

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

**KRYŠTOF
KOŠŤÁK**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

**Výskyt a vývoj refrakčních vad u dětských pacientů sledovaných v běžné
oftalmologické ordinaci**

**Prevalence and changes of refractive errors observed in pediatric patients
of an ordinary ophthalmologic outpatient clinic**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Kladno 2020

Autor bakalářské práce: Kryštof Košťák

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Gabriela Mahelková, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Petr Písařík, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Košťák** Jméno: **Kryštof** Osobní číslo: **469757**
 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:

Výskyt a vývoj refrakčních vad u dětských pacientů sledovaných v běžné oftalmologické ordinaci

Název bakalářské práce anglicky:

Prevalence and changes of refractive errors observed in pediatric patients of an ordinary ophthalmologic outpatient clinic

Pokyny pro vypracování:

Problematika nárůstu výskytu refrakčních vad v populaci, zejména myopie, je v současnosti velmi diskutované téma. V práci se student zaměří na výskyt základních refrakčních vad (hypermetropie, myopie a astigmatismu) u dětských pacientů ve věku od 3 do 12 let sledovaných v běžné oční ambulanci. V úvodu shrne dostupné poznatky o výskytu těchto vad ve zdravé dětské populaci, jejich vývoji v závislosti na věku a současných možnostech prevence a ovlivnění vývoje. V praktické části zpracuje soubor dětských pacientů sledovaných v běžné oční ambulanci. Vyhodnotí četnost výskytu jednotlivých refrakčních vad, zaměří se na rozdíly v četnosti v závislosti na věku a u skupiny pacientů s delší dobou sledování se pokusí zhodnotit vývoj refrakční vady. Výsledky srovná s výsledky dostupných studií zabývajících se touto problematikou.

Seznam doporučené literatury:

- [1] LAMBERT, S.R., LYONS., Ch.J., Taylor & Hoyt's Pediatric ophthalmology and strabismus, ed. 5th, New York: Elsevier, 2017, ISBN 9780702066160
- [2] MILDER, B., RUBIN, M.L., The fine art of prescribing glasses without making a spectacle of yourself, ed. 2nd, Gainesville, Fla.: Triad Pub. Co., 1991, ISBN 0937404020
- [3] COOPER, J., TKATCHENKO, A.V., A Review of Current Concepts of the Etiology and Treatment of Myopia, Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice, ročník 44, číslo 4, 2018, 231-247 s., DOI: 10.1097/ICL.0000000000000499

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

MUDr. Gabriela Mahelková, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Ing. Petr Písařík, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: **17.05.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**

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

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

Název bakalářské práce: Výskyt a vývoj refrakčních vad u dětských pacientů sledovaných v běžné oftalmologické ordinaci

Abstrakt:

Práce pojednává o vývoji oka. V úvodních kapitolách je popsána embryogeneze jednotlivých struktur (čočky, rohovky, sítnice a sklivce). Dále jsou popsány základní refrakční vady oka, konkrétně krátkozrakost, dalekozrakost a astigmatismus. Je popsána jejich diagnostika, zásady korekce a změny refrakce v průběhu života. Další kapitoly se zabývají faktory, které mohou mít vliv na jejich progresi. Diskutovány jsou také možnosti prevence refrakčních vad. V praktické části student zpracuje četnost výskytu a vývoj refrakčních vad u dětských pacientů v oftalmologické ordinaci.

Klíčová slova:

Vývoj refrakce, vývoj oka, vnější vliv na refrakci, četnost výskytu refrakčních vad

Bachelor's Thesis title: Prevalence and changes of refractive errors observed in pediatric patients of an ordinary ophthalmologic outpatient clinic

Abstract:

One of the objectives of this paper is to describe the development of an eye and its inner parts (such as cornea, lens and vitreous). Further, it focuses on main refraction errors that are closely related to an eye – myopia, hyperopia and astigmatism. The following chapters describe their development, possible diagnostic and correction techniques. The final chapter maps current studies on factors that affect the progression of refraction errors and its prevention. The practical part describes the prevalence and development of refractive errors in children observed in an ordinary ophthalmologic outpatient clinic.

Key words:

Refraction development, development of an eye, influences on refractive errors, prevalence of refractive errors

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval paní MUDr. Gabriele Mahelkové, Ph.D. za odborné konzultace a cenné připomínky při vypracovávání této práce. Také bych rád poděkoval Ing. Petru Písaříkovi, Ph. D. za konzultace ohledně formální stránky. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při psaní práce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Výskyt a vývoj refrakčních vad u dětských pacientů sledovaných v běžné oftalmologické ordinaci*“ vypracoval(a) samostatně a použil(a) 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 | Vývoj oka | 2 |
| 2.1 | Embryonální vývoj | 2 |
| 2.1.1 | Vývoj sítnice..... | 3 |
| 2.1.2 | Vývoj čočky..... | 4 |
| 2.1.3 | Vývoj optického nervu | 4 |
| 2.1.4 | Vývoj sklivce..... | 5 |
| 2.1.5 | Vývoj rohovky, bělimy a cévnatky..... | 6 |
| 3 | Refrakční vady..... | 7 |
| 3.1 | Emetropické oko | 7 |
| 3.2 | Příčiny refrakčních vad | 7 |
| 3.3 | Výskyt refrakčních vad | 8 |
| 3.4 | Hypermetropie | 9 |
| 3.4.1 | Klinické příznaky | 9 |
| 3.4.2 | Diagnostika a korekce | 10 |
| 3.5 | Myopie | 10 |
| 3.5.1 | Etiologie | 11 |
| 3.5.2 | Klinické příznaky | 12 |
| 3.5.3 | Diagnostika a korekce | 12 |
| 3.6 | Astigmatismus | 13 |
| 3.6.1 | Etiologie | 14 |
| 3.6.2 | Klinické příznaky | 15 |
| 3.6.3 | Diagnostika a korekce | 15 |
| 4 | Změny refrakce v průběhu života..... | 17 |
| 4.1 | Oko novorozence | 17 |
| 4.1.1 | Zraková ostrost | 18 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.2 | Další vývoj oka | 18 |
| 4.2.1 | Emetropizace | 18 |
| 4.2.2 | Axiální délka a optická mohutnost | 18 |
| 4.3 | Střídající se myopizace a hypermetropizace | 19 |
| 5 | Vlivy na refrakční vady a jejich prevence | 20 |
| 5.1 | Myopie | 20 |
| 5.1.1 | Dědičnost myopie | 20 |
| 5.1.2 | Práce do blízka | 20 |
| 5.1.3 | Venkovní aktivity | 21 |
| 5.2 | Hypermetropie | 21 |
| 6 | Praktická část | 23 |
| 6.1 | Cíl práce a hypotézy | 23 |
| 6.2 | Soubor vyšetřovaných osob a metodika | 23 |
| 6.3 | Výsledky | 25 |
| 6.4 | Vývoj refrakčních vad u vybraného souboru pacientů | 27 |
| 7 | Diskuze | 29 |
| 7.1 | Porovnání výskytu refrakčních vad v souboru s podobnými studii | 29 |
| 7.2 | Porovnání vývoje refrakčních vad v souboru s podobnými studii | 30 |
| 7.3 | Hypotézy | 30 |
| 8 | Závěr | 32 |
| | Seznam použité literatury | 33 |
| | Seznam symbolů a zkratk | 37 |
| | Seznam grafů | 37 |
| | Seznam tabulek | 37 |
| | Seznam obrázků | 37 |
| | Citace obrázků | 38 |

1 Úvod

Zrak je velmi důležitým smyslem, který má významný vliv na kvalitu lidského života. Proto studium zrakových vad a jejich prevence a korekce je významným příspěvkem ke zlepšení této kvality.

Oko je zrakový orgán, který pomocí sítnice zpracovává veškeré dění před námi. Aby však paprsky přicházející do oka dopadaly přesně na sítnici, a tudíž vytvářely ostrý obraz, je třeba zajistit určité podmínky. Již před narozením prochází oko vývojem, který se po narození výrazně zintenzivní – začne probíhat stimulace sítnice paprsky. Tato neustálá aktivita má pozitivní účinek na funkčnost sítnice. Ostrost vidění ovšem není závislá jen na vývoji sítnice. V oku jsou další struktury, které lomí paprsky tak, aby na sítnici dopadal ostrý obraz. První z těchto struktur je rohovka, která se nachází v největší vzdálenosti od sítnice a jejíž optická mohutnost je největší. Druhou strukturou je pak čočka, která sice nemá tak velkou optickou mohutnost jako rohovka, avšak může své zakřivení měnit, a tím měnit intenzitu lomu paprsků. Tím zajistí ostrý obraz promítaný z různých vzdáleností. Pokud je porušena rovnováha mezi optickou mohutností výše zmíněných optických prvků a délkou oka, může docházet k dopadu paprsků mimo sítnici, což způsobí vnímání neostrého obrazu.

Tato práce pojednává o refrakčních poměrech oka, které se v průběhu života mění. To je způsobeno vývojem jednotlivých očních struktur a v pozdějších obdobích života jejich postupnou degenerací.

Pochopení možných vlivů na vývoj refrakčních vad může významným způsobem přispět k jejich prevenci. Rostoucí výskyt refrakčních vad, zejména krátkozrakosti, má přímý vliv na počet studií, které se tímto tématem zabývají. Tato problematika je řešena v závěrečné kapitole práce.

Praktická část této práce má za cíl zmapovat četnost výskytu refrakčních vad a jejich vývoj na základě dat z běžné oftalmologické ordinace. Dále pak má za cíl porovnat výsledky této práce s výsledky studií uskutečněných v zahraničí, zabývajících se podobnou problematikou.

2 Vývoj oka

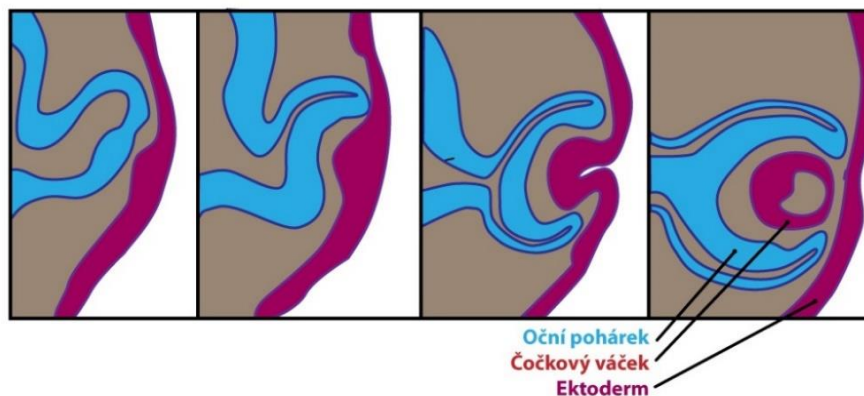
U člověka, respektive u velké většiny obratlovců, vzhledem k tomu, že žijí v osvětleném prostředí, je zrak, primárním smyslem a díky němu je schopen si neustále vytvářet v podstatě dokonalý obraz okolí. To vyžaduje úzké propojení oka s mozkem. Oko tak vzniká již v rané embryogenezi jako výchlíпка základu vnitřního mozku. Světločivná část oka, sítnice, má principiálně stejnou strukturu jako mozkový váček. K projekci na ni je ale potřeba dalších optických prvků, které pak zajišťují zaostření světelných paprsků do ohniska na sítnici (zejména čočka a rohovka) [1].

Oko je ektodermo-mesenchymový orgán, který vzniká ze čtyř základních zdrojů [1]:

- *neuroektoderm předního mozkového váčku*
- *povrchový ektoderm hlavy zárodku*
- *mesenchym uzavřený mezi obě zmíněné vrstvy*
- *materiál neurální lišty (ektomesenchym)*

2.1 Embryonální vývoj

Vývoj oka začíná již kolem 22. dne těhotenství. Jednou ze základních částí je sítnice. Ta na začátku vývoje vzniká vychlípáním stěny předního mozku, když se začínají tvořit oční jamky. Sítnice, pigmentový epitel a oční nerv vznikají ze stejného materiálu jako mozek a jsou jeho vývojovou součástí. Oční jamky se zprvu nacházejí laterálně, později se ale přesouvají dorzolaterálně a dalším vklenutím tvoří oční váčky s dutinou *recessus opticus*, která je přímým prodloužením předního mozku. Na povrchu váčků se kondenzuje mesenchymová tkáň, která později tvoří kolem základu oka souvislé pouzdro. Dalším vchlípováním očních váčků se z nich stávají oční pohárky. Při přeměně váčku v pohárek se na jeho distální části začne vytvářet ztlustělá ploténka základu čočky. Tento vývoj tak můžeme shrnout do čtyř základních období: 1. období očních jamek; 2. období očních váčků; 3. období očních pohárků; a konečně 4. období embryonálního oka [1] [2] [3].



