

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra přírodovědných oborů**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016

Jana Burdová



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra přírodovědných oborů

Vliv nevhodného pantoskopického úhlu zkušebních brýlí na výsledky subjektivního měření refrakčního deficitu

Effect of incorrect pantoscopic angle of trial glasses on the results of subjective examination of refraction

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor práce: **Jana Burdová**

Vedoucí práce: **Bc. Přemysl Kučera**

Kladno, Květen 2016

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

Student: **Jana Burdová**
Obor: Optika a optometrie
Téma: **Vliv nevhodného pantoskopického úhlu zkušebních brýlí na výsledky subjektivního měření refrakčního deficitu**
Téma anglicky: Effect of incorrect pantoscopic angle of trial glasses on the results of subjective examination of refraction

Zásady pro vypracování:

Studentka zpracuje a představí základní pravidla pro umístění brýlí resp. brýlových čoček na obličej klienta a vysvětlí faktory ovlivňující vyšetření refrakce. Zmíní změny způsobené rozdílem v pozici vyšetřovací a korekční obruby. Dále se bude věnovat anatomickým vlivům na změnu korekce brýlovými čočkami. Současně studentka neopomene zpracovat téma popisující symptomy nevhodné pozice brýlí a stavy, které mohou být tímto způsobeny. V praktické části zrealizuje vyšetření a porovná výsledky subjektivní refrakce ve zkušebních brýlích s různě zvoleným pantoskopickým úhlem.

Seznam odborné literatury:

- [1] RUTRLE, M., *Brýlova Technika, estetika a přizpůsobování brýlí*, ed. 1, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001, 144 s., ISBN 80-7013-347-3
- [2] BENJAMIN, W. J., BORISH, I. M., *Borish's Clinical Refraction*, ed. 2, Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2006, 1255 s., ISBN 978-0-7506-7524-6
- [3] ELKINGTON, A. R., FRANK, H. J., GREANEY M. J., *Clinical Optics*, ed. 3, Blackwell Science Ltd., 1999, 276 s., ISBN 0-632-04989-8

zadání platné do: 11.09.2017
Vedoucí: Bc. Přemysl Kučera


.....
vedoucí katedry / pracoviště


.....
děkan

V Kladně dne 23.02.2016

Vliv nevhodného pantoskopického úhlu zkušebních brýlí na výsledky subjektivního měření refrakčního deficitu

Abstrakt

Bakalářská práce „Vliv nevhodného pantoskopického úhlu zkušebních brýlí na výsledky subjektivního měření refrakčního deficitu“ vychází z potřeby upozornit na důležité téma. K docílení kvalitní zrakové ostrosti zprostředkované brýlovou korekcí je nezbytné dodržet určité zásady. Práce představuje důležitost přizpůsobení brýlové obruby, zjištění potřebných parametrů pro zhotovení brýlové korekce a nastiňuje důsledky, které vznikají v případě jejich nerespektování. V neposlední řadě ukazuje na rozdíly zkušební brýlové obruby a zkušebních brýlových čoček a korekčních brýlí.

Praktická část je zaměřena na pantoskopický i retroskopický náklon zkušební brýlové obruby. Při stanovení subjektivní refrakce je důležité si uvědomit, že korekční brýlová obruba je jinak zkonstruovaná než obruba zkušební. Pokud bychom nevěnovali přílišnou pozornost této skutečnosti, mohlo by v některých případech dojít ke změně refrakčního deficitu.

Klíčová slova: pantoskopický náklon, retroskopický náklon, centrace, brýlové čočky, brýlové obruby,

Abstract

The name of thesis „Effect of incorrect pantoscopic angle of trial glasses on the results of subjective examination of refraction“ comes from the main topic. There are certain principles which must be followed in order to achieve quality of the visual acuity provided by the spectacle correction. Target is to demonstrate these principles which include the adaptation of spectacle frames, necessary parameters for production of spectacle correction, consequences which can occur when these principles are not followed and last but not least demonstrate the differences of trial glasses and trial lenses to final spectacle correction.

Practical part of project is focused on pantoscopic and retroscopic tilt of trial frame. It must be considered that design of trial frame is different than design of correction frame. If this is not taken in account it could cause the refractive deficit.

Key words: pantoscopic tilt, retroscopic tilt, centration, spectacle lenses, spectacle frames

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce Bc. Přemyslu Kučerovi za cenné rady a připomínky, které mi pomohly při psaní této práce. Dále bych ráda poděkovala všem, kteří mi byli oporou při psaní této práce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Vliv nevhodného pantoskopického úhlu zkušebních brýlí na výsledky subjektivního měření refrakčního deficitu*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V dne

.....

Podpis

Obsah

Úvod.....	1
1. Anatomické přizpůsobení brýlové obruby.....	2
1.1. Horizontální prohnutí brýlového středu	2
1.2. Vertikální prohnutí brýlového středu	4
1.3. Vzdálenost brýlové čočky k vrcholu rohovky	5
1.4. Rozevření straníc	6
1.5. Úprava koncovek a sedel	6
2. Centrace	7
2.1. Horizontální centrace.....	8
2.1.1. Pupilární vzdálenost do dálky PD_D	8
2.1.2. Pupilární vzdálenost do blízka PD_B	12
2.2. Vertikální centrace.....	14
2.2.1. Pupilární výška do dálky	14
2.2.2. Pupilární výška do blízka.....	15
2.3. Centrace jednoohniskových brýlových čoček	16
2.3.1. Lentikulární brýlové čočky	16
2.3.2. Prizmatické brýlové čočky	17
2.4. Centrace víceohniskových brýlových čoček	17
2.4.1. Centrace bifokálních čoček.....	17
2.4.2. Centrace trifokálních čoček	18
2.4.3. Centrace progresivních čoček.....	19
2.5. Centrovací videosystémy.....	20
2.5.1. Funkce videosystémů.....	20
2.5.2. Centrovací programy	21
3. Obtíže způsobené nevhodnou brýlovou korekcí.....	22
3.1. Indukovaný astigmatismus	22
3.1.1. Osa astigmatické korekce	22
3.1.2. Astigmatismus šikmých paprsků	24
3.2. Astenopické obtíže	25
4. Stav vyvolané nevhodnou brýlovou korekcí	26
4.1. Navození nežádoucího klínového účinku.....	26
4.1.1. Horizontální decentrace	27

4.1.2. Vertikální decentrace	29
4.2. Anizoforie	30
4.3. Arteficiální heteroforie	30
4.4. Anizeikonie.....	31
4.4.1. Rozdělení anizeikonie.....	32
4.4.2. Příčiny anizeikonie	32
4.4.3. Korekční anizeikonie	33
5. Změny způsobené rozdílem vyšetřovacích a korekčních brýlí	34
5.1. Zkušební brýlová ohruba	34
5.1.1. Vrcholová vzdálenost	35
5.1.2. Pantoskopický úhel	36
5.1.3. Horizontální prohnutí brýlového středu	41
5.2. Brýlové čočky.....	42
5.2.1. Index lomu	42
5.2.2. Tloušťka brýlové čočky	43
5.2.3. Zakřivení brýlové čočky	43
6. Praktická část	45
6.1. Metodika	46
6.2. Výsledky měření	48
6.2.1. Statistické hypotézy	50
6.2.2. Datová analýza.....	52
7. Diskuze	71
Závěr.....	75
Seznam použité literatury.....	77
Seznam obrázků	81
Seznam tabulek.....	83
Příloha 1	84
Příloha 2	88
Příloha 3	92

Úvod

V dnešní době existují brýle různých tvarů, barev, konstrukcí a designových provedení. Z těchto důvodů se tyto korekční pomůcky staly velmi populárním a módním doplňkem. Při výběru brýlí se velký důraz klade nejen na vzhled a estetickou stránku brýlových obrub, ale především na docílení co nejlepší zrakové ostrosti. Aby brýlová korekce splňovala nároky na komfort při zachování zrakové ostrosti, je podstatné nosit adekvátní brýlovou pomůcku, sloužící nejen ke korekci ametropií, ale především u dětí i ke správnému vývoji zrakového aparátu.

Cílem bakalářské práce je poukázat jakém rozsahu může nevhodně stanovený pantoskopický náklon ovlivnit výsledky měření subjektivní refrakce. Práce tedy poukazuje na důležitost správné inklinace zkušební brýlové obruby, jelikož nevhodně nastavený pantoskopický náklon může patřičně ovlivnit výsledky stanoveného refrakčního deficitu.

K docílení spokojenosti každého zákazníka je nezbytné dodržet patřičné zásady, které zajistí maximální zrakovou ostrost, jaké je možné dosáhnout. První kapitola bakalářské práce je věnována anatomickému přizpůsobení brýlové obruby podle individuálních parametrů zákazníka. Dále jsou popsány jednotlivé metody centrace u vybraných typů brýlových čoček. Nicméně veškeré brýlové čočky nemají centrační parametry totožné, i když se jedná o stejného klienta, a proto je nezbytné znát veškeré metody, které se používají. Následující dvě kapitoly popisují důsledky, které se mohou projevit v případě nevhodně zhotovené korekční pomůcky. Nepatřičně přizpůsobená brýlová korekce či chybná centrace mnohdy může vyvolat subjektivní potíže, které v extrémních případech mohou způsobit až poruchu jednoduchého binokulárního vidění. Na závěr teoretické části jsou popsány rozdíly mezi zkušební brýlovou obrubou a obrubou korekční. Veškeré tyto rozdíly mohou mít výrazný vliv na kvalitu zobrazení danou brýlovou korekcí.

V praktické části jsem se snažila nastínit, jak nevhodně zvolený pantoskopický náklon, může ovlivnit kvalitu vidění. Naklonění obruby jsem situovala do úhlu pantoskopického 20° resp. retroskopického 12° a na tomto základě jsem provedla vyhodnocení. První hypotéza se zaměřuje na porovnání zrakové ostrosti, která byla dosažena při nulové inklinaci oproti pantoskopickému či retroskopickému naklonění. V následujících dvou hypotézách jsem porovnála prakticky naměřené hodnoty refrakčního deficitu s hodnotami teoretickými. Veškeré hodnoty jsou zaznamenány pomocí grafů i tabulek a následně vyhodnoceny.

1. Anatomické přizpůsobení brýlové obruby

Cílem anatomického přizpůsobení brýlové obruby je docílení optické, anatomické a estetické spokojenosti každého uživatele. K dokonalému přizpůsobení brýlové obruby lze dospět její správnou konstrukcí, která je ovlivněna vhodnou volbou materiálu, co se týče lehkosti, zpracovatelnosti, tvarové a barevné stálosti. [1,2]

Anatomické přizpůsobení brýlové obruby je nezbytné realizovat na každého zákazníka individuálně jednak při výběru brýlové obruby, tak po vsazení zabroušených brýlových čoček. V případě, že obruba není zcela přizpůsobena a my bychom ji upravili až při výdeji, nemusela by splňovat funkční i estetické požadavky. Nicméně při finálním výdeji rovněž vyzkoušíme, zda je korekční pomůcka perfektně anatomicky uzpůsobena klientovi a v případě potřeby provedeme drobné úpravy. [2,3]

Každá obruba je závislá na tvaru obličeje (velikost i tvar nosního kořene, výška uší, lící kosti) a přirozeném postavení hlavy budoucího nositele, proto stejná brýlová obruba nemusí zcela vyhovovat každému zákazníkovi. [2]

Pozornost bychom převážně měli věnovat **vertikálnímu prohnutí brýlového středu**, **horizontálnímu prohnutí brýlového středu**, odpovídající vzdálenosti centra brýlové čočky k vrcholu rohovky tzv. **vrcholová vzdálenost**, **úpravě koncovek**, **prohnutí straníc** a v neposlední řadě je nutné, aby brýlová obruba byla dobře usazena **na kořeni nosu**. [3]

1.1. Horizontální prohnutí brýlového středu

Brýlový střed by měl být mírně prohnutý k čelu klienta. Toto prohnutí kladně přispívá k tomu, že se brýlové čočky více posunou směrem k rohovce, čímž se zkrátí vrcholová vzdálenost a zároveň se korekčně vykryje větší část periferní oblasti. [2,3]

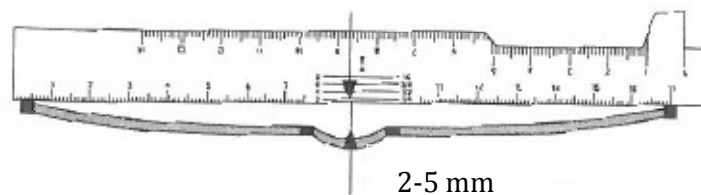
Obecně platí, že prohnutí brýlového středu se zvětšuje s rozdílnou velikostí mezi **očnicovým rozestupem** a **pupilární vzdáleností**. Pokud by se velikost očnicového rozestupu a pupilární vzdálenosti do dálky shodovala $OR = PD_D$, znamenalo by to, že prohnutí je nulové. Z tohoto důvodu musí být očnicový rozestup větší než je pupilární vzdálenost do dálky $OR > PD_D$, čímž docílíme požadovaného prohnutí. Jestliže by vzdálenost očnicového rozestupu byla menší než je pupilární vzdálenost $OR < PD_D$, dospějeme k zápornému úhlu prohnutí, se kterým se můžeme setkat u některých zvětšovacích systémů používaných do blízka. [3]

Prohnutí by mělo být takové, aby po přiložení pravítka k zadní straně brýlového středu byla mezi nosníkem a okrajem pravítka mezera cca 2-5 mm. Úhel kladného prohnutí můžeme vyjádřit z následující rovnice:

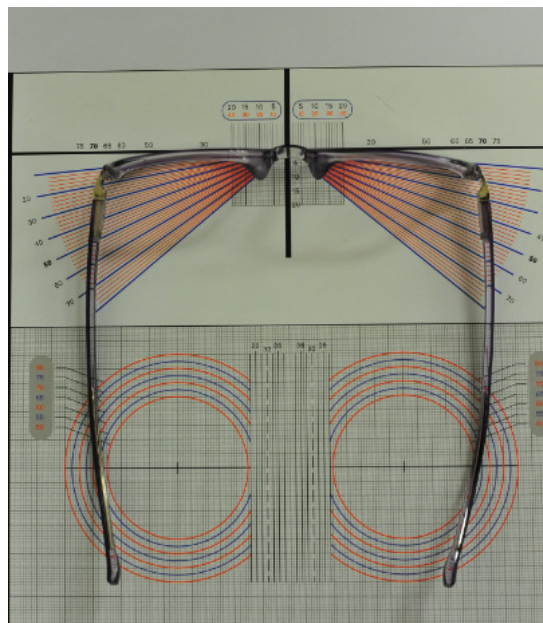
$$\operatorname{tg} \delta = \frac{OR - PD_D}{2 \cdot (d + 13)} \quad (1)$$

kde δ vyjadřuje úhel kladného prohnutí brýlového středu, OR je očníkový rozstup v milimetrech, PD_D je pupilární vzdálenost do dálky v milimetrech a d je vzdálenost brýlové čočky od vrcholu rohovky. [3,4]

Dosazením do vzorce podle individuálních parametrů klienta a vybrané brýlové obruby zjistíme požadovaný úhel prohnutí brýlového středu, který se pohybuje průměrně kolem 9° . Pokud by došlo ke špatnému prohnutí, bude mít tato korekční pomůcka špatný vliv na výslednou centraci a tím na celkové zrakové pohodlí klienta. [3]



Obrázek č. 1: Kladné prohnutí brýlového středu. [3]

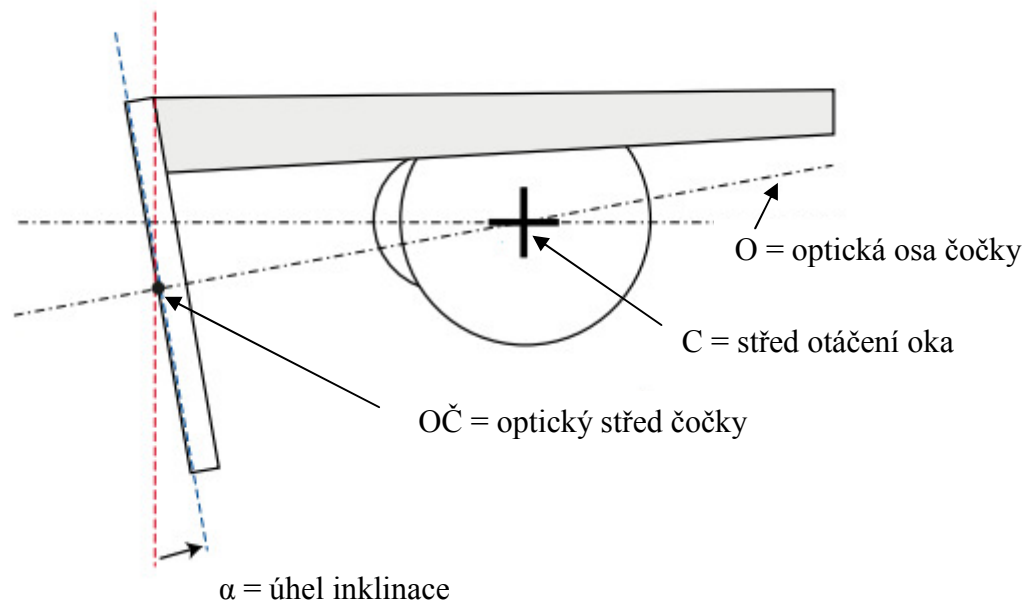


Obrázek č. 2: Šablona pro kontrolu brýlového středu.

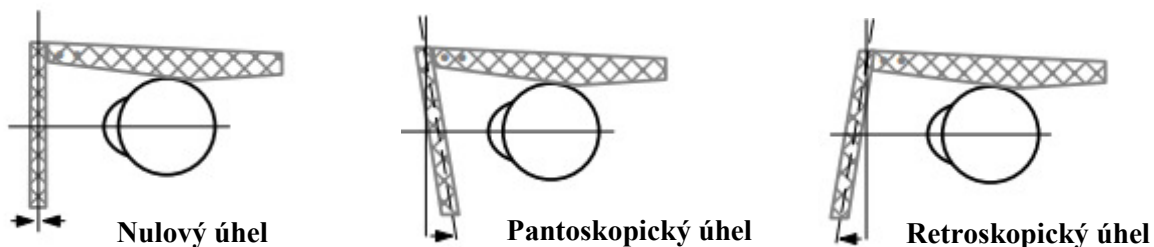
1.2. Vertikální prohnutí brýlového středu

Vertikální prohnutí brýlového středu je úhel, který svírá rovina očnice spolu se svislou rovinou při přirozeném držení hlavy klienta. Tento úhel se kontroluje v nasazené obrubě při pohledu z profilu a je označován specifickým termínem tzv. **inklinace** neboli **pantoskopický úhel**. Již od výrobce má mít brýlová obruba konstrukční inklinaci přibližně 10° . Pokud je brýlový střed nakloněn na druhou stranu, tedy směrem od uživatele, označujeme tento úhel jako tzv. **retroskopický úhel**. [1]

Inklinace je nejen závislá tvaru obličeje, ale především také souvisí s vertikální pozicí stěžejek umístěných na brýlovém středu. Tyto stěžejky můžeme snadno upravit za pomoci speciálních kleští. Výjimečná situace může nastat u brýlí s širokými či dvojitými stranicemi, kde je technicky nemožné upravit inklinaci. Zde nezbývá nic jiného než vybrat jinou odpovídající obrubu. [5]



Obrázek č. 3: Úhel inklinace při nasazení brýlí. [2]



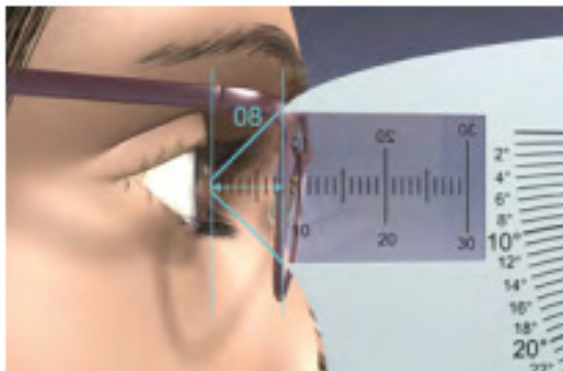
Obrázek č. 4: Jednotlivé úhly vertikálního prohnutí brýlového středu. [6]

1.3. Vzdálenost brýlové čočky k vrcholu rohovky

Vzdálenost brýlové čočky k vrcholu rohovky neboli tzv. **vrcholová vzdálenost** je jedním z hlavních údajů, zohledněn zejména u vyšších dioptrických hodnot (nad 5 dpt). Brýle by měly být vzdálené od vrcholu rohovky ke středu brýlové čočky **12-15 mm**. Velký důraz na vrcholovou vzdálenost klademe převážně u korekce afakie, kde se ke korekci používají čočky o vysoké vrcholové lámavosti. Proto u vysokých dioptrických hodnot musí optometrista zkušební čočky umístit co nejbližší k oku klienta, tedy do zadní polohy zkušební obruby. Po ukončení refrakce optometrista změří, jak daleko jsou zkušební brýlové čočky umístěny před okem. Tuto informaci je nutné zohlednit u stanovení finální refrakční hodnoty. [3,7,8]

Ke stanovení subjektivní refrakce se používá zkušební obruba či foropter. Nesmíme zde opomenout, že tyto vyšetřovací pomůcky jsou zkonstruovány na větší vzdálenost od oka nežli finální korekční pomůcka. Nesouhlasí-li vrcholová vzdálenost u vyšetřovacích pomůcek a vybraných brýlí, je nutné naměřenou hodnotu vrcholové lámavosti přepočítat podle patřičného vzorce, který je popsán v 5. kapitole. [1,3]

Hodnotu vrcholové vzdálenosti určíme následujícím způsobem. Pupilární měřítko držíme souběžně se stranici brýlové obruby a zaznamenáme vzdálenost, která dělí vrchol rohovky od roviny brýlové čočky. Zkušební obruby jsou na stranici vybaveny malým pravítkem, podle něhož lehce zjistíme vzdálenost brýlové čočky k centru rohovky. Pokud bychom umístili korekční čočky do předních poloh zkušební obruby, je nutné připočítat rozměr dělicí konec pravítka a začátek korekční čočky. Jiné zkušební obruby jsou navíc vybaveny malým výsuvným válcem, který slouží taktéž ke zjištění vrcholové vzdálenosti. Pacient zavře oči a válec se vysune tak, aby se dotýkal očního víčka. Po změření je nutné přidat 2 milimetry k naměřené vzdálenosti, které jsou dány tloušťkou víčka. [7]



Obrázek č. 5: Měření vrcholové vzdálenosti. [9]

1.4. Rozevření straníc

Brylová stranice by měla být mírně obloukovitě prohnutá, aby netlačila nositele ve spánkové oblasti a nad ušním boltcem. Požadovaný úhel rozevření, který svírá stranice s brylovým středem čočky je cca 95° . Vlivem častého nošení dochází k přirozenému zvětšování tohoto úhlu. U kovových materiálů úhel regulujeme speciálními kleštěmi a plastové materiály upravíme horkým vzduchem. [3,4]

Důležitá je nasazovat si brýle oběma rukama současně. Jakmile bychom brýle nasazovali pouze jednou rukou, došlo by k deformaci obruby a k nesymetrickému rozevření straníc, což výrazně přispívá k nepříjemným otlakům. [1,3]

1.5. Úprava koncovek a sedel

Úprava koncovek je jedním z hlavních částí anatomického přizpůsobení brylové obruby. Zajišťuje, aby brylová obruba nesklouzávala z obličeje resp., aby klient fixoval přes korekční brylové čočky. Stranice přechází do koncovky v místě ohybu pod úhlem 130° , tj. kruhovým průměrem 30-40 mm a koncovka je mírně přihnuta směrem dovnitř. [1,3]

Brylová sedla musí celou svou plochou přesně dosedat na kořen nosu zejména u plastových materiálů, kde není možnost úpravy. U kovových obrub jsou brylová sedla vyměnitelná a připevněna na držáku, díky němuž jsou volně pohyblivá ve všech směrech. To je výhodou, protože je můžeme upravit do vhodné polohy či vyměnit za měkčí materiál. [1]

2. Centrace

K docílení spokojenosti každého zákazníka musí korekční pomůcka splňovat nejen estetický vzhled, nýbrž také dosažení kvalitní zrakové ostrosti. Z tohoto důvodu je velmi důležitá správná centrace brýlových čoček podle individuálních parametrů zákazníka a následné zhotovení korekční pomůcky, které zahrnuje zábrus brýlových čoček do vybrané obruby v adekvátních dioptrických hodnotách. [10]

