

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO
KATEDRA OPTIKY

**ASTIGMATISMUS A JEHO SOUVISLOST
S VYBRANÝMI PARAMETRY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VYPRACOVALA:

Marie Vasková

obor 5345R008 OPTOMETRIE

studijní rok 2015/2016

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Mgr. Františka Pluháčka, Ph.D. za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci dne 25. 4. 2016

Marie Vasková

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji touto cestou především RNDr. Mgr. Františku Pluháčkovi, Ph.D. za čas strávený vedením mé bakalářské práce a za jeho ochotu, připomínky a odborné rady. Dále pak děkuji svému příteli a všem, kteří mě při studiu i psaní této práce jakkoli podporovali a motivovali.

Tato práce byla vytvořena za podpory projektu IGA PřF UP v Olomouci s názvem "Optometrie a její aplikace", č. IGA_PrF_2016_015.

Marie Vasková

OBSAH

1.	ÚVOD	4
2.	ASTIGMATISMUS.....	5
2.1.	Klasifikace.....	5
2.2.	Symptomy	8
2.3.	Složky.....	8
2.4.	Vyšetřování	9
2.4.1.	Objektivní metody vyšetřování	9
2.4.2.	Subjektivní metody vyšetřování.....	12
2.5.	Způsoby korekce	14
2.6.	Chyby v korekci	15
3.	PARAMETRY SOUVISEJÍCÍ S ASTIGMATISMEM.....	16
3.1.	Genetika	16
3.2.	Věk a pohlaví	18
3.3.	Emetropizace.....	20
3.4.	Refrakce	22
3.5.	Vzájemné postavení os.....	23
3.6.	Anizometropie.....	24
3.7.	Akomodace	24
3.8.	Původ, BMI, IQ, fotoperioda	25
3.9.	Etnicita	27
3.10.	Toricita a asféricita rohovky.....	28
3.11.	Ortokeratologie.....	29
4.	ZÁVĚR	31
5.	CITOVANÁ LITERATURA	32

1. ÚVOD

Stejně jako mají lidé přehled o tom, jaké potřebují léky nebo jestli v jejich těle funguje vše, jak má, ví také, jestli je jejich vidění dostatečně kvalitní anebo by to přece jen chtělo trošku doostřit. Při měření zraku zákazníků nebo následném vybírání nejlepší korekce, řadu z nich poprvé seznamujeme s pojmem cylindr. A pokud je s ním seznámíme dříve, než odejdou nakupovat do obchodu s klobouky, vysvětlíme jim také, že se jedná o korekci vady zvané astigmatismus.

Astigmatismus je ve větší nebo v menší míře přítomný téměř u každého z nás, ačkoli ho ve výsledku nemusíme vnímat. Což je jeden z hlavních důvodů, proč si tuto práci přečíst, a pro mě proč tuto práci napsat. Přestože je tato práce především odbornou rešerší, pro osvěžení paměti a možná i malé rozšíření vědomostí si v její první části přečteme o astigmatismu těch v nejzákladnějších rovinách.

Ve druhé, stěžejní části této práce je pak provedena samotná rešerše ohledně dosud zkoumaných faktorů, které s astigmatismem souvisí nebo se to takto alespoň jeví. Oko je, stejně jako každý orgán, součástí jakéhosi uspořádání v našem těle, i když se jedná pouze o tak malou část. Je tedy na místě zjistit, co je příčinou přítomnosti astigmatismu, čím je ovlivněn, jestli ho můžeme ovlivnit my sami anebo se prostě jen dovědět něco zajímavého o relativně běžném jevu, jakým právě astigmatismus je. To je zároveň cílem této práce – objasnit důvody jeho časté přítomnosti a zařadit ho do celkového systému našeho těla.

2. ASTIGMATISMUS

Astigmatismus je refrakční vada přítomná v optickém systému téměř každého oka. Patří také mezi ty nejznámější, hned po hypermetropii a myopii, tzv. daleko a krátkozrakosti. Jak již bylo řečeno v úvodu, před tím, než se dostaneme k zajímavostem, zmíníme nejprve základy. Alespoň v takovém rozsahu, aby poté bylo jasné, co je právě to zajímavé.

Astigmatismus definujeme jako stav, kdy optická soustava oka nemá v různých meridiánech ohnisko v téže rovině. Příčinou je zpravidla asféricita či excentricita optických ploch v oku. První jmenovaná se vyskytuje zejména u rohovky, druhá pak u čočky [1].

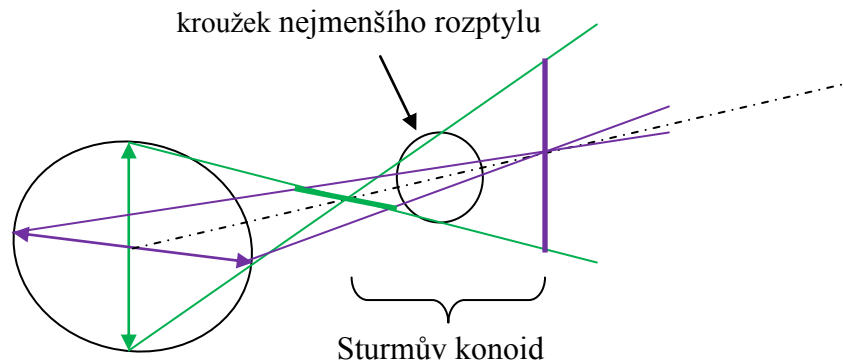
2.1. KLASIFIKACE

Pro další kapitoly je nutné si astigmatismus nejdříve přehledně klasifikovat. Známe jak dělení základní, tak na další podskupiny. U základního rozdělujeme astigmatismus do dvou velkých skupin na astigmatismus: [1; 2]

1. **Nepravidelný** (*lat. irregularis*): Oko má v různých meridiánech rozdílnou lomivost, avšak neuplatňuje se pouze monotónní přechod mezi maximálně a minimálně lomivým meridiánem. Nepravidelný astigmatismus může obsahovat i pravidelnou složku. Tento typ je spíše následkem chorob, úrazů nebo operací, patří sem např. keratokonus. V této práci bude zmiňován pouze okrajově, proto ho nebudeme dále rozdělovat.
2. **Pravidelný** (*lat. regularis*): V oku se nachází meridián s maximální a meridián s minimální lomivostí. Jsou na sebe kolmé a optická mohutnost se mezi nimi mění monotónně. Tento typ astigmatismu je častý, vzniká za fyziologických podmínek.

Při pravidelném astigmatismu se bod z předmětového prostoru nezobrazuje na sítnici jako bod, ale jako dvojice navzájem kolmých úseček, tzv. fokál. Obě jsou kolmé na optickou osu, avšak neleží v téže rovině. Útvar, který se nachází v prostoru mezi fokály se nazývá Sturmův konoid. Ve středu tohoto útvaru a tedy i prostoru

mezi fokálami se nachází kroužek nejmenšího rozptylu (viz Obr. 1). Velikost pravidelného astigmatismu je definována jako rozdíl mezi lomivostmi hlavních meridiánů. [1]



Obr. 1: Sturmův konoid

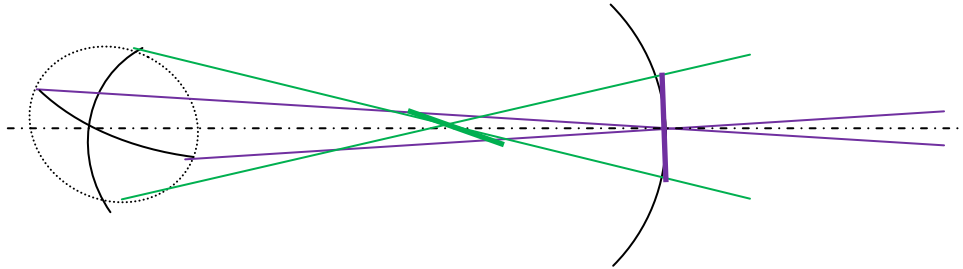
Pravidelný astigmatismus můžeme dále rozdělovat ze dvou hledisek. Prvním z nich je orientace os hlavních řezů, kde používáme rozdělení do tří skupin a to na astigmatismus [1; 2]:

1. **Podle pravidla** (přímý, *lat. rectus*): Vertikální meridián je lomivější, než meridián horizontální (viz Obr. 2). Tento typ je nejčastější, je totiž zapříčiněn mimo jiné i fyziologickým tlakem horního víčka na rohovku, tzv. sešlápnutí rohovky víčkem.
2. **Proti pravidlu** (nepřímý, *lat. inversus*): Horizontální meridián je lomivější, než vertikální meridián (viz Obr. 3), vyskytuje se méně často.
3. **Šikmých os** (*lat. obliquus*): Hlavní řezy svírají s vodorovným směrem úhly okolo 45° a 135° (viz Obr. 4). Nelze tedy rozhodnout, zda se u maximální nebo minimální optické mohutnosti jedná o vertikální či horizontální meridián.

