

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2021**

**ŠÁRKA  
ANTOŠOVÁ**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra přírodovědných oborů**

**Myopie a možnosti její korekce**

**Myopia and possibilities of its correction**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

**Autor bakalářské práce: Šárka Antošová**

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

---

**Kladno 2021**



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Antošová** Jméno: **Šárka** Osobní číslo: **483400**  
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:

**Myopie a možnosti její korekce**

Název bakalářské práce anglicky:

**Myopia and possibilities of its correction**

Pokyny pro vypracování:

Studentka zpracuje formou rešerše problematiku refrakčních vad, jejich vzniku, příčin a korekce, s důrazem na myopii. V teoretické části se bude věnovat anatomii a fyziologii oka se zřetelem na téma práce. Dále zpracuje rozdělení myopií z různých hledisek, bude se věnovat používaným pojmům jako je školní myopie, přístrojová myopie a zmíní i v současné době řešený problém myopizace společnosti. V rámci praktické části studentka porovná výsledky měření autorefraktometeru a subjektivní refrakce, provede měření skupiny osob se střední či vyšší myopií a sestaví jejich anamnézu. U vybraných osob sestaví genetický strom pro doplnění rodinné anamnézy.

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] AUTRATA, R., VANČUROVÁ, J., Nauka o zraku, ed. 2, Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2006, 226 s., ISBN 80-701-3362-7

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Mgr. Jana Urzová, Ph.D.**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **18.09.2022**

prof. RNDr. MUDr. Petr Maršálek, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA  
podpis děkana(ky)

## **Název bakalářské práce:** Myopie a možnosti její korekce

### **Abstrakt:**

Tato bakalářská práce se zabývá myopií a možnostmi její korekce. V teoretické části je stručně popsána anatomie oka a základní refrakční vady, jako je hypermetropie, myopie a astigmatismus, jejich základní rozdělení a způsob korekce. Dále jsou zde zmíněna objektivní a subjektivní vyšetření refrakčních vad, jejich využití a přesnost. Součástí práce je i shrnutí základních genetických pojmů a způsobu dědičnosti jednotlivých refrakčních vad na základě několika výzkumů. Následně jsou zde definované pojmy jako noční myopie, přístrojová myopie a myopie dětí. V experimentální části jsou porovnány výsledné hodnoty objektivní a subjektivní refrakce pro sedmdesát pět osob a dále jsou zde znázorněny rodokmeny několika vybraných rodin, které ukazují dědičnost myopie.

### **Klíčová slova:**

Refrakční vady, myopie, dědičnost refrakčních vad, přístrojová myopie, korekce myopie

## **Bachelor's Thesis title:** Myopia and possibilities of its correction

### **Abstract:**

This bachelor thesis concerns with myopia. The theoretical part briefly describes the anatomy of the eye and basic refractive error, such as hypermetropia, myopia and astigmatism, their basic distribution and method of correction. There is also mentioned objective and subjective examination of refractive errors, their using and accuracy. Part of the work is also a summary of basic genetic terms and the method of heredity of individual refractive errors based on several studies. Subsequently, there are defined terms such as night myopia, instrumental myopia and myopia of children. The experimental part compares the resulting values of objective and subjective refraction for seventy-five people and hows the genetic trees of several selected families which shows the heredity of myopia.

### **Key words:**

Refractive error, myopia, heredity of refraction error, instrument myopia, myopia correction

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí své bakalářské práce Mgr. Janě Urzové, Ph.D. za vedení mé práce a za odbornou pomoc, kterou mi v průběhu práce poskytla. Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří se zúčastnili mého výzkumu.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Myopie a možnosti její korekce*“ 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.....	1
2	Anatomie oka.....	2
3	Refrakční vady.....	6
3.1	Hypermetropie.....	6
3.2	Myopie.....	8
3.2.1	Příčiny myopie.....	8
3.2.2	Rozdělení myopie.....	8
3.2.3	Korekce myopie.....	9
3.3	Astigmatismus.....	9
4	Vyšetřovací metody.....	12
4.1	Objektivní refrakce.....	12
4.1.1	Skiaskopie.....	13
4.1.2	Automatické refraktometry.....	13
4.2	Subjektivní refrakce.....	15
5	Genetika.....	23
5.1	Základní pojmy.....	23
5.2	Dědičnost refrakčních vad.....	25
6	Myopie.....	28
6.1	Noční myopie.....	28
6.2	Přístrojová myopie.....	29
6.3	Dětská myopie.....	29
7	Možnosti korekce myopie.....	31
7.1	Neinvazivní způsob korekce.....	31
7.2	Invazivní způsob korekce.....	32
8	Experimentální část.....	34
8.1	Metodika.....	34
8.1.1	Vyšetřované osoby.....	34
8.1.2	Postup vyšetření.....	35
8.2	Stanovené hypotézy.....	36
8.3	Výsledky měření.....	36



---

8.3.1	Měření objektivní refrakce .....	36
8.3.2	Měření subjektivní refrakce .....	39
8.3.3	Srovnání objektivní a subjektivní refrakce .....	42
8.4	Dědičnost myopie .....	45
9	Diskuse .....	49
10	Závěr.....	51
	Seznam použité literatury.....	52
	Seznam symbolů a zkratek.....	60
	Seznam obrázků.....	61
	Seznam tabulek.....	63
	Příloha A: Šablona protokolů .....	64
	Příloha B: 1. genetický strom .....	67
	Příloha C: 2. genetický strom .....	70
	Příloha D: 3. genetický strom.....	73
	Příloha E: 4. genetický strom .....	75

# 1 Úvod

Zrak patří, spolu s čichem, sluchem, hmatem a chutí, mezi pět základních smyslů člověka [1].

Mojí motivací k výběru tohoto tématu byly studie, které uvádí, že do roku 2050 bude na této planetě pět miliard obyvatel krátkozrakých a refrakční vada jedné miliardy z nich bude vyšší než -6,00 D [2].

V současné době je myopický téměř každý třetí člověk, tudíž je důležitá prevence zraku nejen u dospělých, ale i u jejich potomků [2]. Důležité je tuto refrakční vadu zachytit co nejdříve a správně ji vykorigovat.

Jelikož se myopie stává jednou z hlavních příčin slepoty na světě, je na místě diskutovat i o globálních možnostech komplexní péče o zrak a spolupráce mezi větším množstvím vědních oborů specializujících se na tuto problematiku. [2]

Teoretická část bakalářské práce seznamuje čtenáře se základními refrakčními vadami, jejich jednoduchým rozdělením a korekcí, vyšetřovacími metodami jako jsou objektivní a subjektivní refrakce, vysvětlení pojmů: noční myopie, přístrojová myopie a dětská myopie, možnostmi korekce myopie, dědičností refrakčních vad s důrazem na myopii a jak je důležité brzké podchycení této vady. Jedna kapitola bude věnována i podrobnějším způsobům korekce myopie.

Praktická část je zaměřená na porovnání výsledných hodnot z autorefraktometru oproti subjektivní refrakci, anamnéza středních a vyšších myopů a ukázka dědičnosti myopie v rodině pomocí rodokmenů.

## 2 Anatomie oka

Vývoj oka začíná již v prenatálním období, kde se z neurální trubice vytváří centrální nervový systém a pokračuje i během dětství. [3, 4]

Po narození je očníce postavena o 5° divergentně, délka očního bulbu je o 70 % kratší a rohovka má zhruba 80% velikost dospělého jedince. Novorozenecké oko je hypermetropické s deficitem +2,5 D. [3, 4]

Do konce prvního roku života dochází k rozlišování tvarů, koordinace okohybných pohybů a vnímání rozdílů mezi světlem a tmou. Oči začínají konvergovat, akomodovat, vzájemně spolupracovat a rozeznávají vzdálenosti předmětů. [3, 4]

Před nástupem do školy se ustálí zraková ostrost obou očí, velikost rohovky a očního bulbu na normální velikost. Pokud bulbus bude stále růst a přeroste průměrnou délku bulbu, vzniká oko myopické. K tomuto stavu je současně bráněno zplošťováním čočky. [3, 4]

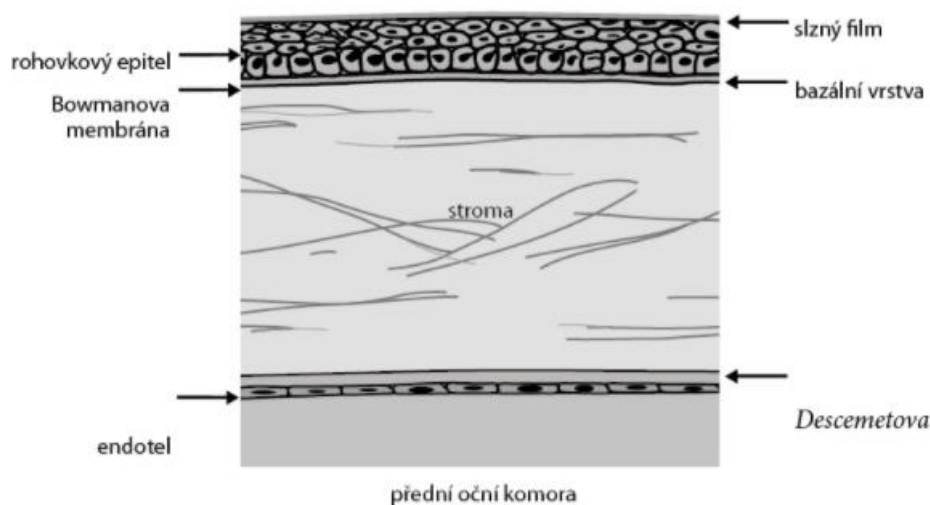
Jestliže ale dojde ke zhoršení zrakové ostrosti, je třeba ji zachytit dostatečně brzy, obzvláště pak v případě, pokud se v blízké historii pacienta objevili jedinci se stejnou refrakční vadou. K tomu nám slouží anamnéza, kam si tyto informace zaznamenáváme spolu s informacemi o dalších multifaktoriálních onemocněních.

Lidské oko má přibližný tvar koule a je uloženo v očníci. Má průměrnou délku 24 mm a optickou mohutnost v neakomodovaném stavu 63 D. Stěna oční koule je tvořena třemi soustřednými vrstvami. Zevní (povrchová) vrstva oka je zepředu tvořena rohovkou a zezadu bělimou. Střední (cévnatá) vrstva je tvořena cévnatkou, řasnatým tělískem a duhovkou, které dohromady tvoří živnatku. Z pohledu anatomie jsou spojené, tudíž onemocnění jedné tkáň se přesune i na ostatní. Vnitřní respektive nervovou vrstvu tvoří sítnice. [3, 5, 6]

**Rohovka**, která představuje 1/6 povrchu oka je hladká a transparentní tkáň. Celková optická mohutnost oka je za normálních podmínek 58 D, na rohovku připadá 43 D. Ve vertikální ose má průměr 9 mm a v horizontální je o 1-2 mm delší. Tloušťka rohovky není konstantní, ve středu má 0,8-0,9 mm a více do periferie se ztlušťuje až na 1-1,2 mm. [5]

Rohovka je v průřezu složena z několika vrstev a je pokryta slzným filmem o tloušťce 4-7 μm. Slzný film je složen z lipidové, vodné a mucinové vrstvy. Lipidová vrstva je na zevní straně a její hlavní funkce je zadržovat vlhkost povrchu oka, aby nedocházelo k nadbytečnému odpařování slzného filmu. Vodná vrstva se stará o zajištění hydratace

a dodává rohovce živiny a kyslík. Nejspodnější mucinová vrstva stabilizuje slzný film a zajišťuje dobrou přilnavost k rohovce. [7, 8]



**Obrázek 1:** Anatomie rohovky [9]

Vnější vrstvu rohovky tvoří pětivrstevný dlaždicový epitel, který volně navazuje na epitel spojivky. Buňky mají kubický tvar a životnost 7-10 dní, pak dochází k jejich kompletní výměně. Díky této regeneraci se dobře hojí drobná poranění na rohovce. Kdyby však došlo i k poranění Bowmanovy membrány, která se hojí jizvou, byla by snížena průhlednost rohovky. Bowmanova membrána je homogenní vrstva tvořena neuspořádanými kolagenními vlákny a stará se o odolnost celé rohovky. [10]

Největší prostor rohovky zaujímá stroma, přibližně 90 %. Stroma je složeno ze striktně uspořádaných kolagenních vláken, která se navzájem nekříží. Za stromatem je Descemetova membrána, jenž pečuje o hydrataci rohovky pomocí sodno-draselné pumpy. Poslední vrstvou rohovky je jednovrstevný endotel, který se během života neobnovuje. Zdravý endotel má 2500-3000 buněk/mm<sup>2</sup>. [10]

**Bělina** zaujímá zbylých 5/6 povrchu oka. Její hlavní funkcí je ochrana, především před poškozením mechanickou silou. Bělina je tvořena hustým kolagenním pojivem, které je nahodile uspořádané, tudíž je zde dopadající světlo rozptýleno a tkáň se jeví bílá a neprůhledná. Tloušťka bělimy není všude stejná. Nejtlustší je v zadní části, kde dosahuje až 1,5 mm a nejslabší je v místech, kde se upínají okohybné svaly, jen 0,3 mm. Uvnitř bělimy je tenká vrstva řídkého vaziva, která dělí povrchovou vrstvu od střední vrstvy oka. [5, 7, 9]

**Cévnatka**, jak už z jejího názvu vyplývá, obsahuje vysoké množství cév [5]. Díky pigmentu je to tmavě hnědá vrstva mezi bělimou a sítnicí. Hlavní funkce cévnatky je výživa oka a především sítnice. Celková tloušťka cévnatky je 350-450  $\mu\text{m}$ . [3, 7]

**Řasnaté těleso** se nachází mezi duhovkou a cévnatkou. Corpus ciliaris má dvě základní funkce. Tvorbu komorové tekutiny, která vyplňuje komoru oční a zajišťuje akomodaci pomocí vláken, která vystupují z řasnatého tělíska a na nichž je upevněna čočka. Dojde-li ke smrštění hladkého ciliárního svalu, čočka se vyklene. Tuto schopnost čočka během stárnutí ztrácí. [3, 11]

**Čočka** je bikonvexní průhledné těleso bez cév o tloušťce 3,5 mm a průměru 10 mm. Skládá se z pouzdra, kortexu, jádra a její optická mohutnost je za normálních podmínek okolo 20 D. Přední plocha čočky má poloměr křivosti 10 mm, zadní plocha 6 mm. Co se týče struktury, čočka je poměrně nestejnorodá a její průměrný index lomu je 1,39. [1, 5, 6]

**Duhovka** společně s čočkou tvoří přechod z předního segmentu oka do zadního. Duhovka je barevné mezikruží o průměru 4 mm, které reguluje průchod světelných paprsků na sítnici. Uvnitř mezikruží je pupila, která se následkem osvětlení zúží, díky nervu parasymptiku a naopak ve tmě dojde, za pomoci nervu sympatiku, k jejímu rozšíření. Barvu duhovky ovlivňuje množství melaninu vyprodukovaného melanocyty. Pokud se ho vytvoří dostatečně, oči budou hnědé, a pokud bude melaninu nedostatek, tak modré. V případě že pigment chybí úplně, může vzniknout albinismus, kdy se oči budou jevit jako modré, ale při axiálním osvětlení se zbarví červeně. Pokud je melaninu nestandardně mnoho nebo málo, vznikají přechodné barvy jako zelená nebo zelenohnědá. [3, 5, 12]

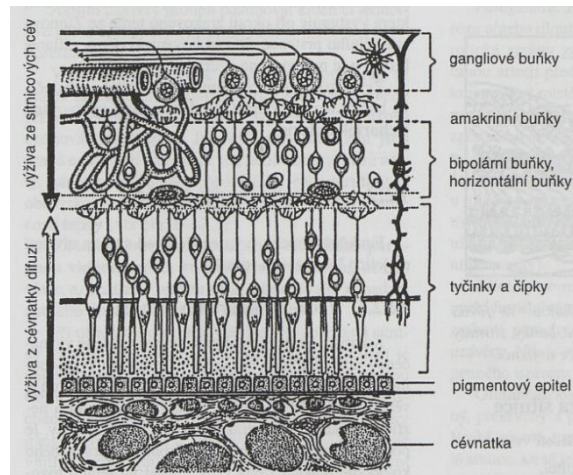
**Sítnice** je průhledná blanka, která po detekci světla v oku převede podnět na neuronový signál, který se dále přenáší optickým nervem do zrakového centra mozku [7]. Z vnitřní strany sousedí se sklívcem a z vnější s cévnatkou. [5]

Sklivec je čirá avaskulární hmota podobná želé, jenž zaplňuje prostor mezi čočkou a vnitřní plochou retiny. Je složen z kyseliny hyaluronové a jemného kolagenu. [3, 5]

Přední část retiny – pars caeca retinae – pokrývá vnitřní stranu řasnatého tělíska a zadní plochu duhovky [13]. Zadní část – pars optika retinae, dále diferencujeme na deset vrstev. Podstatnou část tvoří tyčinky a čípky, jejichž rozložení není rovnoměrné. V okolí makuly, nejostřejšího místa vidění, jsou rozmístěny čípky. Celkový počet čípků je šest milionů kusů a díky nim dokážeme rozeznat barvy. Této vlastnosti využíváme zejména přes den, za dobrého světla. Obecně čípky dělíme do tří skupin a všechny reagují na celé barevné

spektrum, avšak každý s maximální odpovědí pro barvu. S čípky, pro modrou barvu, s vlnovou délkou 445 nm, M čípky, pro zelenou barvu, s vlnovou délkou 535 nm a L čípky, pro červenou barvu, s vlnovou délkou 570 nm. [5]

Naopak tyčinky jsou rozmístěny nejen okolo makuly, ale i v periferiích. Množství tyčinek se pohybuje okolo sto dvaceti milionů a rozlišujeme jimi světlo a tmou, především během noci a za šera. [5]



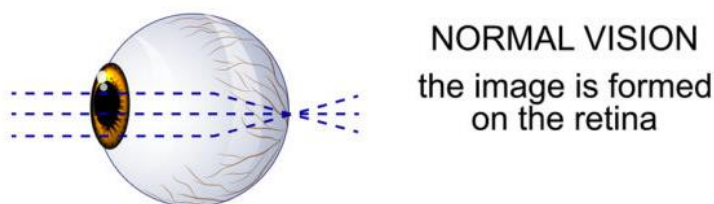
**Obrázek 2:** Stavba sítnice [13]

## 3 Refrakční vady

Přestože je mým stěžejním tématem myopie, v této kapitole bych ráda rozvedla i další refrakční vady, neboť spolu vzájemně souvisejí.

Refrakce popisuje vztah mezi lomivostí a délkou oka. Refrakční vada je stav oka, kde dochází ke špatné lomivosti paprsků, což má za následek nesprávné zobrazení obrazu na sítnici. Subjektivně se tento stav projeví jako neostré vidění. [5, 14]

Emetropické oko je takové oko, jehož paprsky dopadají na sítnici, kde se vytvoří ostrý obraz. Tento stav je závislý i na předozadní délce oka, lomivosti rohovky, čočky a hloubce přední komory. [5]



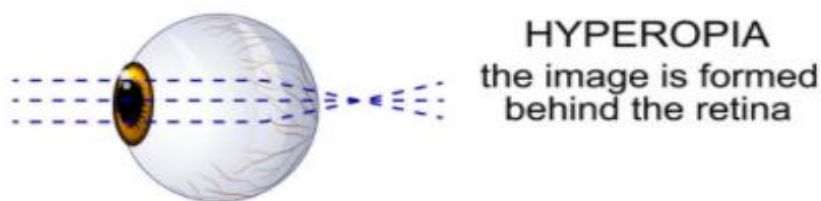
**Obrázek 3:** Emetropické oko [15]

Refrakční vady jsou jakékoliv odchylky od oka emetropického. Ke stanovení správné korekce je dobré znát příčiny a rozdělení jednotlivých vad.

Refrakční vady lze korigovat brýlovými čočkami, kontaktními čočkami, popřípadě laserovými zákroky. Podrobnější způsoby korekce myopie jsou popsány v kapitole 7.