Centrování je jedním z hlavních termínů používaný v oční optice. Pod tímto pojmem rozumíme vyměření důležitých parametrů, sloužících ke správnému umístění optických středů (vztažných bodů) korekčních brýlových čoček do obruby pro konkrétního uživatele. [10]

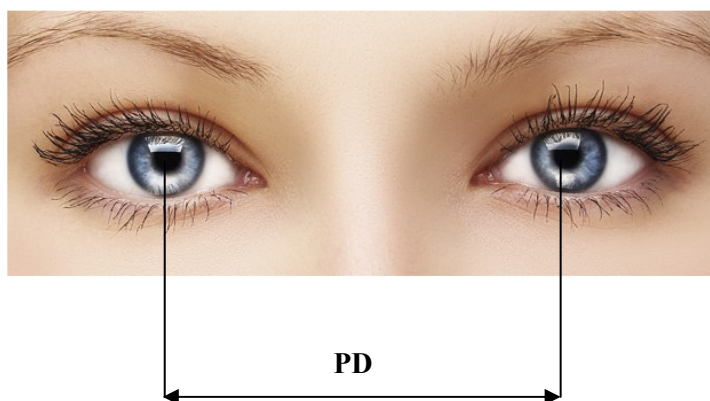
Jakmile máme přizpůsobenou brýlovou obrubu, můžeme začít se samotnou centrací, potřebnou k vybroušení brýlových čoček do očnice. Aby korekční pomůcka zaručovala kvalitní zrakovou ostrost, musí být optický střed brýlové čočky umístěn přímo před centrem pupily resp. v optické ose oka. Toho docílíme tak, že zjistíme **horizontální vzdálenost** středů zornic zvanou **pupilární vzdálenost** a také **vertikální vzdálenost** středů zornic k dolnímu okraji brýlové čočky neboli **pupilární výšku**. Ne u všech korekčních pomůcek jsou tyto parametry totožné, i když se jedná o stejného klienta, a proto je důležité, abychom před centrací měli se zákazníkem vybraný konkrétní typ brýlových čoček, který budeme později zabrušovat do obruby. [10,11]

Nesmíme však opomenout, že centrace se neurčuje pouze pro vyměření údajů potřebných k zabroušení brýlových čoček, ale také je nezbytná ke stanovení subjektivní refrakce. Proto by měl optometrista či oftalmolog před zahájením vyšetření nejprve zkušební obrubu vycentrovat tak, aby centrální část zkušebních skel byla shodná s optickou osou oka. [11]

2.1. Horizontální centrace

Horizontální vzdálenost je vzdálenost dělící středy zornic pravého a levého oka. Je označována termínem **pupilární vzdálenost** a zkratkou **PD** udávanou v **milimetrech**. Pupilární vzdálenost můžeme měřit jak pro fixaci na vzdálené předměty tak i na blízké. [11]

Změřením pupilární vzdálenosti rozumíme změření vzdálenosti pohledových os při rovnovážném postavení očního páru. Změříme-li rozměr mezi středem zornice pravého a levého oka, získáme hodnotu binokulární pupilární vzdálenosti. Nicméně oči mohou být uloženy nesymetricky a proto skutečná vzdálenost centra pupily ke středu kořene nosu oka pravého nemusí být stejná jako u oka levého. Proto hodnotíme tzv. **monokulární PD**, které je udáváno pro každé oko zvlášť. [1,11]



Obrázek č. 6: Pupilární vzdálenost. [12]

2.1.1. Pupilární vzdálenost do dálky PD_D

Hodnotu pupilární vzdálenosti do dálky aplikujeme v případě brýlové korekce na vzdálené předměty. Používáme ji při centraci jednoohniskových i víceohniskových brýlových čoček. Ke správnému stanovení PD do dálky je zapotřebí, aby osy vidění směřovaly paralelně do nekonečna, čehož docílíme tak, že vyšetřovaný fixuje vzdálený předmět. Existuje více metod, jak tuto hodnotu zjistit. K tomuto využíváme **PD měřítko**, **digitální PD metr**, **vybranou brýlovou obrubu** či určení **korneálního reflexu**. [3,10,11]

- **Měření PD_D za pomoci PD měřítka**

Při měření je důležité usměrňovat zákazníka tak, abychom dodrželi rovnovážné postavení očních os a očního páru. Hodnota PD se zjišťuje dvěma způsoby: **přímou (Victorinskou) metodou** nebo **měření na nekonečno**. [3,10]

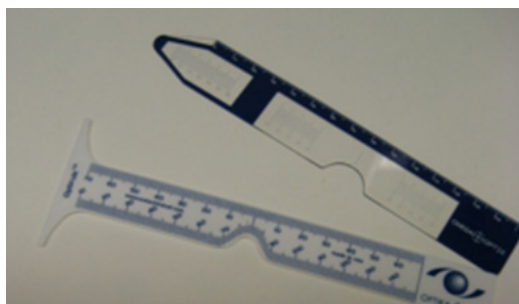
U **přímé** metody postupujeme tak, že optik či optometrista je vzdálen od klienta cca 40 cm a zaujímá stejnou výškovou i stranovou pozici, takže jsou jejich oči ve stejné horizontální rovině. Přesto je zákazník vyměřován při přirozeném postavení hlavy a oční pár je taktéž v přirozeném přímém pohledu. Během celého měření nesmí optik ani uživatel pohnout hlavou. Místnost by měla být dostatečně osvětlena, aby vyšetřující lehce rozeznal body pro vyměření i hodnoty na PD měřítku. Optik zavře levé oko, jednou rukou přidržuje horizontálně PD pravítko v úrovni klientova nosu a druhou rukou ukazuje pod svoje pravé oko, kam má směřovat svůj pohled vyšetřovaný. Vyšetřující hledí do klientova levého oka. Svou zornicí tak optik nabízí zákazníkovi pohled na nekonečno. Zároveň druhou rukou skryje klientovo pravé oko. Na stupnici PD pravítka vyšetřující zjistí hodnotu PD_D oka levého. Dále se postupuje stejně u oka druhého. [3,10,11,]

Další metodou, u které postačí PD měřítko, je tzv. **měření na nekonečno**. Zde se postupuje obdobně jako u předešlé metody s tím rozdílem, že měřená osoba musí skutečně fixovat vzdálený předmět. Klient je tedy informován, aby fixoval předmět v nekonečnu. Optik musí zaujímat výškovou polohu o trochu níže, aby mohl vyšetřovaný pohodlně sledovat předmět za jeho hlavou. [3]

U obou těchto metod určíme jak binokulární, tak monokulární vzdálenost středů zornic. Lepší je používat PD měřítka s výhřezem do tvaru A, poněvadž obloukovitý výhřez nemusí na úzkém nosním kořeni perfektně sedět v centru a mohl by zapříčinit odchylky v měření. [10]

Pokud měříme PD metodou, při které si obě osoby hledí vzájemně do očí, může být toto vyšetření ovlivněno vlivem paralaxy. Ta je dána odlišností mezi velikostí PD vyšetřujícího a vyšetřovaného, z tohoto důvodu je při měření na nekonečno tato odchylka vyloučena. Avšak odchylka paralaxy je prakticky zanedbatelná, neboť její hodnota je velmi malá (v řádech setin a desetin milimetru). [3,13]

Zakrytí druhého oka je možné nahradit jeho zamlžením. Toto činíme u všech zákazníků, jelikož někteří lidé trpí tzv. heterotropií (zjevné šilhání) či heteroforií (skryté šilhání). Zakrytí druhého oka zapříčiní pohled obou očí paralelně ve správný čas během měření. [11]



Obrázek č. 7: Pupilární měřítka. [14]



Obrázek č. 8: Měření Victorinskou metodou. [15]

- **Měření PD_D digitálním PD metrem**

PD metr je přístroj používaný k binokulárnímu i monokulárnímu stanovení pupilární vzdálenosti. Přístroj využívá společnou osvětlenou fixační značku pro pravé i levé oko. Některé přístroje jsou navíc vybavené i osvětlením v přední části, které zapříčiní zúžení zornic pro lepší posouzení jejího středu. [16,17]

Pozici testové značky lze upravit podle potřeby, na jakou vzdálenost bude klient korekční pomůcku využívat. V tomto případě pro měření pupilární vzdálenosti do dálky nastavíme testovou značku na nekonečno. Přístroj si vyšetřovaný nasadí opěrkou na kořen nosu a je vyzván, aby fixoval osvětlený bod. Z druhé strany oční optik kontroluje fixaci klientova oka a umístí pomocné linie na střed zornice, resp. na zornicový reflex. Na digitálním displeji zjistíme monokulární i binokulární hodnotu PD . Nicméně je důležité si uvědomit, že u optických přístrojů dochází k tzv. **přístrojové myopii**, která vzniká přiblížením přístroje k oku, čímž aktivujeme mimovolný akomodačně-konvergenční reflex, jehož vliv se snažíme minimalizovat zobrazením testové značky. [16.17]



Obrázek č. 9: Digitální PD metr. [18]

- **Měření PD_D pomocí brýlové obruby a Victorinské metody**

Tento způsob měření pupilární vzdálenosti je jedním z nejoblíbenějších, jelikož zároveň zjistíme i vertikální vzdálenost středů zornic. Pro vyměření používáme Victorinskou metodu s tím rozdílem, že zákazník má nasazenou brýlovou obrubu, která už je anatomicky přizpůsobena. Výhodné je tuto metodu zkombinovat spolu s PD metrem. [3]

Nejprve optik změří PD metrem pupilární vzdálenost do dálky. Naměřenou hodnotu středu pupil označí tenkým fixem na očníkové šablony. Následně obrubu nasadí klientovi a zkontroluje Victorinskou metodou, zda jsou středy zornic správně vycentrovány. Pokud vyznačená linie neprotíná střed pupily, je nutné tuto linii upravit a opět zkontrolovat. Takto pokračuje až do té doby, dokud centrovací linie nebude protínat střed zornice. [10]

Pokud bychom na začátku nepoužili PD metr, je nutné nejprve nasadit brýlovou obrubu klientovi a naznačit středy zornic popisovačem na očníkové šablony.

U této metody je vhodné použít co nejtenčí popisovač, abychom předešli jemným nepřesnostem vzniklým šířkou linie. [10]

- **Měření PD pomocí korneálního reflexu**

Zjištění přesné pozice centrální části pupily a kořenu nosu může být poněkud složité pro identifikaci. Z tohoto důvodu někteří preferují využití korneálního reflexu jakož to měřicího bodu. Korneální reflex eliminuje potřebu odhadnout pozici středu pupily. Vyšetřující drží světelný bod jako fixační značku pod svým okem. Rohovkový reflex se nachází 0,4 mm nasálně od centra pupily. Proto je výsledné měření o 0,4-0,6 mm rozdílné než při běžném zjišťování monokulárního PD a 0,4-1,2 mm u binokulárního PD. [11]



Obrázek č. 10: Korneální reflex. [19]

2.1.2. Pupilární vzdálenost do blízka PD_B

Horizontální centraci středů zornic do blízka používáme u zákazníků v presbyopickém věku, kteří tuto korekci budou používat pouze pro blízké předměty. Čím větší je pupilární vzdálenost do dálky, tím více klient konverguje, a tím bude větší rozdíl mezi PD do dálky a do blízka. Obecně tedy platí: $PD_B < PD_D$. Zde zaznamenáváme horizontální vzdálenost konvergujících os. Pupilární vzdálenost do blízka bývá u mužů i u žen přibližně o 3-7 mm menší nežli pupilární vzdálenost do dálky. [3,11,13]

Ačkoliv PD_B může být také změřena, existuje jednoduchý vztah, jak ji vypočítat:

$$PD_B = \frac{PD_D \cdot (a - d)}{a + C}, \quad (2)$$

kde PD_B je hodnota PD do blízka, PD_D je hodnota PD do dálky, d je vrcholová vzdálenost, a je pracovní vzdálenost, C je pozice středu otáčení oka = 13 mm. Vše dosazujeme ve stejných jednotkách. Tento vzorec je možné použít jak pro určení binokulárního i monokulárního PD . [6,17]

Pro měření pupilární vzdálenosti do blízka používáme tyto varianty: **PD měřítko a brýlovou obrubou, digitální PD metr** nebo **zrcadlo**.

- **Měření PD_B za pomoci PD měřítka a brýlové obruby**

Tento způsob měření horizontální centrace do blízka nám nabízí možnost použití PD měřítka nebo vybrané brýlové obruby. Rozdíl oproti PD_D nastává v pozici obou zúčastněných osob. Optik nebo optometrista si sedne naproti vyšetřovanému do stejné výškové polohy. Vzdálenost mezi nimi je **vyhovující čtecí vzdálenost klienta**, kterou jsme předem určili. Nyní si optik umístí svoje pravé/levé oko naproti nosnímu kořeni vyšetřovanému. Klient fixuje pravé/levé oko uložené centrálně, zatímco optik může na stupnici PD měřítka zjistit jeho hodnotu pupilární vzdálenosti do blízka. Pokud bychom použili namísto PD měřítka brýlovou obrubu, zakreslíme popisovačem středy zornic. [13]

- **Měření PD_B za pomoci zrcadla**

U této metody využíváme **zrcadlo s fixační značkou**, umístěné na stolku mezi oběma osobami. Fixační značka by měla opět ležet ve čtecí vzdálenosti uživatele. Klientovi nasadíme brýlovou obrubu a vyzveme ho, aby fixoval vyznačený bod. Mezitím zaznamenáme polohu středů zornic na očníkové šablony. [13]

- **Měření PD_B digitálním PD metrem**

Měření PD_B pomocí PD metru provádíme podobně jako u PD_D . Zde si pouze nastavíme polohu fixační značky na požadovanou vzdálenost pro měření do blízka. [16,17]



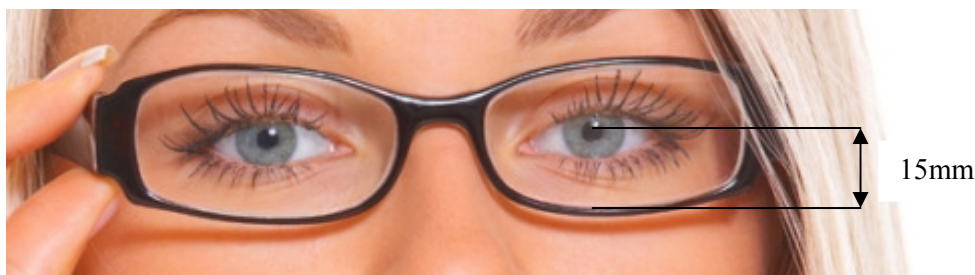
Obrázek č. 11: Měření digitálním PD metrem. [14]

Důležitým faktorem každé korekční pomůcky je poskytování co nejlepší zrakové ostrosti. Abychom zákazníkovi tento požadavek splnili je zapotřebí zohlednit základní požadavky, které mohou výslednou korekci velmi ovlivnit. Jedná se o dodržení zásad během samotné centrace, které zajistí kvalitní zrakovou ostrost. Mezi tyto zásady řadíme **respektování polohy skutečného středu otáčení oka**, dodržení **polohy vztažného bodu**. Poloha vztažného bodu musí být situovaná tak, aby fixační osy procházely tímto bodem, tedy na střed zornice. [3]

Brýlové čočky jsou správně nacentrované v případě, že optická osa korekční brýlové čočky prochází středem otáčení oka. Takto monokulárně nacentrované brýlové čočky zajišťují potřebnou kvalitu optického zobrazení a nezatěžují oko žádným klínovým účinkem. Tato podmínka by měla být dodržena jak pro centraci korekční pomůcky do dálky, tak i do blízka. Avšak centrujeme-li asférické či atorické čočky sloužící ke korekci do blízka podle PD_B , nebude osa brýlové čočky procházet středem otáčení oka. Při pohybech očí zleva doprava by v tomto případě docházelo k nekvalitnímu optickému zobrazení zvýšeným astigmatickým účinkem. Z tohoto důvodu je vhodnější tyto plochy ke korekci do blízka centrovat podle PD_D , aby osa této čočky procházela středem otáčení oka. [3,20]

2.2. Vertikální centrace

Vertikální vzdálenost neboli **pupilární výška** odděluje střed zornic od dolního okraje brýlové čočky. Abychom docílili souběžnosti optické osy brýlové čočky a optické osy oka, je nezbytné čočku umístit před oko do kolmé polohy vůči pohledové ose oka a optický střed vycentrovat na střed zornice. [10]



Obrázek č. 12: Pupilární výška. [21]

2.2.1. Pupilární výška do dálky

Rozlišujeme dvě metody, podle nichž s vysokou přesností stanovíme monokulární hodnotu výškové centrace: **centrace na vztažný bod** a **centrace na otočný bod**. [10]

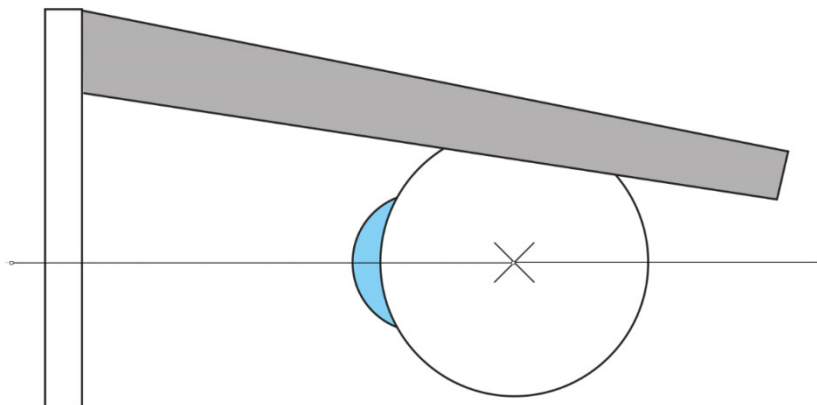
- **Centrace na vztažný bod**

Centrace na vztažný bod se používá u **sférických** a **tórických** brýlových čoček. Základním požadavkem pro centraci na vztažný bod je, jak už bylo zmíněno, aby optický střed brýlové čočky procházel středem pupily. Důležité je změřit zákazníka s nasazenou obrubou při jeho přirozeném postavení hlavy. Nyní je klient vyzván, aby fixoval vzdálený bod v úrovni svých očí, přičemž optik je ve stejné výškové i stranové poloze. Opět je zákazník instruován stejným způsobem jako u Victorinské metody a stejně provedeme označení středů zornic. [10,20]

- **Centrace na otočný bod**

Centrace na otočný bod se naopak využívá k centrování **asférických** a **atórických** brýlových čoček. Výchozí požadavek pro centrování brýlových čoček je takový, aby optická osa brýlové čočky procházela středem otáčení oka. Proto rovina očnice musí být kolmá k podlaze. K tomu dospějeme tak, že klient s nasazenou obrubou fixuje vzdálený bod a jemně zaklání hlavu, dokud se rovina očnice nedostane do svislé polohy. Do této polohy ho navede optik, který stojí ze strany zákazníka. Načež se optik postaví naproti klientovi v úrovni jeho očí a zaznamená na očnicové šabloně středy pupil. [10,20]

Pro zjednodušení vertikální centrace je vhodné nejprve vyznačit pomocnou linii do obou očnic. Pak už pouze upravujeme tuto linii níže či výše, dokud ji nedostaneme do centra pupily. [10]



Obrázek 13: Rovina očnice kolmá na rovinu podlahy.

2.2.2. Pupilární výška do blízka

Výškovou centraci do blízka používáme pouze v případě brýlí s jedním korekčním účinkem, které slouží ke korekci presbyopie.

Centrace brýlí do blízka se provádí tak, aby byl optický střed čočky umístěn v průsečíku pohledových os s rovinou očnice. Tímto docílíme, že uživatel při sklonu očí nebude zatěžován rozdílným vertikálním prizmatickým účinkem. Vertikální centrace se realizuje **zrcadlovou metodou**. Nejprve si na vybrané brýle označíme vodorovnou linii do spodní třetiny obou očnic. Klientovi nasadíme tuto anatomicky přizpůsobenou brýlovou obrubu a posadíme ho ke stolku naproti optikovi. Zákazník fixuje značku označenou na zrcadle, které je umístěno v jeho čtecí vzdálenosti. Nyní optik v zrcátku zjistí, v jaké výšce se nacházejí středy pupil vůči předkresleným liniím. Po sundání brýlové obruby optik zaznamená novou vertikální vzdálenost středů zornic a stejným způsobem provede kontrolu. [5]

2.3. Centrace jednoohniskových brýlových čoček

Jednoohniskové brýlové čočky jsou určené ke korekci refrakčních vad s jedním korekčním účinkem.

Pravidla pro centrování brýlových čoček se liší podle potřeby, na kterou bude klient danou korekční pomůcku využívat (korekce do dálky či do blízka). Také záleží, o jaký typ plochy brýlové čočky se jedná. V případě myopie, hypermetropie i presbyopie korigujeme **sférickými** a **asférickými** čočkami. Ke korekci astigmatismu používáme **tórické** nebo **atorické** plochy brýlových čoček. Zvláštní případem jsou **prizmatické** a **lentikulární** brýlové čočky. [3]

2.3.1. Lentikulární brýlové čočky

Optická zóna lentikulárních brýlových čoček se nachází pouze v centrální části brýlové čočky, proto je zapotřebí vybrat brýlovou obrubu s menší očnicí. U lentikulárních brýlových čoček je potřebné, aby vrcholová vzdálenost byla co nejmenší, čímž zajistíme co nejširší zorné pole. Nesmíme zde opomenout přepočítat hodnotu vrcholové lámavosti při změně vrcholové vzdálenosti. [3,4]

Co se týče horizontální centrace lentikulárních čoček, je důležité respektovat polohu vztažných bodů brýlových čoček před středem zornice při přirozeném postavení hlavy. V případě nedodržení této podmínky dojde k narušení binokulárně vnímaného zorného pole. [3,4]

Vertikální centraci realizujeme na střed pupily. Nicméně je nutné vzít v úvahu inklinaci brýlí, která by měla být menší, neboť by bylo nutné umístit optickou zónu více k dolnímu okraji očnice. Tímto bychom v horní části očnice omezili značnou část zorného pole. Jakmile centrujeme asférické plochy, dodržujeme zásady pro centraci na otočný bod oka. [3,4,5]



Obrázek č. 14: Lentikulární brýlová čočka. [22]

2.3.2. Prizmatické brýlové čočky

Abychom docílili požadovaného korekčního účinku prizmatických čoček, je nezbytné dodržet správnou centraci. Korekční čočky s klínovým účinkem je tedy důležité decentrovat o určitou vzdálenost. **Na každé 4 pdp je nutné posunout polohu středu pupily o 1 mm v protisměru báze, resp. na 1 pdp decentrujeme o 0,25 mm v protisměru báze.** [3,6]

Jelikož centrujeme i zkušební brýlové čočky při stanovení subjektivní refrakce, je zapotřebí změnit polohu středů kulatých očí vzhledem k předřazené klínové korekci, směru báze a vrcholové vzdálenosti. Nadcházející vztah ukazuje výpočet velikosti decentrace:

$$x = \frac{d + C}{100}, \quad (3)$$

kde d je vrcholová vzdálenost (v brýlích 12 mm), C je poloha středu otáčení oka (13 mm) a x je požadovaná decentrace. Po dosazení získáme hodnotu decentrace **0,25 mm** na 1 pdpt. [3]

V praxi je důležité věnovat patřičnou pozornost při objednávce těchto brýlových čoček. Buď si objednáme brýlové čočky, které sami decentrujeme o požadovanou vzdálenost, nebo nám už přijde upravené prizma přímo od výrobce.

