

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ  
PRÁCE**

**2022**

**ANEŽKA PÍSAŘÍKOVÁ**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra přírodovědných oborů**

**Noční myopie**

**Nocturnal myopia**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

**Autor bakalářské práce: Anežka Písaříková**

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

---

**Kladno 2022**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Písaříková** Jméno: **Anežka** Osobní číslo: **491802**  
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:

**Noční myopie**

Název bakalářské práce anglicky:

**Nocturnal myopia**

Pokyny pro vypracování:

Studentka zpracuje formou rešerše témata související se zaměřením práce: anatomii a fyziologii oka, zrakové funkce a jejich vyšetřování, refrakční vady, jejich rozdělení a korekce. Jedna podkapitola bude věnována noční myopii a projevům, které ji provází. Na základě zjištěných informací formuluje hypotézy, jejichž ověření či vyvrácení bude naplní praktické části bakalářské práce. Studentka bude provádět refrakční vyšetření pro skupinu vybraných osob s cílem zjistit rozdíly zrakových funkcí při přechodu do mezopického vidění a jejich diskuze z hlediska tématu práce. Pro tyto osoby sestaví dotazník týkající se dané problematiky a na jeho základě potvrdí nebo vyvrátí formulované hypotézy. Součástí práce bude diskuze možných rizik a možností jejich předcházení noční myopie z pohledu optometristy.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ROZSÍVAL, P. a kol., Oční lékařství, ed. 1, Galén, Karolínium, 2006, ISBN 80-7262-404-0
- [2] KUCHYŇKA, P. a kol., Oční lékařství, ed. 1, Praha: Grada Publishing, 2007, 812 s., ISBN 978-80-247-1163-8
- [3] AUSRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ, Nauka o zraku, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002, ISBN 80-7013-362-7

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Mgr. Jana Urzová, Ph.D.**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **22.09.2023**

prof. RNDr. MUDr. Petr Maňálek, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA  
děkan

## **Název bakalářské práce:** Noční myopie

### **Abstrakt:**

Bakalářská práce se zabývá problematikou noční myopie. Tématu předchází anatomie a fyziologie oka, vyšetřování zrakových funkcí, refrakční vady, jejich rozdělení a korekce. Následující kapitoly jsou věnovány noční myopii, příčinám jejího vzniku a projevům, které ji provází, dále pak možnostem korekce a jejich výhodám. Jedna kapitola je věnována dalším typům myopie. Experimentální částí se zúčastnilo 50 probandů, na kterých byl naměřen refrakční deficit za mezopických podmínek.

### **Klíčová slova:**

Noční myopie, adaptace oka, akomodace, vyšetření myopie

## **Bachelor's Thesis title:** Nocturnal myopia

### **Abstract:**

The work deals with the issue of nocturnal myopia. The topic is preceded by the anatomy and physiology of the eye, examination of visual functions, refractive errors, their division and correction. The following chapters are devoted to nocturnal myopia, the causes of its occurrence and the manifestations that accompany it, as well as the possibilities of correction and their benefits. One chapter is devoted to other types of myopia. The experimental part was attended by 50 probands, on which the refractive deficit was measured under mesopic conditions.

### **Key words:**

Nocturnal myopia, eye adaptation, accommodation, examination of myopia

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala Mgr. Janě Urzové, Ph.D. pod jejímž vedením jsem bakalářskou práci psala.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Noční myopie*“ 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 .....	5
2	Anatomie a fyziologie oka.....	6
3	Vyšetřování zrakových funkcí.....	11
3.1	Objektivní refrakce .....	11
3.2	Subjektivní refrakce .....	12
4	Refrakční vady.....	15
4.1	Hypermetropie .....	15
4.2	Astigmatismus .....	16
4.3	Myopie .....	18
5	Noční myopie .....	20
5.1	Příčiny noční myopie .....	20
5.1.1	Sférická aberace.....	20
5.1.2	Chromatická aberace .....	21
5.1.3	Difrakce světla.....	22
5.2	Adaptace oka na různé světelné podmínky.....	22
5.2.1	Adaptace oka na světlo .....	22
5.2.2	Adaptace oka na tmu .....	23
5.2.3	Purkyňův jev.....	24
5.3	Příznaky a vyšetření noční myopie .....	25
5.4	Korekce noční myopie .....	26
6	Další typy myopie.....	27
7	Experimentální část .....	29
7.1	Cíl práce.....	29
7.2	Metodika .....	29
7.2.1	Použité vybavení a vyšetřovna .....	29
7.2.2	Pracovní a světelné podmínky.....	29
7.2.3	Měření.....	30
7.3	Hypotézy.....	33
7.4	Výsledky .....	33
8	Diskuse .....	37
9	Závěr.....	39
	Seznam použité literatury .....	40
	Seznam obrázků.....	45
	Seznam grafů .....	46

# 1 Úvod

Noční myopie je z pohledu optometrie brána jako jeden z nejznámějších fenoménů. Problém nastává ve chvíli, kdy si uvědomíme, jak málo lidí se jí zabývá. Zpracováním tématu noční myopie bych chtěla přiblížit příčiny jejího vzniku a možnosti, jak pomoci lidem, kteří mají problém se zrakem v prostředí se sníženou světelnou intenzitou. Nejrizikovější skupinou lidí jsou například řidiči z povolání nebo piloti, u kterých je zrak nepostradatelný.

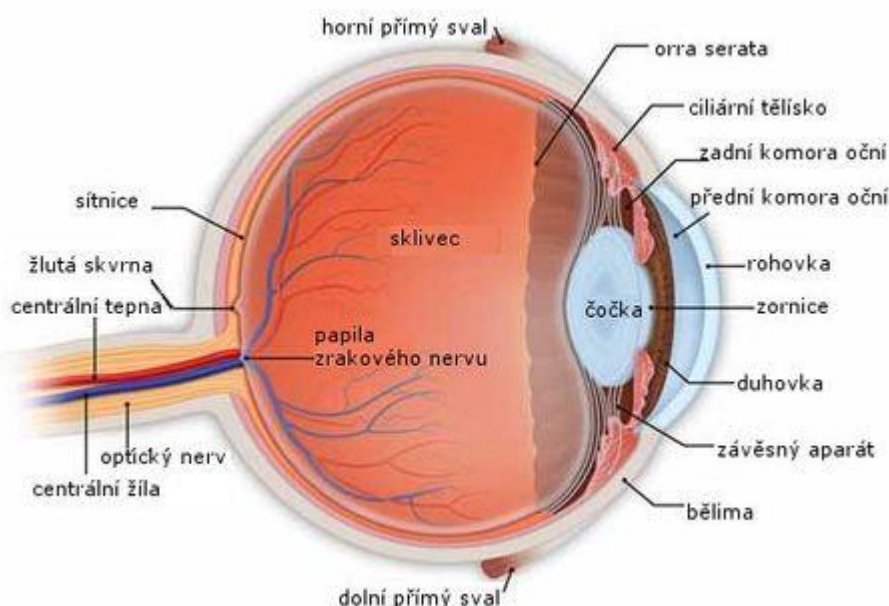
Na úvod své práce bych se chtěla zabývat obecně anatomií a fyziologií oka, vyšetřením zrakových funkcí, následně se zaměřím na refrakční vady, jejich rozdělení a korekci, včetně klasické myopie. Podrobně budu zpracovávat téma noční myopie a její příčiny. V další části se budu zabývat adaptací oka na světlo a tmou, kde zmíním i tzv. Purkyňův jev, který s adaptací oka souvisí. V následující kapitole budu popisovat příčiny vzniku noční myopie a postupy, které je potřeba provést při měření této vady. V poslední kapitole bych chtěla přiblížit možnosti korekce a zmínit jejich jednotlivé výhody. Ze získaných informací formuluji hypotézy, jejichž potvrzení či vyvrácení bude součástí experimentální části.

V experimentální části bakalářské práce budu provádět refrakci u vybrané skupiny lidí s cílem zjistit rozdíly zrakových funkcí při přechodu do mezopického vidění. Pro tyto osoby sestavím dotazník týkající se problematiky noční myopie a na jeho základě potvrdím nebo vyvrátím formulované hypotézy. Závěrem práce bude diskuze možných rizik a možností předcházení noční myopie z pohledu optometristy.



## 2 Anatomie a fyziologie oka

Lidské oko můžeme popsat jako vysoce specializovaný orgán, který nám umožňuje přesnou analýzu formy předmětu, intenzity světla a barev. Oko je uloženo v orbitě a skládá se z oční koule a z akcesorních struktur oka. [1]



**Obrázek 1: Průřez okem [2]**

Oční bulbus má přibližně kulovitý tvar. Vertikální průměr je asi 23 mm a předozadní průměr 24-26 mm. Na bulbu rozlišujeme přední a zadní pól, přičemž přední pól odpovídá vrcholu rohovky. Mediálně od zadního pólu vystupuje zrakový nerv, který vede z oční koule. Stěna oční koule se skládá ze tří vrstev. Zevní vazivový obal tunica fibrosa, který je tvořen bělimou a rohovkou, pod ním je umístěn střední obal tunica vasculosa, nazývaný také jako živnatka. Tu tvoří v zadní části cévnatka, směrem dopředu řasnaté těleso a duhovka. Vnitřní obal tunica nervosa je tvořen sítnicí. [1, 3, 4]

### Tunica fibrosa

Tunica fibrosa je zevní vazivový obal očního bulbu, který je tvořen bělimou a rohovkou.

**Skléra** neboli bělma zaujímá 5/6 pevného obalu tunica fibrosa. Udržuje tvar a tonus bulbu, chrání nitrooční struktury a upínají se k ní zevní oční svaly. Zevní strana je kryta řídkou episklerální pojivovou tkání a je tvořena hustým kolagenním vazivem, díky kterému je neprůhledná. Tloušťka skléry se na různých místech liší. Na zadním pólu je nejtlustší, přibližně 1 mm, směrem dopředu je tenčí a u limbu je silná 0,6 mm. Nejtěnější je v místech úponu očních

svalů, kde dosahuje tloušťky 0,3 mm. Za normálních podmínek je skléra sytě bílá s vysokou schopností vázat vodu. Její schopnost vázat vodu s rostoucím věkem klesá, zároveň se tak zvyšuje obsah vápníku. Ve sklěře lze odlišit tři vrstvy – episkléra, stroma a lamina fusca. Episkléra je pouze v přední části bulbu a má bohaté cévní zásobení z předních a zadních ciliárních arterií. [1, 5]

**Rohovka** je bezbarvá, transparentní a avaskulární optická tkáň, která tvoří 1/6 tunica fibrosa. Slouží jako mechanická a chemická nepropustná bariéra mezi nitrem oka a zevním prostředím. Z optického hlediska je nejdůležitějším refrakčním prostředím. Zevně hraničí se vzduchem a směrem dovnitř je ve styku s komorovou vodou. Má tvar horizontálně uložené elipsy. Histologicky je rohovka složena z pěti vrstev. Zevně je kryta epitelem, směrem do vnitra oka je dále Bowmannova membrána, rohovkové stroma, Descemetská membrána a endotel. Rohovka má bohaté zásobení nervy a tím je nejcitlivější tkáň v těle. Neobsahuje žádné cévy a její výživu zprostředkovávají limbální cévní kličky, komorová voda a slzy. Povrch rohovky pokrývá slzný film, jehož funkcí je mechanická a imunologická ochrana povrchového epitelu. Skládá se ze tří vrstev – olejová, vodní a mucinová, které v sebe plynule přecházejí. [1, 3]

## Tunica Vasculosa

Pod zevní vrstvou *tunica fibrosa* je umístěn střední obal *tunica vasculosa*, nazývaný také jako živnatka. Tu tvoří v zadní části cévnatka, směrem dopředu řasnaté těleso a duhovka. *Tunica vasculosa* je propletená hustou sítí cév a obsahuje buňky chromatofory, které obsahují pigment. Nachází se zde i řídké kolagenní vazivo bohaté na fibroblasty a melanocyty. Hlavní funkcí je zásobení oka krví z přední a zadní ciliární větve oftalmické arterie, produkce komorové vody, kontrakcí ciliárního svalu umožňuje akomodaci a zvyšuje odtok komorové vody. [1, 3, 5]