### 3.1 Hypermetropie

Je vada, kdy se rovnoběžné paprsky v akomodačním klidu sbíhají za sítnicí. Jeho vzdálený bod leží v konečné vzdálenosti za okem a blízký bod může být posunut jak před oko, tak i za oko. [1]



**Obrázek 4:** Hypermetropické oko [15]

### **Příčiny hypermetropie**

Podle anatomie oka lze hypermetropii rozdělit na axiální a refrakční. Axiální hypermetropie je stav, kdy je oko krátké vzhledem k lomivosti optických soustav oka. Pokud je oko o 1 mm kratší, způsobí to refrakční deficit +3,00 D [1]. U refrakční hypermetropie má optická soustava nízkou lomivost vzhledem ke standardní předozadní délce oka. Lomivost závisí na indexu lomu očních médií, délce přední komory a zakřivení lomivých povrchů oka. [14, 16]

Nejčastější příčinou hypermetropie je osová vada. Novorozenecké oko je dlouhé 18 mm a postupně se prodlužuje. Pokud se ale vývoj zastaví, dochází k hypermetropizaci. Většinou však zkrácení nepřesáhne rozdíl 2 mm, takže nedochází k vadám nad +6,00 D. [1]

Dále můžeme hypermetropii dělit na latentní a manifestní. Latentní hypermetrop svou neschopnost vidění do dálky zvládá s použitím akomodace. Pokud se jedná o staršího člověka, který již nemá tak vysokou akomodační amplitudu a potřebuje i brýle, mluvíme o dalekozrakosti manifestní. [14, 16]

### **Rozdělení hypermetropie**

Podle velikosti dioptrické vady dělíme hypermetropii na: lehkou, střední a vysokou. Lehká hypermetropie, od +0,25 D až +3,00 D. Střední hypermetropie od +3,25 D až +5,00 D. Vysoká hypermetropie je od +5,00 D.

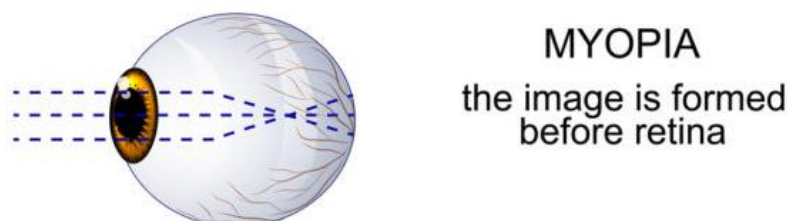
### **Korekce hypermetropie**

Korekce hypermetropie je spojná čočka. Obecně platí, že u dospělých do 35 let, popřípadě, pokud nemají astenopické problémy, jako jsou večerní bolesti hlavy, bolest hlavy při čtení nebo pálení očí, s hypermetropií do +3,00 D není korekce nutná [1]. U mladých lidí zamlžíme oko na vizení 0,2 a postupně předkládáme minusová sklíčka, dokud ho plně nevykorigujeme. Pokud vyšetřovaný uvidí špatně na blízko, tam probíhá měření binokulárně bez zamlžení. Cílem vyšetření hypermetropie je předložit co největší plusovou korekci, se kterou vyšetřovaný přečte co nejmenší řádek. [16]



## 3.2 Myopie

Krátkozrakost je refrakční vada, kdy se rovnoběžné paprsky v akomodačním klidu sbíhají před sítnicí. Daleký bod neakomoduujícího oka leží v konečné vzdálenosti před okem. Předzvěstí myopie může být mhouření očí, především u dětí například na tabuli [16]. Pokud myop pozoruje předmět vzdálenější, než je jeho daleký bod, vidí ho rozmazaně. Když jeho blízký bod leží mezi dalekým bodem a okem, tak se mu jeví jako ostrý bod. [1, 16]



Obrázek 5: Myopické oko [15]

### 3.2.1 Příčiny myopie

Podle anatomie oka lze myopii rozdělit na axiální a refrakční. Axiální myopie je stav, kdy je oko dlouhé vzhledem k lomivosti optických soustav oka. Pokud je oko o 1 mm delší, způsobí to refrakční deficit  $-3,00$  D (standardní velikost je 24 mm) [1]. U refrakční myopie má optická soustava vysokou lomivost vzhledem ke standardní předozadní délce oka. Lomivost závisí na indexu lomu očních médií, délce přední komory a zakřivení lomivých povrchů oka. U 95 % populace hodnota myopie nepřeroste hodnotu  $-4,00$  D. [14, 16]

### 3.2.2 Rozdělení myopie

Podle velikosti dioptrické vady dělíme myopii na lehkou, střední a vysokou. Lehká myopie, od  $-0,25$  D až  $-3,00$  D. Střední myopie od  $-3,25$  D až  $-6,00$  D. Vysoká myopie od  $-6,00$  D a může být doprovázena patologickými změnami na sítnici, sklivci. [14]

Tabulka 1: Typ myopie [6]

Lehká myopie (myopia simplex)	Do $-3,00$ D
Střední myopie (myopia modica)	Od $-3,00$ D do $-6,00$ D
Vysoká myopie (myopia gravis)	Od $-6,25$ D do $-10,00$ D
Těžká myopie (progresivní)	Nad $-10,00$ D

### 3.2.3 Korekce myopie

V dnešní době se spíše upřednostňuje práce s počítačem, práce do blízka často spojená s nízkou intenzitou osvětlení a nedostatkem zeleně, což je častá příčina progresu myopie. [17]

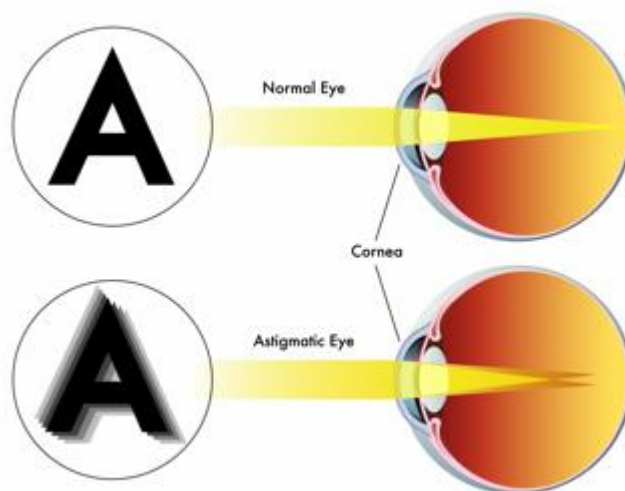
Ke korekci myopie se používá rozptylná čočka. Cílem korekce je zvolit co nejmenší minusovou dioptrii, se kterou vyšetřovaný přečte co nejmenší řádek. Mladí lidé nosí korekci na očích celý den. V případě překročení čtyřicátého roku života, kdy začínají symptomy presbyopie, odkládají své brýle na práci do blízka, jako je čtení nebo šití. [16, 18]

Podrobněji bude tato část popsána v kapitole 7.

## 3.3 Astigmatismus

Je refrakční vada, která je způsobena rozdílnou optickou mohutností v různých řezech jednotlivých částí oka. Svazky paprsků z různých směrů se promítají do různých rovin, což má za následek snížení zrakové ostrosti. [13]

Astigmatismus je ve většině případů přidružený k další refrakční vadě.



**Obrázek 6:** Astigmatické oko [19]

### Příčiny astigmatismu

Nejvíce se v populaci vyskytuje astigmatismus vrozený. Ten závisí na růstu lomivých ploch, jako je rohovka, čočka nebo na tlaku víček. V mladé populaci se spíše setkáváme s astigmatismem pravidelným, konkrétně s astigmatismem podle pravidla a u starších je to většinou astigmatismus šikmý nebo nepravidelný. [1, 5, 18]

## Rozdělení astigmatismu

Celkový astigmatismus je složen z rohovkového, čočkového a zbytkového astigmatismu, který je ve většině případů zanedbatelný [14].

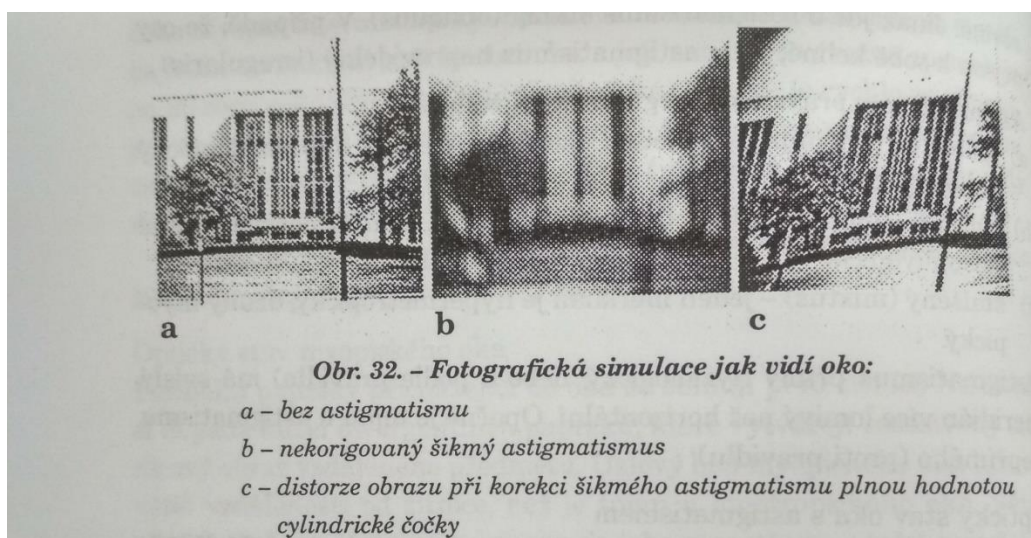
Dále astigmatismus dělíme na pravidelný, šikmý a nepravidelný. Astigmatismus pravidelný (astigmatismus regularis) má na sebe kolmé dva hlavní meridiány s nejnižší a nejvyšší vrcholovou lomivostí v horizontální a vertikální ose. Tento druh astigmatismu dále dělíme na jednoduchý, složený a smíšený. U jednoduchého astigmatismu (astigmatismus simplex) leží 1 fokála před sítnicí nebo za sítnicí, druhá je na sítnici. U astigmatismu složeného (astigmatismus compositus) leží obě fokály buď před sítnicí nebo za sítnicí. Smíšený astigmatismus (astigmatismus mixtus) je stav, kdy jedna fokála je před sítnicí a druhá za sítnicí. [5]

Pokud má vertikální meridián větší lomivost, jedná se o astigmatismus podle pravidla. V případě astigmatismu proti pravidlu platí, že větší lomivost bude v horizontálním meridiánu. [5]

Šikmý astigmatismus (astigmatismus obliquus) je vada, kde dva na sebe kolmé meridiány nejsou v horizontální a vertikální ose [5].

Nepravidelný astigmatismus (astigmatismus irregularis) je stav, kdy osy nejsou na sebe kolmé [5].

Podle velikosti dioptrické korekce dělíme astigmatismus na lehký (0-1,50 D), střední (1,75-3,00 D) a těžký (od 3,00 D).



**Obrázek 7:** Simulace astigmatismu [5]

### **Korekce astigmatismu**

Astigmatismus korigujeme až po refrakci sférických vad (hypermetropie nebo myopie) buď pomocí Jacksonova zkříženého cylindru a bodového testu nebo pomocí zamlžení a astigmatické růžice. [7]

Po vyšetření astigmatismu je dobré zjistit, zda došlo monokulárně ke změně zrakové ostrosti nebo jestli binokulárně vyšetřovaný nemá problém s prostorovým viděním a zda se mu dobře s korekcí pohybuje. Pokud by binokulární problém nastal, optometrista musí změnit výslednou refrakci za použití sférického ekvivalentu. [7]

Pravidelný astigmatismus lze korigovat brýlovými skly nebo kontaktními čočkami. V případě nízkého nepravidelného astigmatismu se dají použít kontaktní čočky, v horším případě musí být oftalmologem udělané zploštění rohovky za použití excimerového laseru. [7]

## 4 Vyšetřovací metody

Vyšetření zraku probíhá ve speciálních vyšetřovnách, která musí mít 13 m<sup>2</sup>, osvětlení 85 cd· m<sup>-2</sup>, umyvadlo, stůl, počítač, pomůcky pro vyšetření barvocity, optotypy, vyšetřovací křeslo, zkušební obrubu a brýlovou skříň a přístroje na zjištění objektivní refrakce. V případě aplikace kontaktních čoček je potřeba i šterbinová lampa, fluorescein a testy na slzný film. [20]

### 4.1 Objektivní refrakce

Před samotnou objektivní refrakcí zjišťujeme anamnézu. Poté, co nám vyšetřovaný sdělí jméno, rok narození, kontakt, rok a ideálně i měsíc poslední oční kontroly, ptáme se na důvod návštěvy, s jakými obtížemi k nám přichází a jak dlouho přetrvávají, popřípadě v jaké denní době se objevují. Dále pozorujeme celkové postavení hlavy a očí, způsob komunikace a pohybů těla. Následuje oční, celková, rodinná a pracovní anamnéza. V případě oční anamnézy nás zajímá, od jaké doby nosí vyšetřovaný brýle, zda v dětství neměl problém se strabismem, popřípadě jaká byla jeho korekce, různé úrazy oka, záněty, laserové zákroky nebo u starších pacientů, zda neprodělali glaukom, kataraktu či jiné oční onemocnění. Celková anamnéza nás informuje o onemocněních souvisejících se zrakem, jako jsou diabetes mellitus, hypertenze, stres, těhotenství, alergie, problém se štítnou žlázou popřípadě nervová onemocnění, jako roztroušená skleróza. Všechna tato multifaktoriální onemocnění lze částečně i dědit, zaleží i na vnějších faktorech. V rodinné anamnéze se doptáváme na výskyt dědičných onemocnění v rodinné historii. Zajímají nás vysoké refrakční vady, strabismus, glaukom, katarakta a onemocnění, na něž se tážeme při celkové anamnéze. V případě že pacient není se svou rodinou anamnézou obeznámen a optometrsta dostane podezření na nějaké z výše uvedených onemocnění, důrazně mu doporučí navštívit podrobné vyšetření [21].

U pracovní anamnézy nás zajímá práce na počítači, jak často vyšetřovaný řídí, jaká je jeho častá pracovní vzdálenost a popřípadě i jeho koníčky. Pokud děláme anamnézu na kontaktní čočky, zajímáme se i o prostředí, kde se dotýčný často vyskytuje, zda je zde klimatizace, prašné prostředí, nebo již zmiňovaný počítač, kde může hrozit riziko nedostatečného mrkání a s ním spojená nedostatečná obnova slzného filmu, což oko vysušuje. Nakonec se ptáme na léky, které pravidelně užívá, jako jsou antihistaminika, antikoncepce nebo i časté užívání alkoholu a drog. [22]

Po anamnéze následuje objektivní refrakce. Tento monokulární výsledek nám slouží jako přibližná hodnota výsledné refrakce a ušetří nám čas, který můžeme využít na binokulární testy. Přestože tato dioptrická hodnota může být ovlivněna akomodací, která navozuje přístrojovou myopii a není zde taková interakce s vyšetřovaným, toto měření děláme vždy. Objektivní refrakci lze vyšetřit pomocí skiaskopie nebo pomocí dnes už automatických refraktometrů. [7, 23, 24]

#### 4.1.1 Skiaskopie

Dnes už se skiaskopie příliš nevyužívá, jen v případech, kdy s vyšetřovaným nelze spolupracovat, většinou děti nebo postižení. Skiaskopie je poměrně snadná a přesná metoda stanovení objektivní refrakce pro zkušeného optometristu. [24, 25]

Podstata skiaskopie se zakládá na určování směru stínu duhovky uvnitř červeného reflexu způsobeného skiaskopem. [24, 25]

Skiaskopii dělíme na statickou a labilní. Statická se provádí na vzdálenost 0,5 m, tudíž ve výsledku musíme odečíst -2,0 D a při labilní měníme vzdálenost. [24, 25]

V případě oka hypermetropického se světelný reflex na sítnici pohybuje ve stejném směru jako skiaskop a v případě oka myopického se světelný reflex na sítnici pohybuje v opačném směru pohybu skiaskopu. [25]



Obrázek 8: Skiaskop [27]

#### 4.1.2 Automatické refraktometry

Skládají se z osvětlovacího a pozorovacího paprsku, které jsou od sebe odděleny děličem svazků, jenž zabraňuje promítání reflexů z osvětlovacího paprsku do získaného signálu. [24, 25]

Všechny autorefraktometry jsou založeny na detekci zpětně odraženého světla, využívají infračerveného záření o vlnové délce 800-950 nm, které nevyvolává akomodaci. [23, 24, 25]



**Obrázek 9:** Automatický refraktometr [28]

Vyšetřovaný se pohodlně posadí před přístroj, opře si bradu a čelo na předem určené místo a pozoruje bod uvnitř přístroje. Optometrsta si nastaví výšku přístroje popřípadě i výšku vyšetřovaného a zaostří přístrojem na zornici. Vyšetřovaný pozoruje fixační bod, který mu simuluje pohled do nekonečna. [23, 24, 25]

Tento bod je díky čočce uvnitř refraktometru promítán na sítnici a za pomoci oftalmologické čočky se zobrazí na detekčním systému. V případě oka emetropického se fixační bod, který je umístěn v rovině předmětového ohniska čočky uvnitř refraktometru, zobrazí na sítnici. U oka ametropického je bod umístěn buď před nebo za tuto rovinu, což způsobí neostrý obraz na detektoru. [26]

Provádíme několik měření za sebou, abychom měli co největší přesnost kvality měření. Bohužel však z této objektivní metody nemůžeme vyloučit akomodaci, která navozuje přístrojovou myopii, tudíž pak musíme dioptrie doupravit pomocí subjektivní refrakce. [23]



**Obrázek 10:** Výsledky z měření na automatickém refraktometru [vlastní tvorba]

## 4.2 Subjektivní refrakce

Následuje hned po objektivní refrakci. Zprvu si změříme naturální vízus pravého a levého oka, posléze vízus obou očí. Z těchto hodnot lze odhadnout přibližnou refrakční vadu, jak ukazuje tabulka 2.

**Tabulka 2:** Hrubý odhad velikosti sférické ametropie [20]

Naturální vízus	Velikost refrakční vady/D
1,0 a více	0
0,8	$\pm 0,25$
0,7	$\pm 0,5$
0,6	$\pm 0,75$
0,5	$\pm 1$
0,2	$\pm 2$
0,1	$\pm 3$
0,05	$\pm 4$
0,03	$\pm 5$
0,02	$\pm 6$

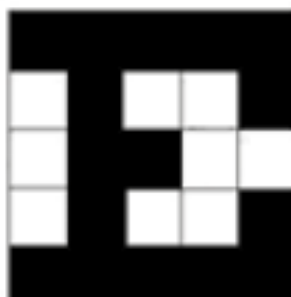
Poté požádáme vyšetřovaného, aby si vzal své aktuální brýle, které používá a opět nám přečte znaky z optotypu stejným způsobem.

**Zraková ostrost (vízus)** je vlastnost oka, kdy od sebe ještě rozliší dva blízké body ještě jako dva. Nejlepší zrakové ostrosti dosáhneme v centru sítnice, je až 20× lepší než v periférii. Obecně vízus dosahuje nejvyšších hodnot za binokulárních podmínek. [1]

Pro zjištění velikosti maximální zrakové ostrosti se používají znaky na optotypech. Nejčastěji se využívají Snellenovy optotypy, Pflügerovy háky, Landoltovy kruhy nebo dětské



optotypy. V případě Snellenových optotypů, které jsou konstruovány do čtvercové sítě o velikosti  $5 \times 5$  úhlových minut, přičemž jeden malý čtverec má minimální úhel rozlišení  $1'$ . Znaky jsou v optotypech seřazeny od největšího k nejmenšímu. [22, 24]



**Obrázek 11:** Struktura znaku v optotypu [22]

**Optotypy** mohou být různé. Od nejlevnějšího tištěného optotypu přes světelný, projekční až k dnes nejvíce používaným LCD optotypům, díky nimž můžeme vyšetřovat celou škálu testů. Správné osvětlení optotypů je 100 lumenů. [1, 29]



**Obrázek 12:** LCD optotyp [30]

Vyšetření probíhá na vzdálenost 5-6 metrů, v případě malé vyšetřovací místnosti 3 metry se zrcadlem. [20]

Pro vyšetření nejlepšího vízu začínáme nejlepší **sférickou korekcí**. [20]

Subjektivní refrakci začínáme vždy okem pravým. Z automatického refraktometru mohou vyjít buď vysoké plusové, nebo vysoké minusové, popřípadě téměř nulové dioptrie.

