



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra přírodovědných oborů

**Možné chyby při subjektivní refrakci**

**Possible mistakes in subjective refraction**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

**Autor bakalářské práce: Milena Pešková Minářová**

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jana Urzová, Ph.D.

---

**Kladno 2022**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pešková Minářová** Jméno: **Milena** Osobní číslo: **483411**  
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**  
Garantující katedra: **Katedra přírodovědných oborů**  
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**  
Studijní obor: **Optika a optometrie**

## II.

Název :

**Chyby při subjektivní refrakci**

Název anglicky:

**Mistakes in subjective refraction**

Pokyny pro vypracování:

Studentka zpracuje téma subjektivní refrakce a chyby, ke kterým při jejím provádění může dojít. Práce bude obsahovat stručný popis anatomie oka a rozdělení refrakčních vad. Vhodnou formou bude teoreticky zpracován pojem subjektivní refrakce a pravidla při jejím provádění. Práce bude obsahovat výčet chyb, kterých se může dopustit sám optometrista nebo ke kterým může dojít nikoliv jeho vinou. V práci bude navrženo provedení praktického ověření jednotlivých chyb při subjektivní refrakci a srovnání měření s chybou a bez ní.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ROZSÍVAL, P. a kol., Oční lékařství, ed. 1, Galén, Karolínum, 2006, ISBN 80-7262-404-0
- [2] AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ, Nauka o zraku, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002, ISBN 80-7013-362-7
- [3] RUTRLE, Miloš, Brýlová optika, Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993, ISBN 80-7013-145-4

Jméno a příjmení vedoucí(ho) :

**Mgr. Jana Urzová, Ph.D.**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) :

Datum zadání : **04.10.2020**

Platnost zadání : **31.01.2022**

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

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

## **Název bakalářské práce: Možné chyby při subjektivní refrakci**

### **Abstrakt:**

Bakalářská práce s názvem "Možné chyby při subjektivní refrakci" je věnována problematice chyb, kterých se může optometrista při vyšetřování dopustit. V teoretické části práce je stručně shrnuta základní anatomie oka s důrazem na refrakční media oka - rohovku a čočku, dále je zde popsána základní anatomie sítnice. Podstatnou část práce tvoří výčet refrakčních vad, jejich rozdělení, symptomy a korekce, jsou popsány vyšetřovací metody refrakce a podmínky doporučené pro její provedení. Praktická část se zabývá refrakčním měřením skupiny probandů za doporučených podmínek a porovnává je s následně provedenými měřeními, kdy není některá z podmínek dodržena. Výsledky měření jsou analyzovány s cílem posoudit vliv nedodržení doporučených podmínek na získané hodnoty.

### **Klíčová slova:**

refrakční vady, subjektivní refrakce, chyby refrakce, vyšetřovací vzdálenost

## **Bachelor's Thesis title:** Possible mistakes in subjective refraction

### **Abstract:**

The bachelor thesis entitled "Possible errors in subjective refraction" is devoted to the issue of errors that an optometrist can make during an examination. The theoretical part of the thesis briefly summarizes the basic anatomy of the eye with emphasis on the refractive media of the eye - cornea and lens, and also describes the basic anatomy of the retina. A substantial part of the work consists of a list of refractive errors, their distribution, symptoms and corrections. Examination methods of refraction and conditions recommended for its implementation are also described. The practical part deals with refractive measurements of a group of probands under the recommended conditions and compares them with subsequent measurements, when some of the conditions are not met. The measurement results are analyzed in order to assess the effect of non-compliance with the recommended conditions on the obtained values.

### **Key words:**

refractive errors, subjective refraction, mistakes refraction, examination distance

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní doktorce Mgr. Janě Urzové, Ph.D., za cenné rady. Děkuji také Očnímu centru ve Srážné ulici v Jihlavě za možnost naměření dat k mé bakalářské práci. A děkuji svojí rodině, rodičům, manželovi a svým třem synům, že mi umožnili, abych si splnila sen.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Možné chyby při subjektivní refrakci*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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

V *Kladně* dne .....

.....

podpis

# Obsah

1	Úvod .....	6
2	Základní anatomie oka.....	7
2.1	Rohovka (cornea) .....	8
2.2	Čočka (lens).....	9
2.3	Sklivec (corpus vitreum) .....	10
2.4	Sítnice (retina) .....	11
3	Refrakční vady.....	13
3.1	Myopie (krátkozrakost) .....	14
3.2	Hypermetropie (dalekozrakost).....	15
3.3	Astigmatismus.....	16
3.4	Presbyopie (vetchozrakost) .....	17
4	Další oční stavy a vady ovlivňující refrakci oka .....	18
4.1	Afakie a pseudoafakie .....	18
4.2	Anizometropie.....	18
4.3	Anizeikonie .....	19
5	Vyšetřování refrakčních vad.....	20
5.1	Před refrakční úkony .....	20
5.2	Objektivní refrakce.....	20
5.2.1	Skiaskopie.....	20
5.2.2	Autorefraktometr .....	21
5.3	Subjektivní refrakce .....	21
5.3.1	Podmínky pro vyšetřování subjektivní refrakce .....	21
5.3.2	Podmínky a vybavení.....	22
5.3.3	Subjektivní refrakce - vyměření .....	24
6	Diskuze možných chyb.....	31

---

7	Naměřené výsledky .....	33
7.1	Obecné zhodnocení sledované skupiny.....	34
7.1.1	Rozložení pohlaví .....	34
7.1.2	Věkové rozložení .....	35
7.1.3	Další parametry skupiny .....	36
7.2	Rozložení očních vad .....	36
7.3	Vliv vzdálenosti optotypu .....	37
7.3.1	Vyhodnocení dle pohlaví .....	38
7.3.2	Vyhodnocení dle oční vady .....	40
7.4	Vliv okolního osvětlení .....	42
7.4.1	Vyhodnocení dle pohlaví .....	43
7.4.2	Vyhodnocení dle oční vady .....	44
7.5	Nesprávně nasazená obruba .....	47
8	Diskuze výsledků.....	48
9	Závěr.....	50
	Seznam použité literatury .....	51
	Seznam obrázků.....	53
	Seznam tabulek .....	54



# 1 Úvod

Bouřlivý rozvoj vědy a techniky přinesl do oftalmologie a optometrie mnoho nového. Nové materiály, přístroje a nástroje a také výsledky vědeckého výzkumu výrazně ovlivnily diagnostiku a korekci refrakčních vad. Lidem se sníženou zrakovou ostrostí jsou k dispozici různé konzervativní, radikální i chirurgické postupy. Volba optimálního řešení individuální refrakční vady záleží jak na přesném vykorigování vady, tak na odborných znalostech a zkušenostech korigujícího. [1]

Úkolem mé bakalářské práce je shrnout časté chyby, kterých se může optometrista dopustit a jak moc tyto chyby ovlivní výsledek měření. Na začátku práce uvedu stručnou základní anatomii oka, především refrakčních médií tzn. rohovka, čočka, také základní anatomii sítnice. Dále bude následovat výčet refrakčních vad, jejich rozdělení, symptomy a korekce. Budou zde popsány vyšetřovací metody refrakce a podmínky, které musí být pro refrakci splněny. Zde již budou uvedeny příklady častých chyb a jak jim předejít.

V praktické části se budu věnovat rozdílu ve vyměření subjektivní refrakce při dodržení doporučení na vzdálenost, osvětlení a usazení obruby oproti refrakci ve vzdálenosti menší než je doporučená, za osvětlení, které je nižší než je doporučené a při nesprávně nasazené obrubě. Zajímalo mě, jak moc a zda vůbec tyto změny ovlivní subjektivní refrakci a tedy jak moc je či není důležité jejich důsledné dodržování.

## 2 Základní anatomie oka

Zrak je jedním z našich pěti smyslů. Na rozdíl od ostatních smyslů, které nám slouží od narození, trvá vývoj vidění mnohem déle. Je to způsobeno tím, že vidíme mozkiem. Jeho předsunutou částí v oku je sítnice. I když se dítě narodí se zdravým mozkiem, musí se naučit číst, psát, počítat. Stejně je to i s viděním. Zdravému dítěti trvá 7-8 let, než získá kvalitní binokulární vidění. Binokulární vidění je komplikovaný a komplexní proces. Jedním z hlavních předpokladů, aby dítě dosáhlo kvalitního binokulárního vidění, je schopnost vytvořit na sítnici ostrý obraz pozorovaného předmětu. Abychom dobře viděli, nesmíme mít větší refrakční vadu. [1]

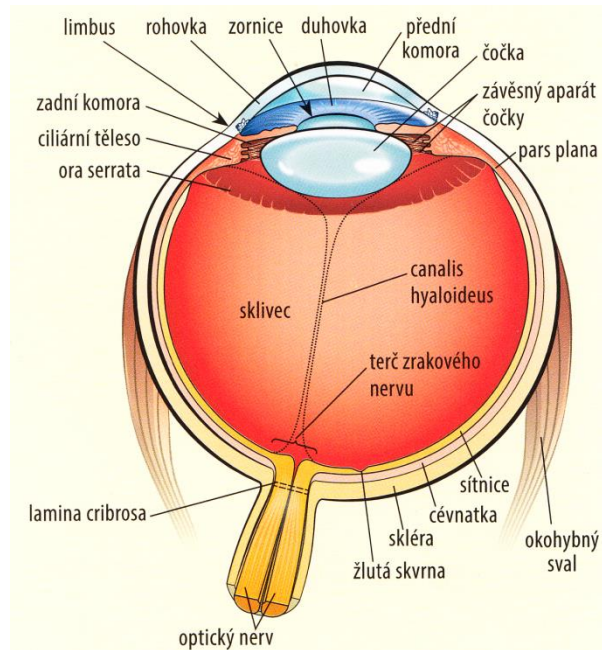
Párové uspořádání zrakového ústrojí umožňuje stereoskopické (prostorové) vidění. [2]

Bulbus oculi (viz Obrázek 2.1) je uložena v kostěné očníci (orbitae). Stěny očníce tvoří lící kost (os zygomaticum), slzná kost (os lacrimale), čichová kost (os ethmoidale), čelní kost (os frontale) a kost klínová (os sphenoidale). Oko má pouze přibližně kulovitý tvar. Předozadní průměr je největší a je kolem 2,5 cm. Nejmenší je vertikální průměr, který je asi o 1,5 mm menší. Bulbus oculi je vlastně tvořena dvěma polokoulemi vsazenými do sebe. Zadní polokouli tvoří bělima, poloměr zakřivení má okolo 12 mm a tvoří přibližně 5/6 očního bulbu. Přední polokouli tvoří rohovka o poloměru zakřivení asi 8 mm a tvoří zbývající asi 1/6 očního bulbu. Obsahem bulbus oculi je v zadní části sklivec (corpus vitreum), v přední části čočka (lens), která je uložena v přední a zadní komoře (camera anterior bulbi a camera posterior bulbi), přední i zadní komora je vyplněna komorovou tekutinou (humor aquosus). [2]

Bulbus oculi tvoří tři vrstvy tkání (viz Obrázek 2.1). Tunica fibrosa, tunica vasculosa a tunica nervosa. Všechny tyto vrstvy umožňují v přední části bulbu průchod světla, buď jsou průhledné, nebo v sobě mají centrální otvor. [2]

Tunica fibrosa je zevní vazivová vrstva tvoří ji bělima (sclera) v zadní části a rohovka (cornea) ve přední části očního bulbu. Tunica fibrosa zajišťuje tvar, pevnost a mechanickou ochranu očního bulbu. [2]

Tunica vasculosa je střední vrstva tzv. živnatka (uvea), kterou tvoří duhovka (iris), řasnaté těleso (corpus ciliare) a cévnatka (choroidea). Zajišťuje výživu bulbu. [2]



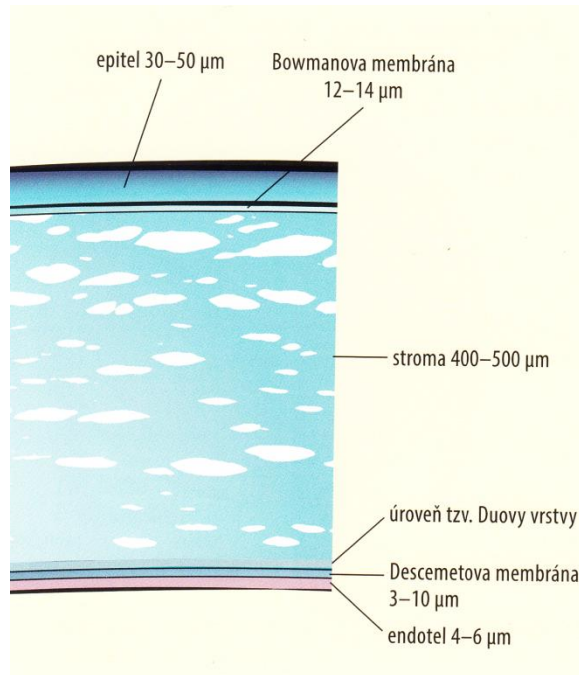
Obrázek 2.1: Bulbus oculi [3]

## 2.1 Rohovka (cornea)

Rohovka je bezcévná, hustě inervovaná průhledná vazivová struktura. V centru má tloušťku kolem 550  $\mu\text{m}$ , směrem k limbu tloušťka rohovky narůstá. Vertikální průměr rohovky je cca 11,5 mm, horizontální průměr je cca 12 mm. [3]

Rohovka má pět vrstev (viz Obrázek 2.2).

- 1) nekeratinizující epitel s bazální membránou
  - 2) Bowmanova membrána – nebuněčná zesílená vrstva stromatu
  - 3) stroma rohovky – představuje asi 90 % tloušťky rohovky, jsou v něm pravidelně uspořádaná kolagenní vlákna – zajišťuje průhlednost rohovky.
  - 4) Descemetova membrána – blanka z kolagenních fibril – jiné složení než rohovkové stroma
  - 5) jednovrstevný polygonální endotel rohovky – zajišťuje optimální hydrataci rohovky.
- Rohovka musí být mírně dehydratovaná, aby neztratila svoji transparentnost, hydratace rohovky by měla být asi 78 %. [3]



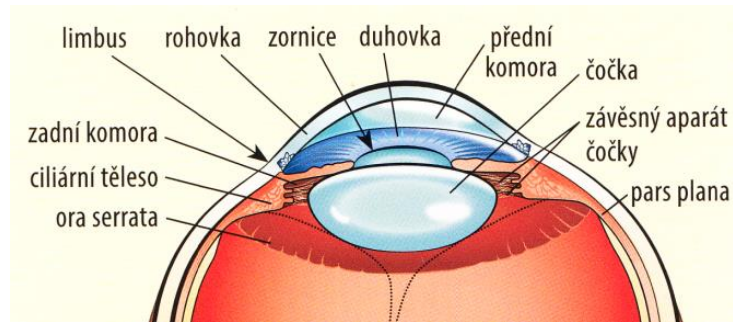
Obrázek 2.2: Rohovka [3]

Lomivost průměrné rohovky ( $n = 1,376$ ) je kolem  $+43$  D z celkové lomivosti zrakového aparátu, který je průměrně kolem  $+63$  D, představuje tak cca  $2/3$ . Takto velkou lomivost má, protože přední strana (epitel) sousedí se vzduchem ( $n = 1$ ), tudíž rozdíl indexů lomů je poměrně velký. Pokud oko ponoříme např. do vody ( $n = 1,33$ ), tak se lomivost rohovky zásadním způsobem zmenší, protože nebude rozdíl indexů lomů tak velký. [3]

Rohovku postihují např. keratokonus, keratoglobus, degenerativní onemocnění rohovky, rohovkové dystrofie a jiné. [3]

