

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2018

**TEREZA
DRACHOVSKÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra přírodovědných oborů

Refrakční deficit a jeho určení v závislosti na zrakové ostrosti klienta

Deficit of refraction according to visual acuity of patient

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Tereza Drachovská

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Markéta Žáková

Katedra přírodovědných oborů

Akademický rok: 2017/2018

Zadání bakalářské práce

Student: **Tereza Drachovská**
Obor: Optika a optometrie
Téma: **Refrakční deficit a jeho určení v závislosti na zrakové ostrosti klienta**
Téma anglicky: Deficit of refraction according to visual acuity of patient.

Zásady pro vypracování:

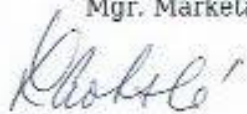
Student provede rešerši na téma refrakčních vad, principy jejich vyšetření a korekce a jak se projevují. Dohledá dotčenou závislost refrakčního deficitu na zrakové ostrosti. Práce má za cíl popsat jednotlivé postupy refrakce a zjistit, jak lze využít předpokládané hodnoty korekce za pomoci zjištěného refrakčního deficitu a kdy ho nejčastěji uplatňujeme. Základním principem je tedy poskytnout jakousi osnovu a postup zejména pro základní subjektivní refrakci a určení co možná nejlepší zrakové ostrosti klienta. Cílem části praktické je pak následně tyto teoretické poznatky konfrontovat s naměřenými daty u vzorku pacientů.

Seznam odborné literatury:

- [1] ANTON, Milan, Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody, ed. 3, Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004, ISBN 80-7013-402-X
- [2] ROZSÍVAL, P. a kol., Oční lékařství, ed. 1, Galén, Karolínium, 2006, ISBN 80-7262-404-0
- [3] ROSENFELD, M., LOGAN, N., Optometry: Science, Techniques and Clinical Management, ed. 2, UK: Elsevier Health Sciences, 2009, ISBN 978-0-7506-8778-2
- [4] AUTRATA, R., ČERNÁ, J., Nauka o zraku, ed. 1., Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů Brno, 2006, ISBN 80-7013-362-7
- [5] MILLER, D., Optics and refraction, ed. Textbook of Ophthalmology: A User Friendly Gu, London: Mosby, 1991, ISBN 1-56375-011-2

Zadání platné do: 20.09.2019

Vedoucí: Mgr. Markéta Žáková



vedoucí katedry / pracoviště



děkan

V Kladně dne 19.02.2018

Název bakalářské práce: Refrakční deficit a jeho určení v závislosti na zrakové ostrosti klienta

Abstrakt:

V této bakalářské práci jsou popsány základní refrakční vady, principy jejich vyšetření a korekce a dále pak to, jak se projevují. Následně jsou zde zmíněny základní poznatky týkající se zrakové ostrosti a refrakčního deficitu.

Práce má za cíl seznámit s vybranými postupy refrakce a zjistit, jak lze využít předpokládané hodnoty korekce za pomoci zjištěného refrakčního deficitu a kdy ho nejčastěji uplatňujeme a také to, jaký může mít dopad nekorigovaná refrakční vada na zrakovou ostrost. Základním principem je tedy poskytnout jakousi osnovu a postup zejména pro zakládání subjektivní refrakci a určení co možná nejlepší zrakové ostrosti klienta.

V neposlední řadě jsou zde specifikovány i problémy a úskalí, se kterými se setkávají pacienti s danou refrakční vadou a stupněm refrakčního deficitu.

V části praktické pak následně tyto teoretické poznatky konfrontuji s naměřenými daty u vzorku pacientů. Hlavní přínos praktické části práce spočívá v ověření platnosti a použitelnosti již sestavených tabulek refrakčních deficitů v závislosti na zrakové ostrosti a následném vyvození poznatků z měření vyplývajících. Zda je možné je aplikovat při každé refrakci a považovat za důvěryhodný a směrodatný výchozí bod při refrakčním vyšetření.

Klíčová slova:

refrakční vady, zraková ostrost, optotypy, refrakční deficit, subjektivní refrakce

Bachelor's Thesis title: Deficit of refraction according to visual acuity of patient

Abstract:

This bachelor thesis describes basic refractive defects, principles of their examination and correction and how they manifest themselves. Furthermore, it describes visual acuity and refractive deficit.

The aim of the thesis is to describe the individual refraction processes and to find out how to use the predicted correction values with the help of the established refractive deficit and in which situations it is applied the most often. Thus, the basic principle is to provide a kind of curriculum and procedure especially for establishing subjective refraction and determining the most effective visual acuity of the client.

Last but not least, the problems and pitfalls encountered by patients with a given refractive defect and degree of refractive deficit are specified.

In the practical part, these theoretical findings subsequently confront the measured data in the sample of patients. The main benefit of the practical part is to verify the validity and usability of the refractory deficit tables already prepared, depending on the visual acuity, and then deduce the results from the measurements. The final part of the thesis answers the question whether it can be applied at each refraction and considered as a credible starting point for refractive examinations.

Key words:

refractive defects, visual acuity, optotypes, refractive deficit, subjective refraction

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych tímto poděkovala své vedoucí bakalářské práce Mgr. Markétě Žákové za odborné vedení, poskytnutí praktických rad a doporučení literatury. Mé poděkování patří též Michalu Vymyslickému MSc. za poskytnuté informace a odbornou praxi.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Refrakční deficit a jeho určení v závislosti na zrakové ostrosti klienta“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V *Kladně* dne

.....

Podpis

Obsah

1	Úvod	1
2	Refrakce oka a refrakční vady	2
2.1	Zrak a jeho vývoj.....	2
	Na rozdíl od smyslů ostatních, které jsou téměř úplně vyvinuty již od narození, vývoj ...	2
3	Ametropie	3
3.1	Sférické ametropie.....	3
3.1.1	Myopie	3
3.1.2	Hypermetropie	5
3.2	Asférické ametropie	8
3.2.1	Astigmatismus	8
4	Zraková ostrost	11
4.1	Zraková ostrost (vizus).....	11
4.2	Typy zrakové ostrosti:	11
4.2.1	Zraková ostrost úhlová – angulární	11
4.2.2	Zraková ostrost koincidenční – noniusová	12
4.2.3	Další prahové hodnoty	12
4.3	Centrální vidění	13
4.4	Periferní vidění	13
4.5	Statická zraková ostrost.....	13
4.5.1	Vývoj zrakové ostrosti	13
4.6	Způsob vyšetření zrakové ostrosti a druhy optotypů	14
4.6.1	Optotypy využívající Snellenovu řadu	15
4.6.2	Optotypy na principu aritmetické řady	15
4.6.3	Optotypy na principu logaritmické řady	16
4.6.4	Optotypy logMAR ETDRS	16
4.7	Typy optotypových znaků.....	17
4.7.1	Landoltovy kruhy	17
4.7.2	Snellenovy a Pflügerovy háky	18
4.7.3	Schoberovy znaky	18
4.7.4	Goldmannův test	19

4.7.5	Dětské znaky	19
4.8	Dynamická zraková ostrost	20
4.8.1	Vývoj	20
4.8.2	Historie měření a jeho využití	20
5	Faktory ovlivňující zrakovou ostrost	21
5.1	Vlivy samotného vyšetřovaného	21
5.1.1	Refrakční vady	21
5.1.2	Oční onemocnění	21
5.1.3	Celková onemocnění	22
5.1.4	Amblyopie	22
5.1.5	Věk	23
5.1.6	Pohlaví	23
5.1.7	Sportovní aktivita	23
5.1.8	Psychický stav	23
5.2	Okolní vlivy	24
5.2.1	Kontrast optotypů	24
5.2.2	Osvětlení optotypů	24
5.2.3	Rychlost pohybu optotypových znaků	24
6	Subjektivní refrakce a refrakční deficit	25
6.1	Subjektivní refrakce do dálky	25
6.2	Monokulární korekce	25
6.3	Stanovení sférické korekce	25
6.4	Stanovení astigmatismu	27
6.4.1	Jacksonův zkřížený cylindr (JZC)	27
6.4.2	Zamlžovací metoda (Astigmatický vějíř)	28
7	Použité metody	29
7.1	Úvod praktické části	29
7.2	Metodika měření	29
7.2.1	Stanovení optimální astigmatické korekce	31
7.2.2	Binokulární dokorigování	33
8	Experimentální část	35
8.1	Analyzovaná data	35
8.2	Metoda statistické analýzy	36

8.3	Pracovní hypotézy	36
8.4	Rozložení probandů.....	36
8.5	Analýza korekce myopie s nízkým stupněm astigmatismu	39
8.6	Výsledky.....	39
8.6.1	Vztah mezi zrakovou ostrotí a nekorigovaným astigmatismem	39
9	Diskuse	45
10	Závěr	47
	Seznam použité literatury	48
	Seznam symbolů a zkratek	53
	Seznam obrázků.....	54
	Seznam tabulek.....	55

1 Úvod

Zrak je jeden ze smyslů, kterým vnímáme okolní prostředí. Umožňuje nám pozorovat světlo, barvy i tvary. Zrakový vjem patří u člověka mezi nejdůležitější zdroje informací. Jeho správná funkce je základním předpokladem plnohodnotného života.

Existuje řada metod objektivního měření refrakčního stavu oka, nicméně výsledný zrakový vjem je daleko lépe hodnocen metodami subjektivními, u kterých hraje podstatnou roli spolupráce vyšetřované osoby s odborníkem. Není jednoduché přicházet s novými metodami, které by usnadnily práci oftalmologů a optometristů, protože vznik zrakového vjemu je velmi složitý proces a změna jeho kvality může být způsobena mnoha faktory.

Nezbytným krokem k dosažení ideální hodnoty zrakové korekce je správné určení visu, a proto tento krok představuje nejčastější a nejběžnější činnost v optometristické a oftalmologické praxi. K samotnému zjištění můžeme dojít pomocí subjektivního vyšetření na různých typech optotypů, které nám umožní stanovit hodnotu visu a i následné ověření zvolené korekce. Avšak za odrazný bod můžeme považovat i takzvaný refrakční deficit. Míru chybějící dioptrické hodnoty lze přibližně odhadnout podle již sestavených tabulek a následně pak pokračovat s touto hodnotou v subjektivní refrakci.

Experimentální část práce se tedy zabývá právě korekcí refrakčních vad, konkrétně zejména korekcí astigmatismu pomocí čoček vkládaných do zkušební obruby a dosažením co nejlepší zrakové ostrosti klienta pomocí subjektivní refrakce. Záměrem práce je pak porovnání naměřených dioptrických hodnot a vypočítaných výsledků pomocí níže zmíněných vzorců a zjištění dopadu neúplné korekce na zrakovou ostrost klienta.

2 Refrakce oka a refrakční vady

2.1 Zrak a jeho vývoj

Na rozdíl od smyslů ostatních, které jsou téměř úplně vyvinuty již od narození, vývoj zraku je dokončen daleko později. V ideálním případě trvá 7 - 8 let, než dosáhneme kvalitního binokulárního vidění. Díky tomu máme schopnost vnímat předměty pozorované současně oběma očima jako jeden vjem. Jestliže nastane během vývoje zraku nějaká chyba, dochází většinou k patologickým změnám.

V nejhorším případě dochází k úplné ztrátě zraku - slepotě. Daleko častější než slepota, která je považována za nevyšší stupeň poškození funkce oka, jsou však tzv. refrakční vady [1].

V případě, že žádné změny nenastanou a rozvoj vidění probíhá normálně, lámou se paprsky paralelní s optickou osou v ohnisku umístěném přímo na sítnici. K tomu dochází po průchodu optickým systémem oka za nulové akomodace. Tento stav označujeme pojmem emetrie, kdy je dodržen správný poměr mezi lomivostí optického systému a délkou oka [4].

Pokud nastanou odchylky od tohoto ideálního stavu, mluvíme o ametropiích. Ametropické (refrakční) vady oka se dále dělí na sférické a asférické. Narušený poměr mezi délkou oka a lomivostí optického systému má za následek, že obraz nevzniká na sítnici, ale před ní nebo za ní [2,3]. Lámou-li se paprsky již před sítnicí, mluvíme o myopii, čili krátkozrakosti. Sbíhají-li se paprsky až za sítnicí, jedná se o hypermetropii neboli dalekozrakost. Pokud optický systém oka nemá ve všech meridiánech (řezech) stejnou optickou mohutnost, tedy neexistuje jen jedno ohnisko, hovoříme o astigmatismu.

Pojmem refrakce oka tedy rozumíme poměr mezi délkou oka (v jeho optické ose) a optickou mohutností lomivých prostředí.

Také se můžeme setkat se situací, kdy je refrakce v každém oku jiná. Pak mluvíme o anizometrii. Pokud v oku zcela chybí optický prvek (čočka), nazýváme tento stav afakií. Refrakční stav však netvoří neměnnou, konstantní hodnotou. Podléhá často malým fyziologickým, ale i patologickým změnám [1].

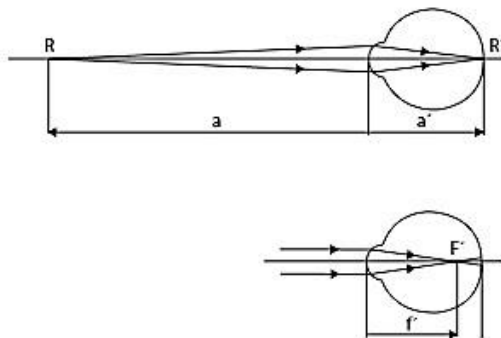
3 Ametropie

3.1 Sférické ametropie

Sférické jsou takové ametropie, které zachovávají bodové zobrazení, ale obrazové ohnisko se nachází buď před sítnicí, pak ji nazýváme krátkozrakost (myopie) nebo v opačném případě za sítnicí – dalekozrakost (hypermetropie, hyperopie). Tyto stavy mohou mít řadu příčin. Jednou z nich je odlišná délka oka oproti oku emetropickému. V tomto případě se jedná o ametropii axiální (osovou). Další skupinou jsou ametropie refrakční (lomivé), u kterých jsou příčinou rozdílné poloměry křivosti lámavých ploch či změny hodnot indexu lomu. Daleký bod ametropického oka leží v jiné vzdálenosti než v nekonečnu, jak je tomu u oka emetropického [3].

3.1.1 Myopie

Popisuje stav, při kterém se za relaxovaných podmínek rovnoběžné paprsky po průchodu optickým aparátem sbíhají v ohnisku před sítnicí a poloha dalekého bodu je situována v konečné vzdálenosti před okem [3]. K tomu dochází, pokud je oční koule příliš dlouhá a lámavost optického systému je normální nebo je lomivost optických prostředí větší při normální délce bulbu. V obou případech rovnoběžné paprsky vstupují do oka a protínají se v ohnisku před sítnicí (obr. 3.1). Důsledkem toho pak vzniká na sítnici rozmazaný obraz pozorovaného předmětu. Uzlový bod myopického oka se oproti oku emetropickému nachází ve větší vzdálenosti od sítnice. Tím pádem je i sítnicový obraz myopického oka větší. Právě větší sítnicový obraz částečně kompenzuje jeho zaostření a díky tomu umožňuje zachování dobré zrakové ostrosti (ZO) do blízka i u těžké myopie. To, že myopické oko je relativně dlouhé, je zapříčiněno prodloužením předozadní osy (tzv. axiální myopie). Mezi méně časté typy patří myopie rádiusová, u níž je rohovka více zakřivená (keratokonus) nebo oko vykazuje zvětšené zakřivení přední či zadní plochy čočky (lenticonus). A také indexová myopie, kterou způsobuje pokles indexu lomu korových čočkových hmot u diabetu a zvýšení indexu lomu jádra čočky při šedém zákalu [9].



obr. 3.1 Myopie [4]

Dělení myopie

Myopii lze dělit podle několika kritérií. Jedním z nich je klinický původ - rozeznáváme myopii **osovou** (kde délka oka je vyšší než 24 mm) a **systémovou** (optická mohutnost oka přesahuje +58,64 D).

Podle dioptrické hodnoty myopii dělíme na:

1. **Lehkou** – od 0,0 D do -3,0 D
2. **Střední** – od -3,25 D do -6,0 D
3. **Vyšší** – od -6,25 D do -10,0 D
4. **Těžkou** – nad -10,25 D (většinou se jedná o myopii vrozenou) [8, 39]

Většina myopií je **fyzilogická** (*myopia simplex, modica*). Jde o nižší stupeň krátkozrakosti bez degenerativních změn na očním pozadí. Částečně sem zasahuje i lehká a střední myopie, které vznikají v pokročilejším školním věku. Tento typ myopie se po 20. roku života již zpravidla nezhoršuje. Dalším typem je myopie **intermediální**, u níž se rozvoj po 20. roku věku výrazně zpomaluje. Zde můžeme pozorovat počínající změny ve velikosti bulbu (25,5 až 32,5 mm) doprovázené drobnými změnami očního pozadí.