Obrázek 1. Vývoj očního váčku do očního pohárku [29]

Asi ve 28. dni těhotenství se povrchový ektoderm v místě vchlipujících se očních váčků zesílí v čočkovou plakodu. Po třicátém dni se začíná vchlipovat plakoda a vytváří čočkovou jamku, která se dále oddělí od ektodermu jako dutý čočkový váček. Ten představuje ohraničení budoucí čočky. Souběžně s vytvářením čočkové jamky probíhá vývoj očních pohárků vchlipováním očních váčků. Mezi zevním a vchlípeným listem pohárků zůstává úzký intraretinální prostor, který se dalším vývojem sítnice sice zmenšuje, ale listy nikdy nevytvoří mezibuněčný kontakt, pouze se k sobě přiloží. Oční pohárky se postupně zavírají a uvnitř zůstávají uzavřeny mesenchymové elementy, které produkují mezibuněčnou hmotu, ta dává základ sklivci [1] [2] [3].

2.1.1 Vývoj sítnice

U asi dvouměsíčního embrya se objevují první gangliové buňky, které se hromadí v makulární části oka. Již kolem třetího měsíce se u gangliových buněk objevují dendritická větvení. Gangliové buňky plně dozrávají až kolem osmého měsíce, kdy se spojují s horizontálními a bipolárními buňkami, čímž tvoří vnitřní plexiformní vrstvu [3].

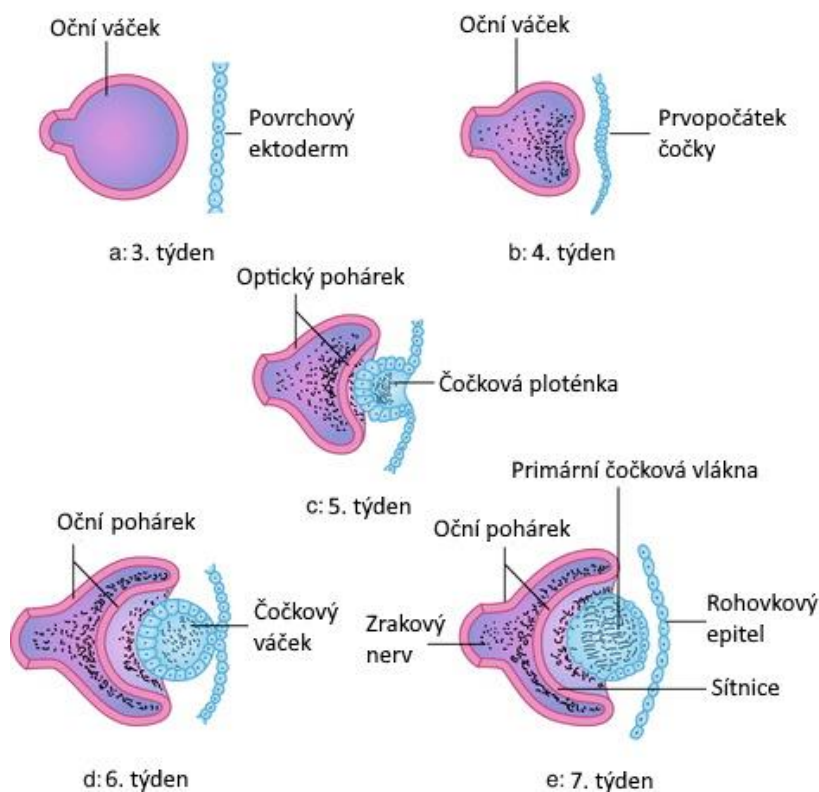
Vývoj čípků a tyčinek probíhá na zevní limitující membráně. Po ukončení tohoto vývoje smyslové buňky prostupují membránou a postupnou přeměnou nabývají svého charakteristického vzhledu, vytváří se zevní a vnitřní výběžek [3].

Fovea je malá prohlubeň uprostřed makuly (žluté skvrny), místo s největší koncentrací čípků. Je to oblast neostřejšího vidění. Její vývoj probíhá v šestém měsíci, kdy dochází ke ztenčení vrstvy gangliových buněk. Úplné dokončení tohoto vývoje ale nastává až několik měsíců po narození, současně se stimulací a rozvojem její funkce [2].

Pigmentový epitel je tvořen buňkami zevního listu sítnice. Ty se začínají tvořit mezi 4. a 5. týdnem těhotenství, kdy zde probíhá intenzivní mitotická aktivita [3].

2.1.2 Vývoj čočky

Jak již bylo řečeno, v době, kdy je oko ve stádiu pohárku, dojde ke ztluštění ektodermu a ten se do pohárku vsune v podobě čočkové ploténky. Postupem času se čočková ploténka začíná měnit na čočkový váček, v němž je dutina. Buňky na zadní stěně této dutiny se prodlužují a tvoří dlouhé vláknité útvary (primární čočková vlákna). Tato vlákna čočkový váček vyplňují a čočka nabývá kulovitěho tvaru. Přibližně v sedmém týdnu těhotenství je čočka pevná a kulovitá. Po vyplnění dutiny primárními čočkovými vlákny se začne tvořit čočkové pouzdro. Buňky ekvatoriální zóny čočky začínají mít kubický tvar a ztrácejí jádra, dále se prodlužují a diferencují v sekundární čočková vlákna. Při zániku jader využívá buňka procesu, který je velmi podobný apoptóze [3].



Obrázek 2. Prvopočáteční vývoj čočky
[30]

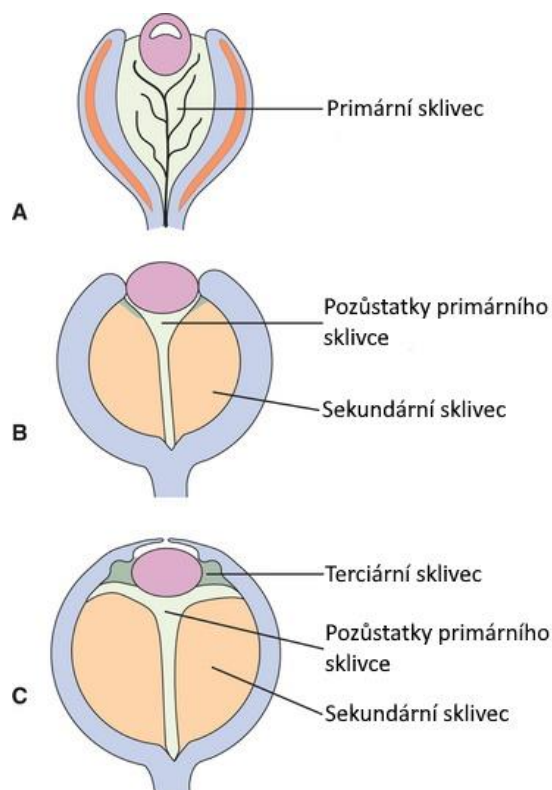
2.1.3 Vývoj optického nervu

Při vývoji očního pohárku se v něm nachází štěrбина, která se postupně uzavírá a tvoří rourku. Do této rourky prorůstají nervová vlákna a postupně ji vyplňují, začíná se formovat optický nerv. Do třetího měsíce se dále seřadí paralelně k podélné ose očního nervu gliální

buňky, a později tak vytvoří gliální plášť. V průběhu třetího měsíce taktéž vstupují do očního nervu cévy, což je podmínkou vzniku samostatného krevního oběhu sítnice. *Arteria hyaloidea* je spolu s doprovázející venou uzavřena do kanálu, který probíhá skrz stopku očního pohárku. Obal optiku se diferencuje z hlavového mesodermu a již v pátém měsíci jsme schopni rozlišit tři vrstvy odpovídající obalům mozku [1] [3].

2.1.4 Vývoj sklivce

Vývoj sklivce můžeme rozdělit do tří stádií. Nejprve je tvořen primitivní sítnicí, ze které se do sklivcového prostoru odlučují primitivní fibrily, a zároveň se jeho tvorby po určitou dobu účastní i vlákénka odstupující z čočky. Jakmile se u čočky vytvoří pouzdro, tato vlákénka se uvolňují do sklivcového prostoru. Zároveň do prostoru sklivce vnikají mesodermální elementy, které jsou důležité pro tvorbu cévního systému. Tekutina sklivce je produkována specializovanými ektodermálními buňkami. Od poloviny třetího měsíce je sklivec tvořen gliálním pláštěm *arterie hyaloidey* – toto stadium označujeme jako sekundární (hyaloidní) sklivec. Sekundární sklivec postupně, společně s cévami, zaniká a tvorby sklivce se ujímá sítnice, přesněji řečeno její slepá ciliární část (tvorba terciárního definitivního sklivce) [3].



Obrázek 3. Vývoj sklivce [31]

2.1.5 Vývoj rohovky, bělimy a cévnatky

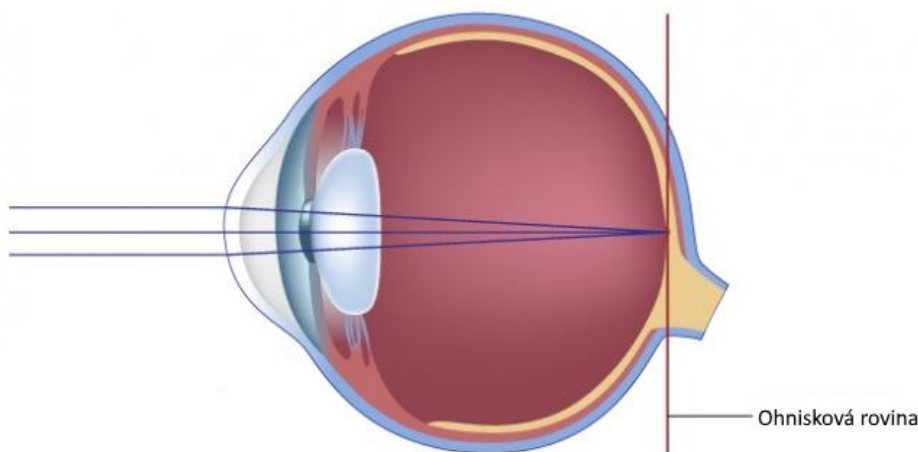
Okolo 5. týdne obklopuje základ oka řídký mesenchym, který se dělí na vnitřní a vnější vrstvu. Ze zevní vrstvy vzniká bělima (skléra) a velká část rohovky. Vnitřní vrstva tvoří cévnatku a vpředu oka tvoří duhovku s řasnatým tělískem. Bělima vzniká ztluštěním hlavového mesodermu tvorbou fibrilárních vláken. Společně s vývojem skléry probíhá i vývoj šlachovitých úponů očních svalů. Mesenchym se před čočkou rozestupuje na další dvě vrstvy, mezi kterými se postupně tvoří přední oční komora. Ta vzniká asi v osmém měsíci těhotenství, je velmi malá a prohlubovat se začne až před narozením. Vnitřní část tohoto mesenchymu je bohatě prostoupena cévami a dává základ duhovce, zatímco vnější část tvoří součást rohovky, je bez cév a na okrajích přechází ve skléru.

Rohovka je tvořena povrchovou vrstvou epitelu (který pochází z ektodermu), stroma je tvořeno mesenchymem a vnitřní vrstva rohovky je tvořena endotelem, který se diferencuje také z mesenchymu [3] [4].

3 Refrakční vady

3.1 Emetropické oko

Emetropické oko neboli oko bez refrakčních vad je konvergentní optický systém, u kterého se obraz předmětu umístěného před okem promítá přímo na sítnici. Vytvoření ostrého obrazu předmětu v různých vzdálenostech od oka je zajištěno akomodací, což je proces, při kterém oční čočka mění svou optickou mohutnost. Tato změna je způsobena povolováním (a napínáním) ciliárního svalu, čímž se oční čočka zplošťuje (nebo zakulacuje). Celková optická mohutnost emetropického oka je přibližně +62 D a jeho délka je asi 24 mm [1] [5].



