

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2019

**JAN
VLČEK**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů

Metody stanovení refrakce a ověření korekce v praxi

Methods of determining the refraction and correction in practice

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Jan Vlček

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Markéta Žáková

Kladno 2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Viček** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **456596**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra přírodovědných oborů**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Optika a optometrie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Metody stanovení refrakce a ověření korekce v praxi

Název bakalářské práce anglicky:

Methods of determining the refraction and correction in practice

Pokyny pro vypracování:

Student provede rešerši ze současné literatury tuzemské i zahraniční na téma refrakce lidského oka, popis refrakčních vad, postupy a metody stanovení korekce těchto vad optometristou. V praktické části bakalářské práce se bude student věnovat měření objektivní a subjektivní refrakce očí souboru probandů. Naměřená data zanalyzuje a porovná rozdíl.

Seznam doporučené literatury:

- [1] RABBETTS, R. B., Bennett & Rabbetts' clinical visual optics, ed. 4, London : Butterworth-Heinemann, 2007, ISBN 978-0-7506-8874-1
- [2] BENJAMIN, W. J., BORISH, I. M., Borish's Clinical Refraction, ed. 2, Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2006, 1255 s., ISBN 978-0-7506-7524-6
- [3] KUCHYNKA, P., Oční lékařství, ed. 2., Praha: Grada Publishing, 2016, ISBN 978-80-247-5079-8

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Mgr. Markéta Žáková

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **19.02.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2020**

doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis děkana(ky)

Název bakalářské práce: Metody stanovení refrakce a ověření korekce v praxi

Abstrakt:

Je důležité, aby vyšetřující optometrista věděl a dokázal předvídat, jak se pacient s oční vadou cítí. Ve většině případů je totiž u pacientů v počátcích potíží hledána příčina obvykle jinde, mimo oko. U každé refrakční vady jsem také uvedl, jaké onemocnění může souviset s danou refrakční vadou, protože základním předpokladem léčení je i celkové vyšetření nemocného. Součástí popisu refrakčních vad je také navržená korekce nebo vhodné použití korekční pomůcky. Své teoretické znalosti jsem pak uplatňoval při použití správných metod a postupů stanovení refrakce. Na základě zjištěných výsledků ze subjektivního měření jsem předepisoval po konzultaci s dohlížejícím optometristou klientům nejlepší možnou korekci. Z výsledků objektivního měření a navržené nejlepší korekce jsem si mohl v praxi ověřit, jak se výsledky z obou měření odlišují.

Klíčová slova:

Objektivní refrakce, subjektivní refrakce, refrakční vady, korekce

Bachelor's Thesis title: Methods of determining the refraction and correction in practice

Abstract:

It is important for optometrist to know and be capable of prediction how does patient with defect feel. The causation of the defect, in early stages of astenopic problems, is generally looked for outside of eye. I mentioned at each refraction defect description, which type of illness can be related to. It is crucial to examine patient's overall condition. There is suggested correction or suitable use of correction aid as part of refraction defects descriptions. I used my theoretical knowledge to decide right methods and determination of refractions. Based on discovered results from subjective measurement I prescribed, after consultation with optometric supervisor, the best possible correction to clients. I could practically verify differences between the results of subjective measurements in comparison with final results of suggested correction.

Key words:

Objective refraction, subjective refraction, refractive defects, correction

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí práce Mgr. Markétě Žákové a Mgr. Jakobovi Královi za odborné rady a připomínky, které mi pomohly ke zpracování bakalářské práce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Metody stanovení refrakce a ověření korekce v praxi*“ vypracoval samostatně a použil 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), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne

.....

podpis

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Anatomie zraku	9
2.1	Zevní vrstva oka	9
2.2	Střední vrstva oka	9
2.3	Vnitřní vrstva oka	10
3	Optický systém oka	11
3.1	Refrakce.....	13
3.2	Axiální délka	16
3.3	Optické osy oka	16
3.4	Minimum separabile	17
3.5	Vady optického systému oka.....	18
3.5.1	Vyšetření zrakové ostrosti optického systému oka.....	19
4	Refrakční vady	21
4.1	Myopie.....	21
4.1.1	Příčiny myopie.....	22
4.1.2	Korekce myopie.....	22
4.2	Hypermetropie	23
4.2.1	Příčiny hypermetropie	24
4.2.2	Korekce hypermetropie	25
4.3	Astigmatismus	26
4.3.1	Příčiny astigmatismu	26
4.3.2	Korekce astigmatismu	27
5	Objektivní měření refrakčních vad.....	28
5.1	Skioskopie.....	28
5.2	Oční refraktometry	29
5.2.1	Automatický oční refraktometr	30
5.2.2	Vyšetřovací metody automatických očních refraktometrů.....	30

6	Subjektivní měření refrakčních vad	33
6.1	Metody subjektivního měření refrakčních vad.....	34
6.1.1	Astigmatická zkušební obruba	34
6.1.2	Optotypy	35
6.1.3	Typy optotypů	37
6.1.4	Sada zkušebních čoček	37
6.1.5	Jacksonův zkřížený cylindr	38
6.1.6	Foropter	39
7	Praktická část.....	41
7.1	Úvod	41
7.2	Hypotéza.....	41
7.2.1	Nulová hypotéza.....	41
7.2.2	Vlastní hypotézy	41
7.3	Metodika.....	42
7.3.1	Vyšetřované osoby	42
7.3.2	Vyšetřovací metody.....	42
7.3.3	Metoda statistické analýzy.....	45
7.4	Měření refrakčních vad a stanovení korekce.....	45
7.4.1	Porovnání naměřených hodnot u ametropie	45
7.4.2	Ověření správnosti korekce u hypermetropie a myopie	49
7.4.3	Shoda cylindrické korekce u objektivní a subjektivní refrakce.....	51
7.4.4	Měření astigmatismu u emetropie	53
7.5	Výsledky stanovených hypotéz	53
7.5.1	Výsledky statistické hypotézy	53
7.5.2	Výsledky vlastních hypotéz.....	54
8	Diskuse	56
9	Závěr.....	59
10	Seznam použité literatury.....	60

11	Seznam symbolů a zkratk	63
12	Seznam obrázků	64
13	Seznam tabulek	66
14	Přílohy	67
14.1	Příloha A: Přepočtová tabulka	67
14.2	Příloha B: Výsledky z objektivního a subjektivního měření u klientů s hypermetropií	68
14.3	Příloha C: Výsledky z objektivního a subjektivního u klientů s myopií	70
14.4	Příloha D: Výsledky z objektivního měření na refraktometru u klienta s emetropií	72

1 Úvod

Neustálý rozvoj vědy a techniky přináší i do optometrie nové možnosti pro diagnostiku i korekci refrakčních vad, proto jsem si vybral téma „Metody stanovení refrakce a ověření korekce v praxi“. Zrak je naším nejdůležitějším smyslem, díky němuž získáváme více než 80 % informací, a je nezbytný pro kvalitní život každého jedince. Je tedy velmi důležité odhalit co nejdříve větší refrakční vadu, protože včasná a správná korekce zajišťuje komfortní vidění.

V teoretické části jsem se zaměřil na popis metod a postupů při stanovení refrakce. Pracovní náplní optometristy je diagnostika refrakčních vad, poradenství, ale i správné rozhodnutí, jaké jsou nejlepší možnosti korekce a jejich vhodné použití. Součástí práce optometristy je také aplikace kontaktních čoček a současně s tím i kontrola předního segmentu oka.

Navrhnutí správného řešení refrakční vady je individuální a záleží nejen na správném vykorigování vady, ale především na odborných znalostech získaných při studiu a hlavně na zkušenostech optometristy.

V praktické části jsem se zaměřil na uplatnění popsaných metod subjektivního i objektivního zjišťování refrakce. Nejen těmito výsledky z měření, ale i z poznatků v průběhu mého studia si ověřuji své znalosti v oblasti subjektivní a objektivní refrakce a současně s tím se zabývám i správnou volbou korekce. Z výsledků mé bakalářské práce a jejich porovnáním s odbornými studii, které se tímto tématem zabývaly, bych chtěl zjistit, v jaké míře se hodnoty z objektivního a subjektivního měření od sebe odlišují a ověřit si tak nejlepší zvolenou korekci klientů.

2 Anatomie zraku

Lidské oko má strukturu velmi blízkou struktuře koule. Typické lidské oko má poloměr 12 mm a délka pupilární osy (vzdálenost mezi rohovkou a zadní oblastí oka) se pohybuje od 23 do 25 mm. Nejdůležitější součástí zrakového ústrojí je oční koule (*bulbus oculi*), která je uložena v očníci (*orbita*) a je tvořena třemi koncentrickými vrstvami. [1]

2.1 Zevní vrstva oka

Zevní vrstva je tvořena vpředu rohovkou, slzným filmem a vzadu bělimou.

Rohovka je transparentní médium s obsahem vody 78 %. Má eliptickou povahu s vertikálním a horizontálním průměrem 11 a 12 mm. Tloušťka rohovky není stejnosměrná. V centrální části je přibližně 530 μm , diverguje k periférii a postupně se zhušťuje až na 710 μm . Funkce rohovky spočívá v refrakci a přenosu světla. Rohovka je avaskulární, což znamená, že v ní nejsou žádné cévy. Ačkoliv je avaskulární, je metabolicky aktivní. Rohovka je vyživována slzným filmem. [1]

Slzný film slouží pro hladký pohyb očních víček při mrknutí a je důležitý pro ochranu povrchu rohovky. Je zodpovědný za hladké optické vlastnosti povrchu rohovky. Tato tekutina poskytuje živiny pro avaskulární rohovku a čočku. Primárně je tvořena vodou, která je vylučována do komory ciliárním svalem. Tok vody má své vlastní hydrodynamické vlastnosti. Tento tok vytváří pro normální oko intraokulární tlak asi 15 mmHg. [2]

Bělina se většinou označuje jako bílá vnější vrstva. Její tloušťka je nerovnoměrná s nejhustší částí umístěnou na zadním pólu. Prokrvení bělimy je minimální, prochází jí jen několik krevních cév. Bez kapilárních lůžek se předpokládá, že bělima je avaskulární. Pod bělimou je vrstva choroidální sítnice. Choroida obsahuje vrstvu kapilárního lože (choriokapiláry), které ji činí vysoce vaskulární. [2]

2.2 Střední vrstva oka

Střední vrstva je tvořena cévnatkou, řasnatým tělískem a duhovkou.

Cévnatka má v lidském oku vysoce vaskularizovanou strukturu, která představuje 85 % celkového očního průtoku krve. [1]

V řasnatém tělísku je hladký ciliární sval, jehož kontrakcí se uvolňuje tah závěsného aparátu čočky, čímž dochází k vyklenutí nebo oploštění čočky. Tím je ovlivňována její optická mohutnost. Hladký ciliární sval umožňuje akomodaci oka. [2]

Duhovka je tvořena pigmentovými fibrovaskulárními tkáněmi (stroma). Stroma spojuje duhovkové svaly, které se označují jako svěrač a rozvěrač zornice, jejichž funkcí je regulace množství světla dopadajícího na sítnici. Ideální velikost pupily je 2 až 5 mm. Pokud je velikost pupily menší než 2 mm, může způsobit difrakci. Pokud se však zvětší na více než 5 mm, může dojít k sférické aberaci. Velikost zornice je ovlivňována nastavením intenzity světelných podmínek. Při světelném režimu se průměr zornice zmenšuje na minimum 1 mm, naopak při nízké intenzitě světla se zornice rozšiřuje až na 9 mm. Duhovka je cévní struktura s tepnami pocházejícími z řasnatého tělíška. [2]

2.3 Vnitřní vrstva oka

Vnitřní vrstva je tvořena sítnicí. Sítnice je vrstva, která je citlivá na světlo a je oblastí, kde se světelná energie transformuje na nervové signály. Barvocit je schopnost zraku rozeznávat barvy. Informace o barvě vzniká díky vhodné intenzitě světla a fotoreceptorům v sítnici, tzv. čípkům. Největší hustota čípků je v místě nejostřejšího vidění a směrem do periferie jich ubývá. Schopnost barevného vidění je způsobena zejména centrální částí sítnice a jejího bližšího okolí. [2]

Nitrooční prostor je tvořen přední oční komorou, zadní oční komorou a čočkou. Přední oční komora je prostor mezi rohovkou a přední plochou duhovky. Zadní oční komora je prostor mezi zadní plochou duhovky, zbývající částí přední plochy čočky a částí řasnatého tělíška. Obě komory jsou spojeny zornicí a vyplněny komorovou tekutinou, jejíž index lomivosti je 1,336. [3]

Čočka je bikonvexní se střední tloušťkou mezi 3,5 a 5 mm v závislosti na věku. Čočka se skládá z 65 % vody a 35 % proteinu a je avaskulární. Čočka je ve své poloze držena zonulárními vlákny. [3]

3 Optický systém oka

Oko by mohlo být přirovnáno k fotografickému aparátu, protože vlastní komorou je dutina, která je vyplněná sklivcem. Cévnatka obsahuje pigmentovou vrstvu, která zamezuje reflexům. Objektivem je rohovka, komorová voda a čočka. Aby mohl světelný paprsek proniknout k sítnici, musí projít přední plochou rohovky, rohovkou, zadní plochou rohovky, komorovou vodou, přední plochou čočky, čočkou, zadní plochou čočky a sklivcem.

Komorová voda a sklivec tvoří jedno prostředí, protože jejich index lomu je prakticky stejný, a to 1,33. Navenek složitě působící optický systém je ve skutečnosti jednoduchý a je tvořený pouze přední plochou rohovky a čočkou. Rohovka a čočka současně působí jako konvexní čočka. Hlavními optickými strukturami oka jsou tedy přední plocha rohovky a čočka. Refrakční hodnota rohovky se pohybuje mezi + 40 až + 45 D. U čočky, která je v akomodačním klidu, se celková průměrná lomivost udává mezi + 16 až + 20 D. [4;5]

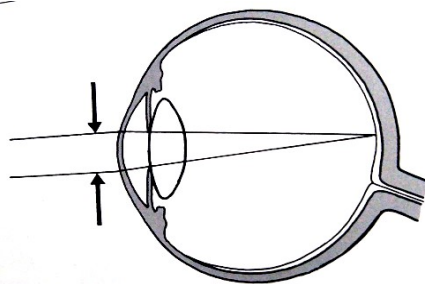
Aby mohl pozorovaný předmět vzniknout, musí světlo projít při dopadu na sítnici optickým prostředím oka. Optické prostředí je charakterizováno základní optickou veličinou, indexem lomu. Aby pozorovaný obraz vznikl na sítnici ostrý, musí být předozadní délka oka v rovnováze s indexem lomu a zakřivením ploch. Optická média by měla být průhledná bez vážných patologií.

Index lomu je určen poměrem rychlosti šíření světla ve vzduchu k šíření rychlosti světla ve sledovaném prostředí. Lze ho vyjádřit pomocí vzorce

$$n = \frac{c}{v} \quad [3.1]$$

ve kterém c [m/s] představuje rychlost světla ve vakuu a v [m/s] rychlost světla v daném prostředí.

Pokud světlo dopadá na rozhraní optického prostředí oka s různým indexem lomu, část paprsku se odráží a část paprsku se lomí. Pokud se paprsky lomí do jednoho ohniska na sítnici, jedná se o oko emetropické. Jestliže se ohnisko nachází v jiném místě než na sítnici, jedná se o oko ametropické. [6]



Obrázek 3.1: Chod paprsků emetropickým okem [7]

Optická rozhraní, která se v optickém systému oka uplatňují, jsou: vzduch, přední plocha rohovky, zadní plocha rohovky, nitrooční tekutina, komorová voda, přední plocha čočky, zadní plocha čočky a sklivec. Podle švédského oftalmologa A. Gullstranda, který sestavil optický model oka, mají prvky optického systému oka tvar kulovitý.

Tabulka 3.1: Parametry Gullstrandova schematického oka (hodnoty v závorkách odpovídají maximální akomodaci) [6]

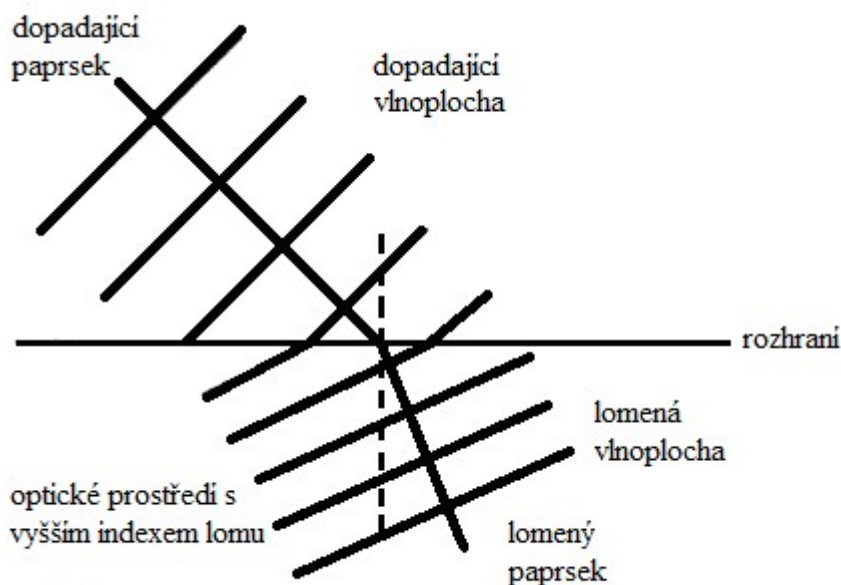
	Vzdálenost od vrcholu rohovky [mm]	Poloměr zakřivení [mm]	Index lomu
Přední plocha rohovky	0,000	7,7	---
Rohovka	---	---	1,376
Zadní plocha rohovky	0,500	6,8	---
Komorová voda	---	---	1,336
Přední plocha čočky	3,6 (3,2)	10 (5,33)	---
Periferie čočky	---	---	1,386
Přední plocha jádra	4,146 (3,8725)	7,911 (2,655)	---
Jádro čočky	---	---	1,406
Zadní plocha jádra čočky	6,665 (6,5275)	-5,760 (-2,655)	---
Zadní plocha čočky	7,200	-6,000 (-5,330)	---
Sklivec	---		1,336
Předmětové ohnisko	-15,707 (-12,397)		
Obrazové ohnisko	24,387 (21,016)		
Předmětový hlavní bod	1,348 (1,722)		
Obrazový hlavní bod	1,602 (2,086)		
Předmětový uzlový bod	7,078 (5,633)		
Obrazový uzlový bod	7,332 (5,997)		
Poloha sítnice	24,000		

V tabulce 3.1 jsou uvedeny parametry Gullstrandova schematického oka. Hodnoty v závorkách odpovídají maximální akomodaci oka. Pokud hodnoty v závorce chybí, při akomodaci se nemění. Ostatní hodnoty odpovídají neakomodovanému oku. [6]

Refrakční chyba oka je určena optickou mohutností čočky a jeho axiální délkou. Další příčiny refrakčních chyb mohou být způsobeny poruchou lomivosti optických prostředí (změna zakřivení rohovky a čočky) nebo i výjimečně poruchou indexu lomu (nukleární katarakta). [6]

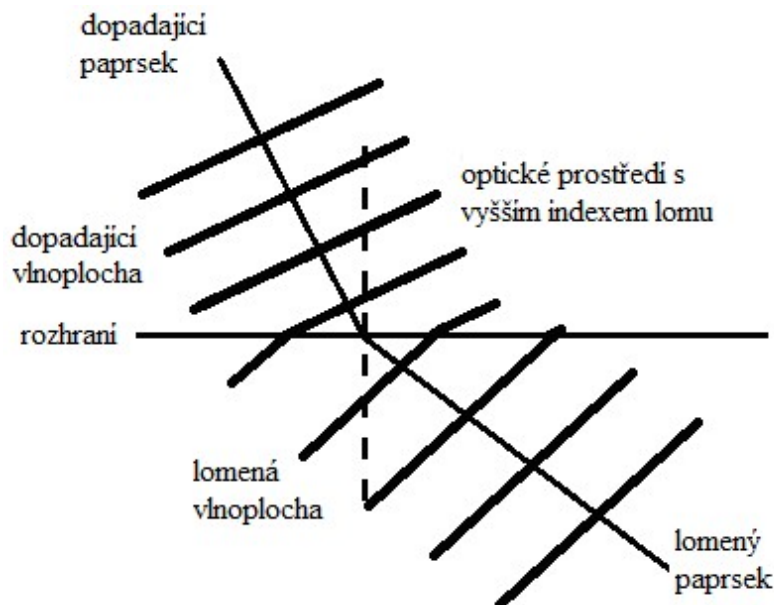
3.1 Refrakce

Refrakce je ohyb světla na rozhraní mezi dvěma optickými prostředími a vzniká v důsledku různých rychlostí šíření uvnitř dvou prostředí. Vzhledem k tomu, že světlo vykazuje dvojité vlnové vlastnosti, jeho směr pohybu je ovlivněn šířením jeho vlnoplochy. Zbytek se šíří při původní rychlosti, dokud nevstoupí do optického prostředí. Obrázek 3.2 ilustruje tento jev a ukazuje změnu směru (lomu) v dráze světelného paprsku. Aby světelný paprsek vstoupil do hustšího optického prostředí, má lom světla za následek ohnutí paprsku blíže k imaginárnímu normálnímu rozhraní v místě vstupu (lom ke kolmici). [2;3]



Obrázek 3.2: Lom světla ke kolmici [3]

Na obrázku 3.3 je vyobrazen světelný paprsek, který opouští opticky hustší prostředí, jeho směr šíření se odvíjí od kolmice.



