



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

Rozdíly ve stanovení astigmatismu monokulárně a binokulárně

**Differences in astigmatism examination by monocular and binocular
method**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Eliška Lapková

Vedoucí bakalářské práce: Bc. Přemysl Kučera

Z a d á n í b a k a l á ř s k é p r á c e

Student: **Eliška Lapková**
Obor: Optika a optometrie
Téma: **Rozdíly ve stanovení astigmatismu monokulárně a binokulárně**
Téma anglicky: Differences in astigmatism examination by monocular and binocular method

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Studentka popíše astigmatismus a provede jeho klasifikaci. Představí objektivní a subjektivní metody vyšetření astigmatismu, bude se věnovat teorii binokulárního vidění s ohledem na astigmatismus. Popíše příčiny rozdílných hodnot astigmatismu zjištěného monokulárně a binokulárně. Studentka přiblíží vyšetření astigmatismu do blízka a nastíní možný konflikt při zjištění různých hodnot refrakčního deficitu do dálky a do blízka. V praktické části studentka připraví refrakční protokol a na dostatečném vzorku probandů porovná refrakční rozdíly při vyšetření astigmatického refrakčního deficitu monokulárně a binokulárně na různé vzdálenosti (dálka, blízko).

Seznam odborné literatury:

- [1] DOSHI, S., HARVEY, W., *Eye Essentials: Assessment & Investigative Techniques*, ed. 1., Elsevier, 2005, 186 s., ISBN 978-0-7506-8853-6
- [2] EVANS, B.J.W., *Picwell's binocular vision anomalies*, ed. 5., Elsevier, 2007, 454 s., ISBN 0-7506-8897-1
- [3] BENJAMIN, W. J., *Borish's Clinical Refraction*, ed. 2., Butterworth-Heinemann-Elsevier, 2006, 1694 s., ISBN 978-0-7506-7524-6

Zadání platné do: 11.09.2018

Vedoucí: Bc. Přemysl Kučera



vedoucí katedry / pracoviště



děkan

V Kladně dne 20.02.2017

Název bakalářské práce: Rozdíly ve stanovení astigmatismu monokulárně a binokulárně

Abstrakt:

Práce popisuje astigmatismus a jeho klasifikaci. Dále prezentuje objektivní a subjektivní metody vyšetření astigmatismu do dálky a část textu přiblíží postup vyšetření astigmatismu do blízka. Práce vysvětlí důvody při zjištění různých hodnot refrakčního deficitu do dálky a do blízka. Praktická část se na základě vlastního výzkumu zaměří na analýzu změny osy a velikosti astigmatismu při vyšetření astigmatického refrakčního deficitu monokulárně a testem za binokulárních podmínek na různé vzdálenosti (dálka, blízko). Práce zahrnuje srovnání výsledků v praktické části s vydanými studiemi.

Klíčová slova:

Astigmatismus, vyšetření astigmatismu, torzní pohyby, Listingovo pravidlo

Bachelor's Thesis title: Differences in astigmatism examination by monocular and binocular

Abstract:

The work describes astigmatism and its classification. It presents objective and subjective methods of examination for distance and part of texts describe examination for near. The work explains reasons for different refraction deficits for distant and near vision is detected. In the practical section according to own research work are analysed the changes in power and axe of astigmatismu between monocular exmaination and testing of astigmatism under binocular conditions for different distances (distance, near). Thesis includes a comparison of experimental result with published studies.

Key words:

Astigmatism, refraction on astigmatism, torsional movements, Listing's law

PODĚKOVÁNÍ

Zde bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Bc. Přemyslu Kučerovi za neustálou pomoc, cenné rady a čas, který se mnou nad vytvářením mé práce strávil. Poděkovat bych také chtěla Ing. Petru Písaříkovi Ph.D. za cenné rady při zpracovávání práce. Děkuji také všem ostatním, kteří mi při psaní práce pomohli s korekturou nebo jen dobrou radou.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Rozdíly ve stanovení astigmatismu monokulárně a binokulárně*“ 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).

V dne

.....

podpis

Obsah

Úvod.....	1
1. Astigmatismus – definice.....	2
2. Astigmatismus – rozdělení.....	2
2.1 Astigmatismus pravidelný (regularis).....	2
2.1.1 Rozdělení podle polohy meridiánů.....	2
2.1.2 Rozdělení podle polohy fokál.....	3
2.2 Astigmatismus nepravidelný.....	4
3. Klinické příznaky.....	4
4. Objektivní vyšetření astigmatismu do dálky	5
4.1 Skiaskopie (retinoskopie)	5
4.2 Keratometrie	6
4.3 Rohovkový topograf	7
4.4 Autorefraktometry	7
5. Subjektivní vyšetření astigmatismu do dálky monokulárně.....	8
5.1 Optotypy	8
5.1.1 Optotypové znaky	8
5.1.2 Provedení optotypů do dálky	11
5.2 Astigmatický vějíř, astigmatická růžice.....	12
5.3 Jacksonovy zkřížené cylindry (bodový test).....	13
5.3.1 Postup vyšetření.....	14
6. Subjektivní vyšetření astigmatismu do dálky binokulárně.....	15
6.1 Jacksonův zkřížený cylindr.....	15
6.2 Paskal 3D	16
6.2.1 Testy – astigmatická růžice, astigmatický vějíř.....	16
6.2.2 Testy – Schendelův test	17
6.2.3 Testy – Cowenův test.....	17
7. Vyšetření astigmatismu do blízka.....	17
7.1 Akomodace a astigmatismus	19
7.2 Listingovo pravidlo.....	20
7.3 Optotypy do blízka.....	22
8. Objektivní vyšetření astigmatismu do blízka.....	24

8.1 Dynamická skiaskopie	24
9. Subjektivní vyšetření astigmatismu do blízka monokulárně	24
9.1 Astigmatický vějíř, astigmatická růžice.....	24
9.2 Jacksonovy zkřížené cylindry	25
10. Subjektivní vyšetření astigmatismu do blízka binokulárně	25
11. Možnosti korekce.....	25
11.1 Brýlová čočka	26
11.2 Kontaktní čočka	26
12. Efekt náklonu brýlové čočky	27
13. Praktická část	28
13.1 Hypotézy	28
13.2 Metodika měření	29
13.3 Obecné údaje.....	31
13.4 Výsledky pro vyšetření astigmatismu do dálky	32
13.4.1 Změna osy astigmatismu	32
13.4.2 Změna velikosti astigmatismu	35
13.5 Výsledky vyšetření do blízka.....	35
13.5.1 Změna osy astigmatismu do blízka.....	35
13.5.2 Změna velikosti astigmatismu do blízka	36
14. Diskuze	38
Závěr	40
Seznam použité literatury	41
Seznam symbolů a zkratk	44
Seznam obrázků.....	45
Seznam tabulek.....	47
Seznam příloh	48

Úvod

Refrakční vady mají velký vliv na kvalitu vidění, zejména snížení zrakové ostrosti a kontrastní citlivosti. Tato práce se zabývá astigmatismem, jeho členěním, klinickými příznaky, a především jeho korekcí.

Hlavní částí teoretické části bakalářské práce jsou možnosti vyšetření astigmatismu do dálky a do blízka. Jsou zde uvedeny možnosti subjektivní refrakce astigmatismu do dálky pomocí Jacksonova zkříženého cylindru a bodového testu anebo pomocí speciálních 3D LCD optotypů. Práce se také zabývá subjektivním vyšetřením astigmatismu do blízka a jeho změnou ve velikosti a ose.

Experimentální část práce se zabývá korekcí vyšetřovaných s počáteční hodnotou astigmatismu nejméně 0,50 dpt. Hlavním tématem práce je zjištění změn mezi subjektivním vyšetřením astigmatismu do dálky za binokulárních podmínek oproti monokulárnímu vyšetření a detekce změn mezi binokulárním vyšetřením do dálky a ověřením správnosti osy a velikosti astigmatismu do blízka.

Cílem je ověření hypotéz, které budou stanoveny na začátku práce. První hypotéza je předpokladem změny osy astigmatismu při binokulárním pohledu oproti monokulárnímu vyšetření. Návaznost na tento předpoklad má hypotéza, u které budu zkoumat domněnku, že při vyšší velikosti počátečního astigmatismu se bude zvětšovat i změna osy astigmatismu při binokulárním pohledu do dálky oproti monokulárnímu vyšetření.

Do blízka se stanoví hypotéza, jejíž předpokladem je, že do této vzdálenosti dochází ke změně velikosti astigmatismu oproti binokulárnímu vyšetření do dálky a poté budu zkoumat domněnku, že čím vyšší jsou hodnoty počátečního astigmatismu, tím vyšší budou změny ve velikosti astigmatismu oproti binokulárnímu vyšetření do dálky.

1. Astigmatismus – definice

Astigmatismus je asférická refrakční vada, která je charakterizována tím, že paprsky jdoucí z nekonečna, které se lámou při průchodu optickým systémem oka, netvoří bod, ale dvě úsečky, zvané fokály, které jsou na sebe navzájem kolmé. Prostor mezi nimi se nazývá Sturmův konoid.

To je dáno tím, že oko má v různých meridiánech různou optickou mohutnost a tím pádem rozdílnou lomivost. Příčinou je nejčastěji různé zakřivení rohovky, ale může jím být také čočkový astigmatismus, který je ve většině případů zanedbatelný a z větší části ho může kompenzovat rohovkový astigmatismus.

Indexový astigmatismus je nejčastěji způsobený počínající kataraktou, kdy zkalená čočka má v určitých částech jiný index lomu.

Pak také může být příčina decentrace, obzvláště při implantovaných nitroočních čočkách. Může to ale být díky asymetrickému vyklenutí čočkového pouzdra. Stačí malá decentrace pro hodnotný astigmatismus.

Existuje také fyziologický astigmatismus, který je pravděpodobně dán tlakem víček na povrch rohovky a zvyšuje zakřivení její svíslé roviny až o 1 dpt. [1, 2, 3]

2. Astigmatismus – rozdělení

2.1 Astigmatismus pravidelný (regularis)

Je nejčastější formou astigmatismu. Má dva na sebe kolmé meridiány s maximálně odlišnou lomivostí. Lze jej přesně vykorigovat pomocí cylindrické nebo sférocylické čočky a dosáhnout ostrého obrazu na sítnici. [1]

2.1.1 Rozdělení podle polohy meridiánů

Astigmatismus přímý (rectus, podle pravidla)

Je charakterizován tím, že vertikální meridián má větší lomivost než horizontální. Má nejvyšší výskyt v populaci. [1, 3]

Astigmatismus nepřímý (inversus, proti pravidlu)

Vyskytuje se méně než astigmatismus přímý. Horizontální meridián má větší lomivost než vertikální. [1, 3]

Astigmatismus šikmý (Obliquus, šikmých paprsků)

Pokud se osy meridiánů odklání více než o 20° od horizontální anebo vertikální osy, mluvíme o astigmatismu šikmých paprsků. [1, 2]

2.1.2 Rozdělení podle polohy fokál**Astigmatismus simplex (jednoduchý)**

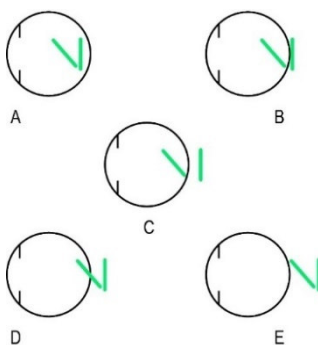
Při uvolněné akomodaci je jedna fokála lokalizována na retině (emetropická) a druhá před nebo za sítnicí (ametropická). Proto rozlišujeme astigmatismus simplex myopicus (obr. 1 pod písmenem B), kdy je ametropická fokála před sítnicí a astigmatismus simplex hypermetropicus, kdy je za sítnicí (obr. 1 pod písmenem D). Korekce se provádí plan-cylindrickými brýlovými čočkami. [4]

Astigmatismus compositus (složený)

U složeného astigmatismu jsou dvě varianty. Buď jsou obě fokály při uvolněné akomodaci lokalizovány před sítnicí, to mluvíme o astigmatismus compositus myopicus (obr. 1 pod písmenem A), anebo jsou obě fokály za sítnicí, což je astigmatismus compositus hypermetropicus (obr. 1 pod písmenem E). Korigujeme torickými brýlovými čočkami. [2, 3, 4]

Astigmatismus mixtus (smíšený)

Při uvolněné akomodaci se jedna fokála nachází před sítnicí (myopická) a druhá za sítnicí (hypermetropická). Korekce je torickými brýlovými čočkami (obrázek 1 pod písmenem C). [4]



Obrázek 1 – Rozdělení podle polohy fokál [5]

2.2 Astigmatismus nepravidelný

U nepravidelného astigmatismu není možné zjistit hlavní meridiány, a tudíž ho nejde korigovat torickou čočkou. Může být důsledkem vyklenutí rohovky (keratokonus, keratoglobus), úrazem oka či pooperačním stavem oka. Pro korekci je vhodná tvrdá kontaktní čočka. Léčba se nejčastěji provádí chirurgickým zákrokem, keratoplastikou nebo intrastromálními prstencovými segmenty (tzv. keraringy). [6]

3. Klinické příznaky

Hlavním příznakem astigmatismu je rozmazání obrazu. Někdy je možné vidět část struktury či obrázku jasněji než jinou. Pro příklad, u čar ve tvaru kříže, může vidět kontrastněji čáry v jednom směru než v druhém.

U nekorigovaného, špatně zkorigovaného nebo indukovaného astigmatismu (nesprávně zvolená obruba) se často setkáváme s astenopickými potížemi, rychlou únavou, neostrým, zkresleným nebo zamlženým viděním jak do dálky, tak do blízka. Klient také může trpět bolestmi hlavy nebo zhoršením vidění v noci.

Dalším příznakem je visus s nejlepší sférou. Klient i přes korekci s nejlepší sférou nedosahuje vysokého visu. Při vyšetření lidé s astigmatismem často zaměňují znaky P za F, O za C či G. Mohou si také stěžovat na zdvojení obrazu či výskyt málo výrazného znaku za znakem ostrým, pozorovaným. Patrné může být také kompenzační postavení hlavy. [5, 6]

Spherical equivalent visual acuity (Decimal chart)	Uncorrected astigmatism (Cylindrical diopters, D)
1.0	0.25
0.9	0.50
0.8	0.75
0.7	1.00
0.6	1.25
0.5	1.50
0.4	2.00
0.3	2.50
0.2	3.00
0.1	4.00
0.05	4.75

Obrázek 2 – Visus s nekorigovaným astigmatismem [7]

4. Objektivní vyšetření astigmatismu do dálky

Objektivní metody aplikujeme vždy na začátku vyšetření a slouží pouze jako orientační složkou před subjektivním vyšetřením. Jejich největší výhodou je rychlost.