V případě, že nám z objektivní refrakce vyšla vysoká minusová dioptrie, ověříme předložením plusové čočky s nízkou optickou mohutností, například +0,25 D popřípadě +0,50 D se slovy, zda-li je obraz stejný nebo horší. Pokud odpoví stejný nebo horší, máme téměř jistotu, že je to myop. U vysokých plusových dioptrií máme téměř jistotu, že s předsazením spojné čočky nám klient odpoví, že je obraz s tímto sklíčkem lepší, tudíž korigujeme hypermetropii. [20]

Spojné čočky vkládáme do obruby tak, aby nám hodnota plusových skel nikdy neklesla pod výslednou hodnotu refrakční vady. Výměnu skel v obrubě provádíme pomocí výměnného triku, kdy nám jde o nenavození akomodace u hypermetropů. Cílem optometristy je předepsat co největší plusovou čočku, se kterou má vyšetřovaný nejlepší vÍzus. [20]

**Tabulka 3:** Předpoklad předložené sférické čočky podle dosaženého vÍzu [20]

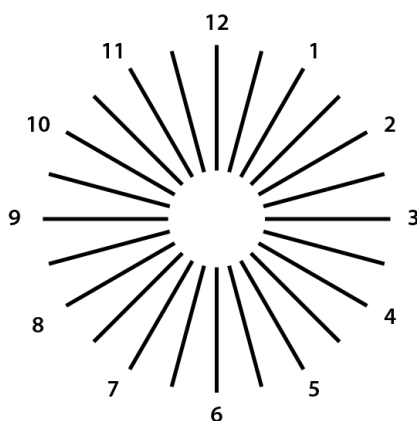
VÍzus	Předložená hodnota sférické čočky/D
< 0,05	Alespoň 2,00
0,05 - 0,2	1,00
0,2 - 0,5	0,50
> 0,5	0,25

Rozptylné čočky, které korigují myopii, vkládáme do obruby se slovy, zda je obraz stejný nebo lepší.

V případě, že je obraz lepší, optometrista zkontroluje změnu zrakové ostrosti a korekci umístí do obruby. Rozptylka se nejdříve musí vyjmout z obruby a posléze lze nové sklíčko vložit dovnitř. Pokud vyšetřovaný uvidí obraz stejný de facto menší a černější, tak čočku již nepřidáváme. Minusové čočky se dávají s co nejslabší optickou mohutností. [20]

Po stanovení nejlepší sférické korekce provádíme **vyšetření astigmatismu**. Ten lze vyšetřit pomocí zamlžovací metody nebo s použitím Jacksonova zkříženého cylindru. [20]

Na začátku zamlžovací metody vložíme před vyšetřované oko čočku s plusovou dioptrií, čímž oku navodíme astigmatismus myopicus compositus a snížíme mu zrakovou ostrost, což si lze ověřit na optotypu. Tuto metodu provádíme na testu astigmatické růžice (nebo vějíři). [20, 24]



**Obrázek 13:** Astigmatická růžice [31]

Zamlžený pacient hledí na optotyp a jsou mu předkládána minusová skla do doby, než jednu z čar vidí nejvýrazněji. Kolmo k této čáře přidáme osu cylindrické čočky a pak jen měníme optickou mohutnost jednotlivých čoček, dokud čáry nebudou stejně výrazné. Tento test se v praxi provádí jen při vysokém astigmatismu nad  $-2,00$  D nebo jako test před použitím Jacksonova zkříženého cylindru. [20, 24]

Vyšetření astigmatismu pomocí Jacksonova zkříženého cylindru (JZC) je přesnější a mnohem rychlejší.



**Obrázek 14:** Jacksonův zkřížený cylindr [32]

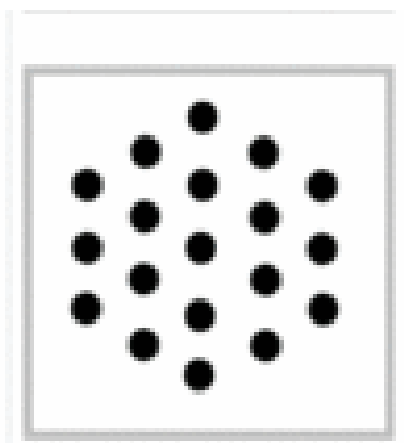
Jacksonův cylindr je dvojice navzájem kolmých plan-cylindrů o optické mohutnosti  $\pm 0,25$ ,  $\pm 0,50$ , popřípadě i  $\pm 1,00$  D, který je uložen v kulaté drážce s rukojetí. Tato rukojeť je umístěna přesně mezi spojnicí kladných a záporných os. Plusová osa je vyznačena černě

a minusová červeně. Velikost použití JZC se vztahuje k velikosti vízu po nejlepší sférické korekci, viz tabulka 3. [24]

**Tabulka 4:** Dioptrická hodnota Jacksonova zkříženého cylindru podle dosaženého vízu [20]

Vízu	Použitá hodnota JZC/D
< 0,2	$\pm 1,00$
0,2 - 0,5	$\pm 0,50$
> 0,5	$\pm 0,25$

K zjištění této vady oka se využívá kulatých znaků, jako je písmeno O, Landoltovy kruhy nebo Brokův test. [23]

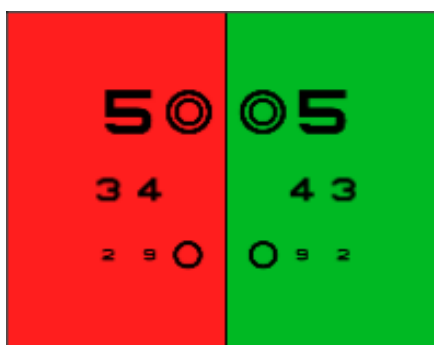


**Obrázek 15:** Brokův test [33]

Nejdříve pacienta upozorníme, že následující dva obrazy může vidět se zhoršenou kvalitou obrazu a zajímá nás, zda-li je lepší obraz číslo jedna nebo obraz číslo dva. Začínáme měřením osy cylindru a posléze zjišťujeme jeho velikost. Rukojeť nastavíme do  $180^\circ$  a otáčíme jí podél její osy. Vždy tyto úkony alespoň jednou zopakujeme, aby si byl vyšetřovaný zcela jist, který z obrazů vidí lépe. Poté umístíme JZC do osy  $45^\circ$ , v případě kontra osy se jedná o  $135^\circ$  a ptáme se na stejnou otázku. Z těchto dvou měření nám vyjde přibližný interval stupňů, kde se osa jeho cylindrické vady nachází. Vezmeme tedy cylindr s  $\varphi = -0,25$  D a vložíme jej do poloviny tohoto intervalu. Dále postupujeme stejným způsobem, kdy poprvé otočíme osou o  $20^\circ$ , podruhé o  $10^\circ$  a pak další 2-3 měření po  $5^\circ$  a méně, dokud nenajdeme správnou osu. [23]

Následně přiložíme červenou osu do naměřené osy astigmatismu a opět se ptáme, zda-li je lepší obraz jedna nebo obraz dvě, kdy je takto zarovnána černá osa. V případě obrazu 1, je velikost astigmatismu vyšší a musíme jej vyměnit. Když přecházíme od  $-0,25$  D k  $-0,5$  D nebo od  $-0,75$  D k  $-1,0$  D cylindru, musíme upravit i sférickou korekci. Pokud dochází ke zvýšení cylindru, odebereme ze sférické refrakce  $0,25$  D a posléze vyměníme cylindrickou čočku. Kdyby nastala situace, že musíme snížit cylindr, nejdříve měníme cylindrickou a pak až sférickou čočku. [23]

Po vykorigování astigmatické vady se provádí **jenné sférické dokorigování**, kdy vyšetřovaný porovnává znaky v červeném a zeleném poli. Pokud mu přijdou znaky v červeném poli výraznější, v případě myopa došlo k podkorigování, u hypermetropa k překorigování, tudíž předkládáme čočku s  $\varphi = -0,25$  D. V opačném případě by byl myop překorigován a hypermetrop podkorigován a předkládáme  $+0,25$  D. [24]



**Obrázek 16:** Jenné sférické dokorigování [34]

Tato doposud zmíněná měření provedeme ještě na oku levém a pak odkryjeme clonu druhého oka pro **binokulární vyvážení**. Některé z binokulárních testů lze vyšetřit pomocí základního vybavení v refrakční místnosti a na některé jsou třeba polarizační předsádky, které využívají disociaci binokulárního vidění, s LCD optotypem. [24]

Humphrisova metoda spočívá v předsazení spojné čočky, ideálně o optické mohutnosti  $+0,75$  D před jedno oko a vyšetřovaný se dívá na nejmenší čtený řádek na optotypu do dálky a my korigujeme druhé oko spojnými čočkami. Totéž děláme i na oku druhém. [24]

Osterbergův test využívá polarizačních filtrů, kdy okem pravým vidíme pole s čísly šest, devět a levým okem pole s čísly tři a pět. Vyšetřovaný porovnává, zda-li vidí lépe znak v červeném poli, v tomto případě předsazujeme  $-0,25$  D, nebo v zeleném poli, kde naopak přidáváme  $+0,25$  D. [24]



**Obrázek 17:** Osterbergův test [35]

Všechna tato doposud zmíněná vyšetření můžeme změřit buď pomocí astigmatické zkušební obruby nebo foropterem.

U **zkušební obruby** musíme vyšetřovanému nastavit pupilární vzdálenost, vzdálenost obruby od vrcholu rohovky, opěrku nosníku, inklinaci brýlového středu a délku straníc. [24]



**Obrázek 18:** Zkušební obruba [36]

Výhody zkušební obruby jsou: lehká kontrolovatelnost mimiky vyšetřovaného a jeho postavení hlavy, lze nastavit PD i asymetrickým pacientům, nižší riziko přístrojové myopie, lze s nimi vyzkoušet i test na pravé nekonečno a pacient při vyšetření do blízka může přirozeně simulovat jeho čtecí vzdálenost. [20, 24, 37]

Součástí vyšetření s astigmatickou zkušební obrubou je i sada zkušebních čoček a JZC. Tato sada obsahuje několik základních druhů čoček na vyšetření jako jsou sférické čočky rozptylné i spojné, vždy v páru pro oko levé i pravé, astigmatické čočky, v kladných a záporných hodnotách a sada prizmatických čoček. Součástí tohoto kufříku je i centrovací kříž, clonka, clona se šterbinou, červený a zelený filtr nebo Madoxův cylindr. [24]

**Foropter** je poměrně masivní zařízení, které musí být upevněno na rotační konzoli, jež je součástí centrální vyšetřovací jednotky. Klientům se doporučuje, aby se při vyšetření neopírali zády o vyšetřovací křeslo a lehce se posunuli směrem dopředu, což pomůže ke správné centraci zornic po celou dobu měření, nicméně zde může i přes to vznikat přístrojová myopie. [24]



**Obrázek 19:** Foropter [38]

Výhodou foropteru je rychlá výměna skel s antireflexní vrstvou, které optometrista přepíná pomocí dálkového ovladače, popřípadě tabletu a není zde časová prodleva na úklid sklíček do refrakční skříně, dále porovnávání změn v refrakci, pomocí jednoho stisku tlačítka, například u prizmatické korekce. Výhodou může být i přesné stanovení astigmatismu pomocí JZC nebo nenarušování intimní zóny vyšetřovaného optometristou. [37]

V praxi se foropteru doporučuje využívat především při velké četnosti denních refrakcí, nicméně po binokulárním vykorigování se vyšetřovanému předkládá zkušební obruba, se kterou se jde s optometristou projít mimo vyšetřovnu. Tam zhodnotí pocity nové korekce, zda nedochází k rozmazanému nebo dvojitému vidění, cítí se s novou korekcí komfortně a dokáže přečíst i znaky ve vzdálenosti delší než je 6 respektive 5 metrů. [37, 39]

## 5 Genetika

Refrakční vady a jejich dědičnost jsou úzce spjaty. Je to poměrně sporné téma, které doposud není prozkoumané natolik, abychom vyvodili jednoznačné závěry. Refrakční vady jsou zaznamenávány již od starověku, kdy císař Nero sledoval boj gladiátorských zápasů smaragdem. V roce 1906 Worth prokázal autozomální dědičnost na myopii pomocí několika rodokmenů, které vytvořil na základě tří činitelů: dědičnosti, stravovacích návyků a práci do blízka. Doposud vznikla celá škála špičkových genetických a oftalmologických studií, které dědičnost popisují z jiných úhlů pohledu, například pomocí národnosti vyšetřovaných a jejich prostředí výchovy nebo přírodní faktory v jejich okolí. Zrak byl zkoumán i z pozice změny předozadní délky oka a vývoje refrakčních vad. [40, 41]

Genetika, jakožto samostatná vědní disciplína, je poměrně mladá. Za úplné její počátky můžeme považovat křížení rostlin a domestikace zvířat. Od 18. století jsou známy případy, kdy pomocí dědičnosti polydaktylie (šestiprstosti) v několika generacích rodiny Réaumur objevil znaky autozomální dědičnosti. [40, 41, 42]

Dle Vrzala můžeme genetiku definovat takto: „*Dědičnost kontinuita forem a struktur které organismy vykazují v generacích*“. [42]

Důležitou postavou genetiky byl její zakladatel Johann Gregor Mendel, jenž v 2. polovině 19. století vydal publikaci *Versuche über Pflanzenhybriden*, která byla doceněna až počátkem 20. století. V této době publikuje i Thomas Morgan práci o chromozomech, která je oceněna Nobelovou cenou. V polovině 20. století Oswald a Avery objevili DNA, ke které přispěli značnými studii i Rosalinda Franklinová nebo tým Watson, Crick a Wilkins, kteří popsali strukturu DNA jako dvoušroubovici. Jako novější výzkum lze zmínit projekt HUGO, který dokázal sekvenovat lidský genom nebo rok 1996, kdy došlo k prvnímu naklonování savce z jedné buňky v těle. [40, 41]

### 5.1 Základní pojmy

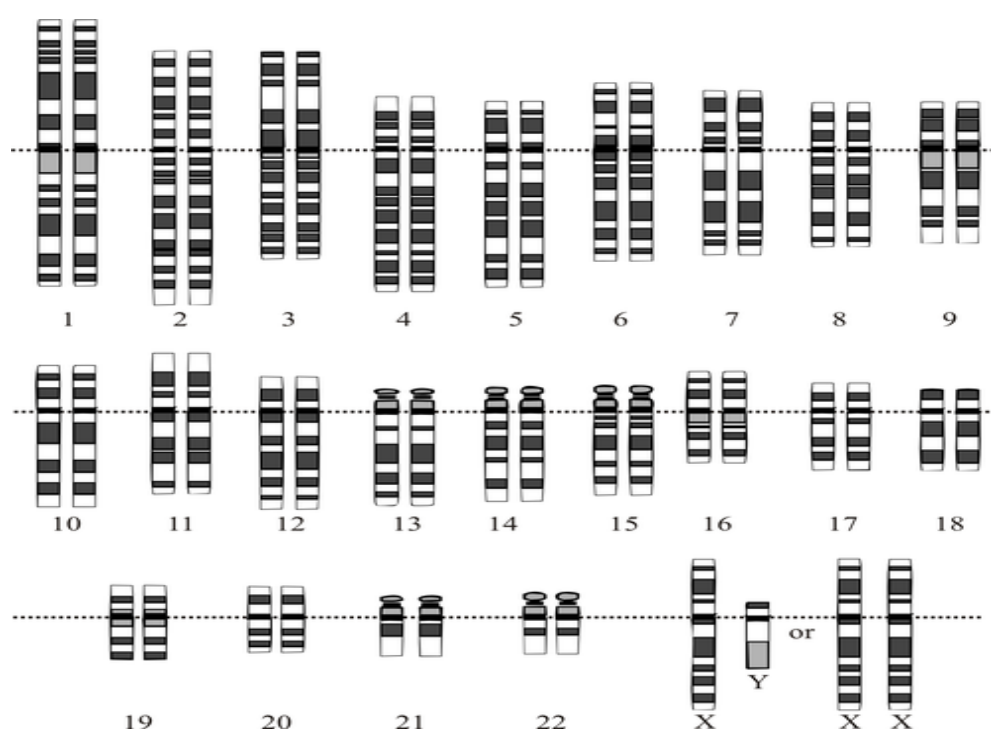
S pojmem genetika jsou spojeny i základní pojmy, jejichž porozumění je naprosto klíčové.

**Gen** je část DNA, jenž přenáší genetickou informaci. Geny uvnitř buněčného jádra, genom, jsou situovány do lokusů. Mimo jádro jsou geny nazývány plazmon. Geny jsou dědičně podmíněné a přenáší se gametami. Odlišné verze stejného genu jsou **alely**. Jsou-li obě tyto alely stejné, jedná se o homozygotní sestavu, v opačném případě mluvíme o sestavě



heterozygotní. Alela se stejným fenotypovým projevem jak u heterozygotů, tak i u homozygotů je dominantní. Recesivní je alela v případě, pokud se fenotypově projeví v diploidním organismu u homozygotů. **Genotyp**, neboli soubor všech genů, má na starost tvorbu znaků a vloh jedince. **Fenotyp** nám určuje, jak se jedinec projeví navenek, k čemuž přispívají i negenetické faktory. [43]

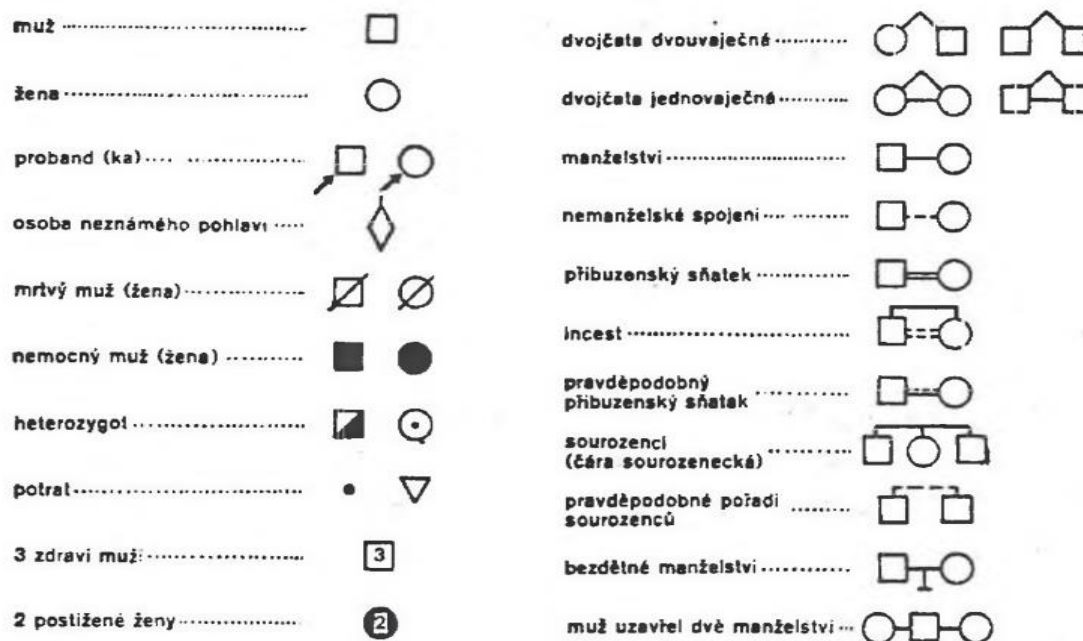
Lidský karyotyp je tvořen z třidvaceti párů chromozomů, z toho dvaadvacet párů autozomů a jeden pár gonozomů, jenž určuje pohlaví jedince. V případě homogametického pohlaví (AAXX) se jedná o ženu a u heterogametického pohlaví (AAXY) o muže. [44]



**Obrázek 20:** Lidský karyotyp [45]

Součástí genetiky je i lékařská genetika, která jakožto samostatný vědní obor je zaměřena na množství genetických vad, chorob a jejich přenos. Kromě jiného se zabývá i genealogií, jejíž cílem je posoudit, zda je vada v rodině ojedinělá, pak se posuzují i jiné vady v rodině, nebo se zde vyskytuje po několik generací alespoň u nějakého člena rodiny, přičemž většinou se berou v potaz poslední čtyři generace. [40]

Pro samotné určení chorob v rodině se využívá genealogie, která pomocí rodokmenů a anamnéz stanovuje četnost výskytu. Pro toto vyšetření se využívají rodokmeny a k nim základní symboly, viz obrázek 19. [40]



**Obrázek 21:** Symboly používané pro sestavení rodokmenu [44]

Obecně generaci rodičů označujeme P, jejich potomky  $F_1$  generací, vnuky P generace jako  $F_2$  a tak dále až do  $F_n$  potomstva [43].