## 2.2 Čočka (lens)

Čočka je bikonvexní tělísko, zadní plocha je více zakřivená než přední (viz Obrázek 2.3). Průměr čočky je cca 9 mm. Tloušťka se v závislosti na akomodaci pohybuje mezi 3-5 mm. Na povrchu čočky je tuhé pouzdro (capsula lentis). Pod pouzdem je jedna vrstva epitelu – v rovníkové rovině přechází do tzv. čočkových vláken. Vlákná čočky jsou oploštěné šestiboké hranoly spojené tmelovou substancí. Vlákná jsou dlouhá cca 8 mm a jsou uspořádaná v radiálních řadách. Do pouzdra čočky se upínají vlákněnka závěsného aparátu čočky (zonula zinni), ten udržuje čočku v centrální poloze za zornicí a umožňuje při akomodaci změny lomivé mohutnosti čočky. [2] [3] [4]



Obrázek 2.3: Čočka [3]

Při pohledu do dálky je čočka oploštěná a svaly ciliárního tělesa jsou uvolněné. Při akomodaci (pohled do blízka) dochází k zatnutí svalů ciliárního tělesa, které se posune dopředu, dojde k vyklenutí čočky a tím ke zvýšení optické mohutnosti čočky. Pohled do blízka je tedy spojen s námahou a může dojít k únavě očí při delší práci na blízko. [2] [3]

Lomivost čočky ( $n = 1,413$ ) je kolem  $+20$  D. Čočka přední stranou sousedí s komorovou tekutinou ( $n = 1,336$ ), zadní plocha naléhá na sklivec. [2] [3]

Nejčastějším postižením čočky je katarakta (šedý zákal). Další vady čočky jsou různé typy kongenitální katarakty (např. přední polární katarakta, lamelární katarakta, kongenitální nukleární katarakta, zadní polární katarakta), přední lentikonus, zadní lentikonus, ektropie čočky, mikrosférofakie atd. [2] [3]

## 2.3 Sklivec (corpus vitreum)

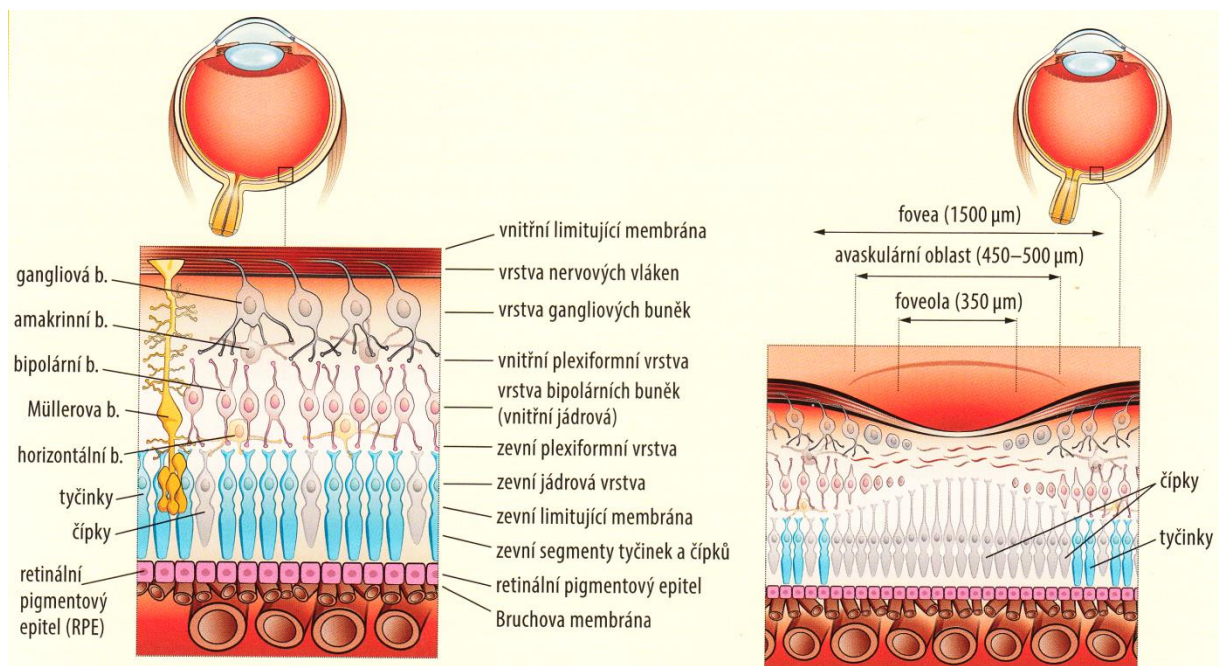
Je zcela průhledná rosolovitá hmota ( $n = 1,336$ ). Vyplňuje zadní segment oka a volně se lne k sítnici. Fixace sklivce je pevnější pouze v oblastech čočky, řasnatého tělíska a v místě výstupu zrakového nervu. [4]

## 2.4 Sítnice (retina)

Sítnice je vnitřní tenká nervová vrstva oka. Je předsunutou částí mozku.

Histologicky se v sítnici rozlišuje deset vrstev (viz Obrázek 2.4).

- vnitřní limitující membrána
- vrstva nervových vláken
- vrstva gangliových buněk
- vnitřní plexiformní vrstva
- vrstva bipolárních buněk
- zevní plexiformní vrstva
- zevní jádrová vrstva
- zevní limitující membrána
- vrstva tyčinek a čípků
- retinální pigmentový epitel - nasedá na Bruchovu membránu (cévnatku) [3]



Obrázek 2.4: Sítnice [3]

Vnitřní vrstva sítnice je jemná průhledná membrána, tvořící vnitřní vrstvu stěny oka. Začíná vepředu, kde kryje zadní část řasnatého tělesa. Tato část sítnice neobsahuje světločivé elementy a tvoří slepou část sítnice (pars caeca retinae). Nepravidelným zubatým okrajem ora serrata přechází vzadu v optickou část retiny (pars optica retinae). Na tzv. očním pozadí je

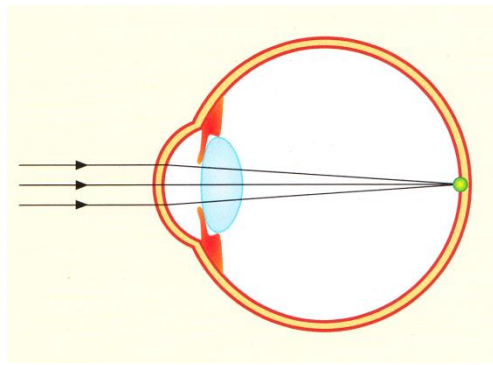
patrný disk zrakového nervu (discus nervi optici) s centrálním excavatio disci. Je to místo výstupu zrakového nervu (nervus opticus). Zraková dráha se skládá ze čtyř druhů neuronů a to tyčinek a čípků, bipolárních buněk, gangliových buněk, corpus geniculatum laterale.[2] [3] [4]

Asi 4 mm temporálně od discus nervi optici leží oválná, sytě červená skvrna macula, která měří v průměru asi 3 mm. Je to centrum nejostřejšího vidění. Ve středu je macula prohloubena a tvoří centrální jamku (fovea centralis), která má průměr cca 1,5 mm. Dno fovey centralis se nazývá foveola centralis o průměru 0,35 mm. V makule jsou zastoupeny pouze čípky, zajišťující barevné vidění. Směrem do periferie roste počet tyčinek, které zajišťují černobílé vidění. Celkově je počet tyčinek v sítnici kolem 130 - 140 milionů. Celkový počet čípků dosahuje počtu cca 7 milionů. [2] [3] [4].

Sítnici postihuje např. Diabetická retinopatie, věkem podmíněná makulární degenerace, odchlípení sítnice atd. [3]

### 3 Refrakční vady

Refrakce je vztah mezi délkou oka a jeho lomivostí. Emetropie je stav oka bez refrakční vady. Paprsky, které vstupují do oka z nekonečna, se protínají na sítnici a tvoří tak ostrý obraz (viz Obrázek 3.1). Emetropie může být navozena i u oka u kterého je axiální délka oka odlišná od běžného a to tím, že je tato odchylka kompenzována zvýšenou či sníženou refrakcí oka. Většinou je délka kompenzována menším či vyšším zakřivením rohovky. Jakákoli odchylka od emetropie se nazývá ametropie. Odchylka předozadní osy oka o 1 mm působí změnu refrakce cca o 3 D. [3]



Obrázek 3.1: Emetropie [3]

Podle Sorsbyho spadá asi 75% populace do refrakční skupiny od 0 D do +1,75 D. Emetropie je tedy bodem v modální řadě od 0 do +2,0 D. Přibližně stejný počet populace má refrakční vady na straně myopie mezi 0 D až -4,0 D a na straně hypermetropie mezi +2,0 D až +6,0 D. U vad nad -4,0 D a +6,0 D již není srovnatelnost tak nápadná. [1]

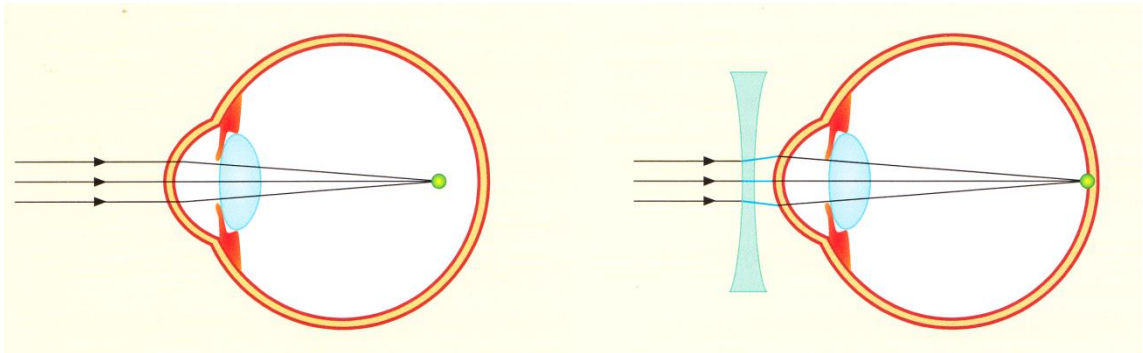
Při vyšetření 107 emetropických očí (0 D až +0,5 D) zjistil Sorsby: Axiální délku cca 22,3 mm až 26,0 mm, rohovkovou lomivost +39,0 D až +47,6 D, čočkovou lomivost +15,6 D až +23,9 D a hloubku přední komory 2,5 mm až 4,2 mm. Dělíme proto ametropie na korelační a komponentní. [1]

Korelační neboli synergické ametropie mají jednotlivé složky určující refrakci stejné hodnoty, jaké byly zjištěny u emetropických očí. Dosahují obvykle výše do +6,0 D a -4,0 D. Komponentní (antagonistické) ametropie vykazují abnormální hodnoty, většinou délku optické osy a dosahují hodnot vyšších než +6,0 D a -4,0 D. [1]



Refrakce není ani u jednotlivce konstantní hodnotou. V průběhu života můžeme sledovat dvě fáze hypermetropizující (předškolní a střední věk) a dvě fáze myopizující (školní věk a stáří) [1]

### 3.1 Myopie (krátkozrakost)



Obrázek 3.2: Myopie [3]

Jde o sférickou refrakční vadu. U této vady se paprsky jdoucí z nekonečna sbíhají před sítnicí (viz Obrázek 3.2). Nekorigované oko vidí předmět větší než oko emetropické. Myopie se koriguje rozptylnou čočkou, daleký bod neleží v nekonečnu, ale v konečné vzdálenosti před okem. Myopie se projevuje neostrým viděním do dálky. Mhouřením očí, ani zvýšenou akomodační snahou nelze posunout obraz na sítnici. [3]

Podle hodnoty lomivosti klasifikujeme myopii:

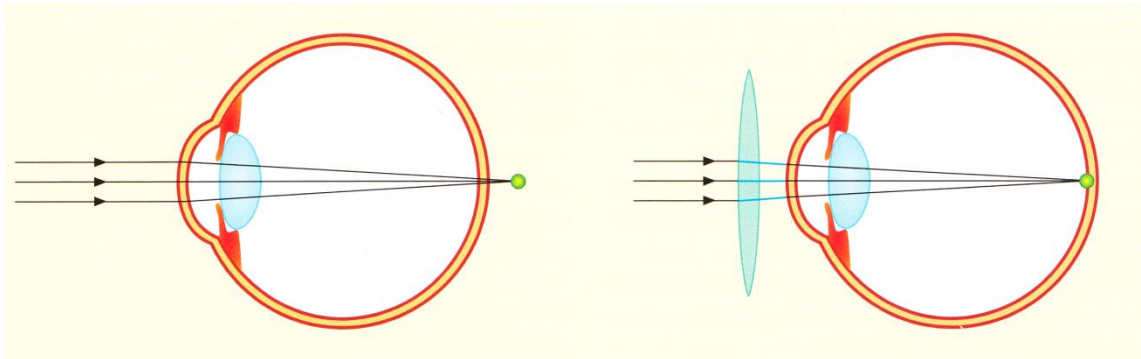
- myopia levis (lehká krátkozrakost) do  $-3,0$  D
- myopia modica (střední krátkozrakost) do  $-6,0$  D
- myopia gravis (těžká krátkozrakost) přesahující  $-6,0$  D [3]

Podle příčiny klasifikujeme myopii:

- axiální myopii (osová krátkozrakost) – příčinou je prodloužení délky oka
- refrakční myopie – příčinou je zvýšená lomivost refrakčních médií oka
- smíšený typ – kombinace předešlých příčin [3] [1]

Nejčastější příčinou krátkozrakosti je prodloužení předozadní osy. Vzácnější jsou křivkové myopie, více zakřivená rohovka nebo přední či zadní plocha čočky. Indexová myopie bývá často pozorována při cukrovce nebo při šedém zákalu. Zvláštní formou axiální myopie je krátkozrakost způsobená vrozeným glaukomem u dětí. [1] [3]

## 3.2 Hypermetropie (dalekozrakost)



Obrázek 3.3: Hypermetropie [3]

Jedná se o sférickou refrakční vadu. Při této vadě se paprsky jdoucí z nekonečna sbíhají za sítnicí (viz Obrázek 3.3). Nekorigované oko vidí předmět menší než oko emetropické. Hypermetropie se koriguje spojnou čočkou, daleký bod leží v konečné vzdálenosti za okem. Zvýšenou akomodační snahou lze posunout daleký bod na sítnici. Touto zvýšenou námahou, hlavně při delší práci do blízka, však vznikají astenopické potíže:

- bolest hlavy i očí
- nevolnost atd.

Usilovná akomodace může vést až k ciliárnímu spasmu, který se projevuje náhlým zamlženým viděním. [3]

### 3.2.1.1 Axiální hypermetropie

Nejčastější typ dalekozrakosti je důsledek nedostatečné předozadní osy oka. Tvoří jeden stupeň při normálním vývoji oka. Novorozenec má průměrnou předozadní délku oka kolem 18 mm. Ve třech letech je již délka oka 23 mm. Od 3 let do 14 let je růst oka již pomalý cca 0,1 mm za rok. Kompenzace narůstání předozadní délky oka spočívá v oplošťování rohovky a čočky. Při správném vývoji by se všechny oči tedy měly stát emetropickými. Ve skutečnosti však u více než 50 % očí zůstává jistý stupeň hypermetropie. Pokud oko „přežene“ růst ve směru předozadní osy, stává se oko krátkozrakým. [1] [3]

Podle hodnoty lomivosti klasifikujeme hypermetropii [3]:

- hypermetropia levis (lehká dalekozrakost) do +3,0 D
- hypermetropia modica (střední krátkozrakost) do +5,0 D
- hypermetropia gravis (těžká krátkozrakost) přesahující +5,0 D

Podle příčiny dělíme hypermetropii [3]:

- axiální hypermetropie – příčinou je nedostatečná předozadní délka oka
- refrakční hypermetropie – příčinou je snížená lomivost refrakčních médií oka
- smíšený typ – kombinace předešlých příčin

### 3.3 Astigmatismus

Jedná se o asférickou vadu oka. U této vady se paprsky jdoucí z nekonečna lámou ne v jedné, ale ve dvou různých rovinách. Vzdálenost těchto ohnisek se nazývá fokální interval. Symptomy jsou mhouření očí, náklon hlavy (snaha o vyrovnání astigmatismu), astenopické obtíže (často u menších nebo středních vad). Astigmatismus se koriguje cylindrickou, nebo sférocyldrickou čočkou. [3]

#### 3.3.1.1 Dělení astigmatismu podle ohnisek [3]:

- Jednoduchý astigmatismus (simplex)
  - myopický – jeden paprsek láme světlo do ohniska před sítnicí, druhý do ohniska na sítnici
  - hypermetropický – jeden paprsek láme světlo do ohniska na sítnici, druhý do ohniska za sítnicí
- Složený astigmatismus (compositus)
  - myopický – světlo se láme do dvou rovin, které jdou obě před sítnicí
  - hypermetropický – světlo se láme do dvou rovin, které jdou obě za sítnicí
- Smíšený astigmatismus (mixtus) – v tomto případě se jeden paprsek láme do ohniska před sítnicí, druhý do ohniska za sítnicí.