2.4. Centrace víceohniskových brýlových čoček

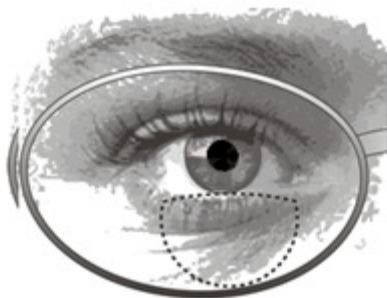
Vzhledem k tomu, že víceohniskové brýlové čočky disponují více korekčními účinky, tak se jejich centrace i patřičně odlišuje od jednoohniskových brýlových čoček. U těchto typů brýlových čoček je potřebné, aby vybraná brýlová obruba byla hlubší, abychom předešli případnému zbroušení optické zóny do blízka. [4]

2.4.1. Centrace bifokálních čoček

Ke stanovení pupilární vzdálenosti využíváme již zmíněnou Victorinskou metodu a měříme PD_D . **Vertikální** vzdálenost stanovíme při přirozeném postavení hlavy a při pohledu do nekonečna. Optik a vyšetřovaný je tedy ve stejné výškové i stranové poloze. Důležité je zjistit polohu, ve které bude výškově umístěn segment na blízkou vzdálenost. Toto činíme také Victorinskou metodou, ačkoli nás zde nezajímá střed zornice, nýbrž musíme na očníkové šablony zaznamenat polohu **okraje spodního víčka**, resp. **průběh dolního okraje duhovky** (spodní okraj víčka nemusí vykazovat totožný průběh u pravého a levého oka př.: ptóza).

Tato vyznačená linie bude určovat výškovou pozici předělu mezi vzdáleností do dálky a do blízka. [3,4,20]

Při pohledu do nekonečna musí být celá oční pupila nad předělem do blízka a při konvergenci se musí oční pupila nacházet celá pod tímto předělem. Pozici předělové linie lze velmi snadno překontrolovat. Nejprve nalepíme nad předěl vyznačené oční šablony poloprůhlednou lepící pásku a vyzveme klienta, aby vyzkoušel rozsah zorného pole do blízka. Potom nalepíme pásku pod předěl a necháme zákazníka projít. [4]

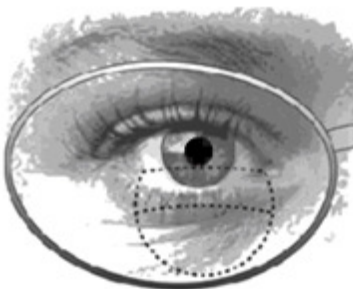


Obrázek č. 15: Umístění segmentu u bifokálních čoček. [23]

2.4.2. Centrace trifokálních čoček

Horizontální centrace trifokálních čoček je totožná s čočkami bifokálními, tedy centrujeme podle PD_D . [1]

Vertikální centrace se odvíjí podle potřeb uživatele. Řídíme se podle toho, jakou zónu zákazník preferuje, při pohledu na pracovní vzdálenost. Zjistíme-li, že zákazník upřednostňuje zobrazování dílem do dálky, umístíme předělovou linii mezidílu o trochu výše tj. mezi dolní okraj pupily a dolní okraj limbu, což způsobí lehké zmenšení velikosti zorného pole do dálky. Pokud ale klient preferuje zobrazení dílem do blízka, umístíme předělovou linii na spodní okraj dolního víčka resp. na průběh dolního okraje duhovky jako u bifokálních čoček. V tomto případě bude muset klient při pohledu do blízka více sklopit pohledové osy. [4,6]



Obrázek č. 16: Umístění segmentu u trifokálních čoček. [23]

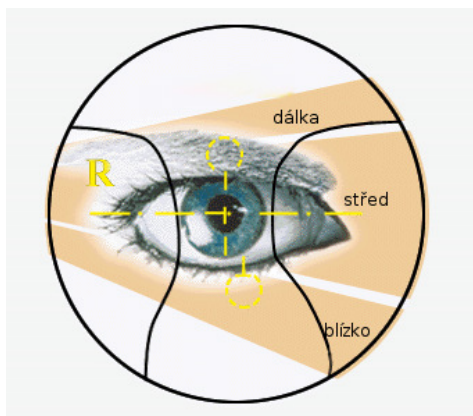
2.4.3. Centrace progresivních brýlových čoček

Centrace progresivních čoček má patřičný vliv na velikost zorného pole a správné návyky zákazníka. Proto je zde velmi důležitá především přesná centrace a také vhodný výběr typu brýlové čočky. [3,4]

Centrace se provádí **Victorinskou** metodou. Na očníkové šablony vyznačíme středy pupil (pokud výrobce neudává jinak). V případě použití asférických či atórických brýlových čoček centrujeme horizontálně podle *PD* do dálky a vertikálně na otočný bod. [20,24]

Označené středy pupil je nutné zkontrolovat. Každý typ brýlové čočky má svou speciální centrovací šablonu. Brýlovou obrubu tedy položíme na odpovídající centrovací šablonu tak, aby označené středy zornic korespondovaly se středem brýlové čočky vyznačené na šabloně. Nyní popisovačem obkreslíme, kde se bude nacházet zóna pro vidění do dálky i do blízka. Ke kontrole budeme potřebovat zrcadlo s testovou značkou, které je umístěné na stolku mezi optikem a zákazníkem. Klient je poučen, aby fixoval testovací značku, zatímco optik sleduje klientovu zornici v zrcadle. Pokud se zornice nachází v označené zóně do blízka, je centrace správná. Co se týče špatné centrace, klientova pupila by se nacházela mimo zónu do blízka a museli bychom centraci předělat. Pokud by byla centrace správná a pupila by se nacházela mimo zónu do blízka, museli bychom zhotovit buďto individuální progresivní čočky, nebo natočit brýlovou čočku v očníci, čímž zároveň u astigmatismu narušíme stanovenou osu. V tomto případě bychom museli objednat brýlové čočky, které už jsou o požadovaný stupeň otočeny. [3,5]

Každá progresivní čočka je označena referenčními značkami, které slouží ke kontrole zhotovených brýlí. Během výdeje brýlí optik zkontroluje pomocí těchto značek polohu pupily do dálky i do blízka (do blízka kontrolujeme zrcadlem). [3,4]



Obrázek č. 17: Centrace progresivních brýlových čoček. [25]

2.5. Centrovací videosystémy

Centrovací videosystémy jsou v dnešní době velmi oblíbeným příslušenstvím v oční optice, které slouží jednak jako odborné poradenství, tak ke stanovení centračních parametrů, potřebných pro zhotovení korekční pomůcky. Skládají se z hardwaru (videokamera) a softwaru, který zpracovává výsledný obraz. Konstrukce jednotlivých videosystémů může být zcela odlišná. Základní typy jsou zkonstruovány v podobě stolních zrcadel, které jsou doplněny o externí počítač či notebook. Jiné stolní systémy se zabudovaným počítačem mohou být navíc ovládány dotykovým displejem. Co se týče nejmodernějších videosystémů, jedná se o velké stojací věže, které lze integrovat do interiéru oční optiky. Centrovací videosystémy je možné nahradit i speciálními programy, které jsou nainstalovány v elektronických zařízeních př.: tablet, iPad. [26]

2.5.1. Funkce videosystémů

Základní typy videosystémů jsou určeny k odbornému poradenství klientovi. Pomocí videokamery je možné pořídit snímky zákazníka s nasazenou brýlovou obrubou a zároveň ji porovnat s jinými typy obrub. Na displej pak lze promítnout čtyři snímky současně, aby zákazník mohl porovnat vybrané typy obrub. Dále umožňují porovnání jednotlivých typů brýlových čoček, materiálů, indexů lomu a povrchových úprav (antireflexní úprava, fotochromatické čočky, barvené brýlové čočky, apod.). Navíc je zde možnost ukázat zákazníkovi konstrukci multifokálních brýlových čoček a porovnat ji mezi jednotlivými typy. [26]



Obrázek č. 18: Centrovací videosystém: stolní zrcadlo s notebookem. [27]

Centrovací věže slouží jak k odbornému poradenství, tak k vyměření centračních parametrů. Tyto systémy jsou velmi vhodné pro individuální typy brýlových čoček. Součástí centrovacích věží jsou speciální klipy, které se upnou na brýlovou obrubu. Software tento klip rozpozná a na tomto základě provede kalibraci. Kamera umístěná za zrcadlem nahrává zákazníka a program vybere nahraný obraz, na němž je držení hlavy klienta co nejpřirozenější. Pomocí dotykové obrazovky pak zaznamenáte s vysokou přesností pupilární vzdálenost, výšku zornic, inklinaci, šířku nosníku i minimální potřebný průměr brýlové čočky. [26]



Obrázek č. 19: Centrovací věž. [15]



Obrázek č. 20: Naměřené parametry na centrovacích videosystémech. [15]

2.5.2. Centrovací programy

Centrovací programy mohou jednoduše nahradit centrovací věže i stolní systémy. Výhodou těchto programů oproti centrovacím videosystémům je jejich velikost a navíc jsou přenosné. [26,28]

Programy nabízejí totožné funkce jako videosystémy. Zhotovené fotografie jsou zaslány ke zpracování softwarem na externí počítač. Následně přijdou zpět na iPad zpracované výsledky měření v grafické i číselné variantě. Veškeré centrovací videosystémy nejsou levnou záležitostí, avšak jejich prezentací je zkvalitněn prodej korekčních pomůcek a modernizace oční optiky. [28]

3. Obtíže způsobené nevhodnou brýlovou korekcí

Mezi hlavní požadavky korekčních pomůcek patří, jak už bylo zmíněno, anatomické přizpůsobení brýlové obruby a dodržení správné centrace podle individuálních parametrů uživatele. V případě porušení těchto požadavků způsobíme zákazníkovi obtíže, které mají různé projevy. Vše závisí na míře, kterou je ještě uživatel schopen vykompenzovat.

3.1. Indukovaný astigmatismus

Astigmatismus je asférická refrakční vada, u které dochází k **rozdílné lomivosti oka ve dvou na sebe kolmých meridiánech**. Svazek paprsků přicházející do oka z nekonečna, nevytvoří po průchodu optickým prostředím jedno ohnisko, nýbrž vytvoří dvě fokály v různých rovinách. [29]

Ke korekci astigmatismu jsou určeny sférotórické či atorické brýlové čočky. Nízké hodnoty zpravidla do -0,5 dpt není ve všech případech nutné korigovat. Avšak ke každému klientovi přistupujeme individuálně, jelikož i korekce nízkého astigmatismu u některých osob vede ke zlepšení zrakové ostrosti. Potíže mohou nastat v případě korekce vyššího astigmatismu při binokulárním pohledu, jelikož obraz může být narušen prostorovou distorzi. Čím větší je vzdálenost brýlové čočky od oka, tím nabývá distorze vyšších hodnot. Distorze obrazu je tedy způsobena korekcí astigmatismu. Nicméně vhodnou volbou brýlové obruby a brýlových čoček je možno snížit velikost distorze, a to zmenšením vrcholové vzdálenosti. [29,30]

3.1.1. Osa astigmatické korekce

Pro správnou korekci astigmatismu je důležité respektovat polohu osy cylindru. Pokud bychom stanovili špatnou osu cylindru, **vznikl by nový astigmatismus v jiné ose**. [30]

Centrování brýlových čoček se nijak nepodílí na ovlivnění osové hodnoty. Pozornost cylindrickým dioptriím musí věnovat optometrista či oftalmolog během stanovení refrakce, což realizuje vyšetřovací pomůckou tzv. **Jacksonovým zkříženým cylindrem**. Tento cylindr umožňuje určení přesné velikosti astigmatické korekce a taktéž stanovení osy cylindru s přesností na 1°. Rovněž ke změně osové velikosti může dojít při samotnému zábrusu brýlových čoček do očníce. Proto bychom měli korekční pomůcky před výdejem zákazníkovi nejprve zkontrolovat ve fokometru, zda jsou veškeré hodnoty totožné s předepsanou refrakcí.

Tabulka č. 1: Hodnoty osové tolerance. [24]

Hodnota cylindru v dpt	Osová tolerance
$\leq 0,75$	± 5
1,0 – 1,5	± 3
1,75 - 6	± 2

Pokud bychom během zábrusu chybně stanovili osu astigmatické korekce, nelze tak plně vykompenzovat oční astigmatismus. V důsledku toho snížíme hodnotu dosažitelné zrakové ostrosti. Hodnotu chybné cylindrické složky, která vznikla nerespektováním správné orientace korekčního cylindru, lze vyjádřit podle daného vztahu:

$$S'_{\Delta(cyl)} = 2 \cdot S'_{cyl} \cdot \sin\beta, \quad (4)$$

kde $S'_{\Delta(cyl)}$ určuje hodnotu chybné cylindrické složky v dioptriích, S'_{cyl} je hodnota vrcholové lámavosti cylindrické složky v dioptriích a $\sin\beta$ udává osovou nepřesnost ve stupních. [3]

Tabulka č. 2: Chybná cylindrická složka vzniklá nízkou osovou nepřesností. [3]

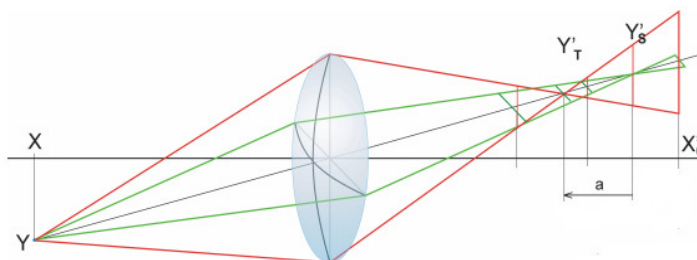
S'_{cyl} [dpt]	1°	2,5°
1	0,030	0,090
2	0,007	0,170
3	0,100	0,260
4	0,140	0,350
5	0,170	0,440

Tabulka č. 3: Chybná cylindrická složka vzniklá vyšší osovou nepřesností. [24]

S'_{cyl} [dpt]	5°	10°	15°	20°	25°	30°
0,5	0,09	0,17	0,26	0,34	0,42	0,50
1,0	0,17	0,35	0,52	0,68	0,85	1,00
1,5	0,26	0,52	0,78	1,03	1,27	1,50
2,0	0,35	0,70	1,04	1,37	1,69	2,00
2,5	0,44	0,87	1,29	1,71	2,11	2,50
3,0	0,52	1,04	1,55	2,05	2,54	3,00

3.1.2. Astigmatismus šikmých paprsků

Astigmatismus šikmých paprsků je **aberace optického zobrazení**, která vzniká **zobrazení mimosového bodu úzkým paprskovým svazkem dopadajícím šikmo na povrch čočky**. Svazek paprsků je tvořen hlavním paprskem a dalšími paprsky, které jsou tvořeny dvěma hlavními rovinami: rovinou tangenciální a sagitální. Poloměr křivosti a vrcholová lámavost obou vzájemně kolmých rovin si nejsou rovny, a proto se paprsky po průchodu optickým prostředím nespojí v jednom obrazovém bodu, nýbrž vytvoří dvě obrazové linie tzv. **fokály**. Lomené paprsky tak nevytvoří stigmatické zobrazení (bodové), nýbrž zobrazení astigmatické (nebodové). [7,31,32]



Obrázek č. 21: Vznik astigmatismu šikmých paprsků. [33] Hlavní paprsek prochází předmětovým bodem Y . Svazek paprsků tangenciální roviny protne hlavní paprsek v místě Y'_T a sagitální rovina v bodě Y'_S . Rozdíl mezi vzdáleností bodu Y'_T a bodu Y'_S měřeného ve směru optické osy je tzv. astigmatická diference. [1,32]

Astigmatismus šikmých paprsků se nejvíce projevuje jednak u bikonvexních a bikonkávních typů brýlových čoček při periferním pohledu, tak v periferních částech progresivních čoček. Abychom eliminovali tuto aberaci při stranových pohledech, je nutné upravit zakřivení přední i zadní plochy brýlové čočky. V důsledku toho se v dnešní době používají meniskové typy brýlových čoček. Meniskové čočky mohou být navíc doplněny o asférické či atorické plochy, které disponují menším zakřivením. Astigmatismus může být také snížen vhodnou úpravou inklinace. Čím větší je inklinace, tím bude hodnota astigmatismu narůstat. [31,32]

Hlavní podmínka pro potlačení nežádoucího astigmatismu v periférii brýlové čočky je nacentrovat brýlovou čočku tak, aby optická osa procházela středem otáčení oka. Hodnota astigmatismu narůstá se zvětšujícím se rozdílem mezi středem otáčení a optickou osou oka. [31]

3.2. Astenopické potíže

Pod pojmem astenopické potíže rozumíme **diskomfort, bolest kolem očí či celkovou únavu a bolest hlavy**. V důsledku docílení kvalitní zrakové ostrosti mohou být oči namáhány, což se může projevit astenopickými potížemi. Namáhání očního páru může být vyvoláno refrakčními vadami, akomodační i konvergenční nedostatečností či nadbytečností, anizometrií, anizeikonií či různou formou forií. Horizontální heterofonie je spojena zejména s frontálními bolestmi hlavy, zatímco vertikální forie se projevují týlními bolestmi. [11,34]

Častou příčinou astenopických potíží je jednak snaha očního páru vykorigovat malé refrakční vady, tak překorigování či podkorigování očního páru. Překorigování myopie je závažnější nežli překorigování hypermetropie a naopak. Pokud překorigujeme oko myopické, musí uživatel zapojit větší akomodační úsilí, aby vykompenzoval nadbytečnou vrcholovou lámavost. Podkorigování oka hypermetropického vede k neustálému zapojení akomodace, které se projeví astenopickými potížemi. Ke vzniku těchto potíží také výrazně přispívá nevhodné přizpůsobená brýlová obruba a chybná centrace. Pokud bychom chybně stanovili centraci, zejména u vyšších dioptrických hodnot, mohlo by vlivem navozeného klínového účinku dojít ke vzniku těchto obtíží. [11,35]

4. Stavby vyvolané nevhodnou brýlovou korekcí

Sítnicové obrazy jsou nezbytné pro odpovídající stereopsi a vergenci očních bulbů. Korekce brýlovou čočkou může v některých případech vytvářet nevhodné vizuální efekty, které zapříčiní např.: zkreslení stereoskopicky vnímaného obrazu, nevyváženost binokulární pohyblivosti a celkově ruší vizuální komfort vidění. [11]

Mezi brýlové čočky, které se nejvíce podílí na vzniku binokulárních problémů, patří čočky určené ke korekci vysokých refrakčních vad, různé formy forie či anizometropie. Prizmatické brýlové čočky zapříčiní **distorzi stereoskopicky vnímaného prostoru** a korekce anizometropie zapříčiní vznik **anizoforie** a **anizeikonie**. Tyto optické projevy představují problém pro binokulární motorické a senzorické funkce. Stereoskopická distorze vytvoří zvětšený nesymetrický obraz podél báze. Např.: distorze vyvolaná bází temporálně způsobí konkávně zakřivenou plochu. Čím vyšší bude vrcholová lámavost korekčního skla, tím bude hodnota distorze narůstat. Z tohoto důvodu se prizmatické brýlové čočky předepisují s co možná nejnižší hodnotou, která se zároveň rozdělí mezi obě oči. [11]

4.1. Navození nežádoucího klínového účinku

Pro adekvátní centraci brýlových čoček je zapotřebí umístit vztažný bod čočky před centrální část pupily, čímž docílíme toho, že je oční pár zatížen pouze základním sférickým či sférocylindrickým účinkem. Jakmile nedodržíme požadavek přesné polohy vztažných bodů, zatížíme oční pár nežádoucím **klínovým účinkem**, jehož hodnota se navyšuje se zvýšenou decentrací a vrcholovou lámavostí brýlové čočky. [3,31]

Pro vyjádření klínového účinku použijeme vztah:

$$\Delta = dec \cdot \varphi, \quad (5)$$

kde Δ vyjadřuje vzniklý klínový účinek v pdpt, dec je vzdálenost decentrace optického středu vůči středu zornice v cm a φ je vrcholová lámavost brýlové čočky v dpt. [3,31]

Pokud navodíme prizmatický účinek, nezobrazil by se fixovaný detail předmětu přímo ve foveole. Avšak aby jej mohlo oko foveálně fixovat, musí provést kompenzační postavení, tj. stočení fixačních os z přímého směru pohledu. Kompenzační pohyb oko koná vždy proti směru báze klínového účinku. V horší situaci by mohlo dojít k astenopickým potížím, popřípadě k překročení fúzní rezervy, která se projevuje diplopií. [3]

Navození klínového účinku může způsobit potíže korigovanému anizometropovi. Jelikož anizometrop má na obou očích zabroušené brýlové čočky s rozdílnou vrcholovou

lámavostí, nastává i rozdílný prizmatický efekt na pravém a levém oku. Aby se zabránilo vzniku diplopie, musí oční pár vykonat opravné vergenční pohyby pohledových os jak ve směru konvergentním, tak divergentním. Divergence, která se projevuje při pohledu přes silnější spojku/slabší rozptylku, je namáhavější a bez únavy jsme schopni usměrnit méně prizmatických dioptrií. Snaha o udržení jednoduchého binokulárního vjemu ve směru vertikálním je obtížnější, a proto uživateli může prizmatický efekt patřičně ztížit binokulární vidění, zejména u vertikální decentrace. Vertikální tolerance je v podstatě menší než ve směru horizontálním. U některých pacientů může vertikální prizmatický efekt 0,5 pdpt narušit až stereoskopické vidění. Tyto binokulární problémy se zvyšují s narůstající délkou kompenzace, vrcholovou lámavostí a se zvyšujícím se úhlem pohledových os vůči optické ose brýlových čoček. [36,37]

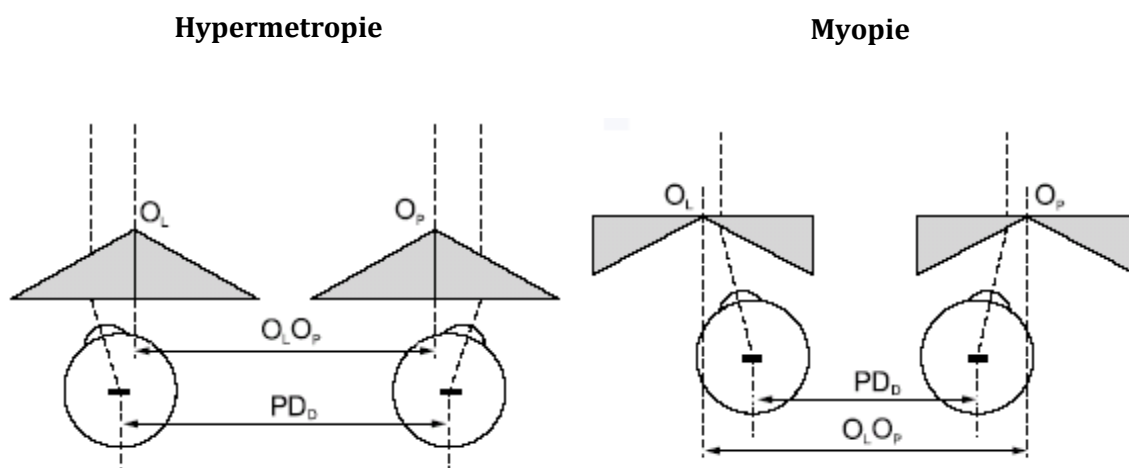
4.1.1. Horizontální decentrace

Horizontální decentrací rozumíme chybně stanovenou pupilární vzdálenost do dálky i do blízka. V horizontálním směru mohou být oči vystaveny nežádoucímu klínovému účinku s bází orientovanou nazálně nebo temporálně. Jelikož oko koná kompenzační pohyb proti směru báze, je oční pár nucen ke konvergenci či divergenci. Podle toho, jakým směrem je oční pár nucen stáčet fixační osy, rozlišujeme více a méně kritický směr. Pro přehled jsou jednotlivé směry decentrace znázorněny v tabulce. V tabulce jsou znázorněny možnosti decentrace pro korekci brýlových čoček do dálky i do blízka. Pokud decentrujeme pupilární vzdálenost do dálky směrem nazálně, způsobíme tím hypermetropovi větší obtíže, než bychom pupilární vzdálenost decentrovali temporálně. Tento směr se u oka hypermetropického označuje jako směr více kritický. V případě myopie vzniká více kritický směr u temporální decentrace. [31]

Tabulka č. 4: Jednotlivé směry decentrace. [3,24]

		Směr decentrace	Báze	Vergence očí	Směr
PD_D	Hypermetropie	$PD > OS$	nazálně	divergentní	více kritický
		$PD < OS$	temporálně	konvergentní	méně kritický
	Myopie	$PD > OS$	temporálně	konvergentní	méně kritický
		$PD < OS$	nazálně	divergentní	více kritický
PD_B	Hypermetropie	$PD < OS$	temporálně	konvergentní	více kritický
		$PD > OS$	nazálně	divergentní	méně kritický
	Myopie	$PD < OS$	temporálně	konvergentní	více kritický
		$PD > OS$	nazálně	divergentní	méně kritický

