

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

SPECIFIKA CENTRACE BRÝLOVÝCH ČOČEK

Bakalářská práce

VYPRACOVAL:

Tomáš Maxián, DiS.

obor 5345R008 OPTOMETRIE

studijní rok 2017/2018

VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

RNDr. Jaroslav Wagner, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Jaroslava Wagnera, Ph.D. za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Brně dne 10. 5. 2018

.....

Maxián Tomáš

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi během psaní bakalářské práce pomáhali. Především RNDr. Jaroslavu Wagnerovi, Ph.D za odborné rady a cenné připomínky při vedení mé bakalářské práce.

Tato práce vznikla za podpory projektu IGA PřF UP s názvem „Optometrie a její aplikace“, č. IGA_PrF_2018_007.

OBSAH

ÚVOD	6
1 OPTICKÝ SYSTÉM OKA	7
1.1 GULLSTRANDOVO OPTICKÉ SCHÉMATICKÉ OKO	8
1.2 EMSLEYOVA-GRAFFOVA MODIFIKACE ZJEDNODUŠENÉHO GULLSTRANDOVA MODELU SCHÉMATICKÉHO OKA.....	11
1.3 STANDARDNÍ REDUKOVANÉ OKO	12
2 AMETROPIE	13
2.1 HYPERMETROPIE	13
2.1.1 Rozdělení hypermetropie podle příčiny	14
2.1.2 Rozdělení hypermetropie podle akomodace	14
2.1.3 Korekce hypermetropie	15
2.2 MYOPIE	15
2.2.1 Rozdělení myopie.....	16
2.2.2 Korekce myopie	16
2.3 ASTIGMATISMUS	17
2.3.1 Rozdělení očního astigmatismu	17
2.3.2 Etiologie astigmatismu	19
2.3.3 Korekce astigmatismu	19
3 VADY OPTICKÉHO ZOBRAZOVÁNÍ	20
3.1 MONOCHROMATICKÉ VADY	20
3.1.1 Aberace nižších řádů (Low Order Abberations)	20
3.1.2 Aberace vyšších řádů (Higher Order Abberations).....	21
3.2 CHROMATICKÉ VADY	21
4 ZUŠLECHŤUJÍCÍ ÚPRAVY BRÝLOVÝCH ČOČEK	22
4.1 ANTIREFLEXNÍ VRSTVA	22
4.2 HYDROFOBNÍ VRSTVA	24
4.3 TVRZENÍ.....	24
5 DRUHY KOREKČNÍCH BRÝLOVÝCH ČOČEK	25
5.1 MONOFOKÁLNÍ (JEDNOHNISKOVÉ) BRÝLOVÉ ČOČKY	25
5.1.1 Sférické čočky	25
5.1.2 Asférické čočky	25
5.1.3 Torické čočky	26
5.2 MULTIFOKÁLNÍ (VÍCEOHNISKOVÉ) BRÝLOVÉ ČOČKY	27
5.2.1 Bifokální čočky	27
5.2.2 Trifokální čočky	27
5.2.3 Progresivní čočky	28
5.2.4 Degresivní čočky	28
6 CENTRACE BRÝLOVÝCH ČOČEK	29
6.1 HORIZONTÁLNÍ PROHNUTÍ BRÝLOVÉHO STŘEDU	30
6.2 VERTIKÁLNÍ SKLON BRÝLOVÉHO STŘEDU – INKLINACE.....	31
6.3 VZDÁLENOST BRÝLOVÉ ČOČKY OD VRCHOLU ROHOVKY	32
6.4 HORIZONTÁLNÍ CENTRACE	33

6.4.1	Horizontální centrace do dálky	33
6.4.2	Horizontální centrace do blízka.....	34
6.5	VERTIKÁLNÍ CENTRACE.....	36
6.5.1	Centrace na střed otáčení oka.....	37
6.5.2	Centrace na přímý pohled	37
6.6	VIDEOSYSTÉMY V OČNÍ OPTICE	38
7	CENTRACE JEDNOTLIVÝCH TYPŮ BRÝLOVÝCH ČOČEK.....	39
7.1	ZÁSADY CENTRACE JEDNOOHNISKOVÝCH BRÝLOVÝCH ČOČEK	39
7.1.1	Chyba centrace PD u spojných čoček	39
7.1.2	Chyba centrace PD u rozptylných čoček.....	40
7.2	ZÁSADY CENTROVÁNÍ TORICKÝCH BRÝLOVÝCH ČOČEK	42
7.3	ZÁSADY CENTROVÁNÍ BIFOKÁLNÍCH BRÝLOVÝCH ČOČEK.....	43
7.4	ZÁSADY CENTROVÁNÍ MULTIFOKÁLNÍCH BRÝLOVÝCH ČOČEK	44
7.5	ZÁSADY CENTROVÁNÍ KOREKCE DO BLÍZKA.....	45
8	ANIZOMETROPIE	48
8.1	CENTRACE PŘI ANIZOMETROPII	49
	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM TABULEK.....	55

ÚVOD

Zrak je považován za nejdůležitější z pěti lidských smyslů, jelikož asi 80 % zprostředkovaných informací z okolí získáváme pomocí zraku. Pokud však začíná mít člověk potíže s neostrým vjemem obrazu, jednou z mnoha možností je korekce pomocí brýlových čoček.

Pro bakalářskou práci jsem vybral téma *Specifika centrace brýlových čoček*. Toto téma jsem zvolil především proto, abych poukázal na množství odborných znalostí u centrování brýlových čoček, které musí kvalifikovaný oční optik, případně optometrista nejen pochopit, ale zároveň je dokázat i prakticky aplikovat. V současné době můžeme nalézt velké množství odborné literatury, která se však tímto tématem většinou zabývá příliš teoreticky, nikoliv však komplexně.

V očních optikách se stále více setkáváme se zvýšenými nároky na zrak a individualizaci brýlových čoček. Správně provedenou centrací lze dosáhnout kvalitního optického zobrazení a odstranění astenopických potíží. Správná centrace nám také pomůže zabránit irreverzibilnímu poškození zraku u dětí.

V bakalářské práci se budeme zabývat optickým systémem oka, ametropií a vadami optického zobrazování. Dále se budeme věnovat anizometrii, zásadám centrování u jednotlivých typů brýlových čoček a zušlechťujícím úpravám brýlových čoček.

Cílem bakalářské práce je poskytnout očním optikům a optometristům stručný souhrn informací pro správné vyměření centračních parametrů potřebných ke zhotovení korekční pomůcky.

1 OPTICKÝ SYSTÉM OKA

Lidské oko představuje z optického hlediska konvergentní optický systém zobrazující vnější předměty na vnitřní vrstvu světlocitlivých receptorů – sítnici. Osová předozadní délka oka u dospělých jedinců (měřená od přední části rohovky k foveole) dosahuje v průměru 24,00 mm. Optickou soustavu oka nám tvoří čtyři optická prostředí, mezi která řadíme: rohovku, komorovou vodu, čočku a sklivec. Celková optická mohutnost oka při uvolněné akomodaci se rovná hodnotě přibližně +60,00 D, ale každé z těchto prostředí má optické vlastnosti rozdílné, a tím je ovlivněn i průchod paprsku celým okem.

Vnější část oka je pokryta odolnou a pružnou tkání, která se nazývá bělima (sklera). Tato tkáň však dále nezasahuje do centrální části, avšak přechází v bezcévnou a nervově bohatě zakončenou tkáň – rohovku (cornea). Světlo dopadající do oka je nejprve lomeno rohovkou, která má v průměru velikost 12 mm a její tloušťka ve středové části se pohybuje okolo 0,55 mm a směrem do periferie její tloušťka narůstá. Vzhledem k velkému rozdílu indexu lomu mezi první plochou rohovky a vzduchem má vysokou lomivost světelných paprsků. Díky tomu představuje rohovka asi 2/3 optické mohutnosti celého oka, což představuje hodnotu +43,05 D. Slzný film zajišťuje, aby byl tento optický povrch hladký a zajišťoval tak nejlepší kvalitu obrazu. Rohovka je transparentní, umožňuje světelnému paprsku projít dále do oka.

Komorová voda optickou mohutnost oka téměř neovlivňuje, jelikož rozdíl hodnoty indexu lomu rohovky a komorové vody je velmi malý. Avšak její funkce spočívá ve výživě oka a udržování nitroočního tlaku, což je nezbytné k zachování optických parametrů. Neméně důležitou funkci clony zajišťuje zornice, která společně s kruhovým otvorem duhovky redukuje množství světla dopadajícího na sítnici za pomoci svalových vláken.

Dalším optickým prostředím oka je oční čočka, která je umístěna za duhovkou. Normální lidská čočka je bezcévná, průhledná a bikonvexní – dvojevypuklá. Pomocí systému zonulárních vláken připojených k ciliárnímu svalu je čočka zavěšena v oku. Při kontrakci ciliárního svalu dochází k uvolnění závěsného aparátu a tím zároveň k vyklenutí především přední plochy čočky. Tím se zvyšuje optická mohutnost, následkem čehož oko tzv. akomoduje a průchod paprsku tak není přímočarý.

Akomodace je proces, při kterém lze vidět předměty ostře na libovolnou vzdálenost. V důsledku změn mohutnosti optického systému oka se mění ohnisková vzdálenost oka z nekonečna do blízka. Optická mohutnost čočky je tudíž vlivem akomodační schopnosti proměnlivá a dosahuje hodnot $+20,00$ D při uvolněné akomodaci (tj. minimální optická mohutnost oka), naopak při maximální akomodaci dosahuje oční čočka hodnoty asi $+33,00$ D. Jelikož je struktura čočky heterogenní, je nejednotný také index lomu. Pro výpočty pro praxi se užívá průměrný index lomu celé čočky v hodnotě 1,41. Dalším důležitým faktorem je bod otáčení oka. Jedná se o bod, který nemění svoji polohu vůči pohybům hlavy. Jeho poloha se uvádí 14,43 mm za vrcholem rohovky, přibližně 1–1,5 mm od optické osy temporálním směrem. [20], [2], [3]

Abychom získali představu o samotném chodu světelných paprsků, je zapotřebí znát základní optické parametry. Tyto parametry jsou využívány pro řešení teoretických úloh při použití vztahů z geometrické optiky. A vzhledem k tomu, že optické vlastnosti oka jsou u každého jedince odlišné, nelze požadované parametry vyjádřit exaktně. Proto je třeba zavést takový model oka, který nám vyjádří průměrné hodnoty naměřené u skutečných očí.

1.1 Gullstrandovo optické schématické oko

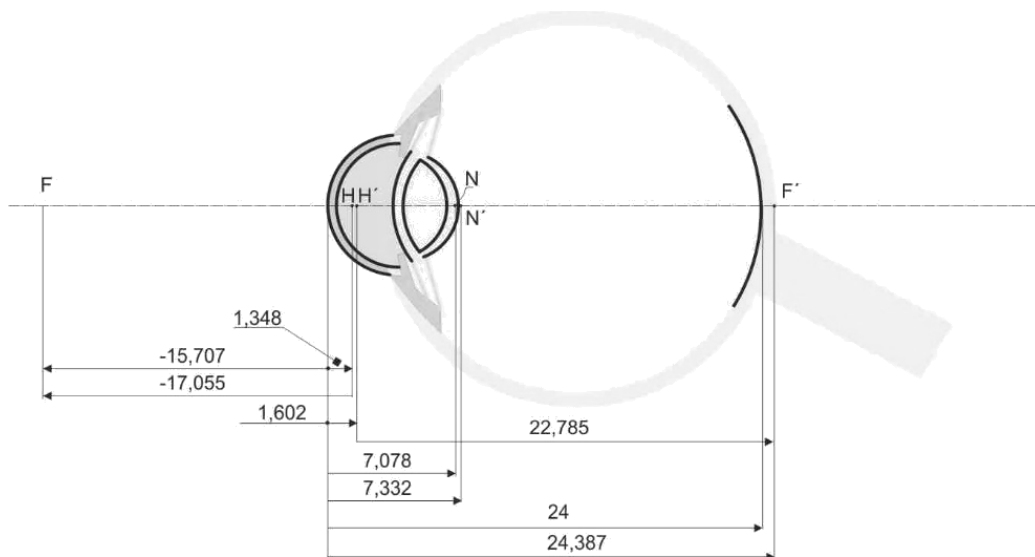
Jedním z nejpodrobněji popsáných a nejčastěji užívaných modelů je tzv. Gullstrandovo optické schématické oko (viz Obrázek 1). Švédský oftalmolog Alvar Gullstrand (1852–1930), který tento model sestavil, vychází z představy oka jakožto centované optické soustavy se schopností zaostřovat automaticky. Jedná se dodnes o nejuznávanější a velice propracovaný model průměrného oka, který má celkem šest optických ploch a tyto plochy (tvořené jednotlivými prvky optické soustavy) jsou kulové. Vzduch o indexu lomu 1,0 je použit jako předmětové prostředí. Rohovku vymezuje její přední a zadní lomivá plocha. Čočka je vyobrazena pomocí čtyř lomivých ploch: přední plocha obalu čočky, přední plocha jádra čočky, zadní plocha jádra čočky a zadní plocha obalu čočky. Indexy lomu, poloměry křivosti, poloha sítnice, polohy předmětového a obrazového ohniska F a F' , předmětového či obrazového hlavního a uzlového bodu H , H' a N , N' jednotlivých ploch se využívají pro vysoce přesné optické výpočty. [21] Hlavní body optické soustavy H , H' jsou navzájem sdružené body, které jsou průsečíkem předmětové a obrazové hlavní roviny (roviny kolmé k optické ose). Při neakomodovaném stavu činí celková optická mohutnost hodnoty $+58,64$ D, předmětové ohnisko má vzdálenost $-17,055$ mm

a obrazové ohnisko hodnotu +22,785 mm. V případě maximální akomodace dosahuje celková optická mohutnost hodnoty +70,57 D, vzdálenost předmětového ohniska je -14,169 mm a obrazová ohnisková vzdálenost se rovná +18,030 mm (viz Tabulka 1). Znaménka u poloměrů křivostí a vzdáleností odpovídají znaménkové konvenci. Tato konvence označuje směr šíření paprsku zleva doprava jako kladný, v opačném směru jako záporný. Poloměry křivosti mají kladný směr, pokud je lomná plocha vypouklá (konvexní), v případě duté (konkávni) lomné plochy je směr chodu paprsku záporný. [21], [25]

