torickými čočkami nebo kontaktními čočkami.

Základní obecné pravidlo pro korekci do dálky

Oko musí být s nasazenou korekcí do dálky při pozorování vzdáleného předmětu **v akomodačním minimu** a vzdálený předmět se musí zobrazit **na sítnici**.

To je splněno jedině tehdy, když se obrazové ohnisko korekční čočky nachází ve stejném bodě jako daleký bod korigovaného oka (obr. 5, 6). U astigmatického oka musíme tuto podmínku aplikovat na oba meridiány.

Ladislav Najman

SZŠ a VOŠZ, Brno, Merhautova 15
najman@szsmerh.cz

Pokračování příště.