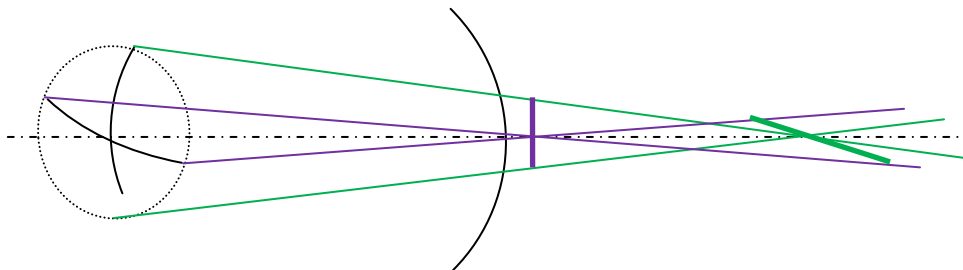
Druhým hlediskem je poloha fokál vůči sítnici. Zde známe také tři skupiny a astigmatismus podle toho rozdělujeme na: [1; 2]

1. **Jednoduchý** (*lat. simplex*): Jedna z fokál je emetropická, nachází se na sítnici. Druhá je ametropická a nachází se před nebo za sítnicí (viz Obr. 2). Dle její polohy můžeme jednoduchý astigmatismus rozlišit ještě dále na myopický, pokud je ametropická fokála před sítnicí anebo hypermetropický, pokud je za sítnicí (*lat. myopicus/hypermotropicus*).

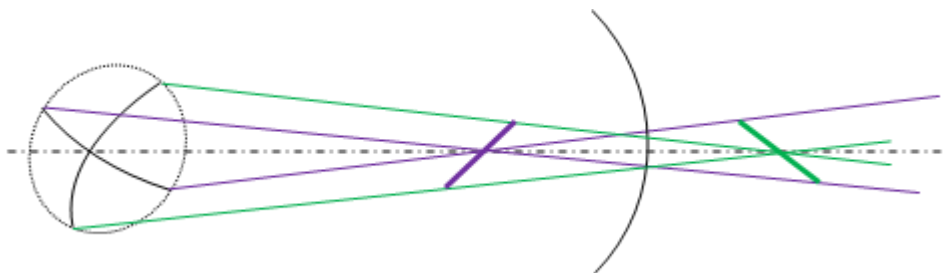
2. **Složný** (*lat. compositus*): Fokály obou meridiánů jsou ametropické. Jsou buď obě myopické nebo obě hypermetropické (viz Obr. 3). Odtud znovu možnost rozlišení na astigmatismus myopický, kdy se obě fokály nacházejí před sítnicí či hypermetropický, kde jsou obě za sítnicí.
3. **Smíšený** (*lat. mixtus*): Obě fokály jsou ametropické. Jedna je hypermetropická, druhá myopická (viz Obr. 4).



Obr. 2: Astigmatismus podle pravidla, jednoduchý, myopický



Obr. 3: Astigmatismus proti pravidlu, složený, hypermetropický



Obr. 4: Astigmatismus šikmých os, smíšený

2.2. SYMPTOMY

Astigmatismus, stejně jako ostatní refrakční vady, způsobuje rozmazané vidění, které ale nelze plně napravit sférickou korekcí. V případě, že je jedna fokála blíže sítnici, může se projevit i jako rozmazání převládající v určitém směru. Směr závisí na osách hlavních meridiánů. Při vyšetření na optotypu může člověk s astigmatismem vidět znaky zdvojeně, s duchy, stíny, jakoby za vodou apod.. Může i mhouřit oči nebo se snažit mírnit potíže náklonem hlavy. Mohou se dostavit také astenopické potíže, až chronické záněty víček. [2]

2.3. SLOŽKY

Aby to nebylo úplně jednoduché, pojem astigmatismus, který jsme zatím používali, není tak úplně přesný. Používáme ho totiž často jako zkrácenou formu pojmu celkový astigmatismus, popř. někdy i některé jeho složky.

Celkový astigmatismus můžeme zjednodušeně charakterizovat jako součet tří složek - astigmatismu rohovkového, čočkového a zbytkového způsobeného např. nepravidelnostmi očního pozadí. Tyto složky se navzájem ovlivňují, mohou se i kompenzovat. Nejsnadněji umíme změřit rohovkový astigmatismus, je tak základem pro výpočet astigmatismu celkového. Čočkový astigmatismus se vyskytuje u naprosté většiny lidí v orientaci proti pravidlu. Oproti rohovkovému a čočkovému astigmatismu dosahuje zbytková složka zanedbatelných hodnot. Díky těmto poznatkům můžeme využít pro výpočet hodnoty celkového astigmatismu Javalovu podmínku ve znění

$$Ast_C = 1,25 \cdot Ast_R \pm 0,5, \quad (1)$$

kde Ast_C je velikost celkového astigmatismu, 1,25 je konstanta, Ast_R je velikost astigmatismu rohovkového a 0,5 je předpokládaná konstantní hodnota astigmatismu čočkového. [2]

Pro rohovkový astigmatismus podle pravidla platí použití znaménka minus. V tomto případě totiž čočkový astigmatismus působí kompenzačně. U rohovkového astigmatismu proti pravidlu hodnotu 0,5 přičítáme. [2]

2.4. VYŠETŘOVÁNÍ

Jako u vyšetřování jiných refrakčních vad můžeme u astigmatismu použít metody objektivní a subjektivní. A jako u ostatních vad jsou metody objektivní spíše orientační, získáváme u nich hodnoty, které jsou základem pro potřebné subjektivní vyšetření.

2.4.1. OBJEKTIVNÍ METODY VYŠETŘOVÁNÍ

Pro objektivní měření číselných parametrů rohovky jsou určeny keratometry, jako zřejmě neznámější Javal-Schiötzův keratometr. Mezi přístroje, kterými můžeme zjistit objektivní refrakci či celkovou hodnotu astigmatismu patří např. vyšetření autorefraktometrem, skiaskopem či aberometrem. Pro přibližné zjištění hodnoty celkového astigmatismu můžeme použít rohovkový topograf.

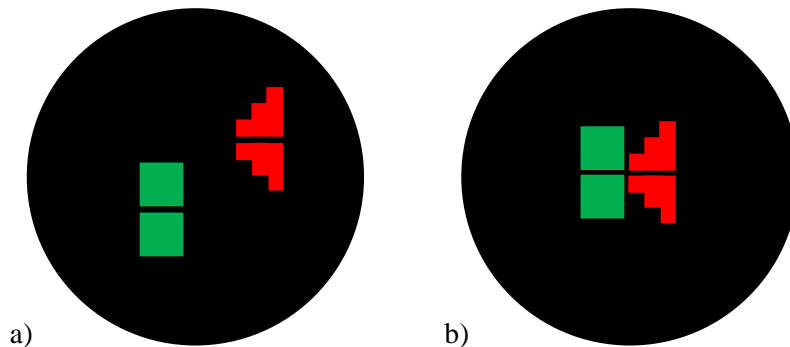
Jako první zmíníme Javal-Schiötzův keratometr (viz Obr. 5). Není to sice nejnovější výkřik techniky, ale stále se s ním ve vyšetřovnách můžeme setkat. Měření rohovkového astigmatismu je s ním přesné a poměrně názorné. Problém může představovat spíše navozená přístrojová myopie a to jak u vyšetřujícího, tak u vyšetřovaného. Keratometr funguje na principu projekce světelných značek na vypuklé zrcadlo – rohovku (viz Obr. 6). Poloměr zakřivení rohovky je stanoven na základě srovnání vzájemné vzdálenosti testových značek a jejich obrazů. Přesné určení vzdálenosti testových značek ztěžuje fyziologický třes vyšetřovaného oka. Tento problém je vyřešen jejich rozdvojením pomocí tzv. Wollastonova hranolu, svírají pak spolu úhel kolem 1° . Rozdvojené značky jsou vůči sobě při měření nastaveny do vždy stejné pozice (do vzájemného dotyku), čímž je zajištěna vždy konstattní vzdálenost obrazů a odpadá tak její měření. Nastavuje se tedy vzdálenost vzorových značek. Tato vzdálenost je kalibrována přímo v jednotkách poloměru nebo optické mohutnosti rohovky. [3]

Při práci s Javal-Schiötzovým keratometrem je nejdříve potřeba manuálně nastavit přístroj na vlastní oko. Úkolem vyšetřujícího je poté přiblížit červené a zelené značky, které vidí na rohovce vyšetřovaného, k sobě. Značky se mají právě dotýkat a zároveň být zaostřené. Středová černá čára mezi zelenými značkami musí také navazovat na čáru mezi značkami červenými. Takové postavení značek nazýváme

koincidenční (viz Obr. 6 b)). Ze stupnice poté vyšetřující odečte poloměr křivosti rohovky v hlavních řezech buď v dioptriích, nebo v milimetrech a samotnou osu řezu, která odpovídá pozici natočení značek při měření. Vyšetřovaný po celou dobu fixuje na bodový zdroj světla. Z výsledků lze určit, zda se jedná o astigmatismus podle anebo proti pravidlu a rozdíl naměřených hodnot je hodnota rohovkového astigmatismu.