Tabulka 1: Parametry Gullstrandova schématického oka (zdroj: vlastní)

	Akomodace	
	uvolněná	maximální
Indexy lomu:		
rohovka	1,376	
komorová voda	1,336	
periferie čočky	1,386	
jádro čočky	1,406	
sklivec	1,336	
Vzdálenosti od vnějšího vrcholu rohovky [mm]:		
přední plocha rohovky	0,000	
zadní plocha rohovky	0,500	
přední plocha čočky	3,6	3,2
přední plocha jádra čočky	4,146	3,8725
zadní plocha jádra čočky	6,665	6,5275
zadní plocha čočky	7,200	7,200
Poloměry křivosti [mm]:		
přední plocha rohovky	7,700	
zadní plocha rohovky	6,800	
přední plocha čočky	10,000	5,33
přední plocha jádra čočky	7,911	2,655
zadní plocha jádra čočky	-5,760	-2,655
zadní plocha čočky	-6,000	-5,33
Optická mohutnost [D]:		
přední plocha rohovky	48,831	
zadní plocha rohovky	-5,882	
rohovka	43,053	

přední plocha čočky	5,000	9,375
jádro čočky	5,985	14,96
zadní plocha čočky	8,33	9,375
celá čočka v oku	19,11	33,06
soustava oka	58,64	70,57
Poloha hlavních bodů [mm]:		
hlavní bod předmětový	1,348	1,722
hlavní bod obrazový	1,602	2,086
Poloha uzlových bodů [mm]:		
hlavní bod předmětový	7,087	5,633
hlavní bod obrazový	7,332	5,997
Poloha ohnisek [mm]:		
ohnisko předmětové	-15,707	-12,397
ohnisko obrazové	24,387	21,016
Poloha sítnice [mm]:	24,000	
Ohniskové vzdálenosti [mm]:		
předmětová	-17,054	-14,169
obrazová	22,875	18,030



Obrázek 1: Gullstrandovo schématické oko [21]

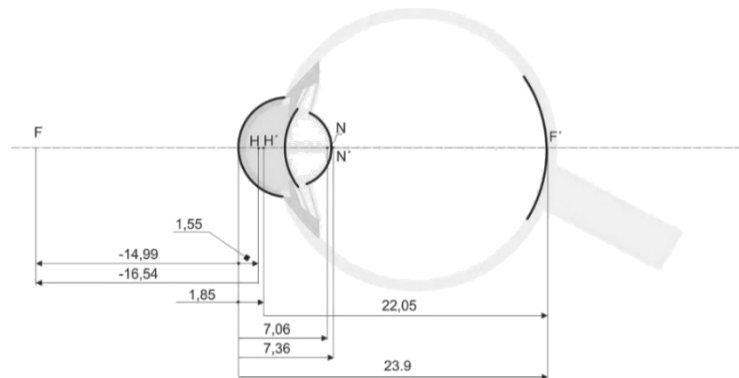
1.2 Emsleyova-Graffova modifikace zjednodušeného Gullstrandova modelu schématického oka

Pro usnadnění výpočtů byl Gullstrandem navržen zjednodušený model, ve kterém je rohovka prezentována jednou lámovou plochou a čočka zase dvěma lámavými plochami. Tento zjednodušený model byl modifikován Emsleyem a Graffem dle jejich nových měření. [20], [21] Celková optická mohutnost má hodnotu +60,48 D, předmětová ohnisková vzdálenost je -16,54 mm a obrazová ohnisková vzdálenost +22,05 mm. Podle Tabulky 2 a Obrázku 2 lze u tohoto modifikovaného modelu oka dle důležitých parametrů určit, že obrazové ohnisko leží přesně na sítnici. [21]

Tabulka 2: Parametry Emsleyovy-Graffovy modifikace zjednodušeného Gullstrandova schématického oka (zdroj: vlastní)

	Akomodace	
	uvolněná	maximální
Indexy lomu:		
komorová voda	4/3	
čočka	1,416	
sklivec	4/3	
Vzdálenosti od vnějšího vrcholu rohovky [mm]:		
přední plocha čočky	3,60	3,20
zadní plocha čočky	7,20	
Poloměry křivosti [mm]:		
rohovka	7,80	
přední plocha čočky	10,00	5,00
zadní plocha čočky	-6,00	-5,00
Optická mohutnost [D]:		
rohovka	42,735	
čočka uvnitř oka	21,76	32,30
soustava oka	60,48	69,72
Poloha hlavních bodů [mm]:		
hlavní bod předmětový	1,55	1,78
hlavní bod obrazový	1,85	2,13
Poloha ohnisek [mm]:		
ohnisko předmětové	-14,99	-12,57
ohnisko obrazové	23,90	21,26

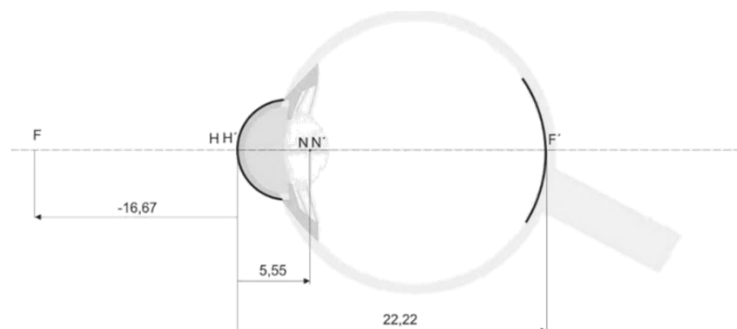
Poloha sítnice [mm]:	23,90	
Ohniskové vzdálenosti [mm]:		
předmětová	-16,54	-14,35
obrazová	22,05	19,13



Obrázek 2: Emsleyovo-Graffova modifikace zjednodušeného Gullstrandova schematického oka [21]

1.3 Standardní redukované oko

Jedná se o nejméně přesný, avšak nejjednodušší model pro ilustrační nebo orientační výpočty a geometrické konstrukce předchozího modelu neakomodujícího oka o třech optických plochách lze dále redukovat na systém s jediným lámavým povrchem, kde poloměr křivosti $r = +5,55$ mm, index lomu $n = 4/3$ a osová (axiální) délka $a'_R = +22,22$ mm. [25] Splývající hlavní body H, H' leží na optické ose ve vrcholu lámavé plochy, ve středu křivosti této plochy se nachází oba uzlové body N, N'. Obrazová a předmětová ohnisková vzdálenost se rovná hodnotě -16,67 mm a +22,22 mm. Model redukovaného standardního oka (viz Obrázek 3) má celkovou optickou mohutnost +60,00 D a oko je emetropické (jeho ohnisko leží přesně na sítnici). [21]



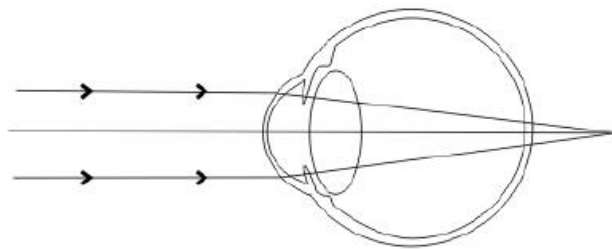
Obrázek 3: Standardní redukované oko [21]

2 AMETROPIE

Ametropie neboli refrakční vada pochází z řeckého ametropos – nesouměrné, disproporční oko. Jde o stav vzniklý nesprávným poměrem předozadní délky oka nebo nesprávným poměrem mezi lomivostí optického aparátu. Vidění je neostré, protože světelné paprsky vstupující do oka nejsou spojovány v ohnisku na sítnici. [1]

2.1 Hypermetropie

Hypermetropie neboli dalekozrakost je sférická refrakční vada, při které obraz ležící v nekonečnu vstupuje do neakomodujícího oka a zobrazuje se do obrazové roviny, která leží za sítnicí (viz Obrázek 4).



Obrázek 4: Chod paprsků u hypermetropického oka [23]

Axiální refrakce A_r je v souladu se znaménkovou konvencí kladná. Paralelní paprsky přicházející do oka se sbíhají v ohnisku F' za sítnicí. Tím se na sítnici vytvoří rozostřený a zvětšený obraz vzdáleného objektu. Akomodačním úsilím je lidské oko schopno částečně tuto vadu kompenzovat, a proto nemusí být zpočátku patrná. Typickým projevem je špatná viditelnost objektů převážně v blízkých vzdálenostech. Jedině s nekorigovanou hypermetropií musí oproti emetropovi nebo myopovi neustále akomodovat, aby dosáhl ostrého vidění na všechny vzdálenosti. Zapojením akomodace může být vyřešena určitá hodnota hypermetropie, což však není přirozené a při dlouhodobém využívání akomodace může docházet k astenopickým potížím. [4]

Hypermetropii můžeme rozdělit z hlediska příčiny na osovou (axiální) a systémovou, z hlediska akomodace na latentní (skrytou) a manifestní (zjevnou) formu.

2.1.1 Rozdělení hypermetropie podle příčiny

Osová (axiální) hypermetropie

Jedná se o nejčastější případ výskytu hypermetropie. Je to stav, při kterém má optický systém oka lomivost jako oko emetropické (+58,64 D), ale délka oka je menší než 24,00 mm. Zkrácení předozadní délky oka o 1 mm způsobí změnu refrakce asi o +3,00 D. Jelikož zkrácení zřídka přesahuje 2,00 mm, obvykle se neseťkáme s refrakční vadou vyšší než +6,00 D. Výjimkou však může být patologický stav (např. mikroftalmus), při němž může refrakční vada dosahovat hodnot až +20,00 D a více. Toto zkrácení může být způsobeno například odchlípením sítnice, tlakem nádoru nebo zánětlivých hmot na zadní pól oka.

Systémová (lomivostní) hypermetropie

Je charakterizována fyziologickou délkou oka 24,00 mm, avšak má sníženou lomivost optického systému oka, která je menší než +58,64 D. Tento typ dále rozdělujeme na:

- **rádiusovou** – poloměr křivostí jednotlivých optických ploch je větší, čímž je oko méně lámavé. Hypermetropie způsobená zmenšeným zakřivením může být vrozená (cornea plana) nebo získaná následkem úrazu či choroby (např. subluxace čočky či nádory živnatky),
- **indexovou** – vzniká při vysokém indexu lomu sklivce nebo naopak při nízkém indexu komorové vody a čočky.

2.1.2 Rozdělení hypermetropie podle akomodace

Latentní (skrytá) hypermetropie

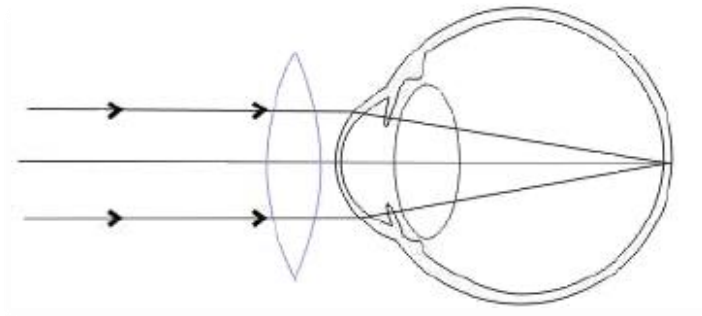
V tomto případě je vada kompenzována fyziologickým tonusem ciliárního svalu, který není vůlí ovlivnitelný. Pouze pomocí atropinových preparátů (cykloplegika) lze vyřadit funkční akomodační aparát při refrakci.

Manifestní (zjevná) hypermetropie

Tento případ hypermetropie, který můžeme stanovit při objektivním nebo subjektivním vyšetření refrakce, se dále dělí na fakultativní hypermetropii (je překonána zvýšenou aktivitou ciliárního svalu) a na absolutní hypermetropii (tu již nelze akomodací korigovat). [1], [9]

2.1.3 Korekce hypermetropie

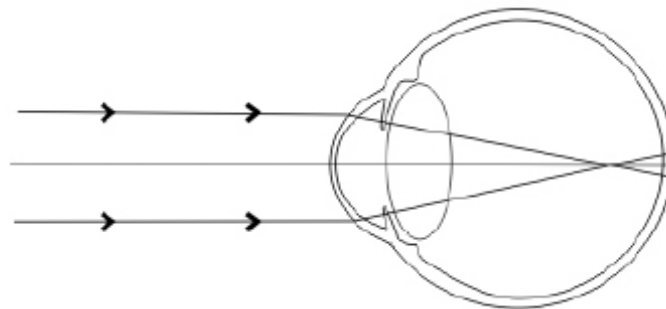
Hypermetropické oko korigujeme nejsilnější spojnou (konvexní) čočkou, se kterou je dosaženo ostrého vidění. Paralelní paprsky přicházející do oka se sbíhají v ohnisku F' za sítnicí. V případě užití brýlové korekce či kontaktní čočky je zapotřebí splnit korekční podmínku, která zní: „Obrazové ohnisko korekční čočky musí splývat s dalekým bodem ametropického oka“. Za pomoci spojných čoček dochází ke změně rozbíhavých (divergentních) paprsků na paprsky sbíhavé (konvergentní) a tím i posunu obrazového ohniska na sítnici (viz Obrázek 5). [4]



Obrázek 5: Korekce hypermetropie [23]

2.2 Myopie

Myopie neboli také krátkozrakost je sférická refrakční vada, při níž obraz ležící v nekonečnu vstupuje do neakomodujícího oka a zobrazuje se do obrazové roviny, která leží před sítnicí (viz Obrázek 6). Axiální refrakce A_r je v souladu se znaménkovou konvencí záporná. Myopické oko tak předměty umístěné v nekonečnu na sítnici zobrazuje neostře. [21]



Obrázek 6: Chod paprsků u myopického oka [23]

Termín myopie poprvé použil starověký lékař Galén (131–201). Termín je složen ze slov *myein* = uzavřený a *ops* = oko. Galén vyzbrozoval, že lidé s myopií částečně přivírají oči, aby vzdálený objekt lépe zaostřili. Osoba vidí dobře do blízka, ale nevidí do dálky (má krátký zrak). Často se v klinických studiích uvádí, že značná část myopií vzniká nejvíce v důsledku zvětšeného předozadního rozměru oka, v takovém případě můžeme hovořit o axiální (osové) myopii. Naproti tomu v případě zvýšeného zakřivení rohovky nebo čočky mluvíme o myopii systémové (kurvatorní).