4.1 Skiaskopie (retinoskopie)

Jedná se o objektivní metodu, která funguje na principu odrazu světla od sítnice a vyvolání stínu, respektive červeného reflexu. K vyšetření potřebujeme skiaskop (retiniskop), což je přístroj, který vyzařuje viditelné světlo v úzkém pruhu nebo kruhovém paprsku a obsahuje zrcátko či odrazný hranol a sadu čoček potřebných pro eliminaci vad vyšetřujícího oka.

Existují dva typy skiaskopu: pásový a bodový. Pro zjištění astigmatismu je lepší pásový, kde je možné nastavit úzký pás, který je možný otáčet, a to usnadňuje zjištění přesné osy.

Vyšetřující pozoruje směr pohybu stínu v červeném reflexu, při pohybu skiaskopu ze strany na stranu. Pokud je souhlasný, pohybuje se stejně s pohybem přístroje, když se pohybuje opačně, je to pohyb nesouhlasný. Cílem je dosáhnout neutrálního reflexu. Vyšetřovaný fixuje na vzdálený předmět, abychom vyřadili akomodaci.

Skiaskopie se většinou provádí v 50 cm od vyšetřovaného. Nesmíme však zapomenout vzdálenost započítat do vyšetření. Odpovídá tomu dioptrická hodnota -2,0 dpt. Pokud je vyšetřovací vzdálenost jiná, musí se převést do dioptrické hodnoty a přičíst ke konečné refrakci po zastavení pohybu červeného reflexu. [8, 9, 10]



Obrázek 3 – Pásový skiaskop [11]

4.2 Keratometrie

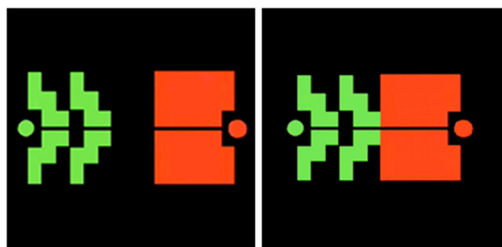
Keratometrie, jinak zvaná také jako oftalmometrie, slouží ke změření rohovkového astigmatismu. Jen tehdy je možné přesně určit velikost a orientaci hlavních meridiánů pro pravidelný astigmatismus.

Principem je využití přední plochy rohovky jako konvexního zrcadla, kde se na rohovku promítají dvě určité testové značky, které se v přístroji následně zdvojí. Cílem pro měřícího je dostat nejbližší dvě značky do koincidence. Na přístroji jsou stupnice, na kterých je poté možné odečíst hodnotu poloměru zakřivení rohovky.

První keratometr vynalezl německý fyzik Hermann von Helmholtz v roce 1856. byl však značně nepraktický, takže se dnes již nepoužívá.

Jeden z nejznámější je Javal – Schiötzův keratometr. Umožňuje měřit velikost poloměru křivosti v milimetrech a orientaci hlavních meridiánů ve stupních. Přístroj měří v centrální oblasti rohovky.

Testové značky u tohoto keratometru jsou dva znaky ve tvaru obdélníku, který má červenou barvu a dvojité schody, které jsou zelené. Při překrytí je konečná barva žlutá, aby vyšetřující lépe rozpoznal koincidence značek. [8]



Obrázek 4 – Javal-Schiötzův keratometr – testové značky [12]

Nejdokonalejším keratometrem je Littmanův keratometr, který vychází ze základu Helmholtzova keratometru. Testové značky mají tvar plného a dutého kříže, u kterých lze velmi dobře pozorovat odchýlení, tudíž je znatelná velká přesnost. [8]

4.3 Rohovkový topograf

Rohovkový topograf spojuje keratometrii a topografii. Je to metoda pro mapování předního segmentu oka.

Pracují na principu Placidova kretatoskopu spolu s kamerou, která snímá povrch a počítačem, který vyhodnocuje data. Nepravidelnosti v poloměrech křivosti se projeví jako deformace kružnic.

Placidův keratoskop

Placidův keratoskop se skládá ze soustavy bílých a černých koncentrických kružnic, tj. Placidova kotouče. Ve středu se nachází pozorovací otvor s lupou.

Při přítomnosti astigmatismu se obraz kružnic zdeformuje. Z těchto deformací lze vypočítat poloměr křivosti rohovky.

Pokud klient bude mít pravidelný astigmatismus, budou se koncentrické kruhy jevit jako elipsy. Orientace elipsy pak záleží na polohách hlavních meridiánů.



Obrázek 5 - Placidův keratoskop [13]

4.4 Autorefraktometry

V dnešní době jsou nejčastějšími přístroji pro objektivní měření autorefraktometry. Jejich použití je nenáročné a velmi rychlé a přesnost těchto přístrojů je velmi vysoká.

Autorefraktometry pracují na principu vyvolání sekundárního zdroje záření z bodu nebo bodů na sítnici. Skládá se ze zdroje, který vysílá infračervené záření, fixačního bodu a Badalova optometru. Infračervené světlo v oblasti vlnové délky 700 - 800nm, je tam proto, aby nedošlo k mióze a oslnění. Dalším důvodem je vysoká odrazivost paprsku pro následné

zpracování opto-elektrickým detektorem. Po průchodu detektor vyhodnotí intenzitu paprsku a dle něj vyhodnotí potřebné dioptrie.

Důležitým bodem pro správné měření je, aby klient neakomodoval. Kvůli tomu je testované značka ve formě vzdáleného cíle, které evokuje nekonečno. Přesto může docházet při pohledu do přístroje k nechtěné akomodaci a tím i k přístrojové myopii. [8]

5. Subjektivní vyšetření astigmatismu do dálky monokulárně

Z objektivního vyšetření přecházíme na subjektivní dokorigování klienta. Nejčastěji používáme zkušební obrubu a sadu zkušebních brýlových skel či foropter. U subjektivního vyšetření je největší nevýhodou klientův stav soustředění, pozornosti a ochoty spolupracovat. Výhody spočívají v možnosti pružně reagovat na klientovi subjektivní pocity a ve velké škále testů.

5.1 Optotypy

Optotypy slouží pro vyšetření zrakové ostrosti. Podle F. C. Donderse je zraková ostrost schopnost očního aparátu rozeznávat drobné detaily předmětů. Východiskem pro její určení je rozlišovací schopnost oka, což je schopnost rozlišit dva body jako dva. Předpokladem tedy je, aby obraz dvou bodů byl oddělen alespoň jedním čípkem, který zůstane nepodrážděný. Kritériem pro zrakovou ostrost je tzv. minimální úhel rozlišení. Průměr čípku je 2-2,5 mikrometru a v jednom čípku se zobrazí předmět o úhlové velikosti $0,5' - 1'$. Zraková ostrost jevergence minimálního úhlu rozlišení, tedy pro $MÚR = 0,5'$ je zraková ostrost 2.

V dnešní době je velký výběr v provedení optotypů. Mohou být tištěné, světelné, projekční či digitální. Vyšetřovací vzdálenost je však pevně stanovená na 5-6 metrů, aby klient neakomodoval a výsledky nebyly zkreslené. [8, 14]

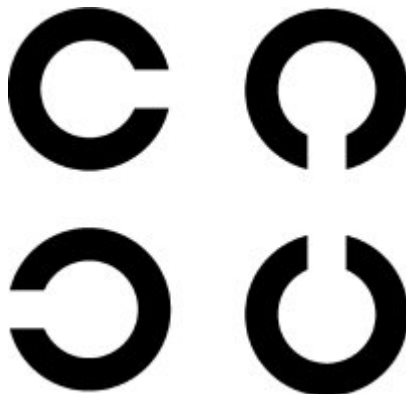
5.1.1 Optotypové znaky

Znaky na optotypech musí být srozumitelné, jednoduché a dobře kontrastní.

Landoltovy kruhy

Landoltovy kruhy připomínají písmena „O“ nebo „C“. Jsou považovány za neobjektivnější zkušební znaky, jako jediný normovaný znak pro mezinárodní znalecké účely, ale v praxi se moc nepoužívají kvůli těžké srozumitelnosti. Lze je vidět jako kruhy s

výřezem, který odpovídá tloušťce čáry znaku. Znamená to tedy, že při vyšetřovací vzdálenosti 5 metrů, se vnější průměr znaku zobrazí pod úhlem 5' a tloušťka čáry a jeho výřez pod úhlem 1'. [8]

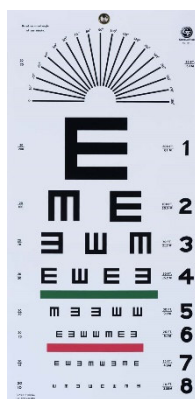


Obrázek 6 – Landoltovy kruhy [33]

Kruhy jsou uspořádány v osmi polohách. Horizontálně, vertikálně a v šikmých stranách. Při vyšetření je nejvýhodnější pro klienta, aby výřez v kruhu určoval podle číselníku hodin, kvůli srozumitelnosti. [8, 14]

Pflügerovy háky

Tyto optotypové znaky připomínající písmeno „E“ se používají především pro klienty, kteří mají problém s klasickými Snellenovými optotypy. Například pro cizince, děti, nebo analfabety.



Obrázek 7 - Pflügerovy háky [15]

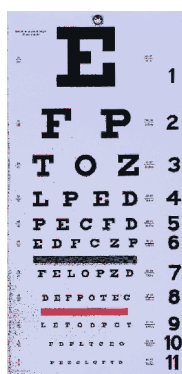
Využívají se hlavně pro jejich jednoduchost, kdy klient může pouze natočením ruky ukázat směr, kterým hák směřuje anebo se může použít ukazovátka ve tvaru písmene „E“ a držadlem, kterým klient ukazuje směr natočení.

Nevýhodou těchto znaků jsou jen čtyři různé pozice, ve kterých se znak může nacházet. Klient může hádat a s pravděpodobností 25 % určit správný směr.

Snellenovy optotypy

Snellenův optotyp je jeden z nejčastěji používaných optotypů. Je složený z velkých písmen abecedy a číslic, aby co nejvíce simulovaly situace z běžného života.

Tyto optotypy však mají několik nevýhod. Jednou z nich je nestejný počet znaků v řádku nebo nestejně těžká rozeznatelnost jednotlivých znaků. Další nevýhodou je pak nepřírodně vysoký kontrast znaků. [8]



Obrázek 8 - Snellenův optotyp [15]

Dětské optotypy

Dětské optotypy se používají pro vyšetření zrakové ostrosti pro předškolní děti. Znaky jsou tvořeny obrázky nebo symboly, které děti znají a umějí pojmenovat. Na rozdíl od Snellenových nebo Landoltových znaků, symboly v dětském optotypy nejsou zakresleny do klasické čtvercové sítě, protože by se nemohl dodržet jejich tvar. Je zde tedy pravidlo, že výška symbolu nebo obrázku musí být taková, aby se ze vzdálenosti 5 či 6 metrů zobrazila na sítnici pod úhlem 5'. Tloušťka čáry je stanovena na 1/7 výšky symbolu a šířka je zvolena tak, aby nebyl znak deformován. [8]



Obrázek 9 - Dětský optotyp [16]

5.1.2 Provedení optotypů do dálky

Tištěné optotypy

Tištěné optotypy byly dříve velmi časté, ale dnes se už moc nepoužívají. Skládají se z bílého kartonu či plastové desky, na kterou jsou natištěny jednotlivé znaky. Nevýhodou je jejich nízká životnost díky opotřebení a nutnost dobrého osvětlení.

Světelné optotypy

Světelné optotypy mají oproti tištěným optotypům výhodu ve svém vlastním osvětlení. Nejsou tedy závislé na podmínkách osvětlení ve vyšetřovně. Kontrast je mnohem vyšší než u tištěných optotypů.

Projekční optotypy

Projekční optotypy pracují na principu promítání diaprojektorem na speciální projekční desku, které má většinou metalický povrch. Velkou výhodou těchto optotypů je velká škála testů, např. červeno-zelené testy, Worthova světla, polarizační testy s negativní polarizací na vyvážení akomodace či zjištění heteroforie.

Jejich nevýhodou je pak nutnost mít určité osvětlení místnosti, aby se dodržel vysoký kontrast znaků.

LCD optotypy

LCD optotypy jsou nejnovějším typem dostupných optotypů. Jsou složeny z LCD monitoru, který je možný zavěsit na stěnu do potřebné výšky a vestavěným mikropočítačem, díky kterému je možné mít velké množství testů pro vyšetření. Vše je ovládáno dálkovým ovladačem.

Největší výhodou je nastavitelnost intenzity jasu, velikosti znaků nebo pracovní vzdálenosti. Pro polarizační testy se využívá pozitivní kruhová nebo lineární polarizace.

Speciální 3D LCD optotypy – Polaskop 3D, Paskal 3D

3D LCD optotypy jsou nejnovějšími optotypy dostupnými na trhu. Kromě klasických testů pro zjištění visu, obsahuje binokulární i monokulární testy na měření astigmatismu, testy na jemné sférické dokorigování, červeno-zelené testy, kompletní MKH metodiku, testy na forii spolu se sterotesty, testy na kontrastní citlivost a v neposlední řadě i screeningové testy pro určení dominance a Ishiharovy tabulky pro vyšetření barvocitu. Navíc obsahuje i možnost vyšetření ve trojrozměrném vjemu obrazu a vytvořit tak prostředí, které se nejvíce podobá

situacím v reálném životě. 3D obraz slouží k periferní fúzi, jelikož při centrální fúzi se při měření astigmatismu nemusí odchylka osy a velikosti způsobená rotací oka projevit.

Největší výhodou je možnost provádět měření binokulárně, což je možné díky cirkulárním polarizačním filtrům, které má klient po velkou část měření vsazené ve zkušební brýlové obrubě.

Pro měření astigmatismu jsou tyto optotypy nejdokonalejší, protože obsahují cyklofúzní testy. Na rozdíl od klasických vyšetření, kde se jedno z očí okluduje a tím může dojít k lehké rotaci oka a změně osy i velikosti astigmatismu, jsou oči při těchto testech stočené do přirozené pozice jako v běžném životě.

Nevýhodou je pak finanční náročnost na zakoupení vybavení. Kromě vlastního softwaru je vyžadován i hardware. Například pro Paskal 3D byl program speciálně vyvinut pro Apple iPad, kterým lze řídit vlastní refrakci. Kvůli nutnosti přenosu 3D obrazu, je nutností vlastnit i set-top-box s názvem Apple TV a také router s WLAN pro bezdrátový přenos iPadu s Apple TV. [17, 18]

5.2 Astigmatický vějíř, astigmatická růžice

V první řadě musí být klient sféricky plně vykorigován. Poté klienta zamlžíme plusovou sférickou čočkou, abychom vyřadili akomodaci. Ostrost klienta by se po zamlžení měla pohybovat kolem 0.2.