#### 3.3.1.2 Dělení podle pravidelnosti/nepřavidelnosti

Pravidelný astigmatismus znamená rozdílné zakřivení ve dvou na sebe kolmých osách. Jsme schopni jej korigovat sférocyldrickou nebo cylindrickou čočkou a dosáhnout tak fokusace obou rovin na sítnici. [3]

Nepravidelný astigmatismus je rozdílné zakřivení v osách, které na sebe nejsou kolmé. Brýlovou čočkou ho lze korigovat pouze částečně, lépe se koriguje individuálně zhotovenou tvrdou kontaktní čočkou. [3]

### 3.3.1.3 Podle principu vzniku:

- Vrozený astigmatismus – může být způsoben vadou zakřivení, nesprávnou centrací nebo indexem lomu jednotlivých refrakčních prostředí rohovky, čočky.
  - Sekundární astigmatismus může nastat po úrazech, operacích, některých onemocněních.
- [3]

## 3.4 Presbyopie (vetchozrakost)

Je přirozené stárnutí oční čočky. Čočka ztrácí elasticitu a tím schopnost dostatečné akomodace. První příznaky se projevují kolem 40.- 45. roku života. Presbyopie se koriguje adicí, což je přídavek do blízka a vždy jde směrem do plusových čoček. [3]

Jde vlastně o poruchu akomodace. Akomodace začíná kontrakcí ciliárního svalu. Kontrakce při pohledu do blízka zužuje prstenec ciliárního svalu, tím umožňuje tah na zonulární aparát čočky. Změna tvaru čočky je dána elasticitou jednotlivých struktur čočky. Při akomodaci se zvětšuje předozadní průměr čočky. Se stoupajícím věkem se elasticita čočky zmenšuje a i při neporušené funkci m.ciliaris se tvar čočky mění stále méně. Kolem 65 roku již čočka není schopna změnit svůj tvar, i přes uvolnění závěsného aparátu. [3]

Prvním symtmem presbyopie je nutnost oddalování textu při čtení, tzv. krátké ruce, pokles vizu na blízko v horším osvětlení, obtížné až nemožné zaostření na krátkou vzdálenost. Presbyopii často provázejí astenopické potíže při delším čtení (zvýšené slzení, bolest hlavy, nepohodlí atd.) [3]

## 4 Další oční stavy a vady ovlivňující refrakci oka

Další oční stavy, které mohou ovlivnit refrakční stav oka, jsou například afakie, pseudoafakie, anizometropie a anizeikonie.

### 4.1 Afakie a pseudoafakie

Afakie popisuje stav oka bez oční čočky, tím navozuje optickou změnu oka. Afakií také označujeme luxaci čočky do sklivcového prostoru, pokud chybí v zornicové oblasti. Když se v oku nachází oční čočka, nazýváme tento stav fakií. Nahrazení přirozené čočky umělou nazýváme pseudoafakií. Afakické oko má refrakci cca +10 D. [3]

Tento stav nastává po operaci katarakty, po úrazech, ale může být i vrožený. Pokud jsou afakické obě oči, je vyloučena akomodace. Pacient potřebuje brýle na dálku a druhé brýle na blízko. Při jednom oku afakickém a druhém fakickém se sítnicový obraz liší ve velikosti asi o 33 %. Při použití kontaktní čočky, kdy je diference obrazů menší než 7 – 10 %, je především u mladších jedinců zajištěno binokulární vidění. Přínosem pro korekci afakie jsou nitrooční čočky, kdy je rozdíl ve velikosti pod 4 %. [1]

### 4.2 Anizometropie

Anizometropie je stav oka, kdy není refrakce pravého a levého oka stejná. V určitém malém stupni je velmi častá a nezpůsobuje velké potíže. Při vyšší anizotropii bývá narušeno binokulární vidění, dochází k alternujícímu vidění, kdy se obě oči střídají ve vidění. Někdy dochází k vidění monokulárnímu, v tomto případě nepoužívané oko slábne a z nečinnosti dochází k tupozrakosti, později k úchylce tupozrakého oka zevně. [1]

Anizotropii rozeznáváme hypermetropickou, myopickou, smíšenou a astigmatickou. Každý rozdíl o 0,25 D v refrakci způsobí 0,5 % rozdíl ve velikosti sítnicových obrazů. Za horní hranice, která se dá ještě snést, je pravděpodobně 5 %.

Snaha o fúzi může vyvolávat astenopické potíže. [1]

Anizometropie působí obtíže zvláště při akomodaci, dochází k boji mezi optimální akomodací pravého a levého oka. Při malém rozdílu v refrakci se oči ve vidění střídají. Anizometropie je spojena s anizekonií (různá velikost sítnicových obrazů). Při pohledu okrajem korekčních čoček vzniká různý prizmatický účinek a vzniká tak arteficiální heteroforie. Z toho důvodu je výhodné při malé anizometropii u presbyopie předepsat před obě oči stejnou hodnotu korekčních čoček. Docílí se tím větší hloubky vidění a vyloučí se různý prizmatický účinek při pohledu stranou před pravým a levým okem. [1]

### **4.3 Anizeikonie**

Je stav, kdy mají obrazy na sítnici obou očí nestejný tvar nebo velikost. Fyziologická anizeikonie vzniká při pohledu stranou, kdy je obraz blíže k oku ležícího předmětu větší. Anizeikonie se projevuje mlhavým viděním, světloplachostí, sklonem k diplopii, astenopickými potížemi. Největší potíž je v poruše binokulárního a hlavně prostorového vidění. Na straně většího obrazu se nám zdá pozorovaný předmět blíže, kruh vidíme jako elipsu, čtverec jako obdélník, zevní prostor se zdá oploštěný, rozdíly do 5% obvykle umožňují binokulární vidění. Při vyšším rozdílu si mladí pomáhají od obtíží supresí obrazu jednoho oka, u starších (např. po operaci katarakty) vzniká diplopie. [1]

## 5 Vyšetřování refrakčních vad

Při vyšetřování refrakčních vad musíme dbát na individuální přístup ke každému klientovi.

### 5.1 Před refrakční úkony

**Nacionále** - Jméno, příjmení, ročník narození, adresa, telefon, email

**Anamnéza** - Důvod návštěvy

- Osobní oční anamnéza – strabismus, tupozrakost, úrazy, předchozí korekce, operace očí, glaukom, katarakta, onemocnění sítnice, záněty, degenerativní onemocnění. [6]
- Osobní celková anamnéza – diabetes mellitus, onemocnění štítné žlázy, ateroskleróza, hypertenze, systémové choroby, porod. [6]
- Rodinná – oční i celková. Ptáme se na stejná onemocnění jako v anamnéze osobní.
- Zjistíme jaká je stávající korekce, centrace brýlí, zrakové návyky, KČ. [6]

**Pozorování** - Při rozmluvě sledujeme i celkový vzhled obličeje, očí, postavení hlavy, velikost oční štěrbin, asymetrie obličeje, zda nemá pacient anizokorii, celkový stav očních adnex, velikost oční štěrbin, známky nystagmu atd. [6]

- Makroskopické vyšetření očních adnex - ptóza
- Mikroskopické vyšetření očních adnex
- Vyšetření fixace, motility, cover testy [6]

**Možné chyby:** Optometrsta nesmí podcenit informace, které vyplývají z anamnézy. Nesmí rovněž zapomenout zjistit, jestli pacient nebere nějakou medikaci. Pozor musí dát též na duševní stav pacienta. [6]

### 5.2 Objektivní refrakce

Objektivní refrakce předchází subjektivní refrakci. Výsledky objektivní refrakce slouží jako výchozí hodnoty pro refrakci subjektivní, která se tím podstatně zrychlí.

#### 5.2.1 Skiaskopie

Skiaskopie je metoda objektivní refrakce, která spočívá v pozorování stínu duhovky v červeném reflexu oka. Tato metoda je poměrně přesná a nevyžaduje drahé technické vybavení. Z technického vybavení stačí pouze skiaskop a sada skel. Klade však poměrně velké nároky na zkušenost vyšetřujícího. [6]

## 5.2.2 Autorefraktometr

Vyšetření pomocí autorefraktometru (viz Obrázek 5.1) nevyžaduje velké zkušenosti vyšetřujícího, ale pořizovací cena autorefraktometru je poměrně vysoká. [6]



Obrázek 5.1: Autorefraktometr [vlastní tvorba]

## 5.3 Subjektivní refrakce

Subjektivní refrakce následuje po objektivní refrakci. Zpřesňuje a personifikuje celkovou refrakci.

### 5.3.1 Podmínky pro vyšetřování subjektivní refrakce

Podmínky pro vyšetřování subjektivní refrakce je soubor doporučených podmínek a vybavení pro vyšetření refrakce.



### 5.3.2 Podmínky a vybavení

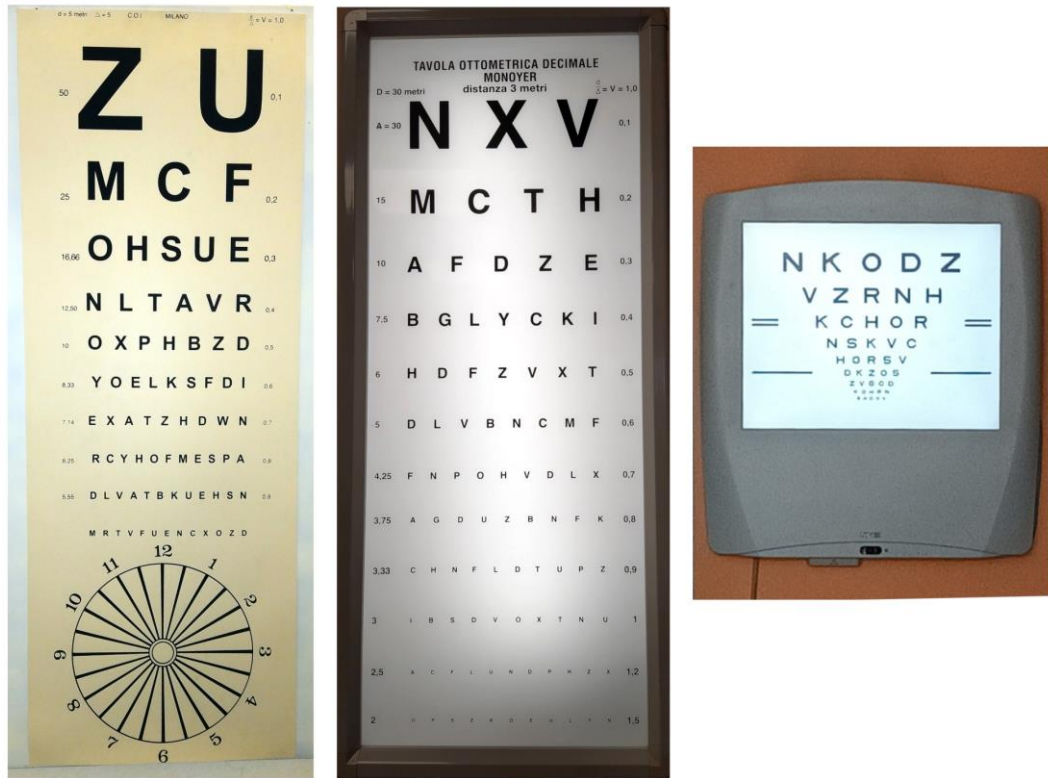
K subjektivní refrakci potřebujeme určité podmínky a vybavení. Místnost o rozloze minimálně 13 m<sup>2</sup>. Umyvadlo ideálně s bezdotykovou baterií. Skříň jak šatní, tak na uložení věcí potřebných k vyšetření. Stůl pod přístroje i pracovní stůl s počítačem a místem na psaní. Optotypy na vyšetření do dálky i do blízka. Testy na vyšetření barvocitu, červenozelené testy binokulární i monokulární, disociační testy. Vyšetřovací křeslo (viz Obrázek 5.2) co nejvíce pohodlné a ideálně polohovatelné. Autorefraktometr nebo skiaskop dle finančních možností a zkušeností optometristy. Brýlovou skříň a zkušební obrubu nebo foropteru. Každý optometrista preferuje jiný způsob vyměřování subjektivní refrakce. Někdo využívá brýlovou skříň se zkušební obrubou, jiný dává přednost foropteru. Jacksonův zkřížený cylindr, nejběžněji používaný je čtvrtkový nebo půlkový, ale používá se i třičtvrtkový a jedničkový. Jas okolí pro dosažení nejlepší zrakové ostrosti 3400 cd.m<sup>-2</sup>. Dle norem BOZP je třeba mít v místnosti osvětlení minimálně 500 cd.m<sup>-2</sup>. Vyšetřovací vzdálenost 5-6 metrů. [6] [7] [8]



Obrázek 5.2: Vyšetřovací křeslo [vlastní tvorba]

## Optotypy

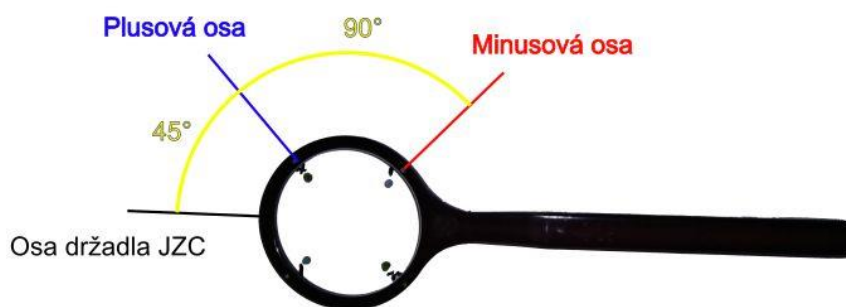
Často používané optotypy jsou Snellenův optotyp, Pflügerovy háky, Landoltovy kruhy a obrázkové optotypy. Optotypy mohou být buď tištěné, projekční, světelné nebo digitální (viz Obrázek 5.3). [5]



Obrázek 5.3: Optotyp - vlevo papírový tištěný, uprostřed světelný, vpravo LCD [vlastní tvorba]

## Jacksonův zkřížený cylindr (JZC)

Jacksonův zkřížený cylindr jsou dva plancylindry kolmo na sebe. Např. u čtvrtkového Jacksonova zkříženého cylindru je v jedné ose dioptrická hodnota  $\text{plan} +0,25 \text{ D}$  a v ose kolmé  $\text{plan} - 0,25 \text{ D}$ . Z toho vyplývá, že sférický ekvivalent je  $0 \text{ D}$ . Použitím Jacksonova zkříženého cylindru měříme tedy pouze astigmatismus, sféru neovlivňujeme. Osy Jacksonova zkříženého cylindru jsou označeny tečkami na objímce (viz Obrázek 5.4). Osa minusového cylindru bývá označena červeně, osa plusového cylindru černě. [5] [6]



Obrázek 5.4: Jacksonův zkřížený cylindr [vlastní tvorba]

### 5.3.3 Subjektivní refrakce - vyměření

#### Visus naturalis

Měření subjektivní refrakce následuje po objektivním měření refrakce. Nejdříve se vyměří visus bez korekce na optotypu do dálky, tzv. visus naturalis, zvláště na pravé a levé oko, poté i binokulárně. V případě, že pacient už nosí nějakou korekci, je třeba vyšetřit visus i se stávající korekcí monokulárně i binokulárně. [5] [6]

**Možné chyby:** Pozor, u mladých hypermetropů může být visus naturalis vysoký, refrakce oka je kompenzována akomodací. Nízký visus může být způsoben jinými než refrakčními příčinami (např. onemocnění). [5] [6]

#### Zkušební obruba nebo foropter

Nasadíme klientovi zkušební obrubu (viz Obrázek 5.5), která je potřeba uzpůsobit parametrům obličeje, nastaví se PD, délka straníc, inklinace, nosník, vertex distans. Až je obruba vhodně uzpůsobena, může se přistoupit k vlastnímu vyšetřování. [5] [6]



Obrázek 5.5: Zkušební obruba [vlastní tvorba]



Obrázek 5.6: Brýlová skříň [vlastní tvorba]

**Možné chyby:** Špatné uzpůsobení obruby může způsobit nepohodlí klienta, který se proto nesoustředí na vyšetření a jeho odpovědi mohou být zavádějící. Při špatném nastavení PD se klient nedívá středem čoček, tím může dojít k chybě v refrakci. [6]

Zkušební obrubu a sadu skel (viz Obrázek 5.6) můžeme nahradit foropterem. Výhodou foropteru je rychlost, komfort pro klienta a všechny testy v jednom. [6]

**Možné chyby:** Špatně kontrolovatelná mimika, riziko přístrojové myopie, konvergence, držení hlavy. [6]

### Nejlepší sféra

Zpravidla se začíná vyměřováním pravého oka. Před levé oko se dá okluzní clona. Před pravé se do obruby postupně vkládají korekční skla. Nejdříve předsadíme plusovou čočku, hodnota se určuje podle tabulky 1.