**Duhovka** je součástí předního segmentu oka a odděluje přední komoru oka od zadní. Skládá se ze čtyř vrstev, a to z předního epitelu rohovky, přední vrstvy hraniční, stroma iridis a pars iridica retinae. Na duhovce rozeznáváme pupilární část, ohraničující zornici a ciliární část, přecházející v řasnaté těleso, které jsou od sebe odděleny okružím. V oblasti duhovkového okruží je duhovka nejsilnější 0,6 mm, při kořenu je nejtenčí 0,1 mm. Svěrač zornice a rozvěrač jsou hladké svaly ektodermálního původu regulující šířku zornice. Svěrač je tvořen cirkulárně orientovanými svalovými vlákny a při osvětlení dochází k jeho kontrakci, a tím ke vzniku miózy. Rozvěrač zornice tvoří radiálně uspořádaná svalová vlákna a při jeho kontrakci nastává

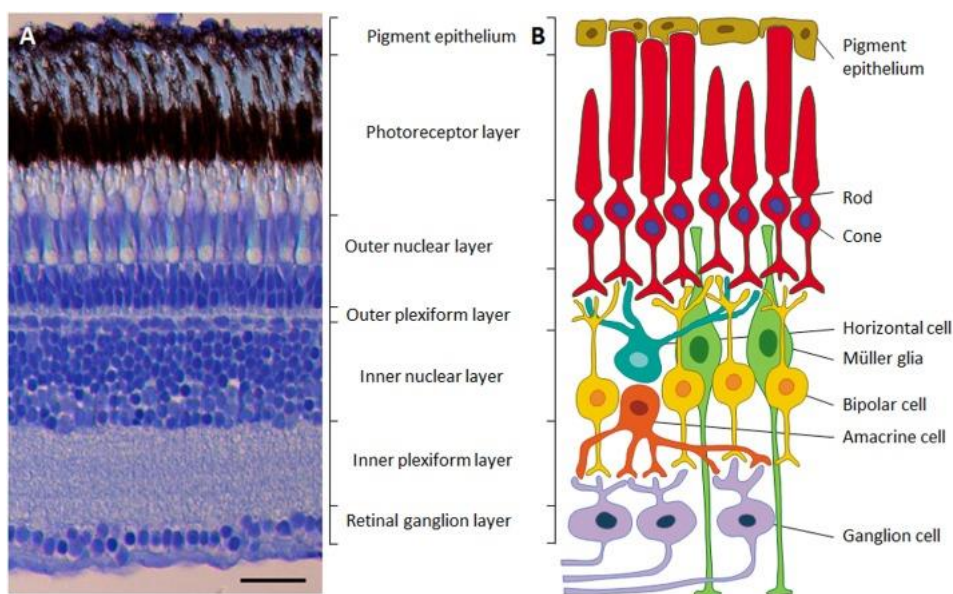
mydriáza. Duhovka je cévně zásobena větvemi arteria ophthalmica. Krev je odváděna převážně vortikózními žilami. [1, 6]

**Řasnaté těleso** je složeno ze dvou částí – pars plana, která přechází v cévnatku v místě ora serrata, a pars plicata, která se spojuje s duhovkou. U vnitřní plochy řasnatého tělesa v oblasti pars plicata vystupují radiálně uspořádané řasy, které vylučují nitrooční tekutinu do zadní plochy komory. Mezi těmito řasami se upínají vlákna závěsného aparátu čočky. Řasnaté těleso je tvořeno hladkým svalem musculus ciliaris. Při jeho kontrakci dochází k uvolnění závěsného aparátu čočky, což má za následek změnu zakřivení a optické mohutnosti čočky (akomodaci), opačně při povolání svaloviny dochází k desakomodaci. [1, 3]

**Cévnatka** je tvořena cévními kmeny a bohatou kapilární sítí, ze kterých jsou vyživovány pigmentový epitel sítnice a vrstva světločivých elementů – tyčinky a čípky. Díky pigmentu má cévnatka tmavě hnědou barvu. Cévnatka je součástí zadního segmentu oka a vyplňuje prostor mezi sítnicí a sklérou. [1, 3]

## Tunica nervosa

**Sítnice** je pro nás z hlediska noční myopie nezajímavější částí, protože obsahuje tyčinky a čípky. Je to tkáň, která vystylá vnitřní povrch oka a obklopuje dutinu sklivce. Její tloušťka se pohybuje mezi 0,1 až 0,3 mm. Pomocí skléry a rohovky je sítnice chráněna a držena ve správné poloze. Sítnici můžeme rozdělit na dvě části, a to na optickou část a na slepou část. [1, 3]



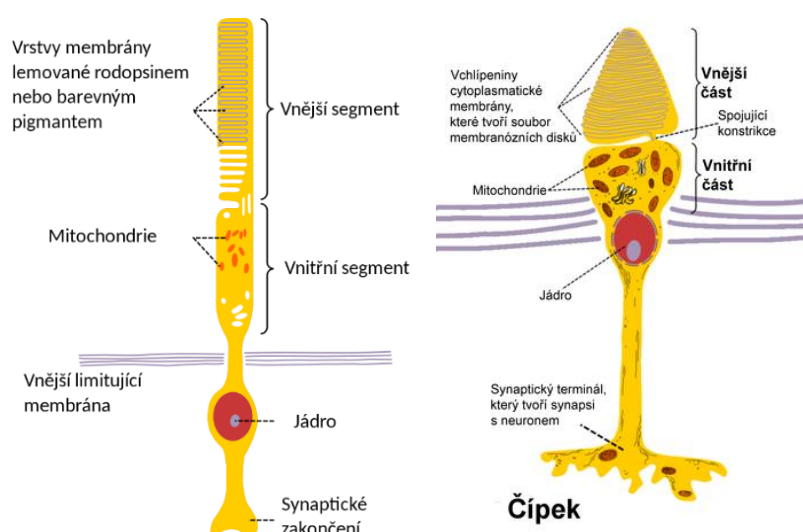
**Obrázek 2: Stavba sítnice [6]**

**Slepá část sítnice** se nachází mezi ora serrata a epitelem řasnatého tělíska a duhovky. Ciliární část se skládá ze dvou vrstev cylindrických buněk. Ty pokrývají povrch corpus cilliare

obráčený do dutiny sklivce. Vrstva na povrchu corpus cilliare obsahuje velké množství melaninu a představuje pokračování pigmentového epitelu. [1, 7]

**Optická část sítnice** se nachází mezi orra serrata a papilou, vystylá tak zadní segment oka. Je tvořena pigmentovým epitelem a vlastní nervovou vrstvou sítnice. Pigmentový epitel je vrstva cylindrických buněk. Tyto buňky obsahují ve svých výbězcích množství melanozomů, které v vstupují mezi tyčinky a čípky. Hlavní funkcí pigmentového epitelu je transport kyslíku a potřebných živin k těmto světločivým receptorům. Nervová vrstva sítnice se skládá ze šesti hlavních tříd neuronů: fotoreceptory, bipolární buňky, horizontální buňky, amakrinní buňky a gangliové buňky. Buňky nervové vrstvy sítnice jsou uspořádány v několika paralelních vrstvách. [1, 3]

Oči většiny obratlovců obsahují dva typy fotoreceptorů: tyčinky a čípky. U lidí jsou tyčinky přibližně dvacetkrát hojnější než čípky. Fotoreceptory jsou zodpovědné za fototransdukcii – přeměnu světla na elektrický signál. Čípky jsou zodpovědné za barevné vidění. Jejich celkový počet kolísá mezi 6 až 7 miliony. Nejvíce jich je v bodě nejostřejšího vidění, ale již od 0,13 mm od středu směrem do periferie se jejich počet snižuje. Tyčinky jsou aktivní při nízkém osvětlení. Objevují se ve vzdálenosti 0,13 mm od centrální jamky. 5-6 mm od středu sítnicové jamky jsou tyčinky ve formě prstence nejvíce nahromaděny. Od tohoto místa směrem do periferie opět počet tyčinek klesá. Celkový počet tyčinek je asi 120 milionů. [1, 3]



**Obrázek 3: Tyčinka (vlevo) a čípek (vpravo) [8, 9]**

**Tyčinka** je druh smyslové buňky v sítnici oka, jejíž funkcí je rozlišování odstínů šedi. Tyčinky mají charakteristický tvar a v různých částech sítnice se liší. Na tyčince lze rozeznat vnější úsek a vnitřní úsek. Vnější úsek je vlastní tyčinka se světločivými elementy, zatímco

vnitřní úsek tvoří buněčné jádro a nervové vlákno. Na vnějším úseku dále rozeznáváme vnější a vnitřní výběžek. Ve vnějším výběžku je lokalizován zrakový purpur, kterým je rhodopsin. Rhodopsin je citlivý na světlo, jedná se o chromoprotein složený z proteinu opsinu a retinalu, který je aldehyd vitamínu A. Rhodopsin se působením světla rozkládá na retinal a opsin. Jeho působení je omezeno pouze na vidění za šera a za tmy. Vnitřní výběžek tvoří tyčinkovité mitochondrie. Směrem dovnitř jich ubývá a začíná se objevovat Golgiho komplex sestávající z endoplazmatického retikula a četných nervových vláken. Přejídná zóna mezi vnitřním a zevním výběžkem má hustou vláknitou strukturu. Na vnitřním úseku tyčinky jsou rozpoznatelná jednotlivá nervová vlákna kolem buněčného jádra, ta pak vcházejí do nitra sítnice a spojují se s bipolárními buňkami. [1, 10, 11]

**Čípky** jsou tlustší než tyčinky a jejich tvar se mění podle lokalizace. Vnější úsek u čípku sestává z vnějšího a vnitřního výběžku. Ve vnějším výběžku je umístěná látka citlivá na světlo nazývaná jodopsin. Jodopsin se od rhodopsinu liší pouze v bílkovinné části složení, která je tzv. fotopsin. Vnitřní výběžek má mnoho mitochondrií a je jich asi 15x více než v tyčinkách. Vnitřní úsek představuje buněčné jádro. Je umístěné přímo pod vnitřním výběžkem vnějšího úseku a vytváří synapse s bipolárními buňkami. Vnější výběžky tyčinek i čípků se zabořují do pigmentového epitelu sítnice. [1, 7, 11]

**Bipolární buňky** jsou nervové buňky, které tvoří první neuron sítnice a tím i zrakové dráhy. Jsou zprostředkovateli mezi smyslovými receptory a mezi gangliovými buňkami.

**Gangliové buňky** leží v nejvnitřnější jádrové vrstvě sítnice a tvoří druhý sítnicový neuron. Jejich nervové vlákno vystupující z buňky zasahuje do primárního zrakového centra umístěného v mozku. [3, 7]

## 3 Vyšetřování zrakových funkcí

Vyšetřování zrakových funkcí probíhá ve vyšetřovnách, které splňují následující podmínky. Místnost zaujímá rozlohu minimálně 13 m<sup>2</sup> a osvětlení odpovídá hodnotám 85 cd · m<sup>-2</sup>. V místnosti by se mělo vyskytovat umyvadlo, dále je to stůl, počítač, vyšetřovací jednotka, optotyp a pomůcky pro vyšetřování. V případě aplikace čoček je potřeba další stůl určený jen pro nácvik aplikace. [12]

### 3.1 Objektivní refrakce

Před objektivní refrakcí je důležité důkladné zpracování anamnézy. Na začátku zjišťujeme základní informace, jako je jméno a příjmení, rok narození a alespoň dva kontakty v podobě telefonního čísla a emailu. Následně zjišťujeme důvod návštěvy a případné obtíže. Pokračujeme s oční, celkovou, rodinnou a pracovní anamnézou. [13]

Po anamnéze následuje objektivní refrakce. Hodnoty naměřené při objektivní refrakci nám slouží jako přibližná hodnota výsledné refrakce. Dioptrická může být ovlivněna akomodací, která navozuje přístrojovou myopii, ale i přes to objektivní refrakci provádíme vždy. Objektivní refrakci můžeme provést dvěma způsoby, a to pomocí skiaskopie nebo pomocí automatického refraktometru. [14, 15, 16]

#### Skiaskopie

Se skiaskopií se můžeme setkat v případě, že s vyšetřovaným nelze spolupracovat, většinou u dětí nebo postižených jedinců. Měření se provádí pomocí skiaskopu, díky kterému se v oku zobrazuje červený reflex. Podstatou je určení směru pohybu červeného reflexu. V případě, že se jedná o hypermetropické oko, světelný reflex na sítnici se pohybuje ve stejném směru jako skiaskop. V případě myopického oka se světelný reflex na sítnici pohybuje proti pohybu směru skiaskopu. [15, 16]



Obrázek 4: Skiaskop [17]

## Automatické refraktometry

Automatické refraktometry se skládají z osvětlovacího a pozorovacího paprsku. Ty jsou odděleny pomocí děliče svazků, který zabraňuje promítání reflexů z osvětlovacího paprsku do získaného signálu. Autorefraktometry jsou založeny na principu zpětně odraženého světla. Využívá se infračervené záření o vlnové délce v rozmezí od 800 nm do 950 nm. Hodnoty vlnových délek jsou zvoleny tak, aby nevyvolávaly akomodaci. [15, 16, 18]

Při vyšetřování klient pozoruje obraz uvnitř refraktometru, který stimuluje pohled do nekonečna. Tento obraz je promítán na sítnici a za pomoci oftalmologické čočky se zobrazí na detekčním systému. U emetropického oka se obraz, který je umístěn v rovině předmětového ohniska čočky, zobrazí na sítnici. U oka ametropického je obraz umístěn buď před nebo za tuto rovinu. To způsobuje neostrý obraz na detektoru. [19]



**Obrázek 5: Automatický refraktometr [20]**

Jak jsem již zmiňovala, hodnoty objektivní refrakce jsou jen orientační a je potřeba hodnoty upřesnit a přizpůsobit pomocí subjektivní refrakce.