Obrázek 3.3: Lom světla od kolmice [3]

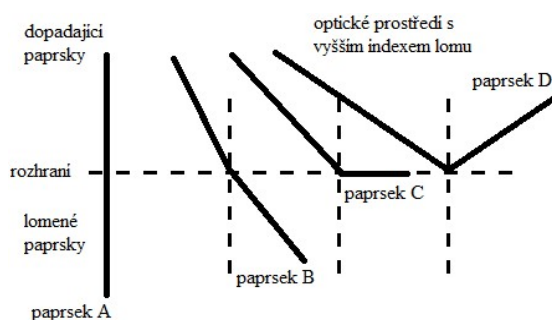
Pokud paprsek vychází z optického média (vzduchu) a putuje přes jiné optické médium (sklo), které má dva paralelní povrchy, světelný paprsek vystoupí ve stejném směru jako paprsek dopadajícího paprsku (Snellův zákon). Na obrázku 3.4 je znázorněn posun polohy paprsku. Rozdílné úhly dopadu světelných paprsků v hustém optickém médiu vedou k různým výsledkům: [2;3]

Paprsek A není ovlivněn (úhel dopadu v 0°)

Paprsek B je při výstupu odražen od kolmice (úhel α je menší než kritický úhel)

Paprsek C se lomí při 90° (úhel dopadu se rovná kritickému úhlu)

Paprsek D je uvnitř odražen (úhel dopadu je větší než kritický úhel)



Obrázek 3.4: Snellův zákon [3]

Podle Snellova zákona lze matematicky vyjádřit vztah mezi úhlem dopadu a lomeným úhlem: [6]

$$n_1 \cdot \sin \alpha_1 = n_2 \cdot \sin \alpha_2 \quad [3.2]$$

α_1 = úhel dopadu měřený vzhledem ke kolmici

α_2 = úhel lomu měřený vzhledem ke kolmici

n_1 = index lomu optického prostředí pro dopadající paprsek

n_2 = index lomu optického prostředí pro lomený paprsek

Ze Snellova zákona je patrné, že **lom ke kolmici** nastává, pokud se při šíření záření z prostředí opticky řidšího do opticky hustšího prostředí paprsky se lámou směrem ke kolmici. Pokud se při šíření záření z prostředí opticky hustšího do opticky řidšího prostředí lámou paprsky **směrem od kolmice**, jedná se o lom od kolmice. [6]

Nejdůležitějšími prvky refrakce jsou rohovka a čočka. Aby bylo možné dosáhnout kvalitního sítnicového obrazu, musí být rohovka i čočka transparentní, musí mít vhodné zakřivení a index lomu. [6]

Rohovka má dvě primární funkce, a to refrakci a propustnost pro světlo. Faktory, které ovlivňují lomivost rohovky, jsou následující: zakřivení rohovky, změna indexu lomu, tloušťka rohovky. [3;6]

Poloměry zakřivení u rohovky jsou téměř stejné, a to u přední plochy 7,7 mm a u zadní plochy 6,8 mm. Celková hodnota indexu lomu rohovky je 1,376. Optická mohutnost rohovky představuje asi dvě třetiny celkové mohutnosti oka a pohybuje se kolem + 43 D. [2;3;6]

Rohovka má největší lomivost a její refrakční hodnota se pohybuje mezi +40 až +45 D. Není sférická a její periferní části jsou plošší než centrální. Pro vidění zornicí je užívána jen centrální část. Rohovka je považována za sférickou o poloměru křivosti 7,8 mm, ale pouze pokud je zanedbáván rozdíl v poloměrech křivosti. Tento rozdíl je způsoben tlakem víček ve vertikálním směru. Jedná se o tak zvaný fyziologický astigmatismus. [5]

K velkému rozdílu indexu lomu dochází mezi vzduchem a komorovou vodou. Lze to přiblížit na příkladu, kdy oko je ponořené do vody, která má stejný index lomu jako komorová voda, ostrost vidění je podstatně snížena. [4;8]

Na rozdíl od rohovky je lomivost u čočky komplikovaná, protože nemá homogenní strukturu, ale je tvořena z více vrstev o různém indexu lomu. Index lomu kůry je 1,386 a index lomu jádra 1,406. Pokud je čočka v neakomodovaném stavu, její optická mohutnost je + 19,11 D. Při akomodaci dosahuje maximální optické mohutnosti + 33,06 D. Poloměr zakřivení přední plochy čočky je 10 mm, který při maximální akomodaci klesá na + 5,33 mm.

Poloměr zakřivení zadní plochy čočky je 6 mm, který při akomodaci klesá na + 5,33 mm. Vrstvy na periférii mají nižší index lomu než vrstvy v centrální části, avšak stavba čočky sama o sobě koriguje nedostatky optického systému a akomodací může svou lomivost zvýšit až na dvojnásobek. [5]

Elasticita oční čočky a schopnost oka zaostřit klesá s věkem. Kolem 45. věku života se úbytek akomodace začíná projevovat a tento projev stárnutí se nazývá presbyopie.

3.2 Axiální délka

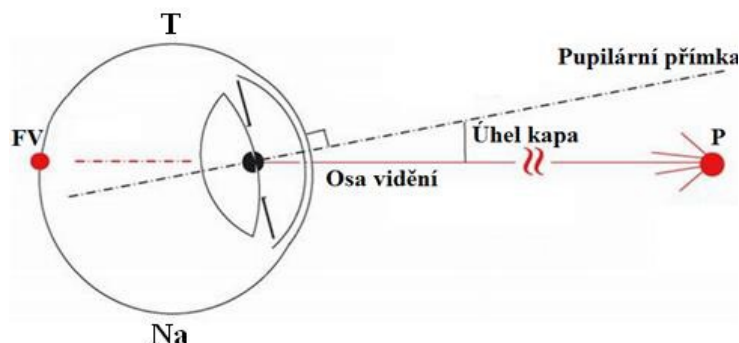
Vzdálenost od přední rohovky až po makulu se nazývá **axiální délka**. U emetropického oka bez refrakční vady se od narození do dospělosti zvětší ze 17 mm na 24 mm. V případě, že rohovka a čočka mají průměrnou optickou mohutnost, bude vyvoláno kolem 3 D refrakční chyby pro každý milimetr změny axiální délky oka. Pokud je axiální délka větší než běžná délka, jedná se o myopii. Pokud je axiální délka menší než běžná délka, jedná se o hypermetropii. [9]

3.3 Optické osy oka

Optická osa nemá zásadní význam, ale je důležitá pro další osy oka. Jedná se o přímku, která protíná středy zakřivení lomivých a odražejících se paprsků. [10]

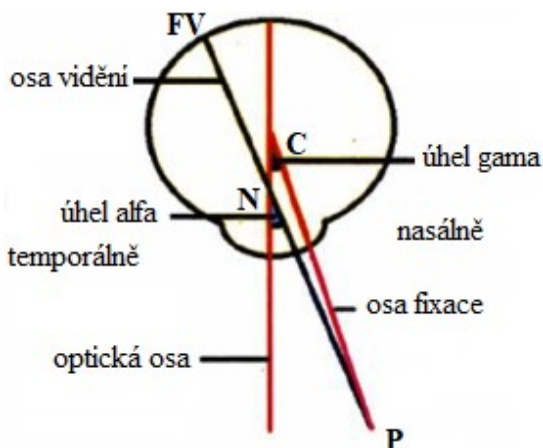
Vizuální osa spojuje fixační bod a foveální obraz prostřednictvím uzlových bodů. Není závislá na velikosti pupily, proto je vhodná jako reference pro vizuální funkce. [10]

Pupilární osa prochází středem pupily. Podle této osy posuzujeme míru excentrické fixace. [10]



Obrázek 3.5: Pupilární přímka, osa vidění a úhel kapa (P – fixovaný bod, Na – nasálně, T – temporálně, FV – fovea) [10]

Osa fixace prochází bodem fixace a středem otáčení oka a lze jí posuzovat odhad očních pohybů. [10]



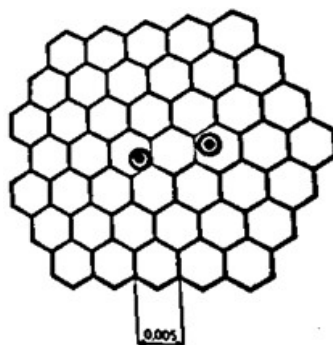
Obrázek 3.6: Optická osa, osa vidění, osa fixace a úhly, které svírají (FV – fovea, C – centrum rotace, N – uzlový bod, P – fixovaný bod) [10]

Keratometrický bod zachycuje normální vrchol rohovky, což je střed mapy rohovkové topografie. [10]

3.4 Minimum separabile

Subjektivním měřením refrakčních vad je zjišťována refrakce dalekého bodu očí a spolupráce obou očí při předkládání sférických, cylindrických a vyšetřovacích brýlových čoček ve spolupráci s klientem. Tento proces je kontrolován zrakovou ostroostí – vizus.

Vizus je zraková schopnost oka. Minimum separabile je rozlišovací schopnost oka rozlišit bod jako bod, který dopadá na sítnici ve formě rozptylového kroužku a musí dopadnout na světlem nezasažený čípek mezi dvěma čípkami, které jsou světlem zasaženy. Emetropické oko rozezná vzájemně dva body, pokud zorný úhel neklesne pod úhel $1'$. [13;15;16]



Obrázek 3.7: Minimum separabile

3.5 Vady optického systému oka

Aberací optické soustavy oka se rozumí vady optické soustavy oka. Aberace vznikají průchodem světla přes optické prostředí oka a mají vliv na zrakovou ostrost i citlivost oka. Rozlišují se aberace nižšího a aberace vyššího řádu.

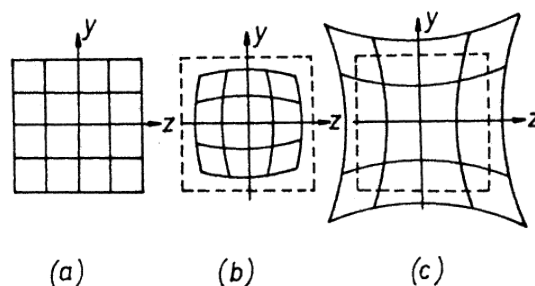
Do **aberace nižšího řádu** lze zařadit rozostření – defokusace a astigmatismus. U těchto aberací se lomené paprsky nesbíhají na sítnici, čímž způsobují myopii, hypermetropii a astigmatismus. U astigmatismu dochází k rozdílnému lomu. Rovnoběžné paprsky přicházející k oku nemají v různých meridiánech své ohnisko v téže rovině. [11]

Patologické optické vady emetropického oka jsou způsobeny tím, že obraz nevzniká přímo na sítnici oka. Pokud rohovka i čočka mají pravidelné zakřivení a jejich optická mohutnost je v souladu s délkou oka, je obraz pozorovaného předmětu fokusován na sítnici. [11]

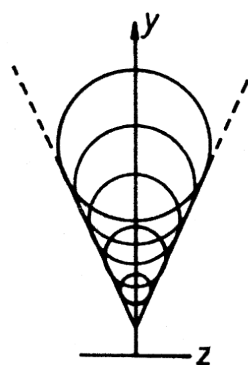
Jestliže obrazové ohnisko leží před nebo za sítnicí jedná se o oční vadu ametropii. Pokud obrazové ohnisko leží za sítnicí, jedná se o oční vadu hypermetropii a pokud obrazové ohnisko je před sítnicí, jedná se o oční vadu myopii. [10;11]

Rozlišují se tyto druhy refrakčních vad: myopie (paprsky se sbíhají před sítnicí, oko je relativně dlouhé), hypermetropie (paprsky se sbíhají za sítnicí, oko je relativně krátké) a astigmatismus (neexistuje jediné ohnisko a optický systém nemá ve všech meridiánech stejnou optickou mohutnost). [11]

Aberace vyššího řádu nelze korigovat korekční pomůckou. Do této skupiny vad patří difrakce světla, chromatická aberace, sférická aberace, zkreslení a koma. U difrakce světla nevzniká na sítnici bodové zobrazení předmětu, ale řada koncentrických kruhů světla s jasnou skvrnou v centru. U chromatické aberace dochází k tomu, že se krátkovlnné světelné paprsky lomí více než dlouhovlnné. U sférické aberace vstupuje široký paprskový svazek do oka a způsobuje neostrost obrazu. U komy se paprsky sbíhají mimo optickou osu a výsledný bod je zobrazen jako kruhová ploška. Zkreslení je projevem deformací tvaru obrazu při zachovalé ostrosti. [11]



Obrázek 3.8: Zkreslení obrazu – distorze [33]



Obrázek 3.9: Koma [33]

3.5.1 Vyšetření zrakové ostrosti optického systému oka

Vyšetřením zrakové ostrosti oka je zjišťována rozlišovací schopnost oka. Zraková ostrost neboli vizus slouží pro hodnocení kvality zraku. Jedná se o schopnost oka identifikovat dva různé body jako dva body (minimum separabile). Minimum separabile je úhel nejmenší rozlišovací schopnosti, což odpovídá jedné minutě. Tento zorný úhel představuje rozlišovací mez lidského oka. Při určování vizu se zjišťuje minimální úhel rozlišení (MÚR). Vizus je pak reciprokou hodnotou MÚR vyjádřenou v obloukových minutách. Zrakovou ostrost lze vyšetřovat třemi způsoby: měření zrakové ostrosti bez korekce (naturální vizus), měření zrakové ostrosti s dosavadní korekcí a měření zrakové ostrosti s nejlepší korekcí. [6]

Při vyšetření zrakové ostrosti do dálky se nejčastěji používají Snellenovy optotypy. Vyšetřování u těchto optotypů probíhá ze vzdálenosti 5 nebo 6 m, protože v této vzdálenosti jsou paprsky považovány za rovnoběžné. Zápis z tohoto vyšetření je uváděn ve tvaru zlomku. Do čitatele se zapisuje vyšetřovací vzdálenost a do jmenovatele pak číslo příslušející nejmenšímu řádku, který vyšetřovaný přečetl bez chyby. U zdravého oka je zápis 6/6. [6]

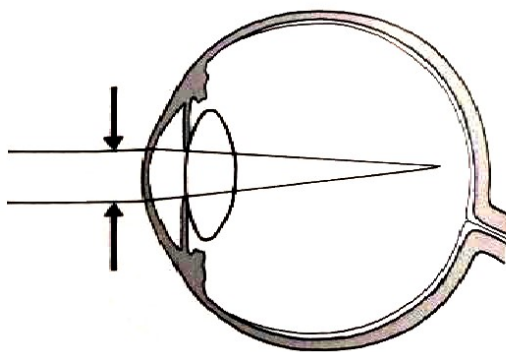
Pro vyšetření zrakové ostroty do blízka se nejčastěji používají Jägerovy tabulky. Vyšetřovací vzdálenost u tohoto optotypu probíhá ve vzdálenosti 25 až 40 cm od oka. [6]

4 Refrakční vady

Mezi nejrozšířenější vady zraku patří refrakční vady. Při nich dochází k chybné lomivosti paprsků, která způsobuje, že se obraz na sítnici nezobrazí tak, jak by měl. Důsledkem toho je neostré vidění. Aby bylo možné na základě objektivního a subjektivního měření navrhnout odpovídající korekci, je třeba umět odhalit nejenom, o jakou refrakční vadu se jedná, ale znát i příčiny refrakční vady. Na základě těchto znalostí pak stanovit správnou korekci tak, aby nedocházelo k překorigování ani k podkorigování refrakčních vad.

4.1 Myopie

Myopie neboli krátkozrakost je refrakční vada, u které rovnoběžně dopadající paprsky v oku, které je v akomodačním klidu, tvoří ohnisko před sítnicí. Tím vzniká neostrý obraz a daleký i blízký bod se nachází vždy v konečné vzdálenosti před okem. Pokud je pozorovaný předmět umístěný mezi dalekým a blízkým bod, tak oko pomocí akomodace zaostří a výsledný obraz se zaostří na sítnici. Pokud je myopie nekorigovaná, má myop blízký bod posunutý směrem k oku a využívá tak akomodaci při pozorování předmětu mezi blízkým a dalekým bodem méně než emetrop. [12]



Obrázek 4.1: Chod paprsků myopickým okem [7]

Z klinického hlediska je myopie projevem neostrého vidění do dálky, ale má dobré vidění do blízka. Myopie se klasifikuje na lehkou, střední, vysokou a těžkou, někdy též nazývanou progresivní.

U lehké myopie ($-0,25$ D až $-3,0$ D) nedochází ke generativním změnám a po 20. roku se již nemění. Střední myopie ($-3,25$ až $6,0$ D) se projevuje ve školním věku. Vysoká myopie ($-6,25$ až $-10,0$ D) je již považována za patologickou myopii, u které je možný růst až o

-4,0 D za rok. Těžká myopie (-10,0 D a výš) již během života neprogreduje a převážně je považována za vrozenou myopii.