2.2.1 Rozdělení myopie

Osová (axiální) myopie

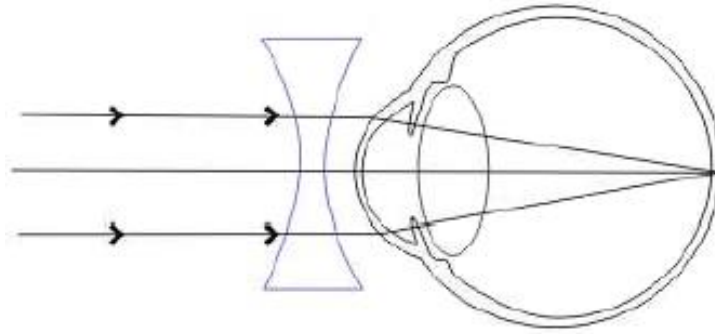
Bývá nejčastější příčinou myopie. Je to stav, ve kterém má optický systém oka lomivost jako oko emetropické (+58,64 D), ale délka oka je větší než 24,00 mm. Prodloužení oka o 1 mm má za následek zvýšení myopie o -3,00 D. U osové myopie můžeme také pozorovat, že rohovka je plošší.

Systémová myopie

Je charakterizována fyziologickou délkou oka 24,00 mm, avšak má zvýšenou lomivost optického systému oka, která je větší než +58,64 D. Zvýšené zakřivení rohovky je většinou doprovázeno astigmatismem, který také můžeme pozorovat u keratokonu či jiných ektatických onemocnění. Tento typ myopie dále dělíme na rádiusovou, při níž je poloměr křivostí jednotlivých optických ploch v oku menší, a indexovou, která vzniká při nízkém indexu lomu sklivce nebo vysokém lomu komorové vody. Indexová myopie může nastat například vlivem diabetu a vzniknout může také u šedého zákalu. [1], [9], [3]

2.2.2 Korekce myopie

V případě užití brýlové korekce nebo kontaktní čočky je třeba splnit korekční podmínku stejně jako u hypermetropie. Paralelní paprsky přicházející do oka se sbíhají v ohnisku F' před sítnicí a poté pokračují dále jako kužel divergentních paprsků. Tím se na sítnici vytvoří rozostřený a zvětšený obraz vzdáleného objektu. Myopické oko korigujeme nejslabší rozptylnou (konkávní) čočkou, se kterou je dosaženo ostrého vidění (viz Obrázek 7). Pokud myopa překorigujeme (dáme silnější rozptylku), obraz se vytvoří za sítnicí a tím vzniká pseudohypermetropie, čímž nutíme oko akomodovat a mohou se objevit astenopické potíže. [4]



Obrázek 7: Korekce myopie [23]

2.3 Astigmatismus

Jedná se o asférickou refrakční vadu, u které po průchodu paprsků nemá optický systém oka ve všech meridiánech stejnou optickou mohutnost. V praxi to znamená, že paprsky rovnoběžně vstupující do oka nevytvoří v různých meridiánech své ohnisko v téže rovině. Jedinec s astigmatismem vidí kružnice jako elipsy a body jako krátké čáry. Ohniskové úsečky jsou orientovány kolmo ke svému řezu. Čím větší je astigmatický rozdíl lámavostí obou řezů, tím jsou ohniskové úsečky více od sebe vzdálené a hodnota cylindru je větší.

2.3.1 Rozdělení očního astigmatismu

Nepravidelný (irregularis)

Je způsoben deformací rohovky nebo jiné optické plochy v oku nebo posunutím oční čočky (luxace). Tento typ astigmatismu má v každém meridiánu i v každém místě plochy jinou optickou mohutnost, a proto nelze určit hlavní řez s minimálním a maximálním účinkem. Až na nepravidelný astigmatismus způsobený deformací přední plochy rohovky (keratokonus), který korigujeme tvrdou kontaktní čočkou, se tento typ astigmatismu korigovat brýlovou čočkou nedá.

Pravidelný (regularis)

Bodový předmět z nekonečna se nezobrazuje jako bod v ohnisku, ale ve dvou úsečkách (fokálách) na sebe kolmých. Mezi těmito úsečkami se nachází kroužek nejmenšího rozptylu, ve kterém nedochází k tvarové deformaci obrazu, ale pouze k jeho rozostření.

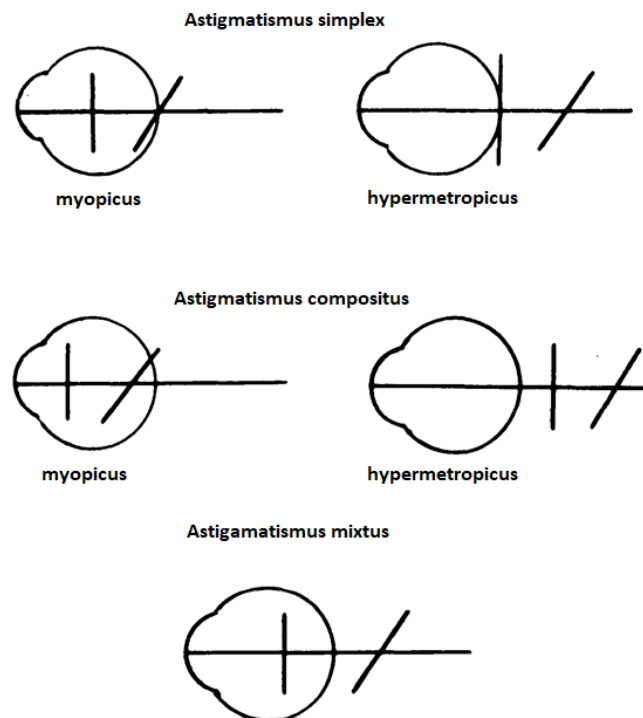
[1]

Pravidelný astigmatismus dělíme na:

- **přímý (rectus)** – vertikální hlavní řez je více lámavější než horizontální hlavní řez,
- **nepřímý (inverzus)** – horizontální hlavní řez je více lámavější než vertikální hlavní řez,
- **šikmých os (obliquus)** – na sebe kolmé úsečky nejsou v horizontálním a vertikálním směru, ale jsou posunuty o více než 10 stupňů.

Každý z těchto tří astigmatismů dále dělíme na:

- **jednoduchý (simplex)** – jeden z řezů je emetropický (jedna ohnisková úsečka je na sítnici a druhá úsečka je myopická nebo hypermetropická),
- **složený (compositus)** – obě ohniskové úsečky se vytváří před sítnicí (oba řezy jsou myopické) nebo za sítnicí (oba řezy jsou hypermetropické),
- **smíšený (mixtus)** – jedna ohnisková úsečka leží před sítnicí a druhá úsečka za sítnicí. [4] (viz Obrázek 8)



Obrázek 8: Typy u pravidelného astigmatismu (zdroj: vlastní)

2.3.2 Etiologie astigmatismu

Z optického hlediska se udává astigmatismus celkový, který je charakterizován součtem tří složek: rohovkového, čočkového a zbytkového astigmatismu.

Rohovkový astigmatismus

V případě rohovkového astigmatismu řadíme mezi nejčastější příčinu asférický tvar rohovky. Další příčinou mohou být také vady získané jako následek radikálního zásahu do oka (úraz, operace, či prodělaný zánět očníce nebo oka). Hodnota tohoto astigmatismu má zásadní vliv na celkovou velikost astigmatismu.

Čočkový astigmatismus

Na čočkovém astigmatismu se zase podílejí plochy oční čočky, avšak v menší míře než na rohovkovém astigmatismu. Tento typ je méně ojedinělý a může být způsoben subluxací čočky, změnou indexu lomu při začínající kataraktě nebo také v případě vrozeného menšího či většího zakřivení pólu čočky.

Oba typy astigmatismu mohou dosahovat značných hodnot, i když se díky jejich vzájemnému vyrušení oko nemusí projevovat jako astigmatické.

Zbytkový astigmatismus

Jelikož lomivost rohovky ve vertikálním směru je zhruba o 0,50 D větší než ve směru horizontálním, lze říci, že každé oko je zatížené astigmatismem. Tato hodnota rozdílu mezi horizontální a vertikální lomivostí rohovky je označována jako fyziologický astigmatismus, který je s nejvyšší pravděpodobností způsoben tlakem horního víčka a kompenzován je oční čočkou. [26]

2.3.3 Korekce astigmatismu

Pro korekci pravidelného astigmatismu využíváme tzv. torické čočky, což je kombinace sférické a cylindrické (válcové) čočky. Cylindrická složka korekce je nutná pro úpravu rozdílné refrakce oka v obou hlavních řezech. [4]

3 VADY OPTICKÉHO ZOBRAZOVÁNÍ

Z představy ideálního zobrazení vycházíme při zobrazování optickém, kdy paprsky vycházející z předmětového bodu se po průchodu optickou soustavou opět střetnou v obrazovém bodě. Tím se v ideálním případě bod zobrazí jako bod. To však platí jen v případě zobrazení na optické ose nebo v jejím paraxiálním prostoru (oblast svírající s optickou osou úhel menší než 2°). Při zobrazení světelnými paprsky procházejícími mimo paraxiální prostor nastávají odchylky od ideálního zobrazení. Tyto odchylky označujeme pojmem aberace. Lze říci, že aberace jsou optické vady zhoršující kvalitní zobrazování. Lidské oko, stejně jako každý optický systém, je těmito vadami zatíženo. Pokud paprsky procházejí paraxiálním prostorem, projevují se aberace minimálně. Naopak nejvyšší projev lze nalézt při průchodu paprsků mimo paraxiální prostor. Vliv na velikost aberace má především individuální anatomie oka, důležitým faktorem míry aberace je pak šířka zornice a také její centrace (geometrický střed pupily odpovídá optickému středu). Jak již bylo zmíněno dříve, zornice funguje jako clona, a tak jsou za dobrých světelných podmínek neparaxiální paprsky odstraněny. S ubývajícím světlem však zornice dilatuje a neparaxiální paprsky vstupují do optického systému oka v celém průměru. Vady optického zobrazování můžeme rozdělit na monochromatické a chromatické (barevné). [20], [8]

3.1 Monochromatické vady

Monochromatické vady jsou způsobeny světlem o jedné vlnové délce. Dále můžeme ještě tyto vady dělit na osově (otvorová vada) a mimoosové (koma, zklenutí a zkreslení). Podle možnosti jejich korekce a z hlediska vlivu na vidění lze dělit monochromatické aberace na:

- aberace nižších řádů;
- aberace vyšších řádů.

3.1.1 Aberace nižších řádů (Low Order Abberations)

Výskyt těchto aberací lze korigovat klasickou refrakční chirurgií, dále také sférickou nebo sférocyklindrickou korekcí v brýlích nebo kontaktních čočkách. Patří sem sférické vady lomivosti zahrnující hypermetropii, myopii a astigmatismus.

3.1.2 Aberace vyšších řádů (Higher Order Abberations)

Typy těchto aberací v průměru představují asi 10–15 % refrakční vady, avšak již nejsou dobře korigovatelné. V jakémkoliv optickém prostředí oka se mohou tyto aberace vyskytovat, přičemž hlavním ovlivňujícím faktorem je čočka a především rohovka. Jejich podíl na zrakové funkci (kontrastní citlivost, zraková ostrost) je ovšem velmi individuální a řadíme zde: sférickou aberaci, sekundární astigmatismus, komu a trefoil.

3.2 Chromatické vady

Bílé světlo je složeno z monochromatických světél, přičemž každé barvě náleží určitá vlnová délka. V případě chromatických vad je hlavní podstatou závislost indexu lomu na vlnové délce světla. Po průchodu optickým prostředím se bílé světlo rozloží na jednotlivé monochromatické složky a dochází k tzv. disperzi. Obrazy vytvořené jednotlivými vlnovými délkami mají různou velikost a leží na různých místech. [20], [8]

4 ZUŠLECHŤUJÍCÍ ÚPRAVY BRÝLOVÝCH ČOČEK

Ke zdokonalení optických a mechanických vlastností brýlových čoček slouží zušlechťující úpravy. Dalším přínosem pro zákazníka je i estetičnost a kvalita vidění při nošení. Úpravu čoček můžeme rozdělit podle provedení na tzv. tenké vrstvy, které jsou nanášeny na povrch brýlové čočky, a na zušlechtění materiálu, které se provádí na molekulární úrovni materiálu.