Pokud bychom se zaměřili na dělení myopie podle progresu, rozdělili bychom ji na **stacionární** (typickým představitelem je myopie školní objevující se v 6 až 7 letech a nedosahující v naprosté většině případů hodnot vyšších než -6 D) a **progresivní**. Za relativně stálou lze považovat většinu myopií. Myopie vznikající po 18. roce, tedy tzv. pozdní, nedosahují příliš vysokého stupně (do -3 D). Do skupiny stacionárních myopií je zahrnuta i již zmíněná myopie intermediální a myopie vrozená, která dosahuje i hodnot přesahujících -10 D. Většinou bývá jednostranná s přítomností amblyopie a převážně postihuje nedonošené děti. Progresivní nebo patologická (maligní) myopie je závažnější

formou a vzniká velmi časně – často už v 1. roce života. Čím dříve vznikne, tím je stupeň krátkozrakosti vyšší. Vada se zhoršuje o 1 až 4 dioptrie za rok a dochází u ní k nefyziologickému nárůstu axiální délky oka, který je až samým následkem poškození sítnice. Čím dříve začne, tím vyššího stupně v dospělosti dosáhne. K ustálení dochází okolo 20. až 30. roku života, kdy myopie dosahuje hodnot od -10 D až -30 D, přičemž bývá dědičně podmíněná [1, 5].

Korekce myopie

Při korekci myopie volíme nejslabší rozptylku, se kterou je dosaženo nejlepší ZO. To znamená, že si musíme dát pozor zejména na překorigování do mínusu. Pokud by nastala tato situace, oko by bylo nuceno akomodovat i do dálky, což by následně mohlo vyvolat astenopické obtíže. U hodnot nízké a střední myopie je vhodná plná korekce, při vysoké myopii nebývá plná korekce vždy nejpříjemnější variantou. Proto většinou volíme kompromis mezi dobrou ZO a subjektivní snášenlivostí korekce [4, 5, 37].

Příznaky myopie

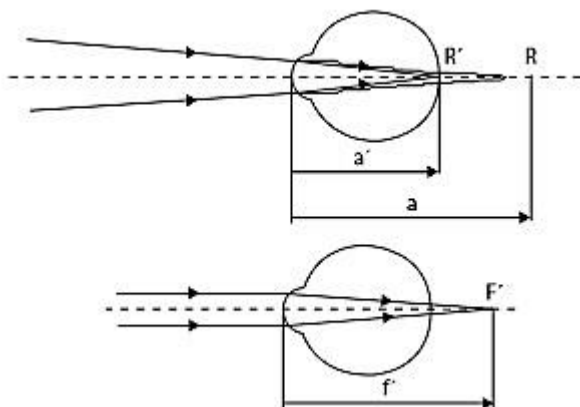
Jak již bylo řečeno, hlavním znakem krátkozrakosti je rozmazané vidění do dálky a podle jejího stupně případně i na vzdálenost střední. Dalším typickým příznakem je mhouření očí a s tím spojená snaha navodit tzv. stenopeické vidění. Příznakem nižší a střední myopie je poměrně kvalitní naturální vidění do blízka v presbyopickém věku. Ve stáří tedy u některých myopů dochází k odkládání korekce při čtení. Astenopické obtíže u rozvinuté myopie nebývají časté. Mohou však být příznakem nově vzniklé vady [8].

3.1.2 Hypermetropie

Při této refrakční vadě mají rovnoběžné paprsky procházející optickým systémem oka obrazové ohnisko až za sítnicí, na kterou tím pádem dopadá neostřý obraz (obr. 3.2). Tento jev pozorujeme ve stavu bez akomodace. Nekorigované hypermetropické oko vnímá jak vzdálené, tak blízké předměty bez vlastního akomodačního úsilí rozmazaně. Případ hypermetropie je kvůli vlivu akomodace o něco složitější než myopie. Vizus zde záleží nejen na refrakčním deficitu, ale především na schopnosti oka korigovat vlastní vadu pomocí akomodace. Uzlový bod pozorujeme blíže sítnici, takže sítnicový obraz oka dalekozrakého jedince je menší než u oka emetropického.

Správný poměr délky a lomivosti optického systému je u dalekozrakého oka pozměněn nejčastěji ve smyslu menší předozadní délky oka. Pak hovoříme, stejně jako v případě myopie, o **axiální** hypermetropii. Méně často se setkáváme s narušením ve

smyslu menší lomivosti optického systému oka. Pokud dochází k nedostatečnému zakřivení některého z lomivých rozhraní, jedná se o hypermetropii **rádiusovou**. Tento typ dalekozrakosti může být vrožený (tzv. *cornea plana*) nebo získaný jako následek úrazu či onemocnění. Se zvyšujícím se věkem dochází ke změně indexu lomu čočky, a tedy k nástupu **indexové** dalekozrakosti. Může se vyskytnout také u lidí s diabetem [1, 18, 38].



obr. 3.2 Hypermetropie [4]

Dělení hypermetropie:

Podle dioptrické hodnoty hypermetropii dělíme na:

- hypermetropie **lehká** do +2,25 D
- hypermetropie **střední** +2,25 D až +5,0 D
- hypermetropie **vysoká** nad +5,0 D

U hypermetropie však bude z hlediska korekce důležitější její rozdělení dle akomodace. Rozeznáváme tedy hypermetropii **latentní** (skrytou), která je díky napětí ciliárního svalu překonána a tudíž není doprovázena zjevnými subjektivními příznaky. Druhým typem je hypermetropie **manifestní**, kde na kompenzaci vady akomodační tonus nestačí. Dále rozeznáváme hypermetropii **fakultativní**, která je zvýšeným akomodačním úsilím zvládnutelná a **absolutní**, u které už není akomodace schopna vadu vykorigovat [1, 9, 37]. Celková výše dalekozrakosti, zjistitelná v cykloplegii, se nazývá **totální** hypermetropií a skládá se z latentní složky a ze složky manifestní. Nedokážeme ji akomodací vykompenzovat ani při maximálním úsilí. S rostoucím věkem se fakultativní hypermetropie postupně mění na absolutní. Při subjektivní refrakci je určena hodnotou

nejslabší spojky, která poskytuje ostré vidění na dálku. Pokud uděláme rozdíl mezi touto nejslabší a nejsilnější spojnou čočkou, která zprostředkovává nejlepší vizus do dálky, dostaneme hodnotu odpovídající fakultativní hypermetropii. Manifestní dalekozrakost pak určuje hodnota této silnější spojky. Latentní dalekozrakost zjistíme až s aplikací cykloplegik, která vyřadí z funkce ciliární sval (zruší jeho tonus). Následně zjištěná hodnota, o kterou jsme navýšili korekci, odpovídá právě latentní hypermetropii [1].

Korekce hypermetropie

Dalekozrakost korigujeme čočkami spojnými. Ty docílí toho, že paprsky vstupující do oka ve stavu bez akomodace mají konvergentní směr a tak dojde k jejich dopadu na sítnici. Předepisujeme v zásadě nejsilnější spojku, s níž pacient dosáhne nejlepšího ZO do dálky. Vztah akomodace a konvergence je narušen ve smyslu četnějšího využívání akomodace oproti konvergenci a to při pohledu do dálky i do blízka. Nadměrným zatížením akomodace může pak docházet k jejímu spasmu (křeči) a následně k pseudomyopii. Při subjektivním vyšetření je proto potřeba nechat vyšetřovanému dostatek času k uvolnění napětí ciliárního svalu, abychom se co nejvíce přiblížili finální hypermetropické korekci. Využíváme přitom různých metod uvolňování akomodace (zamlžovací metody, optotypy s nízkým kontrastem).

Protože poměrně často při refrakčním vyšetření hypermetropa pozorujeme, že oko akomoduje, aniž by si toho byl pacient vědom, zjišťujeme tak pouze typ manifestní. Pro vyšetření zbývající latentní hypermetropie, je nutná již zmíněná aplikace cykloplegik. Stupeň totální hypermetropie je důležitý pro vyloučení následných komplikací (zejména u dětí).

Obecně lze říci, že u hypermetropie nízkého stupně nedochází ke zhoršení ZO a astenopické obtíže se u klienta nedostavují. Pokud se při pohledu do blízka nezapojujeme více jak 2/3 akomodační šíře, obtíže se většinou neprojevují. Korekce tedy není nutná. Pokud se však objeví, je nutno akomodaci co nejvíce odlehčit. Korekce dospělých jedinců má tedy význam při snížené ZO a projevech astenopie. Jiným způsobem však musíme postupovat při korekci dětí, a to z hlediska ještě probíhajícího vývoje oka. V předškolním věku vnímáme určitý stupeň dalekozrakosti jako fyziologický. Korekci tedy předepisujeme jen v případě příliš vysoké refrakční vady nebo strabismu [1, 9].

3.2 Asférické ametropie

3.2.1 Astigmatismus

Jak již bylo zmíněno, astigmatismus patří mezi představitele asférických ametropií. Jedná se o refrakční vadu, při níž optický aparát oka nejeví ve všech řezech (meridiánech) stejnou optickou mohutnost. Vstupující paprsky se tedy lámí v každém z meridiánů jinak a tím pádem nemají své ohnisko v téže obrazové rovině (obr. 3.3). Čím více jsou od sebe dvě lineární ohniska (fokály) vzdáleny, tím je astigmatická diference (cylindr) vyšší. Nejčastější příčinou očního astigmatismu je především asféricita lomivých ploch rohovky a čočky, případně jejich decentrace. Celkový astigmatismus je tedy tvořen astigmatismem rohovkovým, čočkovým a tak zvaným zbytkovým, který je prakticky zanedbatelný. Další příčinou astigmatismu může být index lomu.

Určitý fyziologický astigmatismus ve svislém meridiánu (až 1D) vykazuje rohovka. Ten lze vysvětlit tlakem horního víčka na bulbus. **Rohovkový** astigmatismus může vzniknout také jako následek operace, úrazu či rohovkových onemocněních.

Čočkový astigmatismus, oproti rohovkovému, patří k méně častým a může docházet k jeho změně během akomodace. Jedná se o tzv. akomodativní neboli dynamický astigmatismus. Astigmatismus je často vrozený. Zpočátku dochází k jeho postupnému snižování a okolo 8. roku se většinou stabilizuje [1, 4, 10].

Dělení astigmatismu:

Jedním z typů je astigmatismus **pravidelný** neboli *regularis*, který vytváří dva (s maximálním a minimálním optickým účinkem) navzájem kolmé hlavní řezy. Oba meridiány se nejčastěji nachází ve vertikální a horizontální rovině.

Pravidelný astigmatismus můžeme podle *polohy ohniskových linií* dále dělit na:

- a) **jednoduchý** (*simplex*), kde je jeden z řezů emetropický (ohnisková linie se tedy fokusuje na sítnici) a druhý myopický nebo hypermetropický. Ke korekci využíváme tzv. plan-cylindrická skla
- b) **složený** (*compositus*) se skládá z obou meridiánů myopických (ohniskové linie se fokusují před sítnicí) nebo hypermetropických (fokus ohniskových linií se nachází za sítnicí). Korigujeme jej pomocí skel torických

- c) **smíšený** (*mixtus*) je typem, u kterého je jeden řez myopický a druhý hypermetropický
- d) **ryze smíšený** je posledním typem pravidelného astigmatismu. Pojmenuváváme tak stav, kde je první meridián myopický a druhý hypermetropický jako u předchozího typu, přičemž jsou však oba dva meridiány stejně daleko od sítnice. Kroužek nejmenšího rozptylu se pak nachází na sítnici [9].

Rozdělení astigmatismu podle *polohy hlavních řezů*:

a) astigmatismus **přímý** (podle pravidla, *rectus*) má vertikální meridián více lomivý než horizontální. Ve většině případů hovoříme o astigmatismu rohovkovém.

b) astigmatismus **nepřímý** (proti pravidlu, *inversus*) je opakem předešlého a horizontální meridián je tedy více lomivý než vertikální. Nejčastěji se jedná o astigmatismus čočkový.

c) u astigmatismu **šikmých os** (*obliquus*) nenajdeme osy hlavních meridiánů ve vertikální ani horizontální rovině, ale ve 45° a 135° . Nelze zde určit, který z řezů je vertikální a který horizontální.

Druhým typem je astigmatismus **biobliquus**, který je složen ze dvou meridiánů s co nejvíce odlišnou lomivostí, tedy s maximálním a minimálním optickým účinkem. Zároveň tyto řezy nesvírají pravý úhel [9, 11, 12].

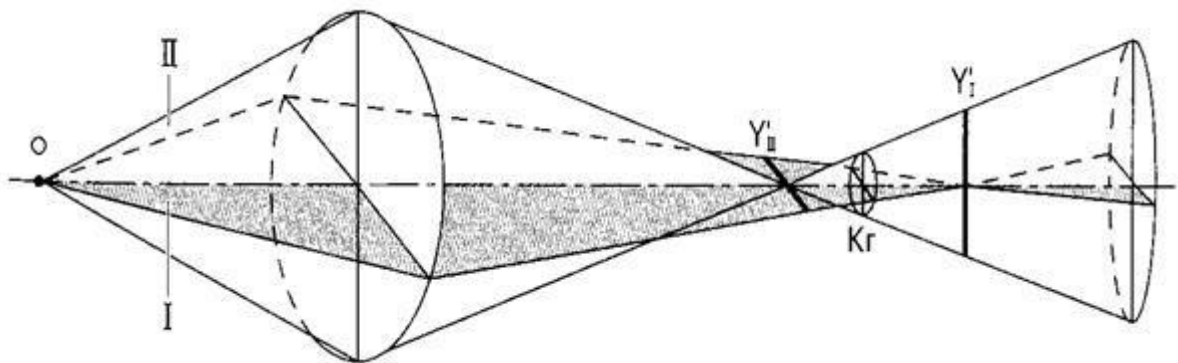
Za třetí typ považujeme astigmatismus **nepřavidelný** (*irregularis*), který nevytváří na sebe kolmé osy. Je následkem například keratokonu nebo úrazů rohovky. Nelze jej korigovat čočkami brýlovými, ale za pomoci kontaktních čoček (tvrdých) můžeme dosáhnout poměrně uspokojivého visu.

Klinické příznaky astigmatismu

V případě výskytu astigmatismu šikmých os má jedinec tendenci k naklánění hlavy, buď horizontálně, nebo vertikálně. Výrazné zlepšení vidění díky akomodaci může mít za následek astenopické potíže. Pokud je astigmatismus korigován špatně nebo vůbec, objevují se například bolesti hlavy a chronická únava. Lidé s astigmatismem mají také sklony vedoucí k přivírání víček a vytváření tak stenopeického otvoru [2].

Korekce astigmatismu

Astigmatismus korigujeme tórickými (cylindrickými) skly. Nízký astigmatismus (do 0,5 D) není zpravidla nutné korigovat, i když i díky jemnému dokorigování je obraz ostřejší a kontrastnější. Cílem je plně vykorigovat cylindrickou složku, tedy rozdíl v lomivosti dvou na sebe kolmých meridiánů s maximální odlišnou lomivostí. U dospělého jedince, který doposud nenosil cylindrickou korekci, je nezbytné začít s korekcí, která je pro něj snesitelná. Nemusí se tedy v tomto případě jednat o korekci plnou, ale spíše o kompromis mezi ZO a binokulární snášenlivostí. Děti ve většině případů snesou korekci plnou. V neposlední řadě nesmíme zapomínat, že při korekci astigmatismu je nutné respektovat také polohu osy cylindru. Při nedodržení správné polohy, totiž hrozí riziko vzniku sekundárního astigmatismu v příslušné ose [9, 41].



obr. 3.3 Schéma průchodu paprsků astigmatickým okem (Kr - kroužek nejmenšího rozptylu; Y'II - vertikální fokála; Y'I - horizontální fokála) [13]

4 Zraková ostrost

4.1 Zraková ostrost (vizus)

Pojmem zraková ostrost byla popsána schopnost zrakového systému rozpoznávat jemné detaily a zejména číst co nejmenší, kontrastní znaky. Vizus je určen rozlišovací schopností a refrakčním stavem oka.

Podléhá vlivům fyzikálním (vadám optického systému), psychologickým (pozornost, kontrast) a v neposlední řadě fyziologickým (schopnost adaptace, rozložení smyslových prvků). Je také podmíněna transparentností optických prostředí oka, funkčností čípků v oblasti *fovea centralis*, funkcí zrakového nervu, korového centra i centrální fixací oka. Poskytuje nám téměř okamžitou informaci o stavu orgánu zraku. Pod vlivem refrakčních vad optického systému oka se na sítnici zobrazí předmětový bod jako malý rozptylový kroužek. Za podmínky, že jeho průměr nepřevyšuje rozměry čípku, na který dopadá, je vnímán ostře. Zásadním kritériem při zjišťování ZO je určení rozlišovací schopnosti oka, která je dána úhlem mezi dvěma body, pod kterým má oko ještě schopnost rozpoznat dva prostorově oddělené objekty jako dva. Předpokladem pro tento stav je stimulace dvou čípků, mezi kterými se nachází ještě jeden nestimulovaný. Ten se následně promítne jako mezera mezi pozorovanými objekty. Hodnota minimálního rozlišovacího úhlu je jedna úhlová minuta ($1'$). Ten reprezentuje tzv. rozlišovací mez oka (*minimum separabile*). Podléhá závislosti na kontrastu, počtu pozorovaných detailů a na jasů [1].