4.1.1 Příčiny myopie

Nejčastější příčinou krátkozrakosti je axiální myopie – projevuje se zvětšením předozadní délky oka, která se v růstu nezastaví, ale pokračuje v prodlužování. Lomivost ploch, kterými paprsek prochází, je způsobena fyziologickou příčinou. Běžná délka oka je okolo 24 mm. Prodloužením axiální délky o pouhý 1 mm může způsobit refrakční vadu až o -3,0 D. [11;13]

Dalším typem myopie je noční myopie, která se projevuje nedostatečnými světelnými podmínkami, u kterých oko nemá žádný podnět k zaostření. Tonická složka akomodace se aktivuje a dojde k myopizaci oka. Noční myopie se projevuje sférickou a chromatickou aberací, u kterých dochází díky špatným světelným podmínkám k rozšíření průměru zornic.

Při práci s binokulárními přístroji (mikroskop, refraktometry) dochází k akomodaci oka na bližší vzdálenost než nekonečno s omezením zorného pole, a to může být příčinou přístrojové myopie. V současné době se však binokulární přístroje navrhuje tak, aby k této akomodaci nedocházelo, a tím se zamezilo vzniku přístrojové myopie. [14]

Nejméně častá je systémová myopie, u které je předozadní délka oka zachována na fyziologické úrovni. Další systémovou myopií je indexová myopie, u které dochází ke změně indexu lomu optického prostředí oka. Indexová myopie se projevuje u šedého zákalu (katarakty) nebo při změně hladiny glykémie v krvi diabetika. [13]

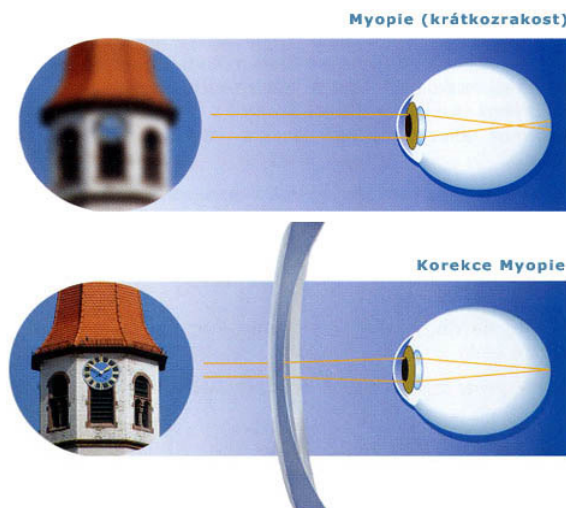
4.1.2 Korekce myopie

Myopové nemusí pociťovat žádné potíže s viděním a pokud nemají možnost srovnání, považují své vidění za normální. Pokud je myop nekorigovaný, je zvyklý konvergovat bez akomodace. Myopie je korigována rozptylnou (minusovou) čočkou, která na sítnici posune obraz. Pokud je určována refrakce, řídíme se nejslabší sférickou minusovou korekcí, tj. nejslabší rozptylkou, kterou je u klienta dosaženo nejlepšího vizu. Při korekci je nutné si dát vždy pozor, aby se nejslabší rozptylkou nedosáhlo podkorigování klienta.

Překorigování myopů způsobuje astenopické potíže. Podobně, jako u podkorigovaných hypermetropů, by museli neustále akomodovat do dálky a oko by se tak stalo hypermetropickým. Pro myopické oko je hypermetropie nepřirozená, protože nikdy do optického nekonečna neakomoduje. U dětí oční lékař předepisuje vždy plnou korekci

a nepresbyopickým myopům je doporučeno, aby korekci nosili i na blízko a tím vyloučili atrofii ciliárního svalu. [4;5;6;15;16;17]

U střední a nízké myopie se vždy koriguje plný refrakční deficit, aby nedocházelo k akomodačnímu ochabnutí. U vysoké myopie nemusí být plná korekce refrakčního deficitu pacientem vždy tolerována. [12]

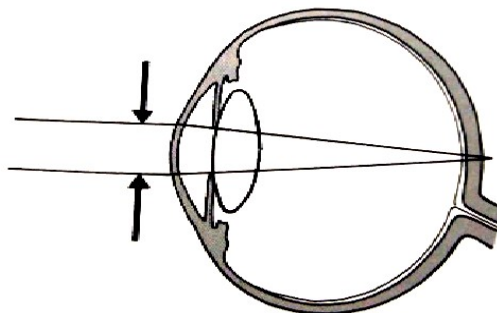


Obrázek 4.2: Korekce myopie [18]

Korigovat myopii lze brýlemi, kontaktními čočkami nebo refrakční chirurgií. U korekce kontaktními čočkami, které jsou umístěny přímo na rohovce, se naměřené hodnoty neshodují s korekcí. Závisí na vrcholové vzdálenosti, kdy optická korekce v různé vzdálenosti před okem vykazuje jinou dioptrickou hodnotu. Pro přepočítání hodnoty z brýlové korekce na kontaktní čočky lze použít tabulky v příloze A. [19]

4.2 Hypermetropie

Hypermetropie neboli dalekozrakost je refrakční vada, u které dopadající paprsky vytváří obrazové ohnisko za sítnicí oka, které je v akomodačním klidu. To znamená, že pokud nedochází k žádné akomodaci, vzniká obraz pozorovaného předmětu až za sítnicí. Hypermetrop pak obraz vidí nezřetelně, zamlženě ale i menší, protože vzniká blíže k uzlovému bodu. Oproti myopovi a emetropovi musí hypermetrop neustále akomodovat a pokud o své vadě neví a je nekorigovaný, můžou při fixaci na blízkou vzdálenost u něho nastat i astenopické obtíže. [7;12]



Obrázek 4.3: Chod paprsku hypermetropickým okem [7]

Z klinického hlediska je hypermetropie projevem neostrého vidění do blízka při dobrém vidění do dálky. Hypermetropie je především vadou osovou a lze konstatovat, že oko je neúplně vyvinuté a opožděné ve vývoji. Hypermetropii lze rozdělit podle hodnot refrakce na: nízkou (do +3,0 D), střední (+3,25 až +5,0 D) a vysokou (vyšší než +6,0 D) – s touto refrakcí se lze setkat velmi málo, protože změna předozadní délky oka o 1 mm způsobuje refrakci kolem +3,0 D. [4;7;12]

4.2.1 Příčiny hypermetropie

U novorozence se refrakční hodnota pohybuje kolem +2,0 až +3,0 D a postupně, jak oko roste, vada se zmenšuje. Pokud dojde k zastavení růstu oka, dojde ke zkrácení předozadní osy. Tato vada je nazývána jako osová (axiální) hypermetropie. Osová hypermetropie může být způsobena patologickými stavy, u kterých se však refrakční hodnota udává do +6,0 D. U hypermetropie získané (např. úrazem) nebo vrozené (cornea plana) může dojít ke zvětšení poloměru zakřivení rohovky o 1 mm, čímž ji může zvýšit o 6 D. [4;7;12]

Jako u myopie, tak i hypermetropie může být způsobena nerovnováhou v indexu lomu k poměru s ostatními parametry. Jedná se o indexovou hypermetropii, u které dochází ke snížení indexu lomu čočky. Většinou se projevuje u starších lidí a u onemocnění diabetem. [4;6;7;12]

Celková refrakční vada neboli totální hypermetropie zahrnuje součet latentní hypermetropie a manifestní hypermetropie. [4;6;7;12]

Latentní hypermetropie je trvale kompenzována napětím ciliárního svalu neboli z pohledu klienta je dalekozrakost „skrytá“, protože si ji neuvědomuje a nezpůsobuje mu žádné problémy. Její hodnota je maximálně +1,0 D. Latentní hypermetropii nelze zjistit pouhým měřením. Lze ji zjistit rozdílem měření dioptrií bez cykloplegie a s aplikací cykloplegií do spojivkového vaku, čímž je znemožněna akomodace. [4;6;7;12]

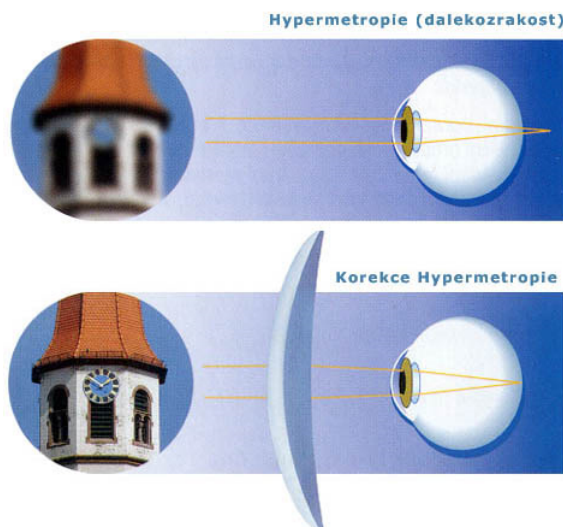
Manifestní hypermetropie z pohledu klienta je dalekozrakost „zjevná“ a svými projevy astenopických problémů nepřehlédnutelná. Skládá se ze dvou částí, a to z fakultativní hypermetropie a absolutní hypermetropie. Fakultativní hypermetropie překonává manifestní hypermetropii zvýšenou aktivitou ciliárního svalu. U absolutní hypermetropie jí oko svojí vlastní akomodací nedokáže vykorigovat, ale lze ji vykorigovat pomocí brýlí. [4;6;7;12]

4.2.2 Korekce hypermetropie

Pokud vyšetřovaný nemá u malé vady hypermetropie astenopické potíže nebo příznaky porušené svalové rovnováhy, není korekce nutná. Může se jednat o klienty, kteří o své vadě vůbec neví anebo odmítají brýle nosit. Pokud se však dostaví astenopické potíže nebo se sníží zraková ostrost, je třeba předepsat plnou korekci. První příznaky astenopických potíží se projevují pocitem nepohodlného čtení, u kterého dochází k nadměrnému zatížení akomodace. Tyto potíže se projevují především slzením a frontální bolestí hlavy, která se zhoršuje večer nebo při čtení. Dalším projevem astenopických potíží je nejprve zamlžené vidění do blízka, ke kterému se však později připojuje i zamlžené vidění do dálky. Hypermetrop ve srovnání s emetropem musí namáhat akomodaci mnohem více. Při čtení emetrop na 33 cm musí zvýšit akomodaci o 3 D, hypermetrop s vadou + 2 D při stejné vzdálenosti musí zvýšit akomodaci o 5 D. Pokud však hypermetrop nemusí zapojovat více než 2/3 akomodační šíře při pohledu do blízka, nemusí pociťovat žádné astenopické potíže. [4;5;6;15;16;17]

U korekce hypermetropie je nutné, aby se ke každému klientovi přistupovalo individuálně. Je třeba vždy vykorigovat plnou hodnotu manifestní hypermetropie, protože u vykorigování pouze absolutní hypermetropie by sice klient viděl dobře do dálky, ale za velkého akomodačního úsilí s následkem astenopických potíží. U mladých hypermetropů se doporučuje korigovat až ve chvíli, kdy nastanou astenopické potíže nebo zhoršení vizu. U nízkých hodnot hypermetropie, ale dobré zrakové ostrosti a binokulárního vidění není nutná korekce. [4;5;6;15;16;17]

Tím, že u hypermetropa je při pohledu do dálky ohnisko za sítnicí, předepisuje se mu nejsilnější spojka (sférické plusové sklo), kterou je u klienta dosaženo nejlepšího vizu. Vyšší korekce se předepisuje převážně klientům, kteří mají práci do blízka, a naopak nižší korekce se předepisuje při sklonu k rozbíhavému šilhání. Pro dosažení nejlepšího vizu se hypermetropům předepisuje nejsilnější brýlová čočka za předpokladu nejlepší zrakové ostrosti. [12]

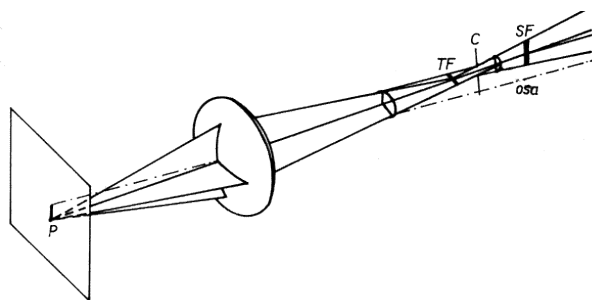


Obrázek 4.4: Korekce hypermetropie [18]

Korigovat hypermetropii lze brýlemi, kontaktními čočkami nebo chirurgicky. Je však třeba zohlednit rozdíl vzdálenosti korekční pomůcky před okem. [12]

4.3 Astigmatismus

Astigmatismus je refrakční vada asférická, u které dochází k vadě pokrivení obrazu, nesprávné centraci nebo indexu lomu. Rovnoběžné paprsky, které se sbíhají k oku, nemají v různých meridiánech své ohnisko ve stejné rovině. Tyto paprsky vytváří dvě fokální linie = optická mohutnost není stejná ve všech rovinách. Klienti, kteří dokážou astigmatismus vykorigovat akomodací, mívají často astenopické potíže. [4;12]



Obrázek 4.5: Astigmatismus [33]

4.3.1 Příčiny astigmatismu

Příčiny astigmatismu bývají vrozené nebo jsou způsobeny následkem úrazů, onemocnění rohovky a chirurgickými zákroky. U astigmatismu dochází k rozdílnému zakřivení přední i zadní plochy rohovky, ve výjimečných případech může dojít k zakřivení nebo naklonění nitrooční čočky. [4;20]

Pokud hlavní meridiány jsou na sebe kolmé, hovoří se o pravidelném astigmatismu. Pravidelný astigmatismu se dělí na jednoduchý, složený a smíšený.

Jednoduchý astigmatismus – jedno ohnisko paprsků leží přímo na sítnici. Jeden meridián je emetropický, druhý myopický nebo hypermetropický. [4;9;20]

Složený astigmatismus – pokud se ani jedno ohnisko paprsků nestřetává na sítnici, ale nachází se buď před, nebo za sítnicí. Oba meridiány jsou myopické nebo naopak hypermetropické. [4;9;20]

Smíšený astigmatismus – jedno ohnisko paprsků se nachází před a druhé za sítnicí. Jeden meridián je myopický a druhý hypermetropický. [4;9;20]

U nepravidelného astigmatismu hlavní meridiány svírají jiný úhel než pravý. Nepravidelný astigmatismus se většinou vyskytuje u poranění rohovky. [20]

4.3.2 Korekce astigmatismu

Astigmatismus bývá většinou vrozený a jeho korekce by měla být individuální. Při korekci je třeba vždy vykorigovat plně cylindrickou složku, ale je třeba brát v úvahu potíže spojené s meridionální anizekonií a distorzí binokulárního prostorového vidění. Astigmatismus lze korigovat brýlemi, ale pokud dojde k velké nesnášenlivosti, předepisují se kontaktní čočky. Astigmatismus lze také řešit operativně. [6;20]

Korekce astigmatismu způsobuje distorzi binokulárního prostorového vidění. Nejlépe je snášena distorze v osách 90° a 180° než v šikmých osách. Při vyšetření je dobré, aby se ve zkušební obrubě vyšetřovaný prošel po místnosti, případně i venku, a sdělil optometristovi své pocity. U dětí je předepisována plná cylindrická korekce. [4;5;6;15;16;21]

5 Objektivní měření refrakčních vad

Objektivní měření refrakčních vad zpravidla předchází subjektivnímu vyšetření. Výsledky těchto měření jsou pouze výchozími hodnotami, nikoliv nutné pro subjektivní stanovení refrakční vady a její následnou korekci. Tyto výchozí hodnoty významně urychlují následné subjektivní dokorigování refrakčních vad. Na základě hodnot zjištěných z objektivního měření refrakčních vad oka nelze předepsat zhotovení korekčních pomůcek. [16;22] V současné době se pro objektivní měření refrakce používají automatické refraktometry.

Automatické refraktometry určují orientační refrakční hodnoty vyšetřovaného oka a jejich výhodou je, že vyšetřující není závislý na spolupráci vyšetřovaného. Vyšetřovaný tak může bez narušení vyšetření být například spolupracující dítě, cizinec. Nevýhodou však je, že tímto vyšetřením není možné měření vizu, měření do blízka a ani zjištění binokulárního statusu.[22]

5.1 Skiaskopie

Další vyšetřovací metodou objektivního měření zjišťování refrakce je skiaskopie, která se dnes již běžně nevyužívá. Díky této metodě lze najít daleký bod oka bez velkých nákladných přístrojů, protože skiaskopické přístroje, které se pro vyšetření používají, mívají velmi nízké pořizovací náklady. Jejich výsledné hodnoty jsou však v přesnosti srovnatelné s dnešními automatickými refraktometry. Vyšetřující optometrista by měl mít dostatečné zkušenosti pro tento způsob vyšetřování. Aby bylo možné najít daleký bod pacienta, je třeba mít sadu zkušebních čoček, které se pacientovi předsazují před oko. Mgr. Pavel Beneš, Ph.D. ve své publikaci toto vyšetření přesně popsal, že: „*Principem skiaskopie je posouzení směru pohybu stínu duhovky v červeném reflexu, vyvolaným skiaskopickým zrcátkem od externího zdroje (kloubová lampa, LED světlo).*” [23]

U hypermetropického oka jsou paprsky vycházející z bodu na sítnici divergentní. Skiaskopické zrcátko vytváří světelný reflex na sítnici, který se pohybuje ve směru pohybu skiaskopu.