4.1 Antireflexní vrstva

Optický materiál používaný v oční optice způsobuje nežádoucí odlesky (parazitní efekty) a absorpci světla, které skrze čočku prochází. Tyto nežádoucí efekty způsobují bolest a únavu očí, což je v největší míře pozorovatelné při používání počítače nebo mobilních telefonů. Nebezpečné mohou být i pro řidiče za šera a v noci, kdy je jas okolí menší. Na přední lesklé ploše jsou jako ve vypuklém zrcadle vidět zmenšené „zdroje světla“ z okolí (okna, lustry, lampy, bílé stěny) a zakrývají tak oči nositeli brýlí. Zadní plocha čočky se zase chová jako duté zrcadlo, a proto se světelné zdroje umístěné za hlavou uživatele zobrazí na její lesklé ploše zvětšené, čímž se také snižuje kontrast při pohledu přes brýle. Cílem tohoto zušlechtění minerální i plastové čočky by tedy podle názvu mělo být odstranění rušivých odrazů od přední a zadní plochy čočky. Intenzita tohoto jevu je přímo úměrná indexu lomu použitého optického materiálu čoček. Mnozí výrobci už nedodávají brýlové čočky s vyšším indexem lomu bez antireflexních úprav. Vzhledem k velkému rozvoji asférických čoček, které se blíží svým zakřivením rovinnému zrcadlu, tak potřeba zušlechtování antireflexními vrstvami vzrůstá. Reflexe (odrazivost) jednotlivých ploch brýlové čočky se vypočítá podle vzorce:

$$R_S = \frac{(n - 1)^2}{(n + 1)^2} \quad \rightarrow \quad R_T = \frac{2 \times R_S}{1 - R_S}$$

R_S = reflexe pro jednu stranu brýlové čočky

R_T = reflexe pro obě strany brýlové čočky

n = index lomu brýlové čočky

K potlačení reflexe se využívá principu interference světla, přičemž se vytvoří na povrchu čočky tenká antireflexní vrstva z vhodného materiálu. Při zpětném průchodu světla určité vlnové délky touto vrstvou dojde k interferenci se světlem (vlněním)

odraženým od povrchu vrstvy tak, že fáze obou vlnění jsou opačné a amplitudy přibližně stejné. Na orientaci fáze vlny má vliv tloušťka vrstvy a na amplitudu index lomu materiálu vrstvy. Aby byla amplituda stejná, musí být reflexe na rozhraní vzduch/vrstva stejná jako na rozhraní vrstva/materiál čočky. U antireflexní úpravy by tedy měly být splněny dvě podmínky – fázová a amplitudová.

Fázová podmínka

Paprsky odražené na přední a zadní ploše musejí mít opačnou fázi. Pro splnění je nutné vytvořit vrstvu o tloušťce rovné jedné čtvrtině vlnové délky světla.

$$d = \frac{\lambda}{4 \times n_{\text{vrstvy}}}$$

Amplitudová podmínka

Velikost amplitud těchto paprsků musí být stejně velká.

$$n_{\text{vrstvy}} = \sqrt{n_{\text{čočky}}}$$

Jak již bylo zmíněno výše, tloušťka antireflexní vrstvy se musí volit podle fázové podmínky. Tloušťkou je tedy možno rozhodnout, která barva ze slunečního spektra bude interferencí odraženého záření na rozhraní vzduch/vrstva utlumena. Jednoduchá vrstva má tedy tloušťku kolem 0,0001 mm. Nejintenzivněji vnímá člověk za denního světla převážně barvu zelenožlutou o vlnové délce 550 nm, a proto se tloušťka volí taková, aby došlo k utlumení odrazů v této barvě. Ostatní odražené barvy se smíchají v barevný odstín, kterému říkáme zbytkový odraz.

Mimo jednoduché antireflexní vrstvy se používají i vrstvy vícenásobné, které umožňují interferenční vyhasnutí odraženého světla pro více vlnových délek. Tato vícenásobná vrstva je velmi choulostivá na mechanické poškození a udržování v čistotě, protože veškeré nečistoty jsou výrazně zviditelněny na nelesknoucím se pozadí.

4.2 Hydrofobní vrstva

Při pozorování mikroskopem má klasicky napařená antireflexní vrstva sloupcovitou krystalickou strukturu s ostrými vrcholky, což nepřispívá k jejímu snadnému udržování v čistotě. Cílem nanesení hydrofobní vrstvy je tyto nerovnosti zalít poslední hladkou vrstvou a zvýšit vodoodpudivost povrchu. Jelikož je povrch brýlové čočky dokonale vyhlazen, v nerovnostech neulpívají nečistoty a je tak zajištěno snadné čištění spojené se sníženým rizikem mechanického poškození. Většina hydrofobních vrstev je zároveň i antistatická a zabraňuje usazování prachových částic na čočce.

4.3 Tvrzení

Tvrzení patří do kategorie zušlechtnění materiálu, které se provádí na molekulární úrovni.

U minerálních čoček je vysoká odolnost proti poškrábání, ale nízká odolnost proti nárazu. Cílem je tedy ochrana očí, jelikož při nárazu se sklo roztříští na ostré kusy a ty mohou snadno oko poškodit. Běžně se tomuto procesu říká tvrzení, ale tento pojem nevystihuje přesně podstatu úpravy, která spíše spočívá ve zpevnění.

Plastové čočky jsou ve srovnání s minerálními podstatně měkčí a tedy i náchylné na poškrábání. Z toho důvodu jejich výrobci řeší problém, jak tento jejich nedostatek odstranit nebo alespoň částečně potlačit. Nejrozšířenějším způsobem úpravy povrchu je lakování čoček ponořením do speciálního laku s následným přesně řízeným vynořováním. Jedná se o speciální tvrdý lak na bázi polysiloxanů. Pro kvalitu vrstvy (tloušťku, jednolitost a nezvlněný povrch) je důležité zvolit odpovídající konstantní rychlost vynořování a dále dodržet absolutní čistotu povrchu čoček a prostředí. [24], [18], [19]

5 DRUHY KOREKČNÍCH BRÝLOVÝCH ČOČEK

Hlavním parametrem pro popis optických vlastností korekčních brýlových čoček je hodnota vrcholové lámavosti vyjádřena v dioptriích (D). Z hlediska optického účinku lze brýlové čočky dělit na monofokální a multifokální.

5.1 Monofokální (jednoohniskové) brýlové čočky

5.1.1 Sférické čočky

Jsou tvořeny dvěma opticky účinnými sférickými plochami, které se vyznačují konstantními poloměry křivosti na optických plochách po celém povrchu čočky. Slouží ke korekci refrakčních vad (myopie, hypermetropie, presbyopie), které jsou rotačně symetrické. Dále je možno dělit sférické čočky podle poloměrů křivosti na čočky konvexní a konkávní.

Konvexní (spojné) čočky

Jedná se o optickou čočku měnící paralelní svazek paprsků na svazek konvergentní (sbíhavý). Používá se ke korekci hypermetropie, přičemž středová část korekční čočky je nejsilnější a směrem ke kraji se oplošťuje. Dělí se na bikonvexní (kladná optická mohutnost obou lámavých ploch), plankonvexní (první plocha má optickou mohutnost kladnou a druhá lámavá plocha je rovinná) a meniskové (rozdílná optická mohutnost první a druhé lámavé plochy, avšak výsledný součet je kladný).

Konkávní (rozptylné) čočky

Jedná se o optickou čočku měnící paralelní svazek paprsků na svazek divergentní (rozbíhavý). Používá se ke korekci myopie, přičemž středová část korekční čočky je nejtenčí a směrem ke kraji se zvětšuje okrajová tloušťka. Dělíme je na bikonkávní (záporná optická mohutnost obou lámavých ploch), plankonkávní (první plocha má optickou mohutnost zápornou a druhá lámavá plocha je rovinná) a meniskové (rozdílná optická mohutnost první a druhé lámavé plochy, avšak výsledný součet je záporný). [16]

5.1.2 Asférické čočky

Asférické čočky se vyznačují variabilními poloměry křivosti na optických plochách. Jde o rotačně asymetrickou plochu oplošťující se směrem k periferii. Využívají se převážně u vyšších hodnot vrcholových lámavostí, jelikož podmínky bodového zobrazování

při užití sférických čoček lze splnit jen v omezeném rozsahu, a to zhruba od +8,00 D do -21,00 D. Výhodou je snížení středové (okrajové) tloušťky u spojek (rozptylek).

5.1.3 Torické čočky

Oproti sférickým čočkám nejsou k optické ose rotačně symetrické a torická plocha se vyznačuje dvěma hlavními řezy s rozdílnou optickou mohutností, které jsou na sebe kolmé. Tím vznikají dvě ohniskové linie, které se nesbíhají do jednoho bodu. Tento rozdíl v hlavních řezech nám udává astigmatickou diferenci (tzv. cylindrický účinek). Čím větší je astigmatická diference, tím větší je rozdíl v okrajové tloušťce brýlové čočky. Slouží nám hlavně ke korekci pravidelného astigmatismu.

Oproti sférické se u torické plochy rovnoběžné paprsky nesbíhají do jednoho bodu, ale vznikají dvě ohniskové linie v různých vzdálenostech od torické plochy. Tato vzdálenost je závislá na optické mohutnosti a na orientaci hlavních řezů.

V praxi se můžeme setkat s následujícími základními skupinami korekčních astigmatických brýlových čoček: plan-cylindrickými, sféro-cylindrickými nebo sféro-torickými.

Plan-cylindrické čočky

Funkční plochy plan-cylindrické čočky jsou odvozeny z rotačního válce (podobného cylindru). Pokud rotační válec v jeho podélné ose seřízneme, získáme tvar plan-cylindrické čočky. Na vzniklém tvaru plan-cylindru můžeme rozlišit dvě hlavní roviny s maximální a minimální hodnotou lomivosti. Rovina procházející paralelně s osou rotačního válce je označována jako 1. hlavní řez. Optická mohutnost v této rovině je minimální, tedy v případě plan-cylindru nulová. Naopak rovina procházející kolmo na osu rotačního válce vykazuje lomivost maximální, která je v případě plan-cylindru rovna přímo celkové optické mohutnosti dané cylindrické plochy. Označujeme ji za 2. hlavní řez plan-cylindru.

Sféro-cylindrické čočky

Pokud základní rovinnou plochu cylindru nahradíme plochou sférickou, dostaneme čočku sféro-cylindrickou. Optická mohutnost v 1. hlavním řezu tedy nebude nulová, ale bude rovna optické mohutnosti sférické hodnoty. Při periferním pohledu u plan-cylindrických

a sféro-cylindrických brýlových čoček je však vykazována vysoká hodnota astigmatismu šikmých paprsků.

Sféro-torické čočky

Jedná se o nejvíce využívaný typ ke korekci astigmatismu. Tento typ nahrazuje předešlé dva typy brýlových čoček, které byly zatíženy vadami optického zobrazení, převážně pak vysokým stupněm astigmatismu šikmých paprsků při periferním pohledu přes funkční plochu. Torická plocha se od cylindrické plochy liší tím, že ani v jednom řezu není lomivost nulová.

5.2 Multifokální (víceohniskové) brýlové čočky

U víceohniskových čoček lze naměřit více lámavých účinků, a tím jsou více doporučovány především lidem s presbyopií. Ti potřebují brýlovou korekci na dálku i blízko a do této skupiny patří brýlové čočky: bifokální, trifokální a progresivní.

5.2.1 Bifokální čočky

Dvouohnisková neboli bifokální brýlová čočka nám zajišťuje pohled pouze na dvě hlavní pracovní vzdálenosti. Do základního dílu brýlové čočky je zabroušen nebo zataven segment o jiném indexu lomu, který může mít různý tvar i velikost. Brýlová čočka se tak skládá ze dvou částí: horní část je určena pro korekci do dálky a spodní část pro korekci do blízka. Výsledný rozdíl v optické mohutnosti dílu do dálky a do blízka je označován jako addice.

Na bifokální čočky jsou kladeny požadavky týkajících se zobrazování:

- a) díl do dálky i do blízka by měl splňovat podmínku bodového zobrazování;
- b) optická osa dílu do dálky i do blízka musí procházet skutečným středem otáčení oka;
- c) pro odstranění skoku obrazu na předělu z důvodu prizmatického účinku by měly mít díly do dálky i blízka stejnou hodnotu i orientaci báze.

5.2.2 Trifokální čočky

Trojohnisková neboli trifokální brýlová čočka má navíc proti variantě bifokálních čoček vložen třetí optický díl mezi dílem do dálky a dílem do blízka. Je označován jako tzv. mezidíl, který slouží při pohledu na střední vzdálenosti. Tento typ brýlové čočky je vhodný zejména pro presbyopy s addicí vyšší než 2,00 D.

5.2.3 Progresivní čočky

Progresivní čočka je určena pro ametropa-presbyopa. Horní část čočky se využívá při pohledu do dálky, spodní část při pohledu do blízka a mezi těmito částmi je tzv. progresivní kanál. Je zde plynulý přechod optické mohutnosti čočky od zóny pro pohled do dálky k zóně do blízka, čímž nahrazují variantu bifokálních a trifokálních čoček. Sférický účinek se v progresivním kanálu matematicky stále zvyšuje, až celková lámavost dílu do blízka dosáhne maxima a zůstává zde konstantní. Při pohledu mimo progresivní kanál vznikají malé optické vady, které se nedají zcela odstranit, ale vzhledem k jejich minimální velikosti nenarušují vidění. Proměnná decentrace optického dílu do blízka oproti dílu do dálky v závislosti hodnoty addice není konstantní a tím je dosaženo optimální šíře progresivního kanálu a dílu do blízka. Tato proměnná decentrace je označována jako variabilní inset.

Typy progresivního koridoru:

1. Dlouhý progresivní koridor

Tento typ koridoru poskytuje komfortní vidění na střední vzdálenost, avšak pro změnu pohledu na blízkou vzdálenost je klient nucen k většímu sklopení očí. U brýlových obrub s inklinacním úhlem (pod 8°) nebo u větší vzdálenosti rohovka-čočka je vhodné použít tento typ progresivního kanálu.

2. Krátký progresivní koridor

Oproti dlouhému progresivnímu koridoru poskytuje méně pohodlné vidění na střední vzdálenosti. Astigmatismus šikmých paprsků nabývá vyšších hodnot, čímž dochází k výraznému zúžení periferního zorného pole. U brýlových obrub s inklinacním úhlem (nad 12°) nebo u menší vzdálenosti rohovka-čočka je vhodné použít tento typ progresivního kanálu. Při pohledu na blízké vzdálenosti může klient sklápět oči méně.