Obrázek 4. Emetropické oko [32]

3.2 Příčiny refrakčních vad

U emetropie paprsky dopadají do ohniska na sítnici. Mnohem častější je výskyt ametropických očí, u kterých je porušen přesný poměr mezi lomivostí optického systému a délkou oka. Paprsky potom dopadají buď před sítnici, v tomto případě mluvíme o myopii, nebo za sítnici, což způsobuje hypermetropii. Pokud jsou paprsky lámány optickými prvky oka nerovnoměrně, pak dochází k asférické vadě neboli astigmatismu. Protože u astigmatismu není optická mohutnost ve všech osách čočky, respektive rohovky, stejná, může oko být z části myopické nebo naopak z části hypermetropické (tzn. v jedné ose paprsky dopadají na sítnici a v druhé před nebo za ni). Paprsky mohou ale také dopadat jen před sítnici anebo jen za ni (v různých vzdálenostech v závislosti na různých osách) [5] [6].

Příčinami refrakčních vad mohou být [5]:

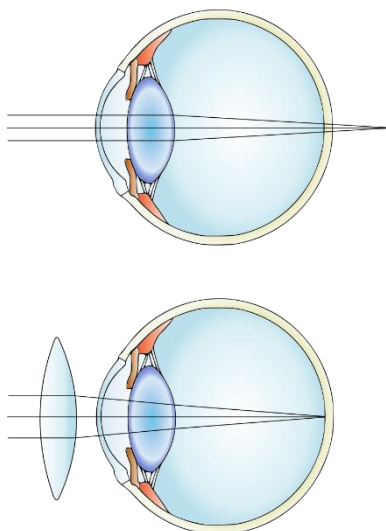
1. Špatná poloha prvků optického systému
 - a. při krátkém předozadním průměru oka v poměru k lomivosti optického systému vzniká osová hypermetropie
 - b. při dlouhém předozadním průměru oka v poměru k lomivosti optického systému vzniká osová myopie
 - c. pokud je čočka posunuta dopředu nebo dozadu, vzniká, v závislosti na směru posunutí buď myopie, nebo hypermetropie
2. Nesprávné zakřivení refrakčních ploch optického systému
 - a. malé zakřivení rohovky nebo čočky vede k hypermetropii
 - b. velké zakřivení rohovky nebo čočky vede k myopii
 - c. nepravidelné zakřivení čočky nebo rohovky způsobuje astigmatismus
3. Zkosené polohy prvků optického systému
 - a. šikmá poloha čočky
 - b. šikmá poloha sítnice
4. Nesprávný index lomu
 - a. při nepoměru indexu lomu komorové vody a sklivce může vzniknout hypermetropie a myopie
 - b. při špatném indexu lomu čočky může též vznikat jak myopie, tak hypermetropie
5. Nepřítomnost prvků optického systému
 - a. oko bez čočky je hypermetropické

3.3 Výskyt refrakčních vad

Asi 75% populace má refrakci oka v rozmezí 0 D až +1,75 D. Přibližně stejný počet lidí má velikost vady mezi 0 D až -4,0 D a +2,0 D až +6,0 D. Taktéž i rasa hraje ve výskytu refrakčních vad svou roli. U přírodních národů se skoro nevyskytují patologické formy ametropií. Naopak u starých kulturních národů jako je Čína nebo Japonsko, je mnohem vyšší výskyt myopie než u Evropanů. Není stoprocentně jasné, jak velký vliv mají na vývoj refrakčních vad faktory zevního prostředí (pracovní vzdálenost, výživa, osvětlení). Z citovaného zdroje však vyplývá, že u učňů je výskyt myopie asi 3 %, kdežto u studentů dosahuje výskyt až 30 % [5].

3.4 Hypermetropie

Dalekozrakost neboli hypermetropie (také hyperopie) je vada, při které se paprsky rovnoběžně dopadající na rohovku promítají do ohniska za sítnicí. Při hypermetropii vzniká na sítnici zamlžený a zmenšený obraz [5].



Obrázek 5. Hypermetropické oko a jeho korekce spojnou čočkou [33]

Podle závažnosti vady rozlišujeme tři stupně:

- Lehká hypermetropie: od +0 D do +2,0 D
- Střední hypermetropie: +2,0 D až +6,0 D
- Těžká hypermetropie: +6,0 D a vyšší

Ciliární sval má určité fyziologické napětí a díky tomu může kompenzovat část nebo celou hodnotu vady. Takto vykompenzovaná hypermetropie se nazývá latentní. Zbývající část tvoří tzv. manifestní hypermetropie, která může být vykorigována zvýšením akomodačního úsilí (tzv. fakultativní hypermetropie). Pokud ji oko nezvládne odstranit, vzniká hypermetropie absolutní. Součet manifestní a latentní části vady nazýváme totální hypermetropií [5].

3.4.1 Klinické příznaky

Horší vidění jak do blízka, tak i do dálky, může být způsobeno nejen velikostí vady, ale i věkem pacienta. U dětí dále může vést ke vzniku strabismu a rozvoji amblyopie. Nízká vada se nemusí nijak projevovat, ale s přibývajícím věkem (a tudíž se snižující se schopností akomodace) může začít dělat problémy. Při delším pohledu do blízka se mohou objevovat

astenopické potíže. Vzhledem k neustálému nadměrnému používání ciliárního svalu může dojít k jeho spasmu a excesu akomodace, a tím navození pseudomyopie [6].

3.4.2 Diagnostika a korekce

Zjišťování hodnoty hypermetropie při vyšetření subjektivní refrakce na optotypech se provádí předsazováním spojných („plusových“) čoček. Při předsazení spojky se dotazujeme pacienta, zda je obraz „stejný nebo horší“. Pokud je odpověď „stejný“ (případně „lepší“) můžeme čočku vsadit do obruby. Takto zvyšujeme dioptrie, dokud se obraz nezhorší. U hypermetropie se snažíme ulehčit akomodaci. Toho dosahujeme pomocí zmíněných spojných čoček a u dospělých lidí tedy předsazujeme co nejsilnější spojky, se kterými je obraz ještě ostrý [5].

Při malých hodnotách hypermetropie, kdy si pacient nestěžuje na problémy s pohledem do dálky, není nutné vadu korigovat. U hodnot vyšších než +3,00D je doporučeno nosit brýle stále, pokud jsou ale hodnoty nižší, stačí používat brýle pro práci do blízka [6].

Děti do sedmi let korigujeme pokud šilhají (hrozí u nich vznik amblyopie) anebo je vysokou hodnotu dalekozrakosti. U starších dětí, které nešilhají a u nichž je binokulární vývoj zraku normální, korigujeme vadu, pokud mají problém se zrakovou ostroť do dálky nebo do blízka a pokud mají astenopické potíže. Vzhledem k rostoucí axiální délce oka by mělo být vyšetření opakováno minimálně jednou do roka. Právě rostoucí axiální délka oka vede k „emetropizaci“. Tímto procesem se může snižovat hodnota potřebné plusové (spojné) korekce. U dětí by mělo být prováděno i vyšetření v cykloplegii. Ta je často užitečná i při vyšetřování dospělých, protože odhalí latentní formu hypermetropie, která může hrát významnou roli při vzniku potíží [5] [7].

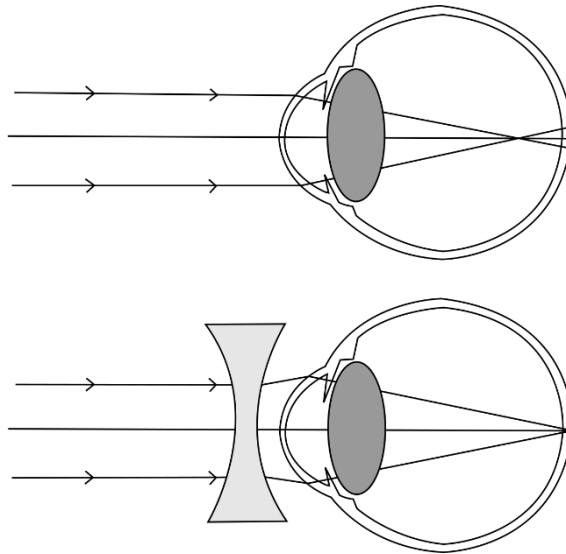
Hypermetropii můžeme též korigovat chirurgicky. Pro změnu tvaru (zakřivení) rohovky se používají excimerové lasery – PRK, LASIK a LASEK. Je ale nutné vždy předem pečlivě vyloučit jiné příčiny změn refrakce, které mohou být i příznakem celkového onemocnění (např. diabetes mellitus) [5].

3.5 Myopie

Myopie neboli krátkozrakost se projevuje neostrým obrazem při pohledu do dálky. V posledních 50-60 letech se zdá, že se výskyt myopie velice rychle zvyšuje. Ve větších městech jihovýchodních zemí Asie, jako například Singapuru, Číny, Taiwanu, Japonska

nebo Koreje, se tato vada objevuje u 80-90 % dětí, které dokončí střední školu. U 10-20 % z nich se pak objevuje silná myopie. Tyto změny se ale netýkají jen Asie, nárůst nálezů myopie u dětí se zvyšuje i na americkém kontinentě a v Evropě. V případě vysokých vad může nekorigovaná zraková ostrost být až v pásmu praktické slepoty [8] [9].

Nejčastější příčinou myopie je příliš velká axiální délka oka. Méně častá je pak chyba v lomivosti rohovky nebo čočky [5].



Obrázek 6. Myopické oko a jeho korekce rozptylnou čočkou [34]

3.5.1 Etiologie

U myopických očí je ohnisko optického systému lokalizováno do sklivce, tudíž před sítnicí. Oko si v této situaci nedokáže pomoci akomodací, a z toho vyplývá větší potřeba korekce [8].

Myopii rozdělujeme stejně jako hypermetropii na tři základní stupně podle závažnosti [6]:

- Nízká myopie: 0 D až -3,0 D
- Střední myopie: od -3,0 D do -6,0 D
- Vysoká myopie: -6,0 D a vyšší
- Pokud dochází k patologickým změnám očního pozadí, označujeme ji myopie patologická nebo degenerativní

Myopii též můžeme rozdělovat podle progresu, a to na stacionární a progresivní. Příkladem stacionární myopie je školní krátkozrakost. Ta se objevuje okolo šestého roku

života a její progrese se s postupem času zpomaluje, obvykle v období puberty. Okolo dvacátého roku se stabilizuje a zpravidla nepřesáhne hodnotu -6 D. Dalším vzácným typem stacionární myopie je krátkozrakost vrozená, ta obvykle dosahuje vysokého počtu dioptrií (-10 D a více) a většinou neprogreduje. Progresivní myopie je patologická vada, za její vývoj pravděpodobně může malý odpor bělimy vůči normálnímu nitroočnímu tlaku. V důsledku toho dochází k progresivnímu nárůstu axiální délky oka a může docházet k degenerativním změnám sítnice, cévnatky a sklivce. K těmto degenerativním změnám dochází obvykle po 20. roce života. Rychlost progrese je zpravidla 1 až 4 D za rok. Okolo 30. roku pak dochází ke stabilizaci [10].

3.5.2 Klinické příznaky

Hlavním znakem krátkozrakosti je rozmazaný obraz při pohledu do dálky. Většina myopů mhouří oči. Tím se snaží navodit stenopeické vidění (kompenzace vady zmenšením rozptylového kroužku). Jedním z výhod nižší a střední myopie je schopnost použití naturálního vidění do blízka i v presbyopickém věku. Astenopické potíže nebývají u myopie časté, ale mohou být příznakem nově vzniklé vady [6].

3.5.3 Diagnostika a korekce

Při vyšetření se předkládají před oko rozptylné (minusové) čočky. Po předsazení se pacienta dotazujeme, zda je obraz „lepší nebo stejný“. Pokud je lepší, čočku smíme předsadit. Myopii se snažíme vykorigovat nejslabší rozptylkou, při které vyšetřovaný ještě vidí ostře do dálky. U dospělých pacientů s nízkou a střední myopií předepisujeme plnou korekci s doporučením stálého nošení. V závislosti na věku a předchozí korekci (respektive případné chybějící korekci) nemusí být vždy možné vykorigovat vyšší myopii plnou korekcí. V tom případě musíme najít vyvážený stav mezi zrakovou ostrotí a pohodlností předepisované korekce. Podkorigování zpravidla dosahuje 1 až 3 D. Při pohledu do blízka není používání korekce nutné, avšak napomáhá udržování správné pracovní vzdálenosti. Při předepisování první korekce pro dospělé, kteří vyžadují dlouhodobý pohled do blízka ať už kvůli povolání nebo koníčkům, je dobré předepsat korekci slabší o $-0,5$ až $-2,0$ D. Podobná situace pak nastává u presbyopických myopů, kterým předepisujeme o 1–3 D slabší korekci do blízka podle potřebné adice. Překorigováním nutíme myopa akomodovat při pohledu do dálky, což bývá subjektivně vnímáno negativně [6] [7] [10].