4.2 Typy zrakové ostrosti:

4.2.1 Zraková ostrost úhlová – angulární

Oko má schopnost rozlišit dva body odděleně, pokud odpovídá jejich rozteč tangente jedné úhlové minuty. Právě minimální úhel rozlišení dal název tomuto typu ZO. Tato hodnota, která je považována za rozlišovací mez oka, nebyla zvolena čistě náhodně, ale je odvozena z reálných zobrazovacích poměrů v lidském oku. Velikost minima separabile není konstantní. Nejvyššího stupně ZO dosahujeme během nejproduktivnějšího věku člověka [37].

K vyšetření ZO byly sestaveny speciální standardizované tabulky nazývané optotypy. U optotypů pak využíváme pětinasobek hodnoty minima separabile (tedy 5 úhlových minut). Velikost jedné úhlové minuty musí však zároveň odpovídat tloušťce

čar. To vše je platné jen za předpokladu, že světelné paprsky směřují do oka z nekonečna. V optometristické praxi byla za standardní vyšetřovací vzdálenost při zjišťování visu do dálky ustanovena vzdálenost 5–6 metrů [14, 15, 16]. Při vyšetření z této vzdálenosti totiž dosáhneme toho, že oko zaměřuje svůj pohled do nekonečna a tím pádem přitom nezapojuje akomodaci.

4.2.2 Zraková ostrost koincidenční – noniusová

Kromě angulární ZO lze hodnotit i tzv. koincidenční či noniusovou ZO (obr. 4.1b). V tomto případě se nejedná o pouhé rozpoznání dvou oddělených elementárních bodů, ale hlavním kritériem, které zde posuzujeme, je kvalita návaznosti – koinkidence dvou geometrických přímek v předmětovém prostoru.

Jelikož se v tomto případě na vyhodnocení spolupodílí větší počet světločivných elementů, je tento typ až 10x přesnější než typ angulární. Nevýhodou je, že koincidenční ZO reaguje výrazně citlivěji a při zobrazení přímek do periferie dochází k porušení jejich návaznosti [16, 37].

4.2.3 Další prahové hodnoty

Minimum separabile (obr. 4.1a) je základní prahovou hodnotou při sestavování optotypů, nezbytným kritériem pro rozpoznání detailů a zároveň nejčastěji kontrolovanou schopností při určování ZO.

Při rozlišování objektu hrají významnou roli i jiné prahové hodnoty:

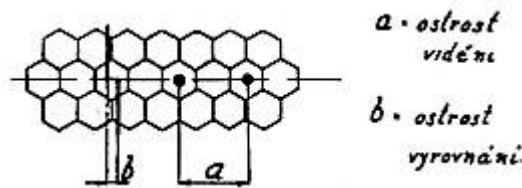
- *Minimum cognobile* – popisuje prahovou hodnotu nezbytnou pro rozlišení již známého znaku. A to i u znaků lišících se polohou (využití u Landoltových kruhů, Pflügerových háků).
- *Minimum legibile* – označuje stupeň vnímání, který je potřebný k tomu, abychom porozuměli smyslu daného pojmu či vět, tvořených jednotlivými již známými symboly. To představuje naprostý základ nezbytný ke čtení pro alfabety. Uplatňuje se zejména u optotypů do blízka.
- *Minimum visibile* – hodnota potřebná k rozlišení drobného symbolu či předmětu, v závislosti na vzájemném kontrastu s pozadím, které ho obklopuje.

- *Minimum perceptibile* – kterým rozumíme absolutní prahovou hodnotu, potřebnou pro rozpoznání velmi slabých světelných podnětů [17].

ZO tedy závisí i na vlastnostech pozorovaného předmětu (jeho jas a kontrastu vůči okolnímu prostředí) a také na vzdálenosti zaznamenaného předmětu od sítnice.

4.3 Centrální vidění

Nejdokonaleji se zobrazí takové předměty, které pozorujeme „přímo“. Tím je totiž aktivováno podráždění v centrálním bodě sítnice, tedy na žluté skvrně (*macula lutea*). Díky tomu, že se *macula lutea* skládá prakticky jen z čípků uspořádaných do tvaru šestibokého hranolu, je při centrálním vidění rozlišovací schopnost poměrně značná. Současně by však měly být centrální části zakřivení rohovky a obou dvou ploch čočky umístěny co nejpřesněji na optické ose, a to proto, aby docházelo k tvorbě přesného, kvalitního sítnicového obrazu. Malé odchylky při centraci oka jsou ale zanedbatelné. Pokud fixujeme daný předmět, pohled přímo nekopíruje optickou osu oka, ale přímkou, která je spojnicí fixačního bodu a žluté skvrny.



obr. 4.1 Centrální vidění [1] a) *Minimum separabile*, b) noniusová zraková ostrost

4.4 Periferní vidění

U periferního vidění je rozlišovací schopnost oka významně nižší než v předchozím případě, protože v této oblasti mají senzorké funkční jednotky na sítnici o něco větší rozměry a světločivných elementů (čípků) je zde méně než v oblasti centrální. Navzdory tomu však tvoří nedílnou součást. Podává nám totiž informaci o tom, co se odehrává v prostoru před námi, umožňuje nám orientaci během chůze a vnímání pohybů okolo nás. Při periferním vidění jde spíše o rozsah než ostrost.

4.5 Statická zraková ostrost

4.5.1 Vývoj zrakové ostrosti

Na svět člověk nepřichází s dokonalým viděním, ale již od narození máme schopnost vnímat světlo. Ke zdokonalování ostrosti vidění dochází postupným vývojem.

Oblast žluté skvrny se vyvíjí postupně, čípky v makule se diferencují a získávají specifické uspořádání. To je důvod, proč novorozenec vnímá jen světlo a tmu. Počáteční převaha periferní části sítnice nad centrální částí trvá asi první dva týdny. Světločivné elementy dozrávají a seskupují se v malém prostoru těsně vedle sebe v makulární krajině, dále ve fovee a především ve foveole. Žlutá skvrna a zároveň první fáze vývoje je téměř dokončena asi v 6. měsíci života. Avšak k úplnému dozrání žluté skvrny dochází až okolo 3. roku života. Rozvoj ZO je v souladu s vývojem binokularity. Přibližně do 2. měsíce dítě fixuje zejména pouze jedním okem a až vývojem získává binokulární fixační reflex, který umožňuje fixovat pohybující se předměty. V následujících měsících získává dítě schopnost rozpoznat blízké a vzdálené předměty, a to díky vývoji reflexu konvergence a divergence a následně se vyvíjí i schopnost tyto předměty zaostřit díky reflexu akomodace. Ten umožňuje ostré vidění do blízka a je závislý na vývinu ciliárního svalu. Souhra a spolupráce akomodace s konvergencí a s tím spojená schopnost spojit obrazy obou očí v jeden se vyvíjí do 6. měsíce a do konce prvního roku se upevňuje. Dalším rozvojem a osvojováním si těchto binokulárních reflexů dochází také k nárůstu ZO a prostorového vidění [18].

Pokud probíhá vývoj bez komplikací, novorozenec po počátečním rozeznávání pouhých světelných vjemů dosahuje v průběhu prvního roku života hodnoty ZO 6/60, v následujícím roce již na 5/15 a ve třetím roce dokonce až na 6/8. Ve čtyřech letech se vizus pohybuje až okolo 6/6 a postupně může vystoupat až na 6/4. ZO, její hodnoty a vývoj jsou však velmi individuální a její subjektivní vyšetření, které je závislé na spolupráci a aktivitě jedince, může být zkresleno, a to zejména u dětí.

4.6 Způsob vyšetření zrakové ostrosti a druhy optotypů

ZO vyšetřujeme subjektivně pomocí optotypů. Jedná se o sestavu vhodných znaků, které jsou uspořádány do řádků (od největších po nejmenší) označovaných číselnou hodnotou, která určuje vzdálenost, ze které by byl vyšetřovaný danou řadu znaků schopen ještě přečíst za standardní ZO. Tou je myšlena hodnota 1,0. Konečný výsledek měření ZO pacienta zapisujeme nejčastěji jako zlomek. Tento zápis udává poměr vyšetřovací vzdálenosti v čitateli ku tomuto číslu ve jmenovateli. To znamená, že pokud je například velikost ještě čteného znaku taková, že by ji vyšetřovaný přečetl se standardní ZO ze vzdálenosti 7 metrů a je od optotypu vzdálen jen 6 metrů, kde jej přečte také, ale pokud se pokusí číst menší znaky, už to nezvládne, jeho výsledná ZO pak odpovídá zápisu 6/7 (tedy menší než 1,0). V dnešní době se setkáváme s mnoha

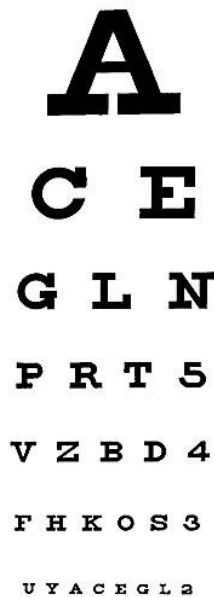
možnostmi uspořádání symbolů optotypových tabulí (nelze je však mezi sebou zcela porovnávat a zaměňovat) [14, 17].

4.6.1 Optotypy využívající Snellenovu řadu

Herman Snellen je považován za objevitele jednoho z prvních uspořádání znaků na optotypech. Shodou okolností, v roce kdy byla uznána za jednotku ZO jedna úhlová minuta, sestrojil optotypovou tabuli odpovídající právě tomuto kritériu. Symboly rozmístil do sítě o rozměrech

5 x 5 jednotek. Počet znaků na řádcích a rozestupy mezi jednotlivými znaky tak i řádky se lišily a nebyly konstantní (obr. 4.2).

Tabule k vyšetřování ze vzdálenosti 5 metrů byly sestaveny ze znaků, jejichž viditelnost odpovídala standardnímu oku ze vzdálenosti 50; 30; 20; 15; 10; 7,5; 5; 4 a 3 metrů a pro šestimetrové optotypy ze vzdálenosti 60; 36; 24; 18; 15; 12; 9; 6 a 4 metrů. Zjištěné zlomky hodnot reprezentující hodnotu ZO však můžeme následně převést na číslo desetinné. Nedostáváme tak rovnocenné hodnoty a výsledný vizus získaný z těchto optotypů nelze navzájem příliš porovnávat [14, 17, 19].



obr. 4.2 Snellenův původní optotyp [20]

4.6.2 Optotypy na principu aritmetické řady

Dalším způsobem uspořádání znaků je optotyp s uplatněním aritmetické řady. Odstupňování velikosti ZO odpovídalo: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,5; 2,0, a k tomu byly adekvátní hodnoty ZO zapsané pomocí zlomku $5/50$; $5/25$; $5/16,5$;

5/12,5; 5/10; 5/8,33; 5/7,14; 5/6,25; 5/5,55; 5/5; 5/3,33 a 5/2,5 při vyšetření ze vzdálenosti 5 metrů a pro optotyp umístěný ve vzdálenosti 6 metrů vycházely hodnoty podobně, tedy 6/60; 6/30; 6/20; 6/15; 6/12; 6/10; 6/8,6; 6/7,5; 6/6,7; 6/6; 6/4; 6/3. Zásadní a největší nevýhodu těchto tabulí bylo to, že v okolí hodnot normálního vizu byl optotyp naprosto zbytečně nadměrně nahuštěn, a naopak v oblasti snížené ZO byla dělena poněkud hrubě [17].

4.6.3 Optotypy na principu logaritmické řady

Předchozí optotypové soustavy byly uplatňovány při určování míry ZO poměrně dobře. Porovnávání získaných hodnot mezi jednotlivými typy tabulí však už bylo o něco komplikovanější. Tím vznikl nový návrh uspořádání, ve kterém došlo k odstranění nepřesností vyplývajících z předcházejících verzí. Řešení přinesl objev systému logaritmicky uspořádaných znaků, u nichž jsou zároveň zachovány konstantní rozdíly ve velikosti mezi řádky. Konečný optotyp odpovídající tomuto uspořádání je pak rozdělen na soustavu tabulek, kde na prvním místě najdeme symboly odpovídající visu 0,05 a nižší, dále pak vizus 0,1; 0,125 a na další 0,16; 0,2; 0,25; 0,33. Vhodné jsou zejména pro korekci amblyopického jedince. Jako poslední zde najdeme vyobrazenou tabulku, která představuje hodnoty visu 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6 a 2,0. Ty pak převážně používáme při refrakčním vyšetření [17].

4.6.4 Optotypy logMAR ETDRS

Po zavedení logaritmické řady přišli s novým uspořádáním optometristé z Austrálie, Ian Bailey a Jan Lovie, kde opět tvoří základ logaritmická řada (obr. 4.3). Je sestavena ze 14 řádků, přičemž každý obsahuje vždy po pěti znacích. Mezery mezi jednotlivými symboly v jedné linii jsou shodné (shodují se šířky jednotlivých písmen). Každý znak odpovídá hodnotě 0,02 logMAR a kompletní řádek 0,1 logMAR (*Minimal Angle of Resolution* – minimální úhel rozlišení). To umožňuje zjistit odpovídající ZO poměrně přesně i přesto, že vyšetřovaný nečte kompletní prahový řádek. Tuto metodu nazýváme také jako interpolační, jelikož interpolujeme (tedy dopočítáváme) jednotlivé znaky. Pojmenování ETDRS se ustálilo až po jeho poměrně významném využití v rozsáhlé studii Ricka Ferrise – *Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study* [19].

meters (feet)	logMAR MAR
36 (125)	0.8 60
30 (100)	0.7 65
24 (80)	0.6 70
19 (63)	0.5 75
15.5 (50)	0.4 80
12.4 (40)	0.3 85
9.5 (32)	0.2 90
7.5 (25)	0.1 95
6 (20)	0.0 100

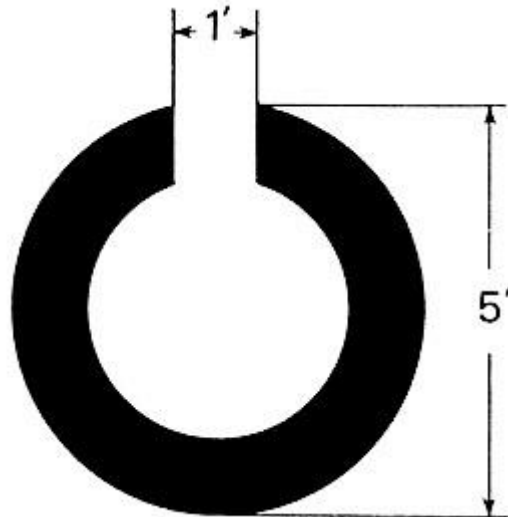
The chart displays rows of letters: U N R V E, H N E R U, H D V Z F, U F Z R E, R H D N U, E U F H P, F N P U V, P E U F H, F V Z E P, V D N R U, and E F P Z. The letters decrease in size from top to bottom. A scale at the bottom indicates distances in meters and feet.

obr. 4.3 Logaritmičká posloupnost zrakové ostrosti (Bailey – Lovieho distanční tabulka) [21]

4.7 Typy optotypových znaků

4.7.1 Landoltovy kruhy

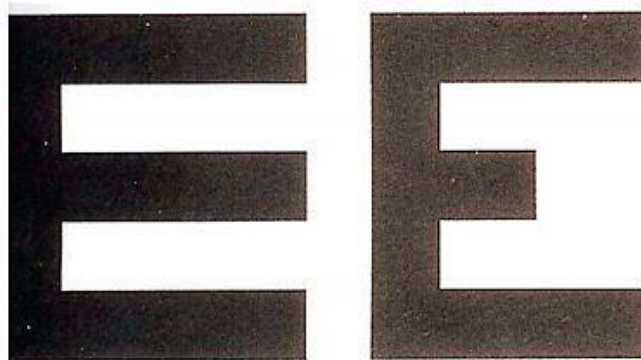
Mluvíme o tvaru neuzavřeného kruhu, jejichž vynechaný úsek je kritickým detailem, který odpovídá zornému úhlu odpovídajícímu jedné minutě (obr. 4.4). Landoltův kruh promítáme v osmi rozlišných pozicích – dvou horizontálních, dvou vertikálních a čtyřech šikmých. Tím dosáhneme statistického snížení šance na uhodnutí polohy štěrbinu. Díky tomuto objevu a zároveň díky stejnému *minimu cognibile* ve všech polohách znaku je Landoltův kruh považován za nejobektivnější symbol ze všech dosud používaných. Jako jediný slouží současně pro mezinárodně uznávané znalecké účely a to proto, že k němu není potřeba znalost daného jazyka ani písma. Při jazykové bariéře se pro pochopení s vyšetřovaným používá přirovnání například k ciferníku hodin. Také je možné dát vyšetřovanému jedinci do rukou model Landoltova znaku, aby natáčel štěrbinu do příslušné polohy, kterou pozoruje na optotypu. Tak dochází k významnému usnadnění vyšetření, které zvládnou například i děti ještě neschopné čtení [16, 17].