5.2.4 Degresivní čočky

Jde o typ multifokálních čoček, které se označují také jako pracovní či kancelářské brýlové čočky. Je vhodný zejména pro lidi, kteří při své práci preferují potřebu vidět na střední a blízkou vzdálenost. U degresivních čoček dochází ke snižování hodnot vrcholové lámavosti od spodní části brýlové čočky směrem nahoru. V horní části čočky je zóna vidění do dálky částečně nebo dokonce úplně redukovaná, tudíž širokou oblast zaujímá vidění na střední vzdálenost. V dolní části je pak o něco menší zóna pro vidění do blízka. [22], [12]

6 CENTRACE BRÝLOVÝCH ČOČEK

Abychom dosáhli dokonalého vidění u každého klienta, je zapotřebí kvalitního vyšetření zrakové ostrosti. Dále je také potřeba zvolit vhodný typ brýlových obrub, brýlových čoček a povrchových úprav, které jsou na brýlové čočky nanášeny. Avšak vzhledem k tomu, že každý jedinec má odlišné anatomické parametry obličejové a parametry zvolených brýlových obrub, je také nutné brát v úvahu zásady správného centrování brýlových čoček. Předpokladem pro dokonalé nastavení vybraných brýlových čoček před očima uživatele je totiž přesnost a správnost měření vstupních parametrů.

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, u schématického zobrazení Gullstrandova oka prochází přímo středem rohovky optická osa oka, která dále míří k zadnímu pólu oka. Na této ose leží hlavní a uzlové body (předmětové a obrazové), a také obrazové a předmětové ohnisko.

Požadavky na centraci brýlových čoček vycházejí ze základního postavení očního páru. Je to tehdy, když se nositel dívá při navyknutém držení těla a hlavy do dálky – tzv. na „nekonečno“. Dále je nutné rozlišovat i specifické postavení očí vztahující se k určitým pohledovým situacím a zvyklostem. Toto postavení očí je u každého individuální, a proto je nutné zohlednit určení pracovních vzdáleností a také velikost či využití zorného pole. Pro zabezpečení optimálního zobrazení brýlovou korekcí lze vytyčit podmínky, které s centrací souvisejí. Jedná se převážně o respektování poloh skutečného středu otáčení oka a také polohy vztažného bodu brýlových čoček.

Brýlové čočky určené k obecnému použití by měly mít optické středy (vztažné body) umístěny přímo před zornicí. Díky tomu nositeli zabráníme navození nežádoucích prizmat vznikajících při pohledu mimo optické středy, zatímco se dívá přímo vpřed. Toho docílíme tak, že zjistíme horizontální (vertikální) vzdálenost středů zornic zvanou též pupilární vzdálenost (výšku). Neméně důležitými parametry potřebnými pro správné zabroušení korekční pomůcky je horizontální a vertikální prohnutí brýlového středu či vzdálenost brýlové čočky k vrcholu rohovky.

Před jakýmkoliv zaznamenáním polohy zornic je nezbytné brýlovou obrubu anatomicky přizpůsobit. Díky individuálnímu anatomickému přizpůsobení lze dosáhnout funkčních i estetických požadavků uživatele. [22]

6.1 Horizontální prohnutí brýlového středu

Abychom splnili požadavek ohledně respektování poloh skutečných středů otáčení oka, je třeba zachovat podmínku bodového zobrazení. Touto podmínkou je, že optická osa brýlové čočky musí procházet skutečným středem otáčení oka. Stačilo by tedy, aby brýlový střed zůstal zcela rovný a velikost oční vzdálenosti by souhlasila s velikostí pupilární distance $OR = PD$. Nulové prohnutí brýlového středu by však nesplňovalo podmínku osové vzdálenosti korekční čočky před okem, a proto se přistoupilo ke kladnému prohýbání brýlového středu o úhel δ (viz Obrázek 9). Díky tomuto se korekční čočky ještě více přiblíží k rohovce a také se vyloučí nežádoucí klínový účinek, protože polohy vztažných bodů budou umístěny před středy zornic. Prohnutí lze vypočítat dle vzorce:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{OR - PD_D}{2 * (d + 13)}$$

OR = oční vzdálenost (v mm)

PD_D = pupilární vzdálenost do dálky (v mm)

d = vzdálenost korekční čočky od rohovky (v mm)



Obrázek 9: Úhel prohnutí brýlového středu (zdroj: vlastní)

V běžných případech by se prohnutí brýlového středu mělo pohybovat v rozmezí od 7° do 11°. Prohnutí by pak mělo být takové, aby přiložené pravítko ze zadní strany brýlového středu vytvořilo mezeru mezi pravítkem a nosníkem cca 2–5 mm. [22]

6.2 Vertikální sklon brýlového středu – inklinace

Při nasazení brýlových obrub na obličej můžeme z bočního pohledu pozorovat, že brýlový střed je svojí dolní částí přikloněn ke tváři klienta. Rovina brýlového středu svírá při přirozeném držení hlavy a těla s rovinou svislou úhel, který se označuje jako pantoskopický úhel neboli inklinace (viz Obrázek 10).

Inklinace do značné míry ovlivňuje sklon korekční čočky v očnici vybraných brýlí. Závisí zde nejen na tvaru obličeje klienta, ale hlavně také na vertikální pozici umístěných stěžejek vůči brýlovému středu. Měření inklinace provádíme pomocí úhlooměru nebo ji lze vyvodit i ze vzorce:

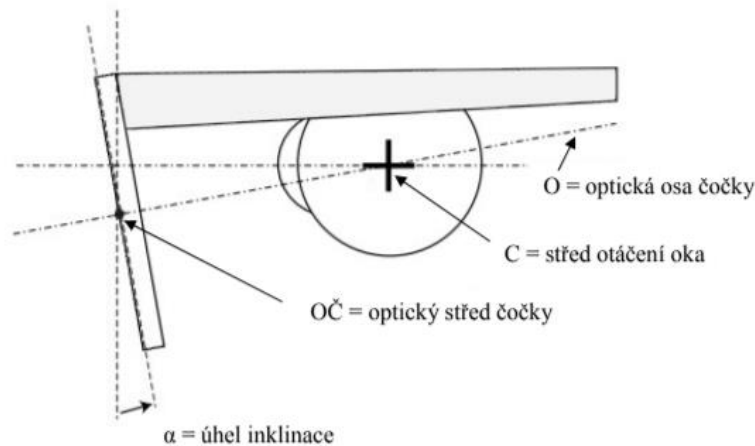
$$y_v = (d + C') \times \operatorname{tg} \alpha$$

α = pantoskopický úhel (ve $^\circ$)

d = vzdálenost rohovka-čočka

C' = střed otáčení oka

y_v = výsledná výška ve vertikálním směru



Obrázek 10: Pantoskopický úhel brýlového středu [15]

Vzhledem k tomu, že s rostoucím pantoskopickým úhlem se zvětšuje také vertikální výška (y_v), po dosazení potřebných hodnot do vzorce nám vyplývá, že „Každý 1° uvažované inklinace vede k přesunutí optického středu brýlové čočky, resp. středu optické centrace směrem dolů o 0,4 mm od základní pozice středu zorničky korigovaného oka.“ (viz Tabulka 3) [22]

Tabulka 3: Vliv pantoskopického úhlu na snížení optického středu (zdroj: vlastní)

Pantoskopický úhel (ve °)	Snížení optického středu (mm)
2,5	1,1
5,0	2,2
7,5	3,3
10,0	4,4
12,5	5,5
15,0	6,7

6.3 Vzdálenost brýlové čočky od vrcholu rohovky

Vzdálenost rohovka-čočka (v praxi často označována vertex distance) je definovaná vzdáleností od předního vrcholu rohovky k zadnímu vrcholu korekčního členu. Tuto vzdálenost lze zjistit v případě, kdy se ke klientovi s nasazenou obrubou postavíme z boku a změříme pomocí PD měřítka. Vrcholová vzdálenost hraje v brýlích důležitou roli při korekci ametropie, neboť dioptrická síla brýlové čočky používané na dálku závisí na její poloze vzhledem k oku. Je třeba brát na vědomí, že ve zkušební obrubě nemusí být stejná vzdálenost od rohovky jako u vybraných korekčních brýlí. V případě změny polohy provedeme přepočítání vrcholové vzdálenosti nové korekční čočky vůči poloze původně předepsané čočky. Vzdálenost mezi vrcholy je důležitá zejména u ametropů se sférickou hodnotou vyšší než $\pm 4,00$ D a její průměrná hodnota se pohybuje okolo 13 mm. Nastavení vzdálenosti dále od oka nebo naopak blíže k oku změní dioptrickou sílu brýlové čočky. Toto tvrzení lze jednoduše ověřit pomocí vzorce:

$$S'_2 = \frac{S'_1}{1 - (\pm \Delta d \times S'_1)}$$

S'_1 = dosavadní dioptrická hodnota

S'_2 = výsledná dioptrická hodnota nového korekčního členu

Δd = změna vzdálenosti korekční čočky v metrech

(posun čočky směrem od oka se znaménkem mínus, k oku se znaménkem plus)

V případě nerespektování této podmínky můžeme klientovi zapříčinit subjektivní potíže a nespokojenost se zabroušenou korekcí v brýlích. V praxi to znamená, že při přiblížení rozptylné čočky blíže k oku dochází k překorigování krátkozrakého oka a pro zaostření obrazu musí klient akomodovat, což jej může ve vyšším věku zatěžovat. Obdobné

problémy přinášejí také spojné čočky v případě jejich přiblížení k oku. [22], [12], [2], [13]

6.4 Horizontální centrace

Jedná se o horizontální vzdálenost středů zornic pravého a levého oka, kterou zjišťujeme pro vzdálenost potřebnou ke správnému zhotovení korekční čočky. Tato vzdálenost je označována jako hodnota PD, neboli pupilární distance, a standardně se uvádí v milimetrech. Hodnotu PD měříme u rovnoběžného postavení očí při pohledu do dálky. V případě měření do blízka tuto hodnotu změříme při fixaci bodu na potřebnou pracovní vzdálenost. Zásadně je nutné polohu pravé a levé zornice uvádět zvlášť, protože změřená pupilární vzdálenost je směrodatná pro centrování brýlových čoček a je zapotřebí tuto případnou asymetrii respektovat.

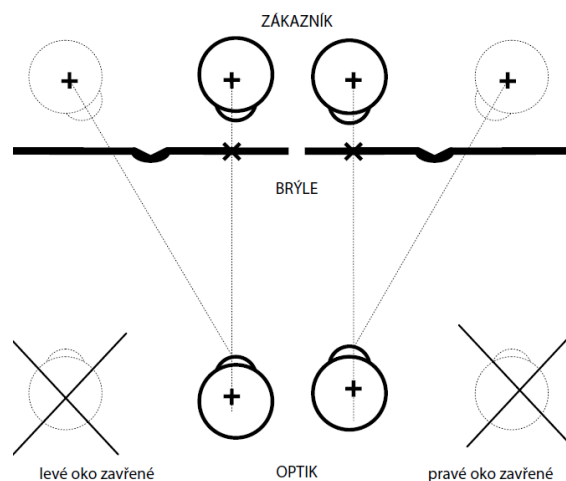
6.4.1 Horizontální centrace do dálky

Je nutné vzít v úvahu pohledový směr, ke kterému bude korekční čočka sloužit. A proto je zapotřebí pro vyměření hodnot pupilární distance do dálky, aby osy vidění paralelně směřovaly pohledem do nekonečna. Výsledné hodnoty poté využíváme při centraci brýlových čoček jednoohniskových a víceohniskových.

Mezi nejpoužívanější metody patří:

Přímá (Viktorínská) metoda

U této metody se oční optik a klient usadí naproti sobě, aby byli výškově i stranově vyrovnáni. Jedná se o nejpoužívanější metodu, jelikož zároveň zjistíme i vertikální vzdálenost středů zornic. Pro měření se používá PD měřítko. Jedná se o speciálně upravené pravítko, které má vytvarované místo pro nosní kořen. Měření provádí optik klientovi monokulárně a oba si vzájemně hledí do protějšího oka, čímž s dostatečnou přesností nabízí oční optik svou zornici jakožto nekonečně vzdálený cíl (viz Obrázek 11).



Obrázek 11: Schéma měření PD do dálky pomocí přímé (Viktorínské) metody [14]

Měření na nekonečno

V případě užití této metody postupuje oční optik obdobně jako u metody přímé. Jediným rozdílem je zajištění dostatečně vzdáleného cíle (alespoň 5 m), který klientovi nabízí optik za sebou. Je proto vhodné jej posadit výše, aby mohl nabízený fixační bod sledovat za (nad) optikovou hlavou. Při splnění těchto podmínek by měly být naměřené hodnoty shodné s předchozí metodou.

Je třeba mít na paměti, že v případě měření pomocí PD-měřítka musí osoba provádějící měření nastavit své oko co nejpřesněji do protilehlé pozice k oku měřené osoby. Dosáhneme tak přesného změření pupilární distance do dálky. Ideální volbou je provést měření PD pomocí digitálních pupilometrů, které zajišťují minimální zatížení způsobené lidskou chybou. [22], [14]

6.4.2 Horizontální centrace do blízka

Při měření PD na dálku předpokládá oční optik, že oči fixují vzdálený objekt a pohledové osy jsou v paralelním postavení. U pupilární distance do blízka probíhá toto měření obdobně, pouze s tím rozdílem, že klienta nechá osoba provádějící měření fixovat objekt či text ve vzdálenosti 30–40 cm. Při pohledu do blízka oči akomodují a s akomodací zároveň pracuje konvergence, tudíž se pohledové osy očí stáčí nasádně a dochází tak k mírné změně velikosti pupilární distance. Ovšem je třeba respektovat takovou pracovní vzdálenost, která bude klientovi pohodlná. Tento typ centrace využívá oční optik

především u klientů v presbyopickém věku, kteří budou tuto korekci využívat pouze pro blízké předměty. Hodnoty pro centraci do blízka můžeme zjistit několika metodami.

Zakreslení na fólie

Pracovní postup je srovnatelný s měřením PD na dálku. Středů zornic zakresluje oční optik na demofólie brýlové obruby. Rozdílem je, že osoba provádějící měření se nalézá ve vzdálenosti 33–40 cm od klienta, což přibližně odpovídá hlavní pracovní vzdálenosti. Centraci zahájí optik zavřením jednoho oka a svou hlavu umístí tak, aby nosní kořen byl ve stejné úrovni s nosním kořenem klienta. Ten fixuje oběma očima otevřené oko vyšetřujícího. Při fixaci oka nesmí dojít k pohybu hlavy (viz Obrázek 12). [13, s. 120–121]

Naměřenou hodnotu PD do blízka můžeme ověřit výpočtem. Pokud známe PD na dálku, můžeme z podobnosti trojúhelníku, který vytváří sbíhavé pohledové osy klienta, vypočítat PD na blízko.