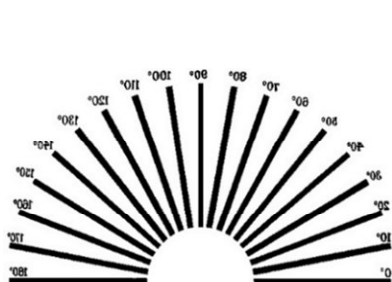
Vyšetření probíhá monokulárně, kdy jedno z očí okludujeme a druhé zamlžíme. Klient zamlžených okem fixuje na astigmatický vějíř a určuje výraznost os na vějíři.

Pokud určí jednu z os jako ostřejší, vkládáme záporné korekční cylindry kolmo k této ose do zkušební brýlové obruby do té doby, dokud se všechny osy nebudou jevit stejné.

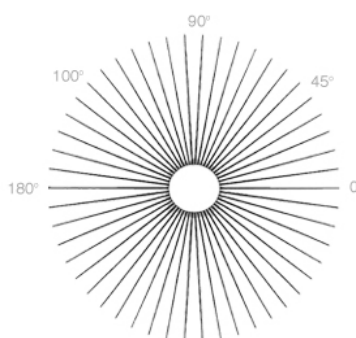
Když je osa oproti ostatním méně výrazná, tak je nutné cylindr zeslabit.

Jestliže klient vidí na začátku všechny osy stejně neostré, přítomnost astigmatismu je vyloučena.

Postup zopakujeme i pro druhé oko a následně odmlžíme. Po dokončení tohoto vyšetření se doporučuje použít metody Jacksonových zkřížených cylindrů pro přesné dokorigování astigmatismu. [10, 18]



Obrázek 11 - Astigmatická růžice [19]



Obrázek 10- Astigmatický vějíř [20]

5.3 Jacksonovy zkřížené cylindry (bodový test)

Použití Jacksonových zkřížených cylindrů je nejpřesnější metoda na zjištění přítomnosti astigmatismu. Osu cylindru je možné zjistit na 1° a velikost na $1/8$ Dioptrie.

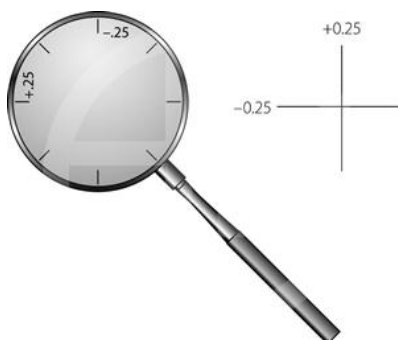
Jacksonův zkřížený cylindr se skládá ze dvou plancylindryckých čoček, které jsou kolmo na sebe a nabývají hodnotu $\pm 0,25$, $\pm 0,50$ nebo $\pm 1,00$ dpt. Sklo je uloženo v plastové nebo kovové objímce s držátkem. Záporná osa cylindru je ve sklíčku označena červeně a držátko je vůči osám o 45° otočeno. Maximální účinek záporného cylindru je v místě, kde je označena kladná osa cylindru a naopak.

Sférocylindrický zápis čtvrtkového Jacksonova cylindru:

$$cyl + 0.25 D / ax (x) \quad \alpha \quad cyl - 0.25 D / ax (x + 90^\circ)$$

$$sph + 0.25 D / cyl - 0.50 D ax (x)$$

$$sph - 0.25 D / cyl + 0.50 D ax (x + 90^\circ)$$



Obrázek 12 – Jacksonův zkřížený cylindr [21]

Při vyšetření se otáčí Jacksonovým cylindrem v ruce a tím měníme osy plan-cylindrů o 90°. Použit JCK je možné i s foropterem. [10]

5.3.1 Postup vyšetření

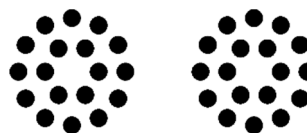
Nejdříve korigujeme nejlepší sférou, se kterou klient dosáhl maximální zrakové ostrosti. Podle tohoto visu odhadujeme velikost cylindru, se kterým poté budeme pokračovat.

Vyšetření JCK děláme monokulárně na bodovém testu, na kulatém písmenku (především O, C, G), na Landoltových kruzích či na znacích ve tvaru dvou kruhů, které bývají na testech spolu s písmeny. Do obruby předkládáme minusové korekční cylindry.

Při předkládání zkušebního cylindru musíme respektovat sférický ekvivalent. Pro hodnotu minusové cylindru - 0,50 dpt musíme změnit sférickou dioptrii o + 0,25 dpt.



Obrázek 14 - kulaté znaky – 3D Paskal [18]



Obrázek 13 - bodový test [22]

Určení přibližné osy cylindru

Děláme vždy, obzvláště pokud nemáme informace z objektivního vyšetření. Klient se monokulárně dívá na bodový test a my mu předkládáme Jacksonův cylindr nejprve do os 0° a 90° a ptáme se klienta, která varianta se mu zdála ostřejší. To samé opakujeme pro osy 45° a 135°. Pokud klient astigmatismus nemá, všechny varianty se mu budou zdát stejné. Pokud je astigmatismus přítomen, jedna nebo dvě varianty budou lepší, známe přibližnou osu a podle visu s nejlepší sférou vložíme hodnoty cylindrické korekce do zkušební obruby.

Určení přesné osy cylindru

Přiložíme rukojeť JCK rovnoběžně s přibližnou osou cylindru ve zkušební obrubě, zkoušíme vždy dvě varianty a ptáme se na porovnání.

Pokud klient vidí obě varianty stejně, momentální osa je přesná osa jeho astigmatismu.

Pokud klient určí jednu z variant jako lepší, otáčíme korekční cylindr ve směru záporného cylindru v lepší variantě. Postup opakujeme, dokud se obě možnosti nejeví klientovi stejné.

Určení přesné velikosti cylindru

Osy Jacksonova cylindru předkládáme souběžně do osy korekčního cylindru a klient porovnává rozdíly mezi nabízenými možnostmi.

Pokud klient vidí obě varianty stejně, hodnota cylindru, kterou má v obrubě je konečná.

Pokud klient zhodnotí ostřejší variantu se zápornou osou, zvyšujeme hodnotu cylindru. Pokud klient vidí ostřejší variantu s kladnou osou, snížíme hodnotu cylindru.

Postup opakujeme, dokud obrazy nejsou stejné. [8, 10]

6. Subjektivní vyšetření astigmatismu do dálky binokulárně

Klasické vyšetření astigmatismu probíhá v mnoha případech monokulárně. Měření astigmatismu binokulárně se bere jako nadstandardní, i když by se mělo provádět u každého vyšetření. Při korekci naměřené za monokulárních podmínek se klientovi při binokulárním vjemu může změnit osa a velikost cylindru.

6.1 Jacksonův zkřížený cylindr

Při binokulárním měření vycházíme z monokulárního vyšetření astigmatismu s naměřenými hodnotami.

Na začátku klienta lehce zamlžíme plusovou brýlovou čočkou nebo vložíme do zkušební obruby matné sklo. Je důležité, aby klient viděl i přes zamlžené oko.

Jako znaky lze zvolit kulatá písmenka či bodový test.

Při samotném vyšetření klient fixuje na test v požadované dálce a vyšetřující kontroluje osu a velikost astigmatismu stejným postupem, jaký je popsán při monokulární refrakci do dálky. Poté stejným způsobem opakujeme pro druhé oko.

Při pokračování na binokulární testy bychom měli již vycházet z těchto naměřených hodnot astigmatismu. [3, 8, 23]

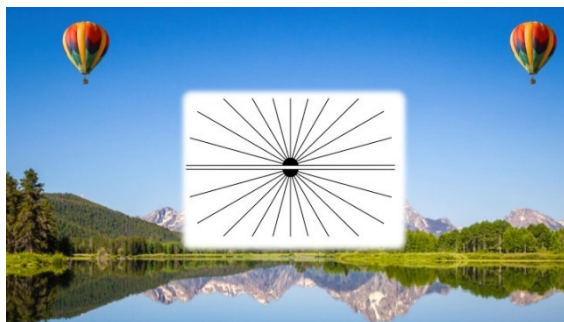
6.2 Paskal 3D

Paskal 3D umožňuje klasickou monokulární refrakci a zároveň i refrakci za binokulárních podmínek. Velkou výhodou je, že klient nemá žádné z očí zamlžené a po celou refrakci má ve zkušební obrubě polarizační filtry.

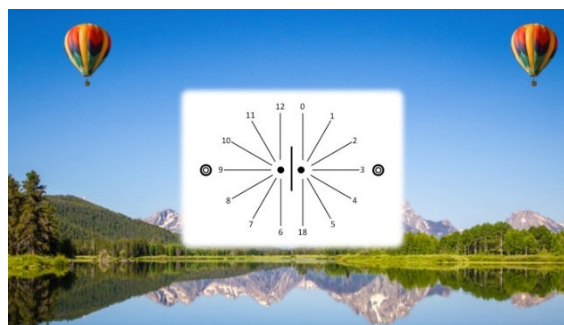
V kapitolách níže uvádím pouze binokulární testy pro vyšetření astigmatismu. [18]

6.2.1 Testy – astigmatická růžice, astigmatický vějíř

Binokulární aureola:



Obrázek 15 – Binokulární aureola – rozdělena horizontálně [18]

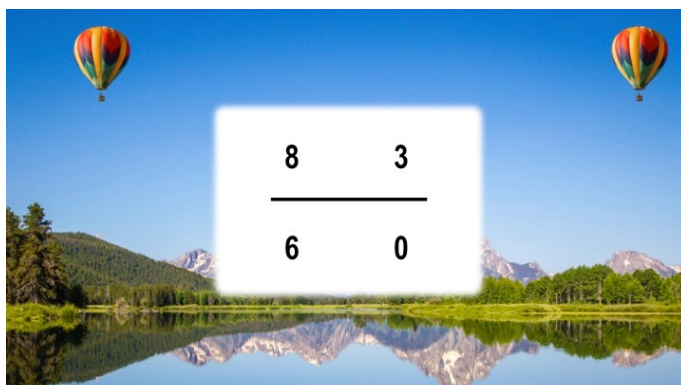


Obrázek 16 – Binokulární aureola – rozdělena vertikálně [18]

Tento test umožňuje díky polarizačním filtrům rozdělit vjem pravého a levého oka. Existují dvě možnosti rozdělení: horizontální a vertikální. Možnost popsání os a jejich odklon ve stupních může být rozdílný. [18]

6.2.2 Testy – Schendelův test

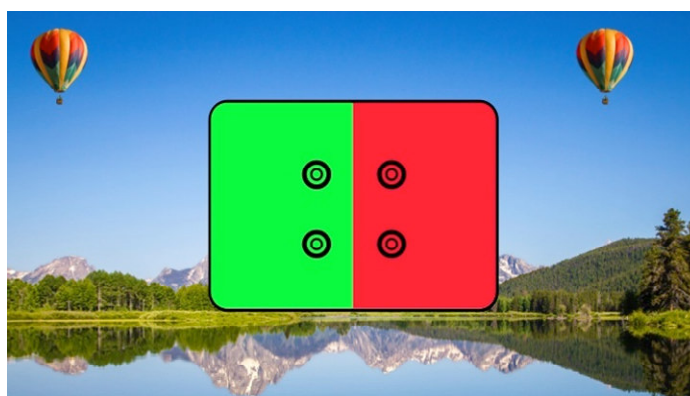
Pro binokulární vyšetření lze použít Schendelův test. Vjem je rozdělený horizontálně.



Obrázek 17 - Schendelův test [18]

6.2.3 Testy – Cowenův test

Cowenův test, který je také za binokulárních podmínek, se dá využít. Polarizačními filtry jsou odděleny horní a dolní kruhy. [18]



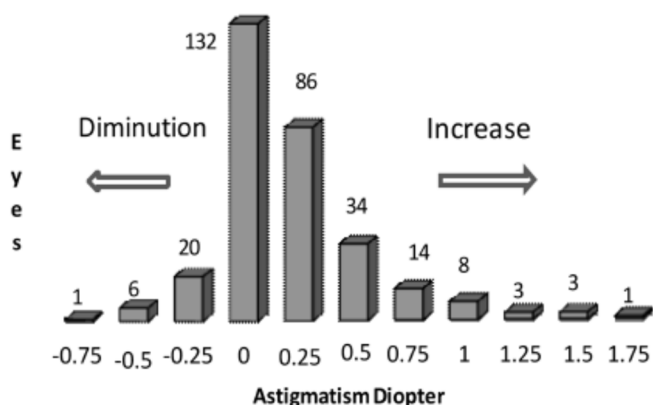
Obrázek 18 – Cowenův test [18]

7. Vyšetření astigmatismu do blízka

Při pohledu na blízký předmět dochází k akomodaci, konvergenci, mióze, depresi a excyklorotaci. Stáčení bulbů je dáno tím, aby se osy fixace protínaly a zároveň aby obě procházely foveou. Vše je uskutečňováno díky okoohybným svalům.

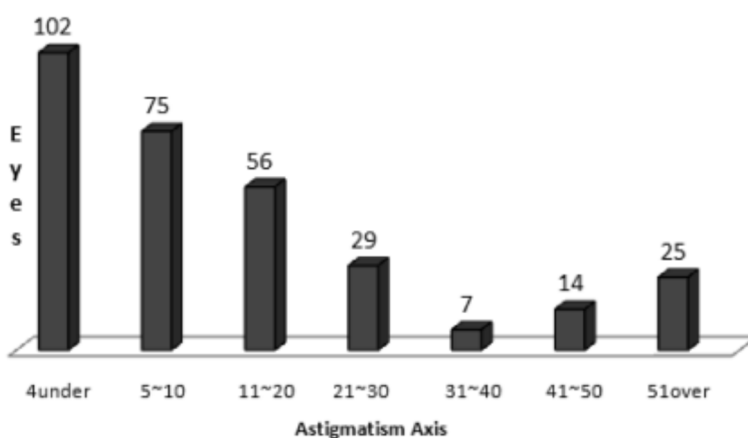
Náklon brýlové čočky, respektive změna pohledové osy při pohledu do blízka přes brýlovou čočku je významným vlivem pro vznik astigmatismu šikmých paprsků. Jestliže se oko dívá do dálky přes optický střed brýlové čočky, při pohledu do blízka jde oko do deprese a pohledová osa protíná brýlovou čočku pod jejím optickým středem. [32]

Korejská studie [36], která zkoumala změnu korekce astigmatismu do blízka oproti dálce, zjistila, že u 66,9 % naměřených subjektů se změnila osa astigmatismu o více než 5°.