Tabulka 1: Sférický deficit podle úrovně visu [6]

Vizus	Hodnota předsazené korekce (D)
1	0,25
0,8	0,25
0,5	0,5
0,3	0,75
0,15	1
0,1	2

Klienta se zeptáme: „Je to stejné nebo horší?“ Pokud je odpověď „stejně“ nebo „lepší“, jedná se o hypermetropa. Je vhodné klienta zamlžit a uvolnit tak akomodaci. Zamlžujeme takovou hodnotou plusové korekce, aby pacient měl vidění zhoršené o dva řádky oproti tomu, co přečte s původně vloženými plusovými čočkami. Postupně odmlžujeme po -0,25 D. Nejprve vsadíme do obruby novou čočku a pak teprve vyjmemé původní. Ptáme se: „Je to stejné nebo lepší?“ Pokud klient řekne lepší, dáme slabší plusovou čočku. Pokud řekne „stejně“ již nedáváme slabší plusovou čočku. Předepisujeme nejsilnější plusovou korekci, aby byla uvolněna akomodace. Můžeme také postupovat tak, že hypermetropovi předsazujeme plusové čočky, dokud se vidění nezhorší. Nejprve vsadíme do obruby novou čočku a pak teprve vyjmemé původní. Ptáme se „Je to horší nebo stejné?“ Dokud klient hlásí „stejně“,

nebo dokonce „lepší“, přidáme další plusovou čočku. Až klient řekne horší, vyndáme čočku, která vidění zhoršila. „Zamlžovací“ metodou se však akomodace uvolní lépe, proto ji preferujeme. [6]

Pokud klient s předsazenou plusovou hodnotou na otázku „Je to stejné nebo horší?“ odpoví horší, jedná se o myopa. Případně slabého hypermetropa nebo emetropa. Myopovi předsazujeme mínusové čočky dokud se vidění zlepšuje. Nejprve vysadíme původní korekci a pak vsadím novou. Otázka: „Je to stejné nebo lepší?“ Pokud klient řekne „lepší“, přidáme silnější mínusovou čočku. Pokud řekne „stejně“, již další čočku nepřidáváme. Předepisujeme nejslabší rozptylku. [6]

Tímto jsme dosáhli nejlepší sféry. V případě sférické vady jsme posunuli obraz na sítnici. V případě astigmatismu jsme dostali na sítnici kroužek nejmenšího rozptylu. [6]

**Možné chyby:** Musíme dávat pozor, abychom při výměně jednotlivých čoček nedávali ruku před oko pacienta, aby nedošlo k akomodaci. Snažíme se o plynulou výměnu a pacientovi necháme dostatek času, aby mohl vnímat zrakový vjem a posoudit, zda je lepší, horší či stejný s nižší korekcí či s vyšší. [6]

### Vyměření astigmatismu zamlžovací metodou

Nyní můžeme přistoupit k vyšetření astigmatismu. Nejdříve zjistíme přítomnost/nepřítomnost astigmatismu. Test děláme vždy, i když má pacient výborný visus.[6]

Zamlžovací metoda vyšetření astigmatismu je vhodná u vyšších hodnot astigmatismu (nad 2 D cylindru). Zjištění pravidelné složky nepravidelného astigmatismu. Zamlžíme plusovou čočkou na visus o několik řádků horší než s nejlepší sférou. Navodíme tak astigmatismus myopicus compositus. Použijeme optotyp astigmatický vějíř nebo astigmatickou růžici. Pokud je v některé ose růžice nebo vějíř tmavší, je prokázán astigmatismus. Korekční cylindr předsadíme kolmo k nejvýraznější ose astigmatického vějíře. Pokud jsou všechny čáry vidět stejně, osa i síla jsou v pořádku. Pokud je výrazná osa vějíře stále nejlepší, přidáme mínusový cylindr a zkontrolujeme. Výraznější osa kolmá k původní znamená, že jsme cylindr již překorigovali a musíme ho zeslabit. Nejvýraznější je jiná osa znamená, že je nepřesná osa astigmatismu musíme dokorigovat osu cylindru. Osu dokorigujeme tak, že na optotypu nastavíme kulatý znak, otáčíme osou korekčního cylindru na obě stany do rozmazání – konečná osa je uprostřed. Po zamlžovací metodě se doporučuje použít Jacksonův zkřížený cylindr. [6]

### Vyměření astigmatismu Jacksonovým zkříženým cylindrem

Zjišťujeme Jacksonovým zkříženým cylindrem. K vyšetření použijeme optotyp s bodovými nebo kulatými znaky, případně i Landoltovy kruhy. Nastavíme o dva řádky větší, než pacient četl s nejlepší sférou. Dáme Jacksonův zkřížený cylindr do osy  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , poté do osy  $45^\circ$  a  $135^\circ$  při nepřítomnosti astigmatismu není žádná varianta „lepší“, případně je každá jinak špatná. Pokud však u jedné nebo i obou os hlásí pacient „lepší“ je potvrzen astigmatismus. A zároveň známe jeho přibližnou osu. Vsadíme korekční cylindr s odhadnutou silou v přibližné ose. [6]

Přistoupíme ke zjištění přesné osy. Jacksonův zkřížený cylindr přiložíme rukojetí do osy korekčního cylindru a poté otočíme o  $180^\circ$ . Ptáme se, zda je lepší varianta 1 nebo 2. Pootočíme osou korekčního cylindru ve směru záporné osy Jacksonova zkříženého cylindru. Toto opakujeme, tak dlouho dokud nejsou obě varianty stejné. Přesnost osy můžeme ověřit přetočením korekčního cylindru. [6]

Nyní zjistíme přesnou sílu cylindru. Předsadíme minusovou i plusovou osu do osy korekčního cylindru otočením rukojetí Jacksonova zkříženého cylindru. Pacient porovnává, zda je lepší varianta 1 nebo 2. Pokud je lepší varianta s předsazenou minusovou osou, přidáme hodnotu minusového korekčního cylindru. Pokud je lepší varianta s předsazenou plusovou osou snížíme hodnotu minusového záporného cylindru. Při změně cylindru musíme změnit sféru o  $\frac{1}{2}$  cylindru v opačném směru – sférický ekvivalent. Řídíme se minusovou osou cylindru. Při zesilování minusového cylindru upravíme nejprve sféru a poté teprve cylindr. Při zeslabení minusového cylindru nejdříve upravíme cylindr a pak teprve sféru. Takto postupujeme, až do stavu, kdy jsou obě varianty stejné. [6]

**Možné chyby:** Příliš rychlé otáčení Jacksonova zkříženého cylindru. Pootočení čočky uvnitř objímky Jacksonova zkříženého cylindru. Při třesu ruky si můžeme pomoci druhou rukou, případně položit JZC na korekční cylindr a tím eliminovat třes ruky. Pokud pacient špatně vnímá úpravu sféry při změně cylindru, je pravděpodobně špatně stanovená nejlepší sféra. Velký pozor musíme dávat na kontra osu. [6]

### Jemné sférické dokorigování

Následuje jemné sférické dokorigování. Pomocí monokulárního červenozeleného testu. Pokud je výraznější písmo v červeném poli – přidáváme dioptrie do minusu – nedokorigovaná myopie nebo překorigovaná hypermetropie. Pokud je výraznější písmo v zeleném poli – přidáváme dioptrie do plusu – nedokorigovaná hypermetropie, překorigovaná myopie. Důležitý je kontrast. Lze proto použít i u poruch barvocitu. [6]

**Možné chyby:** Důležitá je kvalita a jas optotypu. Vliv má i subjektivní vnímání barev – emoce – často u žen. [6]

Stejným postupem pak vyměříme subjektivní refrakci na druhého oka. [6]

### Binokulární dokorigování

Po monokulárním dokorigování druhého vyměřovaného oka odkryjeme clonu a pozorujeme reakci pacienta na binokulární vjem. [6]

- pokud se cítí komfortně, nemá diplopii, binokulární visus vyšší než monokulární visus, pravděpodobně žádné binokulární obtíže, testy na forii jen pro jistotu [6]
- vidění dobré až po několika vteřinách, řádky se spojily v jeden – pacient se cítí relativně komfortně. Následuje dokorigování a binokulární testy [6]
- vidění nestabilní, diskomfort, ke spojení obrazů dojde za dlouhou dobu. Následují binokulární testy, dokorigování, skoro jistě binokulární problém. [6]
- obrazy se vůbec nespojí – diplopie = heterotropie. Přihlédnout k anamnéze, věku, trvání. Při nově manifestované diplopii poslat klienta k oftalmologovi. [6]

Binokulární vyvážení děláme pomocí disociačních testů. Binokulární rovnováha sférickou dokorekcí, unilaterální dokorekce nebo bilaterální dokorekce za binokulárních podmínek. Vyvážená akomodace pravého a levého oka, respektive žádná akomodace na dálku a stejná na blízko. Binokulární vyvážení děláme téměř vždy. [6]



### **Refrakce do blízka – Adice**

Při vyměřování refrakce do blízka, postupujeme tak, že si zjistíme akomodační amplitudu. Akomodační amplitudu zjistíme např. tak, že přibližujeme optotyp ke klientovi, až se rozostří. Převrácená hodnota této vzdálenosti je akomodační amplituda v Dioptriích. Pohodlné čtení je přibližně s  $2/3$  akomodační amplitudy. Adici tedy stanovíme tak, že od převrácené hodnoty čtecí vzdálenosti odečteme  $2/3$  akomodační amplitudy. Adici předsazujeme binokulárně – většinou je adice na pravém i levém oku stejná. Vypočítanou korekci vložíme do zkušební obruby, klient si dá text do vzdálenosti, na kterou chce brýle používat, tedy do čtecí či pracovní vzdálenosti a zkusíme čtení na požadovanou vzdálenost. Nakonec děláme červenozelený test do blízka. [6]

**Možné chyby:** Musíme se ujistit, že po celou dobu vyměřování má klient text ve vzdálenosti, na kterou chce korekci předepsat. [6]

### **Zápis hodnot**

Sféra, cylindr, osa, visus monokulárně, visus binokulárně, adice, visus do blízka. Zápis provádíme vždy, abychom při další návštěvě klienta měli porovnání jak se stav a refrakce oka změnila, případně nezměnila. [6]

## 6 Diskuze možných chyb

V úvodní části bakalářské práce jsem popsala základní anatomii oka, shrnula nejčastější refrakční vady a popsala jejich rozdělení, symptomy a způsob jejich korekce. V další části jsem popsala vyšetřovací metody refrakce a podmínky, které musí být pro měření refrakce splněny. A uvedla jsem příklady možných chyb a jak jim předejít.

Chyby v konečné refrakci mohou vzniknout také umístěním optotypu do vzdálenosti menší než 5 m. Tím již navozujeme nezanedbatelnou akomodaci a neměříme tak daleký bod. Vyšetřovací vzdálenost je doporučena 5 m – 6 m, dle konstrukce optotypu. Na 5 m již oko akomoduje pouze +0,2 D, na 6 m je tato akomodace již jen +0,16 D. Vyměrování subjektivní refrakce a následné předepsání vhodné korekce probíhá s přesností na 0,25 D, proto se tato akomodace dá zanedbat. Na 3 m však oko akomoduje již +0,33 D, což už se zanedbat nedá. Proto je teoretický rozdíl mezi subjektivní refrakcí vyšetřenou z 5 m a subjektivní refrakcí vyšetřenou z 3 m o +0,25 D. Ovšem i na vyšetřovací vzdálenost 5 m musí oči konvergovat cca 1 prizmatickou dioptrií, aby klient viděl optotyp jednoduše bez diplopie. To je důvod proč provádět zkoušku na „absolutní nekonečno“, např. pohledem z okna i při vyměrování z doporučené vzdálenosti 5 m. Konečná hodnota korekce se pak odvíjí od potřeb klienta, jeho refrakční vady a stavu oka. [6] [9]

Také při nedostatečném osvětlení vznikají často chyby v refrakci. Vidění za snížených světelných podmínek ovlivňuje také možnost noční myopie, kdy se daleký bod přibližuje k oku, následkem čehož může být posun refrakce o 0,5 D – 4 D směrem k myopii. Naopak blízký bod se od oka vzdaluje – noční presbyopie. Tím se zužuje akomodační šíře. Pro dosažení nejlepší zrakové ostrosti je třeba mít jas v místnosti  $3400 \text{ cd.m}^{-2}$ , při nižší intenzitě jasu zraková ostrost klesá. Norma BOZP uvádí, že minimální jas v místnosti je třeba mít alespoň  $500 \text{ cd.m}^{-2}$ . [1] [7] [8]

Měřením v praktické části této bakalářské práce jsem ověřila, jak velký vliv mají zmíněné parametry na vyměření konečné refrakce. Porovnávám naměřenou subjektivní refrakci při dodržení zásad na osvětlení a vzdálenost optotypu a jak se bude lišit od subjektivní refrakce, kde nebude dostatečné osvětlení a optotyp bude umístěn ve vzdálenosti menší, než je doporučených 5 - 6 metrů. Tím zjistím, jak velký vliv mají tyto jednotlivé faktory na refrakci vyměřenou a předepsanou optometristou, a tedy, jak je jejich dodržování důležité pro správné a kvalitní vyměření refrakce.

Zkušení optometristé mají už vyzkoušeny různé způsoby měření a ví jak dosáhnout optimální korekce i ve ztížených či nepředpisových podmínkách. Začínající optometristé tyto zkušenosti nemají, a aby nemuseli úplně všechny problémy zjistit až v praxi a vyhnuli se aspoň části nepříjemností, shrnula jsem některé časté chyby, které mohou ovlivnit refrakci. Tyto chyby jsou detailně popsány i v jednotlivých kapitolách o postupu subjektivní refrakce v teoretické části.