Z tabulky je možno zjistit jaký směr decentrace je více či méně kritický u myopických i hypermetropických očí. PD reprezentuje pupilární vzdálenost a OS označuje vzdálenost optický středů brýlové čočky. [3,24]



Obrázek č. 22: Více kritické směry horizontální decentrace u pupilární vzdálenosti do dálky. [14]

Tabulka č. 5: Binokulární tolerance v pdpt. [24]

Vrcholová lámavost dpt	Horizontálně		Vertikálně Rozdíl na P a L oku
	Méně kritický směr	Více kritický směr	
0,25 – 1	0,5	0,25	0,25
1,25 - 6	1	0,5	0,25
6,25 - 12	1	0,5	0,5
12,25 a více	1,5	1	0,5

4.1.2. Vertikální decentrace

K vertikální decentraci dochází, pokud střed brýlové čočky nebude vertikálně korespondovat se středem pupily. Problém nastává jednak u brýlových čoček s rozdílnou vrcholovou lámavostí, tak u rozdílné výškové decentrace očního páru. V tomto případě musí oční pár vykonat protisměrné stočení. [31]

Tabulka č. 6: Klínové účinky binokulární korekce. [24]

Vrcholová lámavost φ	Horizontálně		Vertikálně
	Báze temporálně	Báze nazálně	
1	5	5	2,5
2	3	2,5	1,25
3	3	1,5	1
4	2,5	1,25	1
5	2	1	1
10	1	1	1
20	1	1	1

4.2. Anizoforie

Anizoforie je **změna heterofonie** spojená se změnou směru pohledu a zároveň je způsobena diferenciálním prizmatickým účinkem anizometropické korekce. Proto je důležitá správná centrace brýlových čoček, aby nedošlo k rozdílnému prizmatickému účinku mezi levým a pravým okem. Pokud fixujeme předmět mimo optický střed brýlových čoček, které mají rozdílnou vrcholovou lámavost, způsobíme tím různý směr i stupeň klínového účinku, čímž dojde ke vzniku anizoforie. [11,38]

Tyto sítnicové odlišnosti způsobují rozdílnou vergenci očních pohybů, protože vyžadují rozdílný úhel rotace, tak aby oční pár fixoval předměty v různém směru pohledu. Prizmatické účinky způsobené konvexní korekcí zvyšují oční rotaci potřebnou k fixaci daného předmětu, zatímco konkávní čočky oční rotaci snižují. Pokud má anizometrop na jednom oku konvexní a na druhém konkávní brýlovou čočku, způsobí mu tato korekce rozdílné otáčení očních os při pohledu nahoru, dolů, doleva i doprava. Např.: anizometrop s konvexní čočkou na pravém oku a konkávní čočkou na oku levém musí konvergovat při pohledu doleva a naopak divergovat při pohledu doprava. [11,38]

4.3. Arteficiální heteroforie

Arteficiální heteroforie vzniká v důsledku **chybně stanovené vrcholové lámavosti korekční čočky, chybné centraci brýlových čoček, změny v centračních parametrech oproti minulým brýlím či střídáním brýlí s rozdílnou centrací**. Pokud decentrujeme optický střed v horizontálním či vertikálním směru, může dojít k navození rozdílné velikosti klínového účinku na pravém i levém oku. Výsledkem takové korekce je vznik nežádoucího prizmatického účinku, který se v extrémních případech projeví poruchou jednoduchého binokulárního vidění, což vede ke vzniku diplopie. Největší potíže nastanou během korekce anizometropie. Zde dochází k nestejnému prizmatickému efektu při pohledu přes periferní části brýlových čoček u rozdílných dioptrických hodnot. [39]

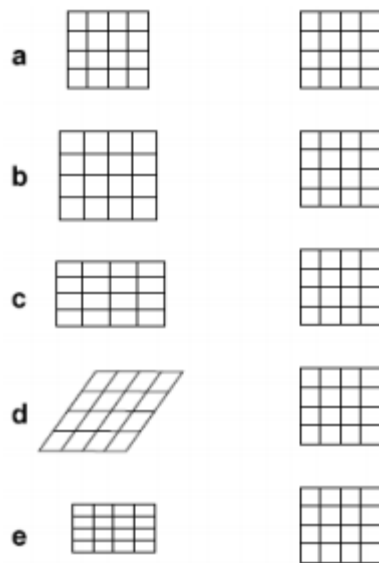
4.4. Anizeikonie

Pokud brýlová korekční pomůcka disponuje rozdílnou vrcholovou lámavostí na pravém a levém oku, dochází k rozdílnému brýlovému zvětšení, resp. k rozdílnému zvětšení sítnicového obrazu na obou očích. Anizeikonie je definovaná jako stav binokulárního vidění, ve kterém obraz téhož předmětu vnímaný pravým i levým okem disponuje **tvárovou** nebo **velikostní diferencí**, či jejich vzájemnou kombinací. **Anizeikonie je tedy rozdílné vnímání sítnicových obrazů mezi pravým a levým okem.** Naopak **izeikonie** je stav, kdy vnímané sítnicové obrazy pravého i levého oka jsou totožné. Nejčastější příčinou anizeikonie je rozdílná vrcholová lámavost brýlových čoček mezi pravým a levým okem resp. **korekce sférické i astigmatické anizometropie** či jejich vzájemnou kombinací. [1,11,37]

Anizeikonie se projevuje distorzí vnímaného obrazu nebo astenopickými potížemi. Obrazová distorze se projevuje horizontální, vertikální a šikmou anizeikonií. Rušivá anizeikonie se začíná projevovat při 1-2% rozdílu sítnicových obrazů, což se projeví u rozdílu 1 dpt. U vyšších hodnot anizeikonie cca 5-6% dochází k poruše jednoduchého binokulárního vidění. Menší rozdíly v obrazové velikosti většinou nezpůsobí potíže, ačkoli jsou relativně časté. [11,17,37]

Velikost zrakového vjemu je závislá na sítnicovém obrazu vytvořeného optickým systémem, dále na anatomickém rozdělení sítnicových receptorů mezi levým a pravým okem a také na fyziologických procesech vidění. V důsledku těchto faktorů se oba zrakové vjemy jen zřídka kdy rovnají, nicméně rozdíl je tak nepatrný, že je lidské oko není schopno rozpoznat. [1]

Astenopické potíže vyvolané anizeikonií se obvykle projevují, pokud je rozdíl velikostí sítnicových obrazů pravého a levého oka 0,75-5,0 %. [40]



Obrázek č. 23: Jednotlivé formy anizeikonie. [41]

4.4.1. Rozdělení anizeikonie

Anizeikonie se projevuje velikostní nebo tvarovou změnou sítnicových obrazů, a proto ji i takto rozdělujeme. Tvarovou anizeikonii je možné rozdělit podle toho, v jakém směru dochází ke geometrické deformaci zobrazeného předmětu: vertikální, horizontální a v šikmé ose. Dále existuje tzv. **fyzilogická anizeikonie**, která vzniká při asymetrické konvergenci očních os. Tato anizeikonie nastává při fixaci předmětu, umístěného blíže k jednomu oku, jehož obraz se jeví větší. [11]

4.4.2. Příčiny anizeikonie

Anizeikonie je způsobena optickými a neoptickými příčinami. U **optických** příčin jsou buďto sítnicové obrazy subjektivně vnímány odlišně nebo jsou tyto obrazy skutečně rozdílně velké. Mezi optické příčiny lze dále řadit příčiny přirozené a uměle vyvolané. Přirozené příčiny jsou takové, u kterých dochází k nesymetrické konvergenci a nesymetrické stavbě optických prostředí na levém a pravém oku. Umělé příčiny jsou vyvolané brýlovou korekcí a monokulární afakii. **Neoptické** příčiny jsou způsobeny buďto nesymetrickým rozdělením sítnicových receptorů na obou očích či zrakovým korovým centrem. [1]

4.4.3. Korekční anizeikonie

Anizeikonie je dána rozdílnou vrcholovou lámavostí brýlových čoček, kterou v některých případech nelze ovlivnit. Avšak při binokulárním vnímání může být anizeikonie vyvolána nevhodně zhotovenou brýlovou korekcí, která je dána chybnou polohou a sklonem korekčních čoček umístěných před očima. Aby sítnicové obrazy pravého a levého oka byly stejné, je důležité umístit brýlové očníce do stejné vrcholové vzdálenosti. Proto je nezbytné na každého zákazníka přizpůsobit brýlovou obrubu, abychom zajistili kvalitní zrakovou ostrost. Optické zvětšení brýlové čočky se mění se změnou vrcholové vzdálenosti od oka, tloušťky či zakřivení brýlové čočky. Posunutí brýlové čočky o 1 mm zapříčiní změnu ve vnímání sítnicového obrazu přibližně o 0,1 %. Co se týče zakřivení brýlové čočky, tak asférické plochy způsobí menší zvětšení než plochy sférické, což je zapříčiněno plošším designem. [1,11]

Korekce sférických refrakčních vad vyvolává tzv. obecnou anizeikonii, u které dochází k rovnoměrnému zvětšení sítnicového obrazu vůči obrazu druhému. Korekce asférické refrakční vady může vyvolat meridiální anizeikonii, u níž dochází ke zvětšení obrazu v určitém meridiánu (v porovnání s druhým okem). Tuto meridiální anizeikonii může vyvolat nestejná vrcholová vzdálenost či zdeformované stočení očníce. Anizeikonie obecná i meridiální se může navzájem kombinovat a mohou mít různý vliv na stereoskopické vnímání prostoru. [1,11]

5. Změny způsobené rozdílem vyšetřovacích a korekčních brýlí

Ke stanovení subjektivní refrakce využíváme zkušební brýlovou obrubu, do které vsazujeme korekční hodnoty zkušebních čoček. Tyto naměřené hodnoty čoček budou poté vsazeny do vybrané brýlové obruby. Avšak při zhotovení korekční pomůcky je důležité si uvědomit, že zkušební brýlová obruba je jinak zkonstruována nežli obruba korekční a zkušební brýlové čočky mají jiné parametry i design než čočky korekční. Z tohoto důvodu je podstatné zohlednit veškeré parametry, které by mohly ovlivnit finální korekci.

5.1. Zkušební brýlová obruba

Zkušební brýlová obruba je nepostradatelnou pomůckou při zjištění refrakce. V případě zjišťování korekční hodnoty foropterem či skiaskopickou lištou je nutné vyšetření dokončit subjektivním ověřením dioptrické hodnoty v nasazené zkušební obrubě. Klient se může s nasazenou obrubou projít, což nám zajistí ověření výsledné refrakce do dálky a také jak klient vnímá prostorovou orientaci. [42]

V dnešní době se vyrábí zkušební brýlové obruby jak z kovového, tak plastového materiálu. Zkušební brýlová obruba se skládá taktéž jako obruba korekční z brýlového středu, nosníku a straníc. Nicméně je zkonstruována tak, abychom ji mohli individuálně přizpůsobit každému klientovi zvlášť, pohodlně manipulovat se zkušebními čočkami a aby byla obruba správně situovaná po celou dobu vyšetření. Brýlový střed je sestaven z pevné nosné části, na níž jsou připevněny pohyblivé očnice a nosník. Také je zde vyznačena stupnice pro správné nastavení pupilární vzdálenosti. Po obou koncích nosné lišty jsou umístěny diferenciální šrouby pro monokulární nastavení pupilární vzdálenosti. Úprava vertikální centrace je taktéž zajištěna šroubem, který se nachází uprostřed této nosní části. Očnice jsou doplněny až o pět pérových objímek pro vkládání zkušebních čoček a šroubem pro nastavení požadované osy cylindru. Úhlová stupnice osy cylindru je vyznačena po obvodu očnic, takže je zde možné určit osu cylindru s přesností na jeden stupeň. Stranice jsou připevněné po stranách očnice a mají nastavitelné rozevření i délku, což zajistí stabilní držení obruby. Navíc jsou opatřeny jednak otočným kolečkem pro nastavení inklinace, tak i milimetrovou stupnicí pro změření vrcholové vzdálenosti. Některé typy zkušebních jsou také doplněny o polarizační analyzátoři, které se dají pevně připevnit k obrubě. [1,42]



Obrázek č. 24: Zkušební brýlová obruba. [43]

5.1.1. Vrcholová vzdálenost

Při měření subjektivní refrakce je zapotřebí si uvědomit, že zkušební brýlové čočky nemusí být ve stejné vzdálenosti od rohovky, jako je to v případě vybraných korekčních brýlí. Jakmile bychom nezměnili vzdálenosti korekční čočky od oka, způsobíme tím podkorigování nebo překorigování refrakční vady, což se projeví zvýšeným akomodačním úsilím či sníženou zrakovou ostrostití. [42]

Hlavní podmínkou je, aby se vzdálenost dalekého bodu rovnala s obrazovou ohniskovou vzdáleností korekční čočky. Při změně vrcholové vzdálenosti dojde k nerespektování této podmínky. Pokud tedy přiblížíme korekční čočku u myopického oka, docílíme tím snížení její vrcholové lámavosti a naopak u oka hypermetropického se bude hodnota vrcholové lámavosti zvyšovat. [42]

Pro výpočet výsledné vrcholové lámavosti brýlových čoček využijeme následující rovnici:

$$\varphi = \frac{\varphi_s}{1 - (\Delta d) \cdot \varphi_s} (dpt), \quad (6)$$

kde φ je výsledná vrcholová lámavost v dioptriích, Δd je rozdíl mezi vzdáleností, na kterou byla provedena refrakce a vrcholovou vzdáleností v brýlích v metrech, φ_s vyjadřuje naměřenou vrcholovou vzdálenost v dioptriích. [1,3,7,20]

Rozdíl mezi vzdáleností, na kterou byla měřena refrakce a hodnotou vrcholové vzdálenosti v brýlích Δd , je možné vyjádřit podle následujícího vztahu:

$$\Delta d = d_1 - d_2, \quad (7)$$

kde d_1 označuje vrcholovou vzdálenost, na kterou byla měřena refrakce a d_2 vyjadřuje vrcholovou vzdálenost brýlových čoček. [3]

Co se týče astigmatických čoček, je tento přepočít poněkud složitější. Nejprve si ze sférocylindrického zápisu vyjádříme hlavní řezy čočky, jejichž hodnoty dosadíme do patřičného vztahu, který nám vyjádří, o kolik musíme změnit hodnotu vrcholové lámavosti:

$$\varphi' = \varphi_s^2 \cdot \Delta d, \quad (8)$$

kde φ' je hodnota, o kolik musíme navýšit či naopak snížit hodnotu vrcholové lámavosti v dioptriích. Nesmíme však opomenout, že hodnotu Δd dosazujeme v metrech. [1]

Ke stanovení vrcholové vzdálenosti nejčastěji používáme PD měřítko. Klientovi nasadíme anatomicky přizpůsobenou brýlovou obrubu a instruujeme ho, aby fixoval vzdálený bod.

V dnešní době existují speciální tabulky, kde je znázorněn přehled změn vrcholových lámavostí s ohledem na změnu vzdálenosti a také někteří výrobci dodávají speciální softwary, které vypočítají finální hodnoty vrcholové lámavosti. [3]

5.1.2. Pantoskopický úhel

Při měření subjektivní refrakce by měla být zkušební brýlová obruba situována tak, aby rovina zkušební čočky byla kolmá k pohledové ose oka, tudíž pantoskopický úhel musí být nulový. V případě korekčních brýlí je správná inklinace přibližně 10° , což nám zajistí minimalizaci astigmatismu šikmých paprsků. V případě sportovních brýlí může být hodnota pantoskopického náklonu vyšší. Z tohoto důvodu je patřičné zohlednit hodnotu vrcholové lámavosti, která bude zabroušena do korekční obruby. Rozdíl bude patrný samozřejmě u vyšších dioptrických hodnot a bude narůstat s vyšším pantoskopickým náklonem. [3,5,6]

Také nesprávně provedená inklinace se projeví stočením brýlových očí, což vede k rozdílné vrcholové vzdálenosti před pravým a levým okem, které rovněž přispívá ke špatné centraci a nerespektování polohy středů otáčení oka. Kdyby optická osa čočky neprocházela středem otáčení oka, pantoskopický úhel by vykazoval vznik astigmatismu šikmých paprsků,

kteřý výrazně přispívá k neostrému vidění. Takto vzniklý astigmatismus zapříčiní **zvýšení sférické hodnoty a navození indukovaného cylindru v ose 180°**. Změnu v hodnotě sférické a cylindrické složky je možné vyjádřit podle níže uvedených vztahů (platí pro $\theta < 20^\circ$): [3,5,6]

Vztah pro výpočet sférické hodnoty:

$$\varphi' = \left(1 + \frac{\sin^2 \theta}{2n}\right) \cdot \varphi \quad (9)$$

kde φ' označuje novou sférickou hodnotu, úhel θ vyjadřuje pantoskopický úhel, n je index lomu brýlové čočky a φ je původní hodnota vrcholové lámavosti. [6]

Vztah pro výpočet indukovaného cylindru:

$$C = \varphi' \cdot \tan^2 \theta, \quad (10)$$

kde C je hodnota indukované cylindrické složky, φ' je nová hodnota sférické složky a θ je úhel pantoskopického náklonu. [6]

$$Ax = 180^\circ, \quad (11)$$

kde Ax je osa indukovaného cylindru. [6]

Tyto rovnice pro výpočet sférické nakloněné čočky je možno nahradit následnými maticemi pro přepočtení sféro-cylindrické složky. V tomto případě bychom pouze zadali nulovou cylindrickou hodnotu. [44,45]

Pro přepočtení sféro-cylindrických čoček tedy využijeme vztahy a matice:

$$\begin{pmatrix} P_x & P_t \\ P_t & P_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S + C \sin^2 \alpha & -C \sin \alpha \cos \alpha \\ -C \sin \alpha \cos \alpha & S + C \cos^2 \alpha \end{pmatrix}, \quad (12)$$

kde S je sférická složka, C je cylindrická složka a α je osa cylindru. [44]

$$\begin{pmatrix} P'_x & P'_t \\ P'_t & P'_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_x \cdot S_c & P_t \cdot H_c \\ P_t \cdot H_c & P_y \cdot T_c \end{pmatrix}, \quad (13)$$

kde hodnotu S_c vypočítáme podle vztahu:

$$S_c = 1 + \frac{\sin^2 \theta}{2n}, \quad (14)$$

kde θ je hodnota pantoskopického náklonu a n je index lomu čočky. [45]

Hodnotu T_c vypočítáme podle vztahu:

$$T_c = \frac{2n + \sin^2 \theta}{2n \cdot \cos^2 \theta}, \quad (15)$$

kde θ je hodnota pantoskopického náklonu a n je index lomu čočky. [45]

Hodnotu H_c vypočítáme podle vztahu:[45].

$$H_c = \frac{T_c + S_c}{2}, \quad (16)$$

Výsledný sférocyldrický účinek nakloněné brýlové čočky vyjádříme pomocí následujících rovnic:

$$C' = \pm \sqrt{(P'_x + P'_y)^2 - 4(P'_x P'_y - P'_t P'_t)}, \quad (17)$$

kde C' je nová hodnota cylindrické složky,

$$S' = \frac{1}{2}(P'_x + P'_y - C'), \quad (18)$$

kde S' je nová hodnota sférické složky,

$$\tan \alpha' = \frac{S' - P'_x}{P'_t}, \quad (19)$$

kde α' je nová hodnota osy cylindru. [44]

K předchozímu vztahu je zapotřebí si uvědomit, že funkce arctan ve vzorci (19) se musí vyjádřit v intervalu $(-180^\circ, 180^\circ)$. Abychom dostali osovou hodnotu v intervalu $(0^\circ, 180^\circ)$ - podle TABO schématu), je zapotřebí výsledný úhel α' upravit. Pokud tedy úhel α' vychází menší než 0, pak musíme přičíst 180° . [44,45]

Pantoskopický náklon nám nejen zapříčiní vznik indukovaného astigmatismu, nýbrž také může dojít k navození prizmatického účinku. [46]

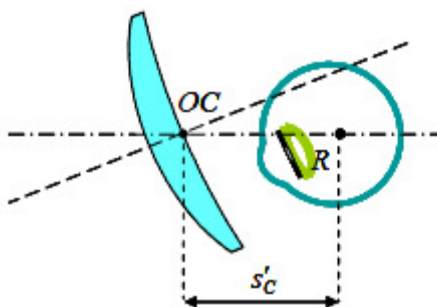
Výpočet pro zjištění velikosti prizmatického účinku je možné vypočítat podle rovnice:

$$\Delta' = 100 \frac{t}{n} \varphi \theta \quad (20)$$

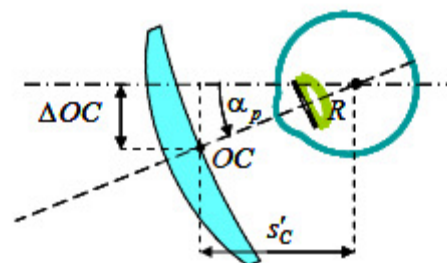
kde Δ' je hodnota prizmatického účinku, t je tloušťka čočky, φ je vrcholová lámavost přední plochy čočky, n je index lomu čočky a θ je úhel inklinace. [46]

Pokud bychom nakloněnou čočku zanechali, je zapotřebí tento pantoskopický náklon kompenzovat. Jednou z možností kompenzace indukovaného astigmatismu je **decentrace brýlové čočky** tak, aby optická osa procházela alespoň přibližně středem otáčení oka. Velikost decentrace je možno spočítat z velikosti pantoskopického úhlu a přibližné vzdálenosti brýlové čočky od středu otáčení oka, ale obecně platí **1 mm decentrace na 2°** pantoskopického náklonu. [45]

Indukovaný astigmatismus



Kompenzovaný astigmatismus



Obrázek č. 25: První obrázek znázorňuje vznik indukovaného astigmatismu (optická osa neprochází středem otáčení oka). Na druhém obrázku je znázorněna kompenzace pantoskopického náklonu decentrací brýlové čočky (optická osa prochází středem otáčení oka). [47]

Jako další eventualita je změna vrcholové lámavosti korekční čočky, která bude pantoskopický náklon kompenzovat. V tomto případě musíme použít výpočet pro stanovení sférocylindrické hodnoty kompenzované čočky. Zde postupujeme obdobně jako v předešlém případě, avšak rovnici (13) nahradíme jinou rovnicí a hodnoty P'_x , P'_t , P'_y stanovíme podle daného vzorce (21). Dále už pokračujeme totožně. [46]

$$\begin{pmatrix} P'_x & P'_t \\ P'_t & P'_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{P_x}{S_c} & \frac{P_t}{H_c} \\ \frac{P_t}{H_c} & \frac{P_y}{T_c} \end{pmatrix}, \quad (21)$$

Tyto vzorce jsou platné pouze v případě velikosti pantoskopického náklonu do 30°. Pokud bychom měli vyšší hodnotu inklinace, dojde ke vzniku drobných chyb, které se projevují nepatrnými odchylkami od teoretické analýzy. [45]

Tabulka č. 7: Tabulka znázorňuje změny vrcholové lámavosti efektivních a kompenzovaných hodnot sférické čočky -6,5 dpt. Veličina θ vyjadřuje velikost pantoskopického náklonu, $S_e/C_e \times \theta_e$ jsou efektivní hodnoty brýlové čočky a $S_c/C_c \times \theta_c$ jsou hodnoty kompenzované čočky.

$\theta [^\circ]$	$S_e/C_e \times \theta_e$	$S_c/C_c \times \theta_c$
5	-6,52/-0,05×180	-6,43/-0,05×180
10	-6,57/-0,20×180	-6,24/-0,19×180
15	-6,65/-0,48×180	-5,93/-0,43×180
20	-6,75/-0,89×180	-5,52/-0,73×180
25	-6,87/-1,50×180	-5,04/-1,10×180
30	-7,04/-2,35×180	-4,50/-1,50×180

5.1.3. Horizontální pronutí brýlového středu

Zkušební brýlová obruba má taktéž horizontální pronutí brýlového středu nulové jako je to v případě vertikálního pronutí neboli inklinaci. Avšak korekční brýlové obruby mají mírné pronutí, čímž se zkrátí vrcholová vzdálenost a zvětší se tak klientovo zorné pole, zejména u sportovních brýlí. [2,3]

Jelikož veškeré brýlové obruby mají určitý stupeň horizontálního pronutí a zkušební brýlová obruba tímto pronutím nedisponuje, je zapotřebí s touto skutečností počítat zejména u vyšších dioptrických hodnot, poněvadž zde také může dojít ke změně vrcholové lámavosti a k navození indukovaného astigmatismu. Vše záleží na velikosti změny této refrakční hodnoty. Nicméně změněné hodnoty jdou také teoreticky vypočítat. Postup je totožný jako v předešlém případě pantoskopického náklonu, tedy pro výpočet efektivní hodnoty brýlové čočky použijeme rovnice (12-19) a pro kompenzované hodnoty použijeme rovnice (12, 21, 14-19). Avšak s tím rozdílem, že výsledná osa indukovaného astigmatismu se projeví v 90°:

$$Ax = 90^\circ, \quad (22)$$

kde Ax je osa indukovaného cylindru. [44, 45]

Tabulka č. 8: Tabulka znázorňuje změny vrcholové lámavosti efektivních a kompenzovaných hodnot sférické čočky -6,5 dpt. Veličina θ vyjadřuje velikost náklonu podle vertikální osy, $S_e/C_e \times \theta_e$ jsou efektivní hodnoty brýlové čočky a $S_c/C_c \times \theta_c$ jsou hodnoty kompenzované čočky.