Obrázek 19 - Rozdíl velikosti astigmatismu z refrakce do blízka oproti dálce [36]

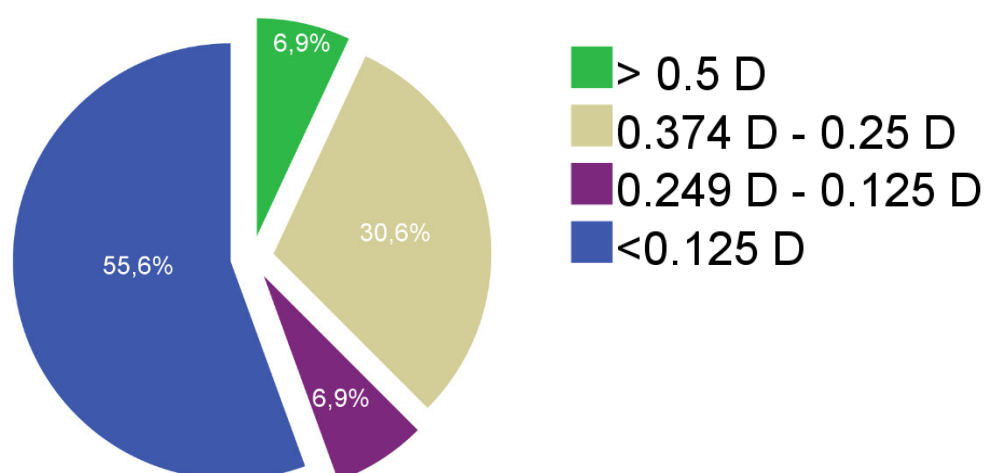
Na ose x je změna velikosti astigmatismu v dioptriích, na ose y počet probandů (n). Z grafu lze vyčíst změnu velikosti astigmatismu do blízka.



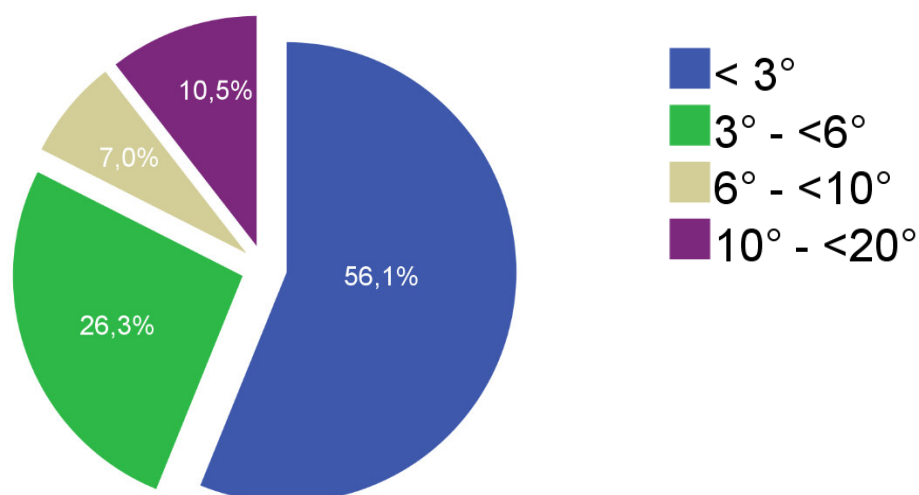
Obrázek 20 - Rozdíl osy astigmatismu z refrakce do blízka oproti dálce [36]

Osa x popisuje změnu osy astigmatismu ve stupních a osa y množství probandů (n). Z grafu vyčteme změnu osy astigmatismu do blízka.

V jiné zahraniční studii [37] vyšetřovali refrakci do dálky a do blízka pomocí Jacksonova zkříženého cylindru na 72 probandech ve věku 20–55 let.



Obrázek 21 – Změna velikosti astigmatismu [37]



Obrázek 22 - Změna osy astigmatismu [37]

Z grafu (viz obr. 21) je zřejmé, že 43 % probandů mělo změnu astigmatismu více než 0,125 dpt. V grafu (viz obr. 22) je názorně ukázáno, že 42 % vyšetřovaných mělo změnu osy astigmatismu o více než 3° .

7.1 Akomodace a astigmatismus

Akomodace nám umožňuje zaostřit na blízké předměty. Principem akomodace je kontrakce ciliárních svalů, což vede ke změně v zakřivení a tloušťce oční čočky a způsobuje to změnu velikosti její optické mohutnosti. [24]

Akomodace se měří v dioptriích a je nepřímo úměrná na fixační vzdálenosti v metrech. Např. pro fixační vzdálenost 1 m oko akomoduje 1 dpt, pro 0,5m je to 2 dpt. [24]

Důležitým bodem ve vyšetření je změření akomodační šíře (AŠ). Ta lze vyjádřit vzorcem (1):

$$A\check{S} = \frac{1}{a_r} - \frac{1}{a_p} \quad (1)$$

Kde a_r je daleký bod v metrech, a_p je blízký bod v metrech a AŠ je akomodační šíře v dioptriích. [24]

Vliv akomodace na astigmatismus byl již prokázán experimenty na toto téma [25]. V tomto experimentu byli vyšetřováni klienti s vlastním astigmatismem o velikosti 1 dpt a méně. Bylo zde dokázáno, že u většiny z nich se projevil astigmatismus -0,036 cylindrické dioptrie v ose 176° pro každou jednu předsazenou spojnou čočku o velikosti 1 dpt. [25]

Jiný experiment [26] dokázal, že při bilaterální akomodaci u emetropů vzniká astigmatismus podle pravidla.

7.2 Listingovo pravidlo

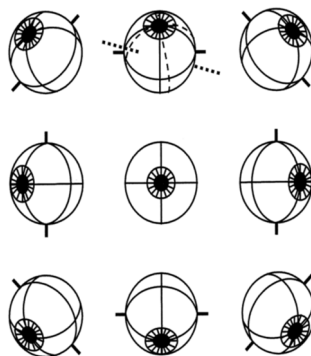
Oko se otáčí ve třech rovinách. Vertikální osa pro horizontální pohyby očí (abdukce a addukce), horizontální osa pro vertikální pohyby očí (elevace a deprese) a zřetěvená osa pro torzní oční pohyby (excyklotorze a incyklotorze). Teoreticky může oko vykonat nekonečně mnoho torzních pohybů pro jakýkoliv směr. [24, 27]

Pokud ale zde je nekonečně mnoho možných torzních pozic pro jakýkoliv směr, přijme oko jednu nebo více těchto torzních pozic? Na tuto otázku odpověděl Donders, který sledoval torzní pohyby svého vlastního oka pomocí paobrazů.

V jeho experimentu Donders vytvořil monokulární zelený paobraz tím, že pozoroval po delší dobu červený znak ve tvaru kříže. Poté se podíval na bílou stěnu před ním, aby viděl, jestli paobraz kříže zůstane stejný, pokud se podívá nahoru, dolů, doprava nebo doleva. Zjistil však, že pokud se podívá v terciálním směru (šikmo nahoru nebo dolů), paobraz kříže se nakloní. Mimoto zjistil, že rozsah naklonění paobrazu kříže závisí na excentricitě pozice oka. Takto dokázal, že je zde jen jedna torzní pozice oka pro kombinace horizontální a vertikální polohy oka. Předpokládal, že torzní pozice oka je vždy stejná, nezávislá na tom, jak oko dosáhne konkrétního pohledového směru. Tato zásada byla nazvána jako Dondersonův zákon. [24, 27]

Je to však Listingovo pravidlo, které kvantitativně definuje specifické torzní úhly pro každý pohledový směr.

Johannes Benedict Listing byl německý matematik, který vyučoval fyziku na univerzitě. Formuloval soubor vztahů a rovnic popisující pohyby oka. Listingovo pravidlo konstatuje, že pokud je hlava fixována, je zde pozice oka zvaná jako primární pozice oka, tedy ta, ze které je možno dosáhnout horizontální i vertikální polohy oka bez torze. Všechny tyto osy leží v jedné rovině, která se nazývá Listingova rovina. Pokud je oko v primární pozici, tato rovina je kolmá na osu vidění. [24]



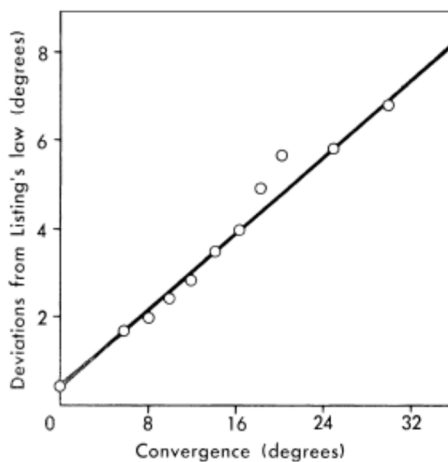
Obrázek 23 – Listingova rovina [27]

Na obrázku 23 jsou vidět osy otáčení oka při určitých pohledových směrech. Oko, které je v centru, je v primární pozici oka a rovina papíru je Listingova rovina, která je kolmá k ose vidění. Všechny ostatní orientace oka nakreslené nepřerušovanou čarou, jsou v souladu s Listingovým pravidlem, protože je jich možné dosáhnout z primární pozice oka rotací kolem os v Listingově rovině. Pozice oka nakreslená přerušovanou čarou na obrázku nahoře porušuje Listingovo pravidlo, protože rotace pro tuto orientaci oka z primární pozice má osu nakloněnou mimo Listingovu rovinu. Tento obrázek dokazuje, že Listingovo pravidlo zahrnuje i Dondersovo pravidlo, tedy to, že pro každou pohledovou osu je zde unikátní předpokládaná orientace oka. [24, 27]

Listingovo pravidlo a cyklorotace

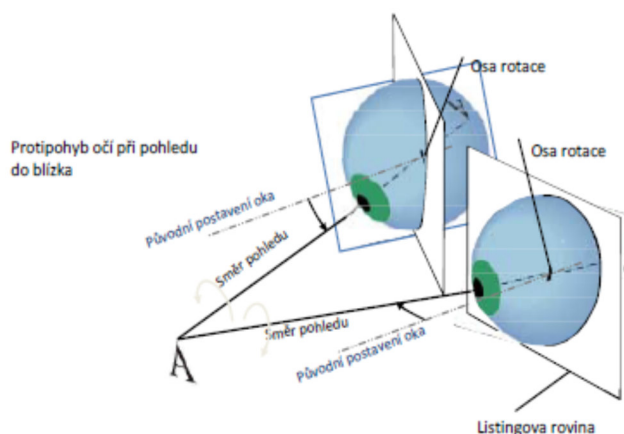
Cyklorotace nastává při změně postavení hlavy a těla a je důležitá pro správné binokulární vidění, kde jako forma cyklovergence kompenzuje nesprávné orientace vertikálních meridiánů u obou očí.

Při pohledu do blízka (konvergence) se vyvolá excyklorotace, která je tím větší, čím více oči konvergují. Všechno toto se interpretuje jako porucha Listingova pravidla, jelikož Listingovo pravidlo se implikuje za stanovených podmínek, kde nenastávají cyklorotace. [24]



Obrázek 24 - Cyklorotace při konvergenci [38]

Osa x popisuje míru konvergence ve stupních, osa y odchylku od Listingova pravidla ve stupních. Proložení naměřených bodů je přímka.



Obrázek 25 - Binokulární pohled do blízka – Listingovo pravidlo [28]

7.3 Optotypy do blízka

Optotypů do blízka je mnoho různých typů. Na rozdíl od optotypů do dálky, kde jsou samostatné znaky, které nijak nesouvisejí, v optotypech do blízka nalezneme souvislé odstavce textu.

Použitý typ písmen v textu a jejich odstupňování visu se však značně liší v závislosti na autorovi. Vzdálenost, na kterou zkoušíme je různá, záleží na klientově PD, šířce zornic a jeho pracovní vzdálenosti. Standardně se však zkouší na 30–40 cm. [8]

Optotypy do blízka často obsahují testy na zjištění akomodační šíře, nejčastěji to jsou: Duanův test a Wilmsův test.

Duanův test je složený ze dvou silných a jedné tenké čáry. Tloušťka tenké čáry odpovídá zornému úhlu 1' při pozorovací vzdálenosti 40 cm. Minimální vzdálenost, ve které je klient ještě schopen vidět nejslabší čáru, je v převrácené hodnotě akomodační šíře v dioptriích.