### 3.2 Subjektivní refrakce

Po objektivní refrakci následuje refrakce subjektivní. Při subjektivní refrakci se snažíme dosáhnout maximální zrakové ostrosti neboli vízu. Prvním krokem subjektivní refrakce je

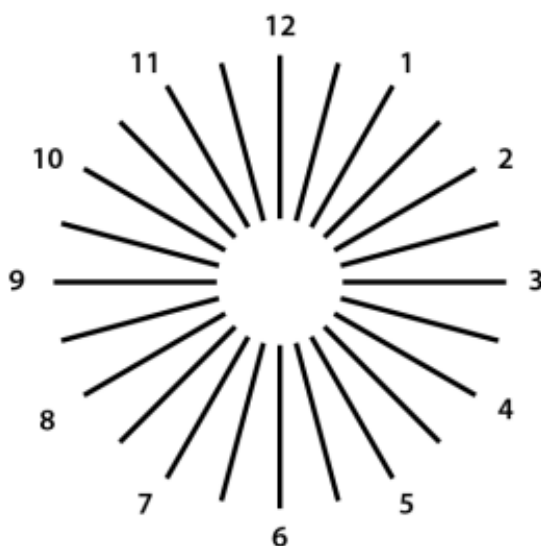


zjištění naturálního vízu každého oka zvlášť a následně binokulárně. Pokud vyšetřovaný má stávající korekci, zjišťujeme vízus i s dosavadní korekcí.

Pro měření zrakové ostrosti se využívají optotypy. Nejčastěji jsou to optotypy Snellovy, dále pak Pflügerovy háky, Landoltovy kruhy nebo dětské obrázkové optotypy.

U subjektivní refrakce začínáme korekcí monokulárně. Vždy se prvně snažíme dosáhnout nejlepšího vízu sférickou korekcí. U předkládání spojných čoček předepisujeme vždy nejsilnější plusovou čočku, u čoček rozptylných je to co nejslabší minusová čočka.

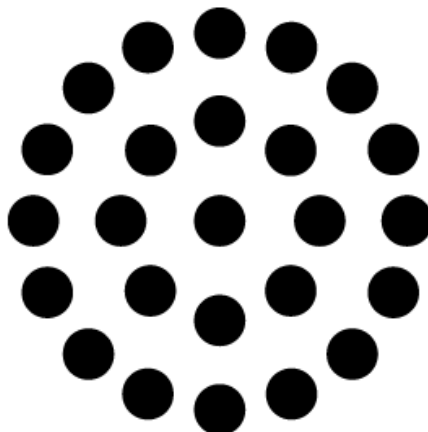
Při dosažení nejlepšího vízu pomocí sférické korekce, pokračujeme korekcí astigmatismu. Pro vyšetření astigmatismu využíváme buď astigmatickou růžici nebo Brokův test s Jacksonovým zkříženým cylindrem. Astigmatickou růžici využíváme u vysokého astigmatismu nad  $-2,00$  dpt. [12]



**Obrázek 6: Astigmatická růžice [21]**

Vyšetření pomocí Jacksonova zkříženého cylindru je mnohem přesnější. Jacksonův cylindr je dvojice na sebe kolmých plan-cylindrů o optické mohutnosti  $\pm 0,25$ ,  $\pm 0,50$  nebo  $\pm 1,00$  dpt. Jako optotyp můžeme použít již zmíněný Brokův test, Landoltovy kruhy nebo lze využít kulatých znaků jako je například písmeno O. [12]





**Obrázek 7: Brookův test [22]**

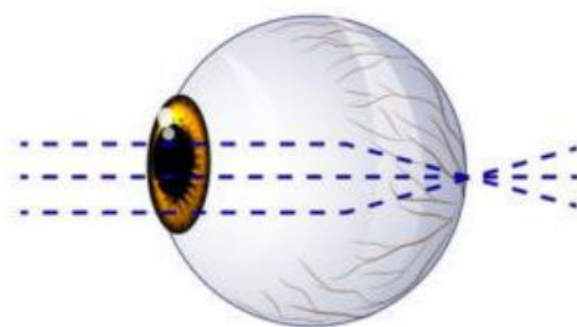
Po dokončení vyšetření astigmatismu provádíme jemné sférické dokorigování, kdy před oko předkládáme  $+0,25$  dpt a následně  $-0,25$  dpt. Po sférickém dokorigování se odřívají obě oči a pokračuje se s binokulárním vyvážením a zkouškou na nekonečno. [12]

Subjektivní refrakce je následně podrobněji popsána v experimentální části bakalářské práce.

## 4 Refrakční vady

Refrakční vadu můžeme popsat jako stav oka, kdy dochází ke špatné lomivosti dopadajících paprsků, jejíž následkem je nesprávné zobrazení obrazu na sítnici. Subjektivně se to projevuje jako neostře vidění. Ke stanovení správné korekce refrakční vady je potřeba znát příčiny a rozdělení jednotlivých vad. [3, 22]

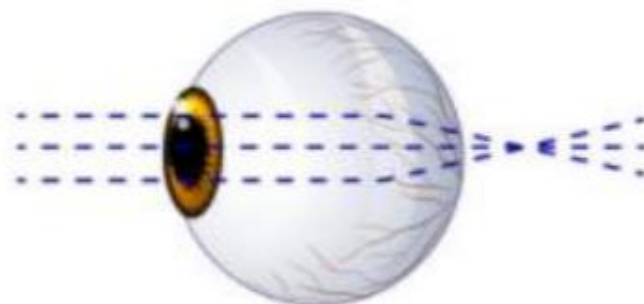
Emetropické oko můžeme popsat jako oko, ve kterém paprsky dopadají přímo na sítnici, tudíž se vytváří ostrý obraz. Tento stav oka je závislý na lomivosti rohovky a čočky, na hloubce přední komory a na předozadní délce oka. [22]



Obrázek 8: Emetropické oko [23]

### 4.1 Hypermetropie

Hypermetropie neboli dalekozrakost je refrakční vada, při které rovnoběžně dopadající paprsky na rohovku oka v akomodačním klidu tvoří ohnisko za sítnicí. U dalekozrakosti vzniká obraz za sítnicí, je zamlžený a menší než u oka emetropického. Daleký bod leží v konečné vzdálenosti za okem a blízký bod může být posunu před oko i za oko. [24]



Obrázek 9: Hypermetropické oko [23]

### **Příčiny hypermetropie**

Podle příčiny můžeme hypermetropii rozdělit na axiální (osovou), křivkovou a indexovou. Axiální hypermetropie je způsobená menším předozadním průměrem oka. U křivkové hypermetropie je přítomné nedostatečné zakřivení některého z lomivých rozhraní, zejména rohovky. Další skupinu představuje indexová hypermetropie způsobená snížením indexu lomu čočky. Ta je příčinou především fyziologické hypermetropie staršího věku. [22, 24, 1]

### **Rozdělení hypermetropie podle velikosti dioptrické vady**

Hypermetropii podle velikosti dioptrické vady dělíme na lehkou, střední a vysokou. Lehká hypermetropie je v rozmezí od + 0,25 D až + 3,00 D. Střední hypermetropie v rozmezí od + 3,25 D až + 5,00 D. Vysoká hypermetropie je od + 5,00 D a výše. [22]

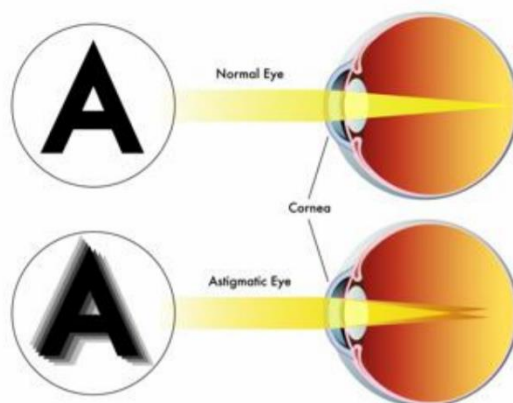
### **Korekce hypermetropie**

Korekce hypermetropie se provádí za pomoci spojné čočky. U dospělých lidí s hypermetropií do + 3,00 D není nutná korekce v případě, že nemají žádné obtíže, jako jsou bolesti hlavy při čtení nebo pálení očí. Po 30. roce věku je vhodné předepsat dioptrické brýle na blízko, popřípadě i na trvalé nošení. [22, 24]

Při korekci mladých lidí se provádí zamlžování. Podstatou zamlžování je zhoršit vízus na úroveň 0,2 a následně postupně odmlžovat přikládáním minusových skel, dokud dotyčného plně nevykorigujeme. Cílem je předložit největší plusovou korekci, ve které vyšetřovaný přečte, co nejmenší řádek na optotypu. [25]

## **4.2 Astigmatismus**

Astigmatismus je refrakční vada, při které je optická mohutnost rozdílná v různých řezech jednotlivých částí oka. Dopadající paprsky na rohovku se promítají do různých rovin, což má za následek, že se paprsky světla nespojí na sítnici do jednoho ohniska. Výsledkem je neostré a rozmazané vidění ve všech vzdálenostech. [25, 22]



Obrázek 10: Astigmatické oko [26]

### Příčiny astigmatismu

V populaci se vyskytuje především astigmatismus vrozený. Příčinou může být vada zakřivené, nesprávná centrace či index lomu u lomivých ploch, jako je rohovka a čočka. Tlak horního víčka způsobuje fyziologicky větší zakřivení rohovky ve svislém meridiánu. Další změny zakřivení rohovky bývají následkem úrazů, operací a onemocnění rohovky. [22, 24, 27]

### Rozdělení astigmatismu

Astigmatismus dělíme na pravidelný, šikmý a nepravidelný. U pravidelného astigmatismu (astigmatismus regularis) vytvářejí paralelní paprsky dvě ohniskové přímky. Ty jsou oddělené ohniskovým intervalem, jehož délka určuje stupeň vady. Pravidelný astigmatismus má oba hlavní meridiány k sobě kolmé. Tento astigmatismus dále dělíme na astigmatismus jednoduchý, kde je jeden meridián emetropický a druhý může být myopický nebo hypermetropický. Astigmatismus složený, kde jsou oba meridiány myopické nebo hypermetropické. U astigmatismu smíšeného je jeden meridián myopický a druhý je hypermetropický. [24]

Pokud je u vertikálního meridiánu větší lomivost, mluvíme o astigmatismu podle pravidla. V opačném případě, kdy je větší lomivost v horizontálním meridiánu, se jedná o astigmatismu proti pravidlu.

U šikmého astigmatismu (astigmatismus obliquus) leží oba na sebe kolmé meridiány šikmo, pod 45 stupni a 135 stupni. Nelze tedy určit, který meridián je horizontální a který vertikální.

Nepravidelný astigmatismus (astigmatismus irregularis) je stav, kdy na sebe oba hlavní meridiány nejsou kolmé.

Při dělení astigmatismu podle velikosti dioptrické korekce rozdělujeme astigmatismus na lehký, střední a těžký. Astigmatismus lehký je do 1,50 D, astigmatismus střední je v rozmezí 1,75 až 3,00 D a těžký astigmatismus je od 3,25 D a výš. [22, 24]

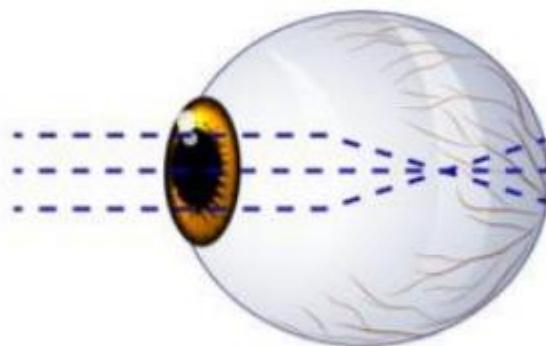
### Korekce astigmatismu

Korekce astigmatismu probíhá až po refrakci sférických vad, jako je myopie a hypermetropie. Při refrakci používáme Jacksonův zkřížený cylindr a bodový test, popřípadě pacienta zamlžíme a zkusíme na astigmatické ruzici. Po vyšetření astigmatismu ověřujeme monokulárně zrakovou ostrost. Následně binokulárně kontrolujeme prostorové vidění.