$\theta [^\circ]$	$S_e/C_e \times \theta_e$	$S_c/C_c \times \theta_c$
5	2,00/-0,49×64	1,99/-0,51×66
10	2,03/-0,48×63	1,97/-0,52×67
15	2,08/-0,46×59	1,94/-0,55×70
20	2,15/-0,44×52	1,89/-0,60×72
25	2,26/-0,45×43	1,85/-0,66×75
30	2,45/-0,53×32	1,80/-0,73×78

5.2. Brýlové čočky

V dnešní době je nepřehledné množství brýlových čoček. Zákazník si může vybrat nejen podle materiálu a parametrů, nýbrž také firmu, kterou preferuje. Výběr vhodné brýlové čočky je závislý na její vrcholové lámavosti, vybrané brýlové obrubě, povrchových úpravách a v neposlední řadě také na potřebách klienta. Ke stanovení subjektivní refrakce užíváme brýlovou skříň, která je doplněna o zkušební brýlové čočky. Nicméně tyto čočky jsou vyrobeny ze základních materiálů, tudíž se jejich parametry v mnohých případech neshodují s čočkami, které budou použity pro korekci zraku. V některých případech může tato okolnost zneprůjemnit kvalitu zobrazení, poskytovanou brýlovou korekcí.

V ideálním případě by brýlová čočka měla po stranách poskytovat stejný obraz, jako když se díváme středem čočky. Ale nikdy tomu tak není. Mimoosové obrazy jsou postiženy aberacemi, které snižují kvalitu zobrazení. Tyto aberace mohou být ovlivněny parametry materiálu brýlové čočky, mezi něž patří **index lomu**, **zakřivení** a **tloušťka** brýlové čočky. [32]

5.2.1. Index lomu

Index lomu řadíme mezi nejdůležitější parametry brýlové čočky. Zkušební brýlové čočky, které jsou obsaženy ve zkušební skříni, mají index lomu 1,5. Přesto pro brýle s vyšší vrcholovou lámavostí se doporučuje vybrat vyšší index lomu. Z tohoto důvodu je důležité mít na paměti, že výsledná brýlová korekce může disponovat jinými vlastnostmi, než tomu bylo v případě čočky zkušební.

Obecně platí, že čím vyšší je index lomu, tím se snižuje hodnota Abbeova čísla a rozptyl světla se zvětšuje. Abbeovo číslo nám udává do jaké míry je světlo rozptýleno při vstupu skrz čočku. Určuje tedy stupeň zkreslení vzniklý při pohledu mimo střed brýlové čočky. Čím vyšší je hodnota Abbeova čísla, tím se pohled přes periferní část brýlové čočky zlepšuje. Avšak účinek rozptylu lze minimalizovat správnou centrací a snížením vrcholové vzdálenosti. [32]

Abbeovo číslo ovlivňuje také chromatickou aberaci. Chromatická aberace se zvyšuje spolu s vrcholovou lámavostí, tudíž ji ovlivňuje materiál čočky. Čím bude vyšší hodnota Abbeova čísla, tím se bude hodnota chromatické aberace snižovat. A proto je nejjednodušším řešením minimalizace chromatické vady změnit materiál na vyšší hodnotu Abbeova čísla.

Taktéž lze tuto aberaci kompenzovat správnou centrací středů zornic a snížením vrcholové vzdálenosti. [32]

5.2.2. Tloušťka brýlové čočky

Tloušťka je další základní parametr, který charakterizuje brýlové čočky. Čím vyšší je index lomu, tím se snižuje tloušťka čočky. Tudíž zhotovená brýlová korekce nemusí mít totožnou tloušťku jako čočka zkušební. Pro brýlové čočky disponující větší středovou tloušťkou jsou typické aberace označované termínem zkreslení a koma. A proto jsou vhodnější čočky s nižší tloušťkou, které tyto vady eliminují. Zkreslení se projevuje distorzí obrazu v periferních částech brýlové čočky a zvyšuje se s narůstající hodnotou vrcholové lámavosti zejména u tórických čoček. Tloušťka čočky zapříčiní, že paprsky dopadající na periferní část čočky se lámou více než paprsky centrální, což má za následek vytvoření komy, která se projevuje rozostřením obrazu. [32,49]



Obrázek č. 26: Zkreslení.[48]

Podstatné je si uvědomit, že zkušební brýlové čočky mají oproti čočkám korekčním menší průměr. I kdybychom použili pro korekční pomůcku materiál se stejným indexem lomu, bude středová tloušťka u plusových čoček vyšší (větší rozdíl bude patrný u vyšší vrcholové lámavosti). Z tohoto důvodu se zde může projevit zkreslení či koma, které bychom kompenzovali materiálem s vyšším indexem lomu. [32,49]

5.2.3. Zakřivení brýlové čočky

Každá brýlová čočka má sférickou (kulovou) plochu, jejíž zakřivení je definováno vrcholovou lámavostí. Zkušební čočky mají menší průměr než čočky korekční, a proto je jejich zakřivení poměrně plošší, jelikož větší část periferie zkušební čočky je odbroušena. Aberace, které jsou závislé na průměru či poloměru zakřivení, jsou tzv. zklenutí a astigmatismus šikmých paprsků. Tyto aberace se projevují v periferních částech brýlové

čočky a méně u čoček s menším průměrem a u čoček s větším poloměrem zakřivení (plošší plochy). Z těchto důvodů se mohou tyto aberace projevit až ve zhotovené korekční pomůcce a nikoliv ve zkušební obrubě. Vhodná možnost kompenzace je výběr jiného designu brýlové čočky, a to tzv. asférické či atorické plochy (nekulové). [1,50]



Obrázek č. 27: Viditelné periferní aberace. [15]

Všechny tyto materiálové parametry ovlivňují kvalitu zobrazení. I přes to, že byl klient během stanovení subjektivní refrakce spokojen s kvalitou obrazu a zjištěné hodnoty vrcholové lámavosti mu byly zabroušeny do předem vybrané brýlové obruby, může s novými brýlemi pociťovat nepříjemné projevy aberací. Vše je ovlivněno vhodnou volbou materiálu, parametrů či velikostí zorného pole brýlové čočky, které byly ve zkušební obrubě odlišné. Nicméně každý z nás tyto změny vnímá individuálně a postupně se na ně zpravidla adaptujeme.

6. Praktická část

V praktické části mé bakalářské práce se věnuji výzkumu na téma „Vliv nevhodného pantoskopického úhlu zkušebních brýlí na výsledky subjektivního měření refrakčního deficitu“. Tyto naměřené hodnoty subjektivního vyšetření pro určitý pantoskopický a retroskopický úhel jsou dále statisticky zpracovány a porovnány s hodnotami teoretickými.

Patříčně přizpůsobená zkušební obruba hraje významnou roli během stanovení subjektivní refrakce. Z tohoto důvodu je důležité zohlednit veškeré možnosti nastavení této obruby ještě před tím, než začneme se samotným vyšetřením. Úpravu zkušební obruby provádíme na každého klienta zvlášť podle potřebných parametrů. Tato obruba tedy disponuje možnostmi nastavení délky straníc, pantoskopického náklonu, vrcholovou vzdáleností, horizontální a vertikální centrací a v neposlední řadě nastavení osy cylindru, což uplatňujeme až během stanovení cylindrické složky. Při vyšetření subjektivní refrakce je zapotřebí mít nastavenou zkušební obrubu tak, aby pantoskopický náklon byl nulový a zároveň optotypová tabule, resp. monitor nebo promítací matnice, jsou umístěny v úrovni očí vyšetřovaného klienta. Pokud bychom nedodrželi tento požadavek, výsledky měření tím budou ovlivněny.

Tento výzkum se snaží ukázat, v jak velké míře může nepatříčný pantoskopický úhel ovlivnit výsledky subjektivního vyšetření zraku. Veškeré hodnoty jsou zaznamenány, statisticky zpracovány a následně porovnány s teoretickými hodnotami.

6.1. Metodika

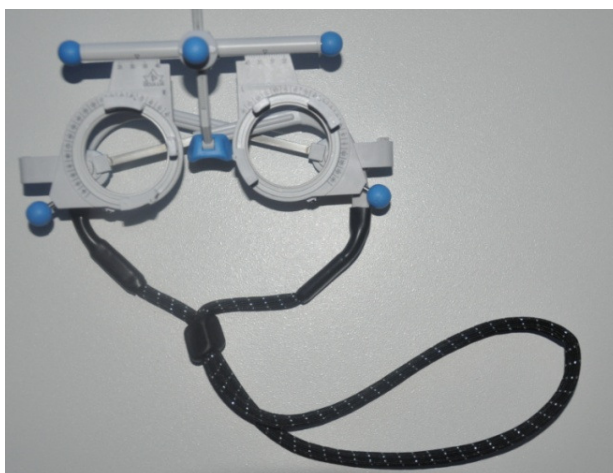
Cílem této práce je stanovení rozdílu refrakčního deficitu při nevhodně stanoveném pantoskopickém úhlu zkušebních brýlí. Nejprve jsem centrálně změřila subjektivní refrakci při nulové inklinaci a poté jsem situovala zkušební obrubu do úhlu pantoskopického 20° a pak i do úhlu retroskopického 12°, přičemž jsem respektovala optický střed čočky.

V průběhu 4 měsíců jsem změřila celkem 50 lidí a výsledky zaznamenala do předem připraveného formuláře (viz. Příloha 3). První část formuláře zahrnuje dosavadní údaje o klientovi: nacionále, celková anamnéza, oční anamnéza, pracovní anamnéza a dosavadní korekce. Druhá část se zaměřuje na samotné vyšetření: objektivní měření, vizus naturalis, jednoduché binokulární vidění, subjektivní měření refrakce a hodnoty dosaženého visu s korekcí. V poslední části jsou obsaženy údaje subjektivní refrakce a vizu při pantoskopickém a retroskopickém náklonu.

Z počátku jsem do formuláře vyplnila osobní údaje o klientovi (nacionále, ročník, kontakt), anamnézu a dosavadní korekci. Následně jsem provedla objektivní měření refrakčního deficitu pomocí autorefraktometeru. Poté jsem si vycentrovala zkušební obrubu podle parametrů klienta a zjistila monokulární i binokulární vizus naturalis. Pokračovala jsem stanovením subjektivní refrakce na projekčním nebo LCD optotypu s nulovým náklonem podle horizontální osy, kde jsem začínala zpravidla pravým okem. U hypermetropů jsem praktikovala zamlžovací metodu a u myopů postupné zvyšování záporné sférické vrcholové lámavosti. Po zjištění nejlepší sféry jsem použila monokulární červenozelený test. Hodnotu a osovou orientaci cylindrické složky jsem stanovila na bodovém optotypu Jacksonovým zkříženým cylindrem. Vždy po plném vykorigování jsem zjistila maximální monokulární vizus a poté i vizus binokulární. Jakmile jsem měla vykorigovanou sférickou i cylindrickou složku, začala jsem s testy na binokulární vyvážení. Nejprve jsem si zvolila Humphrissovou techniku, kterou jsem realizovala na pohodlně čteném optotypu (zpravidla o jeden či dva řádky výše, než je hodnota dosaženého vizu). Dále jsem pokračovala v testech využívajících polarizace: Osterbergův bichromatický polarizační test a třířádkový balanční test. Následně jsem určila přítomnost heteroforie a fixační disparity. Na heteroforii jsem využila křížový polarizovaný test bez fúzního podnětu a na fixační disparitu také křížový polarizovaný test, ale tentokrát s fúzním podnětem. Na závěr subjektivního měření jsem stanovila přítomnost jednoduchého binokulárního vidění Worthovým testem. V posledním kroku vyšetření jsem nechala klienta číst do blízka vyšetřovací tabulky na vzdálenost 40 cm

a v případě potřeby, přidala patřičnou hodnotu adice. Po binokulárním vyvážení jsem opět překontrolovala monokulární i binokulární vizus a nechala klienta, aby se v korekci prošel a vyzkoušel také pohled na nekonečno.

Po ukončení kompletní subjektivní refrakce jsem pomocí úhlooměru změnila polohu pantoskopického úhlu zkušební brýlové obruby na 20° . Upevnění obruby jsem realizovala stahovací gumičkou určenou pro brýlové obruby.



Obrázek č. 28: Stahovací gumička připevněná na zkušební obrubě.

Naměřené hodnoty refrakčního deficitu jsem nechala v obrubě a následně jsem zjišťovala změnu vizu a také, zdali dojde ke změně vrcholové lámavosti zkušebních čoček. Postupovala jsem obdobě jako při měření subjektivní refrakce. Sférickou hodnotu jsem dokorigovala monokulárně za pomoci sférické lišty a cylindrickou složku taktéž monokulárně Jacksonovým zkříženým cylindrem. Změny heteroforie a fixační disparity jsem též vykonávala na stejných testech. Následně jsem zkontrolovala hodnotu dosaženého vizu do dálky i do blízka, který byl v mnohých případech totožný. Nato jsem vyměnila hodnoty zkušebních čoček na původní a upravila pantoskopický úhel otočným kolečkem na úhel retroskopický do hodnoty 12° . Dále jsem pokračovala stejně jako v předchozím případě. Veškeré hodnoty jsem si pečlivě zaznamenala a nechala potvrdit vyplněný formulář klientovým podpisem.



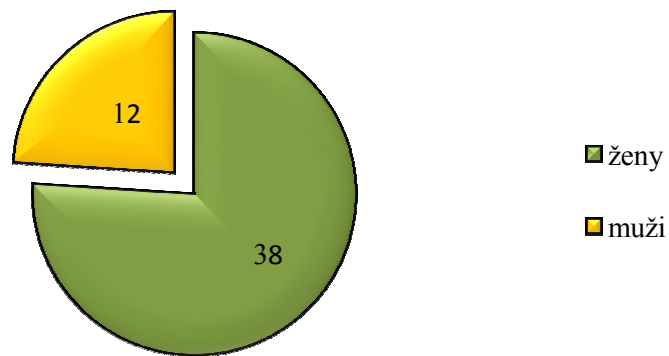
Obrázek č. 29: Pantoskopický náklon.



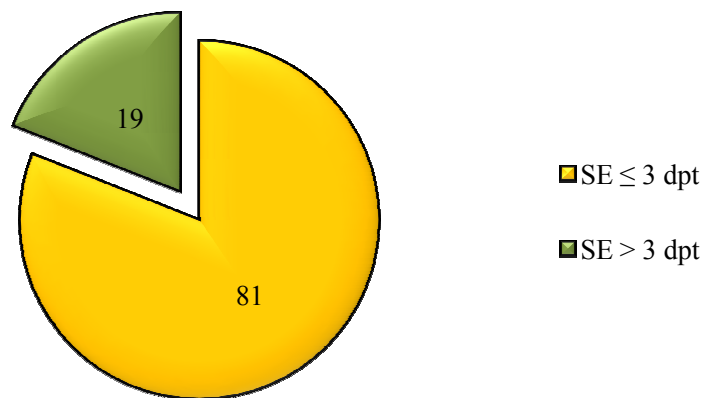
Obrázek č. 30: Retroskopický náklon.

6.2. Výsledky měření

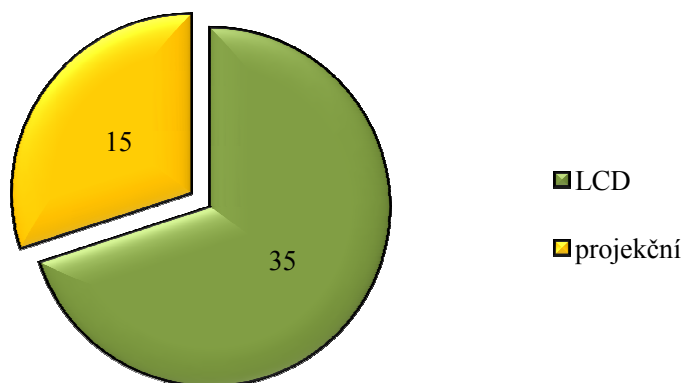
Subjektivní měření jsem prováděla v laboratoři oční optiky a optometrie Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT v Kladně s použitím LCD optotypu a dále v oční optice (FOTEX Česká republika s.r.o. v Praze), kam jsem docházela na praxi s využitím optotypu projekčního. Celkově jsem změřila 50 lidí, z nichž bylo 12 mužů a 38 žen. Z důvodu měření převážně na Fakultě biomedicínského inženýrství byla mezi klienty nejpočetnější skupina mladých lidí do 25 let. Věkové rozmezí bylo 22 – 63 let a průměrný věk 29 let. Ve většině případů se jednalo o astigmatické klienty, z toho důvodu jsem členění zvolila podle velikosti sférického ekvivalentu. Velikost refrakční vady jsem se rozhodla dělit pouze do dvou skupin podle velikosti sférického ekvivalentu, protože většina lidí měla nižší dioptrické hodnoty, tj. nižší refrakční vady do $+3/-3$ dpt a vyšší refrakční vady nad $+3/-3$ dpt. Zastoupení jednotlivých skupin, je znázorněno v následujících grafech.



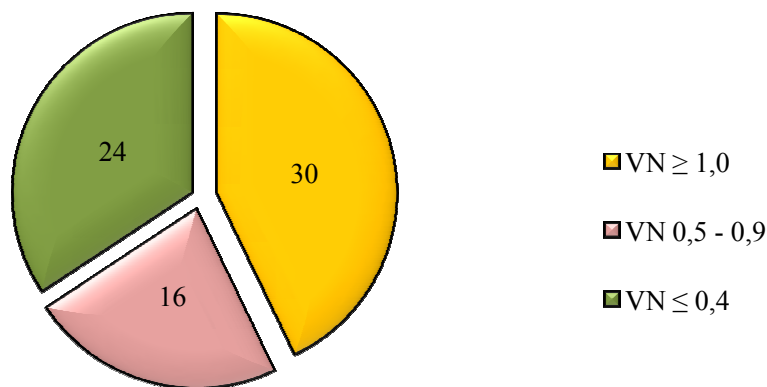
Obrázek č. 31: Zastoupení počtu změřených mužů a žen.



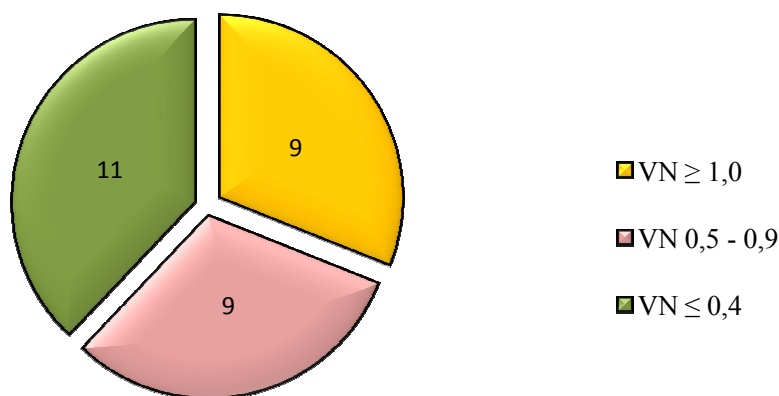
Obrázek č. 32: Zastoupení naměřených očí dle velikosti sférického ekvivalentu (SE).



Obrázek č. 33: Zastoupení počtu lidí měřených na LCD a projekčním optotypu.



Obrázek č. 34: Zastoupení naměřených očí dle dosaženého naturálního vizu (VN) na LCD optotypu.



Obrázek č. 35: Zastoupení naměřených očí dle dosaženého naturálního vizu (VN) na projekčním optotypu.

6.2.1. Statistické hypotézy

Na základě získaných hodnot jsem statisticky zhodnotila významnost pantoskopického či retroskopického náklonu v porovnání s nulovým náklonem zkušební brýlové obruby. Nejprve jsem sledovala, jak naklonění brýlové obruby ovlivňuje zrakovou ostrost klienta. Porovнала jsem dosaženou zrakovou ostrost klienta s nulovou inklinací oproti zrakové ostrosti s nenulovým nakloněním. V teoretické části byl popsán vliv pantoskopického náklonu podle studie M. P. Keatinga, a proto jsem na tomto základě porovнала experimentálně naměřené hodnoty refrakčního deficitu oproti hodnotám teoreticky vyjádřeným studií M. P. Keatinga. Jelikož nakloněná sférická čočka podle horizontální osy indukuje vznik astigmatismu v ose 180° , rozhodla jsem se tuto skutečnost statisticky ověřit.

V poslední řadě jsem porovnála výsledky naměřené subjektivní refrakce nakloněné čočky s výsledky teoreticky vypočteného refrakčního deficitu.

V praktické části se tedy pokusím odpovědět na následující otázky, z kterých vychází mé hypotézy. Veškeré testy jsem zhotovila na 5% hladině významnosti s použitím dvouvýběrového párového t-testu na střední hodnotu. V případě, že hodnota P bude menší než 5% hladina významnosti, potvrdím alternativní hypotézu a naopak hypotézu nulovou vyvrátím. [51]

3 otázky (okruhy), ze kterých vycházejí hypotézy:

- Zhorší se monokulární i binokulární zraková ostrost klienta po naklonění zkušební brýlové obruby, jestliže budeme očníci spolu s brýlovými čočkami naklánět do úhlu pantoskopického 20° a do úhlu retroskopického 12° ?
- Vznikne po naklonění brýlové obruby do úhlu pantoskopického 20° a do úhlu retroskopického 12° indukovaný astigmatismus v ose 180° ?
- Budou vektory lámavosti a osová orientace nakloněné brýlové čočky do úhlu pantoskopického 20° i do úhlu retroskopického 12° odpovídat hodnotám teoretickým?

Z výše uvedených otázek je možno stanovit analyzované hypotézy:

- Po naklonění sférické i sférocyklindrické čočky dojde ke zhoršení monokulární i binokulární zrakové ostrosti.
- Po naklonění sférické čočky dojde ke vzniku indukovaného astigmatismu v ose 180° .
- Experimentálně naměřené hodnoty vektorů lámavosti a osová orientace cylindrické složky se shoduje s vektory teoreticky vyjádřenými i s osovou orientací cylindrické složky.

6.2.2. Datová analýza

Na základě experimentálně změřených hodnot refrakčního deficitu jsem si stanovila celkem 3 hypotézy, které jsou dále statisticky zpracovány a vyhodnoceny.

1. **Hypotéza:** Zhorší se monokulární i binokulární vizus po naklonění zkušební obruby?

Nulová hypotéza H_{01} : Zraková ostrost klienta se po naklonění brýlové obruby nezmění. (Dosažená zraková ostrost při nulové inklinaci se rovná zrakové ostrosti po naklonění obruby.)