Wilmsův test se skládá z deseti stejně silných čar kolmo na sebe. Vyšetření slouží pro zjištění správné hodnoty přídatku do blízka. Klient drží optotyp s Wilmsovým testem ve vzdálenosti, na kterou jsme určili adici, kterou má již ve zkušební obrubě. Pokud, při přiložení Jacksonova zkříženého cylindru se zápornou osou např. do osy ve 180°, se klientovi jeví ostřeji zvýrazněné horizontální čáry, musíme korekci o čtvrt dioptrie snížit. Pokud se klientovi zdají ostřejší vertikální čáry, musíme korekci zvýšit. Postup opakujeme do té doby, dokud pro přiložení Jacksonova kříženého cylindru nejsou oba směry čar stejně výrazné. [8]

Tištěné optotypy

Mezi nejčastější optotypy do blízka patří tištěné optotypy. Klient si je drží na vzdálenost, na kterou je zvyklý číst či pracovat. Jejich nevýhodou je jejich brzké opotřebení, popřípadě i zažloutnutí, které znehodnocuje výslednou refrakci. [8]

Světelné optotypy

Méně časté, ale většinou kvalitnější jsou světelné optotypy. Jedním druhem je permanentně osvětlený optotyp s drážkami, kam se vkládají různé druhy testů. Pak také existuje optotyp, který má v sobě umístěných několik testů a přepínáním aktivujeme osvětlení vždy u jednoho z nich a klient se tedy lépe soustředí. Výhodou některých světelných optotypů je, že mohou obsahovat polarizační binokulární testy pro vyšetření heteroforie, heterotropie a asociační forie do blízka či vyvážení akomodace. [8]

8. Objektivní vyšetření astigmatismu do blízka

8.1 Dynamická skiaskopie

Na rozdíl od statické skiaskopie, při dynamické skiaskopii klient fixuje na bod (v podobě karet s písmenky či čtecí tabulkou) upevněný na skiaskopu, který se nachází v pracovní vzdálenosti. Karty mají uprostřed otvor a jsou umístěny na skiaskopu tak, aby skrze ně procházelo světlo skiaskopu. Vyšetření se provádí až po statické skiaskopii a klient má předsazenou zkušební obrubu s jeho korekcí do dálky. Pokud klient plně akomoduje na vzdálenost, v níž se nachází fixující bod, odpovídají výsledky dynamické skiaskopie té statické. Pokud klient akomoduje nedostatečně, výsledky budou rozdílné. Při této metodě se klient dívá oběma očima, žádné z nich neokludujeme ani nezamlžujeme, přesto je toto vyšetření označeno jako monokulární, jelikož se vyšetřuje vždy jen jedno z očí. [35]

Existují dva duhy dynamické skiaskopie. Při MEM (Monocular Estimate Method) metodě se vyšetřující snaží neutralizovat reflex pomocí předsazování zkušebních brýlových čoček do zkušební brýlové obruby. U Nott dynamické skiaskopie je reflex neutralizován díky oddalování a přibližování skiaskopu a přepočtení konečné vzdálenosti, kde je reflex neutralizován. Dynamická skiaskopie lze využít jako východisko pro korekci astigmatismu, a to i za binokulárních podmínek. [35]

9. Subjektivní vyšetření astigmatismu do blízka monokulárně

Vyšetření astigmatismu do blízka se nejlépe provádí monokulárně. Díky konvergenci a s ní spojené rotaci očí ale může dojít k naměření rozdílných hodnot osy a velikosti v porovnání s binokulárním vyšetřením do dálky. Tyto změny jsou spojeny hlavně s vyššími hodnotami cylindru naměřenými do dálky, nižších adicí u presbyopů a s tím i větší schopností akomodace, pracovní vzdálenosti menší než 40 cm, kdy klient je nucen více konvergovat anebo s hodnotami PD nad 70 mm. [29]

9.1 Astigmatický vějíř, astigmatická růžice

Jako test na vyšetření astigmatismu do blízka můžeme použít astigmatický vějíř. Postupujeme stejně jako při vyšetření do dálky. Pokud klient vnímá ostřejší linii, která je

souběžná nebo kolmá k ose, kterou jsme naměřili, jedná se o změnu velikosti cylindru. Jestliže tmavší linii vidí klient šikmo od námi naměřené osy, musíme změnit osu cylindru. Je možná i kombinace těchto dvou variant. [29]

9.2 Jacksonovy zkřížené cylindry

Vyšetřujeme na čtecí tabulce, nejlépe na kulatém písmeně v textu. Postupujeme stejně jako při vyšetření astigmatismu do dálky. Ověříme správnou osu cylindru, kdy Jacksonův cylindr držíme tak, aby držátko bylo v prodloužení s osou ve zkušební objímce. Poté ověříme velikost astigmatismu, kdy dáváme osy Jacksonova cylindru do osy, kterou jsme naměřili. [29]

10. Subjektivní vyšetření astigmatismu do blízka binokulárně

Stejně jako při binokulárním vyšetření astigmatismu do dálky lze postupovat i do blízka. Můžeme vycházet z naměřených hodnot do dálky nebo blízka. Bohužel neexistují žádné relevantní zdroje, které by se touto problematikou zabývaly.

Na rozdíl od binokulárního vyšetření do dálky však nesmíme zamlžit spojnou čočkou, jelikož bychom uvolňovali akomodaci. Zde se uplatňuje opakní sklo s jemným zamlžením anebo možnost klienta vůbec nezamlžovat.

Klient fixuje ve čtecí tabulce kulaté písmeno či číslici, zatím co mi zkusíme Jacksonovým zkříženým cylindrem osu a velikost cylindru.

Při naměření jiných hodnot oproti vyšetření do dálky, musíme tyto výsledky začlenit do konečné korekce podle potřeb klienta. [34]

11. Možnosti korekce

U astigmatismu korigujeme vždy plnou korekci, kterou naměříme. To platí především pro dětské klienty. Pokud u dospělého nastane problém v binokulárním vidění, můžeme cylindrickou složku redukovat a nechat klienta přivykat postupně. Je důležitá přesná korekce velikosti a osy cylindru. [8]

Při naměření rozdílné refrakce do blízka a do dálky, musíme konečnou korekci přizpůsobit potřebám klienta. Nejčastěji se ponechává astigmatismus do dálky. Další možností je ponechat korekci do blízka anebo zvolit kompromis. [29]

11.1 Brýlová čočka

Korekce brýlovými čočkami je nejčastější zvolená varianta ke korekci astigmatismu. Oproti kontaktním čočkám však vzniká zkreslení obrazu a změně tvaru, na kterou si klient musí přivyknout. Můžeme korigovat plan-cylindrickými, sféro-cylindrickými nebo sféro-torickými brýlovými čočkami.

Plan-cylindrická brýlové čočky jsou nejstarším typem brýlových čoček pro korekci astigmatismu. Tuto čočku dostaneme seříznutím rotačního válce v jeho podélné ose. [8, 6]

Rozlišujeme poté dva hlavní řezy. První řez, který je rovnoběžný s osou rotačního válce, má nulovou dioptrickou účinnost. Druhý řez je kolmý na první a má maximální dioptrický účinek.

Sféro-cylindrické brýlové čočky jsou kombinací plan-cylindrických čoček a sférické čočky. Dioptrická účinnost prvního řezu má hodnotu sférické čočky a druhý řez představuje součet sférické a cylindrické dioptrické hodnoty. [8, 6]

Jelikož u plan-cylindrických a sféro-cylindrických čoček vznikal v periferních částech brýlové čočky vysoký indukovaný astigmatismus šikmých paprsků, vynalezly se sféro-torické brýlové čočky, které tuto vadu odstraňují pomocí vhodného prohnutí cylindrické plochy. [8, 6]

11.2 Kontaktní čočka

Kontaktní čočky jsou modernějším řešením korekce astigmatismu. Díky mnoha výhodám jim stále více lidí dává přednost před klasickou brýlovou korekcí.

Nedochází k perifernímu zkreslení, jsou vhodné při sportech a jiných pohybových aktivitách a zamezují zvětšení či zmenšení pozorovaného obrazu.

Základním předpokladem je správná péče o kontaktní čočky a pravidelné kontroly u specialisty. Korigujeme pomocí měkkých a tvrdých torických kontaktních čoček. [30]

Materiály pro měkké kontaktní čočky jsou hydrogel a silikonhydrogel. Hydrogelové kontaktní čočky mají vyšší obsah vody a jsou tudíž pohodlnější oproti silikonhydrogelovým. Silikonhydrogelové čočky mají ale vyšší propustnost pro kyslík a lepší mechanické vlastnosti.

Nejvhodnější korekce astigmatismu dosáhneme pomocí torických měkkých kontaktních čoček. [30]

Materiál pro RGP (rigid gas permeable) kontaktní čočky je vysoce propustný pro kyslík. Jsou vhodné pro dlouhodobé nošení díky dlouhé trvanlivosti a skvělým optickým vlastnostem. Pod tvrdou kontaktní čočkou vzniká tzv. slzná čočka, která koriguje zbytkový astigmatismus. Tvrdé torické kontaktní čočky rozdělujeme na 3 typy: kontaktní čočky s torickou přední plochou, kontaktní čočky s torickou zadní plochou či bitorické kontaktní čočky, kde je torická plocha na obou stranách. [30, 31]

12. Efekt náklonu brýlové čočky

Při konečném výběru brýlové obruby musíme změřit také náklon tenké sférické nebo tenké sférocylindrické brýlové čočky podle horizontální a vertikální osy vůči oku. Nejpatrnější jsou tyto změny u sportovních brýlových obrub.

Při pohledu oka skrz skloněnou brýlovou čočkou dochází ke změně efektivních dioptrických hodnot této čočky a ty mohou významně ovlivnit kvalitu vidění.

Můžeme říct, že nekompensovaný pantoskopický i panoramatický náklon mění účinek brýlové čočky a indukuje astigmatismus. Změna pantoskopického úhlu indukuje astigmatismus (v záporném sférocylindrickém zápisu) ve 180° a změna panoramatického úhlu astigmatismus (v záporném sférocylindrickém zápisu) v 90° .

Kompensaci náklonu brýlové čočky můžeme provést buď decentrací, nebo výpočtem. [32]

Tabulka 1 – příklad výpočtu efektivních dioptrických hodnot sférocylindrické čočky $-1,5/-0,5 \times 160^\circ$ s proměnou inklinací $\alpha_P \leq 25^\circ$ [32]

α_P [°]	$S_e / C_e \times Q_e$	ΔS [dpt]	ΔC [dpt]	ΔQ [°]
5	-1,51/-0,51 x 161	-0,00	-0,02	176,3
10	-1,52/-0,56 x 162	-0,02	-0,07	176,4
15	-1,54/-0,63 x 164	-0,03	-0,15	176,5
20	-1,57/-0,75 x 166	-0,06	-0,28	176,6
25	-1,61/-0,93 x 168	-0,09	-0,47	176,7

13. Praktická část

Cílem mé experimentální části bylo navrhnout a provést vyšetření astigmatismu do dálky monokulárně a binokulárně a zaznamenat případné rozdíly. Další část se zaměřuje na vyšetření astigmatismu do blízka a porovnání této refrakce s refrakcí po binokulární kontrole do dálky.

Vyšetření probíhalo na Kladně v laboratoři optometrie Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT se sídlem v Praze s použitím LCD optotypu, zkušební brýlové obruby a zkušebních brýlových čoček pro vyšetřovací vzdálenost 6 metrů. Vyšetření probíhalo na vzorku probandů s věkovým rozpětím 19 až 28 let a astigmatismem o velikosti nejméně 0,5 dpt na jednom z očí.

13.1 Hypotézy

Ve své práci jsem si určila dva cíle. První cíl byl zjistit změnu refrakce mezi monokulárním vyšetřením a binokulární kontrolou do dálky a zároveň zkoumat změnu mezi binokulární kontrolou do dálky a do blízka. Dalším cílem bylo zjistit, zda při vyšších hodnotách astigmatismu bude nastávat větší změna.

Při vyšetření astigmatismu do dálky jsem se zaměřila na změnu osy astigmatismu a stanovila jsem si hypotézy H1 a H3. U vyšetření astigmatismu do blízka jsem sledovala změnu velikosti astigmatismu a stanovila si hypotézy H2 a H4.

Hypotéza H1: „Binokulární vyšetření astigmatismu do dálky způsobí změnu osy astigmatismu oproti vyšetření monokulárnímu.“

Hypotéza H2: „Binokulární vyšetření astigmatismu do blízka způsobí změnu velikosti astigmatismu oproti binokulárnímu vyšetření do dálky.“

Hypotéza H3: „Změna osy astigmatismu vyšetřovaného binokulárně do dálky, je tím větší, čím jsou větší hodnoty astigmatismu monokulárně stanoveného.“

Hypotéza H4: „Změna velikosti astigmatismu vyšetřovaného binokulárně do blízka, je tím větší, čím větší jsou hodnoty astigmatismu do dálky.“

13.2 Metodika měření

Na začátku vyšetření bylo potřeba korigovat refrakční vadu očí. Pro objektivní refrakci jsem využila autorefraktokeratometr Topcon TRK-1P. Zkušební brýlovou obrubu jsem centrovala podle parametrů klienta, inklinace byla nulová. Poté jsem zaznamenala monokulární a binokulární visus naturalis. Jestliže klient používal brýle, stanovila jsem monokulární a binokulární visus s jeho původní korekcí.



Obrázek 26 – Jacksonův zkřížený cylindr [vlastní zpracování]



Obrázek 27 – Autorefraktokeratometr Topcon TRK-1P [vlastní zpracování]

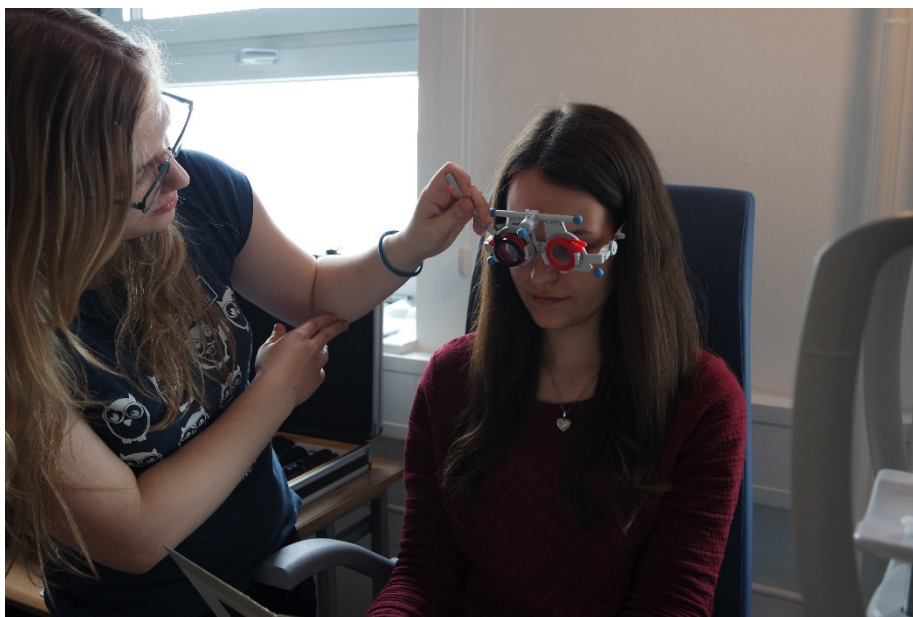
Dále jsem pokračovala subjektivní refrakcí za monokulárních podmínek. Po stanovení nejlepší sféry, kde jsem vycházela z autorefraktometru či původní brýlové korekce, jsem vyšetřovala astigmatismus pomocí Jacksonova zkříženého cylindru a bodového testu při věnování zvýšené pozornosti při stanovení přesné osy cylindru. Na konci jsem zaznamenala monokulární visus. Binokulární vyvážení jsem určila pomocí Humphrissovy techniky a polarizačního třířádkového testu. Zjištění fúze jsem vyšetřila pomocí Worthových světel a pro stanovení heteroforie jsem využila Schoberův test. Po binokulárním vyvážení jsem zaznamenala binokulární visus.

Binokulární kontrola do dálky probíhala pomocí Jacksonova zkříženého cylindru a bodového testu. Nevyšetřované oko jsem zamlžila spojnou čočkou o velikosti 0,75 dpt a u druhého jsem zkontrolovala správnost velikosti a osy cylindru. Stejně jsem postupovala i při vyšetření druhého oka.