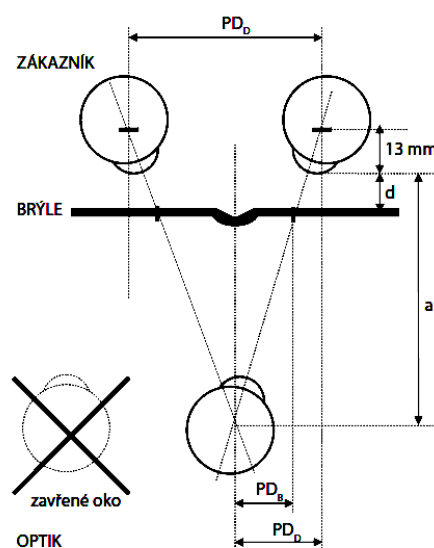
$$PD_B = PD_D \times \frac{(a - d)}{a + 13}$$

PD_B – pupilární distance do blízka

PD_D – pupilární distance do dálka

a – vzdálenost hlavního pracovního bodu

d – vertex distance (vzdálenost rohovka-čočka)

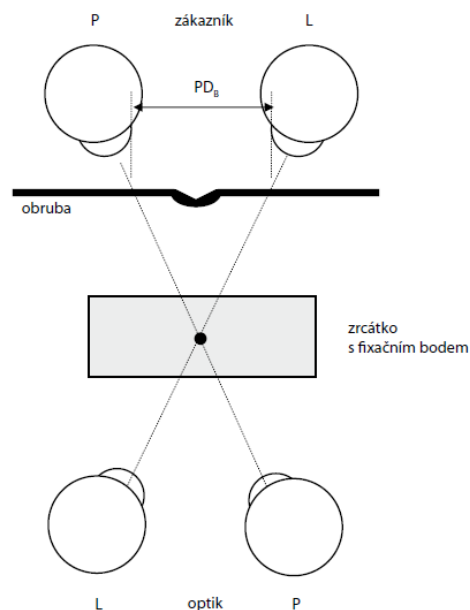


Obrázek 12: Schéma měření PD do blízka [14]

Zrcadlová metoda

Jedná se o vyměření PD do blízka za pomoci užití zrcátka se značkou uprostřed sloužící jako bod fixace. Pro zjištění polohy zornice je vhodné tuto metodu použít u anizometropické korekce, multifokálních i bifokálních brýlových čoček. Do předem určené pracovní vzdálenosti se umístí zrcadlo do vodorovné polohy mezi vyšetřujícího a vyšetřovaného. Vyšetřující sleduje pozici očí vyšetřovaného, který mezitím fixuje značku na zrcadle. (viz Obrázek 13)

V případě použití PD do blízka by se však projevovaly prizmatické účinky při stranových pohledech či zkreslení, které by vidění značně zhoršovalo. Tudíž pro splnění podmínky bodového zobrazení je zapotřebí využít PD do dálky.



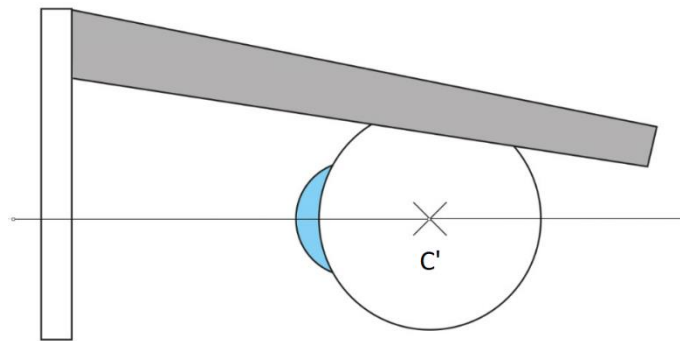
Obrázek 13: Schéma měření PD do blízka pomocí zrcadlové metody [14]

6.5 Vertikální centrace

Jedná se o další z důležitých vstupních parametrů pro přesné nastavení polohy korekčních brýlových čoček před očima klienta. Tzv. pupilární výšku určujeme pomocí dvou metod centrace – na střed otáčení oka (centrace na otočný bod) nebo na přirozený přímý pohled (centrace na vztažný bod).

6.5.1 Centrace na střed otáčení oka

V historii důsledkem tvaru obrub a jejich celkovému posazení na obličej byla prováděna výšková centrace do středů očnic (polovina výšky očnice). Stranice byly také umístěny v polovině výšky. Inklinace brýlí byla tudíž nulová, což bylo vyhovující pro tehdy užívané bikonvexní či bikonkávní brýlové čočky. Tím byl ve vertikálním i horizontálním směru splněn požadavek centrace na střed otáčení oka, který zní: optická osa brýlové čočky by se měla s optickou osou oka shodovat. Avšak v 50. až 60. letech 20. století nastala revoluce v designu brýlí. Uchycení stranice se posouvá k hornímu okraji očnic, což vyžaduje svislé přiklonění roviny očnic spodních okrajů k tváři. Tím vzniká již dříve zmíněný inklinací úhel dosahující průměrných hodnot asi 10° a právě kvůli tomu nastává problém v případě použití popsané centrace, protože bikonvexní a bikonkávní čočky by při nekolmém postavení vůči pohledové ose vykazovaly nežádoucí astigmatismus. Tuto problematiku ovšem řeší nově vyráběné tzv. meniskové čočky, které splňují podmínku bodového zobrazení. Další výhodou bylo kvalitní zobrazení předmětů při stranových pohledech bez subjektivního vnímání nežádoucího astigmatismu. Je však třeba dbát na kolmé postavení roviny čočky vůči optické ose oka. Optická osa čočky se pak nachází na stejné přímce jako optická osa oka (viz Obrázek 14).

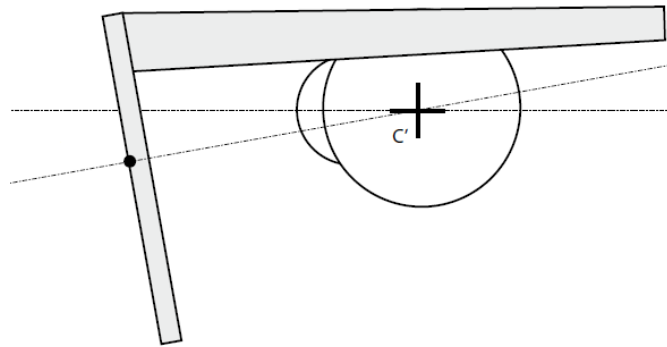


Obrázek 14: Centrace na střed otáčení oka[4]

6.5.2 Centrace na přímý pohled

Druhou variantou pro měření výšky zornice je přirozené postavení těla i hlavy při pohledu do dálky (viz Obrázek 15). Tato metoda nevykazuje svislý klínový účinek jako při kolmém pohledu, ale bohužel hlavní nevýhodou je nesplnění podmínky bodového zobrazení. Ve výsledku to znamená nerespektování skutečného středu otáčení

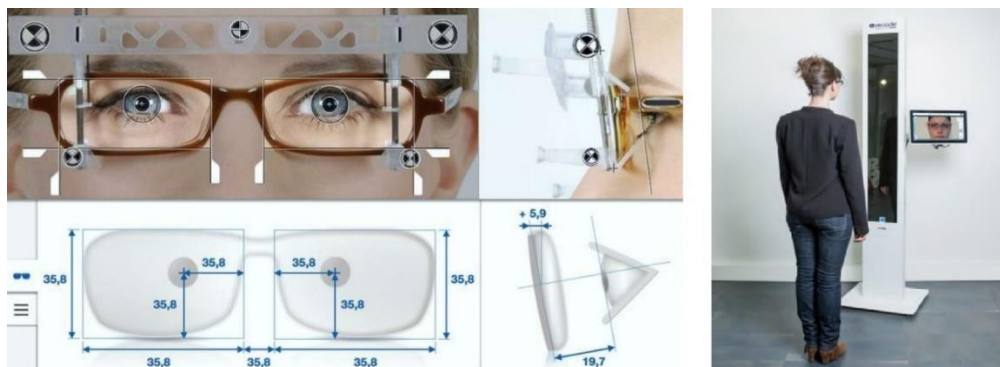
oka. Aby alespoň částečně byla podmínka splněna, musela by mít obruba nulový úhel sklonu očnice, což např. u progresivních čoček není možné. [22], [13], [14, s. 36]



Obrázek 15: Centrace na přímý pohled [4]

6.6 Videosystémy v oční optice

Videosystémy v očních optikách jsou vytvořeny a určeny nejen k poradenským účelům, ale převážně k měření základních centračních parametrů (viz Obrázek 16). Vzhledem k tomu, že dnešní doba je zaměřena převážně na individualizaci brýlových čoček a také moderní technologie při výrobě, je zapotřebí velice přesně vyměřit centrační parametry v horizontální a vertikální rovině. Mnoho centrovacích systémů je vytvořeno na principu užití dvou snímacích kamer zabudovaných v zrcadle. Jedna kamera zachycuje snímek přímo, když se klient dívá na sebe do zrcadla v nasazené obrubě, zatímco druhá kamera současně snímá z bočního pohledu. Na zvolenou obrubu je navíc nasazen klip obsahující značky, které software centračního přístroje rozpozná a pomocí nichž se zkalibruje. Na obrazovku počítače se následně přenesou fotografie, na kterou je zapotřebí zaznačit středy zornic, pupilární distanci, tvar očnice apod.



Obrázek 16: Vyměření centračních parametrů videosystémem (zdroj:vlastní)

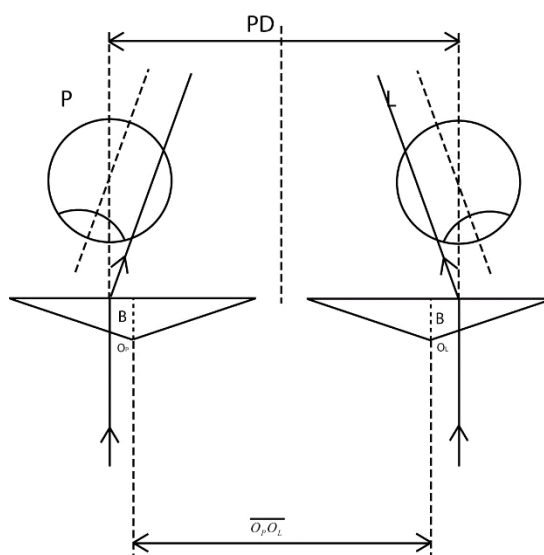
7 CENTRACE JEDNOTLIVÝCH TYPŮ BRÝLOVÝCH ČOČEK

7.1 Zásady centrace jednoohniskových brýlových čoček

U čoček sférických, asférických a torických je z hlediska centrování obecně upřednostněna poloha skutečného středu otáčení oka. Při horizontálním centrování se brýlové čočky centrují na hodnotu PD do dálky individuálně vyměřeného pravého a levého oka.

7.1.1 Chyba centrace PD u spojných čoček

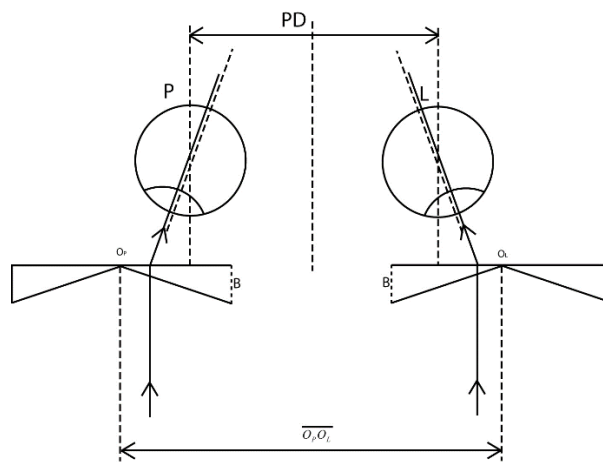
Spojnou čočku lze zobrazit jako dva klíny, jejichž báze směřují směrem dovnitř. V případě nedodržení hodnot PD naměřených individuálně pro pravé a levé oko bude optická osa procházet mimo střed brýlové čočky což má za následek navození prizmatického účinku v horizontální rovině. Pokud bude pohledová osa procházet přes klín s orientovanou bází nasálně (hodnota PD bude menší), oči budou stočeny do konvergence. Tento stav nebude u nižších dioptrických hodnot pro oči tolik zatěžující. Naopak při průchodu pohledové osy přes klín s orientovanou bází temporálně (hodnota PD bude větší) se jedná o kritický směr, jelikož oči budou stočeny do divergence a při delším trvání nastanou astenopické potíže (viz Obrázek 17).



Obrázek 17: Kritický směr decentrace u spojných brýlových čoček [23]

7.1.2 Chyba centrace PD u rozptylných čoček

Rozptylnou čočku lze zobrazit jako dva klíny, jejichž báze směřují směrem ven. V případě nedodržení hodnot PD naměřených individuálně pro pravé a levé oko bude optická osa procházet mimo střed brýlové čočky, což má za následek navození prizmatického účinku v horizontální rovině. Pokud bude pohledová osa procházet přes klín s orientovanou bází temporálně (hodnota PD bude větší), oči budou stočeny do konvergence. Tento stav nebude u nižších dioptrických hodnot pro oči tolik zatěžující. Naopak při průchodu pohledové osy přes klín s orientovanou bází nasálně (hodnota PD bude menší) se jedná o kritický směr, jelikož oči budou stočeny do divergence a při delším trvání mohou nastat astenopické potíže (viz Obrázek 18).