obr. 4.4 Landoltův kruh [22]

4.7.2 Snellenovy a Pflügerovy háky

Snellenovy a Pflügerovy háky (obr. 4.5) označují symboly, které můžeme připodobnit k písmenu „E“ a stejně jako předešlé Landoltovy kruhy je můžeme využít například u analfabetů nebo při vyšetření dětských pacientů. Nabízí však jen čtyři možnosti polohy symbolu, a je tedy vyšší pravděpodobnost uhodnutí. I přes řadu opatření a úprav nejsou háky považovány za nejvhodnější testové znaky zejména pro znalecké účely [17].



obr. 4.5 Snellenovy a Pflügerovy háky [17]

4.7.3 Schoberovy znaky

Schoberovy znaky v dnešní době představují jedny z nejpoužívanějších znaků a jsou poměrně podobné těm Snellenovým. Tvoří je středně silná normovaná písmena (eventuálně číslice) podobná klasickým kaligrafickým a tiskařským znakům s poměrem

se znaky tzv. černé ruky (obr. 4.7), která svým tvarem připomíná právě ruku a dítě pak snadno může samo pomocí vlastních rukou ukazovat směr prstů na znaku [15, 16, 17].



obr. 4.7 Optotyp černá ruka [17]

4.8 Dynamická zraková ostrost

4.8.1 Vývoj

Druhým typem ZO je zraková ostrost dynamická, která se vyvíjí současně se statickou složkou, ale zejména společně s motorickým rozvoje dítěte. Ihned po narození dokáže jedinec vnímat pohyb, jeho směr si však začíná uvědomovat zhruba až od 8. týdne. Zraková motorika se s přibývajícím roky a postupným poznáváním prostředí zdokonaluje. Vývoj vnímání pohybu je ukončen obvykle až okolo 12 let. S tím je úzce spjata právě dynamická ZO, ale k dokončení jejího vývoje dochází ještě později, až kolem 15. roku života. Také hodně záleží na aktivitě člověka [23].

4.8.2 Historie měření a jeho využití

Dynamická ZO se začala měřit o něco později než statická. Byla definována jako schopnost oka rozpoznávat detaily pozorovaného předmětu v momentě, je-li mezi ním a vyšetřovaným zaznamenán určitý pohyb [24]. Nicméně doposud nebyl zkonstruován žádný standardizovaný test a ani experimentální měření není na našich českých optometristických pracovištích, snad kromě sportovních optometristických zařízení, příliš využíváno. Podle určitých studií [24, 25, 26] však tento typ měření vypovídá o kvalitě vidění mnohem lépe a dalo by se ho využít nejen u sportovců, ale také třeba při screeningu zraku řidičů. Pomůže nám k nejlepšímu vykorigování pacienta, čímž se dostáváme k vyšším hodnotám vízu a tím pádem i k vyšším hodnotám dynamické ZO. V zahraničí je měření dynamické ZO při pohybu pacienta praktikováno také při vyšetřování vestibulárních poruch.

5 Faktory ovlivňující zrakovou ostrost

5.1 Vlivy samotného vyšetřovaného

5.1.1 Refrakční vady

Refrakční vady mají vliv jak na statickou, tak na dynamickou ZO. Jsou důsledkem určitých nesrovnalostí v optickém aparátu oka a tím mohou následně v optickém aparátu vznikat určité nedostatky. Jako například změna lomivosti rohovky či čočky nebo také nadměrná či nedostatečná délka celého bulbu. Obraz pozorovaného předmětu pak nevzniká na sítnici, ale před nebo za ní, což způsobuje jeho rozostření. Mezi refrakční vady zařazujeme již zmíněnou myopii, hypermetropii a astigmatismus. Pokud dochází k zatížení oka některou z těchto refrakčních vad, nelze u něj předpokládat dokonalou ZO jak statickou, tak ani dynamickou. Po korekci a ověření binokulární spolupráce však může ZO dosahovat hodnot velmi podobných jedinci bez jakékoliv refrakční vady [1].

5.1.2 Oční onemocnění

Onemocnění, se kterými se můžeme setkat nejčastěji ve spojitosti se změnou kvality zraku, jsou zejména katarakta, glaukom, diabetická retinopatie či věkem podmíněná makulární degenerace (VPMD).

Kataraktou ve zkratce označujeme určité zakalení jádra či stromatu oční čočky. Může být jak vrozená, tak traumatického původu. Další důvodem mohou být změny metabolické, jako je *diabetes mellitus (DM)*, galaktosémie nebo hyperkalcémie. Příčinou, se kterou se setkáváme nejčastěji, jsou změny související s věkem (tzv. senilní katarakta). Při zakalení čočky však nedochází pouze ke snížení ZO, ale i ke snížení citlivosti vnímání barev. K nálezů katarakty můžeme v praxi optometristy dospět pomocí šterbinové lampy a následně jedince předat do péče očního lékaře.

Dalším poměrně častým očním onemocněním je glaukom neboli tzv. zelený zákal. Vzniká na základě zvýšeného nitroočního tlaku, který způsobuje poškození nitrooční struktury, zejména terče zrakového nervu. Tím dochází k výpadkům v zorném poli. Velice důležitá je prevence v podobě pravidelného měření nitroočního tlaku a vyšetření zorného pole pomocí perimetru. Dalším znakem, který nás může vést k podezření na glaukom je, že při vyšetření ZO jedinec během čtení některý ze znaků buď vynechá, nebo natáčí hlavu. Tím se snaží „vyhnout“ již vzniklým výpadkům v zorném poli. Při testu s Amslerovou mřížkou může u pacienta docházet k tomu, že ji nevidí celou.

Diabetická retinopatie je důsledkem onemocnění *diabetes mellitus*, tedy chronického metabolického onemocnění. To je způsobeno nedostatkem inzulínu a s tím spojenou zvýšenou hladinou cukru v krvi. Související neovaskularizace v kombinaci se silným krvácením do sklivce mohou ve výsledku způsobit až trakční odchlípení sítnice, a pokud nedochází ke včasnému zachycení, může vést až k úplné slepotě.

VPMD postihuje pro nás velmi podstatnou centrální ZO. Vzniká po zániku kapilár v *choriokapilaris* v oblasti makuly. Nejprve se projevuje defekty pigmentového epitelu (suchá forma) a již zmíněným postupným poklesem centrální ZO. Při vlhké formě dochází k rozsáhlejšímu poškození a často i k náhlému poklesu ZO. V praxi optometristy je možné vyšetřovanému nabídnout Amslerovu mřížku, která by se mu za přítomnosti poškození sítnice horší formou VPDM jevila zvlněná, či jinak deformovaná (tzv. metamorfopsie) [27].

5.1.3 Celková onemocnění

Kromě zmíněného diabetu se na kvalitě vidění významně podílejí i další onemocnění. Mezi taková patří například cévní choroby, poruchy štítné žlázy nebo některé pohlavně přenosné choroby. Mezi choroby postihující cévní soustavu a mající vliv na zrak řadíme aterosklerózu a arteriální hypertenzi, které patří mezi tzv. civilizační onemocnění. Projevují se na očním pozadí a je poměrně těžké je od sebe odlišit. Vizus snižují zejména formou pomalu vznikajících skotomů. Pokud dojde k úplnému uzavření arterie, dochází k náhlé ztrátě vidění. V případě uzavření v oblasti větví, vznikají výpadky jen v příslušném segmentu zorného pole, ale pokud se uzávěr objeví v oblasti kmene, dochází k celkovému výpadku. Častěji se však setkáváme s uzávěrem sítnicových vén, který může být opět jak v místě kmene, tak v oblasti větví. Úbytek ZO je rychlý, ale zároveň postupný. [3]

5.1.4 Amblyopie

V momentě, kdy dospějeme při vyšetření ke snížené ZO (často jednoho oka) a již jsme vyzkoušeli jak plusovou, tak minusovou čočku i korekci za pomoci cylindru, ale stav visu se nelepší a zároveň jsme vyloučili možnost patologií a očních onemocnění (katarakty, změn očního pozadí, zákalů ve sklivci) a na šterbinové lampě se oko jeví bez jakéhokoliv anatomického nálezu, většinou se jedná o amblyopii (tupozrakost). Původ této poruchy jednoduchého binokulárního vidění nalézáme většinou v dětství, kde byl vjem toho „slabšího“ z očí potlačen. Oko druhé se tak stalo dominantním a převzalo

hlavní roli při vidění. Slabším okem označujeme to, které má sníženou ZO. Dále se může vyvíjet také během šilhání na oku, které se uchyluje, aby tak zabránilo diplopii (dvojitému vidění). Nejčastějším řešením tupozrakosti je okluze vedoucího oka. Jedná se o poměrně efektivní způsob léčby, avšak bývá účinným pouze do 9. až 12. roku života. Aktivním a důsledným tréninkem amblyopického oka lze v těchto případech dosáhnout výrazného zlepšení ZO [18, 28].

5.1.5 Věk

Mezi další faktory řadíme věk jedince. U dětí se statická ZO vyvíjí postupně a rozvoj binokulárního vidění trvá ještě o něco déle [18]. V případě dynamické ZO nastává úroveň hodná dospělého jedince ještě později než u statické [23]. Dále se pak s přibývajícím věkem ZO snižuje.

Příčinou bývá stárnutí očních tkání, svalových a nervových struktur. Mezi první projevy stárnutí se řadí presbyopie (stařecká vetchozrakost), která se objevuje okolo 40. roku a projevuje se zhoršeným viděním do blízka. To je způsobeno zejména poklesem schopnosti akomodace čočky vlivem nižší elasticity jejího pouzdra a závěsného aparátu. Zároveň dochází ke sníženému osvětlení sítnice, které je způsobeno sníženým množstvím světla pronikajícího do oka.

Použitím zvýšeného kontrastu znaků je však možné tento deficit částečně kompenzovat [25, 29].

5.1.6 Pohlaví

Odlišná kvalita ZO v závislosti na pohlaví byla zpozorována jak u ZO statické, tak u dynamické. Podle určitých studií (Gallahue & Ozmun z roku 2006) mají dynamickou část ZO o něco lepší muži než ženy [23, 25].

5.1.7 Sportovní aktivita

Patří mezi faktory, které byly zkoumány zejména u dynamické ZO. Bylo zjištěno, že je možné zrakové funkce zlepšit příslušným vizuálním tréninkem, který je často založen na principu některé ze sportovních aktivit.

5.1.8 Psychický stav

Psychické rozpoložení patří mezi obtížně hodnotitelný faktor. Avšak hraje poměrně významnou roli, zejména pokud je jedinec negativní, má strach či odpor k danému

vyšetření. Ke zhoršené ZO může docházet taktéž při únavě. Důležitá je tedy nejen v tomto případě anamnéza, ale současně je nutností sledovat vyšetřovanou osobu, která může jevit určité známky únavy. Kupříkladu zarudlé oči mohou být předpokladem nejen pro některé z očních onemocnění, ale také následek únavy. Obzvláště v dnešní době počítačů, mobilních telefonů a televizních obrazovek, které tvoří pro zrak náročné pracovní podmínky. Mnohdy však může vhodná korekce představovat řešení problému unavených očí nebo celkové únavy, či dokonce bolesti hlavy.

5.2 Okolní vlivy

5.2.1 Kontrast optotypů

Kontrast klasických optotypů využívaných k měření ZO by měl představovat 100%. Avšak jako dostačující hodnoty kontrastu znaků jsou brány čísla přesahující 80 %, kde by neměl nastávat významný rozdíl. U pohybujících se znaků hraje kontrast také významnou roli [29] a neměl by klesnout pod 80 %. V případě LCD optotypů by však kontrast měl být zmiňovaných 100 %. Není závislý na okolním osvětlení, čímž nedochází téměř k žádným nežádoucím efektům. Kontrastní citlivost je samostatně měřenou veličinou a vypovídá o kvalitě vidění mnohem více než běžné měření za pomoci statických kontrastních optotypů.

5.2.2 Osvětlení optotypů

Intenzita osvětlení nižší než 100 luxů je nedostatečná, naopak hodnoty nad 1000 luxů již zapříčiňují oslnění. Různé typy optotypů mají odlišné normy pro osvětlení. U světelných se udává intenzita horizontálního osvětlení 600 lx, u tištěných 500 lx a u projekčních 400 lx. Také proto patří mezi nejvýhodnější optotypy LCD. Pozor si musíme dát i na rozmístění světelných zdrojů, aby nedocházelo k nerovnoměrnému osvětlení nebo k nechtěným odleskům či odrazům [17].

5.2.3 Rychlost pohybu optotypových znaků

Tento faktor logicky pozorujeme jen v případě dynamické ZO. Do přibližně 30 stupňů za sekundu jsou hodnoty SZO a DZO v rovnováze, avšak pokud se přibližujeme k hodnotám 40 stupňů za sekundu a více, dynamická ZO klesá [25, 29, 30].

6 Subjektivní refrakce a refrakční deficit

6.1 Subjektivní refrakce do dálky

Po důkladném anamnéze a následné objektivní refrakci (skiaskopie, oftalmoskopie, refraktometrie či autorefraktometrie) se nejprve zabýváme kvalitou vidění do dálky, tedy na tzv. optické nekonečno, které odpovídá vzdálenosti 5 až 6 m. Nejprve zjistíme *visus naturalis* každého oka zvlášť (monokulárně) i společně (binokulárně) pomocí optotypových tabulí. Případně, pokud již má vyšetřovaný stanovenou určitou korekci, provedeme měření se stávající korekcí.

Následně provedeme důkladné vykorigování opět jak monokulárně, tak binokulárně.

6.2 Monokulární korekce

Najdeme celou řadu metod určování monokulární subjektivní refrakce, avšak vždy se sestávají ze dvou částí: určení sférické a asférické čili astigmatické složky refrakčního stavu oka. Jsou spolu úzce spjaty a závisí na sobě. Zásadní je však primární stanovení korekce sférické a vzápětí následující určení osy a výše cylindru astigmatické korekce. Na to navazuje jemné sférické dokorigování [31].

6.3 Stanovení sférické korekce

Správným stanovením subjektivní refrakce bychom měli dosáhnout akomodačního klidu, a s ním souvisejícího klidu vergenčního při pohledu do dálky [17]. Hledáme nejsilnější spojnou, resp. nejslabší rozptylnou, sférickou korekční čočku, pomocí které vyšetřovaný dosáhne nejlepší možné ZO.

Při subjektivním vyšetření vycházíme z informací, které máme k dispozici buď z předcházejícího objektivního měření, nebo bereme jako výchozí bod zjištěný naturální vizus. Sférickou hodnotu refrakční vady můžeme odvodit podle naturální ZO [21, 32].

Naměřením nižšího vizu, bez nebo se stávající korekcí, než je předpokládaná hodnota, můžeme usuzovat, že existuje určitý refrakční deficit (nedostatečná korekce). Míru chybějící hodnoty lze přibližně odhadnout a podle toho následně postupovat při subjektivní refrakci.

Hned na počátku vyšetření je nutné zjistit typ refrakční vady. Tedy zda je vyšetřovaný hypermetrop, myop či emetrop. Pokud nemáme k dispozici starší předpis nebo data z objektivní refrakce, které mohou být odrazným bodem, předradíme před oko

spojnou sférickou korekční čočku hodnoty odpovídající předchozí tabulce dle dosaženého visu bez korekce. Zhoršíme-li odpovídající spojnou čočkou vidění, je vyšetřovaný pravděpodobně myopem či emetropem. Nízký hypermetrop považuje obraz pozorovaný přes spojnou korekční čočku za nezměněný. Hypermetrop s vyšší refrakční vadou nebo ve věku odpovídajícímu presbyopii popisuje obraz jako lepší. Pozor si musíme dát v případě, kdy + 0,25 D obraz zhoršuje a předsazením - 0,25 D vidění zůstává stejné a to následkem akomodace. Za této situace může být důvodem nižšího visu ryze smíšený astigmatismus, a proto kroužek nejmenšího rozptylu již najdeme na sítnici.