Naopak u myopického oka jsou paprsky konvergentní a tvoří tedy ohnisko před okem. Skiaskopické zrcátko vytváří světelný reflex na sítnici, který se pohybuje proti směru pohybu skiaskopu. [23]

Skiaskopii lze provádět staticky nebo labilně. U statické skiaskopie vyšetřující zůstává v konstantní vzdálenosti a vyšetřování musí probíhat ve vzdálenosti alespoň 0,5 m. V tomto případě je při vyšetřování nutné odečíst -2,0 D. U labilní skiaskopie se před oko předsazuje taková čočka, aby daleký bod byl mezi zrcátkem a vyšetřovaným. [23]

Pomocí skiaskopie lze také vyšetřit astigmatismus, kdy pohyb stínu je v různých směrech při stejné čočce různý. Vyšetřování probíhá jako u sférické vady, ale každý meridián musí být zvlášť vykorigován. [16; 24]

5.2 Oční refraktometry

Oční refraktometry jsou přístroje, které pracují na principu koincidence. Poloha dalekého bodu R oka je zjišťována tím, že je vytvořen ostrý obraz světelného testu na sítnici a současně optometrista zaostřuje v přístroji identický kontrolní test tak, aby byl s odraženým testem v koincidenci. [25]

Refraktometry se neustále vyvíjí od Hardy-Astronova refraktometru, Rodestockova očního refraktometru až k dnešnímu Hartingerovu koincidenčnímu refraktometru a automatickému očnímu refraktometru. Rozdíl měření na auto kerato-refraktometru se od subjektivního měření v 95 % odlišuje do 0,5 D. [25]

Hardy-Astonův oční refraktometr je jeden z prvních refraktometrů, který se již v dnešní době nepoužívá. V přístroji se svazek paprsků odráží na zrcadle s kruhovým otvorem a měření probíhá ze systému optometru, tzn. měří na základě posuvného testu s oftalmoskopickou čočkou spolu se zařízením, které vyhodnocuje výsledky. [25]

Hartingerův koincidenční refraktometr je založen na principu, že lidské oko je citlivější na rozdvojení obrazu než jeho rozostření. Koincidence je vlastně rozeznání dvou úseček, které leží na jedné přímce, jsou blízko vedle sebe, ale nedotýkají se. Koincidenčním refraktometrem jsou pozorovány dvě trojice úseček na sítnici a pomocí stupnicové rysky se odečítá refrakční vada v dioptriích. Dosažením koincidence dosáhneme výslednou hodnotu ametropie. [26]

Veškeré rozdíly při měření refraktometry jsou způsobeny vlivem akomodace. Akomodaci lze částečně snížit u presbyopů nebo pacientů s artefakií pozorováním předmětu v optickém nekonečnu. Akomodaci nelze vyloučit u mladých jedinců, u kterých mohou být naměřené hodnoty oproti subjektivnímu měření velice rozdílné. [20;25;27]

V dnešní době jsou výše uvedené refraktometry nahrazeny auto kerato-refraktometry. [16;24]

Cílem auto kerato-refraktometru je, aby se pozorovací a osvětlovací svazky paprsků neprolínaly a byly od sebe oddělené. Tím se docílí odstranění reflexních obrazů, které se projevují nejčastěji na rohovce, a tím se eliminují chyby v měření. Jedná se o tak zvané bezreflexní pozorování. [23]

5.2.1 Automatický oční refraktometr

V současné době se pro objektivní měření refrakčních vad většinou používají automatické oční refraktometry. Přístroje se automaticky nastavují před pravé a levé oko, samy se exponují a také centrují. Lze říci, že se jedná o kombinaci počítače, optiky a elektroniky.

Automatické oční refraktometry prošly vývojem. Přístroje první generace měřily pouze axiální refrakci. Přístroje druhé generace dosahovaly žádoucího akomodačního uvolnění a přístroje třetí generace slouží k subjektivnímu dokorigování, kterému však předchází objektivní měření. [25]

Důvodem používání automatických refraktometrů je snadné ovládání a krátký čas potřebný pro vyšetření. Naměřené hodnoty většinou slouží jako výchozí hodnoty pro subjektivní vyšetření. Automatické oční refraktometry umožňují také v kombinaci vyšetřovat keratometrii, keratoskopii, rohovkovou topografii, pachyterii a tonometrii. [25].



Obrázek 5.1: Autorefraktometr NIDEK [28]

5.2.2 Vyšetřovací metody automatických očních refraktometrů

Keratometrie se převážně používá při výběru vhodné kontaktní čočky pro rohovku klienta. Jedná se o metodu měření zakřivení přední plochy rohovky. Keratometry porovnávají rohovku s konvexním zrcadlem. Rohovka působí jako konvexní zrcadlo, které odráží 3 % dopadajících paprsků. Čím je větší zmenšení, tím je menší zakřivení rohovky. Z hlediska

přesnosti měření se v současné době využívá Littmanův keratometr, u kterého mají testové značky podobu kříže, do kterého se zasouvá vnitřní, plný kříž. [16;24]

Keratoskopie využívá Placidovy kruhy a umožňuje měření rohovky v celém rozsahu najednou. Zároveň se touto metodou zjišťuje rohovkový astigmatismus. Jedná se o kulatý tmavý terč, ve kterém jsou bílé soustředné kružnice s otvorem ve středu pro fixaci. [17; 24]

U **rohovkové topografie** se jedná o počítačové zpracování keratoskopického obrazu. Tím lze detekovat rohovkový astigmatismus a počáteční stádium keratokonu. Tato metoda využívá reflexi soustředných světlených kruhů na Placidově kotouči. Jedná se o kulatý tmavý terč, ve kterém jsou bílé soustředné kružnice s otvorem ve středu pro fixaci. [17;24]

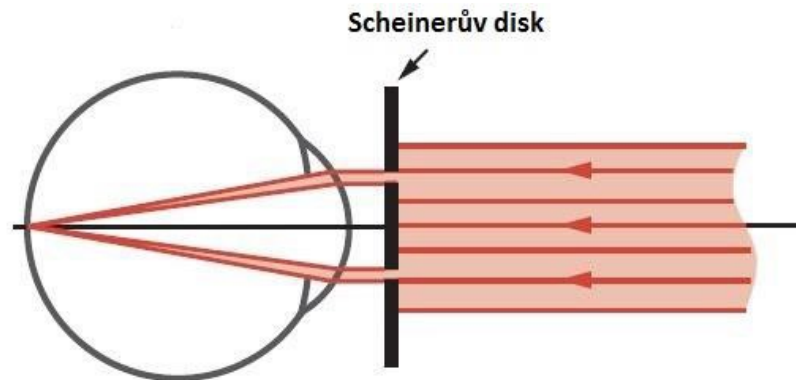
Vyšetření na automatickém očním refraktometru probíhá tak, že přístroj vysílá paprsky určené pro detekci a zároveň i osvětlovací paprsky. Osvětlovací paprsky se používají k osvětlení očního pozadí měřeného oka, kde se paprsek rozptyluje a odráží z oka ven. Odraz paprsku z oka je pak dále analyzován dalšími metodami. Metody, které se k analyzování používají, jsou: skiaskopie, nejlepšího zaostření, vychýlení paprsků a Scheinerova metoda.

Metoda skiaskopie – tato metoda je využívána ve všech očních automatických refraktometrech, které metodu skiaskopie umožňují. Pomocí rychlosti sítnicového reflexu v zornici lze snadno vypočítat refrakci oka. [27]

Metoda nejlepšího zaostření – tato metoda je založena na analýze optimálního kontrastu a ostrosti zachyceného obrazu. Na základě ostrosti obrazu pak lze změřit refrakci oka. [27]

Metoda vychýlení paprsků – touto metodou je třeba docílit, aby byl sítnicový reflex vždy ostrý. U každé refrakční vady dochází k vychýlení paprsku. U emetropického oka je vycházející svazek paralelní, u hypermetropického oka je vycházející svazek divergentní a u myopického oka je vycházející svazek konvergentní. Toto vychýlení paprsků pomocí oftalmoskopické čočky zaostří oba vyšlé svazky do mezilehlé zobrazovací roviny, a poté se vyhodnotí na fotodetektoru. [27]

Scheinerova metoda – pomocí Scheinerova disku se dílčí kruhové paprsky vytvoří kotoučem se dvěma otvory a po průchodu přes tento disk se paprsky lámí do oka. Ohnisko u emetropa se nachází přímo na sítnici, u myopa se ohnisko nachází před sítnicí a u hypermetropa naopak za sítnicí. Na základě sítnicových reflexů můžeme změřit refrakci. [27]



Obrázek 5.2: Průchod paprsků přes Scheinerův disk [27]

Automatické oční refraktometry jsou již při objektivním vyšetření refrakčních vad očí schopné zjistit i zakřivení rohovky, velikost zornice a rohovky s kombinací měření nitroočního tlaku. Výsledné naměřené hodnoty je však vždy nutné ověřit ještě subjektivní zkouškou monokulárně a hlavně binokulárně. [24]

6 Subjektivní měření refrakčních vad

Výsledné hodnoty objektivního měření slouží jako výchozí hodnoty pro subjektivní měření refrakčních vad, a tím se vyšetření podstatně usnadňuje a urychluje. [4]

Subjektivní měření refrakce následuje po objektivním měření a to tak, že klient je nejprve vyšetřován optotypem do dálky bez korekce ke zjištění naturálního vizu. Ve vyšetřování je pokračováno nasazením zkušební obruby, u které je třeba správně nastavit pupilární distanci, délku stranic, opěrku nosníku, vzdálenost od vrcholu rohovky a inklinaci brýlového středu. Teprve po správném nastavení lze začít vyšetřovat. Nejprve je vyšetřováno pravé oko, před které je do zkušební obruby vkládána příslušná korekce. U levého oka je okluzní clona, která zabraňuje vnímat vjem pro nevyšetřované oko. Po vyšetření pravého oka následuje stejný postup i u levého oka. Aby bylo možné stanovit monokulární korekci a byla zajištěna vyváženost výsledné refrakce, pokračuje se ve vyšetření binokulárního vidění. [20]

Aby byl zjištěn typ refrakční vady, musí se klientovi vložit příslušná hodnota brýlové čočky, viz tabulka 6.1. Pro vyloučení akomodace oka je do objímky nejprve vložena spojná čočka.

Tabulka 6.1: Sférický deficit podle úrovně vizu [20]

sph deficit podle úrovně vizu		
Vizus	sph deficit	Vložte vrcholovou lámavost
1	0,25	0,25
0,8	0,5	0,25
0,5	1	0,5
0,3	1,5	0,75
0,15	2	1
0,1	3	2

Klientovi je položena otázka: Je obraz stejný nebo horší? V případě, že je odpověď stejný nebo lepší, jedná se o hypermetropa a tudíž spojná čočka je ponechána ve zkušební obrubě. Klientovi je předsazena další spojná čočka o hodnotě + 0,25 D a znovu je mu položena stejná otázka. V případě, že řekne lepší, klient bude zamlžen tak, aby měl rozmlžené vidění o dva řádky níž, než přečte s původně vloženými spojnými čočkami. Před zamlžovací

čočku je pak předsazována mínusová čočka (postupné odmlžování) tak dlouho, dokud klient nebude mít nejlepší zrakovou ostrost při největší předsazené plusové čočce. [20;29]

Pro rozlišení hypermetropa od myopa je předložena + 0,25 D a pokud je obraz stejný nebo lepší, jedná se o hypermetropa. Pokud je obraz s + 0,25 D horší, jedná se o myopa. V tom případě je do zkušební obruby vložena rozptylná čočka. Hodnoty rozptylných čoček se zvyšují do té doby, dokud nedochází ke zlepšení zrakové ostrosti. V případě, že by se obraz zmenšil a nedocházelo ke zlepšení obrazu, jde o překorigování a čočka se do obruby nevkládá. [20;29]

Aby bylo možné stanovit sférickou optickou mohutnost a osu cylindru, je využívána metoda Jacksonových cylindrů. Jedná se o nejpresnější a rychlou metodu. Jacksonův cylindr má dvě navzájem kolmé osy. Držadlo je k osám umístěno pod úhlem 45° a tím symetricky půlí směry os těchto plan-cylindrů. Jacksonův cylindr je orientován podle mínusové osy. Pro zjištění předběžné osy cylindru se musí držátko předložit svisle v 90° a vodorovně ve 180° před vyšetřované oko. Pokud nedojde ke zlepšení, je třeba zkusit orientaci cylindru v ose 45° a 135°. V případě zlepšení tak do osy, která je hodnocena zlepšením vizu, je přidávána vyšší hodnota cylindru po 0,25 D. Aby byl zachován stejný sférický ekvivalent, je třeba při každém navýšení o - 0,5 D cylindru upravit sféru o + 0,25 D. Pokud je osa cylindru správná, je nutné provést jemné sférické dokorigování, a to při zachování zásady nejslabší rozptylky a nejsilnější spojky. [20;29]

Aby bylo možné u klienta vyšetřit vidění na blízko, je třeba nejprve dokončit vyšetření do dálky.

6.1 Metody subjektivního měření refrakčních vad

Veškeré metody, které se využívají k subjektivnímu měření refrakčních vad, jsou nezbytné pro stanovení výsledné brýlové korekce.

6.1.1 Astigmatická zkušební obruba

Astigmatická zkušební obruba může být plastová nebo kovová. Tato obruba je tvořena posuvným měřítkem pro měření vzdálenosti zornic, očnicemi, které jsou opatřeny stupnicí udávající osu cylindrické čočky, nosníkem a stranicemi pomocí kterých lze nastavit inklinaci a odečítat vzdálenost přední plochy rohovky od zadní plochy čočky. Pro měření do dálky se nastavuje nulová inklinace a teprve až při vyšetření do blízka se inklinace upravuje. [25]

6.1.2 Optotypy

Na optotypu lze měřit schopnost oka rozeznat znaky s korekcí, ale také i bez korekce, kdy se pak jedná o naturální vizus. Optotyp je soubor znaků, který se řídí dle pravidel minimum separabile. Dále se využívá různých znaků, aby bylo ověřeno objektivně, zda došlo k zlepšení vizu. Mezi ně patří Landoltovy kruhy, Pflügerovy háky a nejobektivnější jsou LogMAR optotypy. Poté jsou tyto znaky prezentovány buď v papírové, světelné, projekční nebo LCD podobě. V místnostech, které nejsou dostatečně velké, lze zrcadly zvětšit vzdálenost na požadovanou minimální hodnotu 5ti metrů. Pomocí optotypů je měřena zraková ostrost – hodnota vizu. Vizus se udává jako poměr vzdálenosti, ze které je normovaný znak optotypu ještě rozeznán, ke vzdálenosti, ze které by při vizu $V = 1$ by měl být rozeznán. Vyšetření probíhá pomocí znaků. Ty jsou řazeny od největšího znaku po nejmenší znaky tak, aby bylo možné zjistit maximální dosažený vizus. Na základě zjištění hodnoty vizu lze určit správnou korekci. Znaky mohou být číslice, písmena nebo pro děti obrázky. Optotypy mohou být tištěné, světelné, ale v dnešní době se již častěji lze setkat s projekčními nebo počítačovými. Pokud vyšetřovaný přečte na řádku více než 50 % znaků, je uznán za přečtený. [25]

Vizus je zapisován zlomkem, např. $V \frac{5}{5}$, kde v čitateli je vyšetřovací vzdálenost a ve jmenovateli je číslo řádku. Číslo řádku udává vzdálenost, kde je znak vidět pod úhlovou velikostí $5'$. Vše se udává v metrech. Příklad: Vizus $\frac{5}{50}$. V čitateli je hodnota 5, což značí vyšetřovací vzdálenost 5m a ve jmenovateli je 50, což značí, že znak je tak velký, že je vidět pod úhlem $5'$ (dle podmínky pro minimum separabile) na vzdálenost 50 metrů. Jedná se tedy o člověka, který potřebuje $10\times$ větší písmeno a přečte znak na 5 metrů a zdravý jedinec jej dokáže rozeznat na vzdálenost 50 metrů.) Vizus $\frac{5}{5}$ se považuje jako normální zraková ostrost pro 5 metrů. [13;15;16;30]

V případě, že by vyšetřovaný nereagoval, je třeba provést vyšetření světelnou projekcí, a to v tmavé místnosti pro každé oko zvlášť. Při světelné projekci vyšetřovaný udává směr, odkud světlo přichází. [13;15;16;30]

V současné době se k vyšetření zrakové ostrosti používá metoda Snellenovy řady. Výhodou této metody je rychlost, nenáročnost, ale na úkor přesnosti a spolehlivosti. [13;15;16;30]

Mnohem větší přesnosti a spolehlivosti zrakové ostrosti dosahuje metoda log MAR, kterou lze provádět na LCD optotypech s nastavitelnými stupnicemi buď pro vizus, nebo log.

Log MAR je \log_{10} minimálního úhlu rozlišení. Zraková ostrost se vyšetřuje s automaticky nastavitelným světelným jasem pomocí zdroje světla LED. Aby jas neoslňoval, neměl by překročit 480 cd/m^2 . [30]

6.1.2.1 Optotypy do dálky

Pro vyšetření dospělých se nejčastěji lze setkat se Snellenovými optotypy s písmeny. Mezery a tloušťka čar odpovídají zornému úhlu $1'$.

Dalším typem optotypu jsou Landoltovy kruhy, jejichž kruh připomíná písmeno C a vyšetřovaný musí natáčet napodobeninu znaku do stejného směru. Tento optotyp je vhodný pro vyšetřování u negramotných dětí. [16]

K vyšetřování zrakové ostrosti u dětí se však nejvíce používají Pflügerovy háky, které připomínají velké tiskací písmeno E a vyšetřovaný musí písmenu E udávat stejný směr tak, jaký vidí na optotypu. K dalšímu vyšetřování zrakové ostrosti se využívá obrázkový optotyp, ve kterém se nejčastěji používá 7 druhů obrázků, které mají svou charakteristickou velikost. [16]



Obrázek 6.1: Obrázkový optotyp [31]

6.1.2.2 Optotypy do blízka

Optotypy do blízka je měřena zraková ostrost do blízka, a to buď na pracovní vzdálenost vyšetřovaného, nebo na 33 cm. Moderní optotypy do blízka mají nastavenou pracovní vzdálenost na 40 cm, protože jsou v laické veřejnosti více využívány elektronické čtečky. Tyto čtečky jsou lidmi drženy ve větší vzdálenosti od oka než knihy. Vyšetření se provádí buď tištěnými, nebo světelnými optotypy.

Tištěné optotypy jsou nejlevnější a nejjednodušší, avšak dochází k rychlému žloutnutí papíru, proto se již v současné době od tohoto vyšetření ustupuje, a navíc nemají normativní

podsvícení. Vyšetření většinou probíhá podle individuální pracovní vzdálenosti vyšetřovaného. Klient drží tabulku v ruce tak, aby odpovídala poloze těla při čtení nebo při práci na blízko – Jägerovy tabulky – jedná se o tištěný text obsahující písmena různých velikostí, čtený ze 40 cm. [16;24]

Světelné optotypy se využívají nejčastěji. Jsou buď osvětlené celé, nebo jsou podsvícené celé jednotlivé řádky. Výhodou je, že se klient soustředí jen na osvětlený řádek. [16;24]

6.1.3 Typy optotypů

Optotypy lze rozdělit na tištěné, světelné, projekční a digitální. [16;24]

Tištěné optotypy – jsou to bílé potištěné tabule, které musí být i za denního světla osvětlené umělými zdroji. Jedná se o nejjednodušší a také nejlevnější metodu vyšetřování.

Světelné optotypy – poskytují vysoký kontrast znaků s optimálním jasem. Tyto optotypy jsou buď zcela, nebo po jednotlivých řádcích podsvícené. Vyšetřovaným osobám přináší výhodu v tom, že se mohou soustředit na daný osvětlený řádek.

Projekční optotypy – jsou přístroje, které pomocí projektoru promítají znaky na stěnu. Při stanovení nejlepší sféry a astigmatismu lze pomocí tohoto projektoru kombinací clon a polarizačních folií provést jemné sférické dokorigování.