## 5.2 Dědičnost refrakčních vad

Pokud alespoň jeden z rodičů trpí refrakční vadou, pak je 23-40% pravděpodobnost, že touto vadou budou trpět i jejich potomci. Když touto vadou trpí oba, zvyšuje se předpoklad vady u potomka až na 33-60 %. [21]

Obecně refrakční vady lze zařadit do multifaktoriálních onemocnění, kdy se dědí určitá predispozice k jejich vzniku, ale záleží i na dalších okolnostech. [40, 46]

### Hypermetropie

Jak již z několika studií vyplynulo, evolučně vyspělí tvorové nemají předpoklady nad větší refrakční vady, než je +6,00 D, pak už se jedná o vadu geneticky podmíněnou. Dědičnost dalekozrakosti byla prokázána několika studiemi na dvojčatech, kde nehrálo roli vnější prostředí a vada zůstávala konstantní. Většina vysokých hypermetropií je provázána i s řadou patologií a abnormalit, jako je diabetes mellitus, mikrocornea, albinismus a Adieho syndrom, kdy dochází k poruchám reakcí zornic. [47, 48, 49]

## Myopie

Pouze 6-15 % myopických dětí pochází z nekrátkozrakých rodin. Pokud jsou oba rodiče myopové, možnost stejné refrakční vady u potomků je  $6,42 \times$  větší, než u potomků, kde je buď 1 rodič myopický nebo žádný z nich. [50]

V 90. letech 20. století vyšly studie, kdy byla zjištěna spojitost mezi geny 1, 2, 12, 18 a myopií. Nízká myopie byla nalezena na krátkém raménku chromozomu 1, vysoká myopie na krátkém raménku chromozomu 2, 12 a na chromozomu 18 byla zjištěna rodinná dědičnost. [50]

Goldschmidt zjistil, že u myopie do  $-6,00$  D se v rodinné historii téměř shodují hodnoty lomivých ploch. U vyšších hodnot je toto tvrzení vyvráceno. Je to důsledkem onemocnění, co jsou s vysokou myopií spjatá, jako například diabetes mellitus, počínající katarakta, vrozený glaukom, albinismus nebo marfanův syndrom. [47, 49]

Většina výzkumů se na dědičnosti myopie shoduje, nicméně každý podle jiného kritéria. Přestože proběhlo několik studií o dědičnosti myopie na základě lomivých ploch oka a jejich parametrů, tyto výsledné hodnoty se u jednotlivých členů rodiny lišily. Stejně hodnoty v rodině prokázalo jen měření předozadní délky bulbu. Výsledky ukazovaly častější shody u dvojčat, především u vysokých dioptrických hodnot, a podobných si sourozenců než třeba u dítěte s rodičem. [47]

Vznik nebo progresse myopie je často dána pracovními podmínkami. K myopii mají větší predispozice lidé s častou prací u počítače, kde je umělé ozařování, práce za špatných světelných podmínek nebo nedostatek zeleně. [17]

V četných studiích byly zahrnuty i děti. Ve Washingtonské škole byla myopie nejčastěji nalezena u dětí, které nejvíce pracovaly, šlo o práci do blízka. Další studie zkoumala židovské a nežidovské děti v Londýně, kde vyšlo najevo, že více myopických dětí bylo v židovské komunitě, což bylo způsobeno dědičností. V čínské studii bylo prokázáno, že největší riziko myopie nese třetí generace, přestože jejich rodiče krátkozrací nejsou. [47]

### **Astigmatismus**

Jak jsem již psala v kapitole refrakčních vad, astigmatismus je nejčastěji vrozený a považujeme ho za obecnou nepravidelnost rohovky nebo oční čočky. V případě vyšší cylindrické korekce byla na začátku 20. století zjištěna dědičnost převážně autozomálně, v ojedinělých případech i gonozomálně přes chromozom X. Dále tato vada souvisí s keratokonusem, onemocněním rohovky nebo s dislokací čočky. [40, 47, 49]

## 6 Myopie

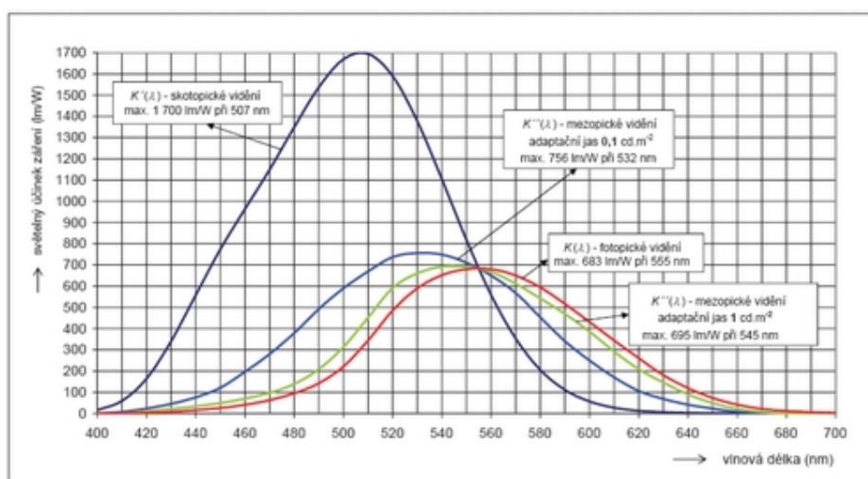
V této kapitole bych ráda rozebrala pojmy jako noční a přístrojová myopie a krátkozrakost u dětí. Tato témata budou nedílnou součástí praktické části.

### 6.1 Noční myopie

Lidé za běžných okolností pracují přes den ve fotopických podmínkách. Fotopické vidění je stav, které je zprostředkováno při jasů od  $3 \text{ cd/m}^2$ , ale průměrné denní světlo má přes  $10 \text{ cd/m}^2$  a zprostředkovávají ho hlavně čípky, které jsou uloženy v okolí žluté skvrny. [51, 52]

Skotopické vidění odpovídá jasů menšimu než  $0,001 \text{ cd/m}^2$  a umožňují ho tyčinky, tudíž může být občas náročné rozlišovat jednotlivé barvy. [51, 52]

Mezopické vidění je takové vidění, které se nachází mezi fotopickým a skotopickým viděním, v rozsahu jasů od  $0,001$  do  $10 \text{ cd/m}^2$ . S klesajícím jasnem začínají převládat tyčinky, jenž znemožňují rozeznávat detaily a barevné vidění. Tyčinky posouvají spektrální citlivost směrem ke kratším vlnovým délkám, což je vidět i na následujícím obrázku. [51, 52]



**Obrázek 22:** Průběh spektrálních citlivostí lidského zraku pro fotopické, mezopické a skotopické vidění [51]

Noční myopie je stav, který se objevuje při snížených světelných podmínkách, ke kterému dochází i u očí emetropických. Daleký bod je přiblížen k oku a současně se blízký bod posouvá od oka dál. Změna refrakce během tohoto stavu se pohybuje v rozmezí od  $-0,50 \text{ D}$  až do  $-4,00 \text{ D}$ . S přibývajícím věkem a sníženou akomodační schopností oka tato dioptrie klesá. Příčina není dosud známá, ale jednou z nich může být změna chromatické aberace. V praxi tento stav můžeme pozorovat jako slabě rozmazané hvězdy. [1, 53]

## 6.2 Přístrojová myopie

Přístrojová myopie vzniká častou prací s optickými přístroji, jako jsou foropter, mikroskop nebo fokometr. Je způsobena nepřesnou akomodací a pozorováním blízka, monokulárním pohledem do okuláru a vzniká při nízkém jasu, zúženém zorném poli a velkém zvětšení přístroje. Pro zamezení tohoto stavu oka se doporučuje nastavení správné vzdálenosti pupil, na okuláru nastavit na 0 D a se svou korekcí vyšetřovat binokulárně. [54, 55]

## 6.3 Dětská myopie

Podle vyhlášky 55/ 2011 nesmí optometristé bez odborného dohledu, oftalmologa, vyšetřovat zrakové funkce a refrakční stavy oka u dětí do patnácti let [56].

Myopii lze dělit i na vrozenou, dětskou, středního věku a pozdního věku. Vrozená myopie je během života víceméně konstantní. Vyskytuje se častěji u nedonošených jedinců, spíše je jednostranná a může dosáhnout až -10,00 D. Dětská myopie neboli školní se objevuje od šesti do dvanácti let a maximálně dosahuje až -6,00 D. [1]

Myopie středního věku se objevuje mezi 20-40 rokem života a myopie pozdního věku až po čtyřicátém roce života. [1]

Nicméně u malých dětí se setkáváme s pojmem myopic shift, kdy z původně hypermetropického oka dochází k prodlužování předozadní délky očního bulbu [57].

Rozšíření refrakčních vad u dětí je popsáno v několika studiích. Ty zkoumaly dětskou myopii vzhledem k různým zeměpisným polohám nebo etnikům. Zjistilo se, že největší četnost se projevila ve východní a jihovýchodní Asii. Čínské studie uvádí četnost myopie od pěti do patnácti let ve vesnicích severní Číny na 16,2 % a v Hongkongu až 36,7 %. V Singapuru se jedná o 18,5 % populace ve věkové škále od sedmi do devíti let. Ale například v Nepálu u dětí ve věku 5-15 let je prokázáno jen 1,2 % případů. [58]

Studie v Londýně prokázala, že došlo k 8% nárůstu myopických očí během devíti let, kdy docházelo k průměrné roční progresi o -0,25 D [59]. Z pohledu etnik byla ve Spojených státech amerických provedena studie pro děti od 6 měsíců do 6 let. U bílých Američanů byla stanovena myopie u 1,2 % dětí, u hispánců byla četnost 3,7 %, u Asiatů 3,98 % a u Afroameričanů 6,6 %. [58]

Důležitost včasné korekce ukazuje i situace z provincie Qassim v Saudské Arábii. Výzkum probíhal u více jak pěti tisíců dětí od sedmi do dvanácti let, přičemž původní korekci mělo jen 2,3 % vyšetřovaných. Ve výsledku by korekci potřebovalo ještě dalších 16,3 % dětí, z toho přes třetinu myopickou korekci. [60]

## 7 Možnosti korekce myopie

Jak jsem již psala v kapitole 3 a podkapitole 3.2.3, cílem vyšetření u myopického klienta je předsazení co nejmenší minusové dioptrie, aby zraková ostrost byla co nejlepší. [16, 18]

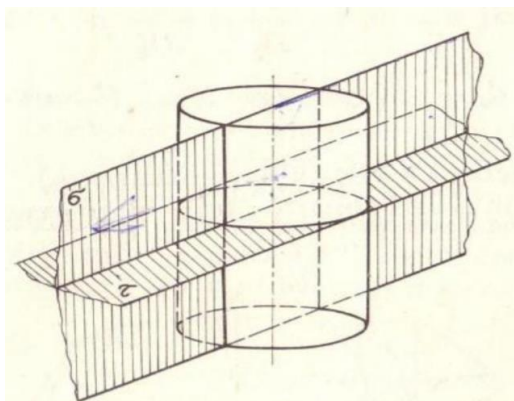
### 7.1 Neinvazivní způsob korekce

Korekci myopie můžeme dále dělit na invazivní a neinvazivní. Mezi neinvazivní korekce řadíme brýle nebo kontaktní čočky. Cílem rozptylné brýlové čočky je vytvoření rozbíhavého svazku paprsků z původně rovnoběžného. Její obraz je vždy zmenšený, přímý a neskutečný. Konkávní čočka je uprostřed nejtenčí a k okrajům se ztlušťuje. [61]

Brýle ale nejsou ideální řešení pro každého. Kontaktní čočky mají několik výhod. Kromě většího zorného pole navozují přirozené vidění bez jakéhokoliv zatížení nosu a uší a větší fyzický pohyb se s nimi jeví bezpečnější. Naopak je u nich důležitá správná hygiena a manipulace. [62]

Myopie je často provázána i s astigmatismem. Neinvazivní korekcí těchto vad oka mohou být taktéž brýlové nebo kontaktní čočky.

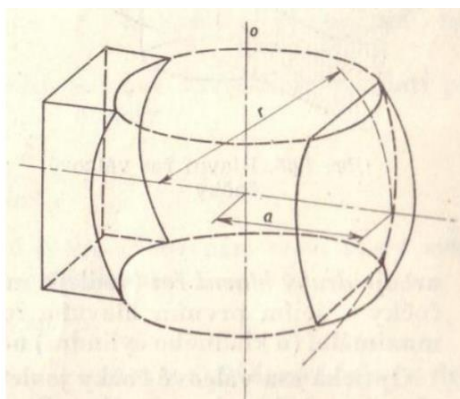
Sférocylindrická brýlová čočka je taková čočka, jejíž přední plocha je sférická a zadní torická. Má dva hlavní řezy, v nichž lze změřit nejvyšší a nejnižší lámavost. [13, 63, 64, 65]



**Obrázek 23:** Hlavní dva řezy cylindrické čočky [63]

Torická brýlová čočka má soudkovitý tvar. Pokud bychom okolo osy „o“ obkroužily kružnici o poloměru „r“. Ve vzdálenosti „a“ se nachází torická plocha. Jedna plocha je sférická a druhá torická. [13, 63, 64, 65]





**Obrázek 24:** Torická konvexní a konkávní čočka [63]

Torické kontaktní čočky jsou na oku stabilizovány několika způsoby. Torická zadní plocha je založena na tom, že centrální torická část koriguje refrakční vadu a periferní část stabilizuje čočku na oku. Trunkace spočívá v seříznutí kontaktní čočky ve spodní části, úzké zóny nemají spodní část seřízlou, jen ztenčenou. Balast funguje na principu ztlustění v dolní části čočky. [66]

## 7.2 Invazivní způsob korekce

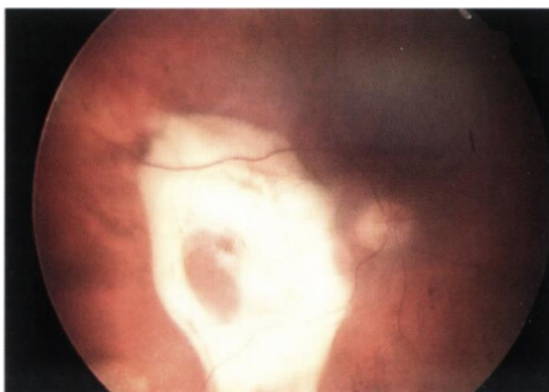
Invazivní způsob korekce se může provádět na rohovce, bělimě nebo nitroočně. Rohovkovou chirurgii můžeme dále dělit na laserovou, incizní a implantační metodu. Principem laserové operace myopie je snížení lomivosti rohovky za použití excimerového laseru. Metoda LASIK spočívá v tvorbě rohovkové lamely, následně je odklopena a za pomoci laserové ablace dochází k modelaci rohovkového stromatu, nakonec je lamela vrácena do původního stavu. Podstatou metody PRK je zbavení se epitelu rohovky a následná ablace stromatu. EPILASIK a LASEK jsou založeny na analogických principech jako PRK. [18]

Incizní rohovková refrakční chirurgie rohovky se provádí diamantovým nožem, kdy je podle velikosti astigmatismu a věku udělaný řez v místě největšího zakřivení. [18]

Implantační rohovková refrakční chirurgie spočívá ve vložení mezistromálního prstence z polymethylmethakrylátu. Této metody se využívá u očí s nepravidelným astigmatismem nebo keratokonem. [18]

U nitroočních chirurgií se korekce umísťuje dovnitř do oka. Patří sem retropupilární nitrooční čočky a fakické předněkomorové čočky, které korigují střední a vyšší myopii. Mezi fakické předněkomorové čočky patří i hojně využívané IOL, které se v rozsahu od + 10,00 D do -20,00 D vkládají do oka řezem velkým 3 mm. [18]

Při skleroplastické operaci, u progresivní myopie, se k zadní stěně oka přikládají proužky skléry veliké 4×12 mm, které mají zpevnit ztenčenou skléru. [6]



**Obrázek 25:** Degenerace makuly [6]

## 8 Experimentální část

V této kapitole jsou prakticky prokázána fakta z teoretické části. Nejprve je porovnáván objektivní a subjektivní způsob vyšetření. Bohužel se i dnes setkáváme se zákazníky, kteří do optik přichází s výslednou refrakcí z jiných obchodů a přináší pouze objektivní refrakci z autorefraktometrů. Po delším dotazování je zjevné, že kompletní refrakce vůbec neobsahovala subjektivní refrakci na optotypech, ani vsazení dioptrií do zkušební obroučky.

Prvním cílem bakalářské práce je porovnat vyšetřovací metody objektivní a subjektivní refrakce a posléze tyto způsoby měření aplikovat na náhodný výběr vyšetřovaných. Vyšetření zahrnuje důkladnou anamnézu, vyšetření autorefraktometrem a posléze subjektivní refrakci.

Druhým cílem této práce je porovnání dědičnosti myopie pomocí rodokmenů. Na základě následujících výzkumů [67, 68, 69] můžeme o myopii konstatovat, že predispozice k jejímu vzniku mohou být i genetické. V případě myopie s astigmatismem byla prokázána dědičnost SE těchto vad, protože astigmatismus je obecně vrozená vada způsobená nepravidelností rohovky nebo oční čočky.

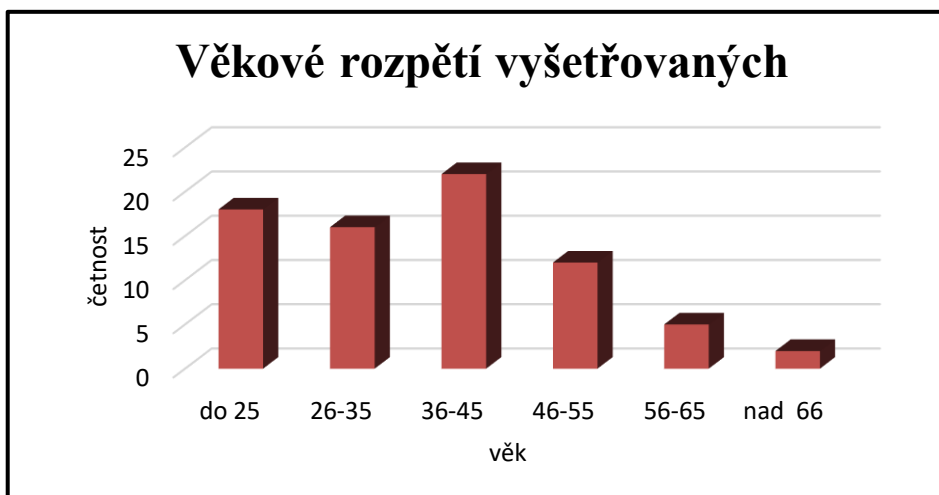
Dědičnost myopie ukazují i výzkumy [70, 71, 72], které potvrzují i fakt, že kromě dědičnosti refrakční vady od parentální generace závisí i na prostředí, kde dítě tráví většinu dne, a na pracovní vzdálenosti, kterou využívá. Poslední dva faktory dítě odmalička pozoruje u svých rodičů a opakuje je po nich.

### 8.1 Metodika

V této kapitole popíšu výběr a strukturu vyšetřovaných osob a provedení. Všechny vyšetřované osoby byli vybírány namátkově.

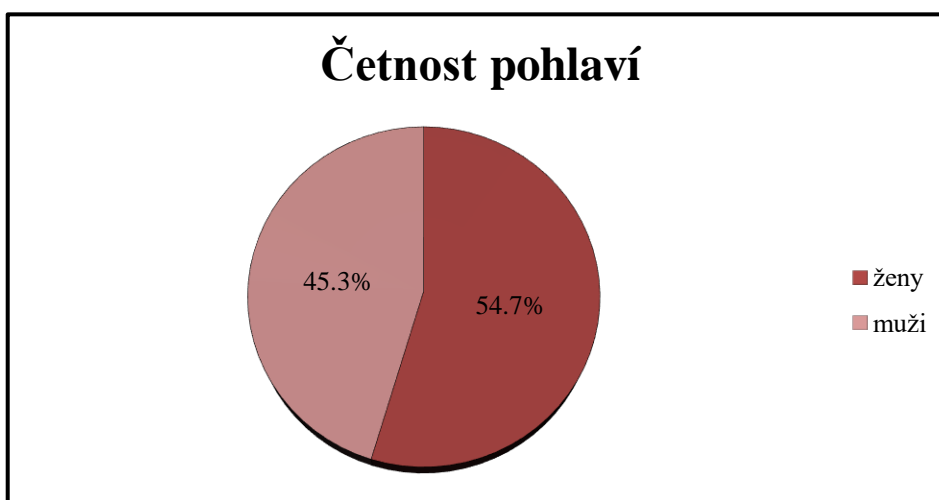
#### 8.1.1 Vyšetřované osoby

Vyšetření proběhla na pražské pobočce Fokus optik na Praze 4 v časovém úseku od 3. 7. 2020 do 3. 2. 2021. Dohromady bylo naměřeno pětasedmdesát osob v široké věkové škále. Při vyhodnocování výsledků je důležité brát každé oko probanda zvlášť, neboť většina očí nemá stejnou refrakční vadu.



**Graf 1:** Věkové rozpětí vyšetřovaných

Výzkumu se účastnilo 41 (54,7 %) žen a 34 (45,3 %) mužů.