Obrázek 28 – Binokulární kontrola u vyšetření astigmatismu do dálky

Binokulární kontrolu do blízka jsem vyšetřila pomocí Jacksonova zkříženého cylindru a kulatého znaku. Ověřila jsem velikost a osu astigmatismu obou očí, aniž bych jedno z nich zamlžovala. Veškeré údaje jsem zapsala do vytvořeného protokolu pro tato vyšetření (viz příloha 1).

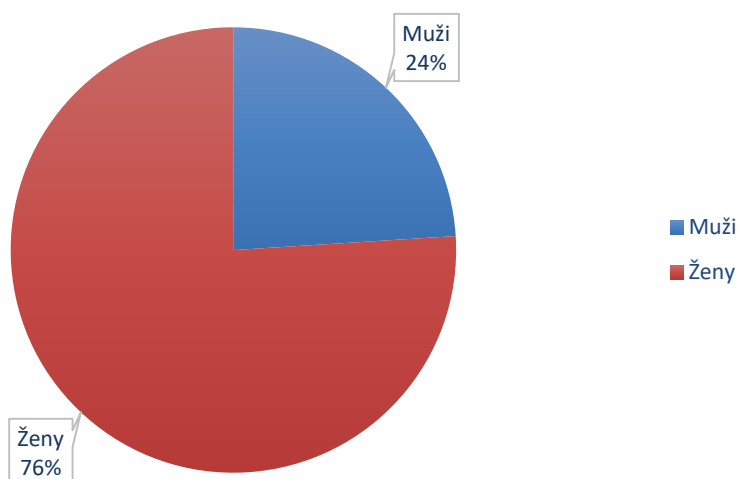


Obrázek 29 – Binokulární kontrola u ověření velikosti a osy astigmatismu do blízka

13.3 Obecné údaje

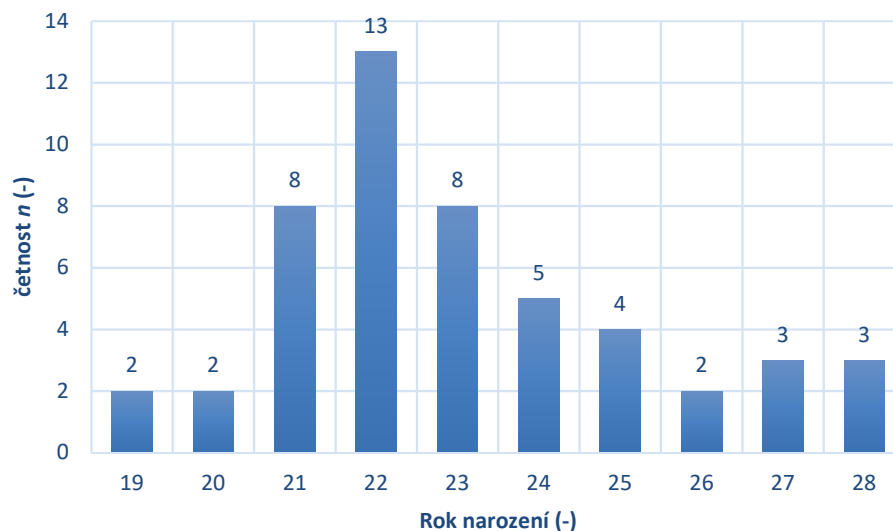
Vyšetření astigmatismu do dálky a do blízka podstoupilo celkem 50 subjektů z toho 2 měli smíšený astigmatismus, 5 mělo složený hypermetropický astigmatismus a zbývajících (43) mělo složený myopický astigmatismus. Vybráni byli pouze probandi s astigmatismem alespoň 0,50 dpt bez akomodačních poruch.

Experimentu se zúčastnilo 38 žen (76 %) a 12 mužů (24 %). (viz graf obr.30)



Obrázek 30 – Graf počtu vyšetřovaných v závislosti na pohlaví

Věkové rozložení probandů charakterizuje následující graf (obr. 31). Nejčastější věk byl 22 let (26,58 %). Probandů ve věku 21 a 23 bylo 16 (32 %). Nejméně zastoupený věk byl 19, 20 a 26.



Obrázek 31 – Graf četnosti vyšetřovaných v závislosti na věkové kategorii

13.4 Výsledky pro vyšetření astigmatismu do dálky

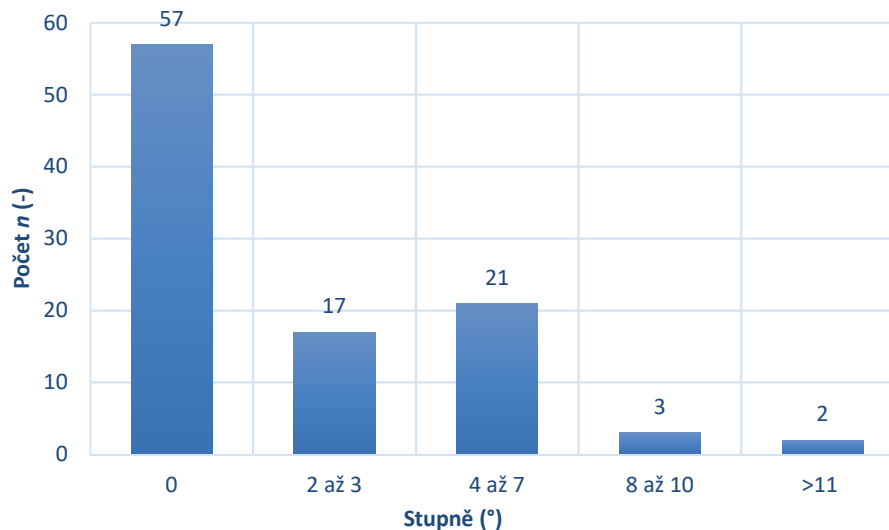
Jedním z cílů mé práce bylo stanovení rozdílů mezi hodnotami monokulární a binokulární refrakce do dálky. Vše charakterizují grafy níže (viz obr. 32-34).

13.4.1 Změna osy astigmatismu

U 70 % klientů došlo ke změně osy více než o 2° alespoň na jednom oku.

Změna osy je zde v absolutních hodnotách, jelikož bereme v potaz pouze velikost změny astigmatismu. Pokud budeme uvažovat monokulární vyšetření a rozdílné výsledky mezi pravým a levým okem, tak výsledky odchylek mezi refrakcemi jsou: 57 (57 %) očí – beze změny, 21 (21 %) očí – změna o 4°-7°, 17 očí – změna o 2°-3° a 5 očí – změna větší než 8°.

Hypotéza H1 („Binokulární vyšetření astigmatismu do dálky způsobí změnu osy astigmatismu oproti vyšetření monokulárnímu.“) byla potvrzena párovým t-testem závislých vzorků ($p = 0,000076$) na hladině významnosti $\alpha=0,05$.



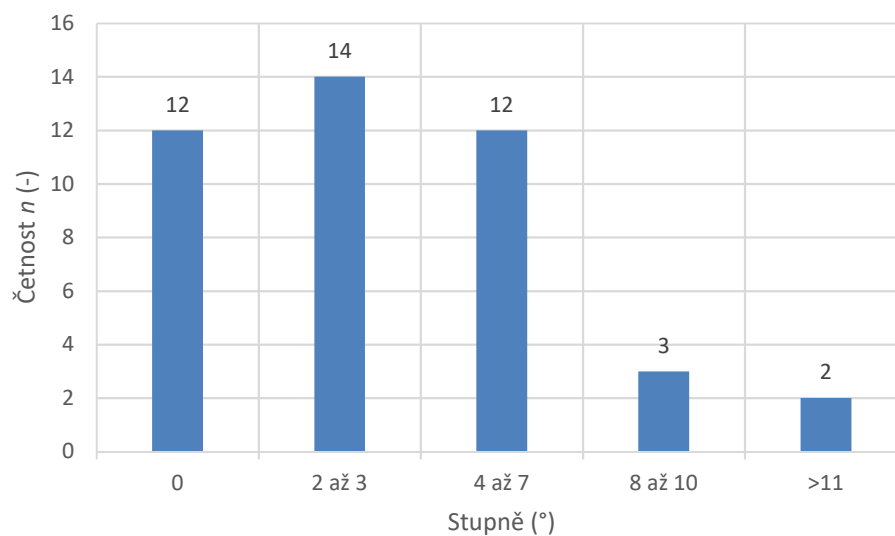
Obrázek 32 – Graf četnosti změny osy astigmatismu při binokulárním vyšetření do dálky

Pro lepší přehlednost byl soubor vyšetřovaných očí rozdělen na dvě skupiny. Do první skupiny byly zařazeny oči s velikostí astigmatismu ≥ 1 dpt (43). Ve druhé skupině pak byly oči s astigmatismem $\leq 0,75$ dpt (57).

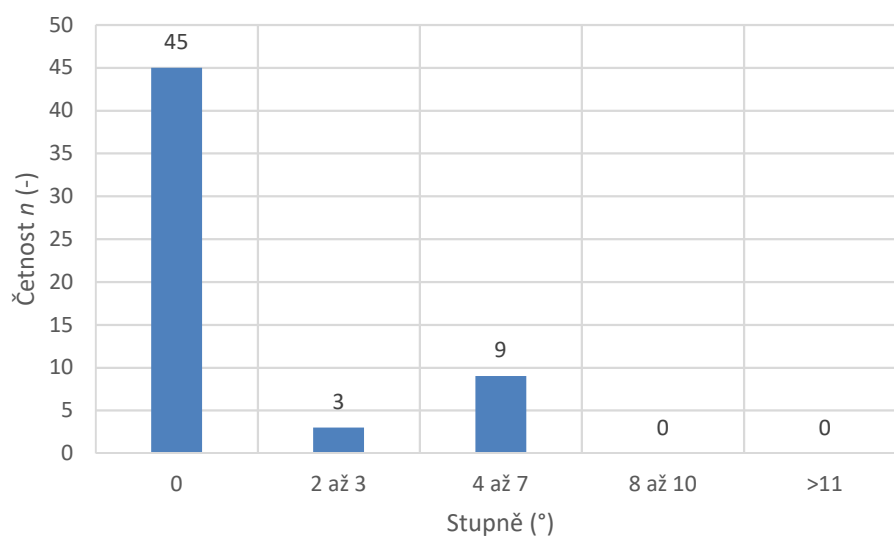
První skupinu (astigmatismu ≥ 1 dpt) charakterizuje následující graf (obr. 33). Výsledky odchylek osy jsou: 14 (32,5 %) očí – změna o 2° - 3° . 12 (27,9 %) očí – změna o 4° - 7° , pro stejný počet očí (12) nedošlo ke změně osy a u 5 očí (11,6 %) byla změna větší než 8° .

Druhou skupinu (astigmatismus $\leq 0,75$ dpt) charakterizuje graf (viz obr. 34.), ze kterého lze vyčíst, že u 45 očí klientů (78,9 %) nebyla zjištěna žádná změna osy astigmatismu. U 9 očí probandů (15,8 %) byla změřena změna osy astigmatismu 4 - 7° a pro 3 oči (5,3 %) byla změna 2 - 3° .

Hypotéza H3 („Změna osy astigmatismu vyšetřovaného binokulárně do dálky, je tím větší, čím jsou větší hodnoty astigmatismu monokulárně stanoveného.“) byla potvrzena dvou-výběrovým nepárovým t-testem závislých vzorků ($p = 0,000107$) na hladině významnosti $\alpha=0,05$.



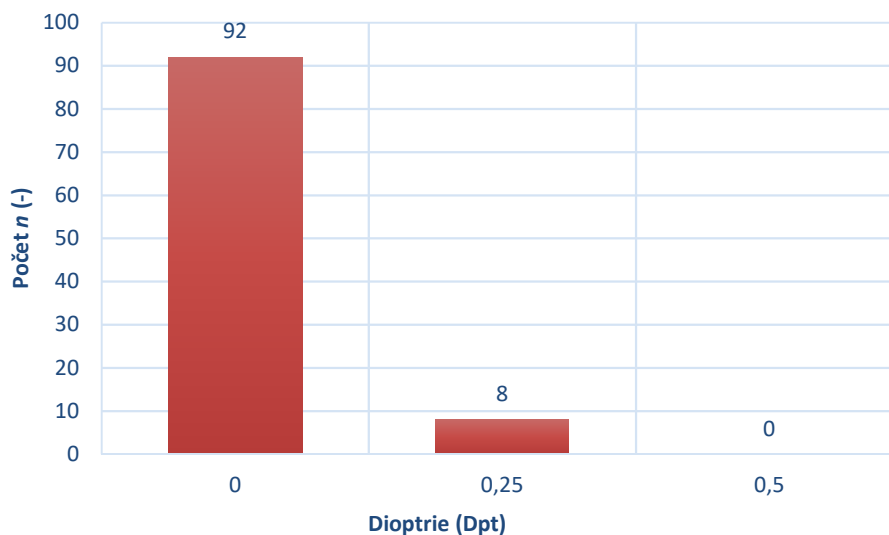
Obrázek 33 – Graf četnosti změny osy astigmatismu při binokulární kontrole do dálky pro skupinu 1 (astigmatismus vyšší nebo rovno 1 dpt)



Obrázek 34 - Graf četnosti změny osy astigmatismu při binokulární kontrole do dálky pro skupinu 2 (astigmatismus nižší nebo rovno 0,75 dpt)

13.4.2 Změna velikosti astigmatismu

Při binokulárním pohledu do dálky nebyla prokázána změna velikosti astigmatismu u většiny měřených očí (92, 92 %) viz graf níže (obr. 35). Pro 8 očí pak byla změřena změna velikosti 0,25 dpt.



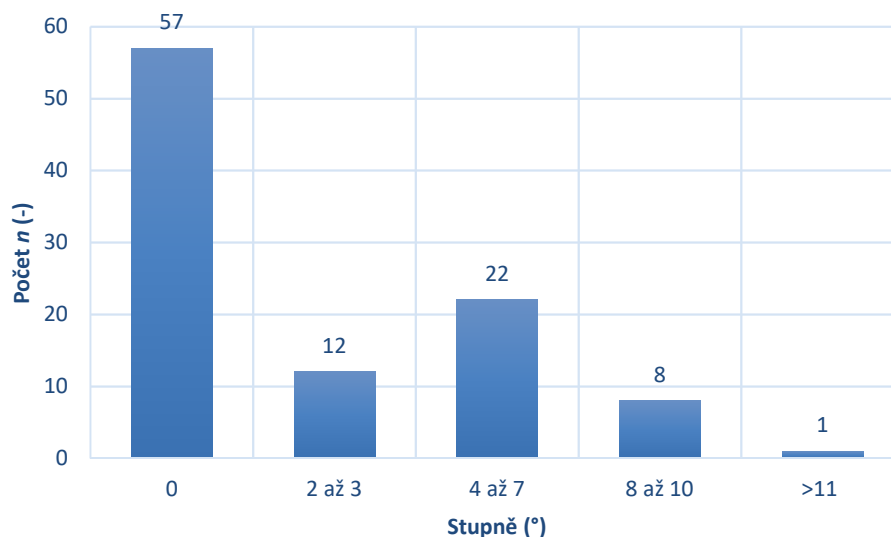
Obrázek 35 – Graf četnosti změny velikosti astigmatismu při binokulární kontrole do dálky

13.5 Výsledky vyšetření do blízka

V druhé části jsem se zaměřila na rozdílnost refrakce mezi binokulární kontrolou do dálky a ověřením správnosti velikosti a osy astigmatismu do blízka.