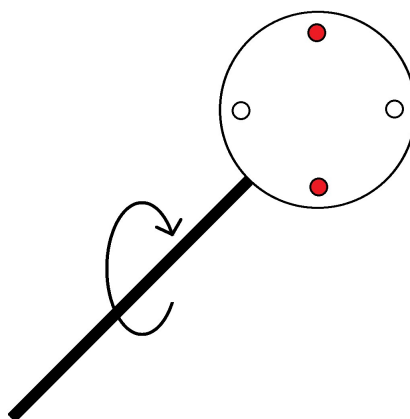
Digitální optotypy – jsou v současné době nejvíce využívané. Jsou tvořeny LCD panely, pomocí kterých je možné provádět vyšetření i při běžném denním osvětlení. Tyto optotypy vyšetřují nejenom vizus, ale obsahují i testy pro vyšetření astigmatismu, barvocitu, kontrastní citlivosti, signální světla pro řidiče, binokulárních funkcí, ale také vyšetření zrakových funkcí dětí a strabismu. Na digitálních optotypech lze vyšetřovat i pomocí polarizace, a to lineární nebo kruhové. U kruhové polarizace nezáleží na natočení hlavy tak, jak je to u lineární polarizace. [16;24]

6.1.4 Sada zkušebních čoček

Zkušební čočky jsou buď v plastových, nebo kovových objímkách – spojné, rozptylné, kladné cylindrické, záporné cylindrické a prizmatické čočky. Součástí tohoto souboru jsou Maddoxův cylindr, okluzní, dírkové a štěrbinové clony, červený, zelený a polarizační filtr. [25] K souboru zkušebních čoček lze dokoupit i Jacksonův cylindr.

6.1.5 Jacksonův zkřížený cylindr

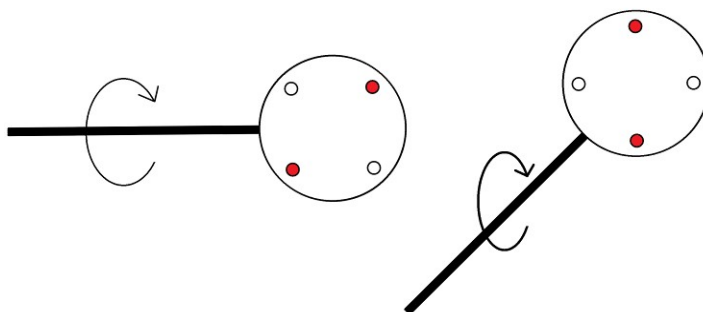
Vyšetřovací metoda pomocí Jacksonova zkříženého cylindru je nenáročná, rychlá, ale současně nejpřesnější při zjišťování očního astigmatismu.



Obrázek 6.2: Schéma Jacksonova zkříženého cylindru [20]

Ve schématu Jacksonova zkříženého cylindru vyplněné kruhy v periferii čočky představují “červené” tečky, které identifikují osu mínusového cylindru. Nevyplněné kruhy představují “bílé” tečky, které označují osu plusového cylindru. Uprostřed mezi oběma osami je připojená rukojeť, která umožňuje rychlé převrácení kladných a záporných os zkříženého cylindru, a to otáčením nebo obracením čočky ve směru šipky. [20]

Při vyšetření se orientuje podle mínusové osy. Nejprve je zjišťována předběžná osa cylindru přiložením držátka buď svisle, nebo vodorovně před oko vyšetřovaného.



Obrázek 6.3: Schéma pro ovládání Jacksonova zkříženého cylindru [20]

Při práci s Jacksonovým zkříženým cylindrem na obrázku 6.4 mohou být osy čočky změněny bez opakování jednoduchým otočením čočky Jacksonova zkříženého cylindru ve směru nebo proti směru hodinových ručiček před okem. Rukojeť Jacksonova zkříženého cylindru vyobrazená v bodě B byla otočena o 45° ve směru hodinových ručiček naproti vyobrazení v bodě A. V případě pravidelného nebo nepravidelného očního astigmatismu by mohla být meridiální orientace čočky ve vyobrazení A použita pro posouzení osy cylindru a orientace ve vyobrazení B by mohla být použita pro posouzení síly cylindru. Svislá čára představuje osu korekčního cylindru. [20]

Při měření, pokud dojde ke zlepšení vizu, je postupně přidávána vyšší hodnota cylindru o $-0,25$ D, avšak při každém přidání o $-0,5$ D cylindru se musí upravit sféra o $+0,25$ D, aby byl zachován sférický ekvivalent.

Pokud není zlepšení, je zkoušena orientace cylindru v ose 45° a 135° . V tomto případě se jedná o astigmatismus šikmých os. [20]

V případě, kdy je určena osa záporného cylindru, pokládá se vyšetřovanému otázka: „Je lepší možnost 1 nebo 2?“ Po odpovědi je pootočeno cylindrem ve směru, který byl lepší. Po tomto vyšetření probíhá jemné sférické dokorigování pomocí nejslabší rozptylky a nejsilnější spojky. [4;16;17;24]

U astigmatismu se ke korekci používají cylindrické (torické) čočky. Při každé korekci je nejen nutný individuální přístup, ale je třeba přihlížet i k věku a současné korekci

Pro nositele kontaktních čoček do $-0,75$ D cylindru v případě přítomnosti reziduálního astigmatismu jsou jako způsob zlepšení zrakové ostrosti běžně předepisovány sférické ekvivalenty. Sférický ekvivalent sférocylindrické čočky je průměrem jeho hlavních meridiánových sil. Jedná se o tak zvanou náhradu cylindrické hodnoty za sférickou. Sférický ekvivalent lze vypočítat ze vzorce:

$$SE = F_{\text{sph}} + 0,5F_{\text{cyl}} \quad [6.1]$$

kde F_{sph} a F_{cyl} vyjadřují sféru a sílu cylindru čočky udávaného v plusové nebo minusové formě. Hodnoty sférického ekvivalentu se tedy použijí pro korekci astigmatické refrakční chyby. [20]

6.1.6 Foropter

Foropter nahrazuje vyšetření pomocí astigmatické zkušební obruby a sadou zkušebních čoček. Výhodou tohoto přístroje je dokonalá čistota zkušebních čoček, jejich

snadná výměna a zároveň i snadná manipulace. Naopak nevýhodou je nepřírozené postavení hlavy i těla anebo při vyšetření může vznikat přístrojová myopie. U dětí mohou nastat obavy z přístrojového vyšetření. [32]

7 Praktická část

7.1 Úvod

Praktická část této bakalářské práce byla zaměřena na uplatnění popsaných metod při stanovení objektivní a subjektivní refrakce s ověřením korekce v praxi. Cílem této práce bylo ověření poznatků získané z literárních zdrojů a zároveň je umět aplikovat v praxi očního optometristy. Před vyšetřením byli všichni sledovaní klienti seznámeni s tím, že jejich výsledky měření budou použity pouze pro účely bakalářské práce, a to anonymně.

7.2 Hypotéza

Ve své bakalářské práci jsem si stanovil nulovou hypotézu a vlastní hypotézy. Nulová hypotéza byla stanovena pro statistickou analýzu. Vlastní hypotézy vycházely z mého výzkumu a byly porovnávány s vědeckými výzkumy, které se podobnou tematikou zabývaly již v minulosti.

7.2.1 Nulová hypotéza

H_{01} – rozdíl středních hodnot vektorů M , J_0 a J_{45} objektivního a subjektivního měření bude stejný.

7.2.2 Vlastní hypotézy

H_1 – Objektivní a subjektivní refrakce se budou shodovat alespoň v 80 % s vykazovanou chybou do 0,5 D ve sféře i v cylindru, přičemž osa byla zanedbána.

H_2 – Výsledky z objektivního a subjektivního měření se budou shodovat, a to maximálně do 90 % s vykazovanou chybou do 0,5 D ve sféře u hypermetrických i myopických očí bez přítomnosti cylindrové hodnoty z objektivního měření.

H_3 – Z provedeného měření bylo předpokládáno, že se astigmatismus nejčastěji projevoval u myopických očí než u hypermetropických očí, a to v poměru 2:1

7.3 Metodika

Výzkum probíhal v období od listopadu 2018 do dubna 2019 v optice Cvikrová Valuchová v Českých Budějovicích.

7.3.1 Vyšetřované osoby

Celkově bylo naměřeno 39 osob, z nichž bylo 27 žen a 12 mužů. Měření probíhalo jak monokulárně, tak i binokulárně. Z celkového počtu 39 klientů bylo 21 klientů s hypermetropií, 17 klientů s myopií a 1 klient emetrop. Věkové rozmezí vyšetřovaných klientů se pohybovalo mezi 40–60 lety a celkový průměrný věk byl 45,3 let.

Ve věkových rozmezích bylo procentuální zastoupení vyšetřovaných klientů a to:

- a) 77 % u věkového rozpětí 40–50 let
- b) 23 % u věkového rozpětí 51–60 let

Z celkového počtu 38 klientů byly ze 75 % osoby již s dříve korigovanou refrakční vadou. U zbývajících 25 % klientů byly osoby, u kterých nikdy nebyly korigovány žádné refrakční vady, a na vyšetření u optometristy byly poprvé.

7.3.2 Vyšetřovací metody

Měření vyšetřovaných osob probíhalo ve vyšetřovací místnosti ze vzdálenosti 5 metrů za denního osvětlení, které bylo doplněno umělým světlem. Veškeré vyšetřování probíhalo za pomoci vyšetřovacích přístrojů: auto kerato-refraktometru TOPCON KR-1, zkušební brýlové obruby, brýlové skříně a projekčním optotypem TOPCON CC-100XP.

Po příchodu do vyšetřovací místnosti byla s vyšetřovaným klientem sepsána vyšetřovací karta. Do této karty byly zapsány osobní údaje, anamnéza klienta, hodnoty původní brýlové korekce a po provedeném měření i hodnoty nové brýlové korekce

Motto: „A vidíte, že vidíte?“ (R. Bužek 2017)

Datum:		Příjmení:			Jméno:		rok narození:		
anamnéza:					oční lékař:				
léky:					úrazy:				
kdy 1. brýle:					operace:				
řidič:					zaměstnání:				
PC:					POZNÁMKY				
ví. brýle	Dálka: OP	SPH	CYL	OSA	visus				
	Dálka: OL								
	Blízko: OP								
	Blízko: OL								
Visus nat.	Výsledná korekce	SPH	CYL	OSA	Visus D	Bino	ADD	Visus B	ADD-PC
	oko pravé								
	oko levé								
Další doporučení:					Podpis optometristy:				
Souhlasím s korekcí:									
závěr: „Tak vidíte, že vidíte!“									

Obrázek 7.1: Vyšetřovací karta

Po prvotním sepsání vyšetřovací karty začalo u klienta objektivní měření. Vyšetření klienta nijak neobtěžovalo, ale základním předpokladem správného vyšetření bylo důležité usazení klienta a nastavení opěrek tak, aby na obrazovce auto kerato-refraktometru bylo vidět oko a mohla být provedena centrace na střed oční pupily. Poté auto kerato-refraktometr automaticky provedl tři měření. Tato měření se prováděla monokulárně a každé oko bylo proměřeno celkem třikrát. Auto kerato-refraktometr zobrazil refrakční hodnoty měření, ve kterých byla nastavena měření sférických a cylindrických hodnot po 0,25 D a osy cylindru po 1 stupni. Z těchto třech měření byl stanoven aritmetický průměr a následně také sférický ekvivalent. Na obrázku 7.2 je vytisknutý vzorový výsledek ze zmiňovaného auto kerato-refraktometru.

<p>NAME</p> <p>24_JAN_2019 PM 09:35 NO. 2596 SN: 1307002</p> <p>REF. DATA</p> <p>VD: 12.00 CYL: (-)</p> <p><R> S C A + 4.00 - 1.00 156 + 4.00 - 1.00 155 + 4.00 - 1.00 154 + 4.00 - 1.00 155 S. E. + 3.50</p> <p><L> S C A + 1.50 - 0.25 146 + 1.50 - 0.25 146 + 1.50 - 0.25 147 + 1.50 - 0.25 146 S. E. + 1.50</p> <p>PD: 63</p> <p>Essilor International</p>	<p>NAME</p> <p>27_FEB_2019 PM 09:36 NO. 2649 SN: 1307002</p> <p>REF. DATA</p> <p>VD: 12.00 CYL: (-)</p> <p><R> S C A + 1.25 - 0.75 75 + 1.25 - 0.75 74 + 1.25 - 0.75 73 + 1.25 - 0.75 74 S. E. + 1.00</p> <p><L> S C A + 1.50 - 0.75 97 + 1.50 - 0.75 97 + 1.50 - 0.75 96 + 1.50 - 0.75 97 S. E. + 1.25</p> <p>PD: 63</p> <p>Essilor International</p>
--	--

Obrázek 7.2: Výsledky z měření na auto kerato-refraktometru

Po objektivním měření a na základě získaných hodnot z objektivního měření následovalo subjektivní měření na projekčním optotypu spolu se sadou zkušebních čoček, zkušební astigmatickou obrubou Oculus a Jacksonova zkříženého cylindru o hodnotě $\pm 0,25$ D.

U subjektivního vyšetření jsem nejprve začal vyšetřovat s astigmatickou obrubou a projekčním optotypem. Klienti byli pohodlně usazeni do křesla před projekční optotyp a byla jim nasazena zkušební brýlová obruba. Při vyšetření byla klientovi k jeho typu obličeje přizpůsobená astigmatická obruba, aby dobře seděla, nikde netlačila a vyšetření nebylo pro něj obtěžující. Do objímek astigmatické obruby byly vloženy centrovací kříže, kde jejich středy byly vycentrované na střed pupily. Vyšetření začalo probíhat monokulárně. Nejdříve byl zjištěn naturální vizus. Při vyšetření se začalo vždy vyšetřovat nejprve pravé oko a levé bylo zacloněné pomocí tmavé clony, která byla součástí zkušebních čoček. Na optotypu se začalo vyšetřovat od největších písmen, která klient přečetl bez problémů a bez jakékoliv korekce. Postupně bylo pokračováno až k dosažení nejlepšího vizu. Správná korekce byla taková, kdy obrazové ohnisko splýnulo s dalekým bodem oka.

Výsledné hodnoty ze všech měření byly zapsány do vyšetřovací karty, viz Obrázek 7.3.

Datum: 15.7.2019		Příjmení:		Jméno:		rok narození:			
anamnéza:		-		obní lékař: 2019		úrazy:			
léky:		-		operace:		-			
kdy 1. brýle:		OD 5 lety		zaměstnání:		PRACOVNÍK			
rodič: ANO		PC: ANO - 4000 PĚŠINĚ				POZNÁMKY			
vl. brýle	Dávka OP	+2,0	-0,25	180	PÚVČOVÁ	DĚTE, které 2,0 DIOSEF DAVIOKSEKATOPITSEVO.			
	Dávka OL	+2,50	-0,25	180	POSTUPNĚ V BRÝLĚ	OL - 2,50 = 0,25 180°			
	filizko OP					OL - 0,25 = 0,25 180°			
	filizko OL								
Visus nat.	Výsledná korekce	SPH	CYL	OSA	Visus D	Bino	ADD	Visus B	ADD-PC
0,8	oko pravé	+2,0	=0,25	180°	1,0	1,2	+2,0	1,0	
0,8	oko levé	+2,5	=0,25	180°	1,0	1,2	+2,0	1,0	
Další doporučení:								Podpis optometristy:	
Souhlasím s korekcí:									
závěr: „tak vidíte, že vidíte!“									

Obrázek 7.3: Výsledné hodnoty z měření klienta

7.3.3 Metoda statistické analýzy

Pro vyhodnocení naměřených hodnot sféro-cylindrických hodnot bylo nutné je převést na nezávislé vektory lámavosti M , J_0 , J_{45} a α . M představuje sférický ekvivalent, J_0 vertikální zkřížený cylindr v ose 0° a J_{45} šikmý zkřížený cylindr v ose 45° a α osu cylindru ve stupních. Výpočty vektorů lámavosti se prováděly na základě vzorců: [6]

$$M = \frac{c}{2} \quad [7.1]$$

$$J_0 = -\frac{c}{2} * \cos 2\alpha \quad [7.2]$$

$$J_{45} = -\frac{c}{2} * \sin 2\alpha \quad [7.3]$$

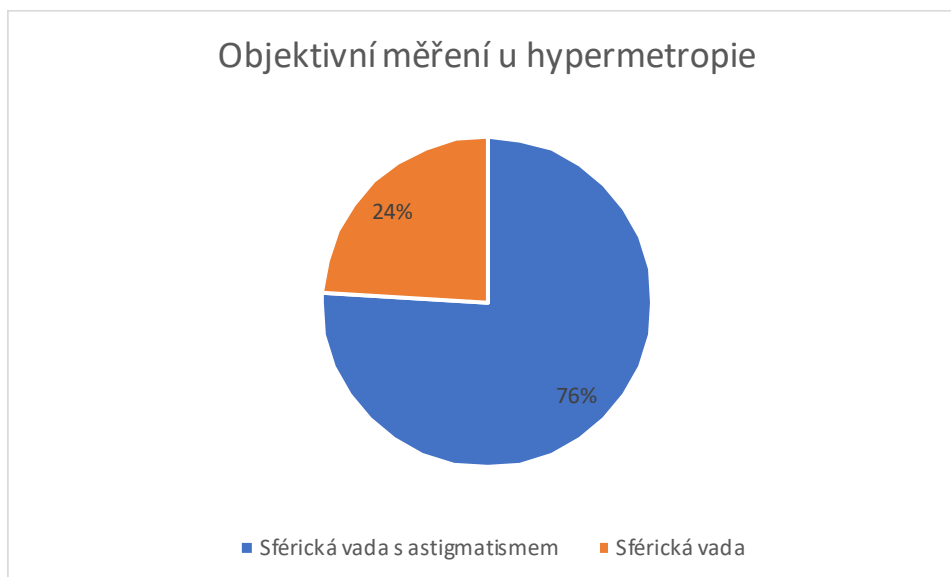
Pro vyhodnocení statistické analýzy nulové hypotézy byly použity vektory lámavosti, a to podle výše uvedených vzorců.

7.4 Měření refrakčních vad a stanovení korekce

Tato část bakalářské práce byla zaměřena na porovnávání naměřených hodnot z objektivního a subjektivního měření refrakčních vad. Měřením refrakčních vad se potvrdilo, že hodnoty z objektivního měření refrakce byly pouze výchozími hodnotami. Teprve na základě subjektivního měření refrakce byla klientům předepisována korekce. Přestože některým klientům byly při objektivním měření naměřeny stejné hodnoty, stanovená korekce na základě subjektivního měření se lišila. Veškeré výsledky z obou měření byly graficky porovnávány a na základě zjištěných výsledků bylo možné si ověřit výsledky stanovených hypotéz. Výsledky ze stanovených hypotéz byly zpracovány v samostatné kapitole.

7.4.1 Porovnání naměřených hodnot u ametropie

Z výzkumu vyplynulo, že u hypermetropie byly v 76 % zastoupeni klienti s astigmatismem a pouhých 24 % klientů mělo sférickou vadu bez astigmatismu, což je znázorněno na obrázku 7.4.