**Graf 2:** Četnost pohlaví

### 8.1.2 Postup vyšetření

Vyšetření probíhalo v refrakční místnosti se základním osvětlením bez oken na vzdálenost 6 metrů pomocí zrcadla. Nejdříve byla s vyšetřovaným podrobně vyplněná anamnéza, viz kapitola 3. Poté proběhla objektivní refrakce pomocí autorefraktometru. Pokud měl vyšetřovaný stávající brýle, změřil se mu vÍzus i s původní korekcí, v opačném případě byl zaznamenán pouze naturální vÍzus. Subjektivní refrakce zahrnovala zjištění nejlepší sférické korekce, vyšetření astigmatismu pomocí Brokova testu a posléze jemné

binokulární dokorigování pomocí Humphrisovay metody. Následovala Worthova světla s červenozelenými filtry, abychom vyloučili patologii v binokulárním vidění a ověření výsledné korekce na vzdálenost větší než 6 metrů mimo optiku. Nakonec proběhla kontrola vidění do blízka, za pomoci Jaegerových tabulek. U všech těchto metod byla zaznamenána aktuální korekce a vízus s ní.

## 8.2 Stanovené hypotézy

Hypotézy nelze dokázat, lze je pouze potvrdit či vyvrátit. Hypotézy jsem zvolila na základě faktů z teoretické části a dle mých znalostí a praxe. Hypotézy jsem zvolila následující:

**H<sub>01</sub>** – Hodnoty naměřené objektivní refrakcí budou stejné nebo nižší než výsledná subjektivní refrakce.

**H<sub>A1</sub>** – Hodnoty naměřené objektivní refrakcí budou vyšší než výsledná subjektivní refrakce.

**H<sub>02</sub>** – Refrakční myopická vada nepřesáhne u 60 % a více hodnotu větší než -3,00 D.

**H<sub>A2</sub>** – Refrakční myopická vada přesáhne u 60 % a více hodnotu větší než -3,00 D.

**H<sub>03</sub>** – U očí astigmatických bude z 80 % a více převládat lehký astigmatismus do -1,50 D včetně.

**H<sub>A3</sub>** – U očí astigmatických bude méně než 80 % s lehkým astigmatismem do -1,50 D včetně.

**H<sub>04</sub>** – 60 % a více myopických potomků zdědí myopii alespoň od jednoho rodiče.

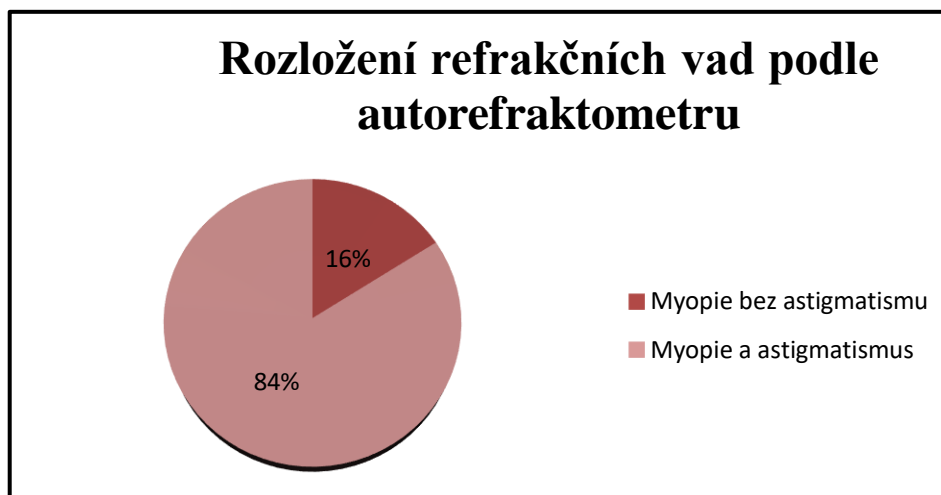
**H<sub>A4</sub>** – Méně než 60 % myopických potomků zdědí myopii alespoň od jednoho rodiče.

## 8.3 Výsledky měření

V této podkapitole budou popsány výsledky objektivní a subjektivní refrakce a posléze i jejich srovnání a ověření hypotéz.

### 8.3.1 Měření objektivní refrakce

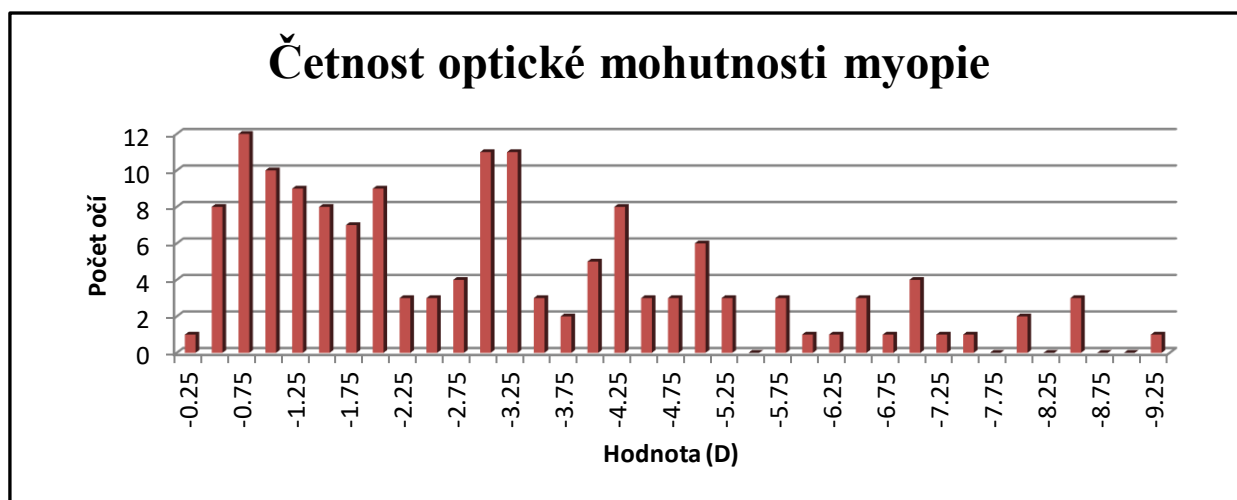
Celkem bylo naměřeno 150 očí, které autorefraktometer vyhodnotil buď jako oči myopické s astigmatismem (126 očí) nebo pouze myopické bez přidruženého astigmatismu (24 očí).



**Graf 3:** Rozložení refrakčních vad podle autorefraktometru

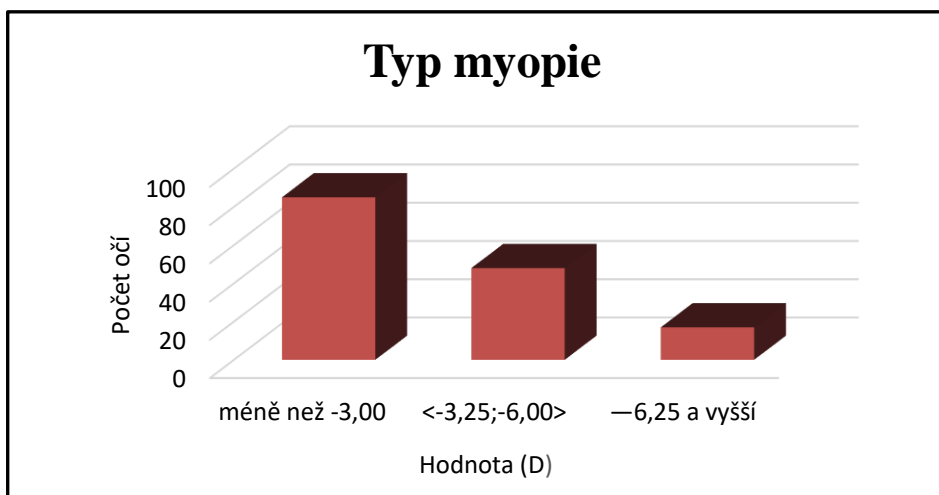
### ČETNOST OPTICKÉ MOHUTNOSTI MYOPIE

U očí astigmatických byla sférická a cylindrická složka přepočtena na sférický ekvivalent. Z následujícího grafu je vidět, že nejčastější refrakční vada byla u 12 očí  $-0,75$  D a největší vada byla  $-9,25$  D.



**Graf 4:** Četnost optické mohutnosti myopie

Velikost dioptrické vady myopie lze pomocí kapitoly dvě rozdělit na lehkou, střední a vysokou. Lehká myopie, do  $-3,0$  D se vyskytovala u 85 (56,7 %) očí, střední myopie od  $-3,25$  až do  $-6,0$  D byla u 48 (32,0 %) očí a těžká myopie od  $-6,25$  D výše byla naměřena u 17 (11,3 %) očí.



Graf 5: Typ myopie

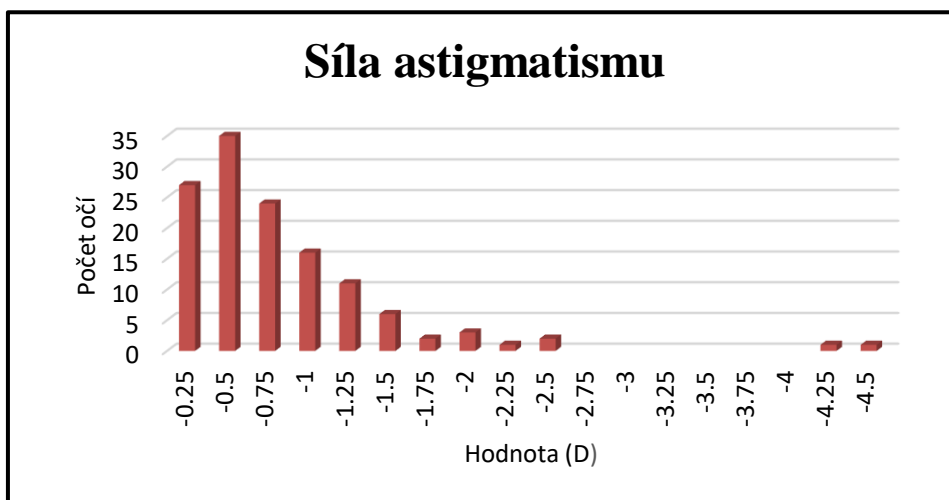
### TYP ASTIGMATISMU

Astigmatismus byl, podle objektivní refrakce, častou přidruženou refrakční vadou. Astigmatismus podle pravidla (hlavní řez v ose  $0^\circ \pm 22,5^\circ$ ) se vyskytl u 67 očí (51,9 %), proti pravidlu (hlavní řez v ose  $90^\circ \pm 22,5^\circ$ ) u 24 očí (18,6 %), astigmatismus šikmý (hlavní řez v osách  $45^\circ \pm 22,5^\circ$  nebo  $135^\circ \pm 22,5^\circ$ ) u 38 očí (29,5 %). U 21 očí nebyl astigmatismus přítomen. Těchto 21 vyšetřovaných očí se v následujících několika grafech o astigmatismu nevyskytují, tudíž nejsou započítáni do celkových procent naměřených astigmatických očí.



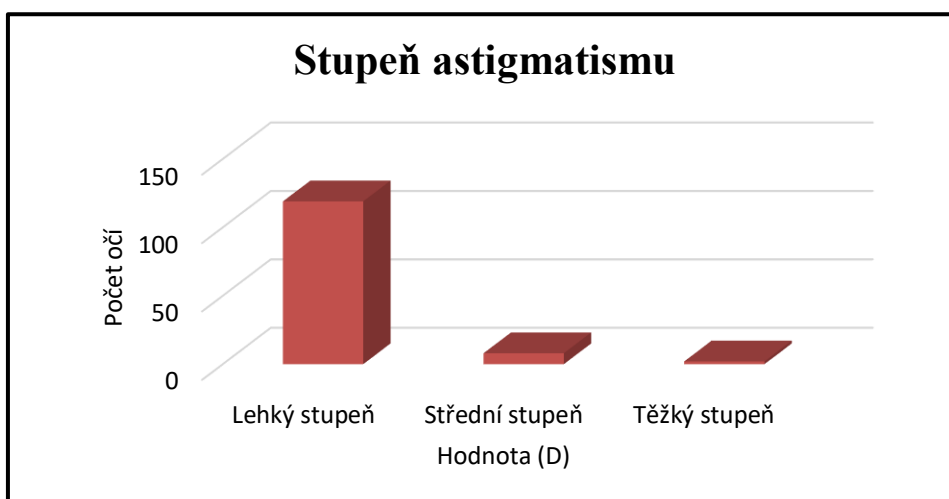
Graf 6: Typy astigmatismu v závislosti na poloze hlavních řezů

Nejvyšší naměřená hodnota astigmatismu byla -4,5 D. Nejčastěji byla naměřena hodnota cylindru o optické mohutnosti -0,5 D u 35 očí.



**Graf 7:** Síla astigmatismu

Velikost astigmatismu lze podle kapitoly dvě dělit podle velikosti vady na lehký, střední a těžký. V tomto výzkumu bylo 119 očí s lehkým stupněm (92,3 %) a 8 očí se středním (6,2 %). Těžký astigmatismus autorefraktometr vyhodnotil u 2 očí (1,5 %).



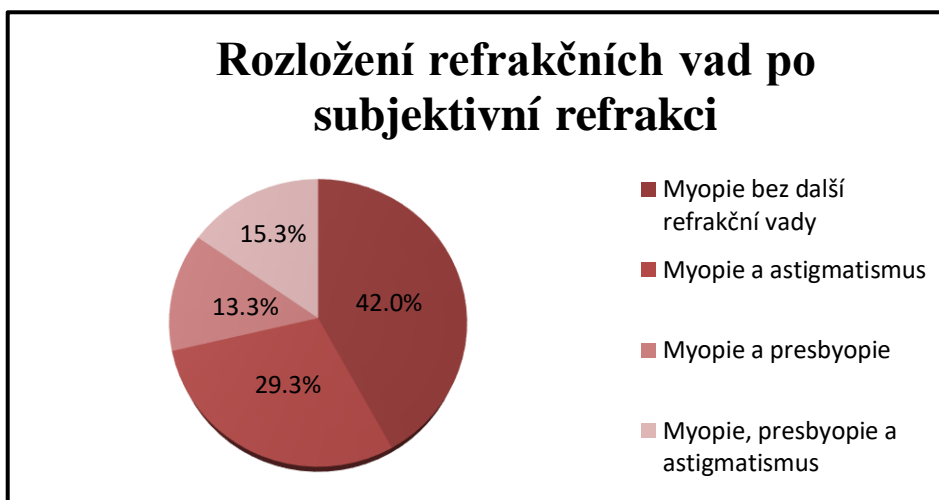
**Graf 8:** Stupeň astigmatismu

### 8.3.2 Měření subjektivní refrakce

Z celkem 150 očí bylo po subjektivní refrakci 63 očí myopických, 44 očí myopických s astigmatismem, 23 očí myopických s presbyopií a 20 očí myopických s astigmatismem



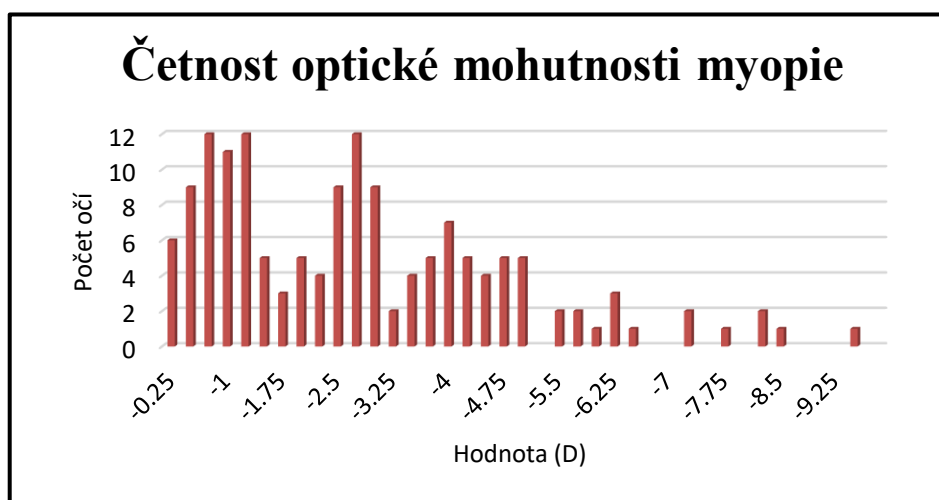
a presbyopií. U binokulární nesnášenlivosti cylindrů byly tyto čočky vyjmuty a nahrazeny sférickou korekcí podle sférického ekvivalentu.



**Graf 9:** Rozložení refrakčních vad po subjektivní refrakci

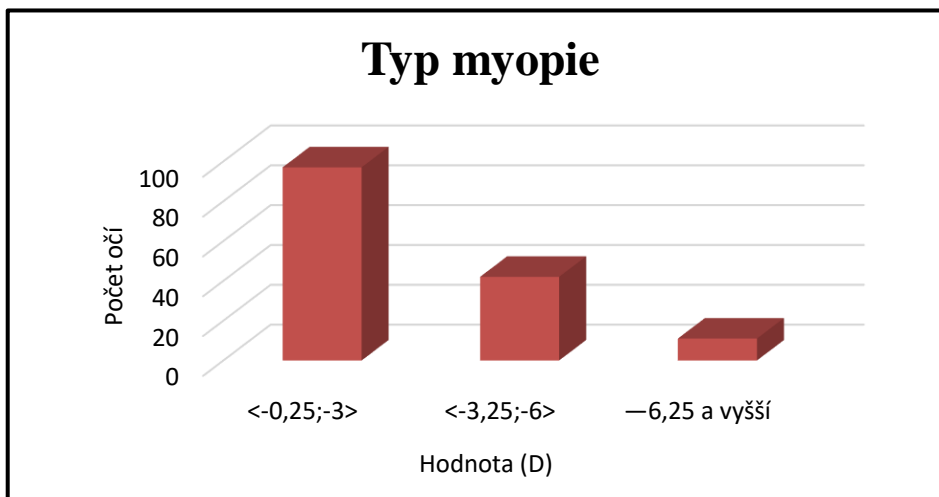
### ČETNOST OPTICKÉ MOHUTNOSTI MYOPIE

U očí astigmatických byla sférická a cylindrická složka přepočtena na sférický ekvivalent. Nejčetnějšími korekcemi byly  $-0,75$  D,  $-1,25$  D a  $-2,75$  D, které se vždy vyskytovaly u 12 očí a největší refrakční vada, která se objevila byla  $-9,5$  D.



**Graf 10:** Četnost optické mohutnosti myopie

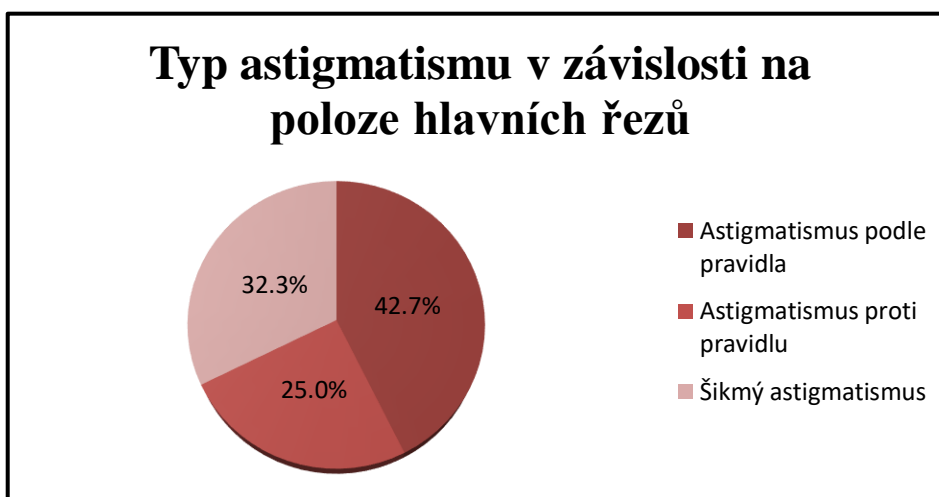
Lehká myopie, do -3,0 D se vyskytovala u 97 (64,7 %) očí, střední myopie od -3,25 D až do -6,0 D byla u 42 (28,0 %) očí. Vysoká myopie od -6,25 D byla změřena u 11 očí (7,3 %).