V případě pacienta myopického korekci provádíme postupným navyšováním optické mohutnosti korekčních čoček rozptylných. Pozor si však musíme dávat na to, abychom takového klienta nepřekorigovali. Jinak bychom ho nutili k akomodaci a navodili tak stav pseudohypermetropie. Pokud je obraz při předložení další -0,25 D lepší, dochází k posunu obrazového ohniska oka z polohy před sítnicí blíže k sítnici. Je-li při předložení další - 0,25 D čočky obraz stejný, obrazové ohnisko oka nejprve situované na sítnici se přesunulo za sítnici a oko jej za pomoci akomodace vrací zpět na sítnici. V tomto případě již tuto rozptylku do obruby nevsazujeme - dospěli jsme tak k optimální sféře.

U hypermetropie můžeme postupovat dvěma způsoby subjektivního určení sférické korekce. Metodou postupného uvolňování akomodace nebo metodou zamlžovací. Postupné uvolňování akomodace využívá principu postupného zvyšování optické mohutnosti spojných korekčních čoček. Zásadní je během výměny skel nejprve předložit sklo nové a až následně vyjmout předešlé, abychom neaktivovali již uvolněnou akomodaci [33].

K vyřazení akomodace zamlžovací metodou se nabízí hned několik postupů:

1. Pomocí skiaskopu provedeme objektivní refrakci, následně vyšetřovaného obvykle zamlžme pomocí + 1,5 nebo + 2,0 D čočky (v závislosti na vyšetřovací vzdálenosti) [34].

2. Objektivní refrakci provedeme za pomoci autorefraktometru, nebo vycházíme z posledního předpisu a následně opět rozostříme klientův obraz předsazením + 1,5 D nebo vyšší, tak aby dosahoval $V = 0,16$ [21].

3. Pokud objektivní refrakce nepředchází subjektivní a klient dosahuje vizu lepšího než 6/15, předkládáme +0,25 D spojky, dokud není vizus snížen na $V = 6/15$ [34].

Při zamlžení silnou spojnou čočkou přesuneme obrazové ohnisko oka před sítnici a dosáhneme tak tzv. relativní myopie. Stupeň zamlžení snižujeme v $- 0,25$ D krocích, dokud se vidění zlepšuje. V momentě kdy další přidání $- 0,25$ D, nevede ke zlepšení ZO, dosáhli jsme optimální sférické hodnoty.

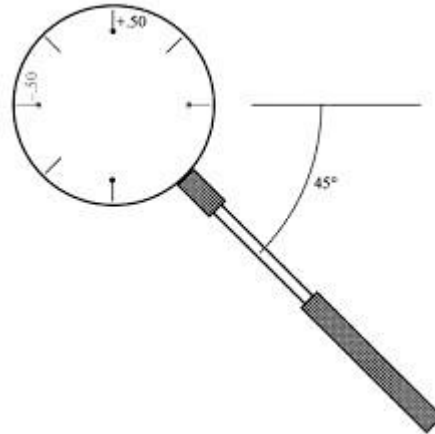
6.4 Stanovení astigmatismu

Po určení hodnoty sférické optické mohutnosti následuje zjištění přítomnosti astigmatismu. Jako první určujeme osu korekčního záporného cylindru a poté jeho přesnou optickou mohutnost. K tomu využíváme nejčastěji astigmatický vějíř či bodový test a Jacksonův zkřížený cylindr.

6.4.1 Jacksonův zkřížený cylindr (JZC)

Princip JZC je nejfrekventovanější metodou subjektivního vyšetření astigmatismu. Jedná se o přesnou, rychlou a poměrně jednoduchou metodu ve spojení s bodovým testem či kulatým znakem optotypu. Není zapotřebí jakéhokoliv zamlžení a vyšetřovaný má možnost vnímat postupné zvyšování ZO.

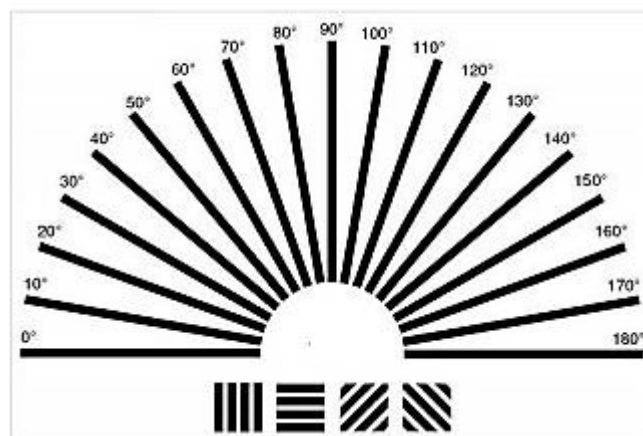
Skládá se ze dvou navzájem kolmých plan-cylindrů o stejné optické mohutnosti s opačným znaménkem v kulaté objímce s držadlem, které je umístěno v místě půlení os plan-cylindrů. Záporné znaménko JC představuje osu záporného cylindru a kladné zase osu kladného cylindru. Nejčastěji se setkáváme s kombinací $\pm 0,25$; $\pm 0,50$ a $\pm 1,00$ D (obr. 6.1) [17].



obr. 6.1 Jacksonův zkřížený cylindr [35]

6.4.2 Zamlžovací metoda (Astigmatický vějíř)

Další možností je astigmatický vějíř (obr. 6.2) či růžice, který se skládá z černých ramen odstupňovaných po 10° a uspořádaných do kruhu. To má za následek poněkud hrubší určování osy cylindru než u metody JC. Tyto optotypy naznačují zejména to, zda je či není astigmatismus u vyšetřované osoby přítomen, a kde jsou jeho hlavní řezy. Pokud je astigmatismus u jedince detekován, některé osy se jeví ostřejší než ostatní. Jednotlivá ramena nesou označení přímo ve stupních nebo mají přiřazena čísla stejně jako ciferník hodin.



obr. 6.2 Astigmatický vějíř [40]

7 Použité metody

7.1 Úvod praktické části

Cílem této bakalářské práce je zjištění četnosti refrakčních vad u vybraného vzorku klientů, prostudovat výhody a nevýhody jednotlivých refrakčních postupů, ověření platnosti zmiňovaných tabulek refrakčních deficitů v závislosti na zrakové ostrosti a následném vyvození poznatků z měření vyplývajících. Během subjektivních měření byl vyšetřován naturální vizus a vizus s nejlepší možnou korekcí a tím byla ověřena právě zmiňovaná přesnost či nepřesnost stanovení korekce dle refrakčních deficitů. V závěru práce budou získané hodnoty porovnány a vyhodnoceny. Jelikož stanovení korekce na základě refrakčního deficitu je poměrně využíváno, dalším stanoviskem, které by z práce mělo vzejít, je potvrzení či vyvrácení dostatečné přesnosti tohoto postupu a vhodnosti aplikace při subjektivní refrakci.

7.2 Metodika měření

Měření zrakové ostrosti a refrakce sférických ametropií a nízkého stupně astigmatismu byla v průběhu srpna roku 2017 až dubna roku 2018 provedena ve vyšetřovací místnosti firmy Alcon Pharmaceuticals (Czech Republic) s.r.o. v Praze. Pro jednotlivá měření zrakové ostrosti a vyšetřování refrakčních vad bylo využito zařízení IPRO PASKAL 3D Erlebnisrefraktion. Jedná se o refrakční systém, který umožňuje úplnou monokulární refrakci za binokulárních podmínek. Klient po celou dobu refrakce kouká přes polarizací oddělené obrazy pro pravé a levé oko. Oddělení probíhá v refraktoru a zkušebních brýlích přes speciální filtry. K promítání optotypů se používá monitor 3D, který obrazy oddělí za pomoci cirkulární polarizace. Program byl vyvinut jako aplikace pro Apple iPad, který musí být k současně také k dispozici. Dále nesmí chybět set-top-box Apple TV, který zprostředkovává přenos na 3D televizi. Křeslo ve vyšetřovně je umístěno ve vzdálenosti 5 metrů od optotypu, čímž byla zajištěna požadovaná vzdálenost pro korektní subjektivní vyšetření [40].

V první části vyšetření byl kladen důraz na osobní a rodinnou anamnézu a to zejména z důvodu zjištění případných onemocnění, okluzí a operací proběhlých v mládí, které mají přímý vliv na vizus. Příkladem může být katarakta, věkem podmíněná makulární degenerace, primární glaukom s otevřeným úhlem, z civilizačních onemocnění dále například diabetes mellitus, čili cukrovka, onemocnění štítné žlázy, alergie a další [43].

Objektivní refrakce byla zjištěna za využití autorefraktometru firmy Topcon, pro získání výchozích objektivních hodnot o refrakčním stavu klienta.

Programové vybavení systému PASKAL 3D se skládá z více než 80 testů, rozdělených do několika kategorií. Pro snadný, rychlý a co nejefektivnější proces refrakčního vyšetření, si může vyšetřující vytvořit sestavu a pořadí testů dle vlastních preferencí nebo dle potřeb pacienta.

Subjektivní refrakci lze provádět za klasických monokulárních, monokulárně-binokulárních i binokulárních podmínek. PASKAL 3D nabízí širokou škálu optotypových tabulí. Základní optotyp, který byl během mého vyšetření pro standardní stanovení vizu nejčastěji využíván, se sestává ze tří pod sebou ležících řádků s postupně snižující se velikostí optotypových znaků. Pro případné zjištění velikosti a osy cylindrické korekce je možné využít astigmatický znak (dvojitý kruh), který je doplněn na konci každého řádku. První znak na levé straně optotypu zároveň představuje znak s nižším kontrastem, který slouží ke screeningu poruch kontrastní citlivosti. K měření vizu mohou být použity jak klasické písmenné nebo číselné optotypové znaky, Landoltovy kruhy nebo Pflügerovy háky.

Během vyšetření zrakové ostrosti za nejčastějšího použití písmenného eventuálně číselného optotypu byla zjištěna po přečtení jednotlivých znaků výsledná zraková ostrost. Po zjištění naturálního vizu, následoval standardní postup subjektivního vyšetření refrakčních vad, za účelem zjištění plné korekce. Nalezení nejlepší sférické čočky, která koriguje danou refrakční vadu, bylo dosaženo za dodržení základních pravidel, tedy předsazením spojky o nejvyšší dioptrické hodnotě u hypermetropického klienta a rozptylky o nejnižší dioptrické hodnotě u klienta myopického, s cílem dosažení nejlepšího možného vizu. V případě zesilování spojných čoček byla nejprve vložena silnější spojná čočka a až v následujícím kroku byla vyjmuta čočka nižší hodnoty. Stejně tak se postupovalo i při snižování hodnot spojek, kdy byla nejprve do korekční obruby vložena slabší čočka a silnější byla následně opět vyjmuta. Vhodnou hodnotu sférické čočky, kterou se rozhodneme vložit do korekční obruby, můžeme zvolit buď podle předem získaných dat z objektivní refrakce, nebo její vrcholovou lámavost zvolíme dle zjištěného deficitu zrakové ostrosti oka, to znamená podle naturálního vizu (viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).

Pokud nedošlo k plnému vykorigování sférické ametropie a nedosáhli jsme optimální zrakové ostrosti, následovalo vyšetření astigmatismu. Hodnota byla zjišťována metodou JZC a bodového testu.

K jemnému dokorigování byly použity bichromatické balanční testy, tedy anaglyfní (červeno-zelené) testy v kombinaci s metodami polarizačními. Konkrétně pak Cowenův test, kterým bylo zároveň dosaženo jak monokulárního, tak binokulárního vyvážení. Abychom našli ideální korekci, snažili jsme se ve všech případech dosáhnout stádia, kdy se všechny čtyři kruhy Cowenova testu jeví jako pravému, tak levému oku stejně kontrastně, což značilo stav refrakční i zrakové vyváženosti. Součástí refrakce byl i polarizační Osterbergův test, který kromě ověření stavu vyváženosti sloužil mimo jiné i k odhalení heteroforií, jejichž přítomnost značilo vzájemné posunutí jednotlivých polí. Pokud se objevily potíže během vyšetřování motorických odchylek, následoval test pro posouzení binokulárního stavu očí, a to buď křížový polarizační test s fúzním podnětem, nebo Schoberův test. Do experimentální analýzy nebyli zahrnuti klienti vykazující vyšší poruchy binokulárního vidění [43].

V průběhu měření dat experimentální části bakalářské práce, bylo dodrženo totožné osvětlení vyšetřovací místnosti, které mělo za následek dodržení stejné velikosti pupily u vyšetřovaných.

7.2.1 Stanovení optimální astigmatické korekce

Metoda Jacksonových zkřížených cylindrů

K vyšetření astigmatismu metodou JZC bylo využito brýlová skříň se sadou zkušebních čoček a zkušební obruby. Jako fixační znak na optotypu byl využíván bodový test.

Vyšetření JZC má svou podstatu v porovnávání dvou obrazů, které vyšetřující předkládá před oko klienta. V případě diagnostikování přítomnosti astigmatismu jsme následně použili korekci pomocí rozptylných cylindrů. Dalším krokem, který následoval po stanovení nejlepší sférické korekce, bylo určení osy astigmatismu. Klient byl instruován, aby sledoval body na optotypu nejprve pravým okem (ve většině případů), zatímco druhé oko měl zakryté. Před klientovo pravé oko byl následně předložen JZC a to nejprve do osy 0° a v druhém kroku pod úhlem 90° . Vyšetřovaný měl za úkol navzájem hodnotit dvě varianty obrazů. Stejný postup byl aplikován pro natočení JZC do osy 45° a 135° . Pokud se mu alespoň jedna z možností jeví jako lepší, předpoklad byl takový, že přibližná poloha osy astigmatismu bude

lokalizována právě v rozmezí preferovaných, subjektivně lepších řezů. Pokud nastala situace, že pacient nebyl schopný identifikovat jeden obraz jako lepší či horší, předpoklad byl takový, že subjektivně rozpoznatelný astigmatismus není přítomen.

Do orientačně odhadnuté osy podle předchozího postupu byl v dalším kroku vložen korekční cylindr adekvátní hodnoty vrcholové lámavosti. Tuto hodnotu můžeme stanovit podle výsledků objektivní refrakce, která byla provedena za pomoci kalibrovaného autorefraktometru nebo na základě zrakové ostrosti určené po nalezení optimální sférické korekce. V našem experimentu jsme volili druhou variantu na základě hodnot v tabulce (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Do korekční obruby tedy k nejlepší sféře byla vložena adekvátní hodnota cylindrické čočky.

Tabulka 7.1 sférický a cylindrický deficit podle úrovně vizu [41]

Visus	S(dpt)	C(dpt)
6/6	<0,50	<1,0
6/7	0,5	1
6/8	0,75	1,5
6/9	1	2
6/10	1,5	3
6/11	1,75	3,5
6/12	2,25	4,5
6/13	2,5-3,0	>4,50

Pro přesné stanovení osy astigmatismu byl následně opět vložen před oko JZC do takové pozice aby bylo jeho držátko souběžně s osou cylindrické čočky. Opět otáčíme v ose držátka JZC o 180° a tím poskytujeme klientovy opět dva obrazy, které navzájem hodnotí. Korekční cylindr v obrubě byl pokaždé pootočen do ostřejšího obrazu. Tento postup byl aplikován až do momentu, kdy pacient hodnotil jeden z obrazů jako lepší. V momentě kdy nastala situace, že mezi variantou jedna a dva nebyl zřetelný rozdíl, byla stanovena opřená osa cylindru.

Za situace, kdy bylo dosaženo správné osy astigmatismu, bylo v dalším kroku zapotřebí stanovit příslušnou velikost cylindrické čočky. Do stanovené osy cylindru jsme znovu vložili JZC, nyní však rovnoběžně s osou kladného a záporného plan-cylindru. Pokud nastalo zlepšení obrazu v pozici záporné osy, korekční cylindr musel být navýšen. V případě, že jsme zlepšení dosáhly v poloze kladné osy, cylindrická čočka v brýlové obrubě byla evidentně příliš vysoké hodnoty a muselo tedy dojít k jejímu snížení. Vhodnou velikost cylindru jsme poznali tehdy, když klient hodnotil oba dva obrazy jako totožné. Celý tento postup byl

opakován až do chvíle nalezení nejlepší možné a vhodné astigmatické korekce, a to jak pro oko pravé, tak následně pro oko levé. Během změny hodnoty cylindru musela být zároveň také upravována velikost sférické čočky na příslušnou hodnotu. Tedy konkrétně například hodnota plan-cylindru o $|0,5|$ D zároveň indukuje úpravu sféry o $|0,25|$ D v opačném směru [43].

7.2.2 Binokulární dokorigování

Subjektivní refrakce byla díky zařízení Paskal 3D prováděna za téměř ideálních podmínek, a to zejména díky tomu, že poskytuje co možná nejpřirozenější stav vidění. Během standardních monokulárních metod refrakce dochází k zakrytí právě neměřeného oka. Právě to může u některých jedinců vyvolat manifestaci, které bývá zjevná za binokulárního stavu. To tedy znamená, že pokud osu cylindrické čočky určíme za monokulárních podmínek a oko klienta vykazuje určitou rotaci, za podmínek binokulárních dochází k samovolnému stočení pacientových očí. Vzhledem k tomu se osa očního astigmatismu uchýlí od osy korekčního cylindru, a tak dochází ke vzniku nežádoucího zbytkového astigmatismu (Tabulka 7.1).