Obr. 5: Javal-Schiötzův keratometr



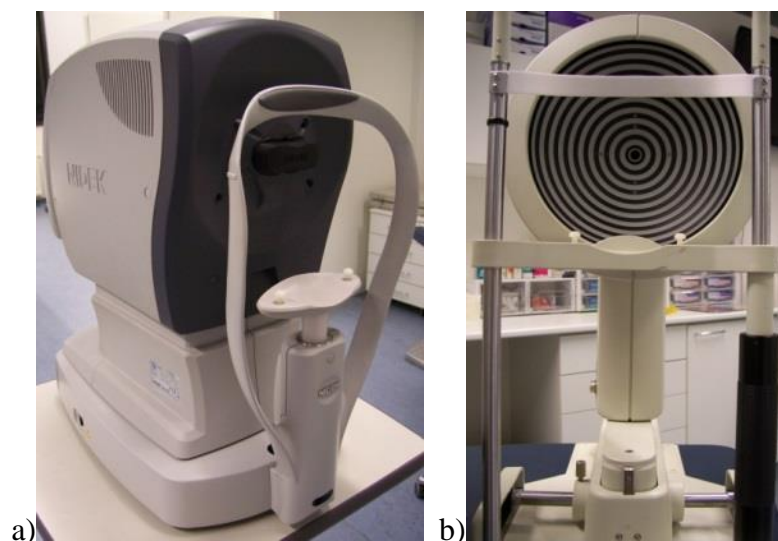
Obr. 6: Testové značky u Javal Schiötzova keratometru a) v nekoincidenčním a b) v koincidenčním postavení

Ze způsobů objektivního vyšetření astigmatismu je nejnáročnější pravděpodobně práce se skiaskopem (viz Obr. 6). Vlastním okem totiž po předložení skiaskopu v přítmi zaznamenáváme změny chodu červeného reflexu před a po předložení korekční čočky, zatímco skiaskop ručně natáčíme a samotný reflex jím vytváříme. Natáčením paprsku poté zjišťujeme hlavní řezy astigmatismu. Na závěr musíme zohlednit i vyšetřovací vzdálenost. Skiaskopické vyšetření astigmatismu je také o trochu náročnější, než vyšetřování pouze sférické vady a obojí vyžaduje určitou zkušenost.



Obr. 6: Skiaskop

U vyšetření autorefraktometrem (viz Obr. 7 a)) či aberometrem je vyšetření téměř (dle typu přístroje) celé automatické, ale může u něj dojít k navození přístrojové myopie. Měření autorefraktometrem dává přímé údaje o objektivní refrakci. Principů, na kterých autorefraktometr funguje, je několik. Jsou to např. skiaskopie nebo použití Scheinerova disku, který má v sobě 2 otvory, kterými prochází světlo. Pokud je oko emetropické, na sítnici se objeví jeden ostrý obraz, zatímco u ametropií jsou to obrazy dva. Na základě vyhodnocení těchto obrazů jsou určeny typ a velikost vady. Vyhodnocení probíhá pomocí určení pozice dalekého bodu, popř. blízkého bodu akomodace. Autorefraktometry mají často i přidanou funkci keratometrie. Při použití aberometru nebo rohovkového topografu (viz Obr 7 b)), který zpravidla ručně nasměrujeme přesně před oko, spíše jen hodnotíme automaticky naměřená data a parametry rohovky. Ty mohou sloužit jako podklad pro její zevrubnější vyšetření. [3]



Obr. 7: a) autorefraktometr, b) rohovkový topograf

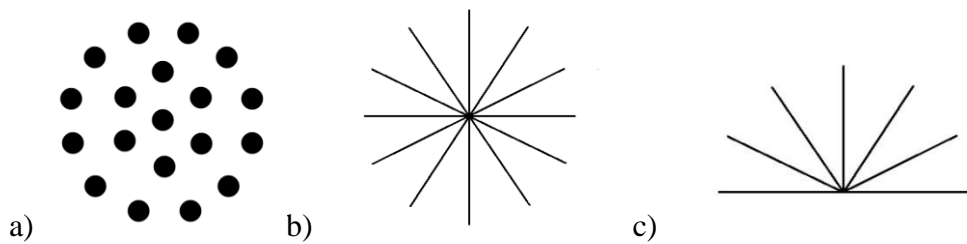
2.4.2. SUBJEKTIVNÍ METODY VYŠETŘOVÁNÍ

Subjektivně astigmatismus vyšetřujeme nejčastěji Jacksonovými zkříženými cylindry (JZC, viz Obr. 8). Jsou tvořeny dvěma plancylindry stočenými vůči sobě o 90° , standardně s hodnotami $\pm 0,25D$. Je to pro pacienta i optometristu pravděpodobně nejrychlejší a nejméně náročná varianta. Před jejím použitím je třeba najít nejlepší sféru, to znamená posunutí kroužku nejmenšího rozptylu na sítnici. Poté zjišťujeme předložením a otáčením JZC (rychlou záměnou os plancylindrů) na základě reakcí pacienta nejdříve orientaci osy a poté potřebnou sílu korekčního cylindru. Postupnými úpravami se fokály přibližují k sítnici. Pacient zatím, pokud již není příliš zmaten, sleduje optotyp s testem pro zkřížené cylindry (viz Obr. 9 a)) a porovnává mezi sebou obrazy pozměněné předložením JZC. Vyšetřující se snaží dosáhnout stavu, kdy jsou u osy i síly oba obrazy stejně dobré nebo špatné. To znamená, že obě fokály jsou na sítnici a předložení JZC (pozměnění osy či síly) je již posunuje směrem od ní. Poté pacienta dokorugujeme sférickými čočkami na klasickém optotypu. [2]



Obr. 8: Jacksonův zkřížený cylindr

Při silnějším astigmatismu (přibližně nad 2D) mohou být reakce na předložení zkřížených cylindrů slabé nebo žádné, v tom případě používáme zamlžovací metodu. Při ní, po nalezení nejlepší sféry, ukážeme pacientovi astigmatický vějíř nebo růžici (viz Obr. 9 b), c)). Oko zamlžíme spojnou čočkou tak, aby byl celý obraz stejně rozmazaný. Odmlžujeme rozptylkami, po nalezení čar, které jsou viděné ostřeji, vložíme kolmo na jejich směr cylindr. Osu doladíme jeho otáčením a sílu zvyšujeme do té doby, než jsou všechny čáry stejně ostré. [2]



Obr. 9: a) Test pro zkřížené cylindry, b) astigmatická růžice, c) astigmatický vějíř

2.5. ZPŮSOBY KOREKCE

Pravidelný astigmatismus korigujeme v brýlích torickými čočkami. Jsou to čočky, které mají v různých směrech různou optickou mohutnost. Ta se opět mění monotónně mezi maximálně a minimálně lomivým řezem čočky a tak kompenzuje astigmatické zakřivení rohovky. U dětí a mládeže dáváme do brýlí plnou, subjektivně stanovenou korekci. Tato varianta je ideální i v případě dospělých, ale pokud torické čočky dosud nenosili a ve snášenlivosti plné korekce je výrazný problém, je možné hodnotu cylindrů snížit. Tento problém nastává obzvláště u astigmatismu šikmých os. Při korekci do blízka necháváme stejné cylindry, jako byly subjektivně zjištěny do dálky. Korekci můžeme zapsat třemi způsoby, a to cylindrocylindrickým zápisem nebo zápisem sférocyklindrickým se záporným nebo kladným cylindrem. V případě brýlové korekce u silného astigmatismu může docházet ke zkreslování obrazu. Poté je vhodné hledat kompromis nebo místo brýlí použít měkké kontaktní čočky. [2]

Pokud korigujeme astigmatismus měkkými kontaktními čočkami, používáme taktéž čočky torické, ale ne každá hodnota cylindru je standardně dostupná. Deformace obrazu je díky menší vzdálenosti čočky od oka mnohem menší a tím se stává korekce snesitelnější. Přepsáním brýlové korekce do cylindrocylindrického zápisu ověříme, zda není třeba korekci vzhledem ke vzdálenosti od oka snížit či zvýšit. Postupujeme buď podle tabulek od výrobce daných kontaktních čoček anebo přepočítáme korekci podle vzorce

$$A'_0 = \frac{A'_d}{(1-d \cdot A'_d)}, \quad (2)$$

kde A'_0 je vrcholová lámavost kontaktní čočky, A'_d je vrcholová lámavost brýlového skla ve vzdálenosti d a d je vzdálenost brýlového skla od oka, $d > 0$. [2]

Při použití vzorce (2) přepočítáváme každý cylindr zvlášť. Tudíž ho můžeme aplikovat znovu jen na cylindrocylindrický zápis korekce. Přepočet se provádí jen u cylindrů, které mají hodnotu vyšší, než $\pm 4D$, u nižších se hodnota se změnou vzdálenosti výrazně nemění. Po přepočtu upravíme zápis zpět na sférocyklindrický.

Pro korekci nepravidelného astigmatismu používáme zpravidla tvrdé kontaktní čočky, i když u slabší formy někdy může stačit použít jen měkkou kontaktní čočku.