1. Optometrista nesmí podcenit informace, které vyplývají z anamnézy. Nesmí rovněž zapomenout zjistit, jestli pacient nebere nějakou medikaci. Pozor musí dát též na duševní stav pacienta. [6]
2. Pozor, u mladých hypermetropů může být visus naturalis vysoký, refrakce oka je kompenzována akomodací. Naopak nízký visus může být způsoben jinými než refrakčními příčinami. (např. onemocněním) [6]
3. Špatné uzpůsobení obruby může způsobit nepohodlí klienta, který se proto nesoustředí na vyšetření a jeho odpovědi mohou být zavádějící. Při špatném nastavení PD se klient nedívá středem čoček, tím může dojít k chybě v refrakci. [6]
4. Při použití foropteru je špatně kontrolovatelná mimika, riziko přístrojové myopie, konvergence a držení hlavy. [6]
5. Musíme dávat pozor, abychom při výměně jednotlivých čoček nedávali ruku před oko pacienta, aby nedošlo k akomodaci. Snažíme se o plynulou výměnu a pacientovi necháme dostatek času, aby mohl vnímat zrakový vjem a posoudit, zda je lepší, horší či stejný s nižší korekcí či s vyšší. [6]
6. Možné chyby při vyšetřování JZC. Při příliš rychlém otáčení Jacksonova zkříženého cylindru nemusí být klient schopen správně vyhodnotit oba obrazy a může dojít ke zkreslení výsledků. Pootočení čočky uvnitř objímky Jacksonova zkříženého cylindru je též jednou z komplikací, proto je vhodné i preventivně provést kontrolu, případně zjednat nápravu. Při třesu ruky si můžeme pomoci druhou rukou, případně položit JZC na korekční cylindr a tím eliminovat třes ruky. Pokud pacient špatně vnímá úpravu sféry při změně cylindru, je pravděpodobně špatně stanovená nejlepší sféra. Velký pozor musíme dávat na kontra osu. [6]
7. Důležitá je kvalita a jas optotypu. Vliv má i subjektivní vnímání barev, vliv emocí – často u žen. [6]
8. Při refrakci na blízko se musíme ujistit, že po celou dobu vyměřování má klient text ve vzdálenosti, na kterou chce korekci předepsat. [6]

## 7 Naměřené výsledky

Svoji praktickou část jsem měřila v Očním centru ve Srázné ulici v Jihlavě. Ve spolupráci se zkušenou optometristkou a oční lékařkou, kterým tímto ještě jednou děkuji.

Měření jsem prováděla s použitím auto kerato refraktometru Topcon KR1, tonometru Nidek NT-530P, LCD optotypu Nidek SC-1600, zkušební kovové brýlové obruby a brýlové skříně se sadou čoček.

Měření probíhalo následujícím způsobem, nejprve jsem naměřila objektivní refrakci na auto kerato refraktometru. Součástí měření bylo také měření nitroočního tlaku tonometrem.

Objektivní refrakce probíhala v první fázi standartním postupem při doporučeném osvětlení, které je  $3400 \text{ cd.m}^{-2}$  a vzdálenosti optotypu 5 m a při dodržení všech ostatních pravidel správné refrakce, které jsou popsány výše. Zjistila jsem prvně visus naturalis, pak visus s vlastní korekcí. Poté následovalo zjištění nejlepší sféry a přítomnosti a síly astigmatismu pomocí JZC. Po binokulárním vyvážení jsem zjišťovala visus na blízko, případně vyměřila potřebnou adici.

Měření subjektivní refrakce za nedodržení správného osvětlení probíhalo stejným způsobem jako měření subjektivní refrakce v první fázi, jen jsem osvětlení snížila z  $3400 \text{ cd.m}^{-2}$  na  $50 \text{ cd.m}^{-2}$ , ostatní pravidla a doporučení jsem dodržela.

Poté jsem prováděla subjektivní refrakci ze vzdálenosti 3 m místo doporučených 5 m. Už za správného osvětlení  $3400 \text{ cd.m}^{-2}$  a opět za dodržení zbývajících pravidel a doporučení pro vyměřování subjektivní refrakce.

Jako poslední jsem zkoušela, zda se refrakce změní díky nesprávně nasazené obrubě. Obrubu jsem klientovi dala na špičku nosu a decentrovala jsem středy čoček, jak mi anatomická charakteristika obličeje dovolila.

K tomuto výzkumu se dobrovolně přihlásilo 30 respondentů. Vyhodnocení bude vztaženo k celkovému počtu měřených očí, což je tedy 60 očí.

## 7.1 Obecné zhodnocení sledované skupiny.

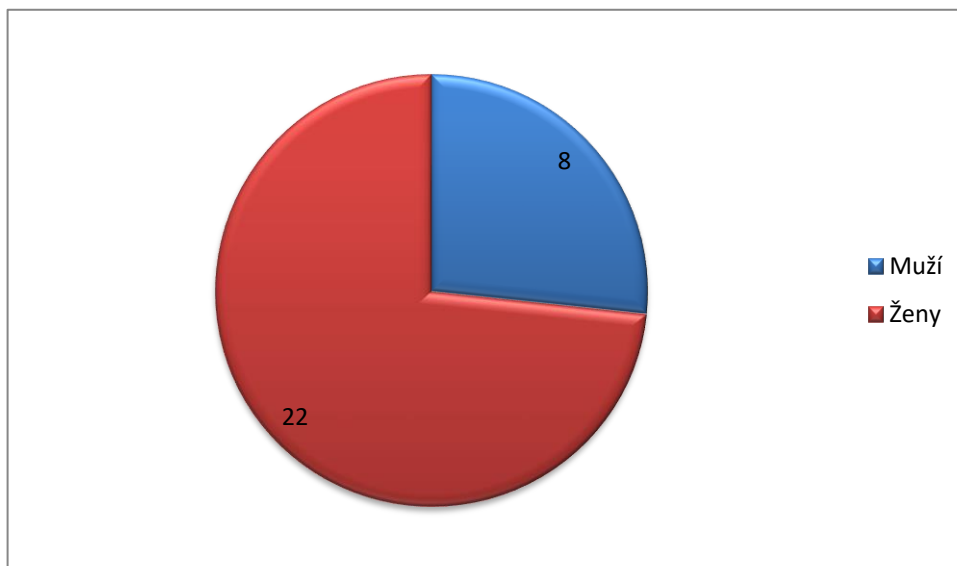
Výsledky zde uvedené odpovídají náhodnému výběru z lidí, kteří navštěvují oční centrum ve Srázné ulici v Jihlavě. Všichni uvedení respondenti souhlasili s účastí na mém výzkumu. Respondenti, kteří nesouhlasili, zvyšují míru náhodnosti ve výběru.

Výsledným měřeným vzorkem pro potřeby této práce bylo nakonec celkem 30 respondentů. Jejich zařazení v populaci si probereme níže.

### 7.1.1 Rozložení pohlaví

Ve skupině nebylo stejné zastoupení žen a mužů (viz. Graf 7.1). Ve skupině bylo více žen, celkem 22, tedy 73,4 %, oproti tomu mužů bylo méně celkem 8, tedy 26,6 %.

Toto rozložení je poměrně nerovnoměrné. Pro potvrzení tvrzení o závislostech vyplývajících z vlivu pohlaví by bylo případně nutné tato tvrzení ověřit na větší vzorku respondentů s rovnoměrnějším zastoupením obou pohlaví.



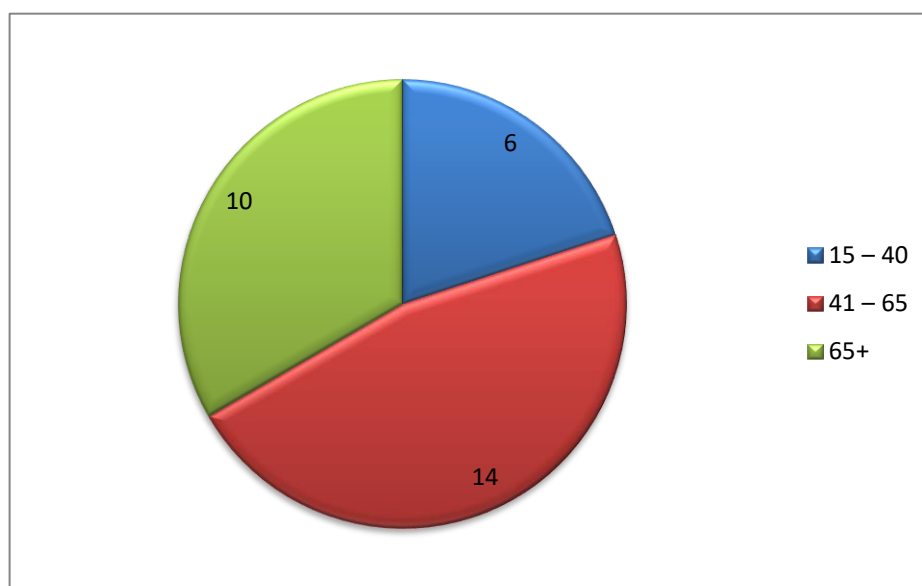
Graf 7.1: Zastoupení pohlaví ve sledované skupině [vlastní tvorba]

### 7.1.2 Věkové rozložení

Dalším obecným rozdělovacím pravidlem ve skupině je věk respondenta. Byly stanoveny tři věkové intervaly pro rozdělení respondentů:

- 1) 15 – 40 let
- 2) 41 – 65 let
- 3) nad 65 let

Jako extrém ve skupině můžeme zvolit minimální věk, kdy bylo respondentovi 15 let, na opačné straně věkové řady pak máme respondenta ve věku 77 let. Tento základní pohled přináší naději v rovnoměrné věkové zastoupení. Reálně však dle V centru, ve kterém jsem výzkum prováděla, funguje skvěle souhra oftalmologa a optometristy, proto se tu klienti všech věkových kategorií cítí komfortně a mají i velkou důvěru ve vyšetření jako celek, ať po stránce oftalmologické, tak po stránce optometristické.



Graf 7.2: Věkové rozložení ve sledované skupině [vlastní tvorba]

Vidíme (viz Graf 7.2), že věková skupina č. 1, je zastoupena pouze 6-ti respondenty, kteří odpovídají jen 20 %. Zbývajících 80 % je ve věku nad 40 let. Toto asi dobře koreluje se zvyšující se potřebou vyhledat optometristu ve vyšším věku. Zároveň v první věkové skupině působí jak módní, tak i psychologické vlivy a zábrany, které se váží k nošení brýlí. Proto jsou respondenti z této věkové skupiny více ti, kteří mají diagnózu z mládí. V druhé věkové kategorii je nejvíce respondentů a to 14, což odpovídá 46,7 % klientů. Poslední třetí

kategorie je zastoupena 10 respondenty, což odpovídá 33,3 %. Skupiny dvě a tři již obsahují lidi, kteří opravdu potřebují vidět, jejich návštěvy v očním centru mohou být i častější vzhledem k jejich diagnóze.

V centru, ve kterém jsem výzkum prováděla, funguje skvěle souhra oftalmologa a optometristy, proto se tu klienti všech věkových kategorií cítí komfortně a mají i velkou důvěru ve vyšetření jako celek, ať po stránce oftalmologické, tak po stránce optometristické.

### 7.1.3 Další parametry skupiny

Skupinu by bylo možné dále rozdělovat dle, dalších kritérií, např.: podle anamnézy (hypertenze, diabetes, atd.), pracovních podmínek (v kanceláři, pracující venku, řidiči, atd.). Takové podrobné dělení je již komplikované, především je potřeba přijít s předpokladem, že se u některé skupiny vyskytuje vyšší vliv než u obecné skupiny. Déle je potřeba si vybírat jedince z takovéto cílové skupiny. V této práci se pracuje s obecným předpokladem vlivu chyb na všechny jedince bez podrobnějšího rozdělení.

## 7.2 Rozložení očních vad

V základu rozdělujeme oční vady na následující skupiny:

- 1) Emetrop
- 2) Hypermetrop
- 3) Myop

Vzhledem k tomu, že máme k dispozici 30 respondentů a k faktu, že není korelována vada levého oka a pravého oka, získáváme k vyhodnocení celkem 60 očí, které můžeme podrobovat různým zkoumáním.

Graf 7.3 nám ukazuje, jaké je zastoupení jednotlivých skupin uvedených výše v naší sledované skupině. Do první skupiny (emetrop) náleží 4 oči, což je 6,7 %, z toho je jedno oko presbyopické. Druhá skupina je zastoupena největším počtem očí – 35, tedy 58,3 % je hypermetropických, z toho 29 vykazuje presbyopii. Třetí skupina myopických očí obsahuje 21 zástupců a tedy 35 % a z toho 10 očí je presbyopických.

Ve sledované skupině 60-ti očí je rozložení refrakčních vad následující:

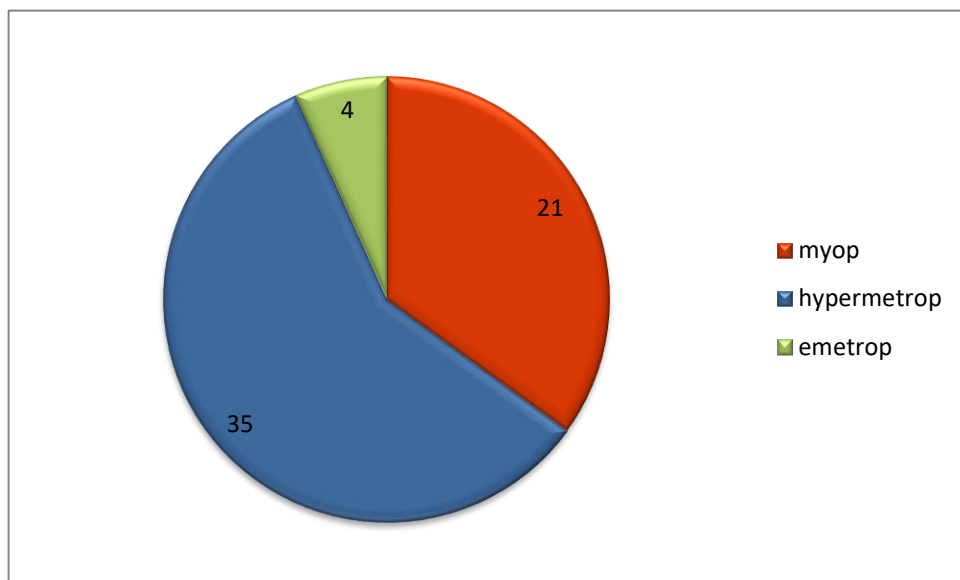
21 očí, tedy 35 % vykazuje myopii, z toho 10 očí vykazuje presbyopii

35 očí, tedy 58,3 % očí je hypermetropických, z toho 29 očí vykazuje presbyopii

4 očí, tedy 6,7 % jsou emetropické, z toho 1 oko je presbyopické

Z celkového počtu je tedy presbyopických očí 40, tedy 66,7%.

Vyšší zastoupení lidí s presbyopií koresponduje s faktem, že celých 80 % klientů bylo starších 40 let. Změny visu způsobené presbyopií začínají většinou mezi 40-45 rokem a vrcholí kolem 65 roku.