Tabulka 7.2 Vliv pootočení osy cylindru na vznik nežádoucího zbytkového astigmatismu, ve sloupcích je uvedena velikost astigmatické korekce v dioptriích, v řádcích pak velikost odchylky osy cylindru ve stupních [36, 50]

Velikost odchylky osy cylindru [°]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
5°	0,09	0,17	0,26	0,35	0,44	0,52
10°	0,17	0,35	0,52	0,70	0,87	1,04
15°	0,26	0,52	0,78	1,04	1,29	1,55
20°	0,34	0,68	1,03	1,37	1,71	2,05
25°	0,42	0,85	1,27	1,69	2,11	2,54
30°	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

Vzhledem k tomu, že binokulární 3D optotypy přišly s novým způsobem měření refrakčního stavu očí, který se v překladu nazývá 3D zážitkovou refrakce, představují novou generaci 3D optotypů, které mimo standardního monokulárního vyšetření umožňují i vyšetření refrakčního stavu oka za monokulárně-binokulárních podmínek. Těchto podmínek je dosaženo díky cirkulární polarizaci, která má za následek separaci vjemu pravého a levého oka a každému je poskytován jiný zrakový stimul. Díky těmto vlivům má vyšetřovaný možnost binokulárně fixovat optotyp s tím, že jeho oči jsou zároveň v co možná

nejpřirozenější rotační pozici pro jednoduché binokulární vidění. A navíc díky disociační polarizační technologii můžeme za binokulárních podmínek vyšetřovat monokulárně každé oko separovaně. Vzhledem k tomu, že získávání dat výsledné korekce probíhalo za pomoci 3D optotypu, mělo by tedy co nejvíce odpovídat podmínkám normálního binokulárního pohledu do dálky [43].

8 Experimentální část

8.1 Analyzovaná data

Hodnoty jednotlivých složek ve sféro-cylindrickém zápisu, které byly během subjektivní refrakce naměřeny, jsou pro použití statistické analýzy přeformulovány za pomoci vzorců 1, 2 a 3 a to z důvodu, že naměřené hodnoty vyjádřené ve sférocylindrickém zápisu $S[D] / C[D] \times Ax[^\circ]$ jsou vzájemně závislé. Z důvodu potřeby zisku hodnot navzájem nezávislých jsou převedeny právě na vektory lámavosti M , J_0 , J_{45} , které již jsou vzájemně nezávislé. Konkrétně pak vektor M značí sférický ekvivalent (SE), J_0 Jacksonův zkřížený cylindr ve vertikální poloze (tedy v ose 0°) a J_{45} představuje označení šikmého JZC (odpovídá ose 45°). B určuje velikost vektoru lámavosti, který umožňuje charakterizovat celkovou velikost refrakční vady v dpt a zároveň charakterizuje velikost rozptylového kroužku na sítnici – tedy míru rozstření obrazu vytvořeného na sítnici. Abychom zmiňované vektory lámavosti mohli vypočítat, je zapotřebí znát sférickou hodnotu, tedy S (Dpt), hodnotu cylindru C (Dpt) a osu dané cylindrické hodnoty α ($^\circ$). Veškeré výpočty byly provedeny pomocí programu Microsoft Excel 2013 [46, 48, 50].

$$M = S + \frac{C}{2} \text{ [dpt]}, \quad (1)$$

$$J_0 = -0.5C \cdot \cos 2\theta \text{ [dpt]}, \quad (2)$$

$$J_{45} = -0.5C \cdot \sin 2\theta \text{ [dpt]} \quad (3)$$

$$B = \sqrt{M^2 + J_0^2 + J_{45}^2} \text{ [dpt]} \quad (4)$$

V případě zpětného přepočtu na sférocylindrický zápis použijeme soubor následujících vztahů pro zisk hodnot sférické korekce, cylindrické korekce a její osy [41]

$$cyl = -2 \sqrt{J_{45}^2 + J_0^2} \text{ [dpt]}, \quad (5)$$

$$sph = M - \frac{C}{2} \text{ [dpt]}, \quad (6)$$

$$axis = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{J_{45}^2}{J_0^2} \right), \quad (7)$$

8.2 Metoda statistické analýzy

K porovnání statistických dat byl aplikován t-test. Bylo provedeno měření stejných parametrů na stejném souboru jedinců za stejných podmínek, které bylo vyhodnoceno pomocí t-testu. Za použití dvouvýběrového párového t-testu potřebného ke stanovení střední hodnoty s danou hladinou významnosti (p) $\alpha = 0,05$ (5 %). Za stavu hladiny významnosti hodnoty vyšší než 5 %, není možné nulovou hypotézu (H_0) zamítnout. V případě hodnoty statistické významnosti p menší než 0,05, je nulová hypotéza zamítnuta. Pravděpodobnost, že rozdíly vznikly pouhým vlivem náhody, je menší než 5%. Pro zpracování statistické analýzy byl opět použit Microsoft Excel 2013 [44].

8.3 Pracovní hypotézy

Úkolem této práce je ověření hypotéz, které byly stanoveny již na počátku měření a zisku potřebných dat.

Byly stanoveny následující nulové a alternativní hypotézy:

$H_{0,1}$: Předpokládám, že rozdíl středních hodnot vkládaných korekčních cylindrů do zkušební obruby dle refrakčního deficitu a konečná hodnota cylindrické korekce je nulový.

$H_{A,1}$: Předpokládám, že rozdíl středních hodnot vkládaných korekčních cylindrů do zkušební obruby dle refrakčního deficitu a konečná hodnota cylindrické korekce není nulový.

$H_{0,2}$: Rozdíl středních hodnot stanovení zrakové ostrosti za pomoci výpočtu vektoru M a vektoru B je nulový.

$H_{A,2}$: Rozdíl středních hodnot stanovení zrakové ostrosti za pomoci výpočtu vektoru M a vektoru B není nulový.

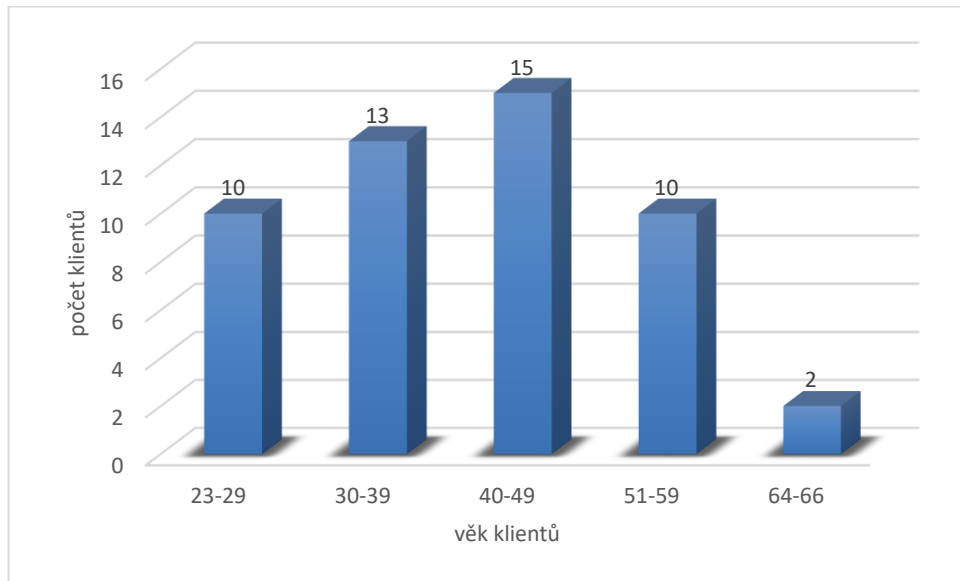
H_3 : Předpokládám, že hodnoty vloženého korekčního cylindru do zkušební obruby dle refrakčního deficitu budou oproti konečným hodnotám cylindrické korekce nižší nebo stejné alespoň v 50 % případů.

H_4 : Předpokládám, že průměrný rozdíl hodnot vypočítaných z naměřených dat subjektivní refrakcí a z hodnot určených podle refrakčního deficitu je nulový.

8.4 Rozložení probandů

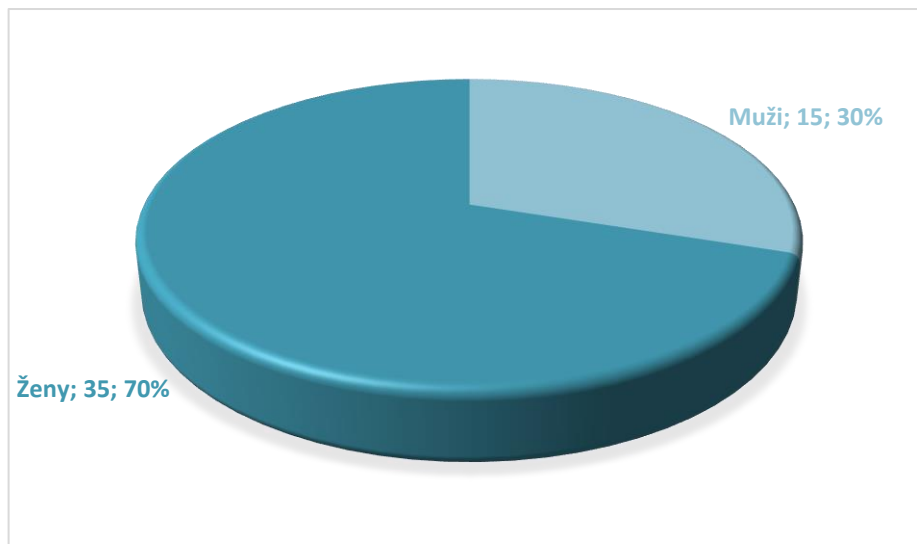
Experimentální části bakalářské práce se celkem zúčastnilo 50 respondentů, kterými byli zaměstnanci společnosti Alcon Pharmaceuticals (Czech Republic) s.r.o., s čímž souvisí i věkové zastoupení, které se pohybuje ve věku od 23 až do 66 let, z toho největší zastoupení bylo respondentů ve věku 40-49 let, kteří tvořili 30 % z celkového počtu zúčastněných (obr.

8.1). Každý klient poskytl informovaný souhlas k účasti na tohoto experimentu na základě ústního vysvětlení.



obr. 8.1 Počet klientů v závislosti na věku

Z níže uvedeného grafu je zřejmé, že většinu účastníků experimentální části tvořily ženy, které představovaly 70 % ze všech zúčastněných, oproti tomu pouze 15 mužů se zúčastnilo mého měření k bakalářské práci (obr. 8.2).

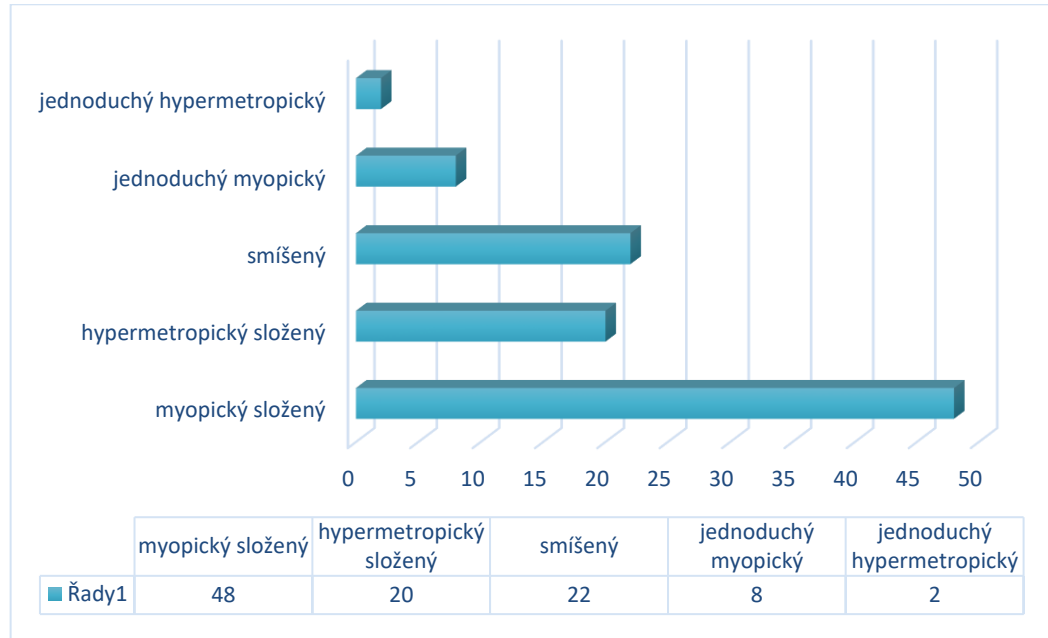


obr. 8.2 Rozložení klientů dle pohlaví

Celkový soubor tedy tvoří 100 očí (50 párů). Klienti byli rozčleněni do několika skupin podle refrakční vad. Vzhledem k tomu, že hlavní skupinou, která se účastnila experimentální části práce, byla v naprosté většině skupina astigmatických klientů, zaměřila jsem se tedy konkrétně na tuto refrakční vadu. Pro vytvoření základní představy o rozdělení a početním zastoupení jednotlivých vyšetřovaných s touto nesférickou ametropií, byli klienti rozděleni

podle dioptrické složky cylindru a na základě toho byl vytvořen graf zobrazující konkrétní procentuální zastoupení. Celých 42 % z celkového počtu 100 očí je myopických s cyl -0,50 dpt, za nimi následují klienti s hypermetropií a astigmatismem -0,50 dpt s procentuálním zastoupením 11 %. Nejnižší počet probandů představovala kategorie myopů i hypermetropů s astigmatismem -1,25 dpt a vyšším.

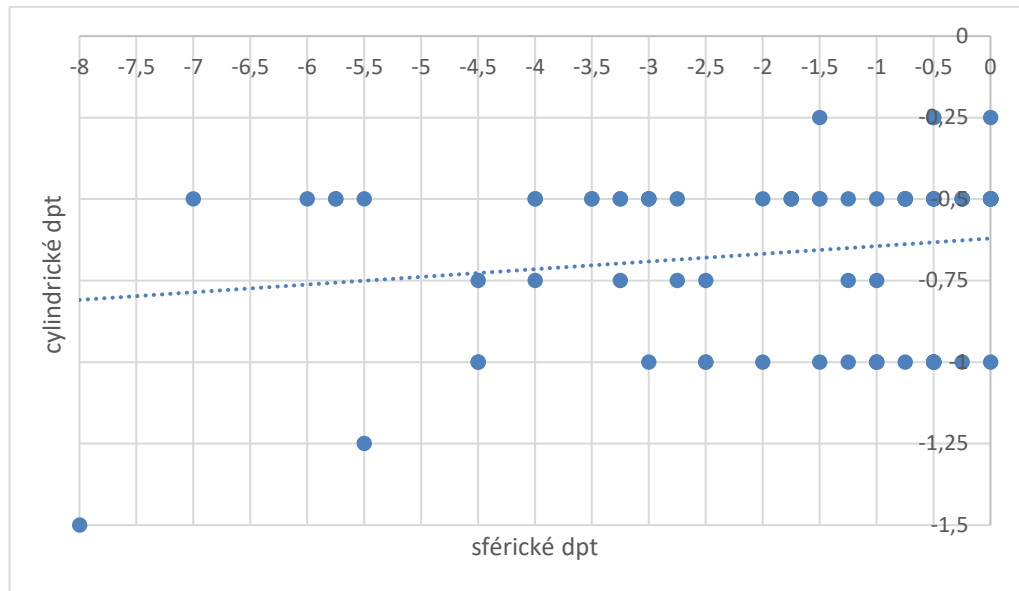
Z důvodu konečného zaměření experimentální části na závislost zrakové ostrosti na refrakčním deficitu u osob s různou hodnotou astigmatismu byl jejímu kategorizování věnován hlavní zřetel. To znamená, že byl rozčleněn podle umístění fokál na sítnici na následující typy: jednoduchý myopický astigmatismus, který má jednu z fokál přímo na sítnici a druhou myopickou, jednoduchý hypermetropický astigmatismus, představuje jeden meridián hypermetropický a druhý emetropický, dále astigmatismus smíšený, u kterého je první fokála umístěna před sítnicí a druhá se nachází za sítnicí, dalším případem je myopický složený astigmatismus. Tehdy jsou obě fokály myopické. Astigmatismus hypermetropický složený představuje stav, kdy poloha fokál je za sítnicí, z čehož vyplývá, že jsou hypermetropické. V daném souboru tvořil největší procento složený myopický astigmatismus (**obr. 8.3**) [40].



obr. 8.3 Početní zastoupení jednotlivých typů astigmatismu

8.5 Analýza korekce myopie s nízkým stupněm astigmatismu

Soubor myopických očí s nízkou hodnotou astigmatismu tvoří převážnou většinu všech zúčastněných, přesněji tedy 75 %. Refrakční stav klientů se pohyboval v rozmezí od -0,25 dpt až do -8,00 dpt sférické korekce. Hodnota použitých cylindrů ke korekci astigmatismu se pohybovala v rozsahu od -0,25 dioptrie až do -1,50 dpt.



obr. 8.4 Rozmezí sférické a cylindrické korekce u vybraného vzorku klientů

8.6 Výsledky

8.6.1 Vztah mezi zrakovou ostroší a nekorigovaným astigmatismem

Součástí experimentálního procesu bylo měření VA astigmatických očí a stanovení vztahu mezi VA a nekorigovaným astigmatismem.