Obrázek 18: Kritický směr decentrace u rozptylných brýlových čoček [23]

Vzdálenost optického středu čočky od průchodu pohledové osy vyjadřuje míru decentrace. Prizmatický účinek vyjádříme pomocí Prenticeho rovnice vyjádřené vztahem mezi hodnotou decentrace dec [mm] a vrcholové lámavosti korekční čočky S' [D].

$$\Delta = \frac{dec \times S'}{10} [pD]$$

V případě decentrace brýlové čočky při zábrusu lze pomocí norem posoudit nežádoucí klínový účinek na binokulární vidění a také povolenou odchylku při decentrování (viz Tabulka 4 a Tabulka 5). Tyto normy jsou známé také jako „Zásady posuzování kvality práce oční optika“ vydané Společenstvem českých optiků a optometristů v roce 2006.

Tabulka 4: Posouzení nežádoucího klínového účinku na binokulární vidění (zdroj: vlastní)

	odchylka centrace	prizmatická báze	vergence
hypermetropie (korekce spojkami)	dovnitř (nasálně)	báze dovnitř (kritický směr)	Divergence (kritický směr)
	ven (temporálně)	báze ven (méně kritický směr)	konvergence (méně kritický směr)
myopie (korekce rozptylkami)	dovnitř (nasálně)	báze ven (méně kritický směr)	konvergence (méně kritický směr)
	ven (temporálně)	báze dovnitř (kritický směr)	divergence (kritický směr)

Tabulka 5: Povolená odchylka centrování v cm/m (prizmatických dioptriích) binokulárně (zdroj:vlastní)

S' (dioptrie)	horizontálně		vertikálně
	méně kritický směr	kritický směr	diference P ku L
od 0,25 do 1,00	0,5	0,25	0,25
od 1,25 do 6,00	1,00	0,50	0,25
od 6,25 do 12,00	1,00	0,50	0,50
přes 12,25	1,25	1,00	0,50

Vertikální centrace

Zásadní optickou podmínkou u jednoohniskových brýlových čoček při vertikální centraci je, aby byly před oko nacentrovány do základní výchozí polohy. Základní polohou je kolmé postavení roviny čočky vůči pohledové (optické) ose oka, a to přesně vycentrovaným optickým středem brýlové čočky na střed zornice. Optická osa čočky se poté nachází na stejné přímce jako optická osa oka, prochází tedy středem otáčení oka. Umístěním optického středu čočky ve vertikálním směru v kolmé poloze vůči pohledové ose oka tak docílíme podmínky bodového zobrazení, při kterém obraz zůstává ostrý i v případě změny polohy z kolmého do přirozeného postavení hlavy.

Nedodržení výšky

Pokud není dodržena individuální výšková poloha zornic pravého a levého oka při vyměření centrace na střed otáčení oka, dochází k navození prizmatického účinku ve vertikální rovině. Pokud jsou báze, přes které prochází pohledová (optická) osa, obráceny proti sobě, bude prizmatický účinek hůře snášen.

7.2 Zásady centrování torických brýlových čoček

Zásadním pravidlem při centrování torických čoček je dodržení polohy skutečného středu otáčení oka stejně jako u sférických korekčních čoček. Dále je třeba respektovat polohu dvou na sebe kolmých hlavních řezů a dodržení přesné pozice osy cylindru. Při nerespektování správné pozice osy vzniká diferenční cylindrická složka, kterou lze vypočítat z následujícího vzorce:

$$S'_{\Delta cyl} = 2 \times S'_{cyl} \times \sin \beta$$

$S'_{\Delta cyl}$ – výsledná velikost diferenční složky (D)

S'_{cyl} – vrcholová lámavost cylindrické složky (D)

$\sin \beta$ – osová nepřesnost (ve °)

Z uvedeného vzorce lze vypočítat nežádoucí astigmatismus v závislosti na hodnotě korekčního cylindru a pootočení osy cylindru. (viz Tabulka 6) V případě překročení osové nepřesnosti se již od hodnoty 0,12 D projeví zhoršení vizu, což může být pro klienta nepohodlné.

Tabulka 6: Navození nežádoucího astigmatismu v závislosti na hodnotě korekčního cylindru a stočení osy (zdroj: vlastní)

Cylindr [D]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Stočení osy [°]						
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

Podle norem (viz Tabulka 7) tak můžeme snadno zjistit, že u dioptrické hodnoty cylindru 1,00 D je maximální povolená tolerance $\pm 3^\circ$.

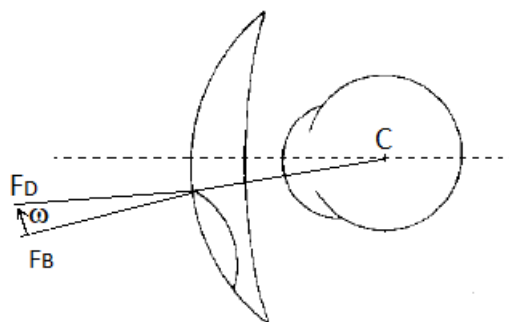
Tabulka 7: Povolená osová tolerance v závislosti na hodnotě korekčního cylindru (zdroj: vlastní)

Korekční cylindr [D]	Osová tolerance [°]
$\leq 0,75$	± 5
$< 1,00 \geq 1,50$	± 3
$\leq 1,75$ až 6	± 2

7.3 Zásady centrování bifokálních brýlových čoček

Optický střed dílu do dálky je zároveň u běžných typů bifokálních čoček i vztažným bodem čočky. Brýlové čočky proto centrujeme v horizontálním směru na PD do dálky a ve vertikálním směru při přímém pohledu. Předěl mezi dílem do dálky a do blízka se standardně umísťuje na spodní okraj víčka. U klienta je však vždy potřeba při centrování předělu přihlídnout k individuálním potřebám a zvyklostem. Umístíme-li však předělové linie příliš nízko (vysoko), přesune se kritická zóna do oblasti vidění do blízka (dálky) a ve snaze korigovat zmíněný nedostatek musí jedinec zvedat (sklánět) hlavu.

Na okraji dělicí linie obou dílů bifokální čočky působí rozdílné prizmatické účinky. Při přechodu fixační osy oka přes tuto linii tedy vnímáme tzv. skok obrazu (viz Obrázek 19). Požadavky na centrování bifokálních brýlových čoček jsou proto kladeny převážně na předěl mezi díly do dálky a do blízka, přičemž je nutné zajistit minimalizaci rozdílného klínového účinku mezi dílem do dálky a do blízka.



F_D = fixační osa do dálky
 F_B = fixační osa do blízka
 ω = slepý úhel

Obrázek 19: Skok obrazu u bifokální čočky [2]

Velikost skoku obrazu se rovná velikosti prizmatického účinku přidavné čočky na dělicí čáře. Velikost lze vypočítat podle vzorce:

$$J = h \times Z$$

J = skok obrazu (cm/m)

h = vzdálenost optického středu přidavného dílu od dělicí linie (v cm)

Z = účinek přidavného dílu – addice

Dále je u bifokálních čoček provedena geometrická decentrace optického dílu do blízka nasálně o 2,5 mm vůči optickému dílu do dálky. Na základě hodnoty PD, vertex vzdálenosti, dioptrické hodnoty a požadavku polohy hlavního pracovního bodu lze velikost decentrace individuálně upravit z důvodu optimální velikosti zorného pole.

7.4 Zásady centrování multifokálních brýlových čoček

Z hlediska centrování jsou progresivní čočky nejnáročnějším typem korekce. Proto je nutné naměřit důležité hodnoty pro zabroušení brýlových čoček s maximální přesností. U výběru obruby obecně platí, že hloubka obruby (vzdálenost od dolního okraje k hornímu okraji očníce) by měla být minimálně 40 mm, přičemž vzdálenost vztažného bodu do blízka musí být minimálně 8 mm od dolního okraje očníce, vzdálenost vztažného bodu do dálky alespoň 22–25 mm. Hodnota inklinace by měla svírat úhel 10 až 11° a vertex vzdálenost přibližně 12,5 mm. Dalším důležitým aspektem je správné anatomické přizpůsobení vybrané brýlové obruby. Při dodržení těchto požadavků bude

velikost binokulárního pole dostatečně velká. V opačném případě může mít klient značné problémy s návykem, což může vyústit až k odmítnutí nošení korekce.

Multifokální typ brýlových čoček centrujeme v horizontální rovině na PD do dálky individuálně pro pravé a levé oko a ve vertikálním směru při přímém pohledu (není-li výrobcem určeno jinak). Na multifokálních čočkách jsou z výroby na přední ploše přítomny univerzálně smluvní symboly, tzv. referenční body. Z těchto přítomných referenčních bodů je možno odvodit požadavky na vyměření hodnot pro centraci. V horní polovině čočky se nachází centrovací kříž, který by se měl krýt při přirozeném postavení hlavy a pohledu do dálky s polohou zornice. V dolní třetině čočky je pak značka ve tvaru kroužku, který se má krýt s polohou zornice při pohledu do blízka.

Specifikem pro centraci multifokálních čoček je již dříve zmíněný průběh a koncepce progresivního kanálu. Při nedodržení přesné horizontální nebo vertikální centrace nebude pohledová osa procházet středem progresivního kanálu. To má za následek zmenšení zorného pole při pohledu přes čočku. Decentrace progresivní čočky v horizontálním i vertikálním směru by neměla překročit toleranci 1 mm binokulárně. [20], [22], [12], [6], [7]

7.5 Zásady centrování korekce do blízka

Po 45. roce života klesá akomodační šíře pod 4,00 D. Nedostatečný akomodační výkon je zapotřebí nahradit přídavkem do blízka neboli addicí (add). Pro splnění podmínek jednoduchého binokulárního vidění do blízka však není potřebná jen akomodace, ale též s ní provázaná konvergence. Hovoříme o akomodativní konvergenci. Míra potřebné konvergence závisí na individuální hodnotě pupilární vzdálenosti (PD) a vzdálenosti hlavního pracovního bodu (hpb). Obecně lze vyjádřit tuto konvergentní složku vzorcem:

$$\Delta = \frac{PD (cm)}{hpb (m)}$$

Δ = potřebná míra konvergence

PD = pupilární vzdálenost do dálky v cm

hpb = vzdálenost hlavního pracovního bodu

Centrování brýlí do blízka ovlivňuje vztah mezi akomodací a konvergencí. Požadavky na centrování korekčních čoček v brýlích do blízka se obecně odvozují od požadavků na:

1. respektování poloh skutečných středů otáčení očí, které zabezpečí optimální kvalitu optického zobrazování (asférické čočky centrujeme do blízka na PD_D);
2. respektování poloh vztažných bodů brýlových čoček, které je splněno, pokud se budou krýt s průsečíky pohledových os v rovině brýlového středu při pohledu do blízka. Pak nebude konvergence ovlivněna přidavným klínovým účinkem brýlových čoček.

Vzhledem ke změně poměrů mezi akomodací a konvergencí je změněn směr horizontální báze tolerované klínové hodnoty.

Kritičtěji u korekce do blízka působí klíny se směrem bází zevně, neboť jejich účinek by musel být kompenzován zvýšeným konvergentním úsilím (oko nutíme více konvergovat). Na rozdíl od zásad centrování brýlových čoček určených pro korekci do dálky však u čoček do blízka považujeme za méně kritické, když klínový účinek působí v místě středu optické centrace s bází dovnitř.

V současné době se u korekce do blízka v rozsahu 0,5–3 D doporučuje upřednostňovat polohu skutečných středů otáčení očí a centrování na PD do dálky.

Myop – presbyop

S myopickou korekcí, centrovanou do dálky, se v důsledku klínového účinku vzniklého při pohledu do blízka v místě průsečíku pohledové osy oka s rovinou brýlového středu sníží konvergentní úsilí osoby. Toto snížení konvergence poroste se stoupající vrcholovou lámavostí použité korekce, vzdálenosti d čočky před rohovkou, rostoucí hodnotou pupilární vzdálenosti nebo s prodlouženou vzdáleností hlavního pracovního bodu (hpb). Největší vliv přitom vykazuje vrcholová lámavost korekce do dálky a vzdálenost hlavního pracovního bodu.

Pokud by chtěl myop pozorovat blízké předměty bez korekce do dálky, musel by zaktivovat plnou konvergenční hodnotu odpovídající vzdálenosti předmětu. Stupeň jeho potřebné akomodace by však byl snížen o hodnotu vlastní myopie.

Brýle do blízka bychom proto měli centrovat podle zásad centrování korekce do dálky – na PD do dálky.

Výhody

- budou splněny požadavky na respektování poloh skutečných středů otáčení očí;
- brýlové čočky budou vykazovat optimální zobrazovací kvalitu;
- v pozicích středů optické centrace bude působit podpůrný klínový účinek s bází dovnitř a fúzní konvergence není tolik namáhána;
- budou zachovány akomodačně-konvergenční návyky, na které je myop zvyklý z korekce do dálky.

Hypermetrop – presbyop

U hypermetropů s korekcí do dálky jsou akomodačně-konvergenční poměry při pohledu do blízka obrácené v porovnání s myopy. Hypermetrop si brzy navykne, že musí při pohledu do blízka kompenzovat zvýšenou konvergencí prizmatický účinek s bází zevně, který vzniká v temporální pozici středů optické decentrace do dálky.

Centrujeme-li korekční čočky podle PDB, nebudou si brýle při pohledu do blízka vynucovat přídatný klínový účinek, který by oční pár musel vyprodukovat. Budeme-li však centrovat brýlové čočky podle PDD, bude tak vyhověno požadavku na respektování poloh skutečných středů otáčení očí.