Pod tvrdou čočkou se pak na oku vytváří slzná čočka, která vyrovnává nepravidelné zakřivení rohovky, čehož jinou korekcí nedosáhneme. [2]

2.6. CHYBY V KOREKCI

Tím, že je korekce astigmatismu specifitější, než korekce sférických vad, může být její výroba zatížena více vadami. Jedná se zejména o stočení osy cylindru, se kterým nejčastěji můžeme setkat u měkkých kontaktních čoček. Malé stočení osy navodí tzv. zbytkový astigmatismus. Pro výpočet velikosti zbytkového astigmatismu v závislosti na stočení osy používáme vzorec

$$|Ast| = \frac{1}{10} \cdot cyl \cdot \frac{x^\circ}{3^\circ}, \quad (3)$$

kde $|Ast|$ je velikost zbytkového astigmatismu, cyl je hodnota vloženého cylindru v dané ose a x° je stočení osy. [2]

Hrubou chybou jak při vyšetřování, tak při zhotovování korekce je orientace cylindru do tzv. kontraosy. Jedná se o situaci, kdy korekci např. pro minimálně lomivý meridián otočíme o 90° a tím „korigujeme“ meridián opačný. Počáteční cylindrickou vadu tím pak vůbec nekompenzujeme, naopak jsme ji zdvojnásobili. [2]

3. PARAMETRY SOUVISEJÍCÍ S ASTIGMATISMEM

Už víme, co to astigmatismus je, jak se projevuje a třeba i to, jak se ho „zbavit“. Dosud jsme se ovšem bavili o všeobecně známých věcech, které, pokud je neznáme, nám sdělí téměř každá chytrá kniha o tomto tématu. Podstatou této práce je však popsat hlubší souvislosti, na čem a do jaké míry astigmatismus závisí anebo jak jsou takové parametry závislé na něm. Můžeme tedy začít.

3.1. GENETIKA

Jednou ze základních otázek je, zda je astigmatismus nechtěným dárkem od našich rodičů. Samozřejmě i bez bližšího zkoumání tušíme, že něco na tom bude, ale věda jde vždy o něco dál a dnes už známe přesnější informace, než pouhé dohady. Stále však zůstává prostor pro ucelenější a hlouběji sahající poznatky, které možná trochu osvětlí celkový mechanismus dědičnosti a genů. Co zatím víme?

Dle provedeného výzkumu můžeme tvrdit, že astigmatismus je z velké části dědičný. Pro úvod zmíníme nejen astigmatismus, ale i sférické vady. Dědičnost myopie a hypermetropie dosahuje až 85 %. S tak vysokým číslem nelze očekávat, že u astigmatismu bude dědičnost nulová. A také tomu tak není. U astigmatismu se sice pohybujeme v nižších číslech, než u sférických refrakčních vad, ale i tak dosahuje dědičnost 50 až 60 %. Co ale můžeme o astigmatismu hlavně říci, a co je dalším stěžejním výsledkem této studie, je to, že se na něm podílí především dominantní geny. Samozřejmě, přídatné geny projevy astigmatismu ovlivňují částečně také, ale je důležité, že tento poznatek dále umožňuje hledání právě těch konkrétních dominantních genů, které jsou za přítomnost a projevy astigmatismu odpovědné. [4]

Na přesnějším zařazení či zjištění umístění genů s využitím této důležité informace již byla provedena další studie a měření, přesné výsledky se bohužel zatím nepodařilo získat. Nicméně to, že je astigmatismus ovlivněn dominantními geny, potvrzeno bylo. Nejdůležitějším závěrem této navazující studie však je, že byl jejich dosud neznámý počet snížen na pouze jeden hlavní, dominantní gen. Jeho lokus (pozice jednoho nebo více genů na chromozomu) je na autozomálním (nepohlavním)

chromozomu a pouze on spolu se slabšími, přídavnými geny ovlivňuje právě astigmatické zakřivení rohovky. [4; 5]

Navazující výzkum šel dle očekávání ještě dále, ovšem trochu jiným směrem. Cílem bylo totiž odlišit dědičnost korneální složky astigmatismu od dědičnosti astigmatismu celkového. Výstupem z měření a výpočtů je to, že pokud bereme v potaz pouze rohovkový astigmatismus, můžeme u něj mluvit o vyšším procentu dědičnosti, než u astigmatismu celkového. U rohovkového astigmatismu se dostáváme až k horní hranici již dříve zmíněného rozmezí, a to k 60 %, zatímco u celkového se dědičnost pohybuje spíše kolem spodní hranice, což je 50 %. [5]

Další část výzkumu srovnávala výsledky měření dvojvaječných a jednovaječných dvojčat. Tato konfrontace výsledků je důležitá zejména kvůli tomu, že na dvojčatech nejvíce vidíme míru dědičnosti různých charakteristik oproti vlivu prostředí, ve kterém žijí. Zároveň můžeme očekávat, že u jednovaječných dvojčat budou tyto parametry ještě zřetelnější. A také jsou, protože pokud budeme porovnávat zjištěné hodnoty, zjistíme, že průměrná korelace výsledků měření mezi dvojvaječnými dvojčaty je oproti jednovaječným asi pouze čtvrtinová a to napříč všemi přítomnými věkovými kategoriemi. Toto poukazuje právě na působení dominantních genů. Dále byla při porovnávání naměřených hodnot u dvojčat zjištěna mírná odchylka při měření hodnot sférického ekvivalentu a samotného astigmatismu. Korelace hodnot u jednovaječných dvojčat byla u astigmatismu mírně nižší, než u sférického ekvivalentu. To znamená, že je znovu dokázáno, že prostředí, ve kterém se člověk pohybuje má na astigmatismus přece jen trochu větší vliv, než na vady sférické. [5; 6]

Překvapivým faktem je i to, že dědičnost astigmatismu je u každého pohlaví poněkud jiná. Dědičnost korneálního astigmatismu u žen je kolem 60 %, zatímco u mužů dosahuje spíše jen 50 %. Naopak u zakřivení rohovky, což je mírně odlišný parametr, než korneální astigmatismus, je odhadovaná míra dědičnosti vyšší u mužů (70 %), než u žen (41 %). [6]

Vidíme, že v případě korneálního astigmatismu nejsou jednotlivé výzkumy ohledně míry jeho dědičnosti nijak v rozporu. To vytváří stabilní podklad pro definitivní tvrzení, že dědičnost rohovkového astigmatismu je minimálně 50%.

Výzkum, kterým můžeme na závěr doplnit dosud uvedené informace, byl proveden v Izraeli a hodnotil prevalenci jednotlivých orientací os astigmatismu. Prevalence je počet jedinců, u kterých se daný jev vyskytl ku celkovému počtu jedinců. Ukazuje tedy určitou pravděpodobnost přítomnosti daného jevu na základě získaných reálných údajů. Hodnoty astigmatismu zjištěné u sourozenců ukazují, že pokud má první sourozenec astigmatismus např. podle pravidla, u druhého sourozence mluvíme u prevalence os v opačné orientaci o číslu kolem 30 % a u orientace os podle pravidla se dostáváme v prevalenci až nad 50 %. Pokud však měl starší sourozenec astigmatismus šikmých os, osy astigmatismu mladšího sourozence tato situace dle výpočtů nijak významně neovlivní. [7]

Genetika, jakožto parametr, který se projeví u astigmatismu jako jeden z prvních, má ve výzkumech celkem jasné výsledky, které si neprotiřečí. Na druhou stranu stále zůstává potenciál dalšího odkrývání jejích mechanismů, které můžeme vztáhnout buď na dané téma anebo naopak využít již zjištěné informace z této oblasti pro objevování dalších jejích obecných zákonitostí.

3.2. VĚK A POHLAVÍ

Lidské oko, hledě nehledě na zděděné predispozice, prochází s věkem určitými změnami, stejně jako celý zbytek těla. Ze začátku se oko postupně vyvíjí, optické plochy a celý bulbus roste a mění se úměrně celému tělu. Detailně tuto fázi a zjištěná data rozebereme v kapitole o emetropizaci. V závislosti na věku se budeme bavit spíše o stáčení os během života a celkových tendencích v chování astigmatismu. A intuitivně víme, že od určitého věku to už nebudou tendence jen k lepšímu.

S postupným stárnutím oka se mění zvláště sférické aberace. Změny v zakřivení a vzájemném uspořádání probíhají na více plochách, a to tak, že ve výsledku se z části vykompenzují. Pokud je v oku přítomen astigmatismus, což ve většině případů je, tyto změny jej ovlivňují také, i když nejsou ve výsledku tolik zřetelné. Nejvíce se kompenzace astigmatismu a komy (nejčastější aberace vyššího řádu, kdy se bod zobrazí jako „kometa“) uplatňuje u rohovek mladých lidí a lidí středního věku. U rohovky můžeme rozlišit v tvaru jejího zakřivení několik specifíků, která způsobují aberace, z nichž to, které zapříčiňuje astigmatismus, nazýváme toricitou rohovky. Na změnách

v optickém systému oka se pak neméně podílí čočka a to její optické plochy i vnitřní prostředí. Jelikož jsou oči párový orgán, můžeme říci, že změny probíhají u člověka v obou očích přibližně stejně, často se zrcadlovou symetrií. [8]

Ke shrnutí chování astigmatismu během života je důležité nejdříve říci, že výsledná vzájemná kompenzace mezi změnami v jednotlivých částech optického systému oka nemusí být úplná. Proto můžeme během lidského života zaznamenat ohledně změn astigmatismu, zejména posunů os, několik období. U nejmenších dětí, ve věku asi do pěti let se setkáváme obvykle s astigmatismem proti pravidlu. Do věku osmi let dochází k posunu osy směrem k orientaci podle pravidla. Podle některých zdrojů se ve školním věku osa posouvá opět proti pravidlu, je možné, že takový posun je spojen s nástupem školní myopie. Nejstabilnější období nastává ve věku 20-45 let. Astigmatismus převažuje stále v orientaci podle pravidla. Po tomto období nastává zlom, kdy se nejen tzv. zkracují čerstvým presbyopům ruce, ale narůstá i síla potřebných cylindrů a osa se posouvá výrazněji proti pravidlu. [2; 8; 9; 10]