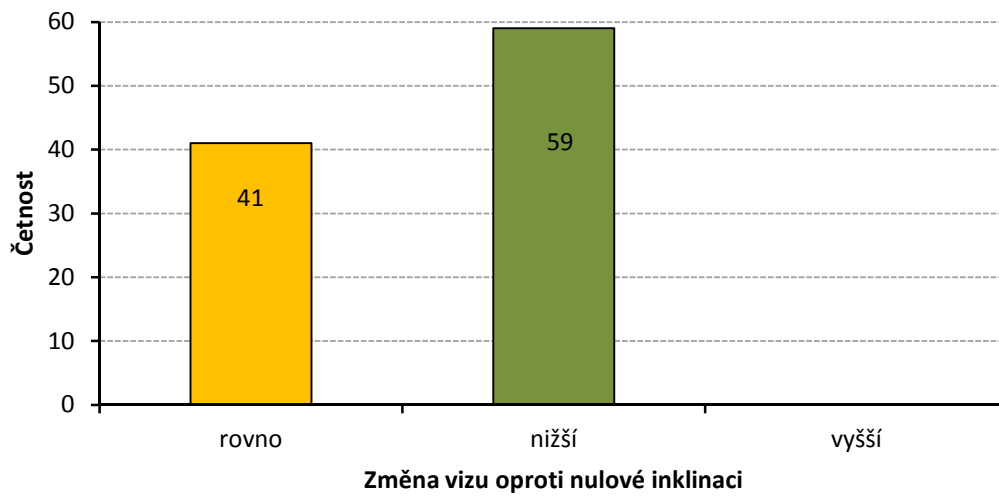
Alternativní hypotéza H_{A1} : Zraková ostrost klienta po naklonění brýlové obruby se změní. (Dosažená zraková ostrost při nulové inklinaci se nebude rovnat zrakové ostrosti po naklonění brýlové obruby.)

Pro uskutečnění první hypotézy jsem nejprve stanovila refrakční deficit s monokulární i binokulární zrakovou ostrostití při nulové inklinaci zkušební obruby. Následně jsem zanechala naměřenou dioptrickou hodnotu v obrubě a změnila její náklon do úhlu pantoskopické 20° resp. retroskopického 12°. V obou případech jsem stanovila dosaženou monokulární i binokulární zrakovou ostrost. Jelikož jsem klientovi zaznamenala i částečně přečtený nejmenší řádek na optotypu, musela jsem pro účel datové analýzy tuto hodnotu opomenout. A proto byl klientovi uznán nejmenší řádek, který celý přečetl (např.: 1,5+ se změnilo na 1,5 a 1,5– se změnilo na 1,2). Měření jsem provedla na 50 klientech, tudíž jsem následně porovnala dosažený monokulární vizus u 100 očí a vizus binokulární u 50 očí.

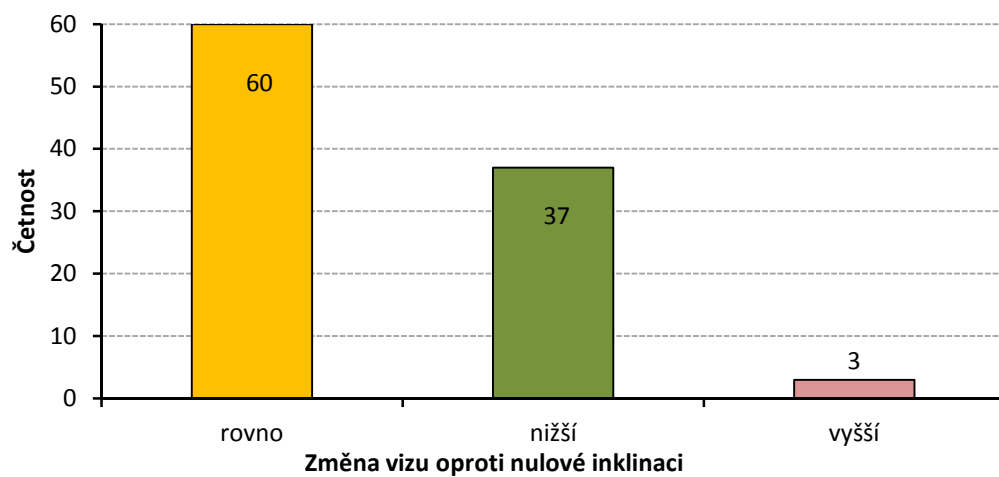
Tabulka č. 9: Ukázka monokulární změny vizu při naklonění brýlové obruby.

Oko	S/C×θ	Vizus [0°]	Vizus [20°]	Vizus [12°]
P	-1,25/-0,75×115	1,2	1,0	1,0
L	-1,00/-0,25×65	1,2	1,2	1,2
P	-5,25	1,5	1,2	1,2
L	-5,00	1,5	1,2	1,2
P	-6,25/-1,25×15	1,0	0,8	0,9
L	-6,75/-1,25×165	1,0	0,6	0,8
P	2,50/-2,25×170	1,5	1,0	1,0
L	3,50/-4,00×175	1,0	0,5	0,6
P	5,00/-0,50×170	1,5	1,2	1,5
L	6,25/-1,50×170	1,5	1,2	1,2

V tabulce je zobrazena monokulární zraková ostrost pro subjektivně změřené případy. Jednotlivé sloupčky **vizus [0°]**, **vizus [20°]**, **vizus [12°]** označují dosaženou zrakovou ostrost pro nulovou inklinaci, pantoskopický náklon 20° a náklon retroskopický 12°. Hodnota **S/C×θ** udává sférocylindrický zápis refrakčního deficitu při nulové inklinaci. Je zde patrné, že po naklonění brýlové obruby se zraková ostrost snižuje. Ačkoliv výraznější snížení zrakové ostrosti se projevuje u vyšších vrcholových lámavostí a zejména u vyšších cylindrických hodnot. Nicméně pantoskopický náklon zapříčinil snížení monokulární zrakové ostrosti u 59 očí a u zbylých 41 očí se zraková ostrost nezměnila a zůstala totožná. Opačné retroskopické naklonění bylo realizováno o menší úhel, a proto rozdíl nebyl tak patrný. Ve většině případů bylo dosaženo stejného vizu, tj. u 60 očí byl vizus neměnný, 37 očí disponovalo nižším vizem a u zbylých 3 očí se naopak zraková ostrost navýšila.



Obrázek č. 36: Monokulární změna vizu pro pantoskopický náklon 20°. Z grafu je patrné u kolika očí zůstal vizus stejný, u kolika se snížil a u kolika se zvýšil.

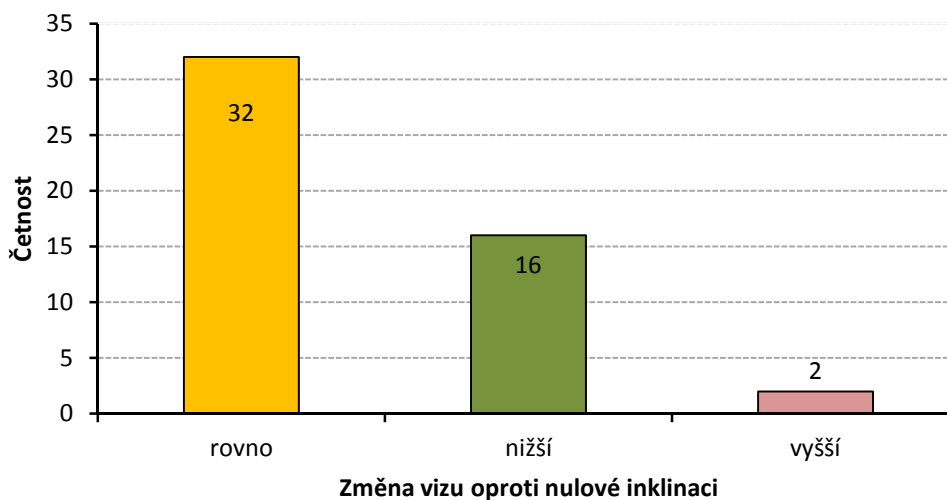


Obrázek č. 37: Monokulární změna vizu pro retroskopický náklon 12°. Z grafu je patrné u kolika očí zůstal vizus stejný, u kolika se snížil a u kolika se zvýšil.

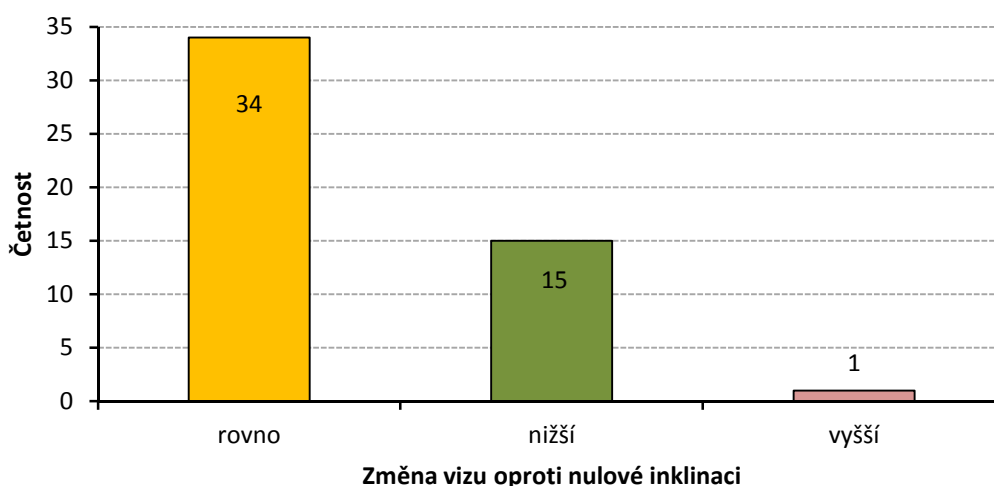
Tabulka č. 10: Ukázka binokulární změny vizu při naklonění brýlové obruby.

Oko	S/C×θ	Vizus [0°]	Vizus [20°]	Vizus [12°]
P	-1,25/-0,75×115	1,5	1,2	1,2
L	-1,00/-0,25×65			
P	-5,25	1,5	1,5	1,5
L	-5,00			
P	-6,25/-1,25×15	1,0	0,9	0,9
L	-6,75/-1,25×165			
P	2,50/-2,25×170	1,5	1,0	1,2
L	3,50/-4,00×175			
P	5,00/-0,50×170	1,5	1,5	1,5
L	6,25/-1,50×170			

V tabulce č. 10 je zobrazena stejná situace pro totožné případy vrcholových lámavostí, jako tomu bylo u tabulky č. 9, s tím rozdílem, že je zde hodnocena změna binokulární zrakové ostrosti. Výsledky vizu pro pantoskopický i retroskopický náklon dopadly velice obdobně. Jelikož jsem zde porovnávala binokulární zrakovou ostrost, vyhodnocení jsem tedy aplikovala pro 50 případů. Dosažená zraková ostrost pro náklon pantoskopický 20° se ve 32 případech rovnala, v 16 případech došlo ke snížení a v posledních 2 případech se zraková ostrost klienta navýšila. Menší úhel naklonění v tomto případě retroskopický náklon 12° se projevil stejným vizem u 34 lidí, zhoršeným vizem u 15 lidí a u 1 je zraková ostrost navýšila.



Obrázek č. 38: Binokulární změna vizu pro pantoskopický náklon 20°. Z grafu je patrné u kolika probandů zůstal vizus stejný, u kolika se snížil a u kolika se zvýšil.



Obrázek č. 39: Binokulární změna vizu pro retroskopický náklon 12°. Z grafu je patrné u kolika probandů zůstal vizus stejný, u kolika se snížil a u kolika se zvýšil.

Co se týče monokulární zrakové ostrosti pro pantoskopický **náklon, vyvracím nulovou hypotézu a naopak hypotézu alternativní potvrzují** ($P=5,61487 \cdot 10^{-17}$). Ke stejnému výsledku jsem dospěla i v případě binokulární zrakové ostrosti pro pantoskopické naklonění. Zde **také vyvracím hypotézu nulovou a potvrzují hypotézu alternativní** ($P=0,000912989$). Zraková ostrost se po naklonění brýlové obruby do úhlu pantoskopického 20° mění.

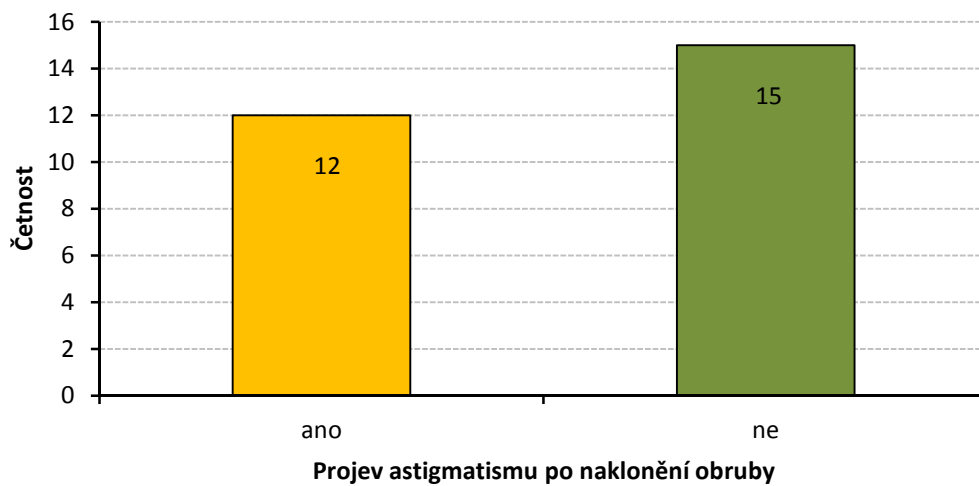
Ačkoliv jsem retroskopický náklon situovala do nižšího úhlu, dospěla jsem k totožnému závěru jako v předešlém případě. U binokulární i monokulární zrakové ostrosti **vyvracím nulovou hypotézu a hypotézu alternativní potvrzují** (výsledek pro binokulární vjem $P=0,000884248$, pro monokulární vjem $P=2,00781 \cdot 10^{-8}$). Tudíž se zraková ostrost po naklonění brýlové obruby do úhlu retroskopického 12° mění.

2. Hypotéza: Cílem této hypotézy je prověřit teoretický výpočet, který říká, že po naklonění sférické čočky dojde ke vzniku indukovaného astigmatismu v ose 180° . Naklonění obruby jsem realizovala pro pantoskopický náklon 20° a retroskopický náklon 12° .

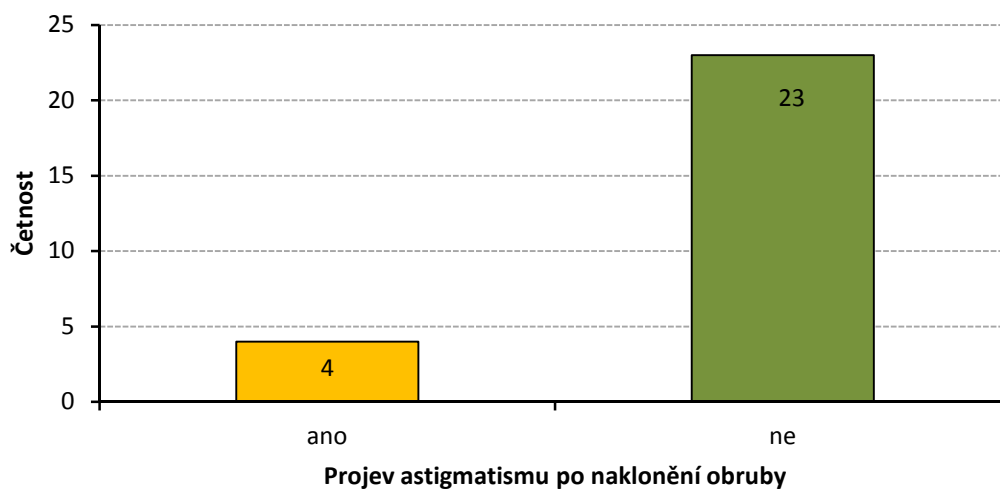
Nulová hypotéza H_{02} : Indukovaný astigmatismus vznikne v ose 180° . (Teoretický výpočet se bude rovnat výsledkům subjektivního měření refrakčního deficitu.)

Alternativní hypotéza H_{A2} : Indukovaný astigmatismus nevznikne v ose 180° . (Teoretický výpočet se nebude rovnat výsledkům subjektivního měření refrakčního deficitu.)

Tuto hypotézu jsem si stanovila, abych potvrdila či vyvrátila teoretické tvrzení podle M. P. Keatinga o pantoskopickém náklonu, které jsem popsala v teoretické části mé bakalářské práce. Teorie říká: nakloníme-li brýlovou obrubou se sférickou čočkou podle horizontální osy, dojde ke vzniku indukovaného astigmatismu v ose 180° . Ze 100 očí, které jsem změřila, bylo pouze 27 očí zatíženo sférickou refrakční vadou, z nichž 24 očí bylo myopických a zbylé 3 očí byly hypermetropické. Avšak u všech naklonění brýlové obruby nevyvolalo indukovaný astigmatismus, což lze přisoudit nízkým refrakčním vadám a také subjektivnímu posouzení klienta. Jelikož jsem naklonění situovala do většího pantoskopického náklonu 20° a poté do výrazně nižšího retroskopického náklonu 12° , projevil se indukovaný astigmatismus zejména při náklonu pantoskopickém. Celkově došlo ke vzniku indukovaného astigmatismu u 16 očí, z čehož 12 astigmatických očí vzniklo při pantoskopickém náklonu a 4 při náklonu retroskopickém.



Obrázek č. 40: Četnost vzniku indukovaného astigmatismu pro pantoskopický náklon 20°.



Obrázek č. 41: Četnost vzniku astigmatismu pro retroskopický náklon 12°.

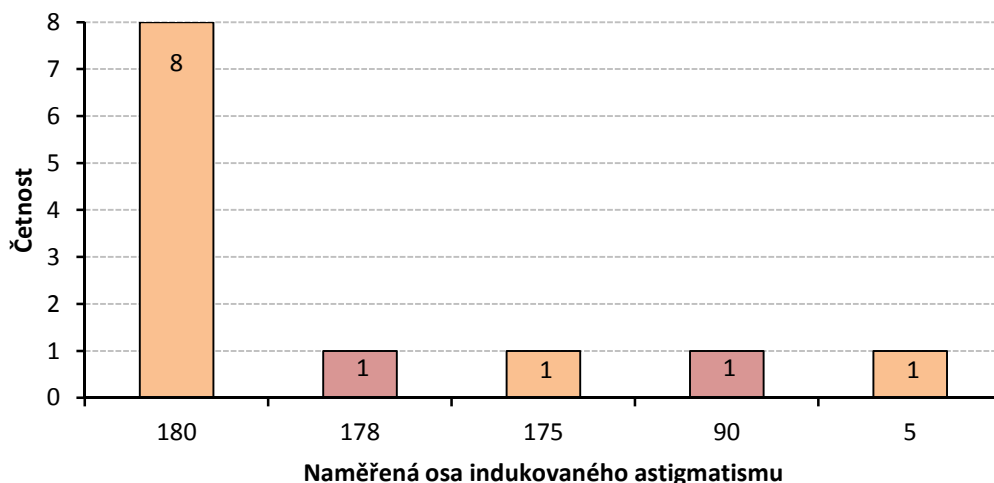
Tabulka č. 11: Ukázka vzniku indukovaného astigmatismu u pantoskopického náklonu 20°.

Oko	S/C×θ	S'/C'×θ'
L	-0,75	-0,75/-0,25×180
L	-1,25	-1,25/-0,25×178
L	-4,25	-4,00/-0,50×5
P	-4,25	-4,00/-0,50×175
P	-2,50	-2,50/-0,25×90

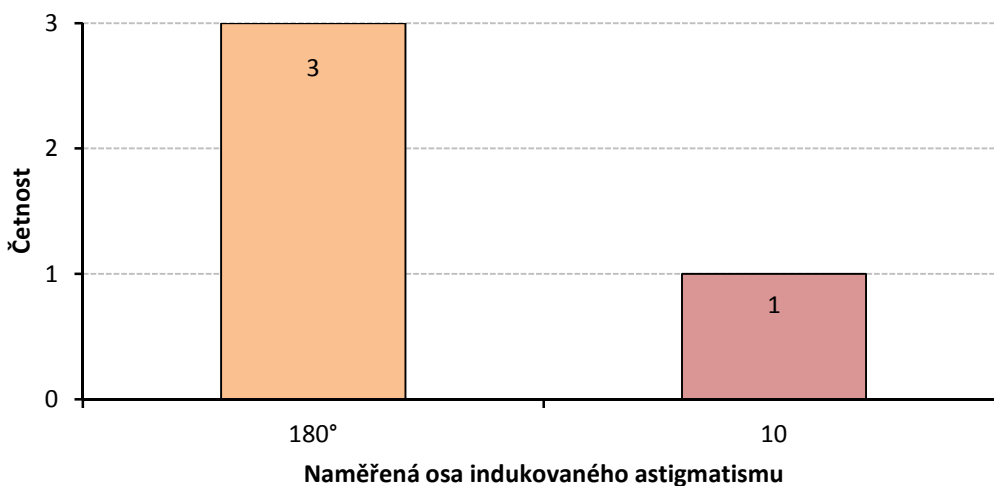
Tabulka č. 12: Ukázka vzniku indukovaného astigmatismu u retroskopického náklonu 12°.

Oko	S/C×θ	S'/C'×θ'
P	-1,25	-1,50/-0,25×180
L	-1,25	-1,25/-0,25×180
P	-4,25	-4,75/-0,25×180
L	-0,50	-0,75/-0,25×10

Tabulky č. 11 a 12 ukazují, jak se změní dioptrická hodnota čočky po naklonění brýlové obruby podle horizontální osy. Sloupec $S/C \times \theta$ udává sférocylický zápis změřeného refrakčního deficitu a sloupec $S'/C' \times \theta'$ udává sférocylický zápis refrakčního deficitu, který vznikl po naklonění brýlové obruby. Můžeme si všimnout, že osa indukovaného astigmatismu se projevuje kolem 180°. Avšak v jednom případě se astigmatismus projevil v ose 90°. Tento případ by měl nastat, pokud bychom naklonili brýlovou obrubu podle osy vertikální, nikoli podle osy horizontální. Jelikož se tato varianta projevila pouze v jediném případě a ve zbylých 15 případech vznikl astigmatismus cca kolem 180°, je možné tento případ zanedbat.



Obrázek č. 42: Četnost indukovaného astigmatismu v jednotlivých osách pro pantoskopický náklon 20°.



Obrázek č. 43: Četnost indukovaného astigmatismu v jednotlivých osách pro retroskopický náklon 12°.

Z grafů je možné zjistit, v kolika případech vznikl indukovaný astigmatismu v ose 180°. Celkově se tedy z 16 případů projevil astigmatismus v ose 180° u 11 očí. Zbývajících 5 případů, kromě jednoho, se projevil v osách, které jsou velmi blízké 180°.

Závěrem této analýzy dat **vyvracím alternativní hypotézu a naopak hypotézu nulovou potvrzují pro oba případy náklonu** (pro pantoskopický náklon $P=0,177001055$, pro retroskopický náklon $P=0,391002218$). **Osa indukovaného astigmatismu po naklonění brýlové čočky má účinek ve 180°.**

3. Hypotéza: Úkolem této poslední hypotézy bylo prověřit, zda subjektivně neměřené vektory lámavosti a osová orientace nakloněné čočky se shoduje s teoreticky vypočtenými hodnotami nakloněné čočky.

Nulová hypotéza H_{03} : Vektory lámavosti a osová orientace teoreticky vypočtené nakloněné čočky se shodují, se subjektivně naměřenými vektory lámavosti i osově orientace nakloněné čočky.

Alternativní hypotéza H_{A3} : Vektory lámavosti a osová orientace teoreticky vypočtené nakloněné čočky se neshodují, se subjektivně naměřenými vektory lámavosti i osově orientace nakloněné čočky.

V této hypotéze jsem se snažila ověřit, jestli se subjektivně změřený účinek nakloněné čočky shoduje s teoreticky vyjádřeným účinkem nakloněné čočky, taktéž podle M. P. Keatinga. Pro subjektivní měření i teoretickou analýzu jsem použila naklonění do pantoskopického úhlu 20° i do úhlu retroskopického 12° . Porovnání jsem prováděla na základě shodnosti vektorů lámavosti a osově orientace čočky subjektivně naměřené oproti čočce teoreticky vypočtené.

Pro přípravu této analýzy jsem použila osovou toleranci cylindrické složky podle povolených hodnot ($\leq 0,75 = \pm 5^\circ$, $1-1,5 = \pm 3^\circ$, $1,75-6 = \pm 2^\circ$) a vyjádřila refrakční deficit nakloněné čočky pro oba případy náklonu[24]. Osovou toleranci jsem uskutečnila na základě velikosti cylindru, díky čemuž jsem se v mnohých případech dostala na totožnou hodnotu teoretického a naměřeného úhlu. Výpočet sférocylindrického účinku nakloněné čočky jsem realizovala v tabulkovém procesoru Microsoft Excel pomocí vztahů 12-19, které jsou popsány v teoretické části mé bakalářské práce. Po určení sférocylindrického zápisu nakloněné čočky jsem stanovila vektory lámavosti jednak pro subjektivně naměřené hodnoty refrakčního deficitu nakloněné čočky, tak pro teoreticky vyjádřené hodnoty.