Graf 7.3: Rozložení refrakčních vad ve sledované skupině [vlastní tvorba]

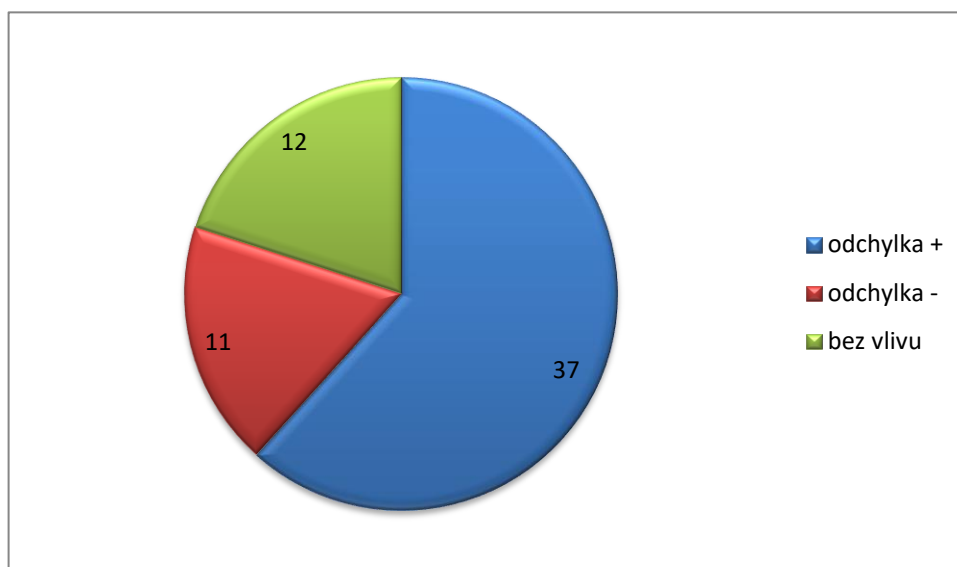
### 7.3 Vliv vzdálenosti optotypu

**Hypotéza: Při subjektivní refrakci z 3 m se projeví ve většině případů odchylka v subjektivní refrakci v porovnání se subjektivní refrakcí měřenou z 5 m.**

Z teorie víme, že optimální vzdálenost optotypu pro vyšetřování korekce do dálky je 5 – 6 m. Také víme, že pokud měříme refrakci pouze ze vzdálenosti 3 m, měl by být rozdíl v konečné refrakci +0,25 D.



Vidíme (viz Graf 7.4), že změna vzdálenosti, tedy přiblížení k optotypu o 2 m, neměla vliv na změnu refrakce u 20 % očí. Pro 80 % sledovaných očí však ke změně došlo, tím se potvrdila hypotéza, že ve většině případů k odchylce dojde. Z těchto 80 %, kde ke změně vlivem vzdálenosti došlo, byla změna refrakce u 61,7 % očí do plusu, naproti tomu u 18,3 % očí do mínusu. Dioptricky není tato odchylka v grafu zaznamenána, protože se vždy jednalo o odchylku ve velikosti 0,25 D, vzhledem k tomu, že se subjektivní refrakce vyměřuje s přesností na právě zmíněných 0,25 D, nejedná se tedy o nijak významnou odchylku.

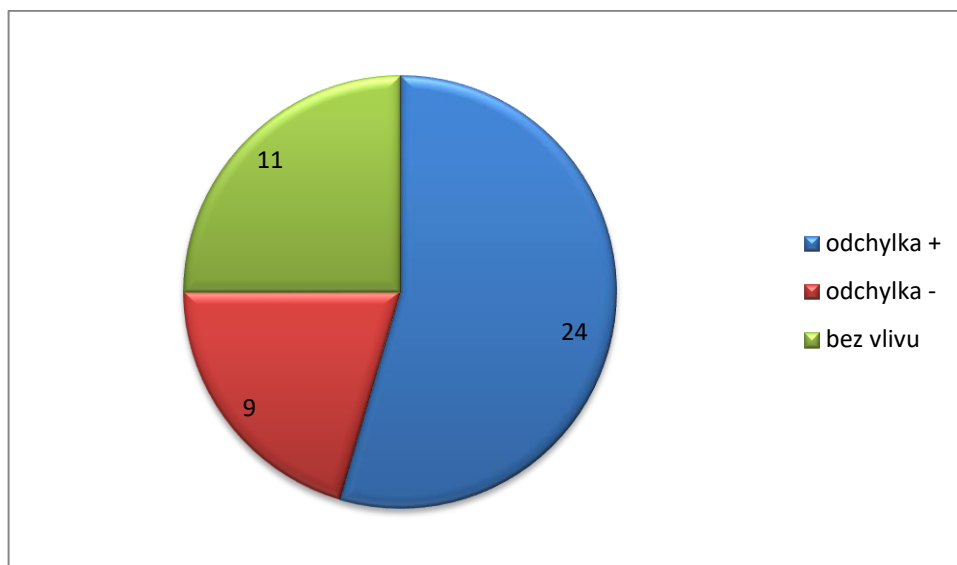


Graf 7.4: Rozložení odchylek vlivem vzdálenosti na celé sledované skupině očí [vlastní tvorba]

### 7.3.1 Vyhodnocení dle pohlaví

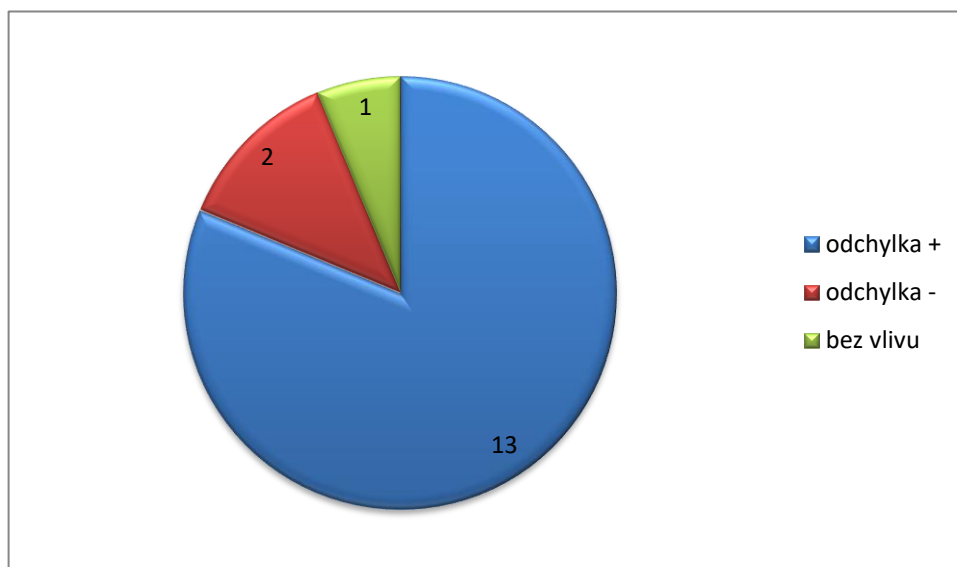
Jako první se nabízí k porovnání rozložení odchylek u mužů a u žen, toto zobrazují Graf 7.5 a Graf 7.6.

U žen (viz Graf 7.5) byla odchylka u 54,5 % do plusu, u 20,5 % do mínusu. U zbývajících 25 % se refrakce se změnou vzdálenosti nezměnila.



Graf 7.5: Rozložení odchylek vlivem vzdálenosti u žen [vlastní tvorba]

U mužů (viz Graf 7.6), byla odchylka u 81,2 % do plusu a u 12,5 % do mínusu. Ve zbývajících 6,3 % se refrakce se změnou vzdálenosti nezměnila. Zde se potvrzuje teoretický předpoklad kladné odchylky.

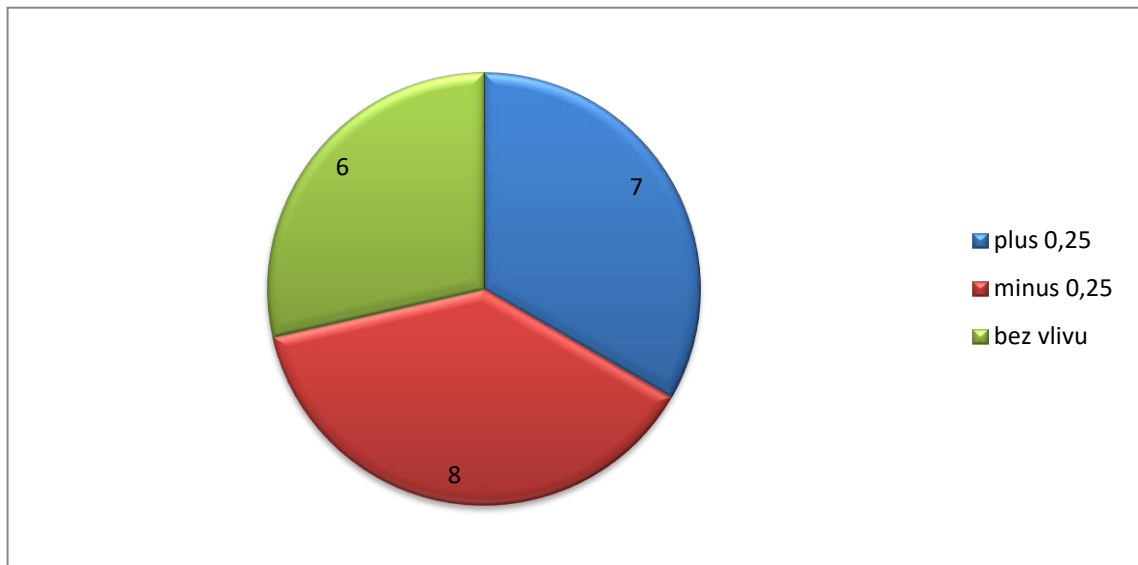


Graf 7.6: Rozložení odchylek vlivem vzdálenosti u mužů [vlastní tvorba]

U mužů byla odchylka do plusu zastoupena ve více procentech než u žen. Žen však bylo v celé skupině podstatně více. Pro objektivní vyhodnocení by se výběr respondentů musel udělat více genderově vyvážený. U obou pohlaví se však potvrdila hypotéza, že ve většině případů se odchylka projeví.

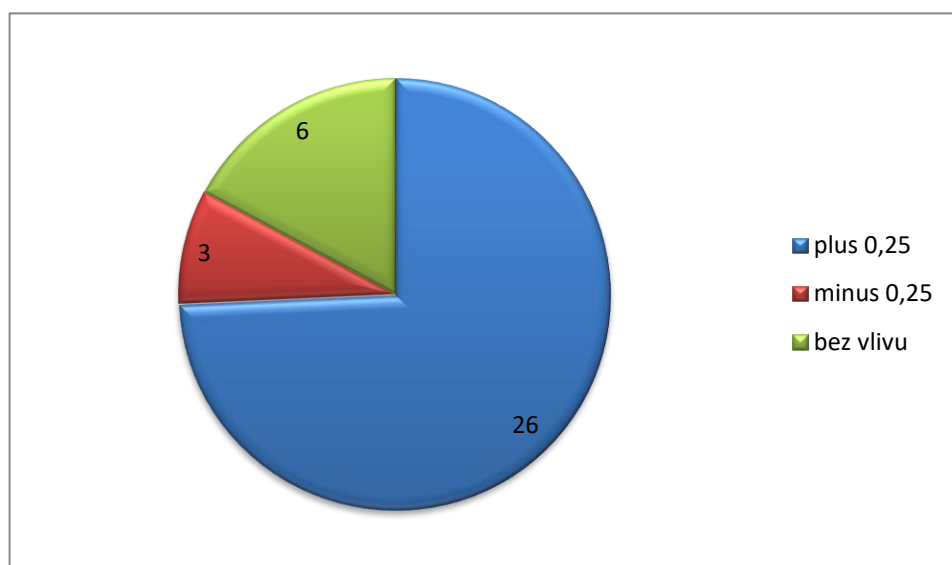
### 7.3.2 Vyhodnocení dle oční vady

U klientů s myopií (viz Graf 7.7) se v 38,1 % případů projevila odchylka do mínusu, ve 33,3 % byla odchylka do plusu a u 28,6 % se změnou vzdálenosti odchylka neprojevila.



Graf 7.7: Rozložení odchylek vlivem vzdálenosti u myopů [vlastní tvorba]

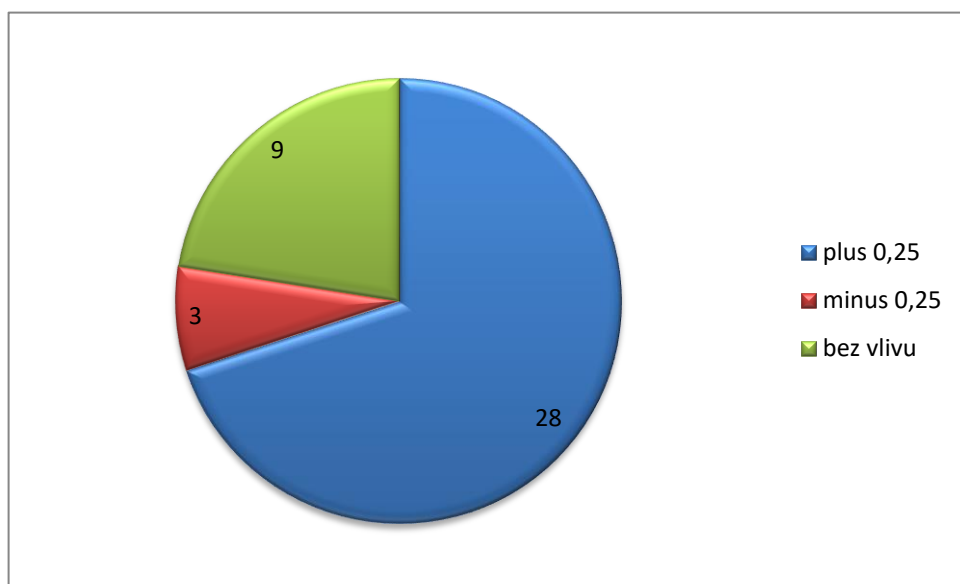
U hypermetropů (viz Graf 7.8) došlo v 74,2 % případů k odchylce subjektivní refrakce do plusu. Pouze u 8,6 % se projevila odchylka do mínusu. U zbývajících 17,2 % se neprojevila žádná odchylka.



Graf 7.8: Rozložení odchylek vlivem vzdálenosti u hypermetropů [vlastní tvorba]

U emetropů došlo k odchylce vlivem refrakce z menší vzdálenosti ve všech případech o + 0,25 D, tím potvrdili teorii na 100 %. Ovšem emetropické byly pouze 4 oči z celkových 60 očí, což je velmi malý vzorek na konečné závěry. Pro potvrzení teorie, že u emetropů dojde vždy k odchylce mezi vyměřením z doporučené vzdálenosti a ze vzdálenosti pouze 3 m o +0,25 D, by bylo třeba udělat měření na větším počtu emetropů.

Většina klientů s presbyopií (viz Graf 7.9), konkrétně 70%, detekovala odchylku související se změnou vzdálenosti do plusu, pouze 7,5 % ovlivnila změna refrakce do mínusu a u zbývajících 22,5 % se změna refrakce z důvodu změny vzdálenosti neprojevila.



Graf 7.9: Rozložení odchylek vlivem vzdálenosti u presbyopů [vlastní tvorba]

Zajímavé je porovnání odchylek očí s různými refrakčními vadami. U myopů bylo rozložení odchylek do plusu, do mínusu a bez odchylky poměrně vyrovnané. U hypermetropů, presbyopů i emetropů byla odchylka citelně významnější do plusu, ztatočně méně případů nezaznamenalo odchylku. Do mínusu se v těchto skupinách projevila odchylka u velmi malého procenta.

V 80 % případů došlo u klientů k detekci změny refrakce dle hypotézy, při snížení vzdálenosti od optotypu z 5 m na 3 m. Z naměřených výsledků vyplývá, že při měření refrakce z nepředpisové vzdálenosti se nedá spolehnout na teoretický rozdíl mezi vyměřovací vzdáleností na 5 m a 3 m o +0,25 D. I nadále je nutné správnost měření subjektivní refrakce při nepředpisové vzdálenosti ověřit zkouškou na absolutní nekonečno, např. pohledem z okna. Důvodem je, že celých 61,7 % klientů sice detekovalo v souladu s teorií odchylku do plusu,

ale u nezanedbatelných 18,3 % se projevila odchylka do mínusu a 20 % respondentů odchylku v refrakci nedetekovalo vůbec. Subjektivní refrakci z nepředpisové vzdálenosti je třeba překontrolovat vždy. Zkoušku na absolutní nekonečno je vhodné provést i v případě, že měříme za předpisových podmínek, protože i vzdálenost 5 metrů zcela nevylučuje akomodaci.