13.5.1 Změna osy astigmatismu do blízka

Obdobně, jako u změny osy astigmatismu do dálky, bereme v potaz vždy absolutní hodnoty změny osy. Při zjišťování změny osy astigmatismu do blízka nedošlo k žádné změně u 57 očí (57 %) subjektů (viz graf obr. 36). U 43 % očí došlo ke změně o více než 2°. Konkrétně pro 22 (22 %) očí – změna o 4°-7°. 12 (12 %) očí – změna osy o 2°-3° a 9 očí mělo změnu větší než 8°.

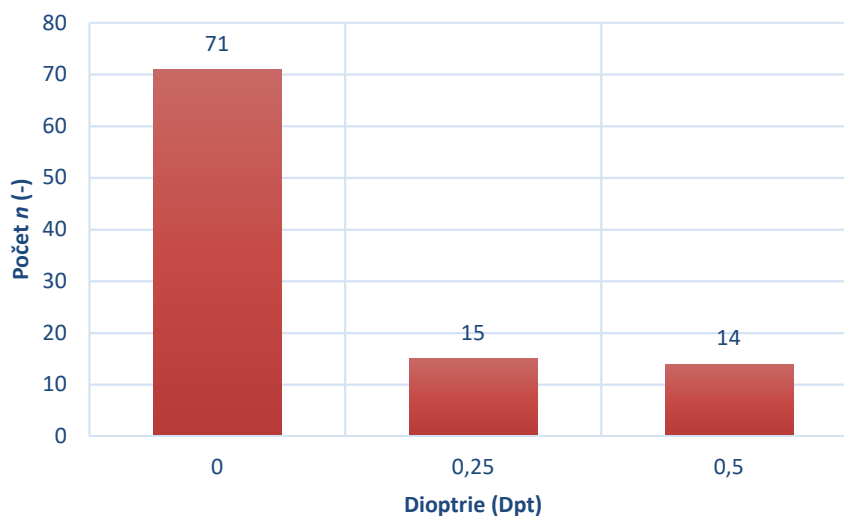


Obrázek 36 – Graf četnosti změny osy astigmatismu mezi binokulární kontrolou do dálky a do blízka

13.5.2 Změna velikosti astigmatismu do blízka

Z hlediska změny velikosti astigmatismu při binokulární kontrole do blízka oproti dálce bylo nejvíce vyšetřovaných očí beze změny (71, 71%) (viz graf obr. 31). Změna ve velikosti astigmatismu byla u 29 % očí. Konkrétně ke změně o 0,25 dpt došlo u 15 očí klientů a ke změně o 0,5 dpt pak u 14 očí.

Hypotéza H2 („Binokulární vyšetření astigmatismu do blízka způsobí změnu velikosti astigmatismu oproti binokulárnímu vyšetření do dálky.“) byla potvrzena pomocí párového t-testu závislých vzorků ($p = 0,0000021$) pro hladinu významnosti $\alpha=0,05$.



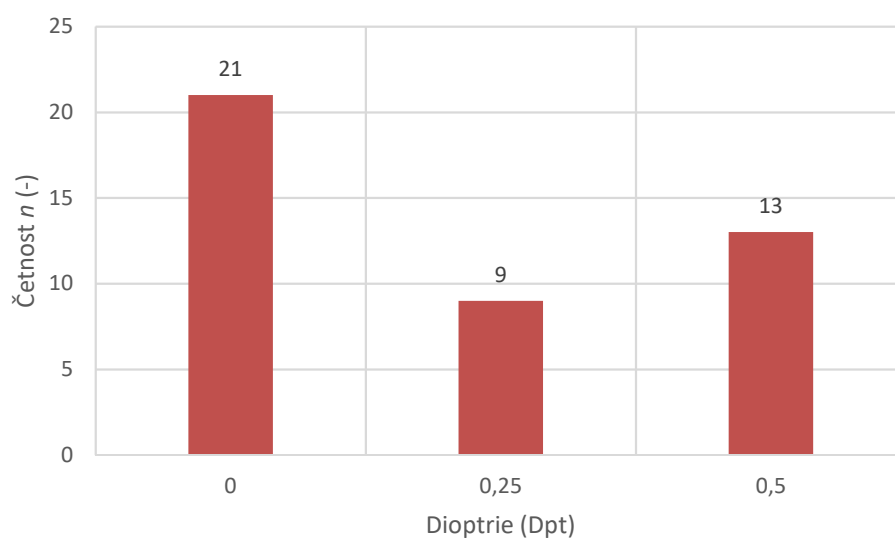
Obrázek 37 – Graf četnosti změny velikosti astigmatismu mezi binokulární kontrolou do dálky a do blízka

Pro zkoumání hypotézy H4 jsem podobně jako v kapitole 13.4.1 rozdělila vzorek vyšetřovaných na dvě skupiny. V první skupině byly oči s astigmatismem ≥ 1 dpt (43). Do druhé skupiny spadají vzorky s astigmatismem $\leq 0,75$ dpt (57).

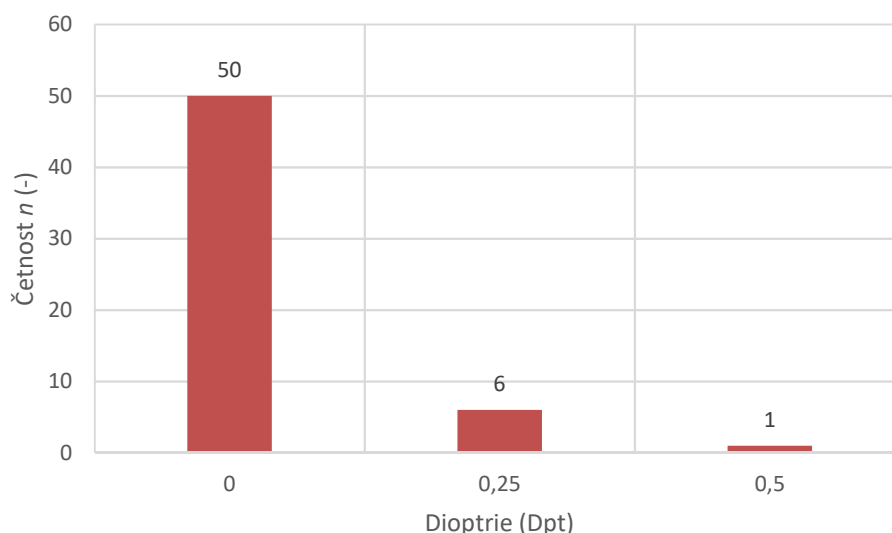
První skupinu charakterizuje graf (obr. 38), kde lze vyčíst, že pro 21 očí (48,8 %) nebyla naměřena žádná změna velikosti astigmatismu. Pro 13 očí (30,2 %) vyšetřovaných byla změna 0,50 dpt a u devíti očí klientů (20,9 %) se projevila změna velikosti astigmatismu o 0,25 dpt.

V druhé skupině nebyla u 50 měřených očí (87,7%) žádná změna ve velikosti astigmatismu při binokulární kontrole do blízka oproti dálce (viz graf obr. 39). U 6 očí vyšetřovaných (10,5 %) byla změna o 0,25 dpt. A u jednoho oka (1,8 %) byla změna velikosti astigmatismu o 0,50 dpt.

Pro statistické zpracování jsem použila dvou-výběrový nepárový t-test ($p = 0,000204$), kde pro hladinu významnosti $\alpha=0,05$ byla hypotéza H4 („Změna velikosti astigmatismu vyšetřovaného binokulárně do blízka, je tím větší, čím větší jsou hodnoty astigmatismu do dálky.“) potvrzena jako statisticky významná.



Obrázek 38 - Graf četnosti změny velikosti astigmatismu mezi binokulární kontrolou do dálky a do blízka pro skupinu 1 (astigmatismu vyšší nebo rovno 1 dpt)



Obrázek 39 - Graf četnosti změny velikosti astigmatismu mezi binokulární kontrolou do dálky a do blízka pro skupinu 2 (astigmatismus nižší nebo rovno 0,75 dpt)

14. Diskuze

Rozdíly mezi změnou osy astigmatismu při monokulárním a binokulárním vyšetření astigmatismu do dálky byly pomocí párového t-testu závislých vzorků na hladině významnosti $\alpha=0,05$ potvrzeny jako statisticky významné a byla tedy potvrzena i hypotéza H1.

U 70 % klientů došlo ke změně osy astigmatismu alespoň na jednom z očí o 2°. Pro zpracování výsledků bylo však nutné vzít v potaz jednotlivé oči, jelikož se často stávalo, že změna na pravém a levém oku byla rozdílná, a tudíž by nebylo možné je zařadit do určitých kategorií jako celek. Příčinou změny osy při binokulární kontrole do dálky může být torze očí, která nastává při binokulárním vjemu po odkrytí clony na jednom z očí.

Pro velký počet očí, u kterých nedošlo k žádné změně, byla navržena hypotéza H3, u které bylo zkoumáno, zda: „Změna osy astigmatismu vyšetřovaného binokulárně do dálky, je tím větší, čím jsou větší hodnoty astigmatismu monokulárně stanoveného“. Při rozdělení vzorku do dvou skupin (pro klienty s astigmatismem vyšším nebo rovném 1 dpt anebo nižším nebo rovném 0,75 dpt) a vyjádření jejich četnosti (viz grafy: obr. 33 a 34) je patrné, že u skupiny s vyšším astigmatismem docházelo k větším změnám osy astigmatismu. Využitím dvou-výběrového t-testu nezávislých vzorků pro hladinu významnosti $\alpha=0,05$ jsem potvrdila, že data jsou statisticky významná.

V bakalářské práci Jana Policara [39], který zkoumal vliv cyklovergenčních mechanismů na vyšetření astigmatismu, je uvedeno, že u 96 % probandů došlo ke změně osy astigmatismu alespoň na jednom z očí. Důvodem vyšších hodnot může být fakt, že vyšetření probíhalo pomocí speciálního 3D LCD optotypu Polaskop 3D, který využívá polarizace.

Při porovnávání změny refrakce u binokulární kontroly astigmatismu do dálky oproti kontrole správnosti velikosti a osy astigmatismu do blízka, byla jako statisticky významná potvrzena H2 (*„Binokulární vyšetření astigmatismu do blízka způsobí změnu velikosti astigmatismu oproti binokulárnímu vyšetření do dálky.“*), kde byl použit párový t-test závislých vzorků na hladině významnosti $\alpha=0,05$.

U 43 % vyšetřovaných očí, byla změna osy astigmatismu větší než 2° . Příčiny této změny můžeme hledat ve sklopení pohledu, a tedy excyklorotaci a depresi bulbů. Dalším vlivem může být konvergence a infraverze a tím indukovaný astigmatismus šikmých paprsků v horizontálním, respektive vertikálním směru. Důvodem může být také asférická (torická) akomodace (viz kap. 7.1). V zahraniční studii [37] byla zjištěna změna větší než 3° u 42 % klientů (viz kap. 7). Rozdíl jednoho procenta může být díky tomu, že v zahraniční studii vyšetřovali změnu až od 3° . V této studii mělo také 37,5 % vyšetřovaných změnu velikosti astigmatismu větší než 0,25 dpt. V mé práci tuto změnu mělo 29 %. Nižší číslo může být zapříčiněno tím, že velké množství probandů, které jsem vyšetřovala, mělo nižší astigmatismus, a tudíž se změna do blízka nemusela projevit.

Jako statisticky významná byla potvrzena hypotéza H4 (*„Změna velikosti astigmatismu vyšetřovaného binokulárně do blízka, je tím větší, čím větší jsou hodnoty astigmatismu do dálky.“*), kde byl využit dvou-výběrový t-test nezávislých vzorků pro hladinu významnosti $\alpha=0,05$. Vzorek očí vyšetřovaných byl rozdělen na dvě skupiny podle velikosti astigmatismu. V první skupině (astigmatismus ≥ 1 dpt) bylo u 51,2 % očí naměřena změna větší než 0,25 dpt (viz graf obr. 38). U druhé skupiny (astigmatismus $\leq 0,75$ dpt) byla změna větší než 0,25 dpt u 12,3 % očí.

Závěr

Předmětem teoretické části bakalářské práce bylo popsat astigmatismus, jeho klasifikaci a způsoby subjektivního a objektivního vyšetření. Ke zjištění těchto informací jsem využila zdrojů odborné literatury.

Experimentální část bakalářské práce se zabývala změnou refrakce při binokulární kontrole astigmatismu do dálky oproti monokulárnímu vyšetření a změnu velikosti a osy astigmatismu do blízka oproti binokulární kontrole do dálky. Vyšetření se zúčastnili studenti Fakulty biomedicínského inženýrství a celkový soubor naměřených očí byl 100.

Na základně statisticky významných výsledků experimentální části práce lze konstatovat, že vyšetření astigmatismu do dálky se nezanedbatelně liší ve změně osy astigmatismu za binokulárních podmínek oproti vyšetření monokulárnímu. Také bylo potvrzeno, že u vyšších hodnot počátečního astigmatismu nastávaly větší změny v ose astigmatismu.

Do blízka byla zjištěna změna ve velikosti astigmatismu oproti binokulární kontrole do dálky. Také bylo potvrzeno, že při zvyšující se počáteční hodnotě astigmatismu docházelo k větším změnám ve velikosti astigmatismu do blízka oproti binokulární kontrole.

Vyšetřením, které jsem popsala v metodice práce, jsem se snažila přiblížit klasickým vyšetřováním, které nedisponují nadstandardním vybavením jako je Polaskop 3D. V návaznosti na tuto studii bych doporučovala vyšetřit vzorek probandů s vyšší hodnotou počátečního astigmatismu alespoň nad 2 dpt, u kterých by se projevovaly vyšší změny.

Pro optometry, kteří vyšetřují subjektivní refrakci a určují klientům finální korekci, by toto zjištění mohlo být důvodem k začlenění binokulární kontroly astigmatismu do dálky a do blízka v běžné praxi.