Další ze základních věcí, u kterých by se dalo čekat, že astigmatismus určitým způsobem ovlivňuje, je pohlaví. Přestože při hledání rozdílů v astigmatismu mezi pohlavími jich nakonec nenalezneme mnoho, určitá specifika tu jsou. Například rozdíl v poloměru zakřivení rohovky. Nejedná se sice přímo o astigmatismus, avšak fakt, že zadní i přední plocha rohovky u mužů byla plošší než u žen, je z tohoto hlediska zajímavý. Zjištění lze srovnat s výzkumem z roku 1992, který ale proběhl u menšího vzorku lidí. Při něm již byly mezi pohlavími naměřeny výraznější rozdíly v toricitě zadní plochy rohovky, která dosahovala u mužů vyšších hodnot, než u žen. Posledním zjištěným rozdílem v souvislosti s astigmatismem je mezi pohlavími ten, že ženy mají osy orientované častěji podle pravidla a naopak astigmatismus šikmých os je u nich méně obvyklý, než u mužů. Celková prevalence astigmatismu je pak velmi mírně vyšší u mužů, než u žen. [6; 7; 11; 12]

3.3. EMETROPIZACE

Emetropizace je proces, kdy se postupným a dlouhodobým vývojem oka snaží organismus dosáhnout stavu emetropie. Ne vždy se mu to úplně podaří, ať už je chyba způsobena vnitřními tělesnými faktory, což, jak již víme, je z velké části dáno geneticky, anebo určitým vlivem okolního prostředí. U regulace astigmatismu, a nejen u ní, potom můžeme rozlišit jak pasivní, tak aktivní mechanismy. Tento proces se také liší svým průběhem v různých populacích.

Protože u lidí se snažíme podmínky pro vývoj zraku nastavit co nejlepší, nemohli bychom sledovat odchylky, které vznikají, pokud tomu tak není. Mechanismy byly proto sledovány převážně u zvířat, kterým byly navozovány různé vady předkládáním zejména torických čoček, což by u lidí nebylo možné. Opticky uměle navozená vada měla ukázat, zda a jak se proces emetropizace bude modifikovat. Tyto změny pak bylo opravdu možné pozorovat, při umělém navození vady u vyvíjejícího se oka proces emetropizace začal přizpůsobovat různými způsoby v závislosti na typu předkládané čočky. [13]

Konkrétnějších závěrů bylo při výzkumech hned několik. Jeden z projevů sledovaných u astigmatismu byla orientace os. U většiny zvířat daly výsledky vzniknout domněnce, že čím je vyšší dioptrická hodnota předkládané čočky, tím šikměji byly orientované osy u astigmatismu, který vznikl aktivním mechanismem emetropizace jako reakce na deformaci obrazu. Slabší předložená čočka tedy navodila spíše astigmatismus podle, či proti pravidlu. Orientace os získaného astigmatismu ale nekorespondovala s orientací os předloženého cylindru, závisela téměř jen na jeho dioptrických hodnotách. Dle těchto výsledků můžeme soudit, že aktivní mechanismy, které se uplatňují při emetropizaci ohledně astigmatismu, jsou slabé. Nedokáží totiž přesněji reagovat na předložené cylindry. [13]

Také jakkoli abnormální růst oka měl za vedlejší projev právě astigmatismus. Získaná vada se lišila i při předsazení různých druhů cylindru. Refrakce se v těchto případech posouvala k jedné či druhé fokále. Při navození vady plancylindrem se posouvala refrakce oka směrem ke kroužku nejmenšího rozptylu, popř. k více myopické fokále. Naopak při navození vady zkříženými cylindry se celková refrakce posouvala spíše k fokále hypermetropické. [13]

Celkově tak vidíme, že cylindrická vada je pro proces emetropizace tvrdším oříškem, než vada sférická. Zároveň zbývá stále spousta prostoru pro další objevování, na jehož konci možná budeme schopni využít aktivního ovlivňování procesu emetropizace ku prospěchu věci. Dlouhodobé i krátkodobé sledování bylo provedeno i u dětí. Vady jim již navozovány nebyly, přišlo však na řadu podrobnější pozorování vývoje astigmatismu během prvních deseti let života. V toto období je rozvoj celého těla velmi progresivní a s vysokou pravděpodobností se bude odrážet i ve změnách v refrakci právě v závislosti na procesu emetropizace.

Prevalence astigmatismu u dětí do dvou let je vysoká, ale ty, kterým se astigmatismus do tohoto věku neprojeví, ho pravděpodobně ani nikdy nebudou mít. Na druhou stranu i děti, kterým byly již v prvním roce života naměřeny vysoké hodnoty astigmatismu, mají naději na nízké cylindry. Ve čtvrtém roce života byla totiž i jejich naměřená cylindrická vada minimální nebo žádná, nehledě na orientaci hlavních řezů. Během prvních dvou let života se totiž většinou významně snižují jakékoli refrakční vady. Nejnižší prevalence astigmatismu je v rozmezí 6-10 let věku, poté opět mírně stoupá. Narůstá i síla astigmatismu, zejména u dětí, které měly ve věku do tří let astigmatismus alespoň 1D. Zajímavá je přítomnost tohoto jevu skoro výlučně jen u případů, kdy byl astigmatismus během prvních let života orientovaný proti pravidlu. [13; 14; 15]

Pokud je astigmatismus spojen i s přítomností myopie, bude se i sférická vada pravděpodobně zvětšovat. Toto spojení je úzké, jelikož u myopických dětí do tří let, které měly astigmatismus 1 D a více, se myopie v naprosté většině případů rozvíjela dále, stejně jako již zmíněné cylindry. Také u dětí starších osmi let, které měly myopii a cylindry alespoň v hodnotě 3 D, myopie dále progredovala. [13; 14; 15]

Krátkozrakost zároveň souvisí s orientací os astigmatismu. U dětí, u kterých byla zjištěna orientace os proti pravidlu, se časem myopie rozvinula, popř. u nich byla myopie progresivnější častěji, než u dětí s orientací osy podle pravidla. Závislost funguje určitým způsobem i opačně. Přítomnost vyšší ametropie, opět zvláště myopie, výrazně zvyšuje pravděpodobnost výskytu astigmatismu, tentokrát v orientaci podle pravidla. U nižšího stupně myopie se objevuje spíše astigmatismus proti pravidlu. Jednou z možností, jak tuto částečnou protichůdnost vysvětlit je, že časná přítomnost astigmatismu proti pravidlu podporuje rozvoj myopie, která se zvyšuje až do určitého

limitu. Po jeho překročení podporují abnormální strukturální změny v oku nástup astigmatismu opačné orientace - podle pravidla. Druhou možností je, že zásadní mechanismy vzniku těchto dvou ametropických skupin (astigmatismus proti pravidlu s nízkou myopií a astigmatismus podle pravidla s vysokou myopií) jsou naprosto rozdílné. [13; 14; 15]

Kapitolu můžeme zakončit mírným povzdechem, že je zatím velmi těžké určit, zda je astigmatismus příčinou anebo důsledkem vývoje sférických ametropií. Z hlediska emetropizace tedy opět můžeme konstatovat, že ne vždy se jí povede vypořádat se s určitými situacemi, které v očích nastávají, zvláště těch spojenými s cylindrickou vadou.

3.4. REFRAKCE

Refrakce je stanovení dioptrické hodnoty oka, která může být jak optimální, což znamená, že oko je emetropické anebo nedostatečná nebo příliš vysoká, pak mluvíme o ametropiích či refrakčních vadách, a to sférických anebo astigmatických. Již v předchozí kapitole jsme si mohli všimnout, že se astigmatismus v celkové refrakci neobjevuje pokaždé jako samostatná jednotka, ale často se pojí se sférickou vadou. Už také víme, že se při emetropizaci určitým způsobem vzájemně ovlivňují, ale zatím nevíme, jak to je s definitivním výskytem v dospělé populaci, ačkoli můžeme odhadnout, že se do té doby už větší změny odehrávat nebudou. Shrňme tedy nejčastější formy výskytu astigmatismu v souvislosti s myopií nebo hypermetropií.