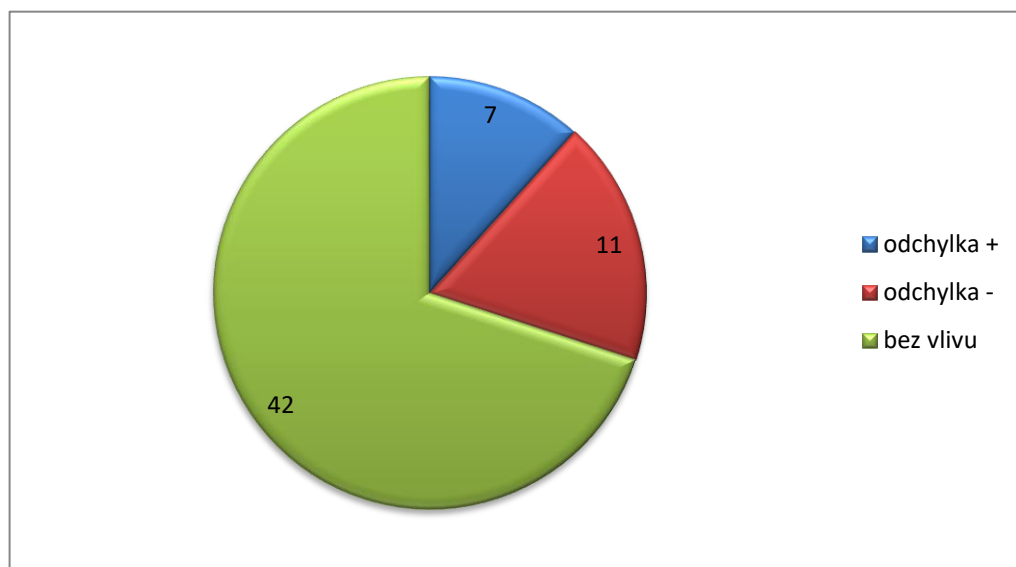
## 7.4 Vliv okolního osvětlení

**Hypotéza: Při subjektivní refrakci při sníženém osvětlení z  $3400 \text{ cd.m}^{-2}$  na  $50 \text{ cd.m}^{-2}$ , bude ve většině případů odchylka v subjektivní refrakci.**

Vliv snížení intenzity osvětlení z  $3400 \text{ cd.m}^{-2}$  na  $50 \text{ cd.m}^{-2}$  měl vliv na změnu refrakce následující.

V drtivé většině 70 % případů se změna refrakce neprojevila (viz Graf 7.10). Do mínusu se projevila změna refrakce u 18,3 % očí, pouze 11,7 % očí vykazalo změnu refrakce do plusu.

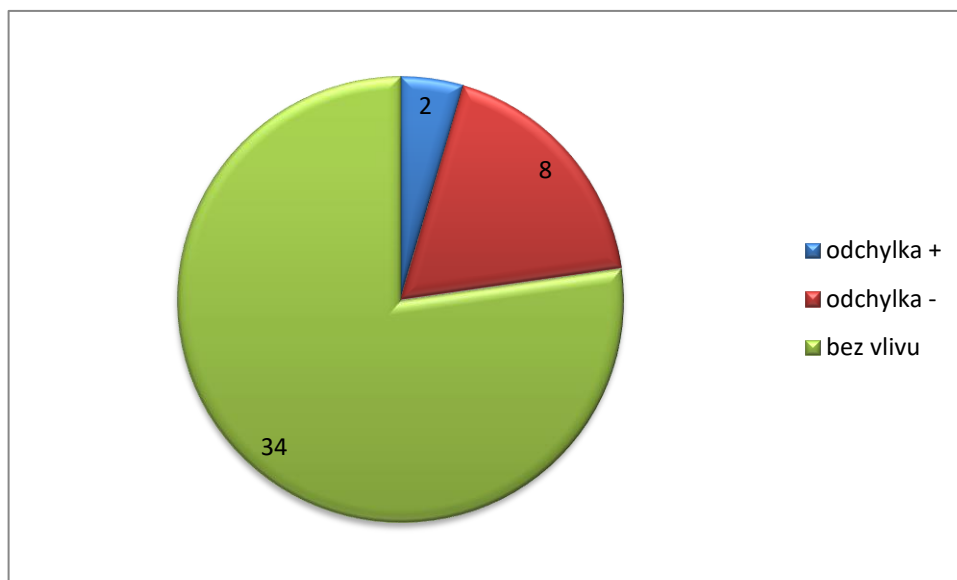
Změna refrakce se tedy potvrdila pouze v 30 % případů. Lze tedy hypotézu, že snížením osvětlení z  $3400 \text{ cd.m}^{-2}$  na  $50 \text{ cd.m}^{-2}$  dojde ve většině případů k odchylce v subjektivní refrakci, považovat za vyvrácenou.



Graf 7.10: Vliv osvětlení na sledovanou skupinu očí [vlastní tvorba]

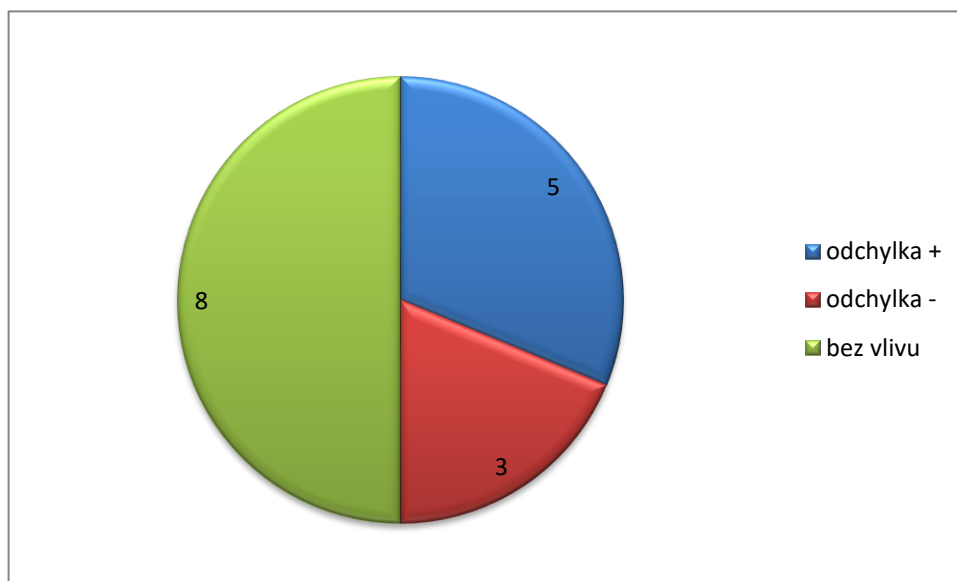
### 7.4.1 Vyhodnocení dle pohlaví

U žen nedošlo vlivem snížení osvětlení ke změně refrakce (viz Graf 7.11) v 77,3 % případů. Do mínusu detekovalo změnu 18,2 % žen a do plusu se změnila refrakce pouze u 4,5 % žen.



Graf 7.11: Rozložení odchylek vlivem osvětlení u žen [vlastní tvorba]

Muži nedetkovali změnu refrakce v 50% případů (viz Graf 7.12). Do plusu detekovalo odchylku 31,25% mužů, do mínusu se refrakce odchytila 18,75% mužských respondentů.

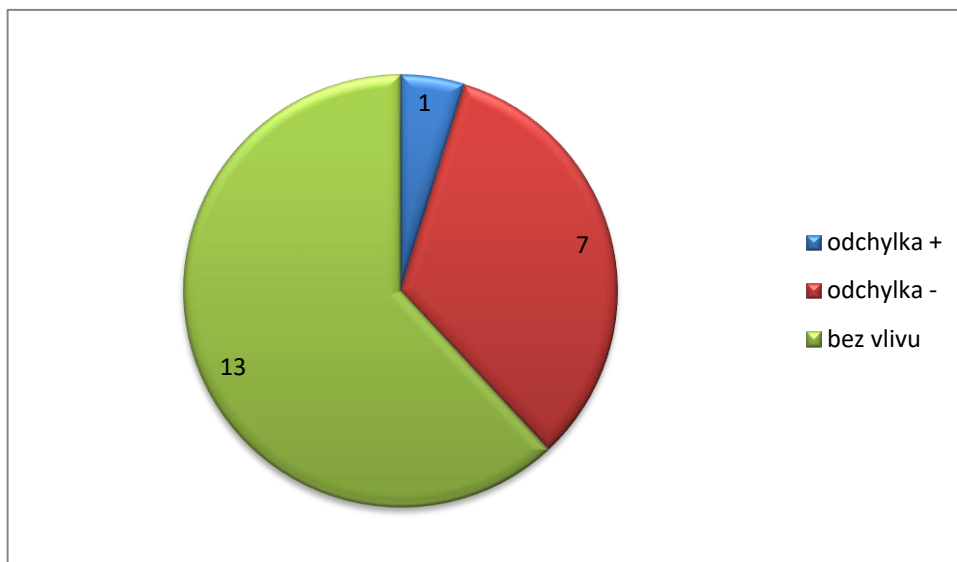


Graf 7.12: Rozložení odchylek vlivem osvětlení u mužů [vlastní tvorba]

Ženy ve většině případů odchytku v subjektivní refrakci vlivem sníženého osvětlení nedekovaly, muži neměli odchytku v subjektivní refrakci tímto faktorem pouze v 50 % případů. U respondentů, kteří odchytku detekovali, byli rozdíly mezi reakcemi žen a mužů. Většina žen, které odchytku zaznamenaly, se posunuly směrem do mínusu, zatím co většina mužů, kteří zaznamenali odchytku, se posunula do plusu. Žen však bylo podstatně více. Pro objektivní vyhodnocení by se výběr respondentů musel udělat více genderově vyvážený.

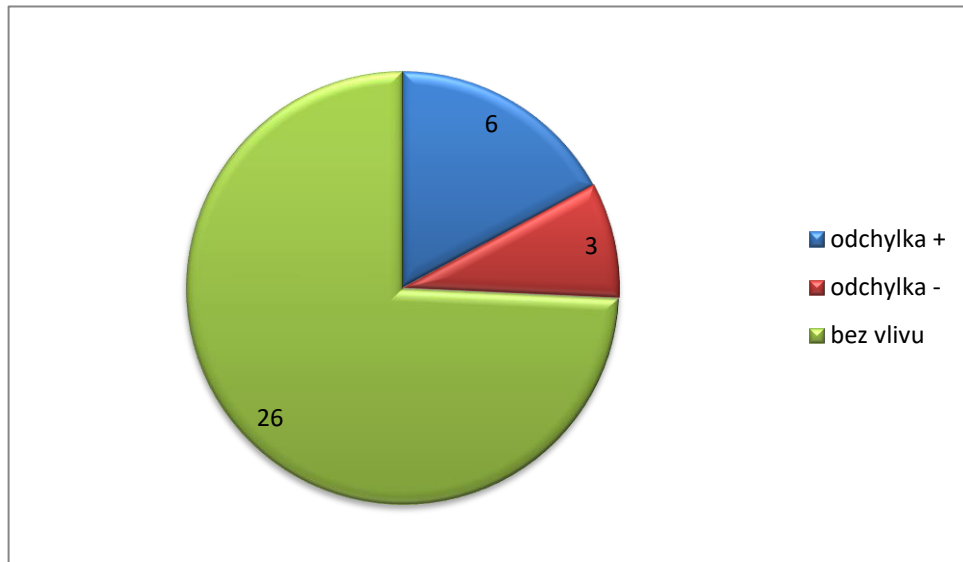
#### 7.4.2 Vyhodnocení dle oční vady

Myopové vykazali v 33,3 % případů odchytku do mínusu, do plusu odchytku změnou osvětlení zaznamenalo 4,7 % respondentů s myopií, zbývajících 62 % nedetekovala žádnou změnu v subjektivní refrakci způsobenou sníženým osvětlením (viz Graf 7.13).



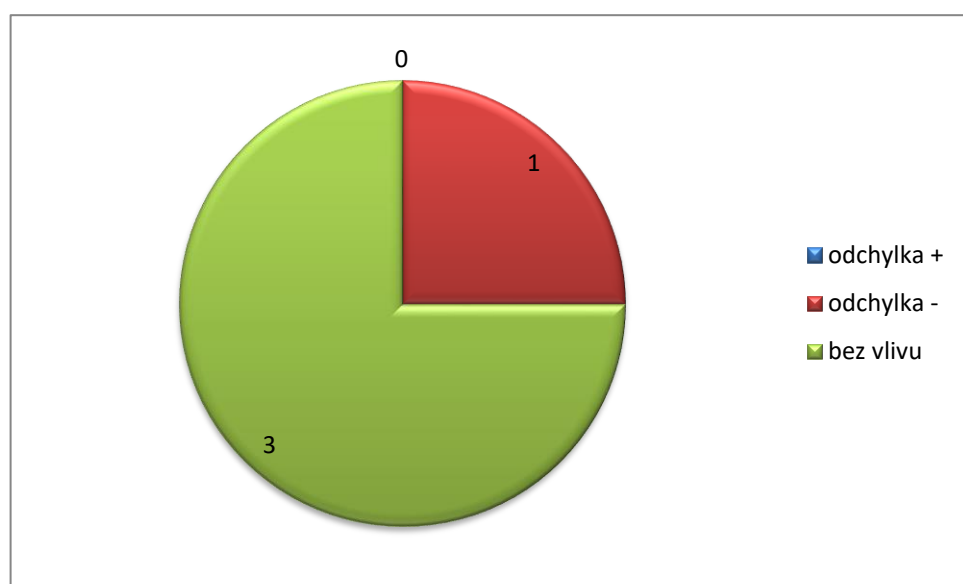
Graf 7.13: Rozložení odchylek vlivem osvětlení u myopů [vlastní tvorba]

Hypermetropové (viz Graf 7.14) v celých 74,3 % případů nevykázali změnu refrakce. Pouze 8,5 % vykázalo odchylku do mínusu. Do plusu se u hypermetropů posunula refrakce v 17,2 % případů.



Graf 7.14: Rozložení odchylek vlivem osvětlení u hypermetropů [vlastní tvorba]

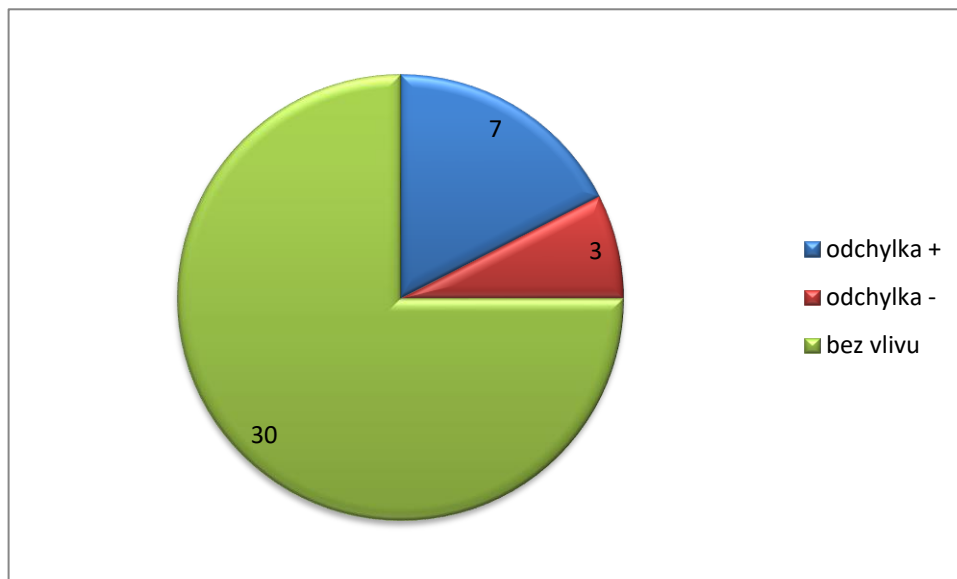
Emetropové (viz Graf 7.15) nevykázali odchylku u celých 75 %, pouze u 25 % se projevila odchylka do mínusu. U žádného respondenta se neprojevila odchylka do plusu vlivem sníženého osvětlení.