Astigmatismus můžeme korigovat brýlemi, kontaktními čočkami nebo operací. U korekce dětí předepisujeme plnou hodnotu cylindrů. U dospělých zkusíme plnou korekci a při nesnášlivosti korekci přizpůsobíme snížením hodnoty cylindru, přičemž nesmíme zapomenout přizpůsobit sférickou hodnotu tak, abychom zachovali sférický ekvivalent. [14, 24]

## 4.3 Myopie

Myopie neboli krátkozrakost je refrakční vada, při které rovnoběžně dopadající paprsky na rohovku oka v akomodačním klidu tvoří ohnisko před sítnicí. Daleký bod neakomodujícího oka leží v konečné vzdálenosti před okem mezi rohovkou a optickým nekonečnem. Pokud myop pozoruje předmět ve vzdálenosti za jeho dalekým bodem, vidí ho rozmazaně. [6, 24]



Obrázek 11: myopické oko [23]

### Příčiny myopie

Nejčastější příčinou krátkozrakosti je prodloužení předozadní osy (osová, axiální myopie). Při prodloužení o 1 mm dochází k refrakčnímu deficitu -3,00 D (standardní délka

předozadní osy je 24 mm). Vzácnější jsou pak další druhy myopie, jako je myopie křivková, při které je více zakřivená rohovka nebo přední či zadní plocha čočky. [24]

### **Rozdělení myopie**

Podle počtu dioptrií dělíme myopii na lehkou, střední a vysokou. Lehká myopie se pohybuje v rozmezí od -0,25 D do -3,00 D. Střední myopie v rozmezí -3,25 D až -6,00 D. Vysoká myopie je od -6,00 D. U vysoké myopie se mohou vyskytovat patologické změny na sítnici a sklivci. [3, 22]

Myopii můžeme rozdělit do dalších dvou skupin: nepatologická a patologická. Nepatologická myopie je označována také jako fyziologická. Refrakční síla oka nekoreluje s jeho délkou. Do nepatologické můžeme zařadit myopii lehkou a střední. Patologická myopie je obecně klasifikovaná jako vysoká myopie. [24]

### **Korekce myopie**

Ke korekci myopie se používá rozptylná čočka. Obecně platí, že dospělému jedinci s myopií předepisujeme nejslabší rozptylku, se kterou přečte co nejmenší řádek na optotypu. U mladých jedinců předepisujeme plnou korekci a doporučujeme nošení brýlí či kontaktních čoček po celý den. V případě presbyopických myopů dochází k odkládání brýlí při práci do blízka, jako je například čtení. U vysoké myopie nepředepisujeme plnou korekci z důvodu netolerance pacientem. Míra podkorigování je kompromisem mezi subjektivní snesitelností korekce a zrakovou ostrostí. [26, 22, 28]

## 5 Noční myopie

První zmínky o noční myopii pocházejí již z 18. století, kdy byla popisována jako potřeba předkládání rozptylných čoček pro lepší pozorování hvězd. Často se o noční myopii mluví v souvislosti s nočním řízením a bezpečností na silnicích. Noční myopie nastává za zhoršených světelných podmínek, tedy při stmívání a v noci. Daleký bod se přibližuje k oku a blízký bod se současně od oka vzdaluje. Akomodační šíře se tak zužuje. Jedná se o dočasně vzniklý refrakční stav, kdy dochází k posunu refrakce oka o 0,50-4,00 D směrem k myopii. [24, 28, 29]

### 5.1 Příčiny noční myopie

Již dlouhou dobu je známou skutečností, že lidé s krátkozrakostí vidí v noci hůře než emetropové. Noční myopie však bývá u myopů jen nepatrně vyšší. Mnoho myopů totiž nemá plně vykorigovanou refrakční vadu a při normálním denním osvětlení mají dobrou zrakovou ostrost jen díky úzké zornici. [24]

Úplná příčina noční myopie není známa. Na jejím vzniku se podílí více složek. Jednou z nich může být přítomnost sférické aberace, jejíž míru ovlivňuje šíře zornice.

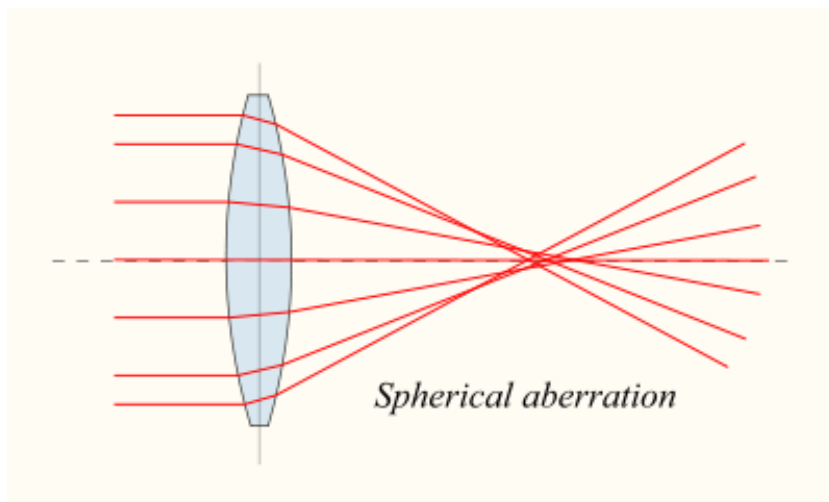
Další příčinou může být chromatická aberace, difrakce světla či mechanismus akomodace. V klidovém postavení je akomodace nastavena na místo mezi blízkým a dalekým bodem, nikoli na daleký bod. V průměru je to vzdálenost 1-2 metry. Klidová akomodace nastupuje, pokud je zorné pole bez jakéhokoliv podmětu, k tomu dochází za snížení osvětlení.

Dalším jevem, který má za následek myopizaci oka ve tmě, je Purkyňův jev, který úzce souvisí s chromatickou aberací a adaptací oka na tmu. [24, 30, 31]

#### 5.1.1 Sférická aberace

O sférické aberaci se v souvislosti s noční myopií mluví poměrně často. Jedná se totiž o zásadní mechanismus myopizace oka za snížení světelných podmínek. Při sférické aberaci dochází k rozostření sítnicového obrazu. Sférickou aberaci způsobuje kulový tvar čočky, u kterého se dopadající světelné paprsky na okraji čočky lámou více než ve středu v blízkosti optické osy. Sférickou aberaci můžeme zařadit do kategorie geometrických optických vad.

Projevuje se při zobrazení předmětu ležícího na optické ose při použití monochromatického světla. Je typická pro sférické plochy a míra projevu závisí na vzdálenosti dopadajícího paprsku od optické osy, tedy na šířce pupily. [30]

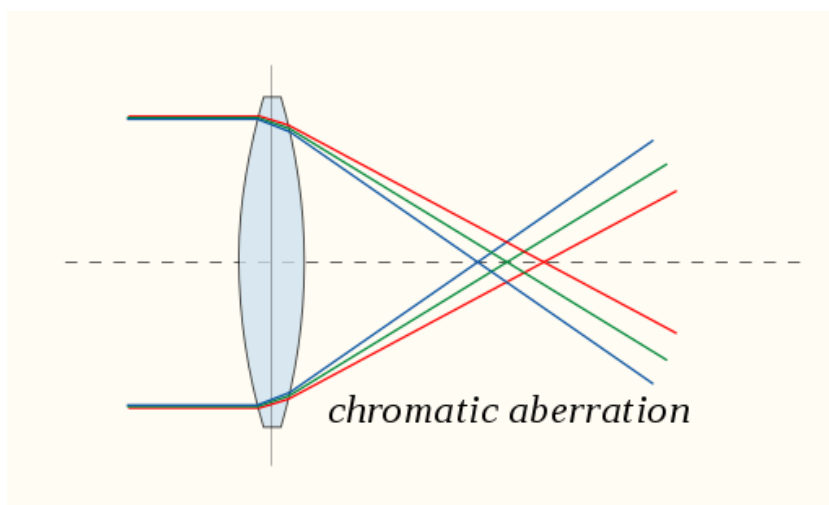


Obrázek 12: Sférická aberace [32]

### 5.1.2 Chromatická aberace

Chromatická aberace nastává díky rozdílné lomivosti různých vlnových délek světla. U barevné vady rozlišujeme dva druhy. Pokud je obraz změněn v podélném směru, mluvíme o barevné vadě polohy. Její velikost je závislá na vlnové délce a indexu lomu dopadajícího světla. Pokud dochází ke změně rozměru obrazu, jedná se o barevnou vadu velikosti.

Při dopadu složeného bílého světla na čočku rovnoběžně s optickou osou, nastává na rozhraní dvou prostředí lom paprsku a zároveň rozklad (disperze) na barevné světlo monochromatické. Nejvíce se lámou paprsky fialového světla, proto tvoří ohnisko nejbližší za čočkou. K nejmenší lomivosti dochází u paprsků světla červeného, kde se ohnisko tvoří nejdále od čočky. [28, 30]

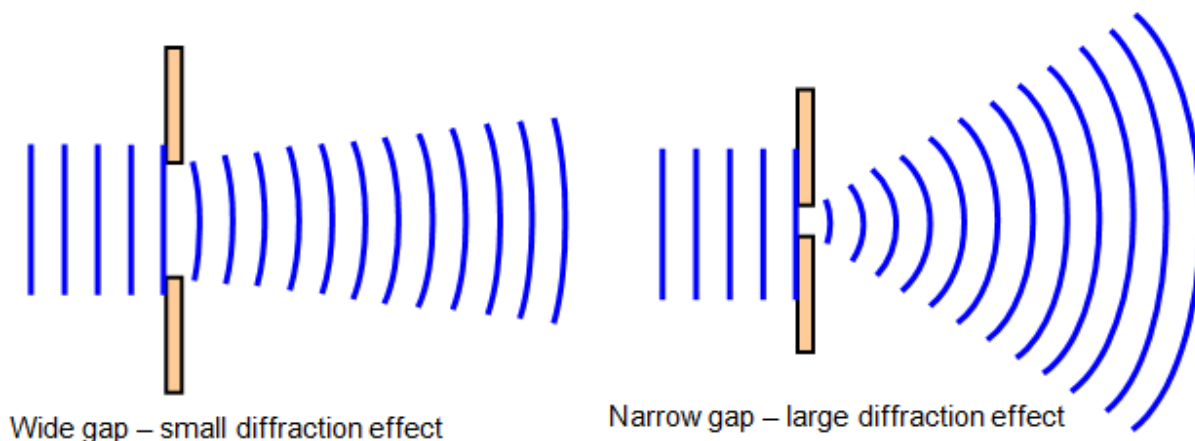


Obrázek 13: chromatická aberace [33]



### 5.1.3 Difrakce světla

Difrakce neboli ohyb světla je vada zobrazení, která vzniká na základě vlnových vlastností světla. Difrakci světla nezpůsobuje odraz paprsků ani jejich lom. Difrakce může vznikat po průchodu světla úzkým kruhovým otvorem. U oka je tento otvor brán jako zornice. Čím je průměr zornice menší, tím více se zhoršuje kvalita obrazu difrakcí. Proto lidé s úzkou zornicí mají špatné vidění. [34]



Obrázek 14: Difrakce světla [35]

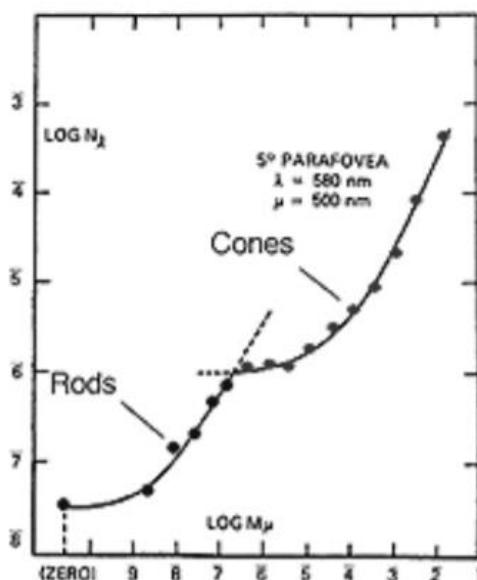
## 5.2 Adaptace oka na různé světelné podmínky