Graf 11: Typ myopie

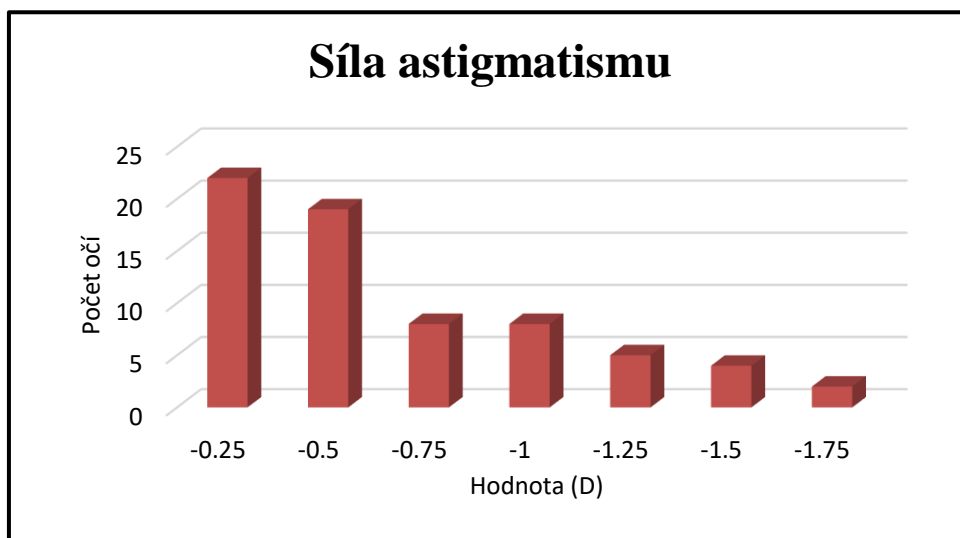
#### TYP ASTIGMATISMU

Astigmatismus podle pravidla byl přítomen u 29 očí, proti pravidlu u 17 očí a šikmý astigmatismus v 22 případech. V případě zbylých 82 očí nebyl astigmatismus přítomen, tudíž nejsou součástí výsledného procenta u následujících tří grafů.



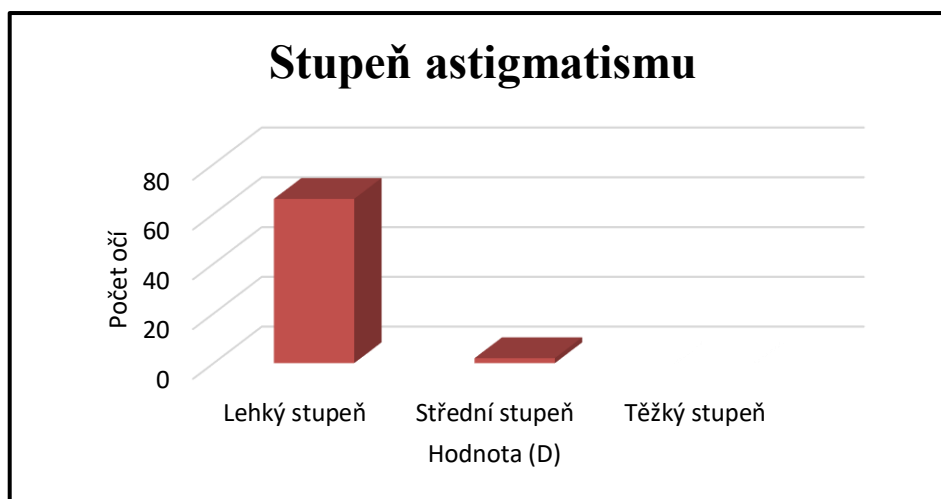
Graf 12: Typ astigmatismu v závislosti na poloze hlavních řezů

Nejvyšší naměřená hodnota astigmatismu byla  $-1,75$  D, přítomna u 2 očí. Nejčastěji byla naměřena hodnota cylindru o optické mohutnosti  $-0,25$  D u 22 očí.



Graf 13: Síla astigmatismu

V subjektivní refrakci bylo 66 očí (97,0 %) s lehkým stupněm astigmatismu a 2 oči (3,0 %) s astigmatismem středního stupně. Těžký stupeň astigmatismu nebyl přítomen.

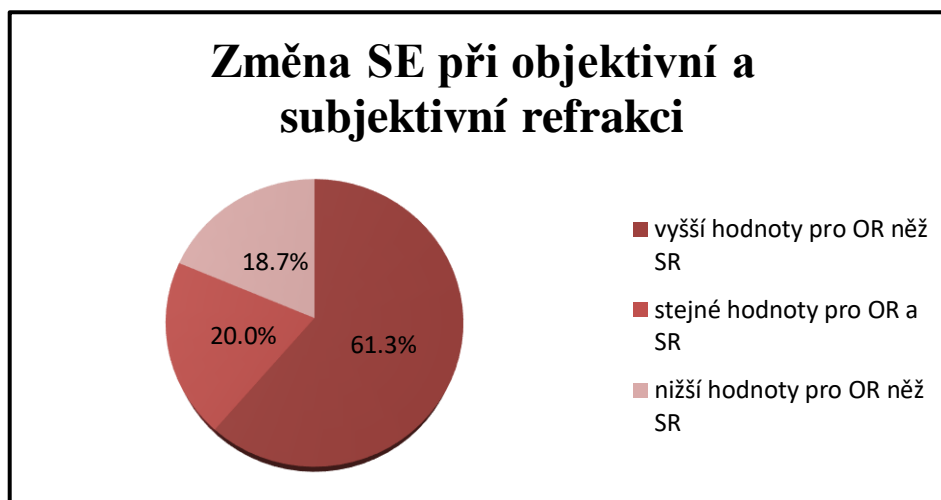


Graf 14: Stupeň astigmatismu

### 8.3.3 Srovnání objektivní a subjektivní refrakce

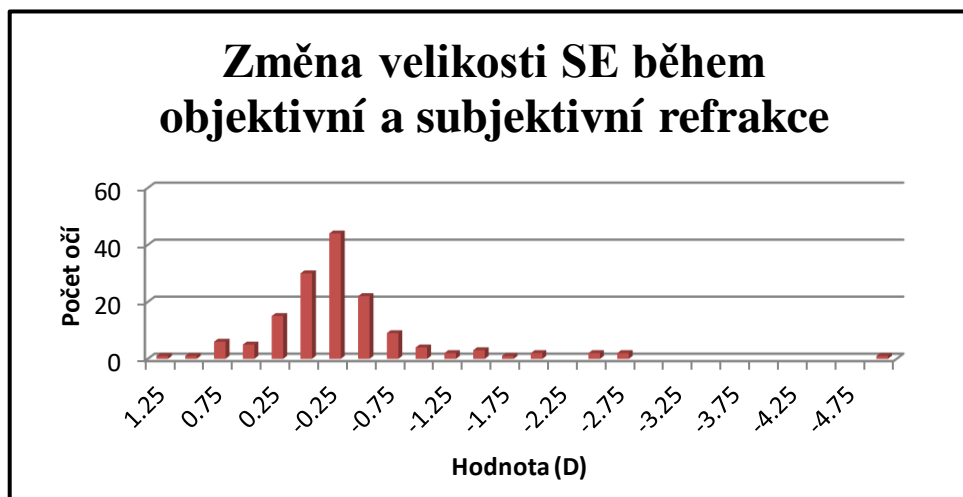
Tato část se zabývá porovnáním výsledků objektivní a subjektivní refrakce vzhledem ke každému oku zvlášť. U 92 očí (61,3 %) byla hodnota SE objektivní refrakce vyšší než SE

v případě subjektivní refrakce. U 30 očí (20 %) zůstaly tyto hodnoty shodné a u 28 očí (18,7 %) byl nižší SE při objektivní refrakci.



**Graf 15:** Změna SE při objektivní a subjektivní refrakci

Změnu velikosti sférického ekvivalentu při objektivním a subjektivním měření lze vidět i podrobněji v grafu 16. Kladné hodnoty na ose x znázorňují nižší hodnoty SE pro OR, hodnota 0 ukazuje shodný SE u obou způsobů měření a záporné hodnoty vyjadřují vyšší hodnoty SE pro OR.



**Graf 16:** Změna velikosti SE během objektivní a subjektivní refrakce

Velikost astigmatismu se, stejně jako u myopie, u objektivní a subjektivní refrakce liší. 113 očí (75,3 %) vykazovalo vyšší dioptrickou hodnotu astigmatismu při objektivním měření.

31 očí (20,7 %) mělo stejné dioptrie pro oba způsoby vyšetření a u zbylých 6 očí (4 %) byla vyšší hodnota při subjektivní refrakci.



**Graf 17:** Změna velikost astigmatismu při objektivní a subjektivní refrakci

Změnu velikosti astigmatismu při objektivním a subjektivním měření lze vidět i podrobněji na grafu 18. Kladné hodnoty na ose x znázorňují nižší hodnoty astigmatismu pro OR, hodnota 0 ukazuje shodný astigmatismus u obou způsobů měření a záporné hodnoty vyjadřují vyšší hodnoty astigmatismu pro OR.



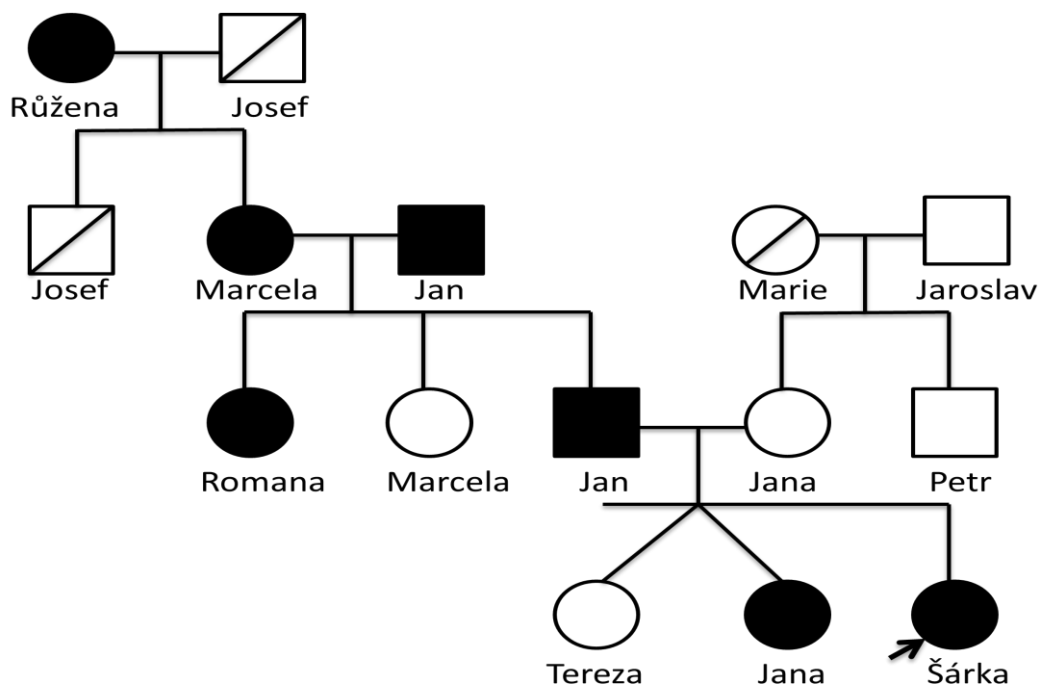
**Graf 18:** Změna velikost astigmatismu během objektivní a subjektivní refrakce

## 8.4 Dědičnost myopie

Zobrazení dědičnosti myopie bylo zaznamenáno pomocí rodokmenů, jejichž význam a definice jednotlivých značek je popsána v kapitole 6.1.

První rodokmen znázorňuje 4 generace jedné rodiny, u níž byla probandkou zvolena Šárka. Její prababička z otcovy strany Růžena, má aktuální korekci OP: -6,5 D a OL: -5,5 D na dálku s binokulární adicí +2,25 D. V minulosti měla na pravém oku šedý zákal a má hypertenzi. Její dcera Marcela, má následující brýlovou korekci: OP: -1,75 D a astigmatismus -0,5 D v ose 104° a OL: -3,0 D a -0,25 D v ose 52° s adicí + 1,25 D. Její celková anamnéza zahrnuje i hypertenzi a diabetes mellitus. Manžel Marcely, Jan, má na obou očích -1,25 D s adicí +2,0 D. Mimo jiné zdědil od své matky Albinismus partialis, kterou od něho zdědila i dcera Romana. Marcelin a Janův syn Jan nosí již několik let identickou korekci, na obou očích -1,25 D a pro čtení na blízko svou korekci sundává.

Děda z matčiny strany probandky, Jaroslav, má na dálku korekci OP: +0,5 D a OL: +1,0 D s adicí +2,0 D. Nově se k jeho hypertenzi a poruše štítné žlázy objevila i oboustranná katarakta, která má větší progresi na oku pravém. Jaroslav má dceru Janu, která je na dálku emetrop, ovšem na blízko má adici +1,5 D. Jana má poruchu funkce štítné žlázy a zvýšený nitrooční tlak. Jan a Jana mají tři dcery, nejstarší Šárku a mladší dvojčata Janu a Terezu. Šárka má následující korekci: OP: -2,75 D, astigmatismus -0,75 D v ose 20° a na OL : -2,25 D -0,75 D v ose 0°. Jana má na obou očích -0,75 D a Tereza je emetrop.



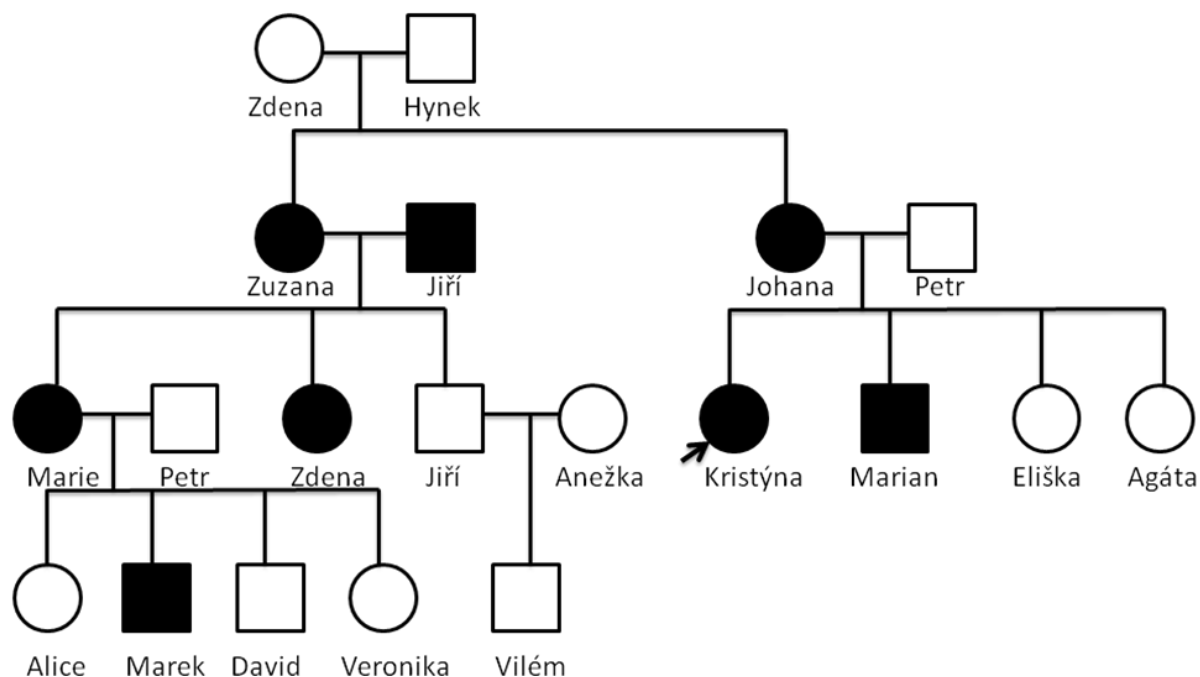
Obrázek 26: 1. rodokmen

V následujícím rodokmenu byla probandkou zvolena Kristýna. V první generaci tohoto rodokmenu vidíme její babičku Zdenu a dědečka Hynka. Hynek, narozen roku 1932, je presbyop s adicí +2,5 D. Zdeňka, narozena roku 1935 má odoperovanou kataraktu a aktuálně glaukom s otevřeným úhlem.

Teta probandky Zuzana se narodila v roce 1959 a trpí diabetem mellitem. OP: -4,75 D a OL: -4,5 D s adicí +1,0 D. Její manžel Jiří, narozen 1957 je emetrop s adicí +2,0 D. Zuzana s Jiřím mají tři děti, všechny myopické.

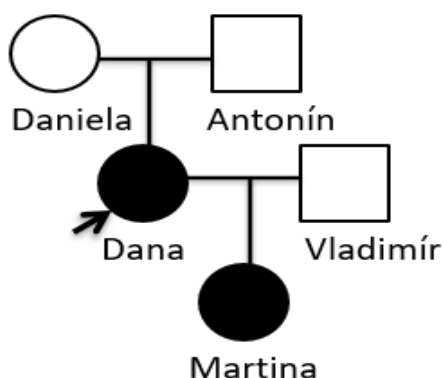
Syn Martin má na OP: -5,5 D a OL: -5,0 D. Jeho starší sestra Zdena má korekci OP: -6,25 D a OL: -5,0 D s astigmatismem -0,25 D v ose 140°. Nejstarší ze sourozenců, Marie, má refrakční vadu OP: -3,5 D -0,25 D v 165° a OL: -1,75 D -0,5 D v 170°. Marie má manžela Petra, který má binokulárně -0,75 D a na blízko brýle sundává. Společně mají čtyři děti, z nichž pouze Marek má brýlovou koreci. OP: -1,5 D -0,5 D v ose 100° a OL -1,75 D.

Matka probandky, Johana, mimo jiné má i roztroušenou sklerózu relaps-remitentní formy. Její současná brýlová korekce je: OP: -4,5 D -1,0 D v 7° a OL: -4,24 D -1,5 D v 170°. Probandka Kristýna má aktuální korekci: OP: -3,5 D a OL: -3,25 D. Marian, její bratr, má na OP: -0,75 D a OL: -1,0 D.



Obrázek 27: 2. rodokmen

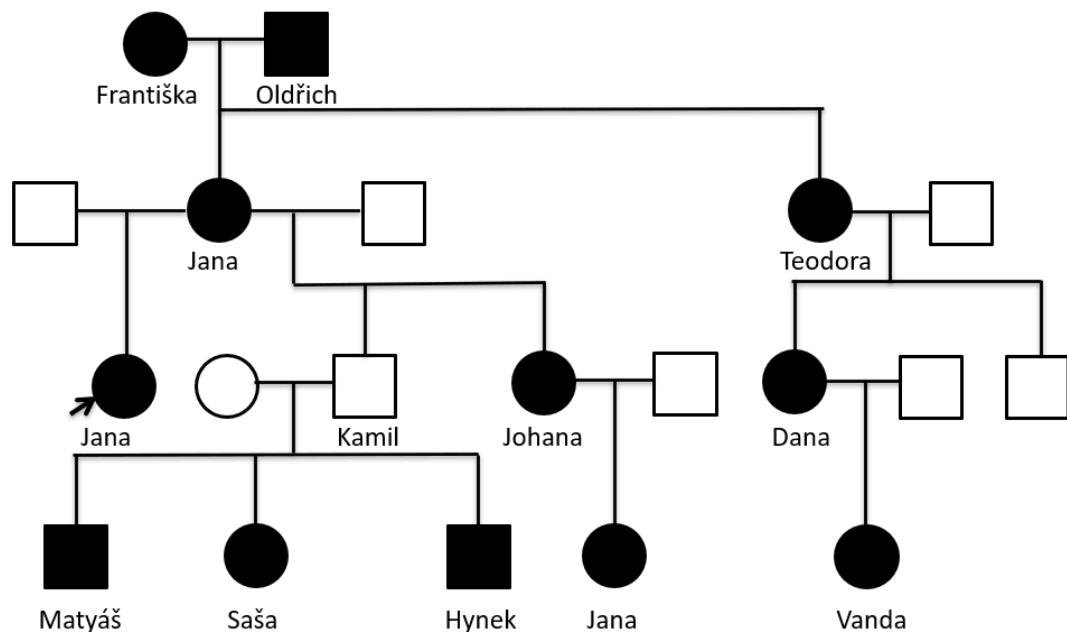
V třetím rodokmenu byla probandkou zvolena Dana. Její matka Daniela má hypertenzi a od čtyřicátého roku života nosí pouze brýle na blízko, aktuální korekce je +2,75 D. Její manžel Antonín má taktéž pouze brýle na blízko vzdálenost, s dioptrickou hodnotou +2,50 D. Dana má na OP: -4,00 D a astigmatismus -0,50 D v ose 50° a OL: -4,00 -0,50 v ose 110° a adici +2,00 D. Manžel probandky Vladimír má po úrazu levé oko amblyopické a žádnou korekci nenosí. Dcera probandky Martina má na OP: -0,25 D -0,25 D v ose 135° a OL: -0,25 D -0,25 D v ose 30°.