Výpočet vektorů lámavosti jsem realizovala pomocí následujících rovnic,

$$\mathbf{M} = \mathbf{S} + \frac{\mathbf{C}}{2} \quad (23)$$

kde \mathbf{M} je sférický ekvivalent, \mathbf{S} je sférická složka čočky a \mathbf{C} je cylindrická složka čočky. [52]

$$\mathbf{J}_0 = -\left(\frac{\mathbf{C}}{2}\right) \cos(2\alpha) \quad (24)$$

kde \mathbf{J}_0 je vektor lámavosti v 0° , \mathbf{C} je cylindrická složka a α je osa cylindru. [52]

$$\mathbf{J}_{45} = -\left(\frac{\mathbf{C}}{2}\right) \sin(2\alpha) \quad (25)$$

kde \mathbf{J}_{45} je vektor lámavosti ve 45° , \mathbf{C} je cylindrická složka a α je osa cylindru. [52]

Jelikož měření subjektivní refrakce se stanovuje pomocí zkušební brýlové skříně, která obsahuje zkušební čočky po 0,25 dioptriích, musela jsem pro porovnání nejprve teoretické hodnoty upravit. Proto jsem provedla zaokrouhlení veškerých vypočtených hodnot (sféro-cylindrického účinku nakloněné čočky a jednotlivých vektorů lámavosti) na čtvrtiny. Následně jsem porovnávala shodnost vektorů $\mathbf{M}, \mathbf{J}_0, \mathbf{J}_{45}$ mezi teoretickými a prakticky naměřenými hodnotami pro oba případy náklonu.

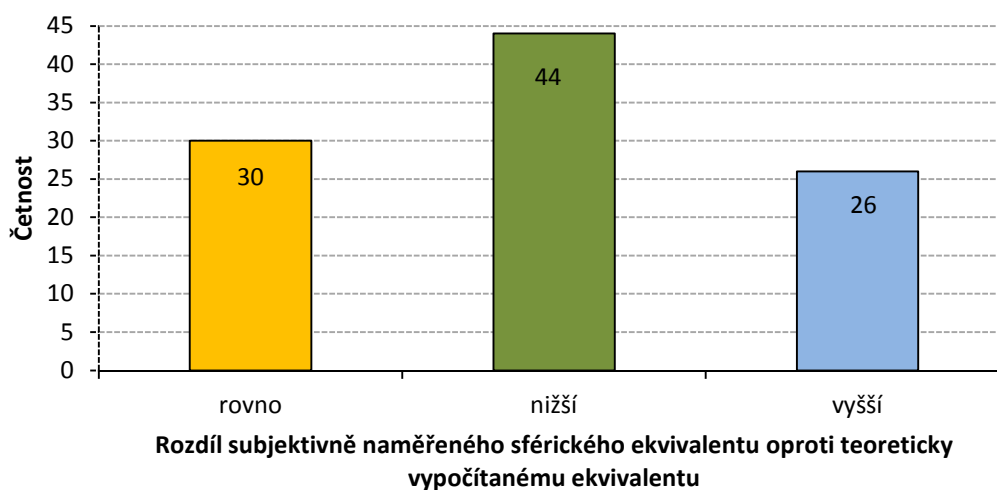
Výsledky pro pantoskopický náklon 20°:

Následující grafy ukazují, v kolika případech se jednotlivé vektory lámavosti u subjektivně stanovené refrakce pro pantoskopický náklon 20° rovnaly, navýšily či snížily oproti teoreticky vypočteným vektorům.

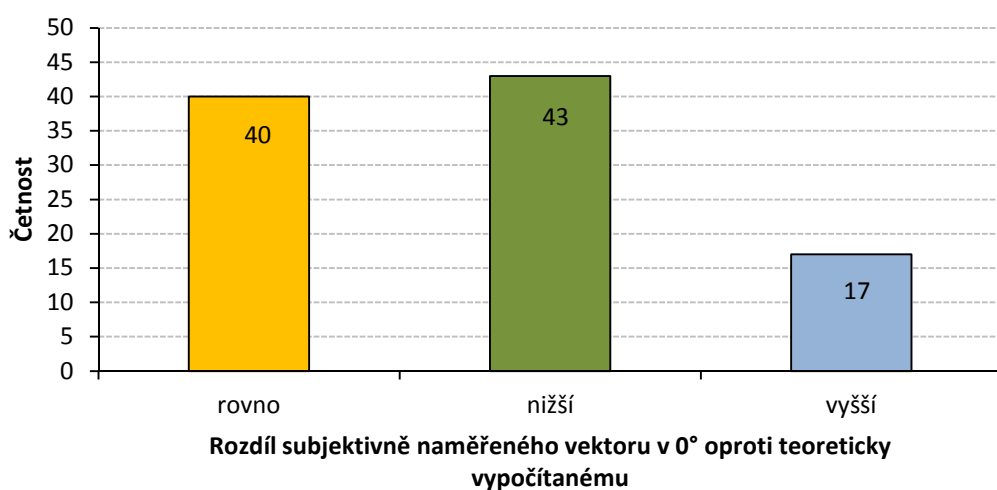
Tabulka č. 13: Ukázka jednotlivých vektorů lámavosti pro pantoskopický náklon 20°.

Oko	$S/C \times \theta$	$S'/C' \times \theta'$	M'	J'_0	J'_{45}	$S_e/C_e \times \theta_e$	M_e	J_{0e}	J_{45e}
P	-1,75/-0,25×135	-2,00/-0,25×140	-2,13	0,02	-0,12	-2,00/-0,25×144	-2,13	0,04	-0,12
L	-1,75/-0,25×180	-2,00/-0,25×180	-2,13	0,13	0,00	-1,75/-0,25×180	-1,88	0,13	0,00
P	3,25/-0,50×10	3,25/-0,25×13	3,00	0,22	0,11	3,25/-0,50×13	3,00	0,22	0,11
L	2,75	2,75	2,75	0,00	0,00	3,00/-0,25×180	2,88	0,13	0,00
P	-7,25/-0,75×10	-7,50/-0,75×75	-7,88	-0,32	0,19	-7,25/-1,00×7	-7,75	0,49	0,12
L	-8,75/-0,50×130	-9,25/-0,50×145	-9,50	-0,50	145	-9,00/-0,75×151	-9,38	0,20	-0,32

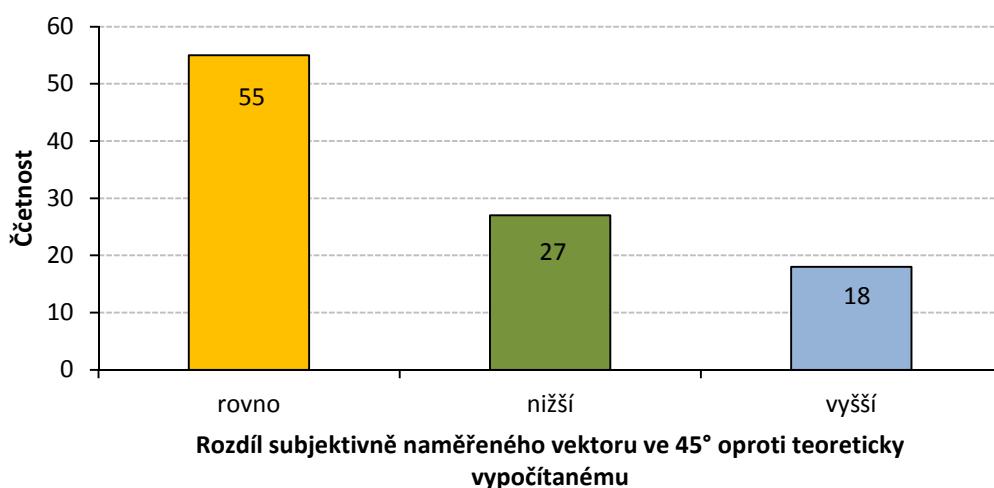
V tabulce jsou znázorněny jednotlivé naměřené a teoreticky vyjádřené hodnoty pro pantoskopické naklonění 20°. Hodnota $S/C \times \theta$ je refrakční deficit naměřený při nulové inklinaci, hodnota $S'/C' \times \theta'$ je naměřený refrakční deficit při naklonění, M', J'_0, J'_{45} jsou vektory lámavosti naměřené nakloněné čočky, $S_e/C_e \times \theta_e$ je teoreticky vypočtený refrakční deficit nakloněné čočky a M_e, J_{0e}, J_{45e} jsou vektory lámavosti teoreticky vypočtené nakloněné čočky.



Obrázek č. 44: Četnost změny subjektivně naměřeného sférického ekvivalentu SE pro pantoskopický náklon, vůči ekvivalentu teoretickému.



Obrázek č. 45: Četnost změny subjektivně naměřeného vektoru lámavosti J_0 pro pantoskopický náklon vůči vektoru teoretickému.



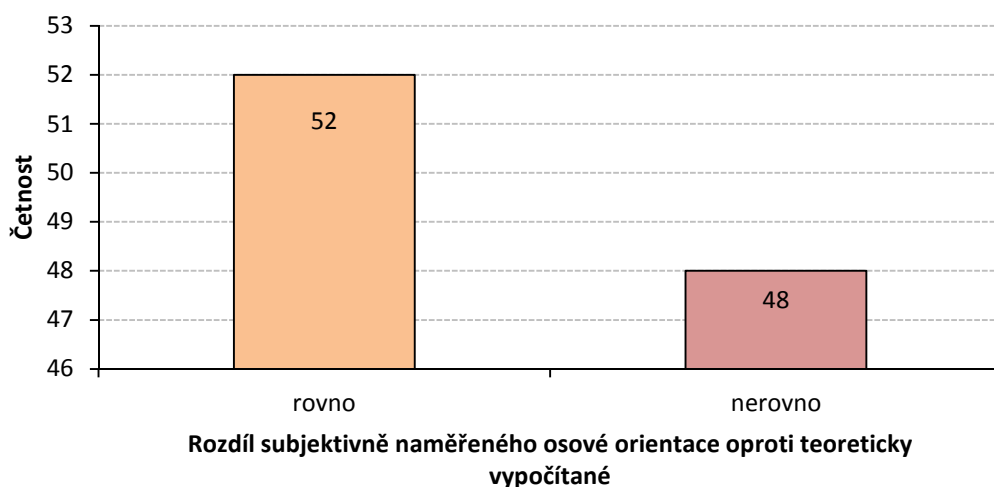
Obrázek č. 46: Četnost změny subjektivně naměřeného vektoru lámavosti J_{45} pro pantoskopický náklon vůči vektoru teoretickému.

Po porovnání teoretických a prakticky naměřených hodnot pro pantoskopický náklon jsem zjistila, že ve 30 případech byl sférický ekvivalent M totožný, ve 44 případech se navýšil a naopak ve 26 případech došlo k jeho snížení. V tomto případě tedy **vyvracím nulovou hypotézu a potvrzuji hypotézu alternativní** ($P=0,044635$), která říká, že sférický ekvivalent teoreticky vyjádřený nakloněné čočky se neshoduje se sférickým ekvivalentem subjektivně naměřené nakloněné čočky.

Co se týče porovnání vektoru lámavosti J_0 , tak celkově jsem došla ke stejným hodnotám u 40 případů, ke snížení došlo ve 43 případech a pouze v 17 případech se subjektivně změřená hodnota J_0 zvýšila oproti hodnotě teoretické. Tudíž zde také **vyvracím nulovou hypotézu a zároveň hypotézu alternativní potvrzuji** ($P=0,021018$). Subjektivně naměřené vektory lámavosti v 0° nejsou totožné s vektory teoreticky vypočtenými.

U porovnání vektorů lámavosti J_{45} jsem dospěla k opačnému výsledku než v předchozích případech, jelikož tyto hodnoty vycházejí velmi nízké. V 55 případech se shodovaly subjektivně stanovené vektory lámavosti J_{45} s hodnotami teoretickými a pouze ve zbylých 27 případech došlo ke snížení a v 18 k jeho navýšení, a proto zde **zamítám alternativní hypotézu a naopak hypotézu nulovou potvrzuji** ($P=0,825643$). Subjektivně stanovené vektory lámavosti ve 45° se shodují s teoreticky doloženými hodnotami.

V poslední řadě jsem pro pantoskopický náklon porovnála totožnost osové orientace, kterou jsem naměřila během subjektivní refrakce s vypočtenou úhlovou orientací. Pro realizaci jsem si stanovila osovou toleranci, kterou jsem uvedla na začátku hypotézy, a na tomto základě zjistila, v kolika případech se osová orientace rovnala a naopak v kolika případech byla odlišná. Celkově se tedy úhlová totožnost projevila v 52 případech a ve 48 případech se lišila.



Obrázek č. 47: Četnost změny subjektivně neměřené osové orientace při pantoskopickém naklonění vůči teoretické.

Ohledně osové orientace **tedy potvrzují nulovou hypotézu a hypotézu alternativní vyvracím** ($P=0,152169$). **Osová orientace subjektivně naměřeného refrakčního deficitu se shoduje s úhlovou orientací teoreticky vypočtenou.**

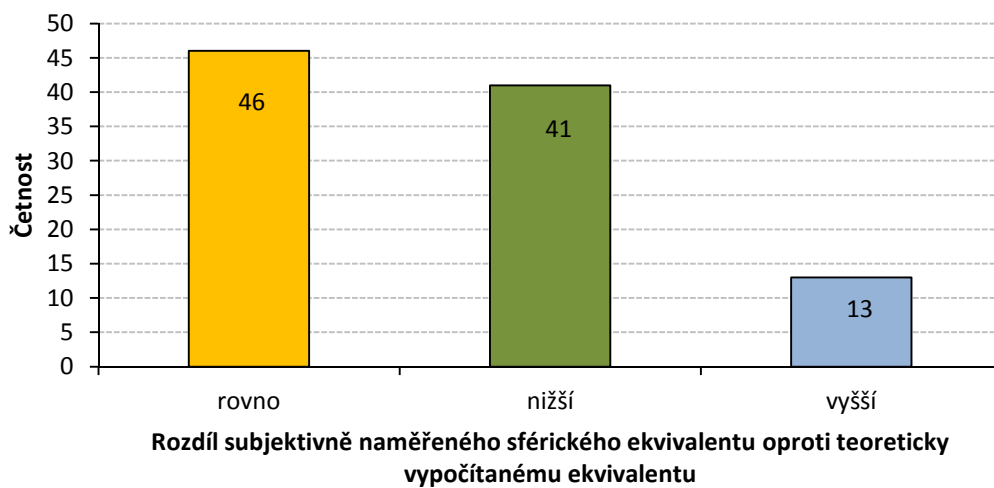
Výsledky pro retroskopický náklon 12°:

Grafy, které jsem vypracovala pro posouzení retroskopického náklonu, jsou zpracovány podobně jako je to v případě náklonu pantoskopického. Tudiž zde budu posuzovat, v kolika případech se prakticky naměřené hodnoty shodovaly s hodnotami teoretickými.

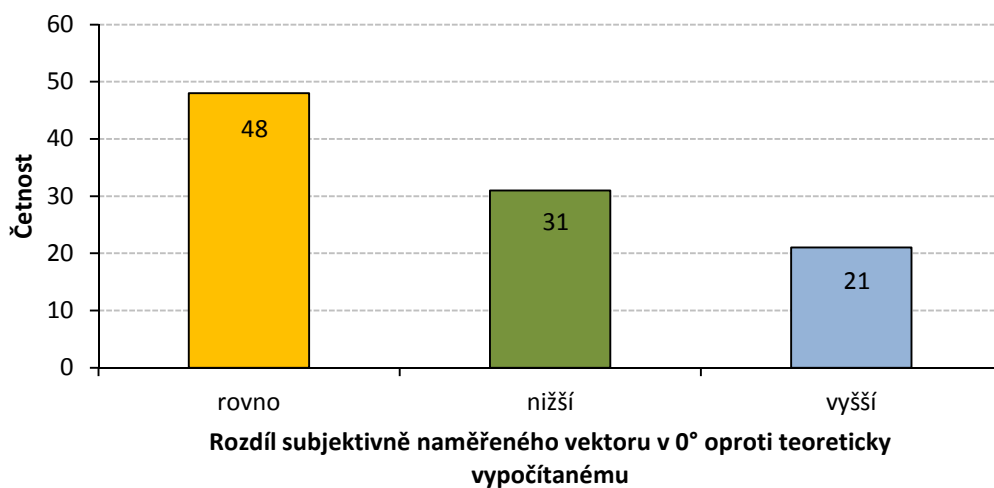
Tabulka č. 14: Ukázka jednotlivých vektorů lámavosti pro retroskopický náklon 12°.

Oko	$S/C \times \theta$	$S'/C' \times \theta'$	M'	J'_0	J'_{45}	$S_e/C_e \times \theta_e$	M_e	J_{0e}	J_{45e}
P	-1,75/-0,25×135	-2,25/-0,25×125	-2,38	-0,04	-0,12	-2,00/-0,50×157	-2,25	0,17	-0,18
L	-1,75/-0,25×180	-2,00/-0,25×180	-2,13	0,13	0,00	-1,75/-0,50×180	-2,00	0,25	0,00
P	3,25/-0,50×10	3,25/-0,50×17	3,00	0,21	0,14	3,50/-0,25×30	3,38	0,06	0,11
L	2,75	2,75/-0,25×180	2,63	0,13	0,00	3,25/-0,50×180	3,00	0,25	0,00
P	-7,25/-0,75×10	-7,50/-0,75×25	-7,88	0,24	0,29	-7,50/-1,75×4	-8,38	0,87	0,12
L	-8,75/-0,50×130	-9,00/-0,75×105	-9,38	-0,32	-0,19	-9,25/-1,25×167	-9,88	0,56	-0,27

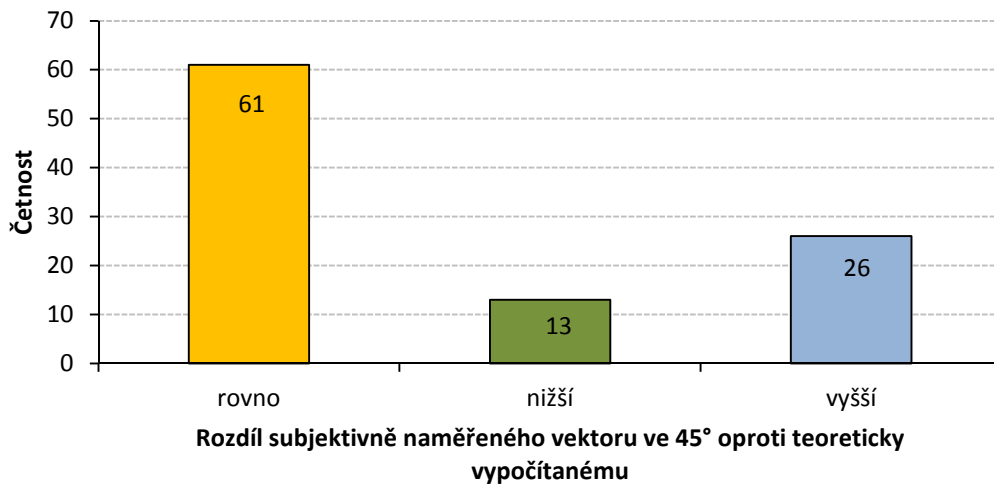
V tabulce jsou znázorněny jednotlivé naměřené a teoreticky vyjádřené hodnoty pro retroskopické naklonění 12°. Hodnota $S/C \times \theta$ je refrakční deficit naměřený při nulové inklinaci, hodnota $S'/C' \times \theta'$ je naměřený refrakční deficit při naklonění, M', J'_0, J'_{45} jsou vektory lámavosti naměřené nakloněné čočky, $S_e/C_e \times \theta_e$ je teoreticky vypočtený refrakční deficit nakloněné čočky a M_e, J_{0e}, J_{45e} jsou vektory lámavosti teoreticky vypočtené nakloněné čočky.



Obrázek č. 48: Četnost změny subjektivně naměřeného sférického ekvivalentu SE pro retroskopický náklon vůči ekvivalentu teoretickému.



Obrázek č. 49: Četnost změny subjektivně naměřeného vektoru lámavosti J_0 pro náklon retroskopický vůči vektoru teoretickému.



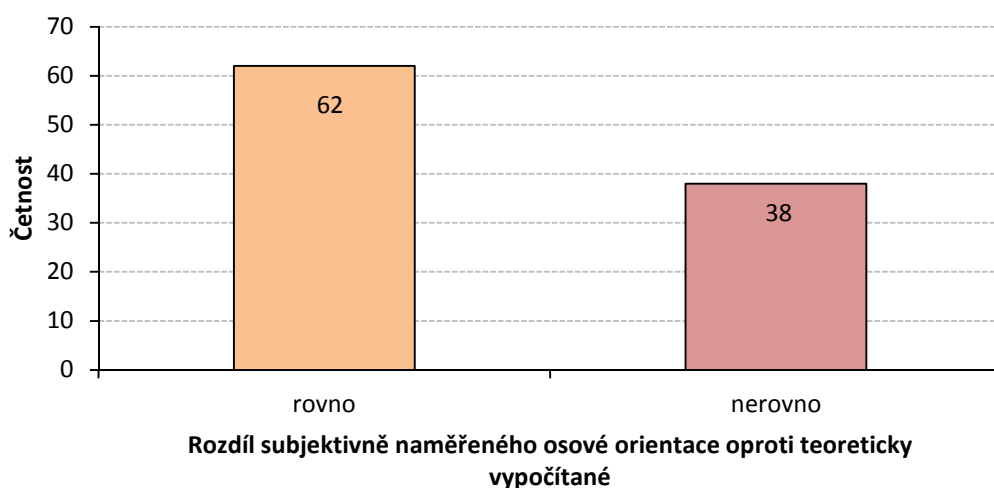
Obrázek č. 50: Četnost změny subjektivně naměřeného vektoru lámavosti J_{45} pro náklon retroskopický vůči vektoru teoretickému.

Z předchozích grafů lze zjistit, v kolika případech se naměřená hodnota rovnala, zvýšila, či naopak snížila vůči hodnotě teoretické. U sférického ekvivalentu M tedy došlo ke shodnosti ve 46 případech, ke snížení ve 41 případech a ve 13 případech byla hodnota navýšena. **Z tohoto důvodu zde nulovou hypotézu vyvracím a zároveň potvrzuji hypotézu alternativní** ($P=4,88 \cdot 10^{-5}$). Sférický ekvivalent subjektivně stanovené čočky při retroskopickém náklonu 12° se neshoduje s teoreticky vypočteným ekvivalentem.

Dále jsem také porovnávala totožnost vektorů lámavosti J_0 pro náklon retroskopický. V tomto případě se vektor lámavosti ve 48 měřeních nezměnil, ve 31 došlo ke snížení a ve zbylých 21 měřeních se hodnota vektoru lámavosti navýšila. **Zde tedy mohu říci, že potvrzuji hypotézu nulovou a hypotézu alternativní vyvracím** ($P=0,571711$). Subjektivně stanovený vektor lámavosti v 0° se shoduje s teoreticky vyjádřeným vektorem lámavosti v 0° .

Pro porovnání subjektivně naměřeného vektoru lámavosti ve 45° pro náklon retroskopický jsem zjistila, že v 61 případech byl totožný s vektorem teoretickým, ve 26 případech se jeho hodnota zvýšila a v pouhých 13 případech se naopak snížila. Vzhledem k těmto výsledkům **mohu potvrdit nulovou hypotézu a zároveň hypotézu alternativní vyvrátit** ($P=0,389785$). Prakticky naměřená hodnota J_{45} je totožná s hodnotou teoretickou.

Na závěr datové analýzy jsem taktéž porovnála osovou orientaci cylindrické složky subjektivně stanové a teoreticky doložené. Jelikož jsem zde také použila osovou toleranci podle velikosti cylindru, dospěla jsem k závěru, že v 62 případech se cylindr nacházel ve stejné ose a ve 38 případech byla hodnota cylindrické složky naměřena v jiné ose. Ačkoliv se osová tolerance ve většině případů shodovala, **nulová hypotéza byla vyvrácena a potvrzena byla hypotéza alternativní** ($P=0,041874$). Tudíž se cylindrická složka naměřená subjektivní refrakcí nenachází ve stejné ose vůči teoretické cylindrické složce.



Obrázek č. 51: Četnost změny subjektivně neměřené osové orientace při retroskopickém naklonění vůči teoretické.