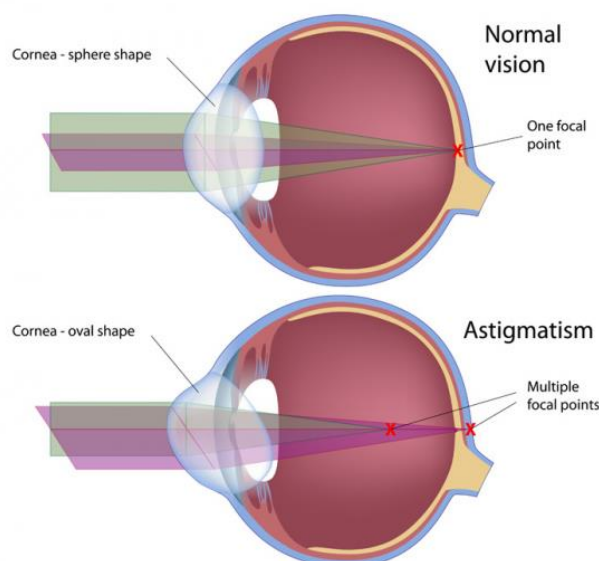
U dětí by měla být předepisována plná korekce včetně cylindrické, aby se zajistil správný vývoj zrakových funkcí a zamezilo se rozvoji amblyopie. Kontroly je třeba provádět nejlépe

každých 6 měsíců. Vyšetření má být prováděné včetně cykloplegie, stejně jako u hypermetropie [6].

Krátkozrakost můžeme korigovat i chirurgicky pomocí excimerových laserů – PRK, LASIK, LASEK (stejně jako u hypermetropie). Při omezené možnosti použití laseru může být u vyšších hodnot vady (výše vady, kterou je možno takto korigovat, je omezena tloušťkou rohovky) preferována implantace fakických nitroočních čoček. K chirurgické korekci přistupujeme, pokud pacient z určitého důvodu nesnáší nebo nemůže nosit brýle, případně kontaktní čočky [5].

3.6 Astigmatismus

Astigmatismus je vadou asférickou, což znamená, že se místo jednoho ohniska tvoří dvě ohniskové (fokální) přímky, které jsou od sebe odděleny ohniskovým intervalem. Délka tohoto intervalu pak určuje velikost vady. Vznik intervalu je způsoben tím, že optická mohutnost optického systému se v různých osách liší. Může být způsoben špatným zakřivením optických prvků oka, a to rohovky nebo čočky. Častější příčinou vzniku bývá nesprávné zakřivení rohovky (nejčastěji vrozené, může však vzniknout také po úrazu nebo operaci). Další příčinou může být špatná centrace čočky, která vzniká při subluxaci čočky (po úrazu) nebo fyziologicky, špatným vyklenutím čočkového pouzdra. Astigmatismus může též vzniknout změnami indexu lomu v souvislosti se změnami čočky při šedém zákalu [5] [6].



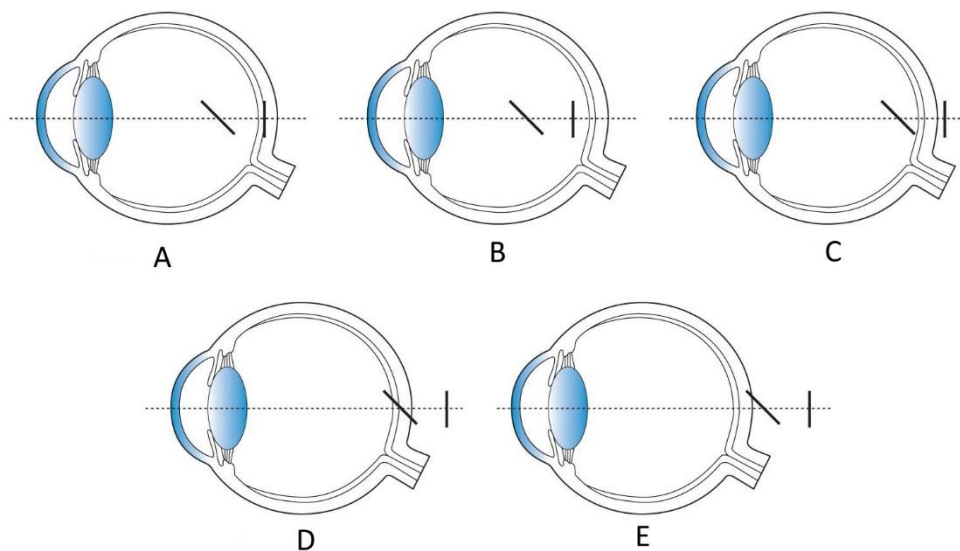
Obrázek 7. Příklad astigmatického oka [35]

3.6.1 Etiologie

V případě, kdy jsou na sebe dvě hlavní osy (ty, ve kterých je největší a nejmenší zakřivení) kolmé, mluvíme o pravidelném astigmatismu. Pokud se tyto hlavní osy odklánějí od horizontálních nebo vertikálních os o více než 20° , jedná se o pravidelný šikmý astigmatismus. Osy na sebe také nemusí být kolmé, potom mluvíme o nepravidelném astigmatismu [6].

Vzhledem k poloze ohnisek, respektive ohniskového intervalu, můžeme pravidelný astigmatismus rozdělit do tří druhů [5] [6] [10]:

1. Astigmatismus jednoduchý (simplex) – kdy se jedno ohnisko nachází na sítnici a druhé, k němu kolmé, se nachází před nebo za sítnicí. Podle toho, jestli je před nebo za sítnicí, pak rozeznáváme astigmatismus simplex hypermetropicus (astigmatismus hypermetropický) nebo astigmatismus simplex myopicus (astigmatismus myopický).
2. Astigmatismus složený (compositus) – kdy se obě ohniska nachází buď před nebo za sítnicí. Opět vznikají astigmatismy buď myopické nebo hypermetropické.
3. Astigmatismus smíšený (mixtus) – kdy se jedno z ohnisek tvoří před sítnicí a druhé za ní.



Obrázek 8. Typy pravidelného astigmatismu: A. Jednoduchý myopický; B. Složený myopický; C. Složený; D. Jednoduchý hypermetropický; E. Složený hypermetropický [36]

Na základě lomivosti jednotlivých rovin rozlišujeme dva typy astigmatismu – *podle pravidla a proti pravidlu*. U astigmatismu *podle pravidla* se nejvíce lomivá osa nachází ve 180°, nejméně lomivá osa je na ni kolmá (nachází se ve 90°). Rohovkový astigmatismus je většinou *podle pravidla*. Čočkový astigmatismus bývá *proti pravidlu*. Rozdílem těchto hodnot dostáváme výsledný astigmatismus (může se stát, že čočka vykompenzuje rohovku a naopak) [5].

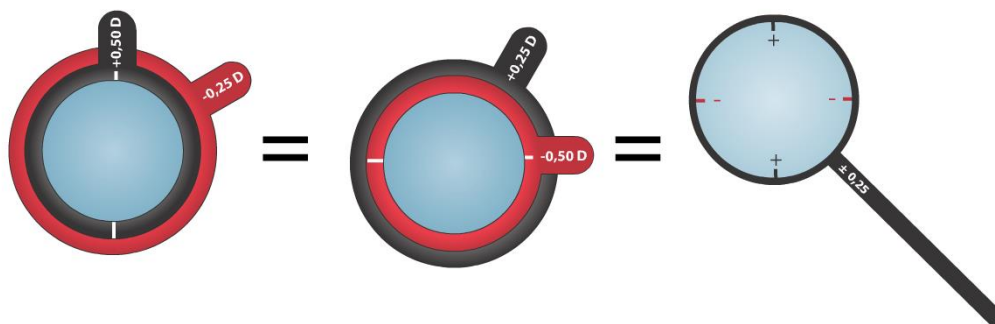
3.6.2 Klinické příznaky

Astigmatici špatně vidí kulaté znaky na optotypech (O, C, B, P). Akomodací se snaží posunout obraz do roviny jedné nebo druhé fokální linie, ne do oblasti kroužku nejmenšího rozostření. Zpravidla se jedná o tu fokálu, která se nachází blíže emetropickému stavu. Pokud se obě fokály nachází stejně daleko od sítnice, pak je obvykle upřednostňován obraz vytvořený vertikální osou. Někteří astigmatici naopak preferují obraz horizontální. To se projevuje mhouřením očí, čímž se odstraní vertikální složka. Dalším kompenzačním návykem může být naklánění hlavy. Takto kompenzují pacienti astigmatismus se šikmými osami. V dětském věku tak může stav podporovat vznik skoliózy nebo torticollis. Problém to může způsobovat též v dospělosti, kdy může docházet k zablokování krční páteře a k problémům s krční páteří vůbec. Též se mohou vyskytovat astenopické potíže, které se objevují v případě snahy vykompenzovat vadu akomodačním úsilím. Zpravidla se objevují u lehkých a středních vad. Špatné stanovení korekce astigmatismu může být původcem bolestí hlavy, neurastenie (nejčastější druh neurózy) a podrážděnosti [6].

3.6.3 Diagnostika a korekce

Astigmatismus korigujeme cylindrickými čočkami. Místo tvaru koule, jako u sférických čoček, mají tvar soudku, a tudíž větší zakřivení v jedné hlavní ose než v druhé [1].

Nejvyžívanější (a velice spolehlivou) metodou pro stanovení astigmatismu je použití Jacksonových zkřížených cylindrů (dále jako JC). Tato vyšetřovací pomůcka se skládá ze dvou plancylindrů, které jsou navzájem kolmé. Tyto dvě čočky jsou uchyceny v kruhové objímce. Ve vzdálenosti 45° od hlavních os cylindrů se nachází držadlo. Nejčastěji se vyrábí v hodnotách $\pm 0,25D$, $\pm 0,5D$ a $\pm 1,0D$ [7].



Obrázek 9. Jacksonův zkřížený cylindr [37]

Při vyšetření JC nejdříve vykorigujeme pacienta na nejlepší zrakovou ostrost se sférickou korekcí a přepneme optotyp na Brockův test (25 teček v soustředných kruzích). Hlavní je přítomnost kulatých znaků.

Nejprve zjišťujeme přítomnost astigmatismu. Začínáme určením os, předložením spojné/rozptylné osy JC (Jacksonova zkříženého cylindru) do polohy horizontálního/vertikálního a následovně vertikálního/horizontálního řezu oka. Změnu orientace os provedeme otočením držátka JC o 180°. A při tom se dotazujeme „Je lepší obraz jedna“, otočíme držátko, „nebo obraz dva?“. Pacient má za úkol porovnat obě varianty. Přibližnou osu cylindru pak předpokládáme v poloze, kdy JC zlepšil vnímání Brockova testu. Řídíme se podle polohy rozptylné osy JC. Pro zúžení oblasti výskytu předběžné osy můžeme ještě zjistit šikmé osy, a to stejnou metodou jako u určení vertikální/horizontální osy, s tím rozdílem, že rozptylnou/spojnou osu JC umístíme do 45° a 135°. Její orientace pak bude průsečíkem množin dvou zjištěných směrů (např. preferovaný směr rozptylné osy byl 90° a 135°, tudíž předběžná osa se bude nacházet přibližně ve 110°).

Pro zjištění přesné osy předkládáme JC a pacient opět porovnává obrazy. Držátko JC dáváme do směru předložené cylindrické čočky. Osu pak upravujeme podle toho, na jaké straně od držátka/osy se nachází rozptylná osa JC. Pokud jsou obrazy stejné, respektive ani jedna možnost nezlepšuje vidění, našli jsme přesnou osu.

Dále měříme optickou mohutnost astigmatismu. Princip je stejný, jen předkládáme JC tak, aby rozptylná osa byla nejdříve shodná s osou cylindrické čočky a následovně aby byla kolmo na ni. Opět se ptáme „Je lepší obraz jedna nebo dva?“ do té doby, než budou oba obrazy stejné. Při zvýšení mohutnosti cylindru o -0,50 D je vhodné zvýšit mohutnost sférické čočky o +0,25 D, kdy nejprve zvýšíme sférickou mohutnost výměnným trikem a až poté upravujeme cylindrickou mohutnost [11]. Astigmatismus též můžeme vyšetřovat pomocí zamlžovací metody na astigmatickém vějíři [5].