Obrázek 7.4: Hodnoty z objektivního měření u hypermetropů

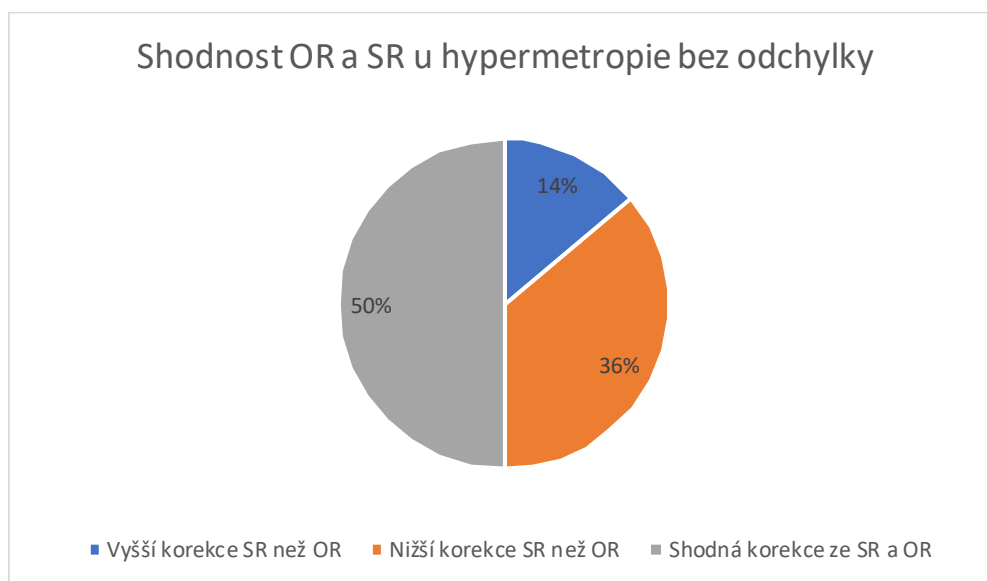
U hypermetropů s astigmatismem byl u 19 % klientů naměřen cylindr s nízkou dioptrickou hodnotou -0,25 D. U subjektivního měření však tento nízký cylindr nebyl stanoven.

Dle výzkumu vyplývá, že i u vyšetření myopů byla při objektivním měření také zjištěna hodnota cylindru. U 88 % klientů s myopií byly naměřeny hodnoty cylindru a pouhých 12 % klientů mělo sférickou vadu bez astigmatismu, což je znázorněno na obrázku 7.5. U myopů s astigmatismem byl u 12 % klientů naměřen cylindr s nízkou dioptrickou hodnotou -0,25 D. U subjektivního měření však tento nízký cylindr nebyl potvrzen.



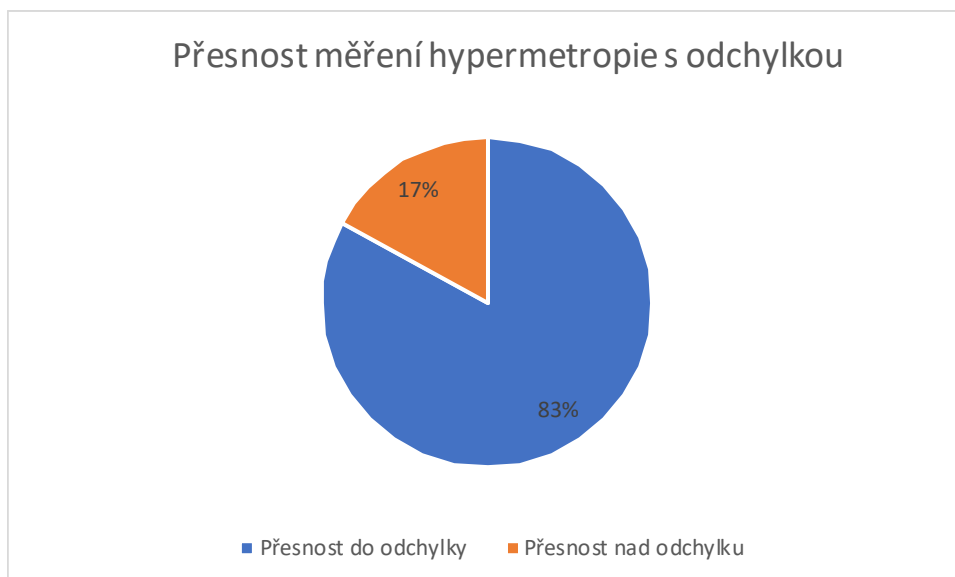
Obrázek 7.5: Objektivní měření u myopie

V rámci výzkumu byla porovnávána shodnost z objektivního měření se subjektivním měřením refrakční vady hypermetropie bez povolené odchylky. Na základě výsledků a stanovené korekce ze subjektivního měření došlo u klientů ve 14 % ke zvýšení korekce oproti objektivnímu měření. V 36 % došlo u subjektivního měření vůči objektivnímu měření ke snížení korekce. U 50 % klientů s hypermetropií se korekce ze subjektivního a objektivního měření shodovala. Analýzou ze všech výsledků vyšetřovaných osob s hypermetropií bylo potvrzeno, že je v praxi nutné objektivní výsledky refrakce u 50 % klientů pozměnit díky subjektivnímu vyšetřování.



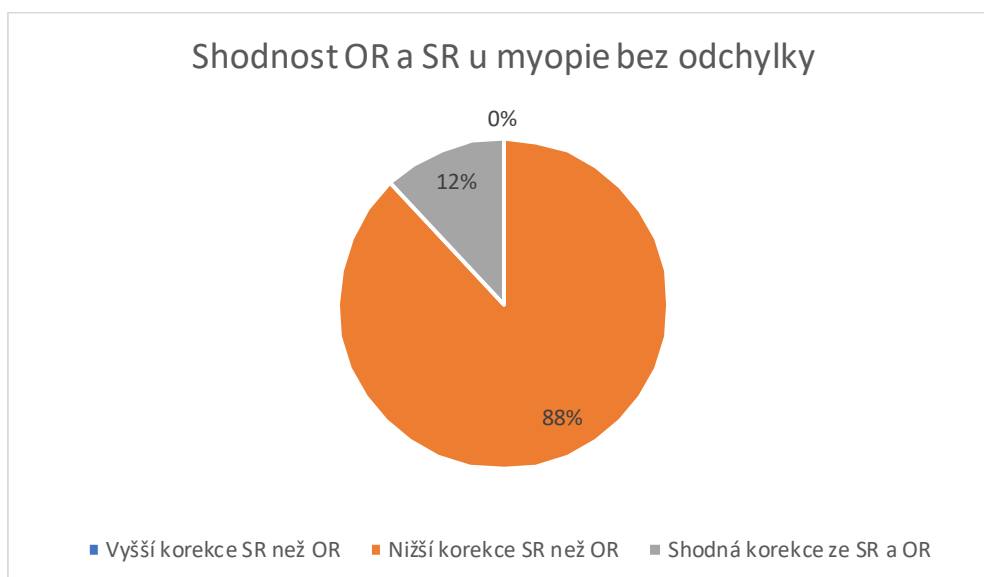
Obrázek 7.6: Shodnost objektivní a subjektivní refrakce u hypermetropie

Přesnost měření u hypermetropie se mezi objektivní a subjektivní refrakcí zvýšila více než 1,5 krát, pokud byla povolená odchylka do 0,5 D sférického ekvivalentu a do 0,5 D cylindru. U hypermetropů byla přesnost měření při povolené odchylce 83 %.



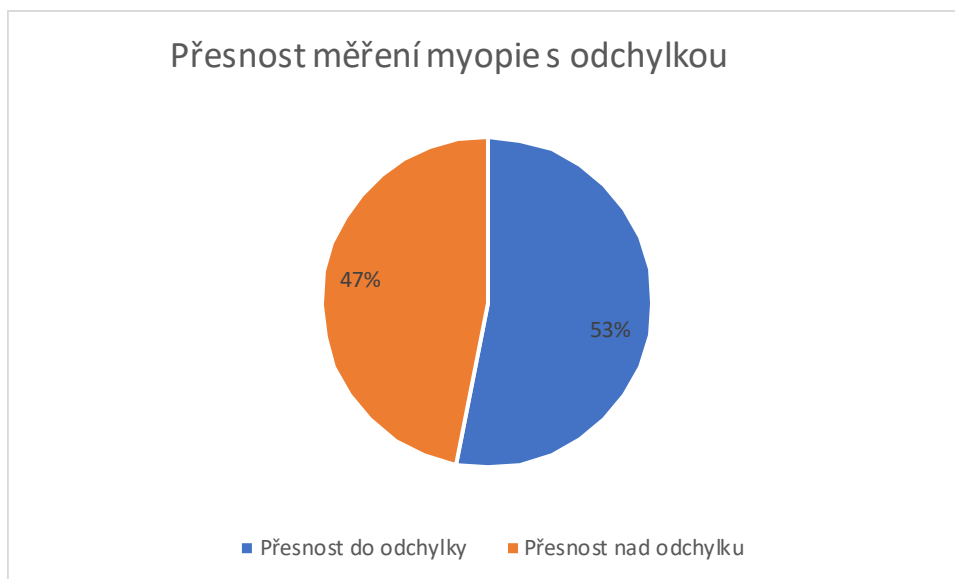
Obrázek 7.7: Přesnost měření s povolenou odchylkou do 0,5 D sférického ekvivalentu a do 0,5 D cylindru

Analýzou ze všech výsledků vyšetřovaných osob s myopií bylo zjištěno, že v praxi byla klientům u subjektivního vyšetření stanovena nižší refrakce, a to v 88 % oproti objektivnímu vyšetření. U 12 % klientů s myopií se korekce na základě subjektivního a objektivního měření shodovala. U žádného klienta nedošlo ke zvýšení korekce.



Obrázek 7.8: Shodnost objektivní a subjektivní refrakce u myopie

Přesnost měření mezi objektivní a subjektivní refrakcí u myopie byla výrazně vyšší, a to téměř 4,5×, pokud byla povolená odchylka do 0,5 D sférického ekvivalentu a do 0,5 D cylindru. U myopů byla přesnost měření při povolené odchylce 53 %.

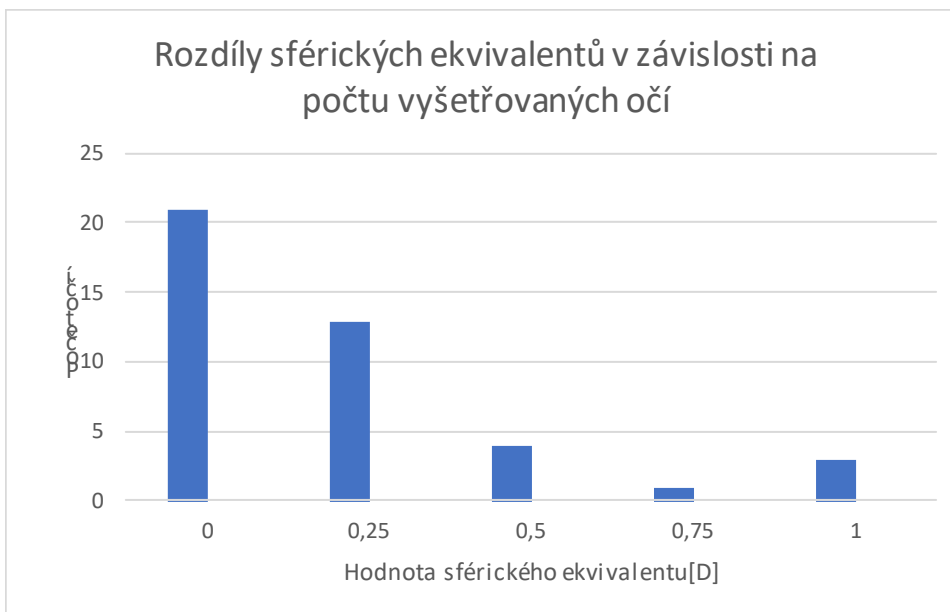


Obrázek 7.9: Přesnost měření s povolenou odchylkou do 0,5 D sférického ekvivalentu a do 0,5 D cylindru

7.4.2 Ověření správnosti korekce u hypermetropie a myopie

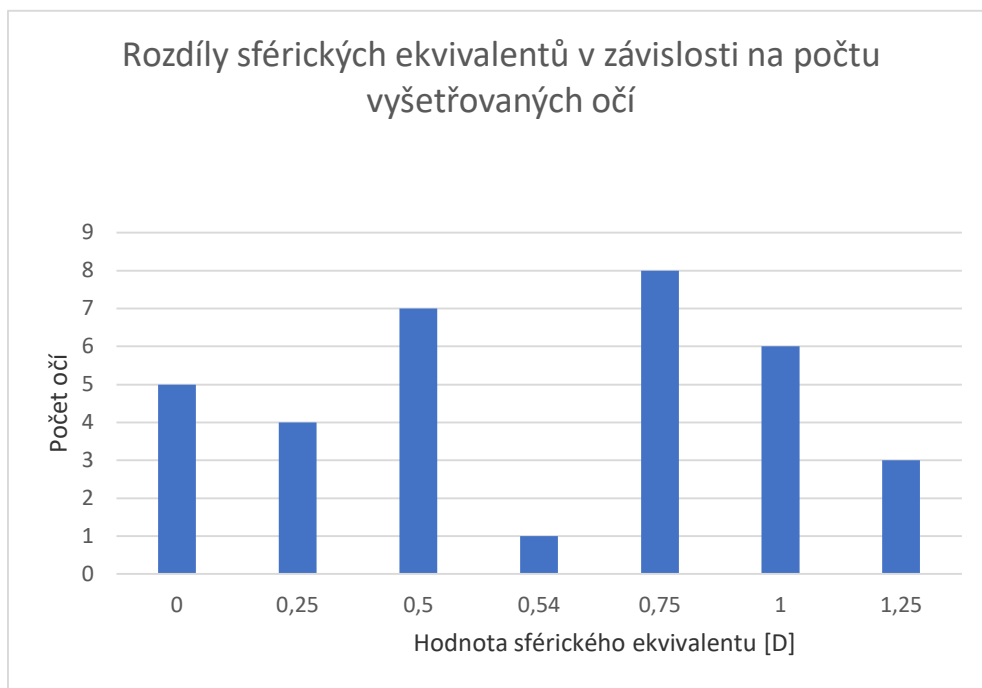
Pro ověření správnosti korekce na základě objektivního a subjektivního měření v praxi bylo třeba určit sférické ekvivalenty z naměřených hodnot sféry a cylindru. Sférické ekvivalenty byly zpracovány a porovnány se skutečnou korekcí v praxi. Z objektivního měření bylo možné vyčíst hodnoty sférického ekvivalentu, ale lze je také ručně vypočítat podle vzorce [6.1].

Průměrná hodnota sférického ekvivalentu u hypermetropie byla $\pm 0,21$ D, z čehož největší hodnota byla 1 D a nejčastěji dosahovala hodnoty 0 – 0,25 D.



Obrázek 7.10: Rozdíly sférických ekvivalentů u hypermetropie

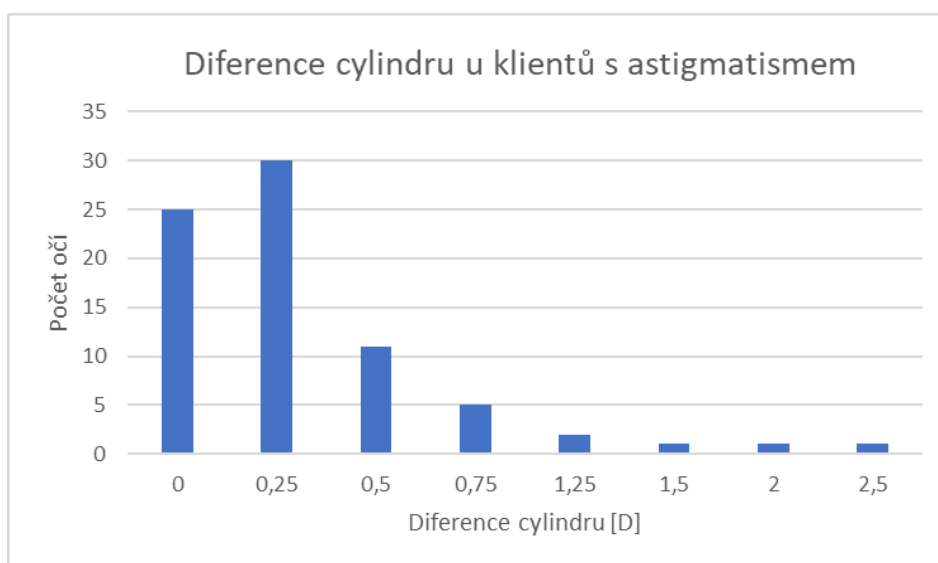
Průměrná hodnota sférického ekvivalentu u myopie byla 0,61 D, z čehož největší hodnota byla 1,25 D a nejčastěji dosahovala hodnoty 0,5 – 0,75 D.



Obrázek 7.11: Rozdíly sférických ekvivalentů u myopie

7.4.3 Shoda cylindrické korekce u objektivní a subjektivní refrakce

Ve výzkumu plné korekce astigmatismu bylo třeba ke každému klientovi přistupovat individuálně. Klientům byla naměřena plná korekce, ale protože to byla velká změna pro klienta, byla jim doporučena korekce nižší. Ve výzkumu však byla použita data z plné korekce. Jednalo se převážně o klienty s nižším astigmatismem. Na základě objektivního měření bylo zjištěno, že nejčastějším rozdílem je hodnota 0 nebo 0,25 D, což se také přibližovalo k průměrné hodnotě difference cylindru. Nejvyšší hodnota difference cylindru 2,5 D se vyskytovala pouze jednou.