Graf 7.15: Rozložení odchylek vlivem osvětlení u emetropů [vlastní tvorba]



Presbyopové (viz Graf 7.16) nezaznamenali změnu refrakce v celých 75 % případů. V 17,5% případů detekovali odchylku do plusu, pouze 7,5% vykázalo odchylku do mínusu.



Graf 7.16: Rozložení odchylek vlivem osvětlení u presbyopů [vlastní tvorba]

Vlivem sníženého osvětlení se v naprosté většině refrakce nezměnila, tím se vyvrátila hypotéza, že na většinu klientů bude mít snížení osvětlení vliv při vyměřování subjektivní refrakce. K větší odchylce směrem do mínusu došlo u myopů. Naproti tomu hypermetropové vykazovali ve větším procentu odchylku do plusu. Měření probíhalo na kvalitním LCD optotypu, za použití horšího typu optotypu, především tištěného, by mohla být odchylka v subjektivní refrakci způsobená nedostatečným osvětlením větší. Vzhledem k tomu, že při sníženém osvětlení se nedělá další zkouška, která by chybu způsobenou tímto faktorem odhalila, je více než žádoucí podmínku kvalitního předpisového osvětlení dodržet, aby se odchylka způsobená tímto faktorem vyloučila.

Tato problematika by si zasloužila další výzkum, kde by se zohlednily i různé druhy optotypů a výzkum by se provedl na větší skupině probandů.

## 7.5 Nesprávně nasazená obruba

Při měření refrakce s nesprávně nasazenou obrubou nedošlo u žádného klienta k odchylce v refrakci oproti správnému nasazení.

Klienti si stěžovali na nepohodlnost, takže během vyměřování se tato chyba sama eliminovala, protože klienti mě tlačili do úpravy posazení obruby nebo si i obrubu sami trochu upravili, aby jim to bylo pohodlnější a tím se obruba dostala do správnějšího postavení. Tato chyba tedy v praxi nebude mít pravděpodobně velký vliv na hodnotu konečné refrakce. Přes úpravu obruby jsem se snažila, aby posazení obruby nebylo úplně správné, klienti však pracovali velmi dobře a i s nepohodlným posazením obruby byli schopní spolupráce a posuzování obrazů. Tím, že klienti apelovali na aspoň částečnou úpravu obruby, se neprojevila chyba způsobená tímto faktorem. Nikdo z respondentů také neměl výrazné anatomické abnormality, které by mohli znásobit účinek nesprávně usazené obruby.

## 8 Diskuze výsledků

Měřením se prokázala závislost subjektivní refrakce a vzdálenosti od optotypu. Jak vyplývá z grafů, tak v naprosté většině případů k nějaké odchylce do správné refrakce došlo. Specificky reagovali myopové, kteří měli procenta odchylky do plusu, do mínusu a bez odchylky velmi vyrovnané. Hypermetropové naproti tomu reagovali v naprosté většině v souladu s teorií a vykázali tedy odchylku do plusu. Reakce presbyopů byla velmi podobná jako u hypermetropů, protože se ve velkém procentu prolínají. U myopů by došlo snadno k překorigování, což je velmi nežádoucí, protože bychom tím zapříčinili akomodaci a tím i možné potíže v budoucnu. U hypermetropů bychom akomodaci snížením dioptrie navodili jen velmi zřídka, ale při silnější plusové dioptrii, kterou většina respondentů vyžadovala, by mohlo dojít k nekomfortnímu, neostrému vidění na větší vzdálenost a s tím spojené potíže např. při řízení auta a podobně, kdy je potřeba ostrého vidění zvýšená.

Z výsledků můžeme usuzovat, že vliv osvětlení místnosti sice není většinou významný, ale k odchylkám od správné korekce docházelo u více než čtvrtiny lidí, což úplně zanedbatelné není. U myopů byla poměrně významná odchylka do mínusu, což může být způsobeno noční myopií. Hypermetropové vykázali více odchylek do plusu a v porovnání s myopy, měli větší převahu případů, kde k odchylce nedošlo. Vzhledem k použitému kvalitnímu LCD optotypu, který neovlivnil výrazně kontrastní rozlišení, tedy bylo odchylek relativně málo. Při použití strašících typů optotypů, předpokládám, že by situace byla výrazně jiná. Hlavně při použití tištěných optotypů by s takto slabým osvětlením mohlo dojít i k úplné nemožnosti vyměření subjektivní refrakce. Aby se tato teorie potvrdila, muselo by se provést měření s použitím různých typů optotypů a zhodnotit pak výsledky.

Špatně nasazená zkušební obruba neměla dle mých měření žádný vliv na konečnou subjektivní refrakci. Problémy by mohly nastat při vyšších dioptriích, nebo při práci se špatně spolupracujícím klientem, nebo s klientem, který by měl výraznější pohybové omezení a nebyl by schopný se přes takto nasazenou obrubu dívat a reagovat na změny obrazů. Klienti si pro nepohodlí obrubu sami opravovali do lépe padnoucí pozice nebo žádali o její úpravu, což též pomohlo k tomu, že se chyba způsobená nesprávně padnoucí obrubou neprojevila. Nelze se spoléhat na to, že si klient obrubu sám upraví nebo si o úpravu řekne, ale dá se předpokládat, že pro nepohodlí budou klienti na úpravu apelovat.

Všechny odchylky od správné refrakce byly o max. 0,25 D, což není nijak výrazný rozdíl a lze ho teoreticky dát do tolerance. Ale myslím, že je lepší, raději vyměřovat klienty dle

doporučení a být si výsledkem refrakce jistý. Odchylku 0,25 D může klient vykázat např. při pohledu stranou, zvýšením akomodačního úsilí, přimhouřením očí a podobně, nejedná se tedy o významnou odchylku. Přesto není vhodné zvyšovat možnost předepsání nevhodné korekce vyměřováním v nevyhovujících podmínkách, byť o zmíněných 0,25 D. Navíc pokud bychom se dopustili více chyb či nepřesností, mohla by být odchylka od správně provedené subjektivní refrakce vyšší a již by mohla a pravděpodobně dělala klientovi problémy - neostré či jinak nekomfortní vidění.

Dodržení zásad správné refrakce také svědčí o naší profesionalitě a u klientů zvyšuje pocit důvěry, který je ve vztahu klient - optometrista vždy velkou výhodou. Podstatnou roli také hraje používané přístrojové vybavení, proto je vhodné investovat do modernějšího vybavení, které nejen usnadní práci, ale také může pomoci eliminovat některé chyby, které by mohly nastat. Společně s profesionalitou vyšetřujícího je to myslím základ pro vyměření správné subjektivní refrakce.

## 9 Závěr

Ve své bakalářské práci jsem se věnovala odchylkám, ke kterým může dojít v subjektivní refrakci při vyšetřování za různě změněných podmínek oproti doporučením. Cíle práce jsem splnila.

Konkrétně jsem se věnovala rozdílu v subjektivní refrakci vyměřované z 5 m v porovnání s vyšetření subjektivní refrakce z 3 m. Většina respondentů vykazovala odchylku, která se shodovala s teorií, ale nezanedbatelné procento, konkrétně 38,3 %, teorii neodpovídala. Je proto vhodné na konci měření provést zkoušku na absolutní nekonečno. V předepsání konečné korekce pak musíme zohlednit konkrétní potřeby a preference klienta.

Dále jsem zkoumala vliv sníženého osvětlení na subjektivní refrakci. V tomto případě naprostá většina respondentů odchylku od refrakce vyměřené v předpisovém osvětlení nedetekovala. Za předpokladu, že používáme kvalitní moderní optotyp, např. LCD apod., můžeme v podstatě vliv sníženého osvětlení zanedbat. Ovšem za použití starších typů optotypů, především tištěných, může být situace výrazně jiná.

Odchylky způsobené nepředpisovými podmínkami, pokud k nim vůbec došlo, se lišily pouze o 0,25 D, oproti subjektivní refrakci vyměřené za předpisových podmínek. Tato odchylka nemá velký statistický význam a teoreticky ji lze zanedbat. Problém by mohl nastat, pokud by se jednotlivé chyby nakumulovaly a nedošlo by ze strany optometristy k následné kontrole a případně úpravě korekce. Také výraznější zkrácení vzdálenosti, nebo s použitím méně kvalitního vybavení, by mohly chyby vykazovat větší odchylky. Ideální proto je vyměřovat dle platných doporučení. Pokud tuto možnost nemáme, je třeba mít stále na paměti, že musíme více přemýšlet a udělat raději více testů, abychom klientům předepsali korekci, se kterou budou spokojeni, bude jim příjemná, a se kterou budou vidět co nejlépe - úměrně své vadě a potřebám. Tím pádem se k nám budou, jako ke kvalitním odborníkům rádi vracet.

## Seznam použité literatury

- [1] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-x.
- [2] PETROVICKÝ, Pavel a Rastislav DRUGA. *Systematická, topografická a klinická anatomie*. Praha: Karolinum, 1996. ISBN 80-7184-118-8.
- [3] HEISSIGEROVÁ, Jarmila. *Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu*. Praha: Maxdorf, [2018]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-580-4.
- [4] DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
- [5] RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-301-5.
- [6] KUČERA, Přemysl. *Subjektivní refrakce II: Přednáška ČVUT FBMI*. Kladno, 2020.
- [7] NOVÁK, Jiří. *Základy fyziologické optiky: Přednáška ČVUT FBMI*. Kladno, 2019.
- [8] *Osvětlení pracoviště ve vztahu k BOZP. Hygienické normy, doporučená intenzita, projektování* [online]. Praha: dokumentacebozp.cz, 2018 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/osvetleni-pracoviste/>
- [9] HABERLAND, Tomáš. Měření refrakce. *Česká oční optika*. 2007, 48(4), 70-71. ISSN 1211-233X. Dostupné také z: [https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci\\_2007\\_04.pdf](https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2007_04.pdf)
- [10] ANTON, Milan. Nové poznatky o zrakové ostrosti. *Česká oční optika*. 2006, 47(4), 16-17. ISSN 1211-233X. Dostupné také z: [http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci\\_2006\\_04.pdf](http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2006_04.pdf)
- [11] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [12] VESELÝ, Petr a Pavel BENEŠ. *Vyšetřovací metody v optometrii: a interpretace jejich výsledků v praxi*. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-2071-0.
- [13] PAŠTA, Jiří. *Základy očního lékařství*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2017. ISBN 978-80-246-2460-0.
- [14] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [15] RUTRLE, Miloš. *Brylová optika*. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text pro střední zdravotnické školy. ISBN 80-7013-145-4.
- [16] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.

- [17] AUTRATA, Rudolf. *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-701-3362-7.
- [18] KASCHKE, Michael, Karl-Heinz DONNERHACKE a Michael Stefan RILL. *Optical devices in ophthalmology and optometry: technology, design principles, and clinical applications*. Weinheim: Wiley-VCH, c2014. ISBN 978-3-527-41068-2.
- [19] GROSS, Herbert. *Handbook of Optical Systems*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH&Co., 2005. ISBN 3-527-40378-7.
- [20] BENJAMIN, William J. *Borish's Clinical Refraction*. Second edition. Amsterdam: Elsevier, 2006. ISBN 978-0750675246.
- [21] ELLIOTT, David B. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. 5th. Amsterdam: Elsevier, 2020. ISBN 978-0-7020-7789-0.
- [22] RUTRLE, Miloš. *Brylová technika, estetika a přizpůsobování brýlí: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-701-3347-3.
- [23] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [24] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 8071690791.
- [25] ANTON, Milan. Vývoj refrakce oka. *Česká oční optika*. Brno: SČOO, 2005, vol. 46, No 2, p. 10-11. ISSN 1211-233X.
- [26] ANTON, Milan and Dětská oční klinika FN Brno a LF MU Brno. Nefyziologické změny refrakce (Pathological Changes of Refraction). *Česká oční optika*. 1999, vol. 40, No 1, p. 8-9. ISSN 1211-233X.
- [27] ANTON, Milan and Marie HOLOUŠOVÁ. Autorefraktory a korekce refrakčních vad (Autorefractors and correction of refractive errors). *Česká oční optika*. 1997, vol. 38, p. 135-136. ISSN 1211-233X.
- [28] BALÍK, J. a J. BOBEK. *Technický sborník oční optiky*. Edited by J. Polášek. 2. vyd. Praha: Oční optika, 1975. 579 s.
- [29] AUTRATA, Rudolf. *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7.
- [30] BAŠTECKÝ, Richard. *Praktická brylová optika*. Praha: R H Optik, 1997, 83 s.

## Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Bulbus oculi [3].....	8
Obrázek 2.2: Rohovka [3].....	9
Obrázek 2.3: Čočka [3].....	10
Obrázek 2.4: Sítnice [3].....	11
Obrázek 3.1: Emetropie [3] .....	13
Obrázek 3.2: Myopie [3].....	14
Obrázek 3.3: Hypermetropie [3].....	15
Obrázek 5.1: Autorefraktometr [vlastní tvorba] .....	21
Obrázek 5.2: Vyšetřovací křeslo [vlastní tvorba] .....	22
Obrázek 5.3: Optotyp - vlevo papírový tištěný, uprostřed světelný, vpravo LCD [vlastní tvorba].....	23
Obrázek 5.4: Jacksonův zkřížený cylindr [vlastní tvorba] .....	24
Obrázek 5.5: Zkušební obruba [vlastní tvorba] .....	25
Obrázek 5.6: Brýlová skříň [vlastní tvorba] .....	25
Graf 7.1: Zastoupení pohlaví ve sledované skupině [vlastní tvorba] .....	34
Graf 7.2: Věkové rozložení ve sledované skupině [vlastní tvorba].....	35
Graf 7.3: Rozložení refrakčních vad ve sledované skupině [vlastní tvorba] .....	37
Graf 7.4: Rozložení odchylek vlivem vzdálenosti na celé sledované skupině očí [vlastní tvorba].....	38
Graf 7.5: Rozložení odchylek vlivem vzdálenosti u žen [vlastní tvorba].....	39
Graf 7.6: Rozložení odchylek vlivem vzdálenosti u mužů [vlastní tvorba] .....	39
Graf 7.7: Rozložení odchylek vlivem vzdálenosti u myopů [vlastní tvorba] .....	40
Graf 7.8: Rozložení odchylek vlivem vzdálenosti u hypermetropů [vlastní tvorba].....	40
Graf 7.9: Rozložení odchylek vlivem vzdálenosti u presbyopů [vlastní tvorba].....	41
Graf 7.10: Vliv osvětlení na sledovanou skupinu očí [vlastní tvorba] .....	42
Graf 7.11: Rozložení odchylek vlivem osvětlení u žen [vlastní tvorba] .....	43
Graf 7.12: Rozložení odchylek vlivem osvětlení u mužů [vlastní tvorba] .....	43
Graf 7.13: Rozložení odchylek vlivem osvětlení u myopů [vlastní tvorba].....	44
Graf 7.14: Rozložení odchylek vlivem osvětlení u hypermetropů [vlastní tvorba].....	45
Graf 7.15: Rozložení odchylek vlivem osvětlení u emetropů [vlastní tvorba].....	45
Graf 7.16: Rozložení odchylek vlivem osvětlení u presbyopů [vlastní tvorba] .....	46



## Seznam tabulek

Tabulka 1 : Sférický deficit podle úrovně vizu [6].....	26
---	----