4 Změny refrakce v průběhu života

Po narození není vývoj zrakového ústrojí ukončen po stránce funkční ani anatomické. Až do doby ukončení růstu pokračuje zvětšování bulbu i očnic. Refrakce oka se ale mění i v dospělosti [4] [5].

Správný vývoj vidění prochází dvěma fázemi, a to aktivní a pasivní. Aktivní fáze zajišťuje stálý přísun světelných podnětů, které stimulují činnost sítnice. Pokud se dítě narodí ve tmě a bude v ní žít delší dobu, pak bude těžce amblyopické (zraková ostrost může dosahovat až úrovně praktické slepoty). Ta samá situace nastane při poruchách průhlednosti optických prostředí (zákaly rohovky, čočky a sklivce atd.). K dosažení kvalitního vidění je kromě dostatečného osvětlení také potřeba správná fokusace paprsků na sítnici, to nazýváme fází pasivní. Předpokladem je správný poměr mezi lomivostí optických prvků oka a jeho délkou [5].

4.1 Oko novorozence

Oko je při narození již z větší části vyvinuté. Makulární krajina a zrakový nerv nejsou po narození úplně vyvinuté a trvá až 8 let, než se pomocí regulačních mechanismů, reflexů a sensorických funkcí sítnice vyvine do své dospělé podoby. Velikost plochy sítnice novorozence se do dospělosti zdvojnásobí, zároveň stále dochází k diferenciaci a zvyšování četnosti světločivných elementů. Některé zrakové funkce jsou vrozené, ale složitější funkce vyžadující spolupráci obou očí (binokulární) se postupně vyvíjejí postupně. Teprve v 6. až 7. roce je ustanoveno normální pevné bifoveální jednoduché vidění. Předozadní délka oka je při narození asi 17 až 18 mm, to znamená, že oko je kratší než dospělé oko [10].

Několik hodin po narození je dítě schopno krátkodobé monokulární fixace na několik vteřin. Lépe pak fixuje na předměty, které se pohybují. Přítomnost fixace a sledování je dobré znamení. Pokud se ale nevyskytuje, neznamená to, že se vidění nebude vyvíjet normálně. Pohyb očí se z trhavé fixace mění na více plynulý a v druhém měsíci se již objevují pokusy o binokulární fixaci a souběžné pohyby očí. Ve čtyřech měsících již dítě sahá po podávaných předmětech a sleduje například svoji ruku. V šesti měsících už dítě vydrží déle konvergovat a pohyby očí jsou zcela plynulé. Ve stejné době se začínají objevovat fúzní pohyby, které jsou ale pevně stabilizovány až v jednom roce [5].

Jak se zvětšuje schopnost udržet konvergenci očí, stoupají i nároky na ostré vidění do blízka. Koncem prvního měsíce je akomodace relativně fixní, s akomodační šíří 5 D. Ve třech měsících je rychlost akomodace dítěte v podstatě stejně rychlá jako u dospělého a ve 12 letech je plně srovnatelná s rychlostí akomodace dospělého [5].

4.1.1 Zraková ostrost

Přibližná zraková ostrost dětí je následující [2]:

- po narození se rovná světlocitu
- koncem 1. roku stoupá na 6/20 (0,3)
- koncem 3. roku stoupá na 6/10 (0,6)
- koncem 5. roku stoupá na 6/8 (0,75) až 6/6 (1,0)
- od 5. roku se rovná 6/6 (1,0) nebo lepší

Přibližně koncem 1. roku má dítě reálnou představu o svém okolí a poznává všechny předměty [3].

4.2 Další vývoj oka

4.2.1 Emetropizace

Oko novorozenců a předškolních dětí je hypermetropické, což znamená, že je kratší než u dospělých. Od narození až do dospělosti probíhá proces zvaný emetropizace. Je to proces, při kterém se hypermetropické oko novorozence prodlužuje, respektive se prodlužuje délka zadního segmentu oka. Předpokládá se, že při hypermetropii mohou v sítnici vznikat signály, které stimulují růst oka. To je zajištěno ovlivněním biochemických a biomechanických vlastností bělimy, čímž dochází k posouvání sítnice dále od rohovky směrem k ohnisku paprsků, a tím se snižuje hypermetropie. Emetropizace se s postupem času zpomaluje až zastavuje [12]. Tento proces bývá i nejčastější příčinou myopie. Oko nezvládne včas růst zastavit a stává se krátkozrakým. Méně častou příčinou pak bývá špatná refrakce čočky a rohovky [5].

4.2.2 Axiální délka a optická mohutnost

Krátké oko novorozence dorůstá ze 17 až 18 mm na 24 mm. Ve třech letech je předozadní délka oka asi 23 mm a od té doby roste asi 0,1 mm za rok až do 16 let, kdy dorůstá právě zhruba na délku 24 mm. S růstem axiální délky blízce souvisí změna optické

mohutnosti jednotlivých očních prvků. Jak u rohovky, tak u čočky se snižuje optická mohutnost. U novorozence má čočka +33 D a klesá na +20 D u dospělého. Analogicky se snižuje refrakce rohovky, která má původně optickou mohutnost asi +51 D a v dospělosti se sníží přibližně na +42 D. V dospělosti tak optická mohutnost činí přibližně +62 D [1] [5].

4.3 Střídající se myopizace a hypermetropizace

I když proces emetropizace probíhá již od narození, oko je většinou do osmého roku hypermetropické (moc krátké vzhledem k lomivosti optických prvků). Následně pak mezi 8. a 20. rokem může myopizovat (školní myopie). Mezi 20. a 50. rokem jsou změny refrakce minimální. V tomto období bývá zraková ostrost nejlepší, ale obecně s věkem klesá kvůli degenerativním změnám, které jsou podmíněny věkem. Druhá situace, kdy je oko hypermetropické, přichází s nástupem presbyopie mezi 40. a 65. rokem. Čočka ztrácí elasticitu a ciliární sval ochabuje. Oku tak ubývá akomodační šíře a pacient pocítuje větší potřebu korekce na blízkou vzdálenost. Poté nastává opět myopizační fáze, která vzniká zvyšováním zakřivení rohovky a zvětšováním indexu lomu jádra čočky. U oka se též v pozdní dospělosti mění astigmatismus, který obvykle přechází z astigmatismu *podle pravidla* na astigmatismus *proti pravidlu* [5] [13].

5 Vlivy na refrakční vady a jejich prevence

5.1 Myopie

Případů myopie obecně přibývá, v různých částech světa je však četnost rozdílná. Například v zemích Asie se vyskytuje myopie více než na americkém kontinentě nebo v Evropě. Počet případů myopie však stoupá i tam. V rodinách, kde se u prarodičů a rodičů vyskytla myopie, je velká pravděpodobnost, že se bude vyskytovat i u dalších generací [8] [13].

5.1.1 Dědičnost myopie

Již v minulosti různé studie došly k závěru, že refrakční stavy mohou být geneticky podmíněné (dědičné jak dominantně, tak recesivně). V současnosti se genetici shodují na tom, že refrakční vady nejsou podmíněny jedním genem, ale že jsou děděny polygenně nebo multifaktoriálně. Různé typy myopií pak mají různou pravděpodobnost dědičnosti [13].

Několik studií (např. Framingham Offspring Eyes Study [14] nebo Beaver Dam Eye Study [15]) prokázalo, že pravděpodobnost rozvoje myopie stoupá, pokud některý ze sourozenců sledovaného dítěte je myop. Za krátkozrakost se v tomto případě považovala vada větší než $-0,75$ D. Je také prokázáno, že myopičtí rodiče mají děti, které jsou častěji krátkozraké a dochází u nich průměrně k větší progresi krátkozrakosti než u dětí, jejichž rodiče nejsou krátkozrací. Pokud oba rodiče mají myopii, je 11 % šance, že dítě bude krátkozraké. U párů s jedním myopickým rodičem, je pravděpodobnost krátkozrakého dítěte 5 %. Děti bez myopických rodičů mají 2 % šanci, že budou krátkozraké. Dědičnost je v současnosti považována za nejvýznamnější rizikový faktor vzniku myopie [13].

5.1.2 Práce do blízka

Byl též zkoumán možný vliv práce na blízkou vzdálenost na progresi myopie. Studie porovnávaly vliv pracovní vzdálenosti, vliv času stráveného čtením a počtem přečtených knih. Ve dvou Singapurských školách proběhl výzkum, kterého se zúčastnilo 1005 dětí. Kromě socioekonomických faktorů hrála v tomto výzkumu práce do blízka velkou roli. Děti, které četly dvě knížky týdně měly 3x větší pravděpodobnost vyšší (střední) myopie (alespoň $-3,0$ D) než děti, které četly jen dvě hodiny týdně [16].

5.1.3 Venkovní aktivity

Ve větším počtu studií bylo zjištěno, že trávením času venku, nebo kratší dobou strávenou prací na blízkou vzdálenost, se snižuje pravděpodobnost získání myopie nebo se alespoň snižuje rychlost její progresse [17].

V Sydney Myopia Study bylo sledováno 2 367 dětí (6 a 12 let) náhodně vybraných z 51 škol. Dvanáctileté děti, které trávily více času venkovními aktivitami, měly nižší myopii než ostatní. A to i po korekci výsledků vzhledem k délce čtení, myopii rodičů a etnické příslušnosti. Naopak děti, které nejdéle pracovaly na blízkou vzdálenost a trávily nejméně času venku, měly hodnoty myopie nejvyšší. U šestiletých dětí nebyly zjištěny žádné konzistentní výsledky [17].

Dále pak ve Velké Británii proběhlo 8 studií mezi 10 400 dětmi a dospívajícími. Vědci vypočítali, že každá hodina strávená venku během jednoho týdne snížila riziko vzniku myopie o 2 %. V porovnání s dětmi s emetropickým viděním nebo s dalekozrakostí, trávily děti s myopií venku o 3,7 hodiny za týden méně. Nebyla určena žádná specifická venkovní aktivita snižující šanci na vznik myopie. Je zapotřebí více studií k posouzení dalších možných důležitých faktorů, jako například používání pohledu do dálky, méně práce na blízkou vzdálenost, fyzická aktivita nebo přirozené působení ultrafialového světla [18].

5.2 Hypermetropie

Faktory ovlivňující vývoj hypermetropie nejsou řešeny tolik jako faktory ovlivňující myopii. Oba procesy však zřejmě úzce souvisejí.

Ve Velké Británii proběhla studie 7 825 sedmiletých dětí z různých socioekonomických podmínek. Děti, které pocházely z prostředí s horšími podmínkami, měly skoro dvakrát větší pravděpodobnost výskytu hypermetropie než děti z bohatších rodin. Zároveň měly také větší riziko vzniku amblyopie a konvergentního strabismu [19].

Také proběhla studie, která zkoumala souvislost mezi pasivním kouřením a hypermetropií. V této studii bylo sledováno 300 dětí mezi 5. a 12. rokem. Byly podrobeny kompletnímu očnímu vyšetření, včetně cykloplegického. Zjištění expozice pasivnímu kouření bylo provedeno jednak anamnézou a jednak pomocí množství kotininu a kreatininu v moči. Studie ukázala, že mnohem větší koncentrace kotininu byla u dětí s hypermetropií než u dětí s emetropií a myopií. Tato koncentrace byla zároveň také větší u dětí emetropických

než u dětí myopických. Tudiž vyšlo najevo, že pasivní kouření může podporovat přetrvávání a vývoj hypermetropie [20].

Dále se uskutečnily studie testující vliv podkorigování hypermetropických očí u dětí. V jedné bylo sledováno 76 dětí a v druhé 150. V obou studiích bylo prokázáno, že podkorigování bylo spojené se snížením korekce do dálky (až o -0,50 D za jeden rok). Také byla prokázána souvislost mezi stupněm podkorigování a hodnotou poklesu hypermetropie. Vědci tak došli k závěru, že podkorigování má kladný vliv na aktivaci emetropizace (tudiž pokles dalekozrakosti). Naopak plná korekce může v brzkém a pozdějším dětství emetropizaci inhibovat [21] [22].