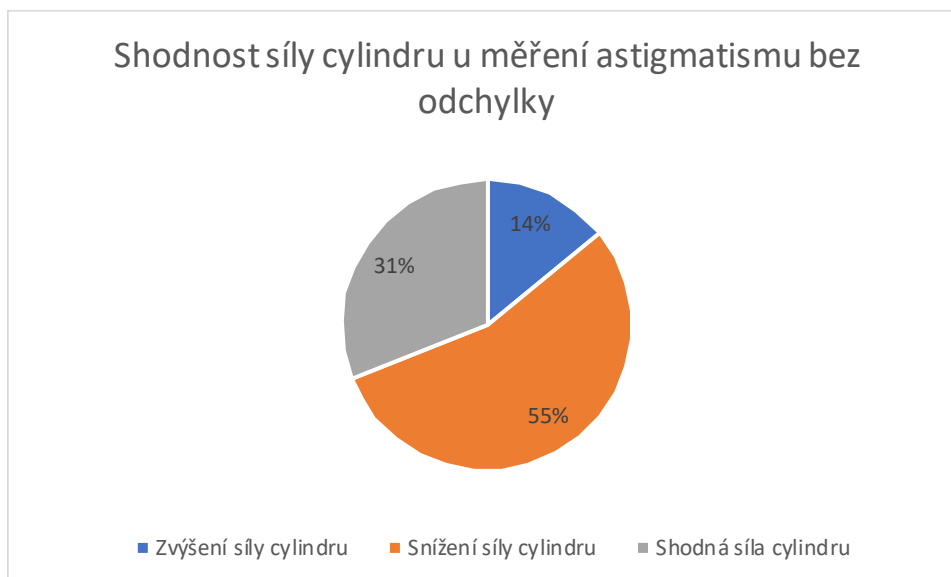


Obrázek 7.12: Diference cylindru u klientů s astigmatismem

Na základě subjektivního vyšetření u klientů nedošlo u všech klientů k cylindrické korekci z důvodu nesnášenlivosti. Srovnání spolehlivosti výsledků z objektivního měření zjišťování refrakce bylo rozčleněno:

a) z hlediska shody síly cylindru

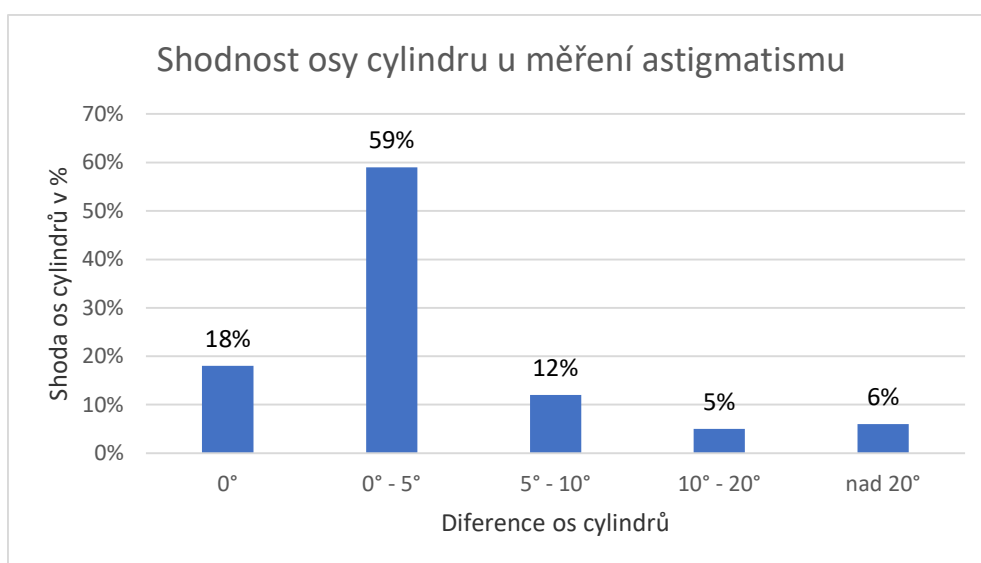
U cylindrické korekce praxe vypovídala, že 55 % klientů s astigmatismem odmítalo u subjektivní refrakce plnou korekci, 31 % klientů si přálo stejnou cylindrickou korekci, jakou dosahovali u objektivního měření, a pouze ve 14 % musela být klientům předepsána zvýšená korekce oproti naměřeným hodnotám z objektivní refrakce. Z výzkumu vyplynulo, že 31 % shodnost síly cylindru z objektivního a subjektivního měření refrakce byla předepisována klientům, kteří dosahovali nízkých cylindrických hodnot.



Obrázek 7.13: Shodnost síly cylindru u měření astigmatismu

c) z hlediska shody osy cylindru

Z výsledných hodnot při změně osy cylindru docházelo nejčastěji u subjektivního vyšetření os maximálně do 5° , a to v 59 %. U 5 osob s astigmatismem, což představovalo 6 % z celkově měřených očí, byla osa cylindru změněna o více než 20° , a to přesně u jednoho klienta maximálně o 24° .



Obrázek 7.14: Shodnost osy cylindru u měření astigmatismu

7.4.4 Měření astigmatismu u emetropie

V praxi bylo provedeno také objektivní a subjektivní měření emetropického klienta, který byl po operaci katarakty. Tento klient byl na základě objektivního i subjektivního vyšetření vykorigován cylindrem 0,25 D. Za mé krátkodobé praxe nedošlo k žádnému jinému měření emetropického klienta, proto nebylo možné výsledné hodnoty porovnávat.

```

NAME:
12_FEB_2019   PH 11:12
              NO: 2625
              SN: 1307002
REF. DATA
VD: 12.00     CYL: (-)
<R>  S      C      A
      - 0.00
      - 0.00
      - 0.00
      - 0.00
      S. E. - 0.00
<L>  S      C      A
      - 0.00
      - 0.00
      - 0.00 - 0.25 130
      - 0.00
      S. E. - 0.00
PD: 56
Essilor International

```

Obrázek 7.15: Naměřené hodnoty u emetropie

7.5 Výsledky stanovených hypotéz

Na základě provedeného výzkumu bylo možné ověřit si výsledky stanovených hypotéz. Pro statistické porovnání středních hodnot vektorů z objektivního a subjektivního měření byl použit Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu a nastavena hladina významnosti na 5 %. U vlastních hypotéz probíhaly výpočty v programu EXCEL za použití matematických funkcí.

7.5.1 Výsledky statistické hypotézy

U nulové hypotézy H_{01} bylo vyhodnocováno, zda rozdíl středních hodnot vektorů M , J_0 a J_{45} z objektivního a subjektivního měření byl stejný. Aby mohla být provedena statistická analýza, bylo třeba zjistit střední hodnoty vektorů podle vzorců [7.1–7.3].

Tabulka 7.1: Střední hodnoty vektorů

	Objektivní měření			Subjektivní měření		
	M	J₀	J₄₅	M	J₀	J₄₅
střední hodnota (D)	-0,191	0,041	-0,007	-0,025	-0,074	0,002

V případě porovnávání vektoru M byl výsledek párového testu $p = 0,00006$, což představovalo mnohem menší pravděpodobnost nulové hypotézy o shodě středních hodnot z objektivního i subjektivního měření, než byla stanovená pravděpodobnost 0,05. Mezi střední hodnotou objektivního měření a střední hodnotou subjektivního měření nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl a bylo možné tuto hypotézu u vektoru M zamítnout.

U porovnávání vektoru J_0 byl výsledek párového testu $p = 0,079$. Mezi střední hodnotou objektivního a subjektivního měření byl zjištěn statisticky významný rozdíl. Hladina významnosti 7,9 % převyšovala stanovenou 5% hladinu významnosti. Ze statistického zjištění vyplynulo, že střední hodnoty u objektivního a subjektivního měření u vektoru J_0 byly shodné a tudíž nelze nulovou hypotézu tohoto vektoru zamítnout.

U porovnávání vektoru J_{45} byl výsledek párového testu $p = 0,754$. Mezi střední hodnotou objektivního a subjektivního měření byl zjištěn statisticky významný rozdíl. Hladina významnosti 7,54 % převyšovala stanovenou 5 % hladinu významnosti. Ze statistického zjištění vyplynulo, že střední hodnoty u objektivního a subjektivního měření u vektoru J_{45} byly shodné a tudíž nelze nulovou hypotézu u tohoto vektoru zamítnout.

7.5.2 Výsledky vlastních hypotéz

U vlastní hypotézy H_1 bylo předpokládáno, že se objektivní a subjektivní měření refrakce bude shodovat alespoň v 80 % s vykazovanou chybou do 0,5 D ve sféře i v cylindru, přičemž osa bude zanedbána. Tato hypotéza byla vyhodnocena pomocí vektoru sférického ekvivalentu SE [6.1] a síly cylindru. Při porovnání objektivní a subjektivní refrakce hypermetropie a myopie se z celkového počtu 76 vyšetřovaných očí výsledky měření shodovaly v 67 %. Pouze v 33 % se měření odlišovalo mezi objektivním a subjektivním měřením.

Tabulka 7.2: Vlastní hypotéza H_1

Vlastní hypotéza	Předpoklad shodnosti v %	Výsledky shodnosti v %	Potvrzeno / Zamítnuto
H_1	80	67	Zamítnuto

U vlastní hypotézy H_2 bylo předpokládáno, že se výsledky z objektivního a subjektivního měření budou shodovat maximálně do 90 % s povolenou vykazovanou chybou do 0,5 D u hypermetropických i myopických očí bez přítomné cylindrické hodnoty z objektivního měření. Při porovnávání pomocí vektoru sférického ekvivalentu se z celkového počtu 76 vyšetřovaných očí výsledky shodovaly v 93 %.

Tabulka 7.3: Vlastní hypotéza H_2

Vlastní hypotéza	Předpoklad shodnosti v %	Výsledky shodnosti v %	Potvrzeno / Zamítnuto
H_2	90	93	Potvrzeno

U vlastní hypotézy H_3 bylo z výzkumu předpokládáno, že se astigmatismus častěji projevoval u myopických očí než u hypermetropických očí, a to v poměru 2:1. Při porovnávání výsledků bylo použito poměrové zastoupení.

Tabulka 7.4: Vlastní hypotéza H_3

Hypotéza	Předpoklad astigmatismu (poměr)	Výsledky astigmatismu (poměr)	Potvrzeno / Zamítnuto
H_3	2 : 1	1,15 : 1	Zamítnuto

Vysvětlivky: poměr myopických očí k hypermetropickým očím s naměřeným astigmatismem

8 Diskuse

Cílem bakalářské práce bylo stanovení metod refrakce a ověření korekce v praxi. Aby bylo dosaženo správného vyhodnocení použitých metod a ověřena korekce k praxi, byla stanovena jedna statistická nulová hypotéza. Současně s ní byly stanoveny tři vlastní hypotézy, které byly porovnávány s výzkumy odborné literatury. Veškerá spolehlivost objektivní i subjektivní refrakce byla ovlivněna celou řadou faktorů, ale přesto i v tak malém počtu měření, které bylo provedeno, není odlišnost proti výzkumům nijak zásadní.

U nulové hypotézy H_{01} bylo vyhodnocováno, zda rozdíl středních hodnot vektorů M , J_0 a J_{45} z objektivního a subjektivního měření bude stejný.

Ze statistické analýzy vyplynulo, že mezi objektivním a subjektivním měřením nebyly výsledné hodnoty tak rozdílné. I přesto, že bylo v případě porovnávání vektorů lomivosti J_0 a J_{45} dosaženo statistické rovnosti, je nutné pro dosažení zrakové ostrosti subjektivního vyšetření klientů.

U vlastní hypotézy H_1 bylo předpokládáno, že se objektivní a subjektivní měření refrakce bude shodovat alespoň v 80 % s vykazovanou chybou do 0,5 D ve sféře i v cylindru, přičemž osa bude zanedbána.

V odborné literatuře bylo uvedeno, že shodnost měření je až 95 % objektivně zjištěné refrakce s přípustnou chybou do 0,5 D sféry. Z mého výzkumu bylo zjištěno, že s vykazovanou chybou do 0,5 D ve sféře dosahovala shodnost měření 67 %, čímž se můj předpoklad nepotvrdil. Tento rozdíl byl menší, než uváděla odborná literatura, ale mohl být ovlivněn především malým počtem vyšetřovaných klientů. Rozdíl mohl být také způsoben nejenom samotným měřením, ze kterého se stanoví průměrná hodnota, ale také způsobenými chybami v měření. Subjektivní měření bylo totiž velmi individuální, protože záviselo hlavně na rozhodnutí klienta samotného, ale bylo také ovlivněno tím, že optometrista ve většině případů vycházel z korekce, kterou vyšetřovaný nosil před měřením refrakce.

Můj závěrečný výsledek se také odlišoval od studie Comparison of refractive assesment by wavefront aberrometry, autorefraction, and subjective refractino [34], která byla zkoumána v roce 2014 s celkovým počtem 60 klientů ve věkovém rozmezí 18–59 let. Refrakce byla měřena stejným postupem jako v mém případě, a to nejprve na auto kerato-refraktometru a poté subjektivní metodu. Ze studie vyplynulo, že nebyly změřeny velké rozdíly mezi oběma metodami, ale přesto subjektivní metoda pomocí zkušební obruby

a optotypu byla nejpřesnější. Rozdíly mezi auto kerato-refraktometrem a subjektivní metodou v dané studii byly naměřeny v 5,8 % případů s rozdílem nad $\pm 0,5$ D. Ze studie i s porovnáním odborné literatury bylo patrné, že rozdíl v měření v 94,2 % byl rozdíl změřených hodnot menší nebo rovno 0,5 D.

Také v další studii Ghose et. al. analyzoval rozdíly mezi auto kerato-refraktometrem a subjektivní metodou. Do výzkumu byli zahrnuti klienti ve věku do 40 let. Zkoumáním bylo zjištěno, že pro emetropy a klienty s nízkou hypermetropií a myopií dosahoval průměrný rozdíl v ekvivalentní sférické refrakci $-0,58$ D $\pm 0,79$ D. V 75 % případů rozdíl průměrné refrakční chyby překročil $+ 0,26$ D a byl naměřen objektivní metodou – auto kerato-refraktometrem. Dále studií bylo zjištěno, že konzistentnější výsledky byly u myopů než u hypermetropů. Snížení rozdílů mezi auto kerato-refraktometrem a subjektivní metodou bylo docíleno použitím cykloplegie. [35]

I McCaghrey and Matthews hodnotili refrakční chybu rezidua mezi auto kerato-refraktometrem a subjektivními nálezy u 790 klientů. Z jejich zkoumání bylo zjištěno, že průměrně 35 % výsledků refrakčních chyb rezidua dosahovalo chybu $+0,5$ D až $-0,25$ D v kombinaci s astigmatickou chybou rezidua ne větší než 0,25 D. Pokud byla povolena chyba rezidua na $+0,75$ až $-0,50$ D a s cylindrem ne vyšším než 0,50 D, průměrné procento přijatelných výsledků se zvýšilo na 64 %. [36] Z vlastního výzkumu měření u hypermetropie a myopie, pokud byla povolena odchylka do 0,5 D sférického ekvivalentu a do 0,5 D cylindru, byl zjištěn výsledek přesnosti měření 67 %, což se přibližovalo danému výzkumu McCaghrey and Matthews.

Z mé praktické části v porovnání s výše uvedenými studii lze vyvodit, že je opravdu třeba odpovídající korekci předepisovat až po subjektivním měření. Přesto kvalita a správnost měření mohla být ovlivněna celou řadou faktorů, které mohou mít negativní vliv na validitu měření. U objektivního měření bylo možné dopustit se chyby při centrování středu zornice nebo mohla ze strany vyšetřovaného nastat přístrojová myopie, která se projevovala krátkozrakostí způsobenou pohledem do přístroje, kdy klient na blízký předmět začal akomodovat. V dnešní době jsou však již auto kerato-refraktometry nastaveny tak, aby zabráňovaly vzniku přístrojové myopie. Další vliv na správnou korekci mohl mít klient aktuálním zdravotním stavem.

U vlastní hypotézy H_2 jsem předpokládal, že se výsledky z objektivního a subjektivního měření budou shodovat maximálně do 90 % s povolenou vykazovanou

chybou do 0,5 D u hypermetropických i myopických očí bez přítomné cylindrické hodnoty z objektivního měření.

Z mého výzkumu jsem zjistil, že se skutečná shoda z měření u klientů s hypermetropií a myopií shodovala v 93 %. Podle studie Dr. W. Wesemanna je shoda téměř shodná. Ve studii byly výsledky měření na různých typech auto kerato-refraktometrů porovnány s výsledky získanými při subjektivní refrakci. Rozdíl ve sférickém ekvivalentu dosahoval u 79–82 % klientů rozdíl menší než 0,51 D. U celkové astigmatické difference dospěl Dr. W. Wesemann k rozdílu 0,63 D u 90–99 % vyšetřených klientů. [37]

I to potvrzovalo teorii, že nelze předepisovat korekci pouze po objektivním měření refrakce a bylo nezbytné, aby výsledky z objektivní refrakce byly ověřeny i subjektivní refrakcí. Z výzkumu vyplynulo, že se nelze spoléhat na přístroje a je nutné ověřit korekci subjektivně a individuálně.

U vlastní hypotézy H₃ bylo z výzkumu předpokládáno, že se astigmatismus častěji projevoval u myopických očí než u hypermetropických očí, a to v poměru 2:1.

V poslední hypotéze jsem se si chtěl ověřit, u jaké oční vady se astigmatismus projevoval nejčastěji. V mém výzkumu se astigmatismus u hypermetropických očí projevil v 76 %, ale u myopických očí v 88 %. Poměr zastoupení je u myopů 1,15krát vyšší, než u hypermetropů. Nejedná se sice o takový rozdíl, jako ve srovnání se studií Prevalence of astigmatism in relation to soft contact lens fitting [38], ve které se astigmatismus projevil u myopických očí ve 31,7 % a u hypermetropických očí v 15,7 %. Studií bylo zjištěno, že poměr zastoupení myopů byl 2× vyšší, než u hypermetropů. Z mých výsledků byl poměr zastoupení myopů 0,8× nižší, než vyplývá ze studie, ale přesto se i z mých měření potvrdilo, že se astigmatismus nejčastěji projevoval u myopických očí.

9 Závěr

Cílem každého optometristy je správně uplatnit metody stanovení refrakce a následně zvolit vhodnou korekci. V rámci každého vyšetření, které v převážné většině začínalo objektivním vyšetřením refrakce, získával vyšetřující nejen výchozí hodnoty pro subjektivní vyšetření, ale také měl informace o tom, jak je oko funkční. Každé vyšetření by mělo mít vždy určitý postup a během vyšetřování by se klient měl cítit co nejpohodlněji.

V současné době jsou neustále se zvyšující nároky na dobré vidění, protože nejenom v kancelářích, ale dnes již i ve výrobních podnicích jsou modernizované přístroje nastavené na neustálou práci s výpočetní technikou. Vyšší nároky na vidění, v převážné většině do blízka, bývají nejčasnější příčinou zhoršené zrakové ostrosti. Jedná se především u zdravých očí o vady poměru mezi lomivostí optických prostředí k předozadní délce. Tyto vady se dnes dají velmi dobře korigovat, a tím vyšetřovaní pacienti mohou bez problémů nadále vykonávat své zaměstnání bez nějakých omezení.

Na základě všech vyšetření by měl optometrista umět zvolit a předepsat takovou korekci, která by zajistila co nejlepší zrakovou ostrost.

První část mé bakalářské práce je zaměřena na teoretickou část, ve které je popsána anatomie oka, optický systém oka, refrakční vady, objektivní a subjektivní měření refrakčních vad oka.

Druhá část mé bakalářské práce je zaměřena na praktické měření refrakčních vad u klientů. Pro správné vyhodnocení ověření korekce, ale i nutnosti subjektivního vyšetřování klientů byly stanoveny hypotézy, u kterých došlo k potvrzení či vyvrácení jejich pravdivosti.

Cílem mé práce bylo stanovení metod a ověření korekce v praxi. Na základě mých výsledků z výzkumu bylo potvrzeno, že hodnoty získané objektivním měřením refrakce byly pouze výchozími hodnotami pro subjektivní měření refrakce. Pro stanovení správné korekce bylo velmi důležité i subjektivního vyšetření refrakce.

10 Seznam použité literatury

- [1] R. WARWICK: *Eugene Wolff's Anatomy of the Eye and Orbit*. Philadelphia, PA: W. B. Saunders, 1976.
- [2] L. A. REMINGTON: *Clinical Anatomy of the Visual System*. Boston, MA: Butterworth-Heinemann, 1998.
- [3] S. R. SNELL and A. M. Lemp: *Clinical Anatomy of the Eye*, 2nd ed.: New York: Blackwell Science, 1998.
- [4] M. ANTON: *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotních oborů, 2004, 96 s, ISBN: 80-7013-402-X.
- [5] H. KRAUS a kol.: *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997.
- [6] R. B. RABBETTS: *Bennett & Rabbetts' clinical visual optics, ed. 4*. London: Butterworth-Heinemann, 2007, ISBN 978-0-7506-8874-1.
- [7] P. ROZSÍVAL, et al.: *Oční lékařství*. Praha: Galén, 2017, 229 s. ISBN 978-80-7492-316-6.
- [8] R. AUTRATA, R. a J. ČERNÁ: *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002, 226 s. ISBN 80-701-3362-7.
- [9] M. ANTON: *Refrakce oka*. Česká oční optika, 1998, 7-9 s.
- [10] AGARWAL, S., AGARWAL, A., BURATTO, L., APPLE, D. J., a ALI, J. L., *Textbook of Ophthalmology*. Jaypee Brothers Publishers, 2002, 3000 s.
- [11] M. BASS, et. al.: *Handbook of optics*. New York: McGraw-Hill, 2010. ISBN 978-007-1629-287.
- [12] H. KRAUS: *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997, 341 s, ISBN: 80-716-9079-1.
- [13] P. KUCHYNKA: *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2016, 936 s. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [14] O. W. RICHARDS: *Instrument myopia-microscopy*. America: American Journal of Optometry and Physiological Optics, 1976, 663 s.