Pro měření zrakové ostrosti v astigmatických očích se zúčastnilo 50 subjektů (100 očí, průměrný věk 40,5 let). Korekce probíhala za pomoci subjektivní refrakce a za použití brýlové skříně a zkušební obruby a desetinné stupnice zrakové ostrosti ve vzdálenosti 5 m. Cylindrická čočka byla umístěna před jedno oko a okluzor před oko druhé a tak byla změřena maximální VA ve sférickém ekvivalentu. Cylindrické čočky, které byly použity při vyšetření, nabývaly hodnot $\pm 1,50$ D, $\pm 1,25$ D, $\pm 1,00$ D, $\pm 0,75$ D, $\pm 0,50$ D a $\pm 0,25$ D.

Pro interpretaci výsledků jsou důležité hodnoty značené **t Stat** a **t krit (2)**. Znaménko hodnoty **t Stat** je závislé na pořadí výběrů. Při porovnávání výsledné hodnoty s kritickou hodnotou se proto tedy bere v potaz absolutní hodnota **t Stat** [44].

Nulová hypotéza $H_{0,1}$ vychází z předpokladu, že rozdíl středních hodnot vkládaných korekčních cylindrů do zkušební obruby dle refrakčního deficitu a konečná hodnota cylindrické korekce je nulový. Nulová hypotéza je potvrzena v případě, že výběry mají shodné střední hodnoty (resp. rozdíl střední hodnoty prvního výběru a druhého výběru je roven hodnotě zadané v poli Hypotetický rozdíl středních hodnot) [44].

V případě alternativní hypotézy $H_{A,1}$, (opačná k $H_{0,1}$), předpokládám, že rozdíl středních hodnot vkládaných korekčních cylindrů do zkušební obruby dle refrakčního deficitu a konečná hodnota cylindrické korekce není nulový (Tabulka 8.1).

Tabulka 8.1 Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu pro $H_{0,1}$ a $H_{A,1}$.

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu

	<i>cyl deficit</i>	<i>skutečný CYLINDR</i>
Stř. hodnota	-0,575	-0,647
Rozptyl	0,089	0,074
Pozorování	100	100
Pears. Korelace	0,188	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0,05	
Rozdíl	99	
t Stat	0,617	
$P(T \leq t)$ (1)	0,269	
t krit (1)	1,660	
$P(T \leq t)$ (2)	0,538	
t krit (2)	1,984	

K interpretaci výsledků byl použit následující vztah:

Je-li $|t \text{ Stat}| < t \text{ krit (2)}$, tak platí nulová hypotéza, tj. střední hodnoty jsou shodné.

Je-li $|t \text{ Stat}| > t \text{ krit (2)}$, tak platí alternativní hypotéza, tj. střední hodnoty jsou rozdílné [44].

O výběrech testovaných v našem příkladu tedy můžeme tvrdit, že mají v rámci stanovené hodnoty spolehlivosti shodné střední hodnoty a můžeme tedy potvrdit nulovou hypotézu $H_{0,1}$.

Další hypotézou, která bude rozebrána je hypotéza $H_{0,2}$, která předpokládá, že rozdíl středních hodnot stanovení zrakové ostrosti za pomoci výpočtu vektoru M a vektoru B je

nulový. K ní je opět určena i hypotéza alternativní. Použit byl opět párový t-test (Tabulka 8.2), potřebný ke stanovení střední hodnoty a hladina významnosti o hodnotě (p) $\alpha = 0,05$, stejně jako v předchozím případě.

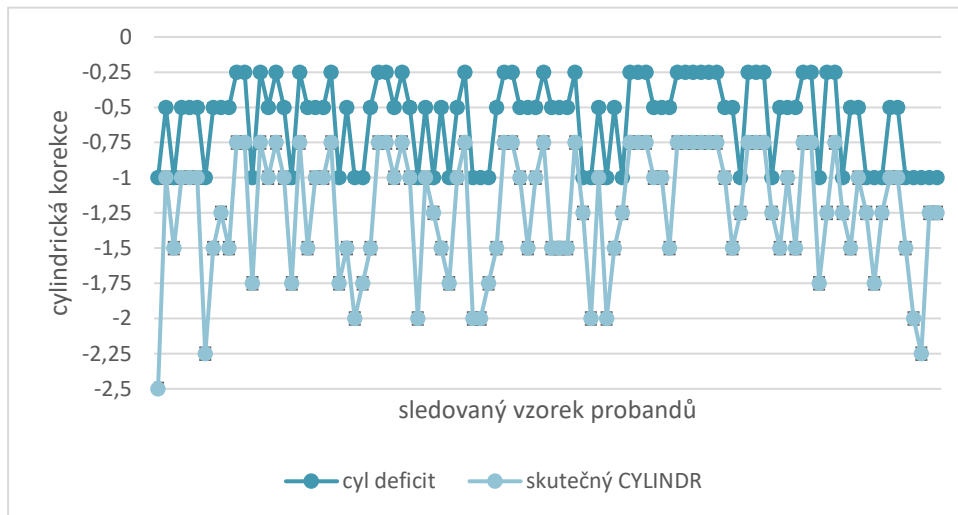
Tabulka 8.2 Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu pro $H_{0,2}$ a $H_{A,2}$.

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu		
	<i>M</i>	<i>B</i>
Stř. hodnota	-1,176	-2,299
Rozptyl	7,318	3,497
Pozorování	100	100
Pears. Korelace	0,404	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0,05	
Rozdíl	99	
t Stat	4,142	
t krit (2)	1,984	

Z hodnot, které jsou znázorněné v předcházející tabulce, opět dojdeme k závěru stejným principem jako u předcházející hypotézy. To tedy znamená, že porovnáme hodnoty t Stat a t krit (2), čímž dostaneme nerovnici $|t \text{ Stat}| > t \text{ krit (2)}$, ze které je zřejmé, že platí alternativní hypotéza, tj. střední hodnoty jsou rozdílné.

S první hypotézou souvisí i hypotéza $H_{0,3}$, která předpokládá, že hodnoty vloženého korekčního cylindru do zkušební obruby dle refrakčního deficitu budou oproti konečným hodnotám cylindrické korekce nižší nebo stejné alespoň v 50 % případů. Porovnáním hodnot jsme dospěli k závěru, že hodnota korekčního cylindru stanoveného podle refrakčního deficitu klienta byla nižší nebo stejná v 80% případů (

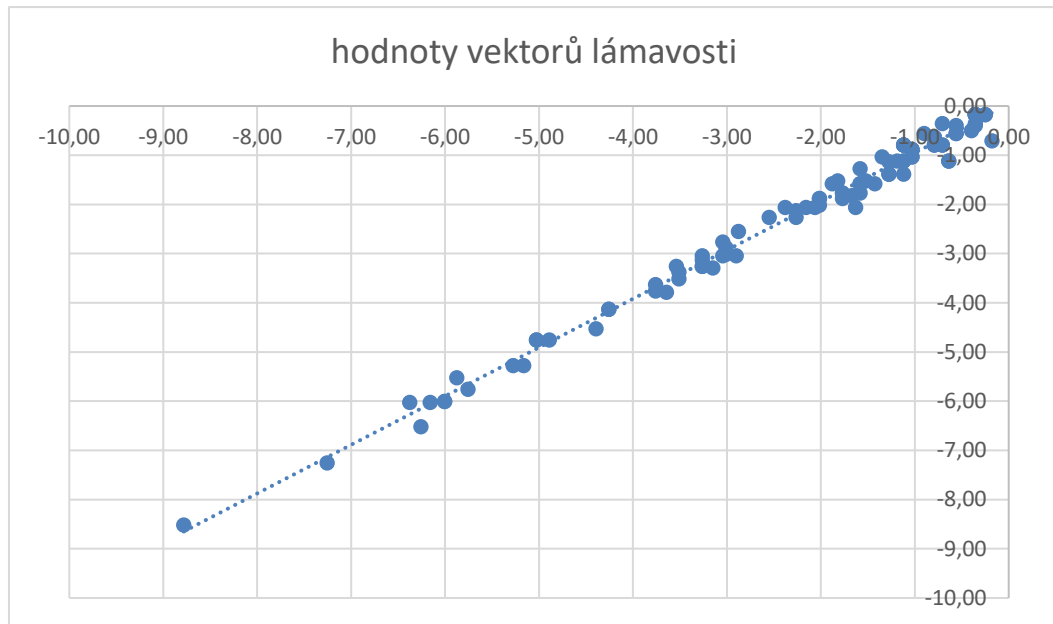
obr. 8.5). Konkrétně pak u 29 očí zůstala hodnota stejná, zatímco u 51 očí došlo k mírnému navýšení. Ve zbylých 20% byla předpokládaná korekce vyšší než korekce konečná. Tímto byla potvrzena nulová hypotéza $H_{0,3}$.



obr. 8.5 Graf znázorňující shodnost cylindrické korekce určené podle refrakčního deficitu a konečné cylindrické korekce

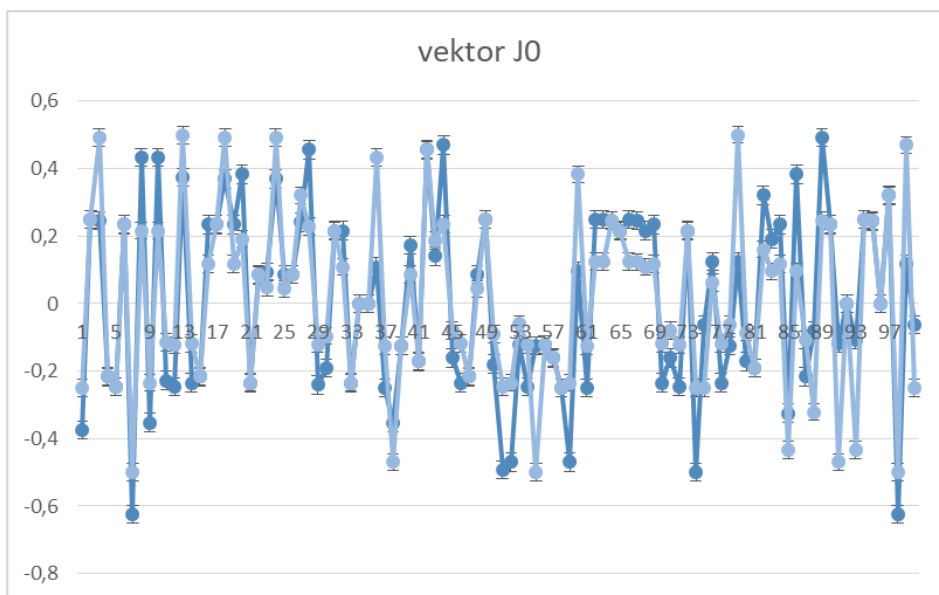
V závěru analytické části, předpokládám, že průměrný rozdíl hodnot J0, J45 a B vypočítaných z dat naměřených subjektivních refrakcí a z hodnot určených podle refrakčního deficitu je nulový.

Porovnáním hodnot vektorů B u vybraného vzorku, dojdeme k závěru, že průměrný rozdíl odpovídá hodnotě 0,0624 a zároveň zde byl zaznamenán největší rozdíl při porovnávání velikostí vektorů v porovnání s J45 a B. K nejvýznamnějšímu rozdílu hodnot rozostření, došlo pravděpodobně zejména proto, že vzorec pro výpočet B, bere v potaz i vypočítané hodnoty J0 a J45, což vede k větší chybovosti. Korelace hodnot vektoru B je patrná z grafu (obr. 8.6)

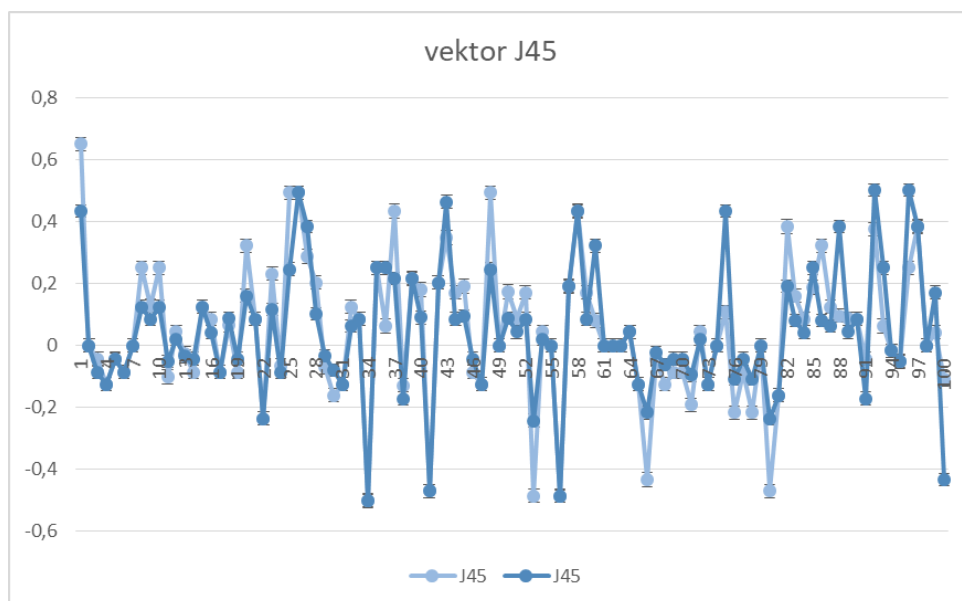


obr. 8.6 Graf nesoucí hodnoty vektorů lámavosti B

Při analýze velikostí vektorů s označením J0 bylo zjištěno, že se v průměru liší o 0,0029 a v případě vektoru J45 o 0,0003. Hodnoty J45 se tedy zdají být nejpřesnější. Přesnější porovnání pak poskytuje graf pro hodnoty J0 (obr. 8.7) a graf nesoucí data J45 (obr. 8.8).



obr. 8.7 Spojnicový graf nesoucí hodnoty vektorů J0



obr. 8.8 Spojnicový graf nesoucí hodnoty vektorů J45

Z grafů je patrné, že rozdíl mezi velikostmi vektorů sice není markantní, ale zároveň není nulový. Tímto tedy byla vyvrácena hypotéza H4, která předpokládala nulový rozdíl.

9 Diskuse

Po prostudování dané problematiky a provedení analýzy bylo zjištěno, že problematika refrakčního deficitu a zrakové ostrosti je spolu velmi úzce spjata. Úkolem experimentální části bylo potvrdit nulovou hypotézu, která předpokládala, že rozdíl mezi predikovanou a konečnou refrakcí bude nulový. Statistickým zpracováním naměřených dat bylo zjištěno, že stanovení hodnoty korekčních čoček dle zrakové ostrosti klienta, bylo přesné v případě 29 očí, k drobnému nárůstu, tedy navýšení o $-0,25$, došlo u 33 očí. K navýšení o $-0,5$ dpt, která v této práci představovala nejvyšší dioptrický nárůst, došlo u 18 případů. Tímto měřením a analýzou dat na hladině významnosti $0,05$ byla tedy nulová pracovní hypotéza potvrzena.

Pokud jsme však převedli sférocylindrický zápis refrakční vady z kombinace $S/C \times \theta$ na složku sférického ekvivalentu a dvě cylindrické složky, které odpovídají JZC s osami ve 180° a 45° , tedy na sféru a dva cylindry, o nulovém rozdílu už hovořit nemůžeme.

Cílem experimentu však nebylo pouze statistické zpracování dat. K vyhodnocování dat naměřených subjektivní refrakcí je poměrně zásadní, alespoň podle mého názoru, přistupovat dosti individuálně a při zpracovávání a hodnocení výsledků nespoléhat jen na analýzu dat.