Adaptací oka myslíme schopnost oka přizpůsobit se různým intenzitám světla v rozmezí od úplné tmy až po jasné slunečný den. Máme několik druhů světelných podmínek. Fotopické vidění je barevné vidění, na kterém se podílejí výhradně čípky sítnice. U mezopického vidění se zapojují jak tyčinky, tak i čípky. Činnost tyčinek je aktivována díky dostatečnému zhoršení světelných podmínek. Činnost čípků zůstává, protože vlnové délky okolního světla nejsou zkráceny dostatečně pod hranici fotopických světločivých elementů. Barevné vidění zůstává stále mírně zachováno, ale není tolik dokonalé. Posledním typem vidění je vidění skotopické. Vlnové délky okolního světla se zkrátí tolik, že se dostanou pod hranici fotopických světločivých elementů a zůstávají aktivovány jen tyčinky. [36, 37]

### 5.2.1 Adaptace oka na světlo

Proces adaptace na světlo je téměř okamžitý, neboť rozklad zrakového purpuru rhodopsinu je rychlý a oko dokáže během 0,15 sekundy vidět. Rozkladem rhodopsinu dochází k vyřazení tyčinek z činnosti. Při přechodu na výrazně ostřejší světlo může dojít k oslnění, které je doprovázeno přivíráním očních víček a stažením zornice, aby se oslnění zmírnilo. Tím se

urychlí adaptace čípků na světlo. Úplná adaptace čípků trvá přibližně 6 minut. Po adaptaci oka na světlo dochází k barevnému vnímání, na čemž se podílejí sítnicové čípkové. [36, 37]



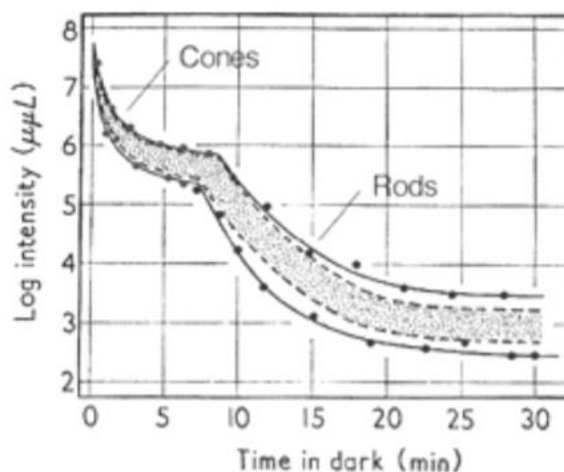
Obrázek 15: Adaptační křivka na světlo [34]

### 5.2.2 Adaptace oka na tmu

V rámci adaptace oka na tmu dochází ke změně fotopického vidění na skotopické. Během adaptace dochází k přizpůsobení oka a světločivých elementů sítnice na zhoršené světelné podmínky a vyžaduje to delší časový úsek než adaptace na světlo. Ke kvalitnímu přizpůsobení je potřeba 20–40 minut.

V adaptačním procesu dochází k biochemickým změnám. Jednou z nich je regenerace a syntéza zrakového pigmentu. První fáze je čípková a probíhá během prvních 5–10 minut procesu adaptace na tmu. Citlivost tyčinek se v této fázi zvyšuje až padesátinásobně. Druhá fáze se nazývá tyčinková a trvá přibližně 30 minut. Citlivost na nižší intenzitu osvětlení se zvyšuje až pětsetkrát.

Kvalita visu při adaptaci na tmu klesá až na hodnotu 0,02. Obraz je nebarevný, a ne příliš ostrý. Také dochází k fyziologickému výpadku zorného pole v centrální části, který je způsoben vyřazením čípků z činnosti. Současně je zvýšená citlivost oka na osvětlení o nízkých intenzitách. [36, 37]



Obrázek 16: Adaptační křivka na tmu [38]

### 5.2.3 Purkyňův jev

Adaptace na tmu je doprovázena tzv. Purkyňovým jevem. Při snižování intenzity světla postupně dochází ke změně vnímání barev. Citlivost oka se posouvá směrem ke krátkovlnné oblasti spektra. Za fotopických podmínek je zrak nejcitlivější na vlnovou délku 545 nm, což odpovídá žlutozelené barvě. Při skotopickém vidění je citlivost maximálně okolo 500 nm, to odpovídá modrozelené barvě. Purkyňův jev tedy způsobuje, že předměty, které vyzařují vlnovou délku červeného světla se zdají být méně barevné a tmavší, na druhou stranu předměty, které vyzařují vlnovou délku modrého světla se jeví jasnější. [37, 39]

Tohoto efektu si můžeme všimnout na obrázku níže. Červená barva se jeví nejvíce černá, kdy u objektu v modré oblasti je tomu naopak.



Obrázek 17: Purkyňův jev [40]

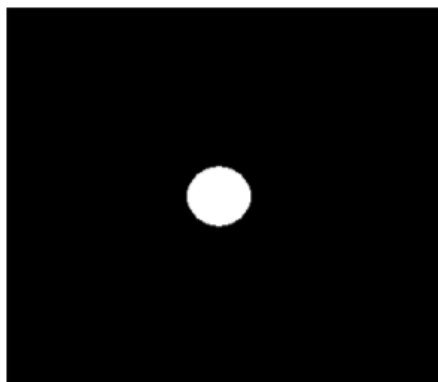
### 5.3 Příznaky a vyšetření noční myopie

Klienti, kteří trpí noční myopií, si stěžují na zhoršenou kvalitu vidění za tmy, nejčastěji však za volantem, kde je tento problém silně vnímán. Většinou uvádějí symptomy jako zhoršený zrak, oslnění protijedoucím autem, únava očí nebo rozostření obrazu. Při vyšetření dochází k odhalení noční myopie. V běžném životě noční myopie není tak zásadní jako u skupiny jedinců, kteří často řídí na večer a v noci. Dále je riziková u profesionálních řidičů, strojířů či u pilotů letadel.

Jako u každého vyšetření zraku je zásadní provést precizní refrakci. Začínáme tedy monokulárně korigovat pravé oko, následně pak oko levé. Stanovíme nejlepší sférickou korekci, následně ověřujeme přítomnost astigmatismu na bodovém testu za pomoci Jacksonova zkříženého cylindru. Po stanovení cylindrické korekce pokračujeme monokulárním vyvážením.

Po vykorigování pravého i levého oka následuje kontrola binokulárních funkcí a spolupráce obou očí, kde ověříme, zda se u klienta nenachází problémy s prostorovým viděním, jestli oči nevykazují vyšší hodnoty fórií. Dále probíhá binokulární vyvážení korekce obou očí a kontrola visu do blízka.

Pro vyšetření noční myopie je potřebná adaptace klienta na tmu alespoň 20 minut. Po adaptaci můžeme předložit test na noční myopii. V současné době se noční myopie vyšetřuje pouze na jediném testu, a tím je tzv. White Point test. Jedná se o bílou tečku uprostřed černého pozadí. Předkládáme obvykle  $-0,25$  D binokulárně do té doby, dokud se viditelný obraz zlepšuje a stává se ostřejší bez rozmlžených okrajů. Během předkládání je důležité se ptát na pohodlí korekce a na rozlišovací schopnost. Tu nejlépe zjistíme na klasickém optotypu s písmeny, kde pozadí je černé a písmena bílá.



Obrázek 18: White point test [41]

## 5.4 Korekce noční myopie

První způsob korekce noční myopie je za pomoci dioptrických čoček. Vhodná korekce je taková, které maximálně zlepší vízus a zároveň nezhorší rozlišovací schopnost. Obvykle se jedná o hodnoty mezi -0,25 D až -2,00 D. [38]

V případě, kdy dioptrická korekce vízus nezlepší, můžeme použít tzv. tónované brýlové čočky. Jedná se o čočky, které jsou výrobcem přímo určené pro zlepšení vidění za zhoršených světelných podmínek, nebo o čočky, u kterých to výrobce čoček neuvádí, ale v popisu vlastností je zmíněné, že dokážou filtrovat určitou část modrého spektra. Nabízí se také možnost kombinace dioptrické korekce s vhodným filtrem. Nejčastěji se používá zbarvení brýlové čočky do žluta.

Korekce noční myopie může být také pomocí kontaktních čoček. Výhodou je především to, že zorné pole není nijak omezené. Pokud je určena správná dioptrická hodnota, nedochází k žádnému zkreslení obrazu. Je důležité čočky udržovat v dokonalé čistotě, aby na ní nedocházelo k rozptylu světla a zůstal zachován komfort vidění a nošení kontaktních čoček.

## 6 Další typy myopie

Klasická myopie je zapříčiněná chybami ve fyziologickém vývoji oka. Mezi tyto chyby patří nadměrná délka oka, vysoká lomivost optických médií nebo změna indexu lomu jednotlivých částí oka. U noční, přístrojové a letecké myopie nastává postižení i u emetropů. Tyto typy myopií nejsou ovlivněny žádnými vývojovými chybami, ale spíše podmínkami, ve kterých se oko právě nachází. [3, 41, 42]

### Přístrojová myopie

U přístrojové myopie dochází k přetrvávajícímu stavu nadměrné akomodace, ke které dochází při pozorování objektů přes optický přístroj, jako je například mikroskop nebo dalekohled. Hodnoty této nadměrné akomodace se pohybují od 0,50 D až 5,00 D. K přístrojové myopii dochází při sledování detailních objektů s vysokým kontrastem, tím se liší od noční myopie a myopie prázdného pole. S přístrojovou myopií se nejvíce setkávají lidé jako jsou astronomové sledující hvězdy dalekohledem, dále vědci a lékaři používají mikroskop.

I přesto, že existuje mnoho studií a výzkumů, stále se nepodařilo zjistit příčiny způsobující přístrojovou myopii. Za nejpravděpodobnější příčinu můžeme považovat omezené zorné pole a nesprávné nastavení mikroskopu. Velikost přístrojové myopie a akomodace může být samozřejmě ovlivněna mnoha dalšími faktory, jako je vzdálenost mezi okuláry (pupilární vzdálenost), míra zvětšení obrazu a také zkušenosti dotyčného s mikroskopováním.

Pro zamezení problémů přístrojové myopie existují postupy, které by mohly pomoci při pozorování objektů přes mikroskop či dalekohled. Důležité je nastavit si okuláry na šířku tak, aby odpovídali vzdálenosti našich očí. Oba okuláry nastavíme na naši dioptrickou hodnotu korekce, abychom viděli ostrý obraz. Pokračujeme s nastavením mikroskopu na nejvyšší zvětšení, které donutí oko k nejvyšší akomodaci. V tomto zvětšení se snažíme seřadit ostrý obraz. Mikroskop přiblížíme na úroveň, kde se zaostří pozorovaná část objektu. Dále změníme zvětšení na nejnižší možnou pozici, bez změny zaostření mikroskopu pohybem nahoru a dolů. Na konec se ujistíme, že pacient nezměnil polohu hlavy. [42, 43]

### Myopie prázdného pole

Myopie prázdného pole, jinak také označována jako myopie letecká, je stav, při kterém oči nemají v zorném poli žádný zrakový stimul, který by mohly pozorovat a soustředit se. Automaticky se tedy soustředí na oblast umístěnou několik metrů před očima.

Rozpoznávání velikosti a rozsahu předmětů vstupujících do zorného pole je obtížné a často je detekce objektů zpožděná. Čočka za normálních podmínek soustředí světlo z pozorovaného objektu na sítnici. Dochází k tomu, pokud je oko stimulováno obrazem. Myopie prázdného pole se projevuje, když je oko bez stimulů v pasivním stavu. Oko se dostává do klidového stavu a pozoruje bod vzdálený 1,5 až 3 m před sebou. To má za následek, že se i oko emetropické stává krátkozrakým.

Další faktor zapříčiňující myopii prázdného pole je šířka zornic. Při špatném osvětlení má zornice oka tendenci se rozšiřovat. Proto dochází ke zhoršení hloubky ostrosti při pozorování a pro naše oči je namáhavé a únavné správně zaostřit. Při špatných světelných podmínkách dochází ke stejnému jevu jako u myopie prázdného pole, kdy se oko nesoustředí na více než 1,5 až 3 m před sebou.

Pokud se chceme letecké myopii vyhnout nebo ji alespoň omezit, je důležité zaměřovat se na vzdálené viditelné objekty, jako jsou například obrysy terénu. Pokud je možnost, lítáme nad oparem smogové vrstvy. Dále můžeme oči stimulovat pomocí pozorování částí letadel, jako jsou například křídla. [44, 45]

## 7 Experimentální část

### 7.1 Cíl práce

Experimentální část bakalářské práce je zaměřena na výšku refrakčního deficitu za mezopických podmínek. Prvotním úkolem bylo formulovat hypotézy na základě zjištěných informací. Následně provést refrakční vyšetření pro skupinu vybraných osob s cílem zjistit rozdíly zrakových funkcí za fotopických a mezopických podmínek. Pro tyto osoby sestavit dotazník týkající se problematiky a na jeho základě potvrdit či vyvrátit formulované hypotézy. Posledním úkolem práce byla diskuze možných rizik a možností jejich předcházení noční myopie z pohledu optometristy.