Jak jsme již zjistili, u dětí vyvolává přítomnost větší sférické ametropie i výskyt astigmatismu, zvláště podle pravidla. Jelikož změny v refrakci nejsou v dalším věku už tak progresivní, stav zůstává přibližně stejný. A tak nejen u dětí, ale i u dospělých se z hlediska refrakce pojí s vyšší ametropií i vyšší prevalence astigmatismu v orientaci podle pravidla. Tento jev je výrazný zvláště v případě vyšší myopie. Astigmatismus šikmých os byl také naměřen častěji u vyšších ametropií, avšak tato závislost nebyla tak průkazná jako u os podle pravidla. A nakonec, co se týče astigmatismu proti pravidlu, platí opačná spojitost, objevuje se nejčastěji u nižších ametropií, kde četností výskytu výrazně převyšuje astigmatismu podle pravidla. [7; 9]

Zatímco závislost orientace os na výši ametropie už známe velmi dobře, se silou cylindrů je tomu jinak. Všeobecně se ale s astigmatismem podle pravidla pojí i větší síla cylindru. Naopak mnohem častější výskyt astigmatismu proti pravidlu je u nízkých hodnot cylindru. Ve větší míře je s nimi spojena i šikmá orientace os. Pro shrnutí kapitoly o souvislosti astigmatismu s celkovou refrakcí, spojíme informace o síle cylindrů a výši sférické ametropie. Zjistíme tak, že ve skupině, kam zahrneme účastníky s vyšší ametropií a vyšší hodnotou cylindru, je mnohem více lidí s orientací os podle pravidla. Naopak lidé s vadou blízkou emetropií a nízkou hodnotou cylindru měli osy orientované častěji proti pravidlu. Šikmé osy nemají tak silné korelace, ale objeví se pravděpodobněji u jedinců s vyšší sférickou ametropií a nižší hodnotou cylindru. [7; 9]

3.5. VZÁJEMNÉ POSTAVENÍ OS

Jelikož jsou oči párový orgán, je nasnadě, že se při jejich vývinu a např. i růstu do určitého tvaru bude uplatňovat jistá symetrie. Poněkud samozřejmá je v tom, že nakonec máme obě oči podobně velké, většinou mají obě stejnou barvu a že není jedno třeba na bradě. Taková a jistě důkladnější symetrie se většinou odráží i v refrakci a nakonec i v umístění os astigmatismu na levém a pravém oku. V tomto případě můžeme symetrii rozlišit na zrcadlovou a přímou. Zbývá už jen otázka, který druh převažuje.

Biologická podstata symetrie v osách cylindru, zvláště pak zrcadlová, byla vědecky potvrzena již v roce 1975. Měřením os astigmatismu menšího vzorku lidí v roce 1997 dosáhli američtí optometristé výsledku, který ale nedefinoval zákonitost jakékoli symetrie, ačkoli v jednotlivých párech očí potvrzoval pozoruhodnou podobnost os. Nakonec se ale k závěru, že častější symetrie je zrcadlová, přiklonila i studie z roku 2008, která se k takovému výsledku dostala zejména zpřesněním podmínek při výpočtech. Totiž v případě předpokladu, že převládá přímá symetrie, byla průměrná odchylka mezi osami v páru očí 20°. Za předpokladu, že převládá symetrie zrcadlová, se průměrná odchylka mezi osami výrazně zmenšila a to na 10°. Téměř stejných výsledků bylo dosaženo i pokud byly subjekty rozděleny na skupiny dle síly cylindru nebo na skupiny s astigmatismem podle pravidla, proti pravidlu anebo se šikmou orientací os. Pokud je tedy astigmatismus v očích přítomen, bude postavení os velmi

pravděpodobně blízké určité symetrii. A častěji, než o symetrii přímou, se bude jednat o symetrii zrcadlovou. [16; 17; 18]

3.6. ANIZOMETROPIE

Anizometropie je stav, kdy jsou hodnoty refrakce pravého a levého oka rozdílné. Mírná anizometropie je přirozená, avšak čím větší rozdíl je mezi pravým a levým okem, tím hůře je snášena zvláště brýlová korekce.

Bylo prokázáno, že kromě jiných faktorů, jako jsou např. sférická ametropie, věk či pohlaví, ovlivňuje výrazně prevalenci a stupeň ametropie i velikost astigmatismu. Tedy čím větší cylindrická vada oka, tím větší je pravděpodobnost přítomnosti anizometropie a to jejího vyššího stupně. Tento jev se objevuje jak u myopů, tak u hypermetropů a to i pokud bereme v potaz to, že bylo do zmíněných výsledků zahrnuto pouze méně ametropické oko. [19]

Fakt, že anizometropie je ovlivňována mírou astigmatismu byl prokázán i u výzkumu na postarší populaci. Prevalence anizometropie byla nejvíce zvýšena přítomností myopie. Hned za ní se jako faktor, který ovlivňoval prevalenci a míru anizometropie, zařadil právě astigmatismus. Dále se s anizometropií pojil např. věk, hypermetropie a katarakta. [20]

3.7. AKOMODACE

Akomodace je schopnost oka zaostřit na blízký předmět. Při tomto ději zvyšuje čočka smrštěním svoji optickou mohutnost a současně se navozuje konvergence. Konvergence je stočení očí směrem k nosu. Tyto děje se ovlivňují navzájem, oko může začít nejdříve konvergovat a tak se navodí i akomodace. Čím více oko akomoduje, tím více zároveň konverguje. Je tudíž možné, že by se např. mohla při konvergenci stočit osa astigmatismu, případně by mohl být pozměněn astigmatismus čočkový.

Vztah akomodace a astigmatismu zkoumal na konci minulého století tým japonských oftalmologů. Za účasti vzorku mladých lidí zjistil, že akomodace v oku

navozuje astigmatismus s orientací podle pravidla často o velikosti až -0,5 D. Rohovkový astigmatismus zůstává neovlivněn, mění se pouze astigmatismus čočkový. Tento výzkum byl proveden na základě téměř 100 let starého poznatku o nedostatečné akomodaci horizontálního meridiánu, která by navozovala právě astigmatismus podle pravidla. [21; 22]

V návaznosti na japonský projekt byl nedlouho poté v USA proveden nový výzkum, u kterého byl sledován akomodací navozený astigmatismus jak u dětí bílé rasy, tak u dětí se smíšenou, bílou a asijskou rasou. I přes snahu přizpůsobit výzkum tak, aby mohl být srovnatelný s výzkumem japonským, žádný významný vliv akomodace na astigmatismus zjištěn nebyl. Změny u astigmatismu byly při akomodaci u obou vzorků dětí minimální. Ani při srovnání obou ras nebyl nalezen žádný podstatný rozdíl, který by potvrdil, že u asijské rasy jsou tyto změny významnější. Dokonce při silnějším stimulu akomodace byl u dětí bílé rasy navozený astigmatismus o trochu větší, než u Asiatů. Vliv akomodace na astigmatismus tedy nebyl potvrzen a dále zůstává předmětem zkoumání. [23]

3.8. PŮVOD, BMI, IQ, FOTOPERIODA

Následující faktory, tedy až na původ, mohou znít ve vztahu k astigmatismu poněkud zvláště. Ale jak si dále popíšeme, možná nakonec na něj má nečekaně vliv i to, jestli se stravujeme přiměřeně anebo holdujeme častým vydatným nočním svačinkám. Hodnotit však budeme povětšinou vztah těchto parametrů k orientaci hlavních řezů. Výzkum nám tudíž zřejmě neporadí, jestli je lepší počítat kalorie nebo mít děti v létě s partnerem z dálného východu, protože přítomnost astigmatismu jako takového to dost možná neovlivní. Vliv původu člověka na astigmatismus ve smyslu příslušnosti k etnické skupině budeme více rozebírat v samostatné kapitole o etnicitě.

Prvním zkoumaným parametrem byl geografický původ. Výzkum byl prováděn v Izraeli, tudíž tato charakteristika možná nebude pro naše zeměpisné šířky až tak směrodatná. Podle výsledků se pak astigmatismus podle pravidla pojil více s těmi Izraelci, jejichž otec byl východního původu (Asie, Afrika) než původu izraelského anebo západního (Evropa, Amerika, Oceánie). [7]

Pro obě pohlaví dále platilo, že se stoupající hodnotou BMI klesala prevalence astigmatismu proti pravidlu a stoupala u os podle pravidla. U astigmatismu šikmých os znamenala stoupající hodnota BMI spíše mírný pokles výskytu. [7]

Dalším zkoumaným parametrem bylo ovlivnění postavení os astigmatismu délkou světlé části dne, fotoperiodou. V potaz bylo bráno 30 dní po dni narození. Zatímco spojitost se šikmým postavením os v této kategorii nebyla prokázána, u astigmatismu podle pravidla byla nalezena malá souvislost s delší fotoperiodou. Astigmatismus proti pravidlu je pak spíše spojen s datem narození během měsíců s kratší fotoperiodou. [7]

Hodnocena byla i souvislost s inteligencí. Vzorek zkoumaných jedinců byl dle výsledků IQ testů rozdělen na skupiny s nízkou, střední a vysokou inteligencí. Průměrná hodnota cylindru v jednotlivých skupinách se s rostoucí hodnotou IQ měnila jen nepatrně, spíše s klesající tendencí. Co se týče osy cylindru, u vyšších hodnot inteligence byl častější výskyt astigmatismu proti pravidlu. S rostoucí inteligencí se také snižovala prevalence astigmatismu šikmých os. [7]

Po výčtu parametrů můžeme k shrnutí říci, že astigmatismus podle pravidla významně koreluje s charakteristikami ženy východního původu s vyšší ametropií, cylindrem, vyšší hodnotou BMI, s delší fotoperiodou po narození, avšak se spíše nižším IQ. Zajímavé je i porovnání statistik ohledně astigmatismu podle pravidla a myopie – např. u fotoperiody je prevalence obou ametropií téměř shodná, ale např. u rostoucí inteligence je jejich prevalence opačná. [7]