Obrázek 28: 3. rodokmen



V tomto rodokmenu byla probandkou zvolena Jana. Její babička Františka měla na OP: -3,00 D a OL: -2,50 D s adicí +2,50 D. Dědeček Oldřich nosil na dálku na OP: -6,00 D a OL: -5,50 D, na blízko žádnou korekci nenesl. Matka probandky Jana má na OP: -3,50 D s astigmatismem -1,50 D v ose 90° a OL: -3,00 D -1,00 D v ose 30° s adicí +2,50 D. Probandka Jana má na OP: -6,50 D -1,00 D v ose 70° a OL: -6,00 D -1,50 D v ose 20° a adici +2,00 D. Jana má nevlastní sestru Johanu a nevlastního bratra Kamila. Johana má OP: -1,00 D -2,00 D v ose 90° a OL: -2,50 D s adicí +1,50 D. Johana má dceru Janu, která nosí na OP: -4,00 D -1,00 D v ose 40° a OL: -5,50 D. Nevlastní bratr probandky, Kamil, nosí binokulárně +2,00 D na blízko a má tři děti. Nejstarší Matyáš má na OP: -1,50 D a na OL: -1,00 D, prostřední Saša nosí na OP: -1,00 D a OL: -0,75 D a nejmladší Hynek nosí na obou očích -0,50 D. Teta probandky Teodora má následující korekci: OP: -4,00 D a OL: -3,50 D. Její dcera Dana má na OP: -1,50 D -3,00 D v ose 30° a na OL: -2,50 D s adicí +2,50 D. Dana má dceru Vandu, která na OP má: -2,00 D a na OL: -0,75 D.



**Obrázek 29:** 4. rodokmen

## 9 Diskuse

Jak jsem již popsala na začátku osmé kapitoly je velice důležité výsledky objektivní refrakce ověřit i subjektivní refrakcí, zejména u mladých lidí, které díky vysoké schopnosti akomodace, přístroj nevyhodnotí přesně. Objektivní refrakce nám velice rychle dává přibližnou dioptrickou hodnotu vady oka a díky tomuto času navíc můžou optometristé měřit například podrobné binokulární funkce očí. Nicméně jak je z mých výsledků vidět, mezi objektivní refrakcí na autorefraktometru a subjektivní refrakcí je značné procento rozdílných výsledků v měření.

Cíle mé práce jsem stanovila na základě faktů z teoretické části. Prvním cílem bylo prokázat, že hodnoty získané objektivní refrakcí budou vyšší než výsledná subjektivní refrakce, což se u myopie projevilo u 61 % případů. U očí myopických s astigmatismem bylo toto procento vyšší, to jest 75 %. Nejvyšší rozdíl, který jsem naměřila bylo až -5,00 D, což mohlo být zapříčiněno akomodací do refraktometru a tím vyvolané přístrojové myopie nebo špatné centraci zornice na přístroji. U subjektivní refrakce mohl být rizikový faktor již zmiňovaná komunikace. Ve výsledku je důležité se nespoléhat jen na měření přístroji, ale individuálně každého pečlivě změřit a dát důraz na jeho symptomy, se kterými nás navštíví.

V minulých letech se na FBMI konalo několik výzkumů, které se zaměřovali na problematiku týkající se rozdílných výsledků objektivní a subjektivní refrakce. Z následujících výzkumů [73, 74, 75] je patrné, že ve většině případů je mezi těmito dvěma způsoby měření rozdílný výsledek.

Studie [76] potvrzuje i rozdílnost výsledné velikosti astigmatismu. Dle této studie vychází nejčastější chyba vyšší cylindrické korekce dle autorefraktometru v rozmezí od 0,25 D do 0,75 D.

Za druhý cíl jsem si určila hypotézu, že myopie u 60 % vyšetřených nepřesáhne hodnotu větší než -3,00 D. U očí pouze myopických jsem brala výslednou hodnotu, se kterou se probandům komfortně hledělo i na objekty mimo vyšetřovací místnost ve vzdálenosti větší než 6 metrů. V případě očí s astigmatismem jsem udělala sférický ekvivalent výsledné vady oka. Z celkem 150 očí tuto hypotézu prokázalo 97 očí, tj. 64,7 %. U objektivní refrakce musím tuto hypotézu vyvrátit, neboť toto procento bylo pouhých 56,7 %. Tento stav může být způsoben přístrojovou myopií nebo jinými faktory, které uvádím o pár odstavců výše.

Třetí hypotéza zní, že u očí astigmatických bude z 80 % a více převládat astigmatismus do -1,50 D včetně. U objektivního způsobu vyšetření je toto procento 92,7 %, v případě subjektivní refrakce je celých 97,0 %. Jak jsem již psala v kapitole 3.3 a v 5.2, astigmatismus je ve většině případů vadou vrozenou, v případě větších hodnot je děděn autozomálně, v některých případech i gonozomálně přes chromozom X. V případě větších hodnot cylindrické korekce se může jednat o keratokonus popřípadě vady spojené s posunem čočky.

Čtvrtá hypotéza měla potvrdit skutečnost, že 60 % a více potomků parentální generace zdědí myopii alespoň od jednoho rodiče. Tuto hypotézu jsem potvrdila na 62,1 %. Z celkem čtyř genetických stromů jsem zde musela vyloučit parentální P1 generace, které byli postiženy myopií, neboť o jejich rodičích nemám žádné informace. Pro důkladné zpracování několika generací stromů by bylo třeba mít kompletní anamnézu vyšetřovaných i jejich předků vyžádanou od jejich lékařů, což by z časového hlediska přesahovalo možnosti psaní této bakalářské práce.

## 10 Závěr

Dle studie [2] bude na této planetě do třiceti let každý druhý člověk myopický, přičemž vada jedné miliardy z nich překročí dioptrickou hodnoty vyšší než  $-6,00$  D. Proto je důležité dělat pravidelné kontroly zraku u dospělých, ale i u dětí, které k tomu mají větší predispozice a doporučovat činnosti jako časté aktivity venku na přírodním světle se spoustou zeleně a omezení umělých osvětlení, zejména telefony a počítače.

V teoretické části byla stručně popsána anatomie oka, refrakční vady, konkrétně jejich základní definice, příčiny, rozdělení a korekce. Další kapitola popisovala objektivní způsoby refrakce s důrazem na skiaskopii a automatické refraktometry, jimž předcházela odstavce o oční anamnéze. U subjektivní refrakce byly popsány jednotlivé části a rozdíl mezi měřením s astigmatickou zkušební obrubou a foropterem. Pátá kapitola byla zaměřena na základní pojmy v genetice, její stručnou historii a způsoby dědění refrakčních vad, s důrazem na myopii, která je podrobněji popsána i dále. Byly rozebrány pojmy jako noční myopie, přístrojová myopie a dětská myopie. V poslední teoretické kapitole byly popsány různé způsoby korekce myopie.

V praktické části jsem si zvolila cíle na základě poznatků z teoretické části a praxe mnoha optometristů. Nejprve jsem porovnávala výsledné hodnoty objektivní refrakce na autorefraktokeratomu a subjektivní refrakce pomocí LCD optotypu na 75 probandech náhodně vybraných. S vyšetřovanými jsem absolvovala stejný způsob měření. Byl zahájen anamnézou a zakončen vyzkoušením výsledné korekce na vzdálenost větší než ve vyšetřovně.

Při přepočtení cylindrické korekce do sférického ekvivalentu je vidět, že shoda těchto dvou vyšetřovacích metod je pouze 20 %.

Proto je v optometrii kladen důraz na individualizaci každého měření. Objektivní refrakce je důležitá pro přibližný odhad vady oka a dá optometristovi více času, který může využít na více očních testů. Cílem každé refrakce je dosažení co nejvyššího možného vízu a komfortního vidění i na vzdálenosti větší než šest metrů, což je možné jen při kvalitní spolupráci s vyšetřovaným.

Součástí experimentální části je i ukázka dědičnosti myopie na základě tvorby několika genetických stromů, k nimž byla vytvořena i anamnéza na další onemocnění, která se dědí multifaktoriálně. Důležité je tyto informace o každém vyšetřovaném požadovat, abychom měli možnost předpovídat jakákoliv onemocnění spjatá se zrakovou ostroší.

## 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 80-701-3402-X.
- [2] WHAT IS MYOPIA? In: INTERNACIONAL MYOPIA INSTITUTE: ADVANCING MYOPIA RESEARCH AND EDUCATION, TO PREVENT FUTURE BLINDNESS. [online]. [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://myopiainstitute.org/myopia/>
- [3] JOGI, Renu. *Basic Ophthalmology*. 4th ed. New Delhi: Jaypee Brothers, Medical Publishers, 2009. ISBN 978-81-8448-451-9.
- [4] SNELL, Richard, Michael LEMP a Ira GRUNTHNER. *Clinical Anatomy of the Eye*. 2nd ed. New York: Blackwell Science, 1998. ISBN 978-0-6320-4344-6.
- [5] AUTRATA, Rudolf a Jana ČERNÁ. *Nauka o zraku*. Brno: NCO NZO, 2006. ISBN 80-7013-362-7.
- [6] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, 2006. ISBN 80-726-2404-0.
- [7] 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.
- [8] CENDELÍN, Jiří. *Anatomie a fyziologie rohovky a slzného filmu*. 2019, 61 s. Výchovné materiály k předmětu Kontaktní čočky + praxe I.
- [9] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění* [online]. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014 [cit. 2020-11-03]. ISBN 978-80-247-3992-2. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/fyziologie-oka-a-videni-218635/>
- [10] *Rohovka* [online]. 2018 [cit. 2020-11-03]. ISSN 1804-6517. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Rohovka&oldid=414313>
- [11] *Řasnaté tělísko* [online]. , 1 [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: <https://www.zeleny-zakal.cz/rasnate-telisko>
- [12] *Barva duhovky, její vznik, změny a zvláštnosti* [online]. 21. 12. 2016, , 1 [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: [https://www.4oci.cz/barva-duhovky-jeji-vznik-zmeny-a-zvlastnosti\\_4c714](https://www.4oci.cz/barva-duhovky-jeji-vznik-zmeny-a-zvlastnosti_4c714)

- [13] KRAUS, Hanuš. Kompendium očního lékařství. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
- [14] KUČYHNKA, Pavel. Oční lékařství. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [15] Oko myopické a hypermetropické. In: Vision Excellence: Optometry and Orthokeratology [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.visionexcellence.com.au/wp-content/uploads/2013/05/bigstock-120577286-e1511438415116.jpg>
- [16] KOLÍN, Jan. Oční lékařství. 2., přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 2007. ISBN 978-80-246-1325-3.
- [17] KUČERA, Přemysl. Progresivní myopie, Noční myopie. KPO FBMI ČVUT, 2020, 21 s. Výukové materiály k předmětu Subjektivní refrakce II.
- [18] HYCL, Josef a Lucie TRYBUČKOVÁ. Atlas oftalmologie. 2. vyd. V Praze: Triton, 2008. ISBN 978-80-7387-160-4.
- [19] Astigmatismus. In: *Křižovatky Zdraví* [online]. 2015 [cit. 2021-04-04]. Dostupné z: <https://krizovatkyzdravi.cz/wp-content/uploads/2015/07/astigmatismus-610x456.jpg>
- [20] KUČERA, Přemysl. SUBJEKTIVNÍ REFRAKCE I. KPO FBMI ČVUT, 2019, 83 s. Výukové materiály k předmětu Subjektivní refrakce I.
- [21] NOVÁKOVÁ, Martina. Dědičnost v anamnéze. Česká oční optika [online]. 2011(3), 28-29 [cit. 2020-11-17]. 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)
- [22] HORNOVÁ, Jara. Oční propedeutika. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4087-4.
- [23] MESLIN, Dominique. Practical refraction [online]. Paris: ESSILOR ACADEMY EUROPE, 2008 [cit. 2020-11-06]. ISBN 979-10-90678-11-8. Dostupné z: <http://www.essiloracademy.eu/en/publications/ophthalmic-optics-files>
- [24] 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.
- [25] BENEŠ, Pavel. Přístroje pro optometrii a oftalmologii. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.

- [26] PILÁTOVÁ, Kateřina. Vyšetření refrakce, subjektivní a objektivní postupy. Brno, 2016. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Mgr. David Severa.
- [27] NIGHTSTICK MTU-106 Mini-TAC UV Pen Light, Specialty Tactical, LED, Color Tailcap, LEDs, Aluminum, I36. In: Augenoptik Domažlice s.r.o.: BAVÍME SE OPTIKOU [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: [http://www.ao-do.cz/603-home\\_default/5133-skiaskop.jpg](http://www.ao-do.cz/603-home_default/5133-skiaskop.jpg)
- [28] Autorefraktometr z keratometrem RODENSTOCK CX 2000. In: Allegro [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://0.allegroimg.com/s1024/0c3048/cdb5bc874ee892539a7471ed5880>
- [29] STOJASPALOVÁ, Hana. Epidemiologické rozložení refrakčních vad na akademické půdě ČVUT - FBMI. Kladno, 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce Mgr. Jakub Král.
- [30] LCD Optotyp ClearChart® 4. In: CMI [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: [https://www.cmi.sk/sites/default/files/styles/gallery\\_image\\_slide/public/clearchart4x-digital-acuity-system-front-80035133.jpg?itok=gyYwSSI0](https://www.cmi.sk/sites/default/files/styles/gallery_image_slide/public/clearchart4x-digital-acuity-system-front-80035133.jpg?itok=gyYwSSI0)
- [31] Dot. In: ZÁKLADY METOD KOREKCE REFRAKČNÍCH VAD [online]. [cit. 2020-11-14]. 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)
- [32] JACKSONŮV ZKŘÍŽENÝ CYLINDR. In: Augenoptik Domažlice s.r.o.: BAVÍME SE OPTIKOU [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: [http://www.ao-do.cz/667-home\\_default/6298-jacksonuv-zkrizeny-cylindr-premium.jpg](http://www.ao-do.cz/667-home_default/6298-jacksonuv-zkrizeny-cylindr-premium.jpg)
- [33] Astigmatický Brokův test. In: STŘEDISKO OPTOMETRIE: ODBORNÉ VYŠETŘENÍ ZRAKU [online]. Kroměříž [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.vysetreni-zraku.cz/obrazek/2/nase-vysetreni-sfera-a-astigmatismus-425/>
- [34] MONOKULÁRNE VYŠETRENIE. In: JN OPTIK S.R.O.: OPTIKA POPRAD A SVIT [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: [http://www.jnoptik.sk/DD\\_JNOPTIK/IMAGE/PORADNA/MONOKULARNE\\_VIDENIE/ce-rveno\\_zeleny\\_test.png](http://www.jnoptik.sk/DD_JNOPTIK/IMAGE/PORADNA/MONOKULARNE_VIDENIE/ce-rveno_zeleny_test.png)
- [35] BINOKULÁRNE VYŠETRENIE. In: JN OPTIK S.R.O.: OPTIKA POPRAD A SVIT [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z:

[http://www.jnoptik.sk/DD\\_JNOPTIK/IMAGE/PORADNA/BINOKULARNE\\_VIDENIE/Osterbergrov\\_test.png](http://www.jnoptik.sk/DD_JNOPTIK/IMAGE/PORADNA/BINOKULARNE_VIDENIE/Osterbergrov_test.png)

[36] ZKUŠEBNÍ OBRUBA 500S. In: Augenoptik Domažlice s.r.o.: BAVÍME SE OPTIKOU [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: [http://www.ao-do.cz/627-home\\_default/5127-zkusebni-obruba-500s.jpg](http://www.ao-do.cz/627-home_default/5127-zkusebni-obruba-500s.jpg)

[37] HABERLAND, Tomáš. Foropter nebo refrakční brýle? Česká oční optika [online]. 2009(4), 60 [cit. 2020-11-14]. ISSN 1211–233X. Dostupné z: [https://www.4oci.cz/foropter-nebo-refrakcni-bryle\\_4c29](https://www.4oci.cz/foropter-nebo-refrakcni-bryle_4c29)

[38] Foropter CompuVision, Topcon. In: Oční.eu [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.ocni.eu/admin/files/pristroje/full/8.jpg>

[39] NAJMAN, Ladislav. Oblíbené omyly v oční optice. Česká oční optika [online]. 2013(1), 28 [cit. 2020-11-14]. ISSN 1211–233X. Dostupné z: [http://www.4oci.cz/oblibene-omyly-vocni-optice\\_4c633](http://www.4oci.cz/oblibene-omyly-vocni-optice_4c633)

[40] FALTÝNKOVÁ, Lucie. Heredita refrakčních vad. Brno, 2013. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta lékařská. Vedoucí práce Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.

[41] Historie genetiky. In: Genetika - Biologie: Váš zdroj informací o genetice a biologii [online]. s. 1 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <http://www.genetika-biologie.cz/historie-genetiky>

[42] VRZAL, Radim. Genetika člověka / GCPSB. 2015. Dostupné také z: [https://www.prf.upol.cz/fileadmin/userdata/PrF/katedry/kbb/Dokumenty/Materialy\\_k\\_vyuce/HG\\_Lecture\\_1\\_History\\_Tasks\\_2015\\_NOback.pdf](https://www.prf.upol.cz/fileadmin/userdata/PrF/katedry/kbb/Dokumenty/Materialy_k_vyuce/HG_Lecture_1_History_Tasks_2015_NOback.pdf)

[43] VYMĚTALOVÁ, Veronika. Biologie pro biomedicínské inženýrství. 2. přepracované vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05884-8.

[44] VYMĚTALOVÁ, Veronika. Biologie pro biomedicínské inženýrství: laboratorní cvičení. 2. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-800-1051-870.

[45] Ideogram lidského karyotypu. In: Genetika - Biologie: Váš zdroj informací o genetice a biologii [online]. [cit. 2020-11-15]. Dostupné z:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b2/Karyotype.png/500px-Karyotype.png>



- [46] Dá se předem odhadnout oční vada u plodu? In: Trendy zdraví.cz: Magazín pro skvělou kondici [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z:  
<http://trendyzdravi.cz/poradna/medicina/da-se-predem-odhadnout-ocni-vada-u-plodu.html>
- [47] O'HARA, Mary A. a Leonard B. NELSON. Heredity of Refractive Errors. Heredity of Refractive Errors [online]. In: . 2012 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z:  
<http://www.oculist.net/downat0502/prof/ebook/duanes/pages/v9/v9c065.html>.
- [48] Adieho syndrom. In: VELKÝ LÉKAŘSKÝ SLOVNÍK [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/pojem/adieho-syndrom>
- [49] KUČERA, Přemysl. Vybraná onemocnění a jejich vliv na vyšetření zraku a na zrakovou korekci. KPO FBMI ČVUT, 2020.
- [50] Dědičnost krátkozrakosti (myopie). In: OčníVady.cz [online]. 2010 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://ocnivady.cz/o-ocnich-vadach/dedicnost-kratkozrakosti-myopie>
- [51] ŽÁK, Petr. Barva světla ve veřejném osvětlení – Část 2. Vliv prostředí a adaptačních podmínek na zrakový vjem. *Světlo* [online]. FCC Public, 2.11.2015 [cit. 2021-04-04]. ISSN 1212-0812. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/barva-svetla-ve-verejnem-osvetleni-cast-2-vliv-prostredi-a-adaptacnich-podminek-na-zrakovy-vjem--1239>
- [52] HABEL, Jiří a Petr ŽÁK. Význam mezopického vidění pro praxi. *Světlo* [online]. FCC Public, 2007(06) [cit. 2021-04-04]. ISSN 1212-0812. Dostupné z:  
<http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/vyznam-mezopickeho-videni-pro-praxi--16105>
- [53] EFRON, Nathan. Optometry A-Z. Edinburgh: Elsevier, 2007. ISBN 0-7506-4913-5.
- [54] Instrument myopia. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-11-21]. Dostupné z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Instrument\\_myopia](https://en.wikipedia.org/wiki/Instrument_myopia)
- [55] Instrument and microscope myopia: What's all the focus about? In: EYEWORLD [online]. 2011 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://www.eyeworld.org/article-instrument-and-microscope>
- [56] Vyhláška č. 55/2011 Sb.: Vyhláška o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. ZÁKONY PRO LIDI [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55#f4175389>