6 Praktická část

6.1 Cíl práce a hypotézy

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit výskyt jednotlivých refrakčních vad u souboru dětských pacientů (3–12 let) vyšetřovaných v rámci běžné oční ambulance. Byly vyhodnoceny rozdíly v četnosti výskytu jednotlivých refrakčních vad v závislosti na věku. U části pacientů, kteří navštívili oční ambulanci opakovaně, byl zpracován vývoj refrakční vady. Výsledky byly porovnány s výsledky dostupných studií zabývajících se touto problematikou.

Hypotéza 1.: Četnost výskytu hypermetropie se s věkem snižuje.

Hypotéza 2.: Četnost výskytu myopie se s věkem zvyšuje.

Hypotéza 3.: Četnost výskytu astigmatických vad se v závislosti na věku výrazně nemění.

6.2 Soubor vyšetřovaných osob a metodika

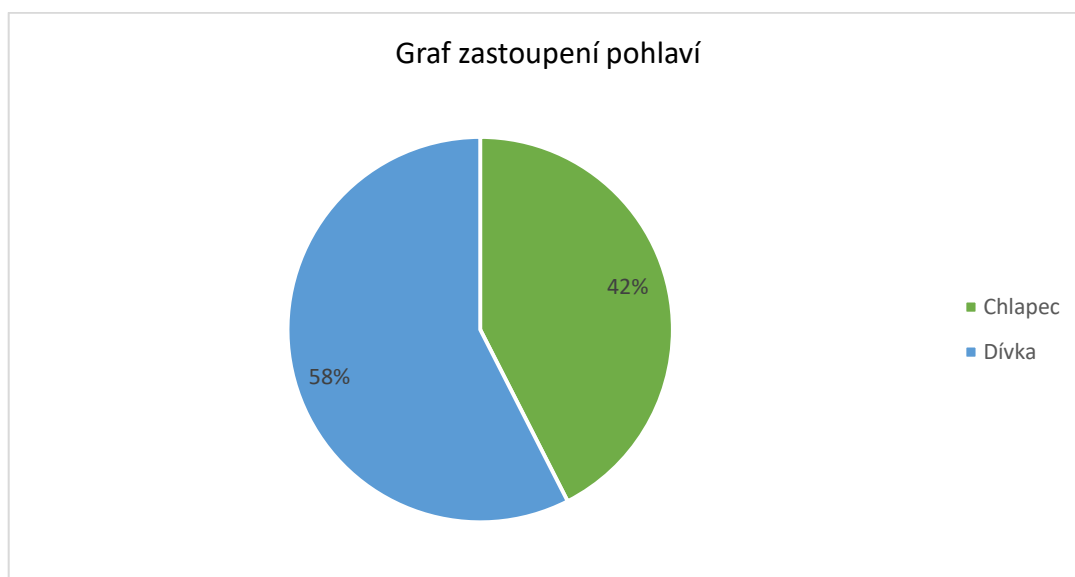
V rámci retrospektivní studie byly hodnoceny záznamy získané ze zdravotnické dokumentace oční ambulance Zbraslavského očního centra s.r.o. Byly vybrány záznamy dětských pacientů narozených v letech 2008–2016. Dále byly vyhodnoceny pouze nálezy u dětských pacientů, kteří byli minimálně jednou vyšetřeni v dané ambulanci včetně stanovení refrakce. Soubor neobsahuje osoby vyšetřené pouze pro akutní potíže. Byly zaznamenány výsledky stanovení refrakce z průběžných kontrol a vypsána velikost refrakční vady při dané návštěvě. Pokud byla refrakce vyšetřována opakovaně, byla hodnota zaznamenána vždy, když se subjektivní nebo objektivní (cykloplegická) refrakce změnila. Pro zpracování četnosti výskytu refrakčních vad v závislosti na věku byla použita data pacientů opakovaně, tzn. použita refrakce z různých roků, vždy k danému roku věku. Emetropie byla definována jako hodnota cykloplegické refrakce mezi +0,5 D až -0,5 D a v případě astigmatismu do 0,75 D [5] [23]. Bylo spočítáno celkové množství očí a pak počty vyjádřeny rovněž jako procentuální zastoupení. Pro posouzení vývoje vady (případně myopizace) byla data dále přepočítána na sférický ekvivalent a obdobně zpracována.

Pro posouzení vývoje refrakční vady u konkrétních jedinců byly vybráni všichni pacienti, kteří měli první zápis v roce 2015 ve věku 4, 5, 6, 7 nebo 8 let (tedy děti, kterým je v roce 2020 9, 10, 11 nebo 12 let). Dále byli hodnoceni pouze pacienti, kteří měli alespoň dva zápisy v dokumentaci. U těchto pacientů byl sledován vývoj brýlové korekce. U pacientů s opakovaným záznamem cykloplegické refrakce byl rovněž popsán vývoj objektivní refrakce.

Celkem byly zhodnoceny záznamy 280 pacientů, z toho 119 chlapců a 161 dívek (Tabulka 1, Graf 1).

Tabulka 1.: Zastoupení jednotlivých pohlaví ve vyšetřovaném souboru

| Pohlaví | Počet osob | Procentuální zastoupení |
|---------|------------|-------------------------|
| Chlapec | 121 | 43 % |
| Dívka | 160 | 57 % |

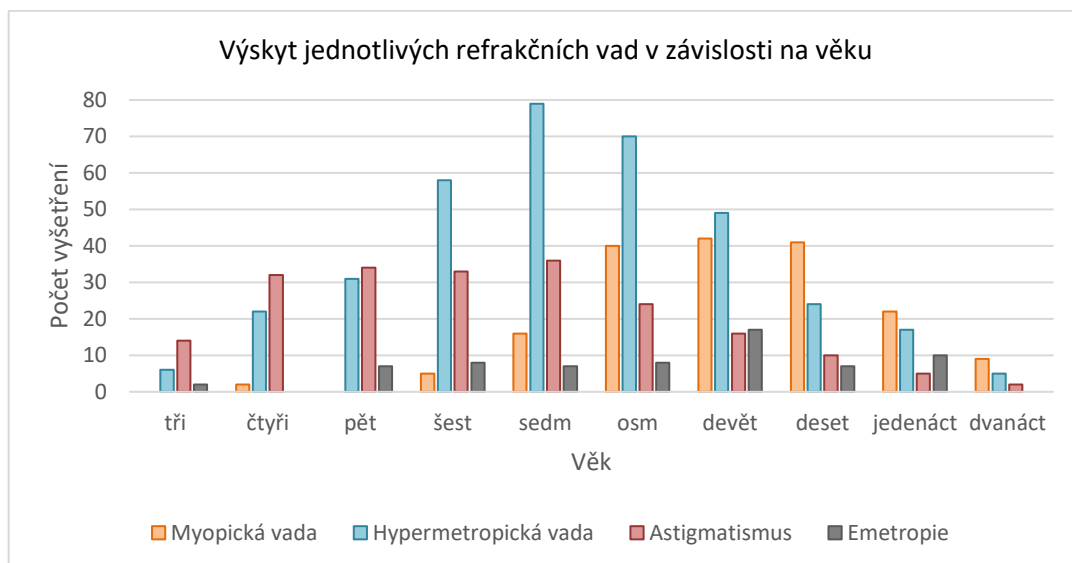


Graf 1: Znázorňující zastoupení pohlaví ve výzkumu

6.3 Výsledky

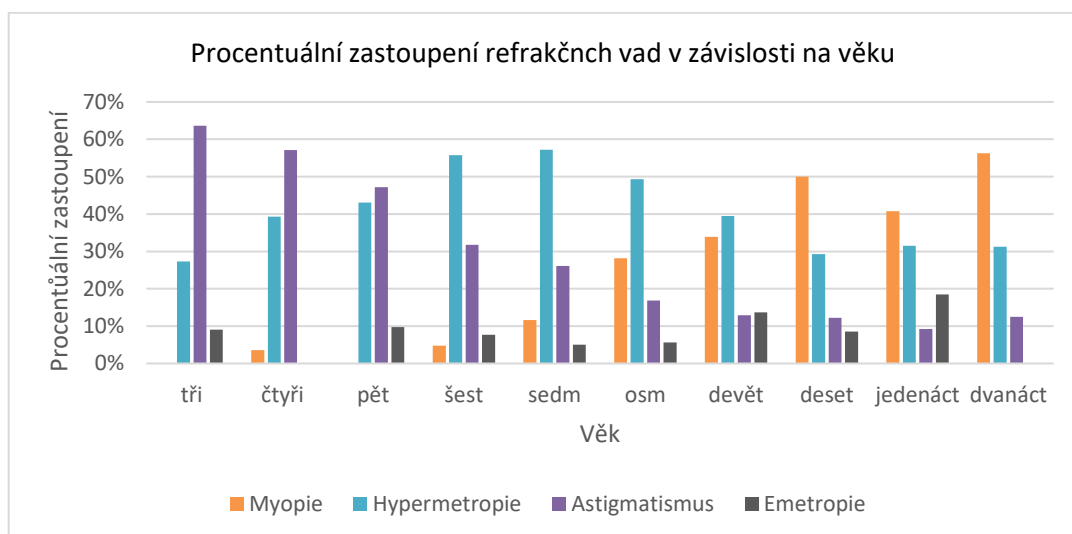
Tato kapitola shrnuje výsledky měření u různých věkových kategorií dětí ve věku od 3 do 12 let. Pro přehlednost jsou následující výsledky měření tříděny podle věku a druhu zjištěných vad (také viz Graf 2):

- Věk 3 roky – celkem změřeno 11 pacientů. Z toho 14 očí vykazalo astigmatickou refrakční vadu, 6 očí bylo hypermetropických a 2 byly emetropické.
- Věk 4 roky – celkem změřeno 28 pacientů. V tomto souboru byly dvě oči myopické, 22 očí hypermetropických a 32 očí astigmatických.
- Věk 5 let – vyšetřeno 36 dětí. Zde bylo 31 očí hypermetropických, 34 očí astigmatických a 7 emetropických.
- Věk 6 let – změřeno 52 dětí. Z toho bylo 5 očí myopických, 58 hypermetropických, 33 astigmatických a 8 očí emetropických.
- Věk 7 let – změřeno bylo 69 dětí. Myopických očí bylo celkem 16, hypermetropických 79, astigmatických 36 a emetropických 7.
- Věk 8 let – bylo provedeno měření 71 pacientů. Zjištěno bylo 40 očí myopických, 70 hypermetropických, 24 astigmatických a 8 emetropických.
- Věk 9 let – celkem bylo měřeno u 62 dětí. Z toho 42 očí bylo myopických, 49 hypermetropických, 16 astigmatických a 17 emetropických.
- Věk 10 let – vyšetřeno bylo 41 dětí. Z toho 41 očí bylo myopických, 24 hypermetropických, 10 astigmatických a 7 emetropických.
- Věk 11 let – změřeno bylo 27 pacientů. Z toho bylo zjištěno 22 očí myopických, 17 hypermetropických, 5 astigmatických a 10 emetropických.
- Věk 12 let – změřeno celkem 8 dětí, přičemž 9 očí bylo myopických, 5 hypermetropických a 2 astigmatické.



Graf 2: Výskyt vad v závislosti na věku (absolutní počet)

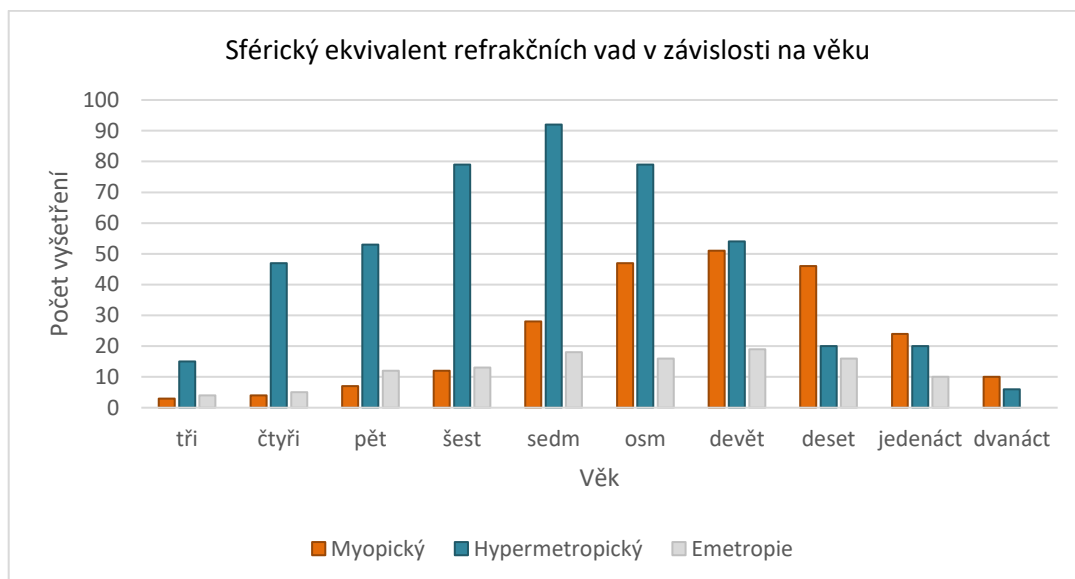
Pro názornější zobrazení zastoupení jednotlivých refrakčních vad byly hodnoty přepočítány na procenta (procentuální zastoupení očí s refrakční vadou z celkového počtu měřených v daném roce; Graf 3).