Výzkum ale pokračoval dále srovnáváním závislostí u stejných charakteristik jednotlivých subjektů a jejich sourozenců. Astigmatismus podle pravidla byl v tomto případě stále spojen s vyšším cylindrem a s vyšší ametropií, častěji pak myopií. Původ a fotoperioda měla v tomto případě ale jen okrajovou souvislost a inteligence sílu ani osu cylindru nakonec neovlivňovala vůbec. Což je po předchozím tvrzení pro majitele astigmatismu podle pravidla určitě dobrou zprávou. [7]

3.9. ETNICITA

Jelikož pro Českou republiku nejsou údaje ohledně geografického původu studie z Izraele dost možná až tak důležité, bude dobré zmínit i souvislost astigmatismu s etnicitou, která je dostatečně výmluvná zřejmě celosvětově. Do výzkumu, který tuto souvislost sledoval, byly zahrnuty děti ze čtyř etnických skupin – Asiaté, Hispánci, Afroameričané nehispánského původu a bílá rasa nehispánského původu. [12]

Pro následné porovnání výsledků jednotlivých etnických skupin nejdříve zmíníme obecné údaje. Celková prevalence astigmatismu byla 28,4 % a na rozdíl od sférických vad se při porovnání s emetropií s věkem neměnila. Astigmatismus byl definován jako rozdíl alespoň 1D mezi maximálně a minimálně lomivým meridiánem. V případě, že bychom definovali astigmatismus jako rozdíl alespoň 1,25D, prevalence výrazně klesla na asi 15 %. [12]

Po rozdělení výsledků do jednotlivých etnických skupin je můžeme seřadit dle výše prevalence astigmatismu. Nejvyšší prevalence byla zaznamenána u Hispánců, u kterých dosahovala 36,9 %, za nimi následují Asiaté s 33,6 %, po nich bílé etnikum s prevalencí 26,4 % a nakonec Afroameričané, u nichž byla prevalence astigmatismu nejnižší a to 20,0%. Vidíme, že rozdíly mezi skupinami jsou markantní, jsou zároveň větší, než u sférických vad. Tento vztah astigmatismu a etnicity nebyl nijak ovlivněn ani v případě, že byly etnické skupiny rozděleny ještě dle pohlaví či věku. [12]

Zajímavá je u etnik také prevalence jednotlivých druhů astigmatismu. Zde se prevalence u jednoho etnika a různých druhů astigmatismu mnohdy výrazně lišily. U jednoduchého hypermetropického astigmatismu dále vedlo v prevalenci bílé etnikum. Za ním byli zhruba na stejné úrovni Hispánci, Asiaté a se značným rozdílem bylo nejnižší procento opět u Afroameričanů. Jinak tomu je ale u jednoduchého myopického astigmatismu, kde bylo pořadí dle prevalence od nejvyšší po nejnižší – Hispánci, Asiaté, Afroameričané a nakonec bílé etnikum. Vidíme tedy u bílého etnika mezi druhy astigmatismu velký skok od nejvyšší k nejnižší prevalenci. Přejdeme teď ke složenému astigmatismu. U složeného hypermetropického astigmatismu opět jednoznačně vedou běloši, za nimi Hispánci, Afroameričané a kousek za nimi jsou poslední Asiaté. Ovšem u složeného myopického astigmatismu se opět dostáváme do úplně jiného pořadí. Nyní v prevalenci vedou předtím poslední Asiaté, za nimi

Hispanci a poté jsou na podobné, o dost nižší úrovni Afroameričané a běloši. Jako poslední zmíníme smíšený astigmatismus, kde byla prevalence obecně velmi nízká. Všichni zde byli na podobné úrovni, úplně nejnižší čísla se týkají bílého etnika. [12]

K lepšímu pochopení předchozího odstavce můžeme shrnout výsledky tak, že celkově nejvyšší prevalence se týkaly jednoduchého hypermetropického astigmatismu, zatímco nejnižší byla u smíšeného astigmatismu. U, pro naše zeměpisné šířky charakteristického, bílého etnika pak byla čísla vždy nejvyšší u hypermetropického astigmatismu, ať už jednoduchého nebo složeného. U jeho myopických typů pak byla čísla u bělochů úplně nejnižší. Takovéto výrazné změny v pořadí se u žádného dalšího etnika neprojeví, v nižší míře pak byly charakteristické pro Asiaty.

3.10. TORICITA A ASFÉRICITA ROHOVKY

Díky detailnějšímu zkoumání lidské rohovky z hlediska jejího zakřivení bylo také zjištěno, že na obou plochách rohovky převládá větší lomivost ve vertikálním směru, zásadní rozdíl nenalezneme ani v ose. Toricita zadní plochy rohovky je přitom průměrně dvojnásobná oproti ploše přední. Jelikož toricita přední plochy rohovky odpovídá dioptriím kladným a zadní plochy naopak záporným, dochází ke vzájemné kompenzaci. Přesněji po vypočítání zjistíme, že rozdílným zakřivením obou ploch je astigmatismus přední plochy rohovky kompenzován z 31 % astigmatismem zadní plochy rohovky. Avšak nemůžeme říci, že by existovala souvislost mezi asféricitami jednotlivých ploch, proto např. nemůžeme použít měření přední plochy rohovky k výpočtu asféricity zadní plochy rohovky. Asféricita se zároveň výrazně mění mezi meridiány na přední ploše rohovky. Její výrazné změny zaznamenáváme právě i s věkem a následkem je mimo jiné i to, že rohovka se v periferii mírně ztenčuje, což může částečně ovlivnit dioptrickou hodnotu toricity. [11]

Asféricita rohovky je celek sám pro sebe, protože nejenom, že jsou v této charakteristice obě plochy vůči sobě nezávislé, ale u obou ploch se navíc asféricita jeví nezávislá jak na poloměru zakřivení vrcholu rohovky, tak na refrakční vadě a pohlaví. V důsledku nemůžeme tvrdit, že strmá rohovka bude asférická s větší pravděpodobností, než rohovka plochá. Navíc ani měření asféricity zadní plochy

rohovky není snadný úkol. Asféricita tedy astigmatismus ovlivňuje, ale jelikož se nedá spolehlivě odhadnout ani jak to vypadá s druhou plochou rohovky, zatímco víme údaje o ploše první, nemůžeme detailně zkoumat její vliv ani na cokoli jiného. [11]

3.11. ORTOKERATOLOGIE

Ortokeratologie, jakožto poněkud netradiční způsob korekce myopie, se stává oblíbenou zejména v asijských zemích, kde je myopie velmi častá. Tato metoda spočívá v nošení speciálních tvrdých kontaktních čoček přes noc. Čočka jemně tlačí na rohovku, a ačkoli to nezní zrovna příjemně, tvaruje ji bezbolestně do požadovaného tvaru tak, aby po jejím sundání byla refrakční vada co nejlépe kompenzována. Jak již bylo řečeno, tento způsob korekce se používá především u myopie, ale protože není výjimkou spojení sférické vady a astigmatismu, již několik studií se zabývalo změnami astigmatismu právě v důsledku ortokeratologie. Jejich výsledky se však ne vždy úplně shodovaly.

Jeden z novějších výzkumů zjistil, že astigmatismus je ovlivněn ponejvíce v ose 0° , průměrně asi o 0,5 D, zatímco v ose 45° jen minimálně. Ovšem, pokud se ve 45° změny odehrály, astigmatismus se zde zpravidla o něco zvětšil. Většinou však jen u jedinců, u kterých byla cylindrická vada zřetelná již před začátkem terapie a v 0° jí byla zřetelně zredukována. Škála výsledků byla široká, ale pouze asi jen třetinu z nich lze vysvětlit vztahem mezi počátečním stavem a procesem ortokeratologie. Žádná vzájemná souvislost nebyla po terapii nalezena ani při srovnání korneální topografie a subjektivně stanoveného astigmatismu. Až na výjimky můžeme říci, že u jedinců, kteří astigmatismus před ortokeratologií neměli, nebyl žádný nalezen ani po ní, a to jak podle, tak proti pravidlu. [24]

Co se týče nepravidelné složky astigmatismu, bylo prokázáno, že se může po tříměsíční ortokeratologické terapii až zdvojnásobit. Nepravidelná složka narůstá tím více, čím úspěšněji je korigována myopie. Výzkum s těmito výsledky dále tvrdí, že pravidelný astigmatismus po terapii narůstá asi o 0,1 D. [25]

Další studie na rozdíl od ostatních zkoumala účinky akcelerované formy ortokeratologie, kdy je použit poněkud odlišný tvar kontaktní čočky. Studie se zabývala

redukci astigmatismu podle pravidla. U žádného oka se zde nepodařilo astigmatismus úplně eliminovat, účinnost ortokeratologie je zatím příliš malá a musela by se značně zvýšit. Přesto se touto metodou podařilo astigmatismus zredukovat asi na poloviční hodnoty. Nejvíce ovlivněna je přitom střední část rohovky o poloměru asi 2 mm. Vztah mezi rohovkovou topografií před a po terapii je malý a následný odhad osy astigmatismu je téměř nemožný. Po terapii ale lze nalézt souvislost rohovkové topografie se subjektivně stanoveným astigmatismem. Ke shrnutí můžeme říci, že akcelerovaná forma ortokeratologie je ve vztahu k astigmatismu poněkud účinnější, než konvenční forma, přesto astigmatismus zredukuje asi jen z 50 %. Čím je tedy počáteční stav cylindrické vady horší, tím méně uspokojivý lze očekávat výsledek terapie. [26]

4. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo shrnutí problematiky astigmatismu. Jednalo se o sepsání jak základních informací, tak i poznatků získaných přístupem k astigmatismu jakožto k součásti komplexního systému našeho těla. Mou rešerší na všední a přitom zajímavé téma jsem zjistila, že astigmatismus může být ovlivněn či souviset s řadou nečekaných faktorů. Ale bohužel postupně i to, že čím více bylo na dané téma provedeno výzkumů, tím méně šlo danou problematiku kvůli protichůdnosti výsledků uchopit a předat dále.