- [15] T. HABERLAND: *Subjektivní měření zraku*. Hradec Králové, 2008, Rodenstok Akademie 2008
- [16] M. RUTRLE: *Přístrojová optika*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, 189 s. ISBN 80-701-3301-5.
- [17] M. SUDER: *Subjektivní monokulární refrakce*. Praha, 2006, Seminář Carl Weiss
- [18] <http://www.bryle-optika-praha.cz/nauka-o-zraku>
- [19] R. BAŠTECKÝ: *Praktická brýlová optika*. Praha: R H Optik, 1997, 83 s.
- [20] W. J. BENJAMIN, I. M. BORISH. *Borish's clinical refraction*. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, 2006, 1694 p. ISBN 07-506-7524-1.
- [21] M. ANTON: *Astigmatismus*. Česká oční optika. Červen 2006, č. 2, str. 16-17.
- [22] A. MAZUREK: *Přístrojová optika*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1965, 84 s.
- [23] P. BENEŠ: *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015, 250 s. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [24] J. POLÁŠEK a kol.: *Technický sborník oční optiky*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1974.
- [25] M. RUTRLE: *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2000, 189 s. ISBN 80-7013-301-5.
- [26] M. ANTON: *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974, 579 s. ISBN 06-045-74.
- [27] M. KASCHKE, K. H. DONNERHACKE, M. S. RILL, S. BENJAMIN: *Optical device in ophthalmology and optometry: technology, design principles and clinical applications*. Germany: Wiley-VCH, 2014. ISBN 978-3-527-64896-2.
- [28] https://www.technikaatrh.cz/images/technika_2006/leden/oci_1.jpg
- [29] D. MILLER: *Textbook of Ophthalmology: A User Friendly Guide*. Optics and refraction. London: Mosby, 1991. ISBN 1-56375-011-2.

- [30] J. VENTRUBA, P. VESELÝ: *Modifikace prahové interpolační metody logMAR na optotypu ETDRS*. Česká oční optika, 2008, č. 2, s. 12-14
- [31] S. SYNEK a Š. SKORKOVSKÁ: *Fyziologie oka a vidění*. Praha: Grada, 2014, 96 s. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [32] T. HABERLAND: *Foropter nebo refrakční brýle?* Česká oční optika, 2009, 60 s.
- [33] http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyzika/prof/Tesar/diplomky/obr_dopl_optika/optika/zakl_prvky/cocky/vady.
- [34] J. R. BENNETT, G. M. STALBOERGER, D. O. HODGEB, M. M. SCHORNACK: *Comparison of refractive assessment by wavefront aberrometry, autorefractometry, and subjective refraction*. Journal of Optometry. [online]. [cit. 2015-04-10.]. Dostupné z: <http://www.journalofoptometry.org/>
- [35] S. GHOSE, B. K. NAYAK, J. P. SINGH: *Critical evaluation of the NR-1000 F Auto Refractometer*. British Journal of Ophthalmology, 1986.
- [36] G. E. MCCAGHREY, F. E. MATTHEWS: *Clinical evaluation of a range of autorefractors*. Ophthalmic and Physiological Optics 21. 1993.
- [37] M. ANTON: *Autorefraktory*. Česká oční optika. 2005, č. 2. ISSN 1211-233X.
- [38] Prevalence of astigmatism in relation to soft contact lens fitting. – PubMed – NCBI. [online]. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
- [39] AUTRATA, R., *Klinické anomálie refrakce: ASTIGMATISMUS* (přednáška). Brno: Masarykova univerzita.

11 Seznam symbolů a zkratk

Zkratka	Význam
A	osa
C	cylindr
D	dioptrie
DC	dioptrie cylindru
S	sféra
SE	sférický ekvivalent

12 Seznam obrázků

Obrázek 3.1: Chod paprsků emetropickým okem [7].....	12
Obrázek 3.2: Lom světla ke kolmici [3]	13
Obrázek 3.3: Lom světla od kolmice [3]	14
Obrázek 3.4: Snellův zákon [3]	14
Obrázek 3.5: Pupilární přímka, osa vidění a úhel kapa (P – fixovaný bod, Na – nasálně, T – temporálně, FV – fovea) [10].....	16
Obrázek 3.6: Optická osa, osa vidění, osa fixace a úhly, které svírají (FV – fovea, C – centrum rotace, N – uzlový bod, P – fixovaný bod) [10].....	17
Obrázek 3.7: Minimum separabile.....	17
Obrázek 3.8: Zkreslení obrazu – distorze [33]	19
Obrázek 3.9: Koma [33]	19
Obrázek 4.1: Chod paprsků myopickým okem [7].....	21
Obrázek 4.2: Korekce myopie [18]	23
Obrázek 4.3: Chod paprsku hypermetropickým okem [7]	24
Obrázek 4.4: Korekce hypermetropie [18]	26
Obrázek 4.5: Astigmatismus [33].....	26
Obrázek 5.1: Autorefraktometr NIDEK [28].....	30
Obrázek 5.2: Průchod paprsků přes Scheinerův disk [27].....	32
Obrázek 6.1: Obrázkový optotyp [31]	36
Obrázek 6.2: Schéma Jacksonova zkříženého cylindru [20].....	38
Obrázek 6.3: Schéma pro ovládání Jacksonova zkříženého cylindru [20].....	38
Obrázek 7.1: Vyšetřovací karta [formulář optiky]	43
Obrázek 7.2: Výsledky z měření na auto kerato-refraktometru [vlastní měření]	43
Obrázek 7.3: Výsledné hodnoty z měření klienta [formulář optiky].....	44
Obrázek 7.4: Hodnoty z objektivního měření u hypermetropů	46
Obrázek 7.5: Objektivní měření u myopie	46
Obrázek 7.6: Shodnost objektivní a subjektivní refrakce u hypermetropie.....	47
Obrázek 7.7: Přesnost měření s povolenou odchylkou do 0,5 D sférického ekvivalentu a do 0,5 D cylindru	48
Obrázek 7.8: Shodnost objektivní a subjektivní refrakce u myopie.....	48
Obrázek 7.9: Přesnost měření s povolenou odchylkou do 0,5 D sférického ekvivalentu a do 0,5 D cylindru	49

Obrázek 7.10: Rozdíly sférických ekvivalentů u hypermetropie	50
Obrázek 7.11: Rozdíly sférických ekvivalentů u myopie.....	50
Obrázek 7.12: Diference cylindru u klientů s astigmatismem.....	51
Obrázek 7.13: Shodnost síly cylindru u měření astigmatismu	52
Obrázek 7.14: Shodnost síly cylindru u měření astigmatismu	52
Obrázek 7.15: Naměřené hodnoty u emetropie [vlastní měření].....	53

13 Seznam tabulek


Tabulka 3.1: Parametry Gullstrandova schematického oka (hodnoty v závorkách odpovídají maximální akomodaci) [6].....	12
Tabulka 6.1: Sférický deficit podle úrovně vizu [20].....	33
Tabulka 7.1: Střední hodnoty vektorů	54
Tabulka 7.2: Vlastní hypotéza H_1	55
Tabulka 7.3: Vlastní hypotéza H_2	55
Tabulka 7.4: Vlastní hypotéza H_3	55

14 Přílohy

14.1 Příloha A: Přepočtová tabulka

CALCULATION TABLE - VERTEX DISTANCE
 Contact lens power depending on the distance of the spectacle lens to the apex of the cornea

CONTACT LENSES MINUS				GLASSES	CONTACT LENSES PLUS			
18 mm	12 mm	14 mm	16 mm	0%	18 mm	14 mm	12 mm	18 mm
3,50	3,25	3,25	3,25	3,50	3,75	3,75	3,75	3,75
3,50	3,50	3,50	3,50	3,75	4,00	4,00	4,00	4,00
3,75	3,75	3,75	3,75	4,00	4,25	4,25	4,25	4,25
4,00	4,00	4,00	4,00	4,25	4,50	4,50	4,50	4,50
4,25	4,25	4,25	4,25	4,50	4,75	4,75	4,75	4,75
4,50	4,50	4,50	4,50	4,75	5,25	5,00	5,00	5,00
4,75	4,75	4,75	4,75	5,00	5,50	5,50	5,25	5,25
5,00	5,00	5,00	4,75	5,25	5,75	5,75	5,50	5,50
5,25	5,25	5,00	5,00	5,50	6,00	6,00	6,00	5,75
5,50	5,50	5,25	5,25	5,75	6,25	6,25	6,25	6,00
5,75	5,75	5,50	5,50	6,00	6,75	6,50	6,50	6,50
6,00	5,75	5,75	5,75	6,25	7,00	6,75	6,75	6,75
6,00	6,00	6,00	6,00	6,50	7,25	7,25	7,00	7,00
6,25	6,25	6,25	6,00	6,75	7,50	7,50	7,25	7,25
6,50	6,50	6,50	6,25	7,00	8,00	7,75	7,75	7,50
6,75	6,75	6,50	6,50	7,25	8,25	8,00	8,00	7,75
7,00	7,00	6,75	6,75	7,50	8,50	8,50	8,25	8,00
7,25	7,00	7,00	7,00	7,75	8,75	8,75	8,50	8,50
7,50	7,25	7,25	7,00	8,00	9,25	9,00	8,75	8,75
7,50	7,50	7,50	7,25	8,25	9,50	9,25	9,25	9,00
7,75	7,75	7,50	7,50	8,50	9,75	9,75	9,50	9,25
8,00	8,00	7,75	7,75	8,75	10,25	10,00	9,75	9,50
8,25	8,00	8,00	7,75	9,00	10,50	10,50	10,00	10,00
8,50	8,25	8,25	8,00	9,25	10,75	10,75	10,50	10,25
8,75	8,50	8,50	8,25	9,50	11,25	11,00	10,75	10,50
9,00	8,75	8,50	8,50	9,75	11,50	11,25	11,00	10,75
9,00	9,00	8,75	8,50	10,00	12,00	11,75	11,25	11,00
9,50	9,25	9,25	9,00	10,50	12,50	12,25	12,00	11,75
10,00	9,75	9,50	9,25	11,00	13,25	13,00	12,75	12,25
10,25	10,00	10,00	9,75	11,50	14,00	13,75	13,25	13,00
10,75	10,50	10,25	10,00	12,00	14,75	14,50	14,00	13,75
11,00	10,75	10,75	10,50	12,50	15,75	15,25	14,75	14,25
11,50	11,00	11,00	10,75	13,00	16,50	16,00	15,50	15,00
12,00	11,50	11,25	11,00	13,50	17,25	16,75	16,00	15,50
12,25	12,00	11,75	11,50	14,00	18,00	17,50	16,75	16,25
12,75	12,25	12,00	11,75	14,50	19,00	18,25	17,50	17,00
13,00	12,75	12,50	12,00	15,00	19,75	19,00	18,25	17,75
13,50	13,00	12,75	12,50	15,50	20,50	19,75	19,00	18,25
13,75	13,50	13,00	12,75	16,00	21,50	20,50	19,75	19,00
14,25	13,75	13,50	13,00	16,50	22,50	21,50	20,50	19,75
14,50	14,00	13,75	13,25	17,00	23,25	22,25	21,25	20,50
15,00	14,50	14,00	13,75	17,50	24,25	23,25	22,25	21,25
15,25	14,75	14,50	14,00	18,00	25,25	24,00	23,00	22,00
15,50	15,25	14,75	14,25	18,50	26,25	25,00	23,75	22,75
16,00	15,50	15,00	14,50	19,00	27,25	26,00	24,50	23,50
16,25	15,75	15,25	14,75	19,50	28,25	26,75	25,00	24,25
16,75	16,25	15,75	15,25	20,00	29,50	27,75	26,25	25,00
17,00	16,50	16,00	15,50	20,50	30,50	28,75	27,25	25,75
17,25	16,75	16,25	15,75	21,00	31,75	29,75	28,00	26,50


THE VISION CARE INSTITUTE
of
Johnson & Johnson

14.2 Příloha B: Výsledky z objektivního a subjektivního měření u klientů s hypermetropií

Výsledky z objektivního měření - klienti s hypermetropií									
Poř. číslo měření	Pravé oko					Levé oko			
	S	C	A [°]	SE		S	C	A [°]	SE
1	0,5	-0,75	13	0,25		0,5	-0,75	172	0,25
2	1,25	-0,75	74	1		1,5	-0,75	97	1,25
3	0,5	0	0	0,5		1	-0,25	162	1
4	0,5	0	0	0,5		1,5	-1	79	1
5	1,25	-0,25	6	1,25		1,75	-0,5	142	1,5
6	2,25	-0,75	70	2		1,5	-0,5	101	1,25
7	4	-1	155	3,5		1,5	-0,25	146	1,5
8	5,25	-1,75	14	4,5		4,75	-1,75	162	4
9	1,75	-0,25	105	1,75		1,75	-0,25	66	1,75
10	3,25	-1	3	2,75		6	-2	1	5
11	2,75	-1	102	2,25		3	-1	117	2,5
12	1,75	0	0	1,75		1	-0,5	103	0,75
13	0,5	0	0	0,5		1,5	-0,5	142	1,25
14	0,75	-0,5	176	0,5		0,75	-0,5	142	0,5
15	0,5	0	0	0,5		1	-0,5	101	0,75
16	0,5	0	0	0,5		0,5	0	0	0,5
17	1,25	-0,25		1,25		1,5	0	0	1,5
18	0,75	0	0	0,75		1	0	0	1
19	1,25	-0,75	70	1		1,5	-1	81	1
20	0,75	-0,5	0	0,5		0,5	-0,75	99	0,25
21	4,75	-1,75	14	4		3,25	-1	162	2,75

Vysvětlivky: S = sphere (sféra), C = cylinder (cylindr), A = axis (osa), SE = spherical equivalent (sférický ekvivalent)

Výsledky ze subjektivního měření - klienti s hypermetropií							
Poř. číslo měření	Pravé oko				Levé oko		
	Korekce [D]	C	A [°]		Korekce [D]	C	A [°]
1	0,25	-0,5	15		0,25	-0,5	175
2	0,75	-0,5	75		1	-0,5	100
3	0,5	0	0		0,75	0	0
4	0,5	-0,25	140		1,25	-0,75	80
5	1	0	0		1,5	0	0
6	1,75	0	0		1,25	0	0
7	2,5	-1	0		1,25	0	0
8	4,75	-2	5		4	-1,5	170
9	1,25	0	0		1,25	0	0
10	3,25	-1	180		4	-2	177
11	1,5	-0,5	100		1,5	-0,25	140
12	1,75	-0,5	90		1	-0,5	90
13	0,5	0	0		1,25	0	0
14	0,5	-0,5	165		0,5	-0,5	10
15	0,5	0	0		1	0	0
16	0,5	0	0		0,5	0	0
17	1	0	0		1,5	0	0
18	0,75	-0,25	140		1	0	0
19	0,75	0	0		0,75	-0,75	81
20	0,5	0	0		0,25	-0,5	100
21	4	-3	7		3,25	-1,5	170

Vysvětlivky: D = dioptrie, C = cylinder (cylindr), A = axis (osa)

14.3 Příloha C: Výsledky z objektivního a subjektivního u klientů s myopií

Výsledky z objektivního měření - klienti s myopií									
Poř. číslo měření	Pravé oko					Levé oko			
	S	C	A [°]	SE		S	C	A [°]	SE
1	-0,75	-0,5	161	-1		-1	-0,25	39	-1,25
2	-1,75	-1	158	-2,25		-1,25	-0,75	23	-1,75
3	-0,25	-0,5	110	-0,5		0	-0,5	51	-0,25
4	-2,25	-0,75	160	-2,75		-1,75	-1,25	7	-2,5
5	-2,5	-0,25	168	-2,75		-2,25	-0,25	7	-2,5
6	-2	-0,5	81	-2,25		-2,75	0	0	-2,75
7	-1,25	-1,25	158	-2		-2,25	-1	16	-2,75
8	-2,25	-0,75	82	-2,75		-1,5	-0,75	76	-2
9	-0,75	-0,5	167	-1		-1	-0,75	1	-1,5
10	0	-1,5	111	-0,75		0	-1	54	-0,5
11	-3,5	-0,75	99	-4		-5,25	-1	65	-5,75
12	-0,5	-0,5	2	-0,75		-1	0	0	-1
13	-1	-1	121	-1,5		-1,5	-0,75	39	-2
14	-1	-0,25	175	-1,25		-1	0	0	-1
15	-2	0	0	-2		-1,75	-0,5	173	-2
16	-7,75	-1,75	93	-8,75		-6	-3	76	-7,5
17	-0,25	-2,5	165	-1,5		-1,25	-2	19	-2,25

Vysvětlivky: S=sphere (sféra), C=cylinder (cylindr), A=axis (osa), SE=spherical equivalent (sférický ekvivalent)

Výsledky ze subjektivního měření - klienti s myopií							
Poř. číslo měření	Pravé oko				Levé oko		
	Korekce [D]	C	A [°]		Korekce [D]	C	A [°]
1	-0,5	-0,25	156		-0,71	-0,25	40
2	-1,25	-0,75	155		-1	-0,5	25
3	-0,5	-0,5	110		-0,25	-0,25	55
4	-2	-0,75	165		-1,75	-0,75	180
5	-2	-0,25	180		-1,5	-0,25	180
6	-2,25	-0,5	90		-2,25	-0,25	180
7	-0,75	-0,5	160		-1,75	-0,75	20
8	-1,5	-0,5	80		-1,5	0	0
9	-0,75	-0,25	160		-0,75	-0,5	180
10	-0,25	-1	115		-0,5	-0,75	55
11	-3	-0,75	95		-4,75	-0,75	60
12	-0,25	-0,5	5		-0,75	-0,5	10
13	-1	-0,75	120		-1,25	-0,75	40
14	-1	0	0		-1	0	0
15	-1	0	0		-1,25	-0,5	172
16	-7,5	-3	98		-7	-1,5	85
17	-0,75	0	0		-2	0	0

Vysvětlivky: D = dioptrie, C = cylinder (cylindr), A = axis (osa)

14.4 Příloha D: Výsledky z objektivního měření na refraktometru u klienta s emetropií

Výsledky z objektivního měření - klient s emetropií									
Poř. číslo měření	Pravé oko					Levé oko			
	S	C	A [°]	SE		S	C	A [°]	SE
1	0	0	0	0		plan	-0,25	130	0
Vysvětlivky: S = sphere (sféra), C = cylinder (cylindr), A = axis (osa), SE = spherical equivalent (sférický ekvivalent)									