Graf 3: Procentuální zastoupení refrakčních vad

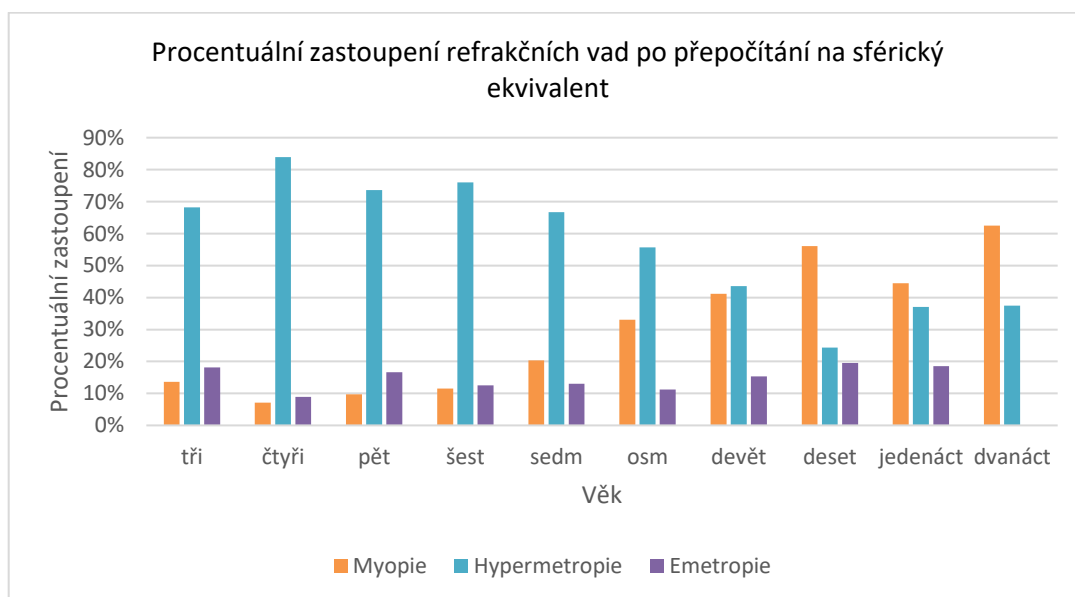
Největší počet dětí byl vyšetřen ve věku 7 až 9 let. V časném věku byl nejvíce zastoupen astigmatismus a jeho zastoupení se stoupajícím věkem dětí klesalo. Hypermetropie převažovala u dětí mezi 6. a 9. rokem života. Od 10. roku začal převažovat počet myopických případů. Zastoupení emetropických očí se výrazně neměnilo.

Grafy 4 a 5 znázorňují rozložení vad vyjádřených pomocí sférického ekvivalentu.



Graf 4: Výskyt refrakčních vad po přepočítání na sférický ekvivalent

Z grafu je patrné, že od 3 do 9 let dominuje hypermetropická vada, a od desátého roku začínají narůstat případy myopické vady. Zastoupení emetropických očí se výrazně neměnilo (Graf 5 a 6).



Graf 5: Procentuální zastoupení refrakčních vad po přepočítání na sférický ekvivalent

6.4 Vývoj refrakčních vad u vybraného souboru pacientů

U 24 subjektů, které splňovaly vybraná kritéria, byl popsán vývoj refrakčních vad. U 21 jedinců byla korigována hypermetropie nebo hypermetropický astigmatismus. U 14 z nich se korekce ve sledovaném období nezměnila. U šesti jedinců došlo ke snížení hypermetropické korekce, a to průměrně o $1,1 \text{ D} \pm 0,71 \text{ D}$ (za minimální sledovací období), hodnota

cylindrické složky se u nich nezměnila. Jednomu jedinci byla odebrána tórická korekce (u OP $z = 0,75/90$ na plan a u OL $z = 0,5/70$ na plan) a jednomu jedinci byla hodnota hypermetropické korekce navýšena z $+2,5 = 2,0/15$ na $+5,5 = 4,0/15$ u obou očí. U 8 jedinců v této skupině bylo provedeno opakovaně vyšetření v cykloplegii. U čtyř jedinců došlo k nárůstu hypermetropické vady a u čtyř jedinců došlo k poklesu vady. Průměrná hodnota poklesu vady byla $-0,9 D \pm 0,55 D$, nárůst vady byl $+1,53 D \pm 1 D$.

Tři jedinci z tohoto vybraného souboru měli myopickou vadu, u jednoho z nich byl diagnostikován myopický astigmatismus. U všech tří byl posuzován pouze vývoj korekce, protože ani jeden z nich nebyl měřen v cykloplegii. U všech se myopická vada zhoršila (tzn. došlo k nárůstu myopie). U jednoho jedince došlo k nárůstu vady mezi 7. a 10. rokem věku o $-1,75 D$ jak na pravém, tak na levém oku, u druhého o $-1,0 D$ (z $-0,5 D$ na $-1,5 D$), u třetího došlo ke změně o $-2,0 D$ (z $-0,25$ v osmi letech na $-2,25$ ve 12 letech na pravém oku, na levém oku došlo ke změně z plan čočky na $-1,75$). Průměrná hodnota změny refrakce u skupiny myopů byla tedy $-1,54 D \pm 0,39 D$ (za sledované období).

7 Diskuze

7.1 Porovnání výskytu refrakčních vad v souboru s podobnými studii

Z posuzovaných vyšetření v oftalmologické ordinaci je vidět, že od šestého roku věku stoupá počet vyšetřených dětí. To patrně souvisí s nástupem dětí do školy a vyššími nároky na zrakovou ostrost. Postupně s věkem přibývá myopie a po desátém roce již podíl myopických očí převažuje. Podíl astigmatismu v souboru vyšetřených očí s věkem klesá, velikost astigmatické vady se u většiny vyšetřených jedinců ale nemění.

V roce 2009 vyšel článek „Prevalence of refractive errors in school-age children in Morocco“, který se zabýval výskytem refrakčních vad u dětské populace školou povinné. Studie byla prováděna v Maroku. Stejně jako u zpracovaného souboru, četnost hypermetropie a astigmatismu výrazně klesala s přibývajícím věkem vyšetřovaných [24].

Podobný trend byl pozorován ve článku „Refractive status and prevalence of refractive errors in suburban school-age children“, který zkoumal výskyt refrakčních vad u dětí v západní Číně. Na rozdíl od našeho souboru byl ale výskyt astigmatických vad na věku více méně neměnný. Hypermetropie ale s věkem ubývalo a myopie přibývalo. Stejně jako v našem souboru se mezi devátým a desátým rokem začalo objevovat více myopických než hypermetropických případů. Tato studie taktéž prokázala větší výskyt myopie a astigmatismu u dětí, které navštěvovaly náročnější školy, což se týče studia, než u dětí, které navštěvovaly normální školy [25].

„Is emmetropia the natural endpoint for human refractive development? An analysis of population based data from the refractive error study in children“ je článek z roku 2010, který zkoumal četnost výskytu refrakčních vad u dětí (5-15) na několika místech, a to: v Nepálu, Indickém Novém Dillí a Mahabubnagaru, Jižní Africe, v Chile a v Číně. V Nepálu se u dětí nejvíce vyskytovala hypermetropie s tím, že výskyt myopie byl 0,79 %. V Novém Dillí a Mahabubnagaru byl výskyt refrakčních vad v podstatě stejný s převahou hypermetropické vady. Stejně tak v Chile a Jižní Africe. Podobný profil jako u našeho souboru byl popsán v Číně, s tím rozdílem, že myopie začala převažovat až po jedenáctém roce života (v našem souboru začala převládat myopie již mezi devátým a desátým rokem) [23].

V článku pojednávajícím o výskytu refrakčních vad ve Španělsku („Distribution of refractive errors in Spain“) z roku 2000 naopak hypermetropie převažovala po celý život. Do osmi let převažovala hypermetropie nad myopií a následně se jejich poměr vyrovnal [26].

V Rumunsku taktéž proběhla studie podobné problematiky s názvem „Prevalence of refractive errors in schoolchildren in Romania“ z roku 2013. Výzkumu se zúčastnily děti ve věku 6 až 11 let. Jak v městském, tak venkovském prostředí byla mírná převaha hypermetropie, nejméně zastoupená byla myopie [27].

7.2 Porovnání vývoje refrakčních vad v souboru s podobnými studii

V článku „The development of myopia in Hong Kong children between the ages of 7 and 12 years: a five-year longitudinal study“ byl sledován soubor dětí ve věku 7 a 12 let, byl popsán jak vývoj hypermetropické vady, tak myopické. Průměrná změna hodnoty refrakce byla -1,62 D za pět let. U dětí, které byly od začátku sledování myopické, byl průměrný nárůst vady -2,56 D, naopak u dětí hypermetropických nebo emetropických byla hodnota změny refrakce -0,5 D. Tyto výsledky potvrdil i výzkum Mäntyjärviho z roku 1985 s názvem „Predicting myopia progression in school children“. Tato studie popsala průměrný růst myopické vady o -2,75 D za dobu sledování. Dětem, které byly na začátku výzkumu hypermetropické, pak průměrně klesala vada o -0,25 D (-1,05 D za 5 let). V porovnání s naším souborem byl v citovaných studiích nárůst myopie již myopických pacientů výraznější (v našem souboru byla hodnota nárůstu myopie -1,54 D za 5 let). Průměrná změna hypermetropické vady (+0,05 D) v našem souboru se rovněž liší od výsledků zmiňovaných prací, kde byla průměrná hodnota změny refrakční vady -0,21 D za rok [28].

7.3 Hypotézy

V práci byly stanoveny tři hypotézy:

Hypotéza č. 1: Četnost výskytu hypermetropie se s věkem snižuje. Výsledky práce potvrzují hypotézu, že výskyt hypermetropie se s věkem snižuje (viz Graf 2, 3, 4, 5).

Hypotéza č. 2: Četnost výskytu myopie se s věkem zvyšuje. Výsledky práce potvrzují hypotézu, že výskyt myopie se s věkem snižuje (viz Graf 2, 3, 4, 5).

Hypotéza č. 3: Četnost výskytu astigmatických vad se v závislosti na věku výrazně nemění. Na rozdíl od předchozích hypotéz, tato hypotéza nebyla na základě této práce

potvrzena. Zastoupení astigmatismu bylo vyšší u mladších dětí, s narůstajícím věkem poměrné zastoupení astigmatismu mezi vyšetřovanými dětmi pokleslo a okolo devátého roku věku se jeho výskyt ustálil na hodnotě kolem 10 %.

Limitem této studie je, že se nejednalo o reprezentativní vzorek populace daného věku. Na rozdíl od srovnávaných studií byl výběr ovlivněn spektrem pacientů, kteří se dostavili na vyšetření do nesespecializované oční ambulance. Za pozornost však stojí fakt, že i přes to, že v této práci byl zkoumán menší počet subjektů navštěvujících oftalmologickou ordinaci a výběrem nebyla reprezentativní skupina v daných věkových kategoriích, byl výsledek práce v mnohém srovnatelný s výsledky ostatních studií zabývajících se podobnou problematikou. Nejpodobnější výsledky byly u průzkumů prováděných v Číně a Africe. Stejně jako u této práce okolo devátého až jedenáctého roku života došlo k postupnému poklesu zastoupení hypermetropických vad a začaly převažovat vady myopické.

Na rozdíl od vývoje refrakčních vad pozorovaného v citovaných zahraničních studiích se vývoj v našem souboru lišil. V našem souboru došlo k méně výrazné změně hodnoty hypermetropie i myopie. Tento rozdíl mohl být způsoben menším počtem subjektů v našem souboru, ale také rozdílnou genetickou predispozicí. Značná část zahraničních studií byla prováděna na území Asie, kde je popisován častější výskyt progresivní myopie a myopie vůbec.