Co však víme určitě, a co je jednou z nejdůležitějších potvrzených domněnek – astigmatismus je dědičný. V naší DNA je pak kódovaný pravděpodobně do jediného genu. Pokud se astigmatismus neprojeví již v raném dětském věku, pravděpodobně se s ním celý život nesetkáme. Souvisí se sférickými refrakčními vadami, zvláště s myopií. S její rostoucí hodnotou se prevalence výskytu astigmatismu ještě zvyšuje a zároveň na její hodnotě závisí i orientace hlavních meridiánů a hodnota korekčního cylindru. Obojí se postupem času mírně mění, ale osy budou pravděpodobně po celý život symetrické, nejčastěji zrcadlově.

Teorie, že by šel astigmatismus během života cíleně snížit, případně posunout jeho osu, potvrzena nebyla. Ačkoli byly v práci popsány některé faktory, které by během života astigmatismus ovlivnit mohly, radikálně jeho velikost ani orientaci nezvrátíme, alespoň ne tak, abychom mohli při tomto procesu předvídat jeho chování. Astigmatismus pravděpodobně není ovlivněn ani akomodací. Čím větších hodnot ale astigmatismus dosahuje, tím spíše při provádění refrakce zjistíme i anizometrii.

Přínos této práce vidím v začlenění si astigmatismu do širšího rámce. Optometrista, který si tuto práci přečetl, by teď mohl na základě např. sférické refrakce alespoň tušit, jestli astigmatismus bude nebo nebude přítomen. Když do dveří vyšetřovny vkročí Asiat, který praktikuje ortokeratologii, může si vyšetřující sám pro sebe zkusit potvrdit, jestli bude přítomen ne zcela vykorigovaný složený myopický astigmatismus. A pokud se mladá žena, která bude chtít nové brýle ke svým narozeninám v červenci, do dveří ani nevejde, půjde nejspíše o astigmatismus podle pravidla.

5. CITOVANÁ LITERATURA

[1]. **GROSVENOR, T.** *Primary Care Optometry*. 5. edice. St. Louis : Butterworth-Heinemann Elsevier, 2007. ISBN 9780750675758.

[2]. **PLUHÁČEK, F.** *Astigmatismus. výukové materiály k předmětu Korekce zraku I*. Olomouc : Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Květen 2014.

[3]. **RUTRLE, M.** *Přístrojová optika*. Brno : Institut pro další vzdělávání zdravotnických pracovníků v Brně, 2000. ISBN 80-7013-301-5.

[4]. **CLEMENTI, M. ANGI, M. FORABOSCO, P. DI GIANANTONIO, E.TENCONI, R.** Inheritance of astigmatism: evidence for a major autosomal dominant locus. *Americal Journal of Human Genetics*. Vol. 63, Zář 1998, No. 3, stránky 825-830.

[5]. **HAMMOND, C. J. SNIEDER, H. GILBERT, C. E. SPECTOR, T. D.** Genes and environment in refractive error: the twin eye study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. Vol. 42, Květen 2001, No. 6, stránky 1232-1236.

[6]. **DIRANI, M. ISLAM, A. SHEKAR, S. N. BAIRD, P. N.** Dominant genetic effects on corneal astigmatism: The genes in myopia (GEM) twin study. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. Vol. 49, Duben 2008, No. 4, stránky 1339-1344.

[7]. **MANDEL, Y. STONE, R. A. ZADOK, D.** Parameters associated with the different astigmatism axis orientations. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. Vol. 51, Únor 2010, No. 2, stránky 723-730.

[8]. **NAVARRO, R. ROZEMA, J. J. TASSIGNON, M.-J.** Optical changes of the human cornea as a function of age. *Optometry & Vision Science*. Vol. 90, Červen 2013, No. 6, stránky 587-598.

[9]. **FARBROTHER, J. E. WELSBY, J. W. GUGGENHEIM, J. A.** Astigmatic axis is related to the level of spherical ametropia. *Optometry & Vision Science*. Vol. 81, Leden 2004, No. 1, stránky 18-26.

- [10]. **GWIAZDA, J. GRICE, K. HELD, R. MCLELLAN, J. THORN, F.** Astigmatism and the development of myopia in children. *Vision Research*. Vol. 40, Duben 2000, No. 8, stránky 1019-1026.
- [11]. **DUBBELMAN, M. SICAM, V.A.D.P. VAN DER HEIJDE, G.L.** The shape of the anterior and posterior surface of the aging human cornea. *Vision Research*. Vol. 46, Březen 2006, No. 6-7, stránky 993-1001.
- [12]. **KLEINSTEIN, R. N. JONES, L. A. HULLETT, S. KWON, S. LEE, R. J. FRIEDMAN, N. E. MANNY, R. E. MUTTI, D. O. YU, J. A. ZADNIK, K.** Refractive error and ethnicity in children. *Archives of Ophthalmology*. Vol. 121, Srpen 2003, No. 8, stránky 1141-1147.
- [13]. **KEE, C.-S.** Astigmatism and its role in emmetropization. *Experimental Eye Research*. Vol. 114, 2013, No. 9, stránky 89-95.
- [14]. **FULTON, A. B. HANSEN, R. M. PETERSEN, R. A.** The relation of myopia and astigmatism in developing eyes. *Ophthalmology*. Vol. 89, Duben 1981, No. 4, stránky 298-302.
- [15]. **GWIAZDA, J. SCHEIMAN, M. MOHINDRA, I. HELD, R.** Astigmatism in children: changes in axis and amount from birth to six years. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. Vol. 25, Leden 1984, No. 1, stránky 88-92.
- [16]. **SOLSONA, F.** Astigmatism as a congenital, bilateral and symmetrical entity (observations based on the study of 51,000 patients). *The British Journal of Physiological Optics*. Vol. 30, 1975, No. 2-4, stránky 119-127.
- [17]. **MCKENDRICK, A. M. BRENNAN, N. A.** The axis of astigmatism in right and left eye pairs. *Optometry & Vision Science*. Vol. 74, Srpen 1997, No. 8, stránky 668-675.
- [18]. **GUGGENHEIM, J. A. ZAYATS, T. PRASHAR, A. TO, C. H.** Axes of astigmatism in fellow eyes show mirror rather than direct symmetry. *Ophthalmic and Physiological Optics*. Vol. 28, Červenec 2008, No. 4, stránky 327-333.

[19]. **QIN, X.-J. MARGRAIN, T. H. TO, C. H. BROMHAM, N. GUGGENHEIM J. A.** Anisometropia is independently associated with both spherical and cylindrical ametropia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. Vol. 46, Listopad 2005, No. 11, stránky 4024-4031.

[20]. **GUZOWSKI, M. FRASER-BELL, S. ROCHTCHINA, E. WANG, J. J. MITCHELL, P.** Asymmetric refraction in an older population: the Blue Mountains Eye Study. *American Journal of Optometry*. Vol. 136, Zář 2003, No. 3, stránky 551-553.

[21]. **TSUKAMOTO, M. NAKAJIMA, T. NISHINO, J. HARA, Y. UOZATO, H. SAISHIN, M.** Accommodation causes with-the-rule astigmatism in emmetropes. *Optometry & Vision Science*. Vol. 77, Březen 2000, No. 3, stránky 150-155.

[22]. **DUKE-ELDER, S. ABRAMS, D.** *System of ophthalmology, Vol. V: Ophthalmic optics and refraction*. Londýn : Henry Kimpton, 1970. str. 475. ISBN 0 85313 213 5.

[23]. **MUTTI, D. O. ENLOW, N. L. LYNN MITCHELL, G.** Accommodation and induced with-the-rule astigmatism in emmetropes. *Optometry and Vision Science*. Vol. 78, Leden 2001, No. 1, stránky 6-7.

[24]. **CHEUNG, S. W. CHO, P. CHAN, B.** Astigmatic changes in orthokeratology. *Optometry & Vision Science*. Vol. 86, Prosinec 2009, No. 12, stránky 1352-1358.

[25]. **HIRAOKA, T. FURUYA, A. MATSUMOTO, Y. OKAMOTO, F.SAKATA, N. HIRATSUKA, K. KAKITA, T. OSHIKA, T.** Quantitative evaluation of regular and irregular corneal astigmatism in patients having overnight orthokeratology. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. Vol. 30, Červenec 2004, No. 7, stránky 1425-1429.

[26]. **MOUNTFORD, J. PESUDOVS, K.** An analysis of the astigmatic changes induced by accelerated orthokeratology. *Clinical and Experimental Optometry*. Vol. 85, Zář 2002, No. 5, stránky 284-293.