Poloviční brýle

Horizontální centrace může být na PD do dálky. Pokud měl klient již dříve brýle do blízka, řídíme se centrací dle těchto brýlí (kompromis). Ve vertikálním směru lze rozlišovat mezi zásadami a možnostmi centrování se záměrem:

1. odstranění skoku obrazu

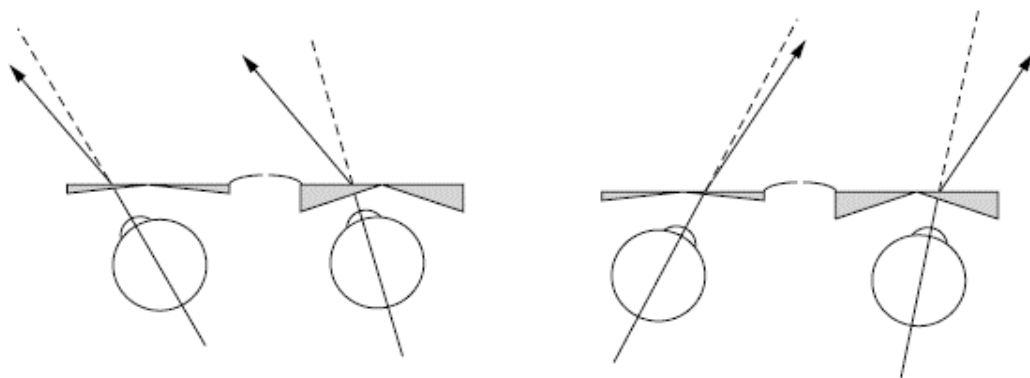
Chceme-li vyloučit skok obrazu, a tím i výpadek při změně pohledu mezi zobrazením vzdálených a blízkých předmětů, je nutno umístit optický střed čočky do linie horní části očnice. U horního okraje je pak spojka nejsilnější, což zhoršuje estetické parametry.

2. centrování na střed očnice

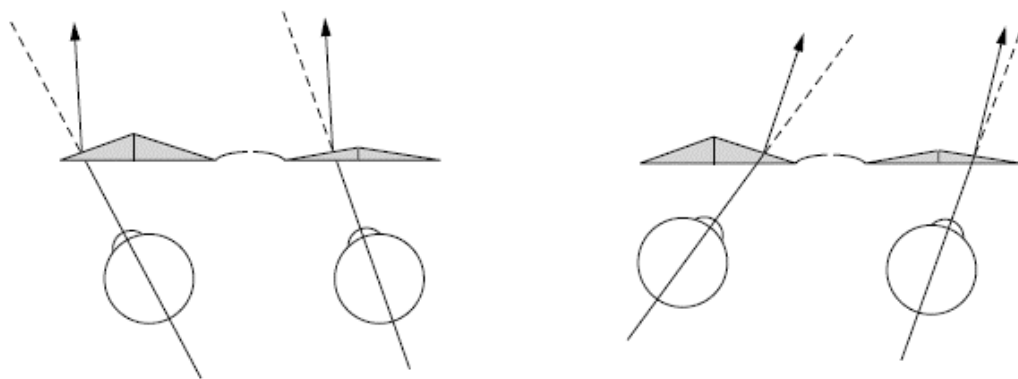
Při centrování korekční čočky na střed zornice vykazují poloviční brýle přirozenější a estetičtější tvar a je možno volit čočku o menším průměru. [17]

8 ANIZOMETROPIE

Jedná se o stav, ve kterém je rozdílná refrakční vada pravého a levého oka větší než 1,5 D. Příčinou vzniku je nestejný vývoj refrakční vady, trauma či chirurgický zákrok. U chirurgických zákroků je buď oční čočka nahrazena čočkou arteficiální nebo je úplně odstraněna (afakie). Většinou se setkáváme s malými hodnotami anizometropie, které se podle průzkumů vyskytují převážně u myopů. Pokud je rozdíl refrakčních vad na pravém a levém oku vysoký, dochází k monokulárnímu vidění. Nekorigovaná anizometropie může vést až ke vzniku amblyopie (tupožrakosti). Snášlivost rozdílu refrakčních hodnot je ovšem individuální a klesá s věkem jedince. Hodnota anizometropie do 2,00 D nečiní obvykle potíže. Mladí lidé a děti jsou dokonce schopni snášet i větší refrakční rozdíly (5,00 až 6,00 D). I přesto, že bude anizometropie korigována, tak vzhledem k rozdílné vrcholové lámavosti pravé a levé korekční čočky je oční pár při pohledu do stran vystaven nestejnému klínovému účinku. Kritičtější směr pohledu vzniká ve směru slabší rozptylné čočky nebo ve směru silnější spojné čočky, neboť oční pár je nucen divergovat (viz Obrázek 20 a Obrázek 21).



Obrázek 20: Stranové pohledy do dálky přes brýle nestejných optických mohutností rozptylných čoček [11]



Obrázek 21: Stranové pohledy do dálky přes brýle nestejných optických mohutností spojných čoček [11]

V důsledku anizometropie často vzniká anizeikonie. Jde o binokulární stav, který se projevuje nestejnou velikostí obrazů na sítnicích pravého a levého oka. Odborná literatura uvádí, že pokud je rozdíl mezi pravým a levým okem 0,25 D, představuje to změnu ve velikosti sítnicových obrazů o 0,5 %. V případě, kdy je rozdíl v anizometropické korekci do 1 %, mluvíme o tzv. fyziologické anizeikonii. Ta se projevuje při asymetrické konvergenci, při které osoba pozoruje stranou ležící předmět a sítnicový obraz na bližším oku je větší až o 10 %. Tyto hodnoty jsou v populaci běžné a většinou nejsou klinicky významné, proto je mozek schopen bez problému tento rozdíl potlačit.

Nedostatky anizometropické korekce brýlemi:

- vznik anizeikonie;
- nestejný prizmatický účinek při stranovém pohledu (mimo optický střed);
- rozdíl v prizmatickém účinku ve svislém směru při čtení přes brýle do dálky;
- rozdíl hmotnosti čočky na pravém a levém oku (stranová nevyváženost brýlí na nosním kořenu);
- nestejná středová (okrajová) tloušťka čoček u hypermetropů (myopů).

8.1 Centrace při anizotropii

U problematiky anizometropie je správnost centrace brýlových čoček velmi důležitá. Při centraci do dálky jsou brýle v horizontálním směru centrovány přesně podle individuálního PD na pravém a levém oku. Ve vertikálním směru čočky zásadně centrujeme na střed otáčení oka, ale to pouze v případě, že nově navozené klínové účinky

na pravém a levém oku budou do rozdílu 0,5 pD. Pokud bude rozdíl vyšší, snažíme se nalézt kompromis a až jako poslední možnost volíme centrování na přímý pohled.

V případě centrování anizometropické korekce do blízka ve vertikálním směru musíme optické středy podcentrovat podle pohledové osy pomocí zrcadlové metody. Jak již bylo zmíněno, norma kvality stanovila maximální hodnotu rozdílu 0,5 pD. Tento rozdíl se snadno překročí například při čtení. V horizontálním směru je centrace stejná jako do dálky.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo shrnout souhrn informací o centrování brýlových čoček. Tyto informace jsou potřebné pro vyměření centračních parametrů potřebných ke zhotovení korekční pomůcky v souvislosti s dosažením nejkvalitnějšího zobrazení.

V práci je popsán optický systém oka a rozdělení základních schématických modelů oka, které jsou využívány. Následně jsou vysvětleny obecné požadavky, které jsou na centrování brýlových čoček kladeny.

Nejdůležitější část práce tvoří problematika vertikální a horizontální centrace, ve které jsou přiblíženy jednotlivé způsoby měření a zjišťování základních parametrů potřebných pro centraci. Na závěr jsou rozebrány jednotlivé druhy brýlových čoček, které se dnes na trhu vyskytují, a u každé z nich je vysvětleno, jak danou brýlovou čočku nejhodněji centrovat tak, aby bylo dosaženo co nejkvalitnějšího zobrazení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ANTON, M. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [2] BAŠTECKÝ, R. *Praktická brýlová optika*. Praha: R + H Optik, 1997.
- [3] BENJAMIN, J. W. a BORISH, M. I. *Borish's clinical refraction*. Philadelphia: W.B. Saunders, 1998. ISBN 0721656889.
- [4] DOČKALOVÁ, B. *Korekce refrakčních vad – výukové materiály k předmětu Brýlová optika*. Střední zdravotnická škola a Vyšší odborná škola zdravotnická Brno, Merhautova. Brno, 2012
- [5] EVANS, B. J. W. *Pickwell's binocular vision anomalies: investigation and treatment*. Elsevier Health Sciences, 2002.
- [6] HAJDOVÁ, I. *Brýlové čočky: bakalářská práce*. Brno: Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, 2009. 52 s. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Sylvie Petrová.
- [7] JALIE, M. *Ophthalmic lenses and dispensing*. 3rd ed. New York: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2008. ISBN 9780750688949.
- [8] JEXOVÁ, S. *Vybrané kapitoly z geometrické a vlnové optiky*. Česká oční optika. 2008, No. 1, s. 72–80. Dostupný také z: <http://www.4oci.cz>.
- [9] KOLKER, R. J. a ANDERSON, L. D. *Subjective refraction and prescribing glasses: the number one (or number two) guide to practical techniques and principles*. St. Paul, MN: JCAHPO, 2015. ISBN 099676500X.
- [10] KRÁL, J. *Stereopse: bakalářská práce*. Olomouc: Univerzita Palackého. Přírodovědecká fakulta, 2011.
- [11] KUBOŠOVÁ, R. *Anizometropie a anizeikonie – diagnostika, princip korekce: bakalářská práce*. Brno: Masarykova univerzita. Lékařská fakulta, 2015.
- [12] McCLEARY, D. S. *The optician training manual: simple steps to becoming a great optician*. Temecula, CA: Santa Rosa Pub, 2009. ISBN 0615193811.
- [13] NAJMAN, L. *Dílenská praxe očního optika*. Vyd. 2., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2010. ISBN 978-80-7013-529-7.

- [14] NAJMAN, L. *1. část. Centrování brýlových čoček*. Česká oční optika, Praha: Česká společnost očních optiků a optometristů, 2011, No. 1, s. 38–46. ISSN 1211-233X
- [15] NAJMAN, L. *3. část. Centrování brýlových čoček*. Česká oční optika, Praha: Česká společnost očních optiků a optomet, 2011, No. 3, s. 36–41. ISSN 1211-233X
- [16] NAJMAN, L: *Brýlové čočky – výukové materiály k předmětu Technologie*. Střední zdravotnická škola a Vyšší odborná škola zdravotnická Brno, Merhautova. Brno 2013
- [17] NAJMAN, L. *Centrace brýlových čoček do blízka – výukové materiály k předmětu Brýlová technika*. Střední zdravotnická škola a Vyšší odborná škola zdravotnická Brno, Merhautova. Brno, 2013
- [18] NAJMAN, L. *Výroba běžných brýlových čoček*. [Dokument] Brno: Střední zdravotnická škola a Vyšší odborná škola zdravotnická Brno, Merhautova. Dostupné z: <http://www.szsmeh.cz/elm3/>.
- [19] NAJMAN, L. *Povrchové zušlechťování brýlových čoček*. [Dokument] Brno: Střední zdravotnická škola a Vyšší odborná škola zdravotnická Brno, Merhautova. Dostupné z: <http://www.szsmeh.cz/elm3>.
- [20] POLÁŠEK, J. ed. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Oční optika, 1975.
- [21] ROZSÍVAL, P. *Oční lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-316-6.
- [22] RUTRLE, M. *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.
- [23] ŘIHOŠKOVÁ, Š. *Důsledky nepřesně zhotovených brýlí: bakalářská práce*. Brno: Masarykova univerzita. Lékařská fakulta, 2009.
- [24] SVOBODA, E. a kol. *Přehled středoškolské fyziky*. Praha: Prometheus, 2008. ISBN 978-80-7196-307-3.
- [25] TUNNACLIFFE, A. H. *Introduction to visual optics*. 4th ed. Godmersham Park: Association of British Dispensing Opticians, 1993. ISBN 978-0-90009-928-1.
- [26] WANG, M. X. a SWARTZ, T. S. *Irregular astigmatism: diagnosis and treatment*. Thorofare, NJ: SLACK, c2008. ISBN 1556428391.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Gullstrandovo schématické oko	10
Obrázek 2: Emsleyovo-Graffova modifikace zjednodušeného Gullstrandova schématického oka.....	12
Obrázek 3: Standardní redukované oko.....	12
Obrázek 4: Chod paprsků u hypermetropického oka.....	13
Obrázek 5: Korekce hypermetropie.....	15
Obrázek 6: Chod paprsků u myopického oka.....	15
Obrázek 7: Korekce myopie	17
Obrázek 8: Typy u pravidelného astigmatismu	18
Obrázek 9: Úhel prohnutí brýlového středu	30
Obrázek 10: Pantoskopický úhel brýlového středu	31
Obrázek 11: Schéma měření PD do dálky pomocí přímé (Viktorínské) metody	34
Obrázek 12: Schéma měření PD do blízka	35
Obrázek 13: Schéma měření PD do blízka pomocí zrcadlové metody.....	36
Obrázek 14: Centrace na střed otáčení oka.....	37
Obrázek 15: Centrace na přímý pohled	38
Obrázek 16: Vyměření centračních parametrů videosystémem	38
Obrázek 17: Kritický směr decentrace u spojných brýlových čoček	39
Obrázek 18: Kritický směr decentrace u rozptylných brýlových čoček.....	40
Obrázek 19: Skok obrazu u bifokální čočky.....	44
Obrázek 20: Stranové pohledy do dálky přes brýle nestejných optických mohutností rozptylných čoček.....	48
Obrázek 21: Stranové pohledy do dálky přes brýle nestejných optických mohutností spojných čoček	49

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Parametry Gullstrandova schématického oka (zdroj: vlastní)	9
Tabulka 2: Parametry Emsleyovy-Graffovy modifikace zjednodušeného Gullstrandova schématického oka (zdroj: vlastní)	11
Tabulka 3: Vliv pantoskopického úhlu na snížení optického středu (zdroj: vlastní).....	32
Tabulka 4: Posouzení nežádoucího klínového účinku na binokulární vidění.....	41
Tabulka 5: Povolená odchylka centrování v cm/m (prizmatických dioptriích) binokulárně	41
Tabulka 6: Navození nežádoucího astigmatismu v závislosti na hodnotě korekčního cylindru a stočení osy	42
Tabulka 7: Povolená osová tolerance v závislosti na hodnotě korekčního cylindru	43