### 7.2 Metodika

#### 7.2.1 Použité vybavení a vyšetřovna

Při experimentální části jsem využívala vyšetřovnu na pobočce optiky Grand Optical v Chomutově. Pro měření byl použit auto kerato-refraktometr TOPCON KR-800, automatický projektor optotypů TOPCON ACP-8, zkušební brýlová obruba společně se zkušební brýlovou sadou čoček a vyšetřovací jednotka TOPCON IS-600.



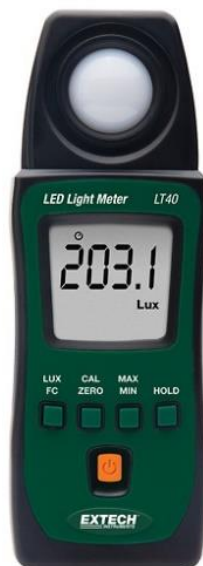
Obrázek 19: Automatický projektor optotypů TOPCON ACP-8  
[zdroj: vlastní]

#### 7.2.2 Pracovní a světelné podmínky

Pro změření světelných podmínek jsem použila luxmetr Extech LT40 LED Light Meter, který dokáže měřit světlo v rozsahu až do 400 000 luxů. Skládá se z fotodetektoru, který je pod ochranným krytem, a z řídicí jednotky. Řídicí jednotka se skládá z displeje a z ovládacích



tlačítek. Luxmetr měří intenzitu světla dopadající na fotoreceptor. Pro přesné změření intenzity světla je důležité umístit luxmetr tak, aby světlo dopadalo přímo na senzor pod co nejmenším úhlem. [46]



**Obrázek 20: Extech LT40 LED Light Meter [47]**

Subjektivní vyšetření jsem provedla na projekčním optotypu. Vyšetření probíhalo vždy ve stejných podmínkách při umělém osvětlení. Hodnoty osvětlení byly měřeny prostřednictvím luxmetru LED light meter LT40. Průměrné hodnoty osvětlení ve vyšetřovně odpovídaly 774,1 lux.

Pro navození mezopického vidění bylo ve vyšetřovně umělé osvětlení zhasnuto a proband se ve tmě 30 minut adaptoval. Hodnoty osvětlení byly opět naměřeny prostřednictvím luxmetru a průběrné hodnoty odpovídali 0,2 lux.

Měření probíhalo vždy od 9. hodiny do 16. hodiny, trvalo průměrně 1 hodinu a skládalo se ze dvou dílčích měření.

### 7.2.3 Měření

#### Anamnéza

Před každým vyšetřením probíhala důkladná anamnéza. Důležité bylo pokládat navíc otázky se snahou zjistit symptomy, které jsou pro noční myopii typické. Subjekty byly dotazovány na vidění při zhoršených světlených podmínkách a na diskomfort při řízení za šera a v noci. Do anamnézy byly také zahrnuty otázky na nepříjemné oslňování od protijedoucích

aut. Díky těmto a podobným otázkám týkajících se příznaků noční myopie, bylo předběžně možné usoudit, zda subjekt trpí noční myopií či nikoliv.

## Objektivní refrakce

Po anamnéze jsem provedla objektivní refrakci pomocí autorefraktometru ve vyšetřovně pobočky Grand Optical v Chomutově, kde následně probíhalo i veškeré měření. Pokud vyšetřovaný nosil brýle, změřila jsem si je na automatickém fokometru TOPCON CL 300. Objektivní měření bylo provedeno pouze pro získání orientačních hodnot refrakční vady. Důkladné subjektivní měření probíhalo následně.



**Obrázek 21: Auto refraktometr TOPCON KR-800 (vlevo), Automatický fokometr TOPCON LC-300 (vpravo) [zdroj: vlastní]**

## Subjektivní refrakce

### Fotopické podmínky

Subjektivní refrakci jsem vždy zahájila měřením naturálního vízu monokulárně a následně binokulárně. Pokud vyšetřovaný nosil pravidelně korekci, změřila jsem zrakovou ostrost i s dosavadní korekcí.

Po zjištění naturálního vízu a zrakové ostrosti v dosavadní korekci jsem vyšetřovanému nasadila zkušební obrubu. Pomocí centrovacích křížů jsem nastavila PD tak, že středy křížů byly ve středu zornic. Po správném nastavení obruby jsem pokračovala stanovením

monokulární korekce. Můžeme využít objektivních hodnot z autorefraktometru nebo z dosavadní korekce.

Dalším krokem bylo nutné předsadit spojnou čočku pro potvrzení či vyloučení hypermetropie. Při předsazování jsem se tázala, zdali se obraz se spojnou zkušební čočkou zhorší nebo zůstane stejný. Při zhoršeném obrazu je vyloučena hypermetropie a plusovou čočku jsem ze zkušební obruby vyjmula. Dále jsem pokračovala předsazováním rozptylné neboli mínusové čočky. Při předkládání rozptylné čočky jsem pokládala otázku, zdali je obraz lepší nebo stejný. Rozptylné čočky jsem předkládala do té doby, než se obraz začal jevit jako stejný. Korigovala jsem nejslabší možnou rozptylnou čočkou, se kterou byl dosažen nejlepší vizus. V opačném případě, kdy při předložení spojně čočky zůstal obraz stejný nebo byl dokonce lepší, zamlžila jsem vyšetřovaného na vizus 0,2, čímž se mu uvolnila akomodace. Následně jsem předkládala rozptylné čočky do doby, kdy se obraz jevil stejný. Korigovala jsem nejsilnější možnou spojnou čočkou, se kterou byl dosažen nejlepší vizus. Po dosažení nejlepší možné sféry jsem prováděla jemné sférické dokorigování předsazením spojně čočky +0,25 D a položenou otázkou, zda je obraz horší nebo zůstal stejný. Následně jsem předložila rozptylnou čočku -0,25 D s dotazem, zda je obraz lepší nebo stejný. Po jemném sférickém dokorigování jsem pokračovala s měřením astigmatismu.

Astigmatismus jsem měřila pomocí bodového testu a Jacksonova zkříženého cylindru. Nejdříve jsem umístila Jacksonův zkřížený cylindr do 0° a následným otočením do 90°, poté do šikmých os 45° a 135° společně s otázkou, zda jsou obrazy stejné nebo se jeden z nich zdá být ostřejší. Tím jsem zjistila přibližnou osu cylindru. Umístěním rukojeti Jacksonova zkříženého cylindru do prodloužení osy jsem určovala přesnou osu cylindru. Osu jsem následně otáčela ve směru záporného cylindru, dokud nebyly obrazy stejně ostré. Po určení přesné osy cylindru jsem pokračovala se stanovením síly cylindru, podle toho, zda byl obraz lepší v záporné či kladné ose. Pokud byl obraz lepší v záporné ose, přidávala jsem hodnotu cylindru do chvíle, kdy obrazy byly stejné. Při změně hodnoty cylindru jsem upravovala sférický ekvivalent. [48]

Po naměření monokulární korekce obou očí jsem odstranila okluzní clonu současně s dotazem, zda je pohled po odkrytí komfortní a zda se obrazy spojily. Pokud bylo vše v pořádku, ověřila jsem binokulární vizus a začala jsem s binokulárním vyvážením.

Pro binokulární vyvážení jsem zvolila Osterbergův test, kdy se před oči předkládají polarizační filtry pro oddělení vjemů pravého a levého oka. Zakrytím jednoho a následně druhého oka jsem si ověřila, zda pravým okem vidí vertikální pole s číslicemi 9 a 6 a levým okem horizontální pole s číslicemi 3 a 5. Tím jsem vyloučila případnou fúzi a pokračovala jsem

vyvážením. Pokud jsou oči binokulárně vyvážené, vyšetřovaný vnímá stejně kontrastně všechny 4 čísla.

Dále jsem zjišťovala heteroforie pomocí Schoberova testu, kde se využívá oddělení pravého a levého vjemu pomocí červeného a zeleného filtru. V případě, že byl kříž centrálně, vyloučila jsem přítomnost heteroforie. Pokud byl kříž posunutý, vykorigovala jsem vyšetřovaného prizmatickou korekcí.

### **Mezopické podmínky**

Vyšetření mezopického vidění probíhalo na White point testu s nasazenou ftopickou korekcí. Proband zůstal 30 minut ve vyšetřovně v mezopických podmínkách. Při vyšetření jsem probandovi upravovala pouze sférickou korekci a cylindrická korekce zůstala neměnná. Jako první jsem předložila spojnou čočku +0,25 D s dotazem, zda se obraz zhoršil nebo zůstal stejný. Při zhoršení obrazu jsem čočku vyndala a pokračovala s předkládáním rozptylné čočky po hodnotách -0,25 D. Při předkládání rozptylné čočky jsem pokládala otázku, zda se obraz zlepšil nebo zůstal stejný. Mínusové čočky jsem předkládala do chvíle, kdy se obraz zlepšoval. Pokud mi vyšetřovaný při předložení mínusové čočky reagoval negativně, tzn. že obraz je stejný nebo dokonce horší, čočku jsem již nevložila.

## **7.3 Hypotézy**

Na základě zjištěných dat a informací jsem ke své práci sestavila hypotézy, jejichž vyhodnocení, tedy potvrzení nebo vyvrácení, bude součástí diskuze. Hypotézy znějí následovně:

Hypotéza č. 1

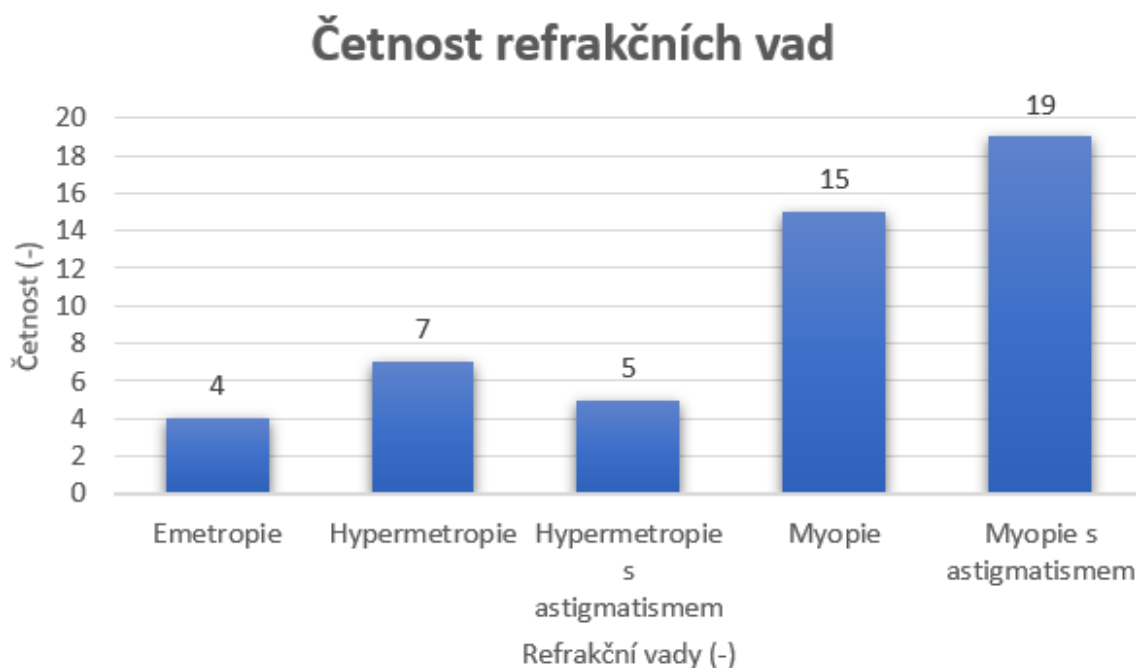
**Mezopické podmínky mají vliv na vidění.**

Hypotéza č. 2

**Refrakční deficit bude u myopů stejný jako u hypermetropů.**

## **7.4 Výsledky**

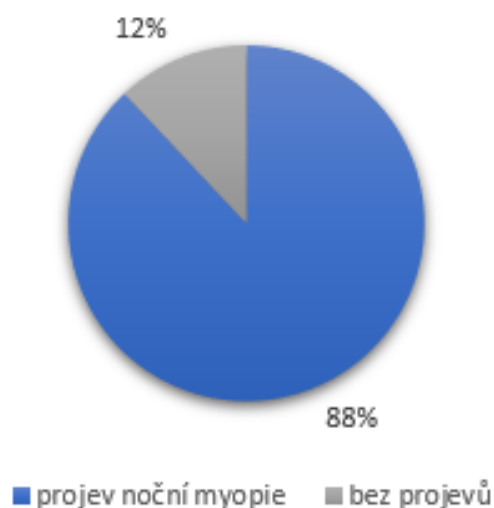
Experimentální části se zúčastnilo 50 probandů, z čehož bylo zastoupeno 27 žen, což odpovídá 54 % z celkového vzorku a 23 mužů, což činí 46 % z celkového vzorku. Věková skupina vyšetřovaných se pohybovala v rozmezí od 21 do 64 let a zastoupeny byly všechny refrakční vady.