Seznam použité literatury

- [1] KUCHYNKA, P. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada 2016. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [2] GROSVENOR, T. *Primary Care Optometry*, 5th edition, Butterworth Heinemann, Elsevier, 2007.
- [3] ANTON, M. *Astigmatismus*. Česká oční optika. 2006, č. 2, s. 16. ISBN 1211-233x.
- [4] ANTON, M. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004, 96 s. ISBN 80-701-3402-X.
- [5] Astigmatism - The free dictionary by Farlex, 2017 [online]. [cit. 2016-11-5]. Dostupné z: <<http://medicaldictionary.thefreedictionary.com/hypermetropic+astigmatism>>
- [6] AUTRATA, R. a VANČUROVÁ, J. *Nauka o zraku*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2002, s. 35-52, 54-59. ISBN 80-701-3362-7.
- [7] BYEONG-YEON, M., SANG-YOEB, K., HYUN GUG, CH. *Predicting of uncorrected astigmatism from decimal visual Acuity in Spherical Equivalent*, Journal of the Optical Society of Korea, roč. 17, č. 2, 25. 4. 2013, pp. 219-233.
- [8] RUTRLE, M. *Přístrojová optika*. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, Brno 2000. ISBN – 80-7013-301-5.
- [9] BENJAMIN, W. J. *Borish's Clinical Refraction*, ed. 2., Butterworth-Heinemann-Elsevier, 2006, ISBN: 978-0-7506-7524-6.
- [10] ROSENFELD, M., LOGAN, N. a EDWARDS, K. *Optometry: science techniques and clinical management*. 2nd ed. New York: Butterworth Heinemann Elsevier, c2009, xi, 555 p. ISBN 978-075-0687-782.
- [11] Heine Ophthalmology – distributor lékařských přístrojů pro zdravotnictví 2017 [online]. [cit. 2016-14-12]. Dostupné z: <https://www.heine.com/en_GB/specialties/ophthalmology>
- [12] Manual keratometry – East Valley ophthalmology 2017 [online]. [cit. 2016-14-12]. Dostupné z: <http://www.doctor-hill.com/iol-main/toric_keratometry.htm>
- [13] Keratoscope Placido – Max Planck Institute for the History of Science, Berlin 2017 [online]. [cit. 2016-14-12]. Dostupné z: <<http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/vlpimages/thumbs/img17859.jpg>>
- [14] BALÍK, J., BOBEK, J., POLÁŠEK, J. *Technický sborník oční optiky*. 2. vyd. Praha: Oční optika, 1975.

- [15] Different versions of optotypes – Fonts by Hoefler & Co 2017 [online]. [cit. 2016-14-12]. Dostupné z:
<<http://ilovetypography.com/2015/07/12/what-are-optotypes-eye-charts-fonts/>>
- [16] Dětský optotyp, OMNIPRAX s.r.o. - Český distributor lékařské techniky, 2016 [online]. [cit. 2016-14-12]. Dostupné z:
<<http://www.omniprax.cz/obr/o-46936.jpg>>
- [17] Polaskop 3D – Binokulární 3D refrakce, AUGENOPTIK DOMAŽLICE s.r.o., 2017 [online]. [cit. 2016-14-12]. Dostupné z:
<http://www.mailshop.cz/?module=dokument&action=display_dokument&id=68>
- [18] Ipro Paskal 3D, HS IPRO INTERNATIONAL, 2017 [online]. [cit. 2016-14-12]. Dostupné z:
<<http://www.paskal3d.com/index.php?id=2&L=1>>
- [19] Astigmatic mirror – Brian & Vision and eye health, 2017 [online]. [cit. 2016-21-12]. Dostupné z:
<http://www.vision-and-eye-health.com/images/Astigmatism_Dial_Test.jpg>
- [20] Astigmatism test – Johnson & Johnson, 2017 [online]. [cit. 2016-21-12]. Dostupné z:
<https://www.acuvue.ie/sites/ie/files/public/ie/images/content/Astigmatism_test.jpg>
- [21] Cross cylinder - American Academy of Ophthalmology, 2017 [online]. [cit. 2016-14-12]. Dostupné z:
<https://www.aao.org/detail/image.jpg?id=e43ee081-5e72-4252-bfa9-45dd7e82b2e6&t=635072552052430000>
- [22] Bodový test – Thomson Software Solutions, 2014 [online]. [cit. 2016-21-12]. Dostupné z:
<<http://www.thomson-software-solutions.com/Test%20Chart%202016/Help/lib/NewItem343.png>>
- [23] ROZSÍVAL, P. *Oční lékařství*. Vydání 1. Praha: Karolinum, 2006, 373 s. ISBN 978-802-4711-638.
- [24] VON NOORDEN, G. K. a CAMPOS, E., C. *Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus*. 6th ed. St. Louis: Mosby, 2002. ISBN 0323011292.
- [25] RADHAKRISHNAN, H. a CHARMAN, W. N. *Changes in astigmatism with accommodation*. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2007, 27(3), 275-280. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2007.00474.x. ISSN 0275-5408. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1475-1313.2007.00474.x>

- [26] TSUKAMOTO, M., NAKAJIMA, K., NISHINO, J., HARA, O., UOZATO, H., SAISHIN, M. *Accommodation causes with-the-rule astigmatism in emmetropes 2000*, [online]. [cit. 2017-21-12]. Dostupné z: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10772232>>
- [27] WONG, M. F. A. *Linting's Law: Clinical Significance and Implications for Neural Control*, Survey of ophthalmology 2004, [online]. [cit. 2017-21-12]. Dostupné z: <http://individual.utoronto.ca/agneswong/Wongpublications/Wong_2004-Listings_law_review.pdf>
- [28] BENJAMIN, W. J. *Borish's Clinical Refraction*, ed. 2., Butterworth-Heinemann-Elsevier, 2006, ISBN: 978-0-7506-7524-6.
- [29] VYMYSLICKÝ, I. *Subjektivní refrakce do blízka*. 1. část. Česká oční optika, 2012, roč. 53, č. 4, s. 50-52. ISSN 1211-233X.
- [30] SYNEK, S. a SKORKOVSKÁ, Š., *Kontaktní čočky*, Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, Brno 2003. ISBN 80-7013-3887-2
- [31] FRANKLIN, A. a FRANKLIN, N. *Rigid gas-permeable lens fitting*, Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2007. ISBN 9780750688901
- [32] BURDOVÁ, J., KUČERA, P., NOVÁK, J. *Vliv náklonu brýlové čočky*, Česká oční optika, 2016, č. 02, str. 18-23. [online]. [cit. 2016-14-12]. dostupné z: <http://www.4oci.cz/archiv_4o22-2016-52>
- [33] Landoltovy kruhy – The free dictionary by Farlex, 2017 [online]. [cit. 2016-14-12]. Dostupné z: <<http://img.tfd.com/EIMill/thumb/F0L-03-S2958.jpg>>
- [34] Ústní sdělení, 2016, KUČERA Přemysl [cit. 2016-12-3]
- [35] KOSLOWE, K. C. *The Dynamic Retinoscopies*. Journal of Behavioral Optometry. 2010, vol. 21, no. 3, ISSN 10458395
- [36] LEE, H.-J. *A Study on the Accommodative Astigmatism of Near Vision*. Department of Ophthalmic Optics. Wonkwang Health Science College, 2011, vol. 16, no. 3 [online]. [cit. 2016-14-12]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/264031039_A_Study_on_the_Accommodative_Astigmatism_of_Near_Vision>
- [37] ANDRES, C., KOLBE, O., DEGLE, S. *Epidemiology and refractive determination of astigmatism at near sight*, Ernst-Abbe-Hochschule Jena, University of Applied Sciences, 2014 [online]. [cit. 2016-14-12]. Dostupné z: <<http://www.aaopt.org/epidemiology-and-refractive-determination-astigmatism-near-sight>>
- [38] ALPERN, M. *Movements of the eyes*, In Davson H, ed: The Eye, vol. 3. New York, Academic Press, 1962. ISSN 0002-9394.
- [39] POLICAR, J. *Astigmatismus a cylkovergence*. Praha, 2015. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Mgr. Markéta Žáková.

Seznam symbolů a zkratek

Dpt	Dioptrie
Cyl	Cylindr
Ax	Osa
Tzv	Takzvaný
Č	Číslo
FBMI	Fakulta biomedicínského inženýrství
ČVUT	České vysoké učení technické

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Rozdělení podle polohy fokál [5].....	3
Obrázek 2 – Visus s nekorigovaným astigmatismem [7].....	4
Obrázek 3 – Pásový skiaskop [11]	5
Obrázek 4 – Javal-Schiötzův keratometr - testové značky [12]	6
Obrázek 5 - Placidův keratoskop [13]	7
Obrázek 6 – Landoltovy kruhy [33]	9
Obrázek 7 - Pflügerovy háky [15]	9
Obrázek 8 - Snellenův optotyp [15]	10
Obrázek 9 - Dětský optotyp [16]	10
Obrázek 11- Astigmatický vějíř [20].....	13
Obrázek 10 - Astigmatická růžice [19].....	13
Obrázek 12 – Jacksonův zkřížený cylindr [21]	13
Obrázek 13 - kulaté znaky – 3D Paskal [18].....	14
Obrázek 14 - bodový test [22]	14
Obrázek 15 – Binokulární aureola – rozdělena horizontálně [18].....	16
Obrázek 16 – Binokulární aureola – rozdělena vertikálně [18].....	16
Obrázek 17 - Schendelův test [18]	17
Obrázek 18 – Cowenův test [18].....	17
Obrázek 19 - Rozdíl velikosti astigmatismu z refrakce do blízka oproti dálce [36]	18
Obrázek 20 - Rozdíl osy astigmatismu z refrakce do blízka oproti dálce [36]	18
Obrázek 21 – Změna velikosti astigmatismu [37].....	19
Obrázek 22 - Změna osy astigmatismu [37].....	19
Obrázek 23 – Listingova rovina [27].....	21
Obrázek 24 - Cyklorotace při konvergenci [38].....	22
Obrázek 25 - Binokulární pohled do blízka – Listingovo pravidlo [28]	22
Obrázek 26 – Jacksonův zkřížený cylindr [vlastní zpracování]	29
Obrázek 27 – Autorefraktokeratometr Topcon TRK-1P [vlastní zpracování]	29
Obrázek 28 – Binokulární kontrola u vyšetření astigmatismu do dálky	30
Obrázek 29 – Binokulární kontrola u ověření velikosti a osy astigmatismu do blízka.....	31
Obrázek 30 – Graf počtu vyšetřovaných v závislosti na pohlaví	31
Obrázek 31 – Graf četnosti vyšetřovaných v závislosti na věkové kategorii.....	32
Obrázek 32 – Graf četnosti změny osy astigmatismu při binokulárním vyšetření do dálky....	33
Obrázek 33 – Graf četnosti změny osy astigmatismu při binokulární kontrole do dálky pro skupinu 1 (astigmatismus vyšší nebo rovno 1 dpt).....	34
Obrázek 34 - Graf četnosti změny osy astigmatismu při binokulární kontrole do dálky pro skupinu 2 (astigmatismus nižší nebo rovno 0,75 dpt)	34
Obrázek 35 – Graf četnosti změny velikosti astigmatismu při binokulární kontrole do dálky	35
Obrázek 36 – Graf četnosti změny osy astigmatismu mezi binokulární kontrolou do dálky a do blízka	36
Obrázek 37 – Graf četnosti změny velikosti astigmatismu mezi binokulární kontrolou do dálky a do blízka.....	36

Obrázek 38 - Graf četnosti změny velikosti astigmatismu mezi binokulární kontrolou do dálky a do blízka pro skupinu 1 (astigmatismu vyšší nebo rovno 1 dpt)	37
Obrázek 39 - Graf četnosti změny velikosti astigmatismu mezi binokulární kontrolou do dálky a do blízka pro skupinu 2 (astigmatismus nižší nebo rovno 0,75 dpt)	38

Seznam tabulek

Tabulka 1 – příklad výpočtu efektivních dioptrických hodnot sférocyklindrické čočky -1,5/-0,5 x 160° s proměnou inklinací $\alpha_p \leq 25^\circ$ [32].....	27
--	----

Seznam příloh

Příloha 1: Protokol pro vyšetření astigmatismu	49
--	----

Příloha 1: Protokol pro vyšetření astigmatismu (dálka, blízko, binokulární kontrola)

Jméno:	Příjmení:
Věk:	Poslední kontrola:

Anamnéza

Oční anamnéza:

Celková a rodinná anamnéza:

Korekce astigmatismus:

Původní korekce (brýle, KČ):

Léky:

Řidič:

Zaměstnání:

PC:

Visus	Visus naturalis			Visus se stávající korekcí		
	P:	L:	BINO:	P:	L:	BINO:

Vyšetření astigmatismu monokulárně do dálky (bodový test + CC)					Visus (mono)	Visus (bino)
OP	Sph:	Cyl:	Osa:	PD:		
OL	Sph:	Cyl:	Osa:	PD:		

Binokulární kontrola astigmatismu do dálky (bodový test + CC)					Visus (mono)	Visus (bino)
OP	Sph:	Cyl:	Osa:	PD:		
OL	Sph:	Cyl:	Osa:	PD:		

Zjištění fúze (Worthova světla)	ANO / NE
---------------------------------	----------

Zjištění forie (Schober)					Prisma:	
OP:	Sph:	Cyl:	Osa:	PD:	Δ :	B:
OL:	Sph:	Cyl:	Osa:	PD:	Δ :	B:

Vyšetření astigmatismu do blízka (kulatý znak + CC)					Visus (mono)	Visus (bino)
OP	Sph:	Cyl:	Osa:	PD:		
OL	Sph:	Cyl:	Osa:	PD:		

Senzorická dominance: OP / OL

Změna velikosti nebo osy astigmatismu při binokulární kontrole do dálky			
OP:	Δ Sph:	Δ Cyl:	Δ Osy:
OL:	Δ Sph:	Δ Cyl:	Δ Osy:

Změna velikosti nebo osy astigmatismu při vyšetření do blízka oproti BINO dálce			
OP:	Δ Sph:	Δ Cyl:	Δ Osy:
OL:	Δ Sph:	Δ Cyl:	Δ Osy:

Subjektivní pocity při změně velikosti nebo osy astigmatismu do blízka	
Komfortnější, pohodlnější	
Nevidím rozdíl	
Diskomfortní, nepohodlnější	

Souhlasím se zpracováním naměřených dat	Podpis:
---	---------

Vysvětlivky:

Sph: Sféra, cyl: cylindr, B: báze, NPC: blízký bod konvergence, NPA: blízký bod akomodace