Jelikož tato práce byla zaměřena primárně na refrakční deficit spjatý s astigmatismem, zamysleme se ještě nad otázkou, jakým způsobem může ovlivňovat refrakční či cylindrický deficit, tedy zbytkový astigmatismus výslednou zrakovou ostrost. Díky řadě uskutečněných experimentálních studií [46-50] je známo, že minimální změna vizu, kterou je oko schopné zpozorovat nastane již při cca $0,2-0,35$ dpt defokusace, která vzniká vlivem sférické ametropie. V případě oka astigmatického, pakliže kroužek nejmenšího rozptylu je situován na sítnici, minimální rozpoznatelná změna ve zrakové ostrosti činí cca $0,35-0,65$ dpt astigmatismu. Pokud budeme uvažovat astigmatismus jednoduchý, minimální změna zrakové ostrosti, která bude detekována je přibližně $0,3-0,5$ dpt astigmatismu. Pokud se tedy v našem případě zaměříme na vzorek 18 subjektů, u kterých byla naměřena cylindrická hodnota o $-0,5$ vyšší, vyplývá z předchozích informací, že u těchto subjektů jsme dospěli k odlišné zrakové ostrosti, kterou byli klienti schopni sami detekovat.

V Chyba! Nenalezen zdroj odkazů. je uvedena predikovaná hodnota zrakové ostrosti podle Bennetta a Rabbettse [40], která byla sestavena v závislosti na velikosti refrakční vady změřené na Snellenově optotypu. Z tabulky jasně vyplývá, že i když budeme uvažovat

poměrně nízké hodnoty zbytkového astigmatizmu, tak vliv na pokles zrakové ostrosti mají poměrně velký.

K uvedenému modelu pro určení refrakčního deficitu, který byl v praktické části aplikován, je nezbytné dodat, že byl sestaven na základě experimentálně zjištěných dat a nebere v potaz řadu vlivů, které mohou mít značný vliv na zrakovou ostrost. Takovými faktory jsou například věk klienta, průměr pupily, akomodační stav či zraková adaptace. Musíme zohlednit i fakt, že u astigmatizmu často hraje roli také závislost dosažené zrakové ostrosti na směru a pootočení osy astigmatizmu. V běžné optometristické praxi se však tyto faktory nezvažují, ledaže by korekce zraku nějakým způsobem selhala. Přesto však můžeme uvedený model považovat za poměrně dobrý prvotní odhad refrakčního deficitu.

Otázkou zůstává, zda nehraje roli i to, zda se jedná o konečnou korekci za monokulárních, či binokulárních podmínek, zda má klient při vyšetření otevřené druhé oko nebo například určení oční dominance. Budiž toto námětem pro další práci. Vzhledem k tomu, že měření zrakové ostrosti a určování refrakčního deficitu je postup prověřený několika předešlými studiemi, ze kterých tyto predikované hodnoty vycházejí poměrně přesně a celé generace optometristů z těchto dat vychází, je tato metoda v praxi použitelná, a tudíž je optimální, ale je třeba si uvědomit, že u celých 20 % zákazníků byla korekce stanovená dle zrakové ostrosti vyšší než konečná optimální korekce.

10 Závěr

Pro naprostou většinu populace je zrak nejdůležitějším smyslovým vjemem. To, co vnímáme očima, je často velmi úzce spjato i s dalšími, nejen smyslovými orgány. Zrakové centrum v mozku každou vteřinu zpracovává obrovské množství podnětů z očí a na základě těchto informací skládá obrazy.

Nároky na kvalitu zrakového vjemu se stále zvyšují. V případě vysokých refrakčních vad dochází k výraznému poklesu kvality vidění, obraz je neostrý a nepřesný a oko není schopné tyto zrakové deficity samo vykorigovat. V případě menších refrakčních vad je zrakový systém schopný do určité míry tyto nedostatky sám vykompenzovat, ale postupem času to však může vést k vyčerpání, ať už svalovému či nervovému. Takovéto stavy jsou často provázeny řadou symptomů. Proto je nezbytné plně korigovat jak velké, tak malé refrakční vady.

Jedním z cílů teoretické části bakalářské práce bylo popsat jednotlivé refrakční vady, jejich rozdělení, způsob vyšetření a nalezení nejlepší možné korekce. Následně se v práci zabývám objektivním a subjektivním měřením refrakčních vad oka. Důraz byl kladen zejména na vyšetření subjektivní a uvedení příkladů jednotlivých optotypů, které jsou pro měření nezbytné.

Cílem praktické části bylo porovnat hodnoty určené na základě zrakové ostrosti s hodnotami získanými při subjektivním refrakci. Práce dokazuje, že refrakční deficit a zraková ostrost spolu velmi úzce souvisí a vztah, který byl na jejich základě vytvořen, může být ve většině případů brán minimálně jako ideální počáteční stav při hledání ideální korekce refrakční vady.

Nesmíme však opomenout fakt, že v oboru optometrie je nezbytně nutný individuální přístup ke každému klientovi pro to, abychom dosáhli co nejlepší zrakové ostrosti a komfortu vidění.

Seznam použité literatury

- [1] ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 3. přepracované vydání. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2004. 96 s. ISBN 80-7013-402-X.
- [2] AUTRATA, R., Klinické anomálie refrakce: ASTIGMATISMUS (přednáška). Brno: Masarykova univerzita.
- [3] HRAZDÍRA, I.; Mornstein, V.; Škorpíková, J.: Základy biofyziky a zdravotnické techniky. Brno: Neptun, 2006. 309 s. ISBN 10: 80-86850-01-3
- [4] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [5] AUTRATA, R. a VANČUROVÁ, J. Nauka o zraku. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002, 226 s.
- [6] AUTRATA, Rudolf. Klinické anomálie refrakce - MYOPIE. Brno: Klinika dětské oftalmologie LF MU a FN Brno, 2010. Prezentace z předmětu Nauka o refrakci.
- [7] CHMELÍK, R., Myopie (přednáška). Brno: Masarykova univerzita.
- [8] Novák P. Kapitola 6 – Refrakční vady a jejich řešení. In Kuchyňka P. a kolektiv. Oční lékařství. Praha: Grada Publishing, 2007, str. 100-173. ISBN 978-80-247-1163-8
- [9] AUTRATA RUDOLF, ČERNÁ JANA: Nauka o zraku, Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů Brno 2006, ISBN: 80-7013-362-7
- [10] AUTRATA, R., Klinické anomálie refrakce: HYPERMETROPIE (přednáška). Brno: Masarykova univerzita.
- [11] PETROVÁ, S., Základy aplikace kontaktních čoček. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004, 165 s.
- [12] CHMELÍK, R., Oční (osový) astigmatismus (přednáška). Brno: Masarykova univerzita.

- [13] Allgemeine Optik. Contactlinsen spezial-institut: Hubben und wild [online]. [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: [http://www.hubbenundwild-contactlinsen.de/haeufige-fragen-allgemeine-optik-20.html](http://www.hubbenundwild-contactlinsen.de/haeufige-fragen-allgemeinehttp://www.hubbenundwild-contactlinsen.de/haeufige-fragen-allgemeine-optik-20.html)
- [14] POLÁŠEK, Jaroslav, ed. Technický sborník oční optiky. Praha: Oční optika, 1975, 580 s.
- [15] KRŮŽ, Pavel. Zraková ostrost. Bakalářská práce. Brno: Masarykova Univerzita. Lékařská fakulta. Katedra optometrie a ortoptiky, 2007. 55 s. Vedoucí práce MUDr. Jan Richter.
- [16] MENCÁK, Jiří. Zraková ostrost. Bakalářská práce. Brno: Masarykova Univerzita. Lékařská fakulta. Katedra optometrie a ortoptiky, 2009. 61 s. Vedoucí práce MUDr. Jan Richter.
- [17] RUTRLE, Miloš. Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometry a oftalmology. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, 189 s. ISBN 80-701-3301-5.
- [18] HROMÁDKOVÁ, Lada. Šilhání. Vyd. 2. dopl. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1995, 162 s. ISBN 80-701-3207-8.
- [19] SEVERA, David - VESELÝ, Petr - BENEŠ, Pavel. Základy metod korekce refrakčních vad [online]. 1 vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2016 [cit. 2017-03-18]. Elportál. ISBN 978-80-210-8289-2. ISSN 1802-128X
- [20] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. Borish's clinical refraction. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006. ISBN 0750675241.
- [21] PRAKTICKÁ REFRAKCE. In: Listy očních optiků, Essilor International, 2007
- [22] HRABALOVÁ, Pavla. Metodika vyšetření dynamické refrakce. Bakalářská práce. Brno: Masarykova Univerzita. Lékařská fakulta. Katedra optometrie a ortoptiky, 2015. 56 s. Vedoucí práce Mgr. Jitka Krasňanská, Ph.D.
- [23] HAIBACH, Pamela S., REID, Greg, COLLIER, Douglas H. Motor Learning and Development. c2011, 405 s. ISBN 978-0-7360-7374-5. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=I1ruWBOOLQUC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f

- [24] ERICKSON, Graham B. Sports Vision: Vision Care for the Enhancement of Sports Performance. Oxford: Butterworth-Heinemann, c2007, 308 p. ISBN 07-506-7577-2. Dostupné: <https://books.google.cz/books?id=OHTbbtaqHKUC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs#v=onepage&q&f=false>
- [25] BANKS, P. M., MOORE, L. A., LIU, C., WU, B. Dynamic visual acuity: a review. South African Optometrist, 2004, June, p 58-64, ISSN 0378-9411. Dostupné z: <http://avehjournal.org/index.php/aveh/issue/archive>
- [26] JENDRUSCH, Gernot. Dynamisches Sehen im Sport. DOZ Optometrie. 2008, Jahrgang 63, 05, s 42-45. ISSN 0344-7103. Dostupné z: http://dynamiceye.pixxarion.de/docs/bibliothek/Dynamisches_Sehen_im_Sport.pdf
- [27] KRAUS, Hanuš. Kompendium očního lékařství. Vyd. 1. Praha: Grada, 1997, 341 s. ISBN 80-716-9079-1.
- [28] SPIEGEL, Daniel. Léčba amblyopie v dospělosti. Česká oční optika. Brno: Společenstvo českých optiků a optometristů, [1993]-, roč. 53, 2/2012, s. 8-10. ISSN 1211-233X. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2012_02.pdf
- [29] QUEVEDO, L., AZNAR-CASANOVA, J. A., MERINDANO-ENCINA, D., CARDONA, G., SOLÉ-FORTÓ, J. A novel computer software for the evaluation of dynamic visual acuity. Journal of Optometry. 2012, Volume 5, Issue 3, July – September, p 131–138. ISSN 1888-4f296. Dostupné z: <http://www.journalofoptometry.org/en/anovel-computer-software-for/articulo/S188842961200057X/>
- [30] PIVODOVÁ, Lenka. Principy vizuální optometrie využívané při přípravě vrcholových sportovců. Diplomová práce. Brno: Masarykova Univerzita. Lékařská fakulta. Katedra optometrie a ortoptiky, 2015. 72 s. Vedoucí práce Mgr. Jitka Krasňanská, Ph.D.
- [31] MILLER, David. Textbook of Ophthalmology: A User Friendly Guide. Optics and refraction. London: Mosby, 1991. Sv. I. ISBN 1-56375-011-2.
- [32] SEVERA DAVID: Nauka o refrakci II., III. [přednášky] Brno: LFMU, 2015
- [33] The Vision Care institute of Johnson & Johnson,s.r.o., seminář 2014
- [34] ROSENFELD, Mark a LOGAN, Nicola. Optometry: Science, Techniques and Clinical Management. 2. vydání. UK: Elsevier Health Sciences, 2009. str. 555. ISBN 978-0-75068778-2

- [35] What is orthokeratology (orthoK)? Ortho-k doctors [online]. [cit. 2016-03-31].
Dostupné z: http://www.orthokdoctors.com/what_is_orthokeratology.html
- [36] THIBOS, LARRY N., WILLIAM WHEELER a DOUGLAS HORNER. Power Vectors: An Application of Fourier Analysis to the Description and Statistical Analysis of Refractive Error. *Optometry and Vision Science* [online]. 1997, vol. 74, issue 6, s. 367-375 [cit. 2015-05-19]. DOI: 10.1097/00006324-199706000-00019. Rutrle, Miloš. Brýlová optika. Brno: idvpz, 1993. 80-7013-145-4.
- [37] ANTON, M., Hypermetropie. *Česká oční optika*, 2005, ročník 46, č. 4.
- [38] ANTON, M., Myopie. *Česká oční optika*, 2006, ročník 47, č. 1.
- [39] Společenstvo českých optiků a optometristů: *Česká oční optika*, 2007, ročník 58, č. 1. Dostupné na: www.4oci.cz
- [40] GROSVENOR, T. P. Primary care optometry. 5th ed. St. Louis, Mo.: ButterworthHeinemann/Elsevier, 2007, xiii, 510 p. ISBN 978-075-0675-758.
- [41] Power vectors: An application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error. 1997, 6(74). ISSN 1040-5488.
- [42] A Comparison of Autorefraction and Subjective Refraction With and Without Cycloplegia in Primary School Children. 2006, (142). ISSN 0002-9394
- [43] ANTON, M. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004, 96 s. ISBN 80-701-3402- X
- [44] GIBILISCO, Stan. Statistika bez předchozích znalostí. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2465-9.
- [45] Legie, G. E., Kuklen, K. T., Woo, G. C., Campbell, F. W.: Tolerance to visual defocus. *J. Opt. Soc. Am. A* 4, 851–863 (1987).
- [46] Raasch, T. W.: Spherocylindrical refractive errors and visual acuity. *Optom. Vis. Sci.* 72, 272–275 (1995).
- [47] Atchison, D. A., Mathur, A.: Visual acuity with astigmatic blur. *Optom Vis Sci.* 88, 798–805 (2011).
- [48] Smith, G.: Relation between spherical refraction error and visual acuity. *Optom. Vis. Sci.* 68, 591–598 (1991).

- [49] Atchison, D. A., Guo, H., Charman, W. N., Fischer, S. W.: Blur limits for defocus, astigmatism and trefoil. *Vision Research* 49 (19), 2393–2403 (2009).
- [50] . HARRIS, WILLIAM F. Power Vectors Versus Power Matrices, and the Mathematical Nature of Dioptric Power. *Optometry and Vision Science* [online]. 2007, vol. 84, issue 11, s. 1060-1063 [cit. 2015-05-19]. DOI: 10.1097/oxp.0b013e318157acbb.

Seznam symbolů a zkratk

Seznam symbolů

Symbol	Význam
B	Vektor lámavosti (blur strength)
J_0	Cylindrická složka ve 180°
J_{45}	Cylindrická složka ve 45°

Seznam zkratk

Zkratka	Význam
ZO	Zraková ostrost
VA	Visual acuity
VPMD	Věkem podmíněná makulární degenerace
JZC	Jacksonův zkřížený cylindr
VN	Visus naturalis

Seznam obrázků

obr. 3.1 Myopie [4]	4
obr. 3.2 Hypermetropie [4]	6
obr. 3.3 Schéma průchodu paprsků astigmatickým okem (Kr - kroužek nejmenšího rozptylu; Y'II - vertikální fokála; Y'I - horizontální fokála) [13].....	10
obr. 4.1 Centrální vidění [1] a) <i>Minimum separabile</i> , b) noniusová zraková ostrost	13
obr. 4.2 Snellenův původní optotyp [20]	15
obr. 4.3 Logaritmická posloupnost zrakové ostrosti (Bailey – Lovieho distanční tabulka) [21]	17
obr. 4.4 Landoltův kruh [22].....	18
obr. 4.5 Snellenovy a Pflügerovy háky [17]	18
obr. 4.6 Dětské znaky (uprostřed světelného optotypu) [22].....	19
obr. 4.7 Optotyp černá ruka [17].....	20
obr. 6.1 Jacksonův zkřížený cylindr [35].....	28
obr. 6.2 Astigmatický vějíř [36].....	28
obr. 8.1 Počet klientů v závislosti na věku	37
obr. 8.2 Rozložení klientů dle pohlaví.....	37
obr. 8.3 Procentuální rozložení refrakčních vad dle astigmatismu	Chyba! Záložka není definována.
obr. 8.4 Početní zastoupení jednotlivých typů astigmatismu.....	38
obr. 8.5 Rozmezí sférické a cylindrické korekce u vybraného vzorku klientů.....	39
obr. 8.6 Graf znázorňující shodnost cylindrické korekce určené podle refrakčního deficitu a konečné cylindrické korekce	42
obr. 8.7 Graf nesoucí hodnoty vektorů lámavosti B	43
obr. 8.8 Spojnicový graf nesoucí hodnoty vektorů J0	43
obr. 8.9 Spojnicový graf nesoucí hodnoty vektorů J45	44

Seznam tabulek

Tabulka 7.1 sférický a cylidrický deficit podle úrovně vizu.....	32
Tabulka 7.2 Vliv pootočení osy cylindru na vznik nežádoucího zbytkového astigmatismu, ve sloupcích je uvedena velikost astigmatické korekce v dioptriích, v řádcích pak velikost odchylky osy cylindru ve stupních	33
Tabulka 8.1 Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu pro $H_{0,1}$ a $H_{A,1}$	40
Tabulka 8.2 Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu pro $H_{0,2}$ a $H_{A,2}$	41