**Graf 1: Četnost refrakčních vad** [zdroj: vlastní]

Graf 1: četnost refrakčních vad nám znázorňuje, jaké zastoupení bylo u jednotlivých refrakčních vad. Měření se zúčastnili 4 emetropové, 12 hypermetropů a 34 myopů.

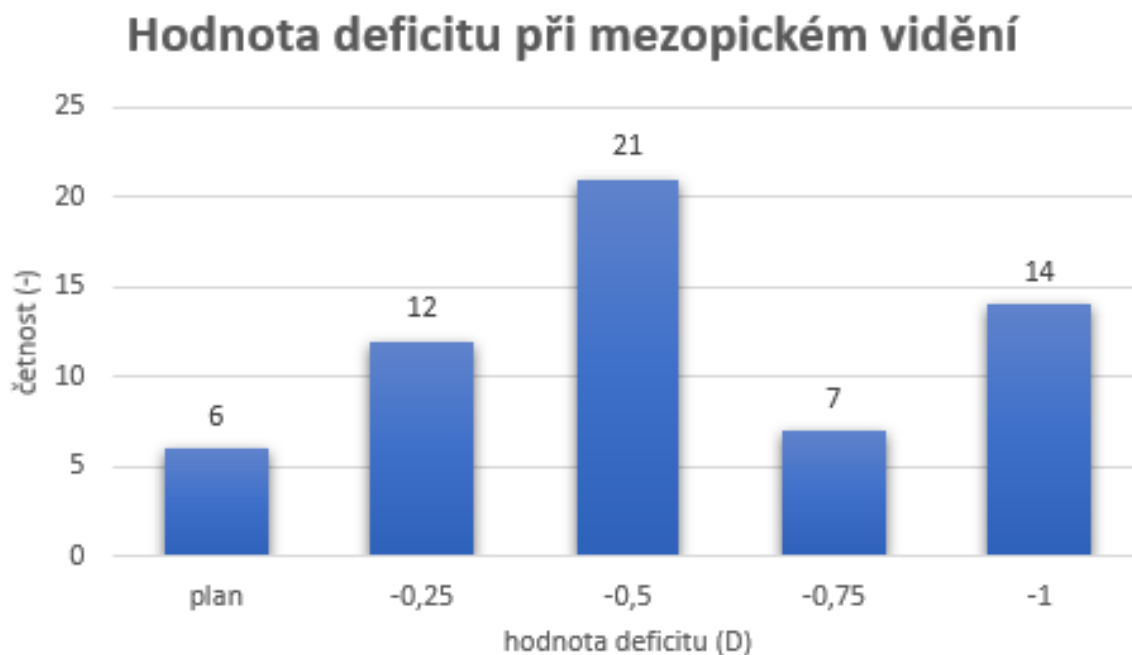
### Refrakční deficit za mezopických podmínek



**Graf 2: Projev noční myopie za mezopických podmínek** [zdroj: vlastní]

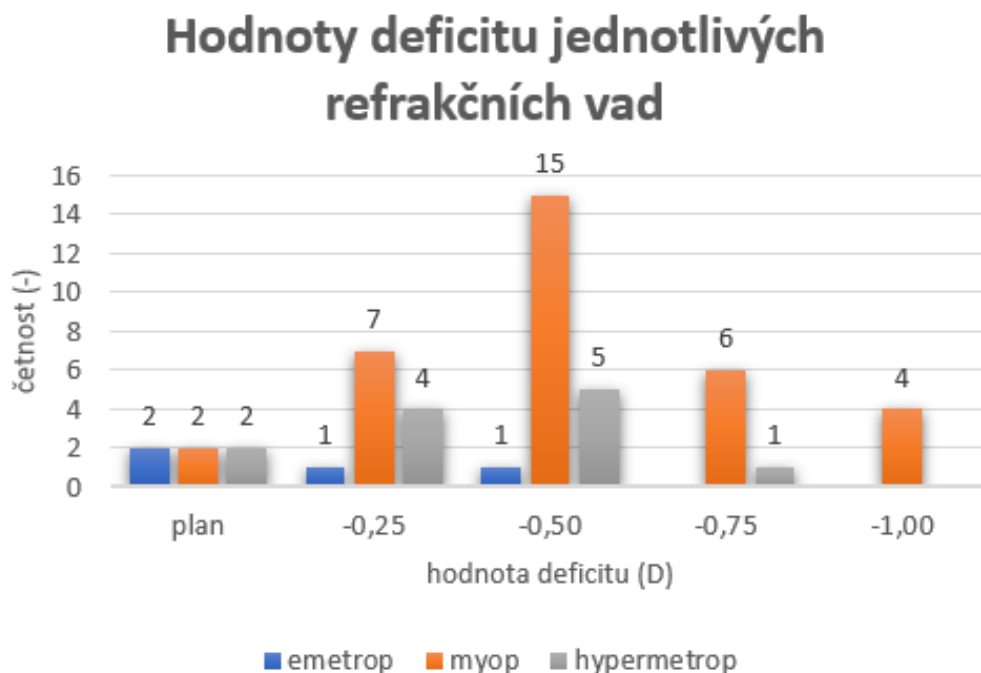
Na grafu 2 si můžeme všimnout, že přítomnost noční myopie za mezopických podmínek se nevyskytuje u celého vzorku, ale pouze u 88 %. Refrakční deficit se projevil u 44 probandů

a u zbývajících 6 probandů, což odpovídá 12 %, nedošlo k žádné změně korekce, která by měla za následek vylepšení pozorovaného obrazu.



**Graf 3: Hodnoty refrakčního deficitu při mezopickém vidění oproti fopickému [zdroj: vlastní]**

Četnost u jednotlivých hodnot refrakčního deficitu je znázorněna na grafu 3. Můžeme z něj vyčíst, že nejčastější hodnota deficitu je -0,50 dpt, ta náleží 42 % testovaných. U 28 % testovaných byla pro zlepšení obrazu potřebná korekce o hodnotě -1,00 dpt. U 24 % probandů byla hodnota refrakčního deficitu -0,25 dpt. 14 % měřených mělo refrakční deficit -0,75 dpt a u 12 % testovaných se obraz dioptrickou korekcí nezlepšil.



**Graf 4: Hodnoty deficitu jednotlivých refrakčních vad** [zdroj: vlastní]

Výšku deficitu u jednotlivých refrakčních vad jsem porovnávala grafem 4: Hodnoty deficitu jednotlivých refrakčních vad. U myopie vidíme, že výška deficitu u měřených dosahovala hodnoty -1,00 D. U hypermetropů je nejvyšší deficit -0,75 D. U emetropů jsem naměřila nejvyšší rozdíl ve fotopickém a mezopickém vidění -0,50 D.

## 8 Diskuse

Výsledky experimentální části potvrdili hypotézu č.1., která zní následovně: **Mezopické podmínky mají vliv na vidění.** U 88 %, odpovídacích 44 probandům, mají mezopické podmínky vliv na vidění a vyskytuje se u nich noční myopie. U následujících 12 % se noční myopie nevyskytuje. To je znázorněné a popsáno výše na grafu 2. V případě, že se noční myopie vyskytovala, naměřený rozdíl dioptrií odpovídal hodnotám od 0 až -1,00 dpt, přičemž nejčastější hodnota deficitu za mezopických podmínek odpovídala -0,50 dpt. Jednotlivé hodnoty a četnost zastoupení je popsáno na grafu 3. Následně na grafu 4 je znázorněno zastoupení jednotlivých refrakčních vad u určité hodnoty deficitu.

Hypotézu číslo 2, která zní následovně: **Refrakční deficit bude u myopů stejný jako u hypermetropů,** nelze potvrdit ani vyvrátit především kvůli malému vzorku naměřených osob. Dále kvůli rozdílnému počtu naměřených myopů a hypermetropů. Porovnání hodnot refrakčního deficitu u myopů a hypermetropů je znázorněno na grafu 4. U myopie se hodnota deficitu pohybuje od 0 dpt do -1,00 dpt s nejvyšším zastoupením v -0,50 dpt. U hypermetropie od 0 dpt do -0,75 dpt s nejvyšším zastoupením také v -0,50 dpt.

Pokud bychom brali v úvahu jen 50 naměřených probandů, hypotéza 2 by byla vyvrácená a platilo by, že u myopů je refrakční deficit vyšší než u hypermetropů. Průměrný refrakční deficit při mezopických podmínkách u hypermetropů odpovídá hodnotě -0,35 dpt. U myopů je hodnota vyšší a odpovídá -0,52 dpt.

Jak jsem již zmiňovala, četnost výskytu noční myopie je 88 %, proto by toto téma mělo být pro optometry zajímavé a při anamnéze a refrakci by se mělo brát v úvahu. Při anamnéze by měly padnout otázky zaměřené na problém při činnostech za šera a za tmy, zda zhoršené světelné podmínky jednotlivé činnosti ovlivňují a jak. Při práci na blízko lze dotyčným doporučit zlepšení světelných podmínek a práci při horších světelných podmínkách omezit úplně nebo na minimum. Můžeme se s tím setkat například u studentů nebo u pracujících na noční směně.

Velké množství jedinců není seznámená s jevem noční myopie, proto bychom ji jako optometristé měli brát v úvahu při každé refrakci a vždy se v anamnéze doptávat na zhoršené vidění za šera nebo za tmy. Mnohým z nás to může pomoci při práci za zhoršených světelných podmínek. Pomoci to může především skupinám lidí, jako jsou lidé pracující v klubech a na diskotékách, profesionální řidiči nebo noční hlídači.



U profesionálních řidičů to může způsobovat nejzávažnější problémy především proto, že při špatném vidění při řízení mohou způsobit nehodu a ohrozit tak i životy jiných lidí. U běžného uživatele automobilu lze dotyčnému doporučit, aby omezil řízení při stmívání a v noci. To samozřejmě u profesionálních řidičů není možné. Proto lze noční myopii řešit například korekcí odpovídající mezopickým či skotopickým podmínkám určenou přímo pro řízení auta v noci. O dalších možnostech korekce píšou výše v podkapitole 3.4.

Při anamnéze jsem se dotyčných dotazovala, zda problém zhoršeného vidění za špatných světelných podmínek řeší a popřípadě jakým způsobem. Jako nejčastější řešení bylo omezení určité činnosti, která mu způsobovala problém za zhoršených světelných podmínek. Někteří uváděli přímo omezení řízení auta ve večerních hodinách. Další uváděl, že předepsanou korekci přes den nenosí a používá ji pouze při řízení za tmy.

Z pohledu optometristy je korekce noční myopie prospěšná a měli bychom brát v úvahu, že klienti nemusejí mít vždy problém s viděním za světelných podmínek podobných podmínkám ve vyšetřovací místnosti.

## 9 Závěr

Noční myopie může spouště z nás způsobovat velké potíže především při řízení auta za šera nebo za úplné tmy. Otázkou samozřejmě zůstává, jaká rizika sebou noční myopie nese a jak problém řešit. Touto otázkou jsem se zabývala ve své bakalářské práci.

V teoretické části bakalářské práci jsem formou rešerše zpracovala témata související se zaměřením práce. Kapitoly jsou věnovány anatomii a fyziologii oka, vyšetření zrakových funkcí, refrakčním vadám, jejich rozdělení a korekce. Další kapitolu jsem věnovala noční myopii. Popsala jsem, co to noční myopie je, jaké má projevy a jak vzniká. V podkapitolách jsem popsala možnosti vyšetření noční myopie a její korekce. V poslední kapitole teoretické části bakalářské práce jsem uvedla další druhy myopie. Na základě zjištěných informací jsem formulovala hypotézy, jejichž ověření či vyvrácení bylo náplní experimentální části bakalářské práce.