8 Závěr

Cílem této práce bylo shrnout základní informace o refrakčních vadách oka, vývoji refrakce od dětského věku do dospělosti a možných faktorech ovlivňujících tento vývoj. V úvodu byly rovněž popsány základní informace o embryonálním vývoji oka.

Pro správný vývoj refrakce je důležitý rovnoměrný vývoj jednotlivých očních struktur tak, aby byl zajištěn správný poměr mezi axiální délkou oka a optickou lomivostí příslušných struktur oka. Pokud je poměr porušen, vznikají refrakční vady, které se mohou během růstu a stárnutí organismu dále vyvíjet.

Vzhledem k stoupající četnosti výskytu refrakčních vad je v současné době věnována značná pozornost objasnění faktorů, které mohou vývoj vady ovlivnit. Výsledky těchto studií jsou však často nejednoznačné a skutečné příčiny vzniku a progresu refrakčních vad tak zůstávají z velké části neobjasněny.

Ačkoliv námi posuzovaný vzorek dětských pacientů běžné oční ambulance (z dříve uvedených důvodů) byl příliš malý na to, aby bylo možno z naší studie vyvozovat objektivní závěry ohledně vývoje refrakčních vad u posuzovaného vzorku, je až překvapivé, že se výsledky četnosti refrakčních vad námi popsané velmi podobaly výsledkům odborných prací zabývajících se podobnou problematikou, pouze s mírnou odlišností u vývoje refrakčních vad sledovaných jedinců. Lze tedy dovozovat, že zjištěná korelace výsledků může vést k dalším zajímavým zjištěním, která by si však zasloužila podrobnější práci většího rozsahu nad statisticky reprezentativním vzorkem dětských pacientů.

Seznam použité literatury

- [1] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství. 2.*, přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [2] LAMBERT, Scott a Christopher LYONS. *Taylor & Hoyt's Pediatric ophthalmology and strabismus*. Fifth edition. New York: Elsevier, 2017. ISBN 9780702066160.
- [3] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-313-9.
- [4] SADLER, T. *Langmanova lékařská embryologie*. 1. české vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-2640-3.
- [5] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [6] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Vyd. 1. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
- [7] MILDER, Benjamin a Melvin RUBIN. *The fine art of prescribing glasses without making a spectacle of yourself*. 2nd ed. Gainesville, Fla.: Triad Pub. Co., 1991. ISBN 0937404020.
- [8] MORGAN, Ian, Kyoko OHNO-MATSUI a Seang-Mei SAW. Myopia. *The Lancet*. 2012, **379**(9827), 1739-1748. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60272-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60272-4).
- [9] COOPER, Jeffrey a Andrei TKATCHENKO. A Review of Current Concepts of the Etiology and Treatment of Myopia. *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*. 2018, **44**(4), 231-247. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000499. ISSN 1542-2321.
- [10] AUTRATA, Rudolf. *Nauka o zraku*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7.
- [11] SEVERA, David, Petr VESELÝ a Pavel BENEŠ. *Základy metod korekce refrakčních*

vad: Monokulární korekce refrakčních vad pomocí Jacksonových zkřížených cylindrů.
1. Brno: Masarykova univerzita, Lékařská Fakulta, 2016. ISBN 978-80-210-8289-2.

- [12] SIEGWART, John a Thomas NORTON. Perspective: How Might Emmetropization and Genetic Factors Produce Myopia in Normal Eyes?. *Optometry and Vision Science*. 2011, **88**(3), 365-372. DOI: 10.1097/OPX.0b013e31820b053d. ISSN 1040-5488.
- [13] BENJAMIN, William. *Borish's Clinical Refraction*. 2. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN 9780750675246.
- [14] Familial Aggregation and Prevalence of Myopia in the Framingham Offspring Eye Study. *Archives of Ophthalmology*. 1996, **114**(3), 6. DOI: 10.1001/archophth.1996.01100130322017. ISSN 0003-9950.
- [15] KLEIN, Alison, Priya DUGGAL, Kristine LEE, Ching-Yu CHENG, Ronald KLEIN, Joan BAILEY-WILSON a Barbara KLEIN. Linkage Analysis of Quantitative Refraction and Refractive Errors in the Beaver Dam Eye Study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2011, **52**(8). DOI: 10.1167/iovs.10-7096. ISSN 1552-5783.
- [16] SAW, Seang-Mei, Wei-Han CHUA, Ching-Ye HONG, Hui-Min WU, Wai-Ying CHAN, Kee-Seng CHIA, Richard STONE a Donald TAN. Nearwork in early-onset myopia. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2002, **43**, 332-9.
- [17] ROSE, Kathryn, Ian MORGAN, Jenny IP, Annette KIFLEY, Son HUYNH, Wayne SMITH a Paul MITCHELL. Outdoor Activity Reduces the Prevalence of Myopia in Children. *Ophthalmology*. 2008, **115**(8), 1279-1285. DOI: 10.1016/j.ophtha.2007.12.019. ISSN 01616420.
- [18] WU, Pei-Chang, Chia-Ling TSAI, Hsiang-Lin WU, Yi-Hsin YANG a Hsi-Kung KUO. Outdoor Activity during Class Recess Reduces Myopia Onset and Progression in School Children. *Ophthalmology*. 2013, **120**(5), 1080-1085. DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.11.009. ISSN 01616420.
- [19] WILLIAMS, C, K NORTHSTONE, M HOWARD, I HARVEY, R HARRAD a J SPARROW. Prevalence and risk factors for common vision problems in children: data from the ALSPAC study. *British Journal of Ophthalmology*. 2008, **92**(7), 959-

964. DOI: 10.1136/bjo.2007.134700. ISSN 0007-1161.

- [20] EL-SHAZLY, Amany. Passive smoking exposure might be associated with hypermetropia. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2012, **32**(4), 304-307. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2012.00918.x. ISSN 02755408.
- [21] CHANG, Ji a Chen-Wei PAN. Refractive error change and vision improvement in moderate to severe hyperopic amblyopia after spectacle correction: Restarting the emmetropization process?. *PLOS ONE*. 2017, **12**(4), 10. DOI: 10.1371/journal.pone.0175780. ISSN 1932-6203.
- [22] YANG, Hee, Jung CHOI, Dae KIM, Jeong-Min HWANG a Zoi KAPOULA. Changes in Refractive Errors Related to Spectacle Correction of Hyperopia. *PLoS ONE*. 2014, **9**(11), 5. DOI: 10.1371/journal.pone.0110663. ISSN 1932-6203.
- [23] MORGAN, Ian, Kathryn ROSE a Leon ELLWEIN. Is emmetropia the natural endpoint for human refractive development? An analysis of population-based data from the refractive error study in children (RESC). *Acta Ophthalmologica*. 2010, **88**(8), 877-884. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01800.x. ISSN 1755375X.
- [24] ANERA, Rosario, Margarita SOLER, Juan DE LA CRUZ CARDONA, Carlos SALAS a Carolina ORTIZ. Prevalence of refractive errors in school-age children in Morocco. *Clinical & Experimental Ophthalmology*. 2009, **37**(2), 191-196. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2009.02001.x. ISSN 14426404.
- [25] PI, Lian-Hong, Lin CHEN, Qin LIU et al. Refractive Status and Prevalence of Refractive Errors in Suburban School-age Children. *International Journal of Medical Sciences*. 2010, , 342-353. DOI: 10.7150/ijms.7.342. ISSN 1449-1907.
- [26] MONTÉS-MICÓ, Robert a Teresa FERRER-BLASCO. Distribution of refractive errors in Spain. *Documenta Ophthalmologica*. 2000, **101**(1), 25-33. DOI: 10.1023/A:1002762724601. ISSN 00124486.
- [27] TURCIN, Luminita a Afilon JOMPAN. PREVALENCE OF REFRACTIVE ERRORS IN SCHOOLCHILDREN IN ROMANIA. *Jurnalul Pediatriei*. 2013, **16**(6162), 38-44.
- [28] EDWARDS, M.H. The development of myopia in Hong Kong children between the

ages of 7 and 12 years: a five-year longitudinal study. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 1999, **19**(4), 286-294. DOI: 10.1046/j.1475-1313.1999.00445.x. ISSN 0275-5408.

Seznam symbolů a zkratek

Seznam zkratek

| Zkratka | Význam |
|---------|----------------------------|
| JC | Jacksonův zkřížený cylindr |

Seznam symbolů

| Symbol | Jednotka | Význam |
|--------|----------|--|
| D | m^{-1} | Převrácená hodnota ohniskové vzdálenosti |

Seznam grafů

| | |
|---|----|
| Graf 1: Znázorňující zastoupení pohlaví ve výzkumu..... | 24 |
| Graf 2: Výskyt vad v závislosti na věku..... | 26 |
| Graf 3: Procentuální zastoupení refrakčních vad | 26 |
| Graf 4: Výskyt refrakčních vad po přepočítání na sférický ekvivalent..... | 27 |
| Graf 5: Procentuální zastoupení refrakčních vad po přepočítání na sférický ekvivalent | 27 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka 1.: Zastoupení jednotlivých pohlaví ve vyšetřovaném souboru | 24 |
|---|----|

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 1. Vývoj očního váčku do očního pohárku | 3 |
| Obrázek 2. Prvopočáteční vývoj čočky | 4 |
| Obrázek 3. Vývoj sklivce | 5 |
| Obrázek 4. Emetropické oko | 7 |
| Obrázek 5. Hypermetropické oko a jeho korekce spojnou čočkou | 9 |
| Obrázek 6. Myopické oko a jeho korekce rozptylnou čočkou | 11 |
| Obrázek 7. Příklad astigmatického oka | 13 |
| Obrázek 8. Typy pravidelného astigmatismu: A. Jednoduchý myopický; B. Složený myopický; C. Složený; D. Jednoduchý hypermetropický; E. Složený hypermetropický | 14 |

Obrázek 9. Jacksonův zkřížený cylindr 16

Citace obrázků

[29] **Obr. 1:** ŠAJDÍKOVÁ, Martina, Patrik Maďa a Josef Fontana. Vývoj prvopočátečního oka. In: FONTANA, Josef a kolektiv autorů. Funkce buněk lidského těla [online]. Univerzita Karlova. Dostupné z: <http://fblt.cz/wp-content/uploads/2013/12/Kapitola-13-05.jpg>

[30] **Obr. 2:** Li Y., Ding Y. (2017) Schematic diagrams of embryonic development of the lens. Embryonic Development of the Human Lens. In: Liu Y. (eds) Pediatric Lens Diseases. Springer, Singapore. Dostupné z: https://media.springernature.com/original/springer-static/image/chp%3A10.1007%2F978-981-10-2627-0_1/MediaObjects/370445_1_En_1_Fig1_HTML.gif

[31] **Obr. 3:** Upraveno z Fine BS, Yanoff M [1979]: Ocular Histology. Harper & Row, New York. Dostupné z: https://veteriankey.com/wp-content/uploads/2016/08/B9780721605616500174_gr3.jpg

[32] **Obr. 4:** Upraveno z: HOLMANNOVÁ, Drahomíra. Dalekozrakost. In: Symptomy.cz [online]. Dostupné z: <https://www.symptomy.cz/nemoc/dalekozrakost-a-kratkozrakost.jpg>

[33] **Obr. 5:** Гуменюк, И.С. Hyperopia lens correction. Wikimedia.org [online]. 24. července 2014. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hypermetropia_color.svg

[34] **Obr. 6:** Myopia. In: Fyzweb.cz [online]. Dostupné z: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/22/Myopia-2-3.svg>

[35] **Obr. 7:** Glasses for astigmatism. In: essilor.co.uk [online]. Dostupné z: https://www.essilor.co.uk/var/essilor/storage/images/_aliases/medium/6/4/9/2/492946-1-eng-GB/Diagram.jpg

[36] **Obr. 8:** Upraveno z WOOLEY, C. H. In: aao.org [online]. Dostupné z: <https://www.aao.org/image/types-of-astigmatism>

[37] **Obr. 9:** Základní rozdělení subjektivních metod korekce refrakčních vad. In: SEVERA, David, Petr Veselý, Pavel Beneš. Základy metod korekce refrakčních vad [online]. Lékařská fakulta Masarykovy Univerzity. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/media/obr04-02.png