- [57] VLK, František, Eva VLKOVÁ a Šárka PITROVÁ. Lexikon očního lékařství: Výkladový ilustrovaný slovník. Brno, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [58] FOSTER, P J a Y JIANG. Epidemiology of myopia. Eye [online]. 2014, 28(2), 202-208 [cit. 2020-11-21]. ISSN 0950-222X. Dostupné z: doi:10.1038/eye.2013.280
- [59] WONG, Karen a Annegret DAHLMANN-NOOR. Myopia and its progression in children in London, UK: a retrospective evaluation. Journal of Optometry [online]. 2020, 13(3), 146-154 [cit. 2020-11-21]. ISSN 18884296. Dostupné z: doi:10.1016/j.optom.2019.06.002
- [60] ALDEBASI, Yousef H. Prevalence of correctable visual impairment in primary school children in Qassim Province, Saudi Arabia. Journal of Optometry [online]. 2014, 7(3), 168-176 [cit. 2020-11-21]. ISSN 18884296. Dostupné z: doi:10.1016/j.optom.2014.02.001
- [61] Rozptylná čočka. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 28.10.2020 [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Rozptyln%C3%A1\\_%C4%8Do%C4%8Dka&oldid=19086940](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Rozptyln%C3%A1_%C4%8Do%C4%8Dka&oldid=19086940)
- [62] KUČERA, Přemysl. Subjektivní refrakce II. KPO FBMI ČVUT, 59 s. Výukové materiály k předmětu Subjektivní refrakce II.
- [63] POLÁŠEK, Jaroslav. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974.
- [64] RUTRLE, Miloš. *Brýlová technika, estetika a přizpůsobování brýlí: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometry a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-701-3347-3.
- [65] VERNEROVÁ, Markéta. *Porovnání měření individuálních parametrů brýlí mezi ručním měřením a centrovacími pomůckami*. Kladno, 2014. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce Mgr. Jakub Král.
- [66] PETROVÁ, Sylvie, Zdeňka MAŠKOVÁ a Tomáš JUREČKA. Základy aplikace kontaktních čoček. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2008. ISBN 978-80-7013-470-2.
- [67] FAN, Dorothy S. P., Dennis S. C. LAM, Tien Yin WONG, Maksudul ISLAM, Seang Mei SAW, Albert Y. K. CHEUNG a Sekjin CHEW. The effect of parental history of myopia

on eye size of pre-school children: a pilot study. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*. 2005, 83(4), 492-496. ISSN 13953907. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0420.2005.00481.x

[68] IP, Jenny M., Annette KIFLEY, Kathryn A. ROSE a Paul MITCHELL. Refractive Findings in Children with Astigmatic Parents: The Sydney Myopia Study. *American Journal of Ophthalmology*. 2007, 144(2), 304-306. ISSN 00029394. Dostupné z: doi:10.1016/j.ajo.2007.03.054

[69] PÄRSSINEN, Olavi, Hanna-Mari JAUHONEN, Markku KAUPPINEN, Jaakko KAPRIO, Markku KOSKENVUO a Taina RANTANEN. Heritability of Spherical Equivalent. *Ophthalmology*. 2010, 117(10), 1908-1911. ISSN 01616420. Dostupné z: doi:10.1016/j.ophtha.2010.02.008

[70] JONES, Lisa A., Loraine T. SINNOTT, Donald O. MUTTI, Gladys L. MITCHELL, Melvin L. MOESCHBERGER a Karla ZADNIK. *Parental History of Myopia, Sports and Outdoor Activities, and Future Myopia* [online]. 2007, 48(8) [cit. 2021-02-03]. ISSN 1552-5783. Dostupné z: doi:10.1167/iovs.06-1118

[71] FRENCH, Amanda N., Ian G. MORGAN, Paul MITCHELL a Kathryn A. ROSE. Risk Factors for Incident Myopia in Australian Schoolchildren. *Ophthalmology*. 2013, 120(10), 2100-2108. ISSN 01616420. Dostupné z: doi:10.1016/j.ophtha.2013.02.035

[72] TANG, Shu Min, Ka Wai KAM, Amenda N. FRENCH, et al. Independent Influence of Parental Myopia on Childhood Myopia in a Dose-Related Manner in 2,055 Trios: The Hong Kong Children Eye Study. *American Journal of Ophthalmology* [online]. 2020, 218, 199-207 [cit. 2021-02-03]. ISSN 00029394. Dostupné z: doi:10.1016/j.ajo.2020.05.026

[73] VOKOUN, Martin. *Srovnání výsledků subjektivního a objektivního vyšetření refrakce*. Kladno, 2012. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce Pavlíková Martina.

[74] TOMEK, Vladimír. *Porovnání objektivních a subjektivních metod stanovení refrakce oka*. Kladno, 2016. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce Mgr. Markéta Žáková.

[75] VLČEK, Jan. *Metody stanovení refrakce a ověření korekce v praxi*. Kladno, 2019. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce Mgr. Markéta Žáková.

[76] LANGHAMMER, Matěj. *Srovnání určení objektivní a subjektivní refrakce astigmatismu*. Kladno, 2020. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce Mgr. Jakub Hlaváček.

## Seznam symbolů a zkratk

### Seznam symbolů

Symbol	Význam
$\varphi$	Optická mohutnost
$H_{0X}$	Nulová hypotéza pro výrok X
$H_{AX}$	Alternativní hypotéza pro výrok X

### Seznam zkratk

Zkratka	Význam
D	dioptrie
JZC	Jacksonův zkřížený cylindr
SE	sférický ekvivalent
mm	milimetr
$\mu\text{m}$	mikrometr
buněk/ $\text{mm}^2$	počet buněk na milimetr čtvereční
$\text{m}^2$	metr čtvereční
nm	nanometr
$\text{cd}/\text{m}^2$	kandela na metr čtvereční
LCD	liquid crystal display
PD	vzdálenost zornic
LASIK	laser in-situ keratomileusis
PRK	photorefractive keratectomy
EPILASIK	epithelial laser in-situ keratomileusis
LASEK	laser epithelial keratomileusis
IOL	intraocular lens
OR	objektivní refrakce
SR	subjektivní refrakce

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Anatomie rohovky [9].....	3
Obrázek 2: Stavba sítnice [13].....	5
Obrázek 3: Emetropické oko [15].....	6
Obrázek 4: Hypermetropické oko [15] .....	7
Obrázek 5: Myopické oko [15].....	8
Obrázek 6: Astigmatické oko [19].....	9
Obrázek 7: Simulace astigmatismu [5] .....	10
Obrázek 8: Skiaskop [27].....	13
Obrázek 9: Automatický refraktometr [28].....	14
Obrázek 10: Výsledky z měření na automatickém refraktometru [vlastní tvorba] .....	15
Obrázek 11: Struktura znaku v optotypu [22] .....	16
Obrázek 12: LCD optotyp [30].....	16
Obrázek 13: Astigmatická růžice [31] .....	18
Obrázek 14: Jacksonův zkřížený cylindr [32] .....	18
Obrázek 15: Brokův test [33] .....	19
Obrázek 16: Jemné sférické dokorigování [34].....	20
Obrázek 17: Osterbergův test [35].....	21
Obrázek 18: Zkušební obruba [36] .....	21
Obrázek 19: Foropter [38].....	22
Obrázek 20: Lidský karyotyp [45].....	24
Obrázek 21: Symboly používané pro sestavení rodokmenu [44].....	25
Obrázek 22: Průběh spektrálních citlivostí lidského zraku pro ftopické, mezopické a skotopické vidění [51].....	28
Obrázek 23: Hlavní dva řezy cylindrické čočky [63] .....	31
Obrázek 24: Torická konvexní a konkávní čočka [63].....	32
Obrázek 25: Degenerace makuly [6] .....	33
Graf 1: Věkové rozpětí vyšetřovaných .....	35
Graf 2: Četnost pohlaví .....	35
Graf 3: Rozložení refrakčních vad podle autorefraktometru.....	37
Graf 4: Četnost optické mohutnosti myopie.....	37
Graf 5: Typ myopie.....	38
Graf 6: Typy astigmatismu v závislosti na poloze hlavních řezů.....	38
Graf 7: Síla astigmatismu.....	39
Graf 8: Stupeň astigmatismu .....	39
Graf 9: Rozložení refrakčních vad po subjektivní refrakci .....	40
Graf 10: Četnost optické mohutnosti myopie.....	40
Graf 11: Typ myopie.....	41
Graf 12: Typ astigmatismu v závislosti na poloze hlavních řezů.....	41
Graf 13: Síla astigmatismu.....	42
Graf 14: Stupeň astigmatismu .....	42
Graf 15: Změna SE při objektivní a subjektivní refrakci.....	43

---

Graf 16: Změna velikosti SE během objektivní a subjektivní refrakce .....	43
Graf 17: Změna velikosti astigmatismu při objektivní a subjektivní refrakci.....	44
Graf 18: Změna velikosti astigmatismu během objektivní a subjektivní refrakce .....	44
Obrázek 26: 1. rodokmen.....	46
Obrázek 27: 2. rodokmen.....	47
Obrázek 28: 3. rodokmen.....	47
Obrázek 29: 4. rodokmen.....	48

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Typ myopie [6].....	8
Tabulka 2: Hrubý odhad velikosti sférické ametropie [20].....	15
Tabulka 3: Předpoklad předložené sférické čočky podle dosaženého vízu [20].....	17
Tabulka 4: Dioptrická hodnota Jacksonova zkříženého cylindru podle dosaženého vízu [20]	19



## **Příloha A: Šablona protokolů**

❖ **Nacionále**

Jméno	
Příjmení	
Rok narození	
Datum	
Kontakt	
Poslední návštěva	

❖ **Anamnéza**

- Důvod návštěvy
- Osobní
  - Oční
  - Celková
- Rodinná
  - Oční
  - Celková
- Pracovní
- Léky

❖ **OBJEKTIVNÍ REFRAKCE**

	sp	cyl	ax	PD
P				
L				

❖ **VÍZUS NATURALIS-dálka**

Visus naturalis	P	L	Bino

❖ **VÍZUS S DOSAVADNÍ KOREKČÍ**

	sp	cyl	ax	add	Visus mono	Visus bino
P						
L						

❖ **MONOKULÁRNÍ REFRAKCE**

	sp	cyl	ax	add	Visus mono	Visus bino
P						
L						

❖ **AKOMODAČNÍ VYVÁŽENÍ**

	sp	cyl	ax	add	Visus mono	Visus bino
P						
L						

❖ **DOPORUČENÁ KOREKCE**

	sp	cyl	ax
P			
L			

POZNÁMKY:

**Souhlas se zpracováním osobních údajů**

Udělují tímto souhlas Šárce Antošové, aby ve smyslu nařízení č. 2016/679 o ochraně osobních údajů fyzických osob (dále jen „GDPR“) zpracovávala tyto osobní údaje:

- Jméno a příjmení
- Datum narození
- Kontaktní údaje

Tyto osobní údaje je nutné zpracovat za účelem tvorby bakalářské práce s názvem „Myopie a možnosti její korekce“ v akademickém roce 2020/2021 na FBMI ČVUT. Tyto údaje budou zpracovány po dobu platnosti zadání bakalářské práce. S výše uvedeným zpracováním udělují výslovný souhlas. Souhlas lze vzít kdykoli zpět, a to například zasláním e-mailu na adresu antossar@fbmi.cvut.cz

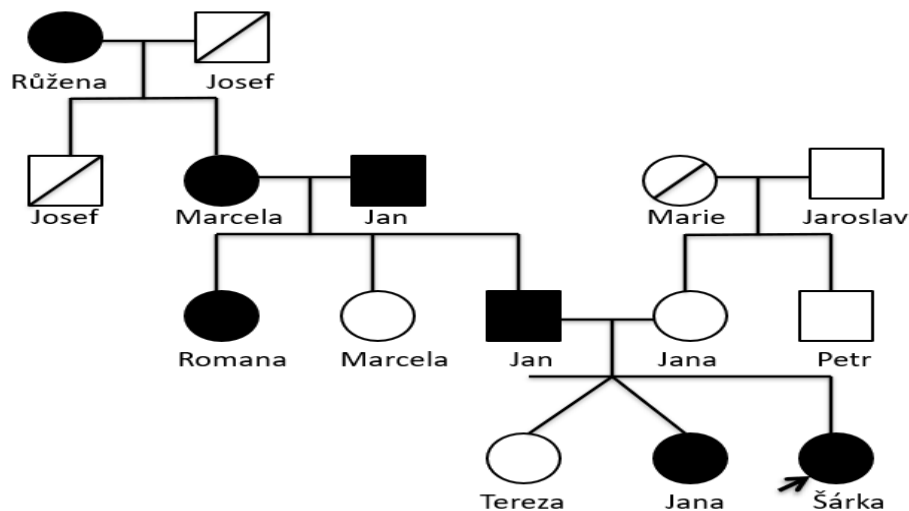
-Dle GDPR máte právo:

- Vzít souhlas kdykoliv zpět
- Požadovat informaci, jaké vaše osobní údaje zpracováváme
- Požádat vysvětlení ohledně zpracování osobních údajů
- Vyžádat si přístup k těmto údajům a tyto nechat aktualizovat nebo opravit
- Požadovat opravu, výmaz osobních údajů, omezení zpracování a vznést námitku proti zpracování

Dne: .....

Podpis: .....

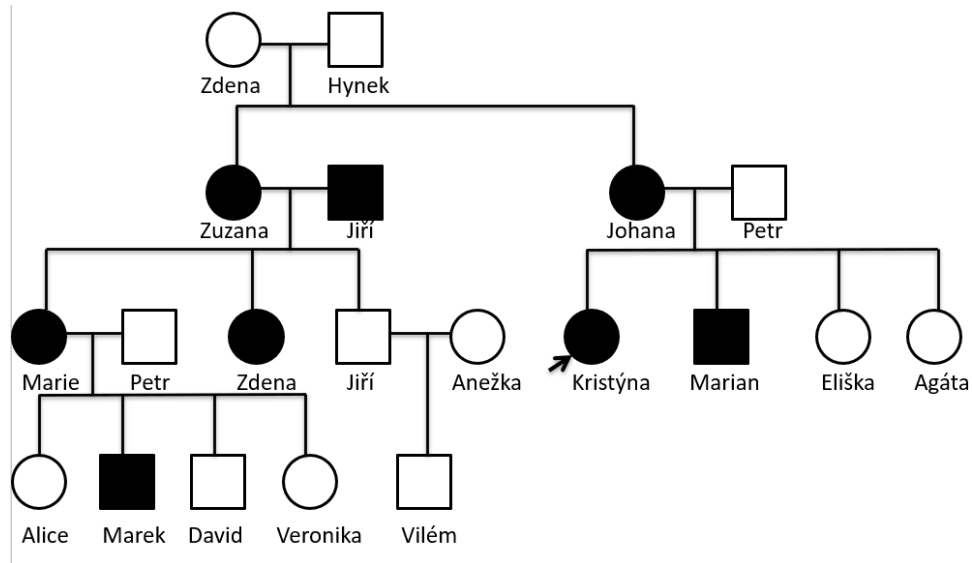
## **Příloha B: 1. genetický strom**



- Růžena:
  - OP: -6,5 D a OL: -5,5 D a adice +2,25 D.
  - V minulosti OP: šedý zákal, hypertenze.
- Marcela:
  - OP: -1,75 D -0,5 D v ose 104° a OL: -3,0 D a -0,25 D v ose 52° a adice +1,25 D.
  - Hypertenze a diabetes mellitus.
- Jan starší:
  - OP, OL: -1,25 D s adicí +2,0 D.
  - Od matky albinismus partialis, od něj zdělila i dcera Romana.
- Jan mladší:
  - OP, OL: -1,25 D s adicí +1,25 D.
- Jaroslav:
  - OP: +0,5 D a OL: +1,0 D s adicí +2,0 D.
  - Hypertenze, porucha štítné žlázy, nově oboustranná katarakta, větší progresse na OP.

- Jana starší:
  - Presbyop s adicí +1,5 D.
  - Porucha štítné žlázy a zvýšený nitrooční tlak.
- Šárka :
  - OP: -2,75 D -0,75 v ose 20° a OL: -2,25 D -0,75 D v ose 0°.
- Jana :
  - Binokulárně -0,75 D.

## **Příloha C: 2. genetický strom**

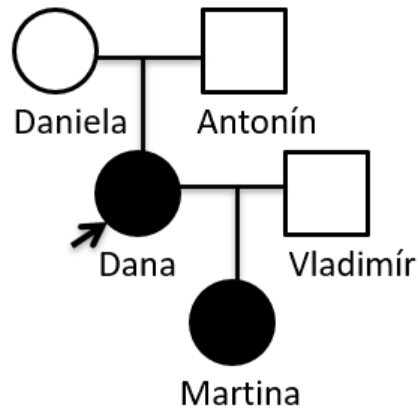


- Zuzana:
  - OP: -4,75 D a OL: -4,5 D s adicí +1,0 D.
  - Diabetes mellitus.
- Jiří:
  - Presbyop s adicí +2,0 D.
- Martin
  - OP: -5,5 D a OL: -5,0 D.
- Zdena:
  - OP: -6,25 D a OL: -5,0 D -0,25 D v ose 140°.
- Marie:
  - OP: -3,5 D -0,25 D v 165° a OL: -1,75 D -0,5 D v 170°.
- Petr:
  - binokulárně -0,75 D a adice +0,75 D.
- Marek:
  - OP: -1,5 D -0,5 D v ose 100° a OL -1,75 D.
- Johana:
  - OP: -4,5 D -1,0 D v 7° a OL: -4,24 D -1,5 D v 170°.
  - Roztroušenou sklerózu relaps-remitentní formy.



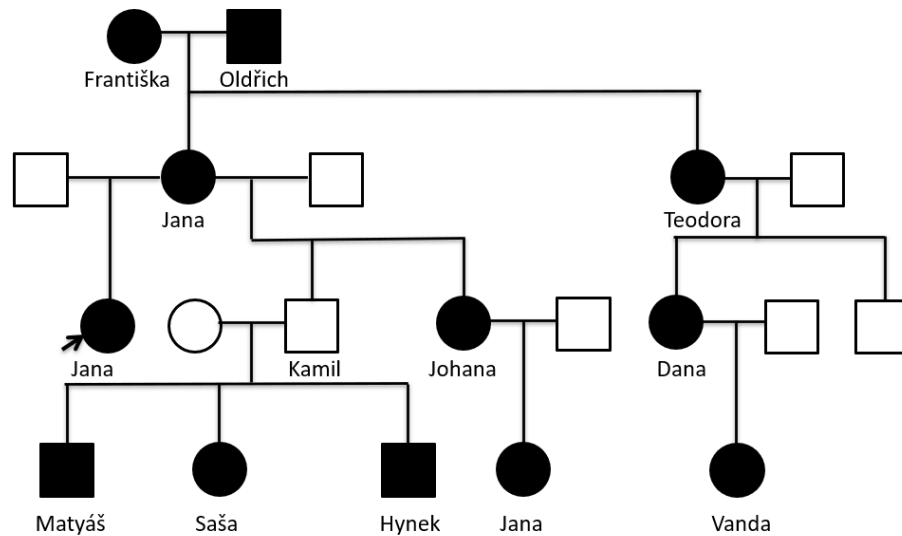
- Kristýna:
  - OP: -3,5 D a OL: -3,25 D.
- Marian:
  - OP: -0,75 D a OL: -1,0 D.

## **Příloha D: 3. genetický strom**



- Daniela:
  - Presbyop s adicí +2,75 D.
  - Hypertenze
- Antonín:
  - Presbyop s adicí+2,50 D.
- Dana:
  - OP: -4,00 D -0,50 D v ose 50° a OL: -4,00 -0,50 v ose 110° a adici +2,00 D.
- Vladimír:
  - OL: úrazová amblyopie-žádnou korekci nenosí.
- Martina:
  - OP: -0,25 D -0,25 D v ose 135° a OL: -0,25 D -0,25 D v ose 30°.

## **Příloha E: 4. genetický strom**



- Františka:
  - OP: -3,00 D a OL: -2,50 D s adicí +2,50 D.
- Oldřich:
  - OP: -6,00 D a OL: -5,50 D, blízko bez brýlí.
- Jana starší:
  - OP: -3,50 D -1,50 D v ose 90°, OL: -3,00 D -1,00 D v ose 30° s adicí +2,50 D.
- Jana mladší(probandka):
  - OP: -6,50 D -1,00 D v ose 70°, OL: -6,00 D -1,50 D v ose 20°, adice +2,00 D.
- Johana:
  - OP: -1,00 D -2,00 D v ose 90° a OL: -2,50 D s adicí +1,50 D.
- Jana nejmladší:
  - OP: -4,00 D -1,00 D v ose 40° a OL: -5,50 D.
- Kamil:
  - Presbyop s adicí +2,00 D.
- Matyáš:
  - OP: -1,50 D a na OL: -1,00 D.
- Saša:
  - OP: -1,00 D a OL: -0,75 D.

- Hynek:
  - binokulárně -0,50 D.
- Teodora:
  - OP: -4,00 D a OL: -3,50 D.
- Dana:
  - OP: -1,50 D -3,00 D v ose 30° a na OL: -2,50 D s adicí +2,50 D.
- Vanda:
  - OP má: -2,00 D a na OL: -0,75 D.