V experimentální části jsem prováděla refrakční vyšetření pro skupinu vybraných osob s cílem zjistit rozdíly zrakových funkcí za mezopických podmínek. Pro tyto osoby jsem sestavila dotazník týkající se dané problematiky a na jeho základě jsem potvrdila nebo vyvrátila formulované hypotézy. V poslední části experimentální části jsem se věnovala diskuzi možných rizik noční myopie a možností jejich předcházení z pohledu optometristy.

V bakalářské práci jsem se držela pokynů pro vypracování a úspěšně splnila všechny zadané cíle práce.

## Seznam použité literatury

- [1] KVAPILÍKOVÁ, Květa. Anatomie a embryologie oka: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-313-9.
- [2] Anatomie oka. In: Wwww.zeleny-zakal.cz [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: [https://www.zeleny-zakal.cz/dbpic/anatomie1\\_2-450](https://www.zeleny-zakal.cz/dbpic/anatomie1_2-450)
- [3] KUČYHNKA, Pavel. Oční lékařství. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [4] ČIHÁK, Radomír. Anatomie 3. 2. vydání. Praha: Grada Publishing, 2004. 692 s. ISBN 978-80-247-1132-4.
- [5] KONRÁDOVÁ, Václava, Jiří UHLÍK a Luděk VAJNER. Funkční histologie. 2. vydání. Jinočany: H & H, 2000. 291 s. ISBN 80-86022-80-3.
- [6] Structure of the retina. In: ResearchGate [online]. British Journal of Pharmacology, 2014 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/profile/Peter-Hitchcock-2/publication/259915517/figure/fig4/AS:267630489632839@1440819489561/Structure-of-the-retina-A-Microphotograph-of-a-cross-section-through-the-retina-of-an.png>
- [7] SADLER, Thomas W. Langmanova lékařská embryologie. 1. vydání. Praha: Grada, 2011. 432 s. ISBN 978-80-247-2640-3.
- [8] Stavba tyčinky. *Wikipedie* [online]. 2021 [cit. 2022-01-03]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Ty%C4%8Dinka\\_\(oko\)#/media/Soubor:Sch%C3%A9ma\\_ty%C4%8Dinky\\_\(oko\).svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Ty%C4%8Dinka_(oko)#/media/Soubor:Sch%C3%A9ma_ty%C4%8Dinky_(oko).svg)
- [9] Čípek - stavba. *Wikipedie* [online]. 2021 [cit. 2022-01-03]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8C%C3%ADpek\\_\(oko\)#/media/Soubor:%C4%8C%C3%ADpek\\_\(oko\).pn](https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8C%C3%ADpek_(oko)#/media/Soubor:%C4%8C%C3%ADpek_(oko).pn)
- [10] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. Fyziologie oka a vidění. 2. dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. 96 s. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [11] KYMPLOVÁ, Jaroslava. Katalog metod v biofyzice [online]. [cit. 2022-01-03]. <<https://portal.lf1.cuni.cz/clanek-793-katalog-metod-v-biofyzice>>
- [12] KUČERA, Přemysl. SUBJEKTIVNÍ REFRAKCE I. KPO FBMI ČVUT, 2019, 83 s. Výukové materiály k předmětu Subjektivní refrakce I

- [13] NOVÁKOVÁ, Martina. Dědičnost v anamnéze. Česká oční optika [online]. 2011(3), 28-29 [cit. 2022-01-03]. ISSN 1211-233X. Dostupné z: [https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci\\_2011\\_03.pdf](https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2011_03.pdf)
- [14] KASCHKE, Michael, Karl-Heinz DONNERHACKE a Michael Stefan RILL. Optical devices in ophthalmology and optometry: technology, design principles, and clinical applications. Weinheim: Wiley-VCH, 2014. ISBN 978-3-527-41068-2.
- [15] MESLIN, Dominique. Practical refraction [online]. Paris: ESSILOR ACADEMY EUROPE, 2008 [cit. 2022-01-05]. ISBN 979-10-90678-11-8. Dostupné z: <http://www.essiloracademy.eu/en/publications/ophthalmic-optics-files>
- [16] RUTRLE, Miloš. Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometry a oftalmology. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-701-3301-5.
- [17] <https://www.plusultra.pl/skiaskop-beta-200-led>
- [18] BENEŠ, Pavel. Přístroje pro optometrii a oftalmologii. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [19] PILÁTOVÁ, Kateřina. Vyšetření refrakce, subjektivní a objektivní postupy. Brno, 2016. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Mgr. David Severa.
- [20] Autorefraktometr z keratometrem RODENSTOCK CX 2000. In: Allegro [online]. [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: <https://0.allegroimg.com/s1024/0c3048/cdb5bc874ee892539a7471ed5880>
- [21] Dot. In: ZÁKLADY METOD KOREKCE REFRAKČNÍCH VAD [online]. [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/media/obr06-01c.png](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/media/obr06-01c.png)
- [22] AUTRATA, Rudolf a Jana ČERNÁ. Nauka o zraku. Brno: NCO NZO, 2006. ISBN 80-7013-362-7.
- [23] Oko myopické a hypermetropické. In: Vision Excellence: Optometry and Orthokeratology [online]. [cit. 2022-01-03]. Dostupné z: <https://www.visionexcellence.com.au/wp-content/uploads/2013/05/bigstock-120577286-e1511438415116.jpg>

- [24] ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-701-3402-X.
- [25] KRAUS, Hanuš. Kompendium očního lékařství. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
- [26] Astigmatismus. In: Křížovatky Zdraví [online]. 2015 [cit. 2022-01-03]. Dostupné z: <https://krizovatkyzdravi.cz/wp-content/uploads/2015/07/astigmatismus-610x456.jpg>
- [27] HYCL, Josef a Lucie TRYBUČKOVÁ. Atlas oftalmologie. 2. vyd. V Praze: Triton, 2008. ISBN 978-80-7387-160-4.
- [28] Lopez-Gil, N., Peixoto-de-Matos, S., Thibos, L. and Gonzalez-Meijome, J. (2012). Shedding light on night myopia. *Journal of vision*, 12(5), p.4.
- [29] Rutrle, M. (1993). Brýlová optika. 1. vydání. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- [30] Falhar, M. (2005). OPTICKÉ VADY BRÝLOVÝCH ČOČEK. Mgr. Masarykova universita
- [31] Koomen, M., Scolnik, R. and Tousey, R. (1951). A study of night myopia. *JOSA*, 41(2), pp.80--83.
- [32] Spherical Aberration in Convex Lens. In: Toppr [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://d3jlfsvsyc6yvi.cloudfront.net/image/mw:1024/q:85/https%3A%2F%2Fhaygot.s3.amazonaws.com%3A443%2Fcheatsheet%2F21426.png>
- [33] Chromatic aberration of a single element convex lens. In: Wikimedia Commons [online]. 2021 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/aa/Chromatic\\_aberration\\_lens\\_diagram.svg/512px-Chromatic\\_aberration\\_lens\\_diagram.svg.png?20180702054445](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/aa/Chromatic_aberration_lens_diagram.svg/512px-Chromatic_aberration_lens_diagram.svg.png?20180702054445)
- [34] KRUEGER, R., MACRAE, S., APPLGATE, R. (ed.). Wavefront Customized Visual Correction: The Quest for Super Vision II. 2nd ed. Slack Incorporated, 2003. 416 p. ISBN 978-1556426254.
- [35] Diffraction. In: The Properties of waves [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: [http://www.schoolphysics.co.uk/age14-16/Wave%20properties/text/Diffraction\\_/images/1.png](http://www.schoolphysics.co.uk/age14-16/Wave%20properties/text/Diffraction_/images/1.png)

- [36] Chaloupková, T. (2007). Fyziologické principy procesu vidění – tvorba a vnímání obrazu. 1. vydání [ebook] Brno: Masarykova Universita. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/77811/prif\\_m/Diplomova\\_prace.pdf?studium=582016;zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3Dfyziologick%C3%A9%20principy%20procesu%20vid%C4%9Bn%C3%AD%26start%3D1](https://is.muni.cz/th/77811/prif_m/Diplomova_prace.pdf?studium=582016;zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3Dfyziologick%C3%A9%20principy%20procesu%20vid%C4%9Bn%C3%AD%26start%3D1) [cit. 2022-01-03]
- [37] Herůfková, Š. (2012). Adaptace, její měření, vliv patologie na kvalitu života jedince. 1. vydání [ebook] Brno: Masarykova Universita. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/359072/lf\\_b/Adaptace\\_\\_jeji\\_mereni\\_\\_vliv\\_patologie\\_na\\_kvalitu\\_zivota\\_jedince.pdf](http://is.muni.cz/th/359072/lf_b/Adaptace__jeji_mereni__vliv_patologie_na_kvalitu_zivota_jedince.pdf) [cit. 2022-01-03].
- [38] ARTAL, Pablo, SCHWARZ, CÁNOVAS a MIRA-AGUDELO. Night Myopia Studied with an Adaptive Optics Visual Analyzer. Plosone [online]. [cit. 2014-02-08]. Dostupné z: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0040239>
- [39] Fyzika.jreichl.com, (2014). \*\*\*Spektrální citlivost: MEF. [online] Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/491-spektralni-citlivost> [cit. 2022-01-03].
- [40] KITCHEL, Elaine. The effects of blue light on ocular health. *SAGE journals*. [Online] 1. červen 2000. [Cit. 2022-01-03 ]. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0145482X0009400606>.
- [41] SEVER, Ania. Night myopia. In: MAJER, Jiří. Sborník přednášek 2. celostátní studentské konference optometrie. Brno, 2010
- [42] CHI-WAH RUDY YUNG, Talia KOLIN a BAILEY. Instrument and microscope myopia: What's all the focus about?. In: Eye World [online]. [cit. 2022-01-03].
- [43] HENNESSY, Robert T. Instrument myopia. Journal of the optical society of America. October 1975, č. 10
- [44] Empty Field Myopia. [online]. [cit. 2022-01-03]. Dostupné z: [http://www.paul.moggach.yorksoaring.com/GliderInstructorGSX/empty\\_field\\_myopia.html](http://www.paul.moggach.yorksoaring.com/GliderInstructorGSX/empty_field_myopia.html)
- [45] Empty Field Myopia. In: SKYbrary [online]. [cit. 2022-01-03]. Dostupné z: [http://www.skybrary.aero/index.php/Empty\\_Field\\_Myopia](http://www.skybrary.aero/index.php/Empty_Field_Myopia)
- [46] Extech LT40 LuxMetr. Extech [online]. 2013 [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: [https://www.tme.eu/Document/99661604c91ca78e7e72e094716f8723/LT40\\_UM.pdf](https://www.tme.eu/Document/99661604c91ca78e7e72e094716f8723/LT40_UM.pdf)

[47] Extech LT40 LuxMetr. RevizeShop.cz [online]. [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: <https://www.revizeshop.cz/Extech-LT40-LuxMetr>

[48] BENJAMIN, W. J. Borish's clinical refraction. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1998. ISBN 0-7216-5688-9

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Průřez okem [2] .....	6
Obrázek 2: Stavba sítnice [6].....	8
Obrázek 3: Tyčinka (vlevo) a čípek (vpravo) [8, 9] .....	9
Obrázek 4: Skiaskop [17] .....	11
Obrázek 5: Automatický refraktometr [20] .....	12
Obrázek 6: Astigmatická růžice [21].....	13
Obrázek 7: Brokův test [22] .....	14
Obrázek 8: Emetropické oko [23] .....	15
Obrázek 9: Hypermetropické oko [23].....	15
Obrázek 10: Astigmatické oko [25].....	17
Obrázek 11: myopické oko [23].....	18
Obrázek 12: Sférická aberace [??31].....	21
Obrázek 13: chromatická aberace [??32] .....	21
Obrázek 14: Difrakce světla .....	22
Obrázek 15: Adaptační křivka na světlo [34].....	23
Obrázek 16: Adaptační křivka na tmu [34] .....	24
Obrázek 17: Purkyňův jev [36] .....	24
Obrázek 18: white point test [37] .....	25
Obrázek 19: Automatický projektor optotypů TOPCON ACP-8 [zdroj: vlastní] .....	29
Obrázek 20: Extech LT40 LED Light Meter [43].....	30
Obrázek 21: Auto refraktometr TOPCON KR-800 (vlevo), Automatický fokometr TOPCON LC-300 (vpravo) [zdroj: vlastní] .....	31



## Seznam grafů

Graf 1: Četnost refrakčních vad.....	34
Graf 2: Projev noční myopie za mezopických podmínek.....	34
Graf 3: Hodnoty refrakčního deficitu při mezopickém vidění oproti fotopickému .....	35
Graf 4: Hodnoty deficitu jednotlivých refrakčních vad.....	36