7. Diskuze

První hypotéza se týkala hodnocení monokulární i binokulární zrakové ostrosti a její změny po naklonění zkušební brýlové obruby. Ačkoliv jsem retroskopické naklonění situovala do nižšího úhlu než naklonění pantoskopické, dospěla jsem po statistickém vyhodnocení ke stejnému výsledku, tj. monokulární i binokulární zraková ostrost se po naklonění brýlové obruby do úhlu pantoskopického i do úhlu retroskopického snižuje. Jelikož byl v případě pantoskopického úhlu zvolen větší úhel naklonění, dospěla jsem také k podstatně větší změně zrakové ostrosti než v případě retroskopického naklonění. Ve většině případů se zraková ostrost shodovala především u hypermetropických klientů. Tuto skutečnost mohu převážně přisoudit vlivu akomodace. Avšak samotné naklonění brýlové obruby není jediným faktorem, který může ovlivnit maximální zrakovou ostrost. Změna vizu se především projevila u vyšších vrcholových lámavostí a zvláště u vyšší cylindrické složky. Co se týče nižších vrcholových lámavostí, tak se zpravidla zraková ostrost shodovala. A proto je možno i vyšší úhel inklinace u nižších dioptrických hodnot prakticky zanedbat. Naopak u vyšších vrcholových lámavostí naklonění brýlové obruby výrazně ovlivňuje dosažený vizus. Jakmile jsem obrubu s naměřeným refrakčním deficitem u vyšších myopických očí naklonila do vyššího úhlu pantoskopického, dostala jsem zpětnou vazbu ve formě nespokojenosti s viděním. Z tohoto důvodu bychom měli v praxi s touto skutečností počítat a v případě potřeby zohlednit naměřený refrakční deficit.

Druhá hypotéza byla zaměřena na experimentální prokázání teoretického tvrzení nakloněné čočky. Prakticky jsem tedy ověřila, zda po horizontálním naklonění sférické čočky dojde ke vzniku indukovaného astigmatismu v ose 180° . Z celkově změřených 100 očí jsem pro statistické vyhodnocení této hypotézy mohla použít pouze klienty se sférickou refrakční vadou. Naklonění obruby jsem také realizovala do náklonu pantoskopického a retroskopického, přičemž indukovaný astigmatismus vznikl z převážné většiny po pantoskopickém naklonění. Přesto po naklonění brýlové obruby se indukovaný astigmatismus projevil z 27 případů pouze v 16. Z těchto uvedených 16 očí vznikl astigmatismus v 11 případech v ose 180° a ve zbývajících 5 případech se astigmatismus projevil v ose 175° , 178° , 5° , 10° a 90° . Z těchto případů je vidět, že vyjma jednoho vznikla cylindrická složka poblíž osy 180° . Co se týče osy 90° tento případ by měl nastat, pokud bychom provedli naklonění obruby podle osy vertikální. Jelikož tato osová orientace vznikla pouze v jediném případně, byla nejspíš tato chyba přivozena špatnou komunikací mezi mnou

a klientem. Nicméně si můžeme všimnout, že po naklonění sférické čočky nevznikl indukovaný astigmatismus u všech případů. Tato skutečnost nastala v převážné většině u nízkých dioptrických hodnot, tudíž vznik indukovaného astigmatismu je ovlivněn vrcholovou lámavostí čočky.

Ve třetí hypotéze jsem statisticky ověřila, zda jsou prakticky změřené hodnoty refrakčního deficitu po naklonění zkušební brýlové obruby totožné s refrakčním deficitem čočky teoreticky vyjádřené. Vyhodnocení hypotézy jsem realizovala na všech klientech, které jsem změřila, tudíž jsem porovnání provedla na 50 klientech, tedy 100 očích. Srovnání naměřených a teoretických hodnot jsem vypracovala na základě vektorů lámavosti M, J_0, J_{45} , které jsem si předem vypočítala. Dále jsem zde porovnávala osovou orientaci nakloněné cylindrické složky subjektivně změřené oproti čočce teoretické. Pro porovnání osy jsem si stanovila úhlovou toleranci podle velikosti cylindrické složky, přičemž toleranci jsem volila podle povolených hodnot. U konfrontace pantoskopického náklonu, jsem dospěla k výsledku, že sférický ekvivalent M a vektor lámavosti J_0 se neshoduje s výpočty teoreticky nakloněné čočky a naopak vektor lámavosti J_{45} se s teoretickými hodnotami shoduje. Co se týče retroskopického náklonu, shodnost experimentálně naměřených hodnot a hodnot teoreticky vyjádřených se projevila pouze u obou vektorů lámavosti J_0, J_{45} . V případě sférického ekvivalentu M se jejich totožnost vyvrátila. Ohledně osové orientace jsem u pantoskopického náklonu naměřila menší shodnost, nežli u náklonu retroskopického. Nicméně při statistickém hodnocení jsem došla k závěru, že osová shodnost s hodnotami teoretickými se projevila pouze v případě pantoskopického naklonění. Tento výsledek byl s největší pravděpodobností ovlivněn většími rozdíly osové orientace u os, ve kterých se naměřená osa cylindru neshodovala s osou teoretickou. Jelikož se velikost sférického ekvivalentu odvíjí od velikosti cylindrické složky a v některých případech po naklonění sférické čočky nedošlo ke vzniku indukovaného astigmatismu, je možné neshodnost praktického měření s teoretickými hodnotami přisoudit právě tomuto faktu.

Tabulka č. 15: Výsledky jednotlivých hypotéz.

Hypotéza	Inklinace	Analyzované hodnoty	P (Statistický výsledek)	Potvrzení hypotézy
1.	Pantoskopický náklon	Monokulární vizus	$5,61487 \cdot 10^{-17}$	Alternativní
		Binokulární vizus	0,000912989	Alternativní
	Retroskopický náklon	Monokulární vizus	0,000884248,	Alternativní
		Binokulární vizus	$2,00781 \cdot 10^{-8}$	Alternativní
2.	Pantoskopický náklon	180°	0,177001055	Nulová
	Retroskopický náklon	180°	0,391002218	Nulová
3.	Pantoskopický náklon	M	0,044635	Alternativní
		J_0	0,021018	Alternativní
		J_{45}	0,825643	Nulová
		Osa	0,152169	Nulová
	Retroskopický náklon	M	$4,88 \cdot 10^{-5}$	Alternativní
		J_0	0,571711	Nulová
		J_{45}	0,389785	Nulová
		Osa	0,041874	Alternativní

Z tabulky je možné přehledně zjistit, v jakých případech byla potvrzena hypotéza nulová a hypotéza alternativní pro všechny stanovené hypotézy.

Stupeň ovlivnění zrakové ostrosti pantoskopickým resp. retroskopickým nakloněním čočky, je možno zjistit z tabulky č. 9 a 10 a z tabulky č. 11, 12, 13, 14 je možno zjistit, jak se změní vrcholová lámavost čočky po jejím naklonění. Shrneme-li tyto výsledky subjektivně naměřených klientů, tak zjistíme, že v případě nižších dioptrických hodnot je možno účinek pantoskopického naklonění zanedbat. Naopak vyšší vrcholové lámavosti, budou patřičně ovlivněny zvolenou inklinací, a proto je zde nezbytné naklonění obruby kompenzovat vhodnou volbou vrcholové lámavosti, čímž zajistíme kvalitní zrakovou ostrost.

Ačkoliv prakticky naměřené hodnoty refrakčního deficitu se zcela neshodují s hodnotami teoretickými, je možno konstatovat, že experimentálně naměřená změna refrakčního deficitu alespoň respektuje směr změny refrakčního deficitu čočky teoretické. Rozdílné hodnoty můžeme přisoudit vlivu nakloněné optické soustavy ve zkušební obrubě oproti teoreticky předpokládané nakloněné tenké čočce. Vliv tohoto rozdílu je také třeba očekávat při výrobě korekčních brýlí pro daného klienta. Dalším důvodem může být nedorozumění během subjektivním vyšetření mezi mnou a klientem. V některých případech mohla hrát svou roli únava klienta, čímž byla negativně ovlivněna klientova pozornost a rozpoznatelnost optotypových znaků.

Závěr

V teoretické části mé bakalářské práce byly shrnuty poznatky, které výrazně přispívají k docílení co nejlepší zrakové ostrosti a zrakového komfortu brýlové korekce. Nejen stanovení náležité vrcholové lámavosti korekčních čoček, ale také správné zhotovení brýlové korekce se výrazně podílí na kvalitě vidění zprostředkované brýlovou pomůckou. V práci bylo popsáno správné anatomické přizpůsobení brýlové obruby, veškeré možnosti i metody centrace podle individuálních parametrů zákazníka, které zahrnují adekvátní zhotovení brýlové korekce. V neposlední řadě zde byly popsány subjektivní obtíže, vyvolané nepřesnou brýlovou korekcí. V poslední kapitole teoretické části byly nastíněny rozdíly mezi zkušební brýlovou obrubou a obrubou korekční, a také mezi zkušebními čočkami a čočkami korekčními. V některých případech dochází k výraznější odlišnosti, která může klientovi navodit obtíže při návyku na korekci refrakčního event. binokulárního deficitu. Ačkoliv každý tyto změny vnímá individuálně a postupem času se klient často dokáže adaptovat, vše závisí především na míře dané vlivem rozdílu mezi zkušební a korekční obrubou.

Cílem praktické části bylo poukázat na to, v jak velké míře může nepatřičný pantoskopický úhel ovlivnit výsledky subjektivního vyšetření zraku. Naměřené výsledky refrakčního deficitu byly statisticky zpracovány a vyhodnoceny podle stanovených hypotéz. V první hypotéze byla porovnána dosažená zraková ostrost naměřená při nulové inklinaci a dosažená zraková ostrost s pantoskopickým i retroskopickým nakloněním zkušební obruby. Ačkoliv je změna zrakové ostrosti ovlivněna velikostí náklonu a vrcholovou lámavostí čočky, podle statistických výsledků bylo zjištěno, že celkově se zraková ostrost po naklonění brýlové obruby snižuje. Ve druhé hypotéze bylo experimentálně potvrzeno teoretické tvrzení, které říká, že po naklonění sférické čočky podle horizontální osy dojde ke vzniku indukovaného astigmatismu v ose 180° . Ve většině případů se skutečně cylindrická složka projevila v ose 180° , tudíž byla tato hypotéza úspěšně potvrzena. Závěrečnou metou bakalářské práce bylo porovnat subjektivně změřený refrakční deficit nakloněné čočky s teoreticky vyjádřenými hodnotami. Porovnání jsem provedla na základě vektorů lámavosti a osové orientace čočky prakticky naměřené a čočky teoretické. V některých případech byly výsledky totožné a v jiných se naopak lišily.

Nicméně podle výsledků subjektivního měření je možné konstatovat, že u vyšších vrcholových lámavostí dochází po naklonění brýlové obruby ke změnám refrakčního deficitu indukovaným astigmatismem a tím ke změně zrakové ostrosti. Z tohoto důvodu bychom měli

tuto skutečnost zohlednit a v případě potřeby přizpůsobit výsledný refrakční deficit vhodnou kompenzací nakloněné čočky.

Výsledky práce byly zpracovány ve formě dvou odborných článků a zaslány k publikování v časopisech Česká oční optika a Jemná mechanika a optika.

Použitá literatura:

- [1] POLÁŠEK, J., *Technický sborník oční optiky*, 1974 Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 579 s. [cit. 2015-10-26]
- [2] NAJMAN, L., *Vyrovňování a anatomické přizpůsobování*, *Oční Optika*, 2009, 2015-11-23, 50(2): 50-54 [cit. 2015-11-23], dostupné <http://www.4oci.cz/dokumenty>
- [3] RUTRLE, M., *Brylová technika, estetika a přizpůsobování brýlí: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001, 143 s. ISBN 80-701-3347-3
- [4] NAJMAN, L., 2001. *Dílenská praxe očního optika*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 123 s. ISBN 80-701-3328-7
- [5] NAJMAN, L., *Centrování brýlových čoček, 3. část*, *Česká Oční Optika* [online]. 2011, 2015-11-23, (3): 36-41 [cit. 2015-11-23]. ISSN 1211-233X. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2011_03.pdf
- [6] MEISTER, D., SHEEDY J. E., *Introduction to Ophthalmic Optics* [online]. San Diego. Carl Zeiss Vision, 2010 [cit. 2015-11-23]. ISBN 358-825. Dostupné z: http://www.opticampus.com/files/introduction_to_ophthalmic_optics.pdf
- [7] ELKINGTON, A. R., *Clinical optics* [online]. 3rd ed. Malden, MA: Blackwell Science, 1999 [cit. 2015-10-26], ISBN 06-320-4989-8.
- [8] BASS, M., ENOCH, J. M., LAKSHMINARAYANAN, V., *Handbook of optics* [online], 3rd ed. New York, McGraw-Hill, 2010 [cit. 2015-10-27]. ISBN 978-007-1629-287.
- [9] *Varilux; návod a tipy na přizpůsobení progresivních čoček*, Essilor, [online]. 2013 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/GAV-czech-2015.pdf>
- [10] NAJMAN, L., *Centrování brýlových čoček. Česká Oční Optika* [online]. 2011, 2015-11-23, (1): 38-46 [cit. 2015-11-23], ISSN 1211-233X. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2011_01.pdf
- [11] BORISH B., *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, 2006, 1694 p. ISBN 07-506-7524-1.
- [12] [online], [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://m.tportal.hr/375415/Sto-oci-otkrivaju-onasem-zdravstvenom-stanju.html>
- [13] VESELÝ, P., *Brylová technologie I a II: praktická cvičení*. 1. vydání. Brno, Masarykova univerzita, 2015, 95 stran. ISBN 978-80-210-7779-9.
- [14] *Optická praktika* [online], [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/ps10/optika/web/pages/06-mereni.html>
- [15] [online], [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.mmoptik.cz/cs/visiooffice-uvod/>
- [16] RUTRLE, M., *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, 189 s., ISBN 80-701-3301-5.
- [17] BENEŠ, P., *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Vydání první. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015, 250 stran, ISBN 978-80-7013-577-8.

- [18] [online], [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://pristroje.hyperinzerce.cz/ostatni-pristroje/inzerat/7351612-digitalni-pd-metr-pd-500-nabidka-ceska-lipa/>
- [19] [online], [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/505177283171747419/>
- [20] BAŠTECKÝ, R., 1997, *Praktická brýlová optika* [online], Praha: R H Optik, 83 s. [cit. 2015-10-26].
- [21] [online], [cit. 2016-05-04], Dostupné z: <http://modnipomoc.cz/blog?paging-page=6&category=moda&code=trendy-dioptricke-bryle-aneb-z-nutnosti-modnim-doplnekem>
- [22] THEOCHARIDES, A., *Velikost obrazu na sítnici, stanovení a korekce anizeikonie včetně optických principů* [online], Brno, 2010 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/259205/lf_b/Velikost_obrazu_na_sitnici__stanoveni_a_korekce_anizeikonie_vcetne_optickyh_principu.pdf
- [23] LAŤÁKOVÁ, K., *Vývoj optických členů pro korekci ametropických presbyopů, jejich optické principy, správná centrace současných multifokálních čoček*, Brno, 2011.
- [24] SPOLEČENSTVO ČESKÝCH OPTIKŮ A OPTOMETRISTŮ, *Zásady posuzování brýlí jako korekční pomůcky* [online], 2006 [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: <http://scoo.cz/wp-content/uploads/2011/07/Z%C3%A1sady-posuzov%C3%A1n%C3%AD-pr%C3%A1ce-o%C4%8Dn%C3%ADho-optika-2006.pdf>
- [25] [online], [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: http://www.moje-optika.cz/odb_office.php
- [26] HRDLIČKA, J., *Videosystémy v oční optice*, Česká Oční Optika [online], 2007, 48(2): 52-53 [cit. 2015-12-19]. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2007_02.pdf
- [27] EYECARE BUSINESS [online], [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.eyecarebusiness.com/articleviewer.aspx?articleID=101870>
- [28] NOVÁKOVÁ, M., *Nová éra videocentrace, prezentace a komunikace*, [online], 2011, (1), 18-19 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2012_01.pdf
- [29] KRAUS, H., *Kompendium očního lékařství* [online]. Vyd. 1. Praha: Grada, 1997, 341 s., s. barevných obrazových příloh [cit. 2015-12-09], ISBN 80-716-9079-1
- [30] ANTON, M., *Astigmatismus*, Česká Oční Optika [online], 2006, 47(2): 16 [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2006_02.pdf
- [31] NAJMAN, L., *Požadavky na centrování jednoohniskových brýlových čoček*, Česká Oční Optika [online]. 2005, 46(1): 22-24 [cit. 2015-11-30]. ISSN 1211-233X. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2005_01.pdf
- [32] BHOOTRA, A. K., *Ophthalmic lenses* [online]. New Delhi: Jaypee, 2009 [cit. 2015-12-18], ISBN 978-818-4486-049
- [33] VLASÁK, O., *Astigmatismus a korekce brýlovými skly* [online], Brno, 2007 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/142381/lf_b/Astigmatismus_a_korekce_brylovymi_skly.pdf
- [34] *Binocular vision*, Opticianonline.net [online]. 2010 [cit. 2015-12-27]. Dostupné z: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/rbi-communities/wp-content/uploads/importedimages/c15357-binocular-vision---part-4.pdf>

- [35] ŘIHOŠKOVÁ, Š., *Eliminace astenopických potíží správně zhotovenou brýlovou korekcí* [online]. Brno, 2011 [cit. 2015-12-25]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/214874/lf_m/Eliminace_astenopic_potizi_spravne_zhotovenou_korekci.pdf
- [36] NAJMAN, L., *Vedlejší účinky brýlové korekce 6. část*, Česká Oční Optika [online], 2012, (2): 32-34 [cit. 2015-12-07]. ISSN 1211-233x. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2012_02.pdf
- [37] EVANS, B. J., PICKWELL, D., *Pickwell's binocular vision anomalies*. 5th ed. New York: Elsevier Butterworth Heinemann, 2007, 452 p., ISBN 978-0-7506-8897-0.
- [38] ANTON, M., *Problematika anizotropie*, Česká Oční Optika [online], 2006, 47(3): 16-19 [cit. 2015-12-27]. ISSN 1211-233X. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2006_03.pdf
- [39] LUKÁŠ, K., ŽÁK, A., *Chorobné znaky a příznaky: diferenciální diagnostika* [online]. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 890 s., [cit. 2015-12-27], ISBN 978-80-247-5067-5
- [40] KHURANA, A.K., *Theory and Practice of Optics and Refraction* [online], 2nd edition. 2008 [cit. 2015-12-27], ISBN 9788131211328. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=qYeD3VHi8OsC&pg=PA86&dq=symptoms+of+aniseikonia&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwjLt_TX0PzJAhXGvhQKHXTXACUQ6AEIGzAA#v=onepage&q=symptoms%20of%20aniseikonia&f=false
- [41] KUBOŠOVÁ, R., *Anizotropie a anizeikonie, diagnostika, princip korekce* [online]. Brno, 2015 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/395303/lf_b/BP.pdf
- [42] NAJMAN, L., *Zjišťování a korekce očních refrakčních vad*, Česká Oční Optika [online]. 2010, 51(1), 40-48 [cit. 2016-03-16], ISSN 1211-233X. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2010_01.pdf
- [43] [online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.askin.cz/brylova-skrin-s-objektivami/>
- [44] KEATING, M. P., *Oblique central refraction in spherocylindrical corrections with both faceform and pantoscopic tilt*. Optometry and Vision Science [online]. 1995, 72, 258-265 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://tobiasbreitenstein.de/HFAK/apps/CurvedGlasses/resources/CurvedGlasses.pdf>
- [45] KEATING, M. P., *Oblique central refraction in spherocylindrical lenses tilted around an off-axis meridian*. Optom Vis Sci 1993;70:785-791.
- [46] BLENDOWSKE, R., *Oblique central refraction in tilted spherocylindrical*. Optometry and Vision Science [online]. 2002, 79, 68-73 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: http://www.fbmhda.de/~blendowske/uploads/Papers/Oblique_central_refraction_in_tilted_spherocylindrical_lenses_OVS_jan_2002.pdf
- [47] NOVÁK, J., *Přednáška z Optiky geometrické a brýlové*, ústní sdělení, Kladno, 2014.
- [48] *Jak vybrat objektiv: Optická kvalita a čtení grafů* [online]. 2015 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://digiarena.e15.cz/jak-vybrat-objektiv-opticka-kvalita-a-cteni-grafu>
- [49] FALHAR, M., *Optické vady a oko 1. část*, Česká Oční Optika [online]. 2006, 47(1), 56-58 [cit. 2016-03-31], ISSN 1211-233X. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2006_01.pdf
- [50] FALHAR, M., *Optické vady a oko 2. část*, Česká Oční Optika [online]. 2006, 47(2), 58-62 [cit. 2016-03-31], ISSN 1211-233X. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2006_02.pdf

[51] GIBILISCO, S., *Statistika bez předchozích znalostí*. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2465-9

[52] THIBOS, L. N., WHEELER, W., HORNER, D., *Power vectors: An Application of Fourier Analysis to the Description and Statistical Analysis of Refractive Errors* [online], *Optometry and vision Science*, 1997, s. 367-375 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://journals.lww.com/optvissci/toc/1997/06000>

Seznam obrázků:

Obrázek č. 1: Kladné prohnutí brýlového středu.[3]	3
Obrázek č. 2: Šablona pro kontrolu brýlového středu.	3
Obrázek č. 3: Úhel inklinace při nasazení brýlí.[2]	4
Obrázek č. 4: Jednotlivé úhly vertikálního prohnutí brýlového středu.[6]	5
Obrázek č. 5: Měření vrcholové vzdálenosti.[9]	6
Obrázek č. 6: Pupilární vzdálenost.[12]	8
Obrázek č. 7: Pupilární měřítka.[14]	10
Obrázek č. 8: Měření Victorinskou metodou.[15]	10
Obrázek č. 9: Digitální PD metr.[18]	10
Obrázek č. 10: Korneální reflex.[19]	11
Obrázek č. 11: Měření digitálním PD metrem.[14]	13
Obrázek č. 12: Pupilární výška.[21]	14
Obrázek č. 13: Rovina očnice kolmá na rovinu podlahy.	15
Obrázek č. 14: Lentikulární brýlová čočka.[22]	16
Obrázek č. 15: Umístění segmentu u bifokálních čoček.[23]	18
Obrázek č. 16: Umístění segmentu u trifokálních čoček.[23]	18
Obrázek č. 17: Centrace progresivních brýlových čoček.[25]	19
Obrázek č. 18: Centrovací videosystém: stolní zrcadlo s notebookem.[27]	20
Obrázek č. 19: Centrovací věž.[15]	21
Obrázek č. 20: Naměřené parametry na centrovacích videosystémech.[15]	21
Obrázek č. 21: Vznik astigmatismu šikmých paprsků.[33]	24
Obrázek č. 22: Více kritické směry horizontální decentrace u pupilární vzdálenosti do dálky.[14]	28
Obrázek č. 23: Jednotlivé formy anizeikonie.[41]	32
Obrázek č. 24: Zkušební brýlová obruba.[43]	35
Obrázek č. 25: Indukovaný a kompenzovaný astigmatismus.[47]	39
Obrázek č. 26: Zkreslení.[48]	43
Obrázek č. 27: Viditelné periferní aberace.[15]	44
Obrázek č. 28: Stahovací gumička připevněná na zkušební obrubě.	47
Obrázek č. 29: Pantoskopický náklon.	48
Obrázek č. 30: Retroskopický náklon.	48
Obrázek č. 31: Zastoupení počtu změřených mužů a žen.	49
Obrázek č. 32: Zastoupení naměřených očí dle velikosti sférického ekvivalentu.	49

Obrázek č. 33: Zastoupení počtu lidí měřených na LCD a projekčním optotypu.	49
Obrázek č. 34: Zastoupení naměřených očí dle dosaženého naturálního vizu (VN) na LCD optotypu.	50
Obrázek č. 35: Zastoupení naměřených očí dle dosaženého naturálního vizu (VN) na projekčním optotypu.	50
Obrázek č. 36: Monokulární změna vizu pro pantoskopický náklon 20°	54
Obrázek č. 37: Monokulární změna vizu pro retroskopický náklon 12°	54
Obrázek č. 38: Binokulární změna vizu pro pantoskopický náklon 20°	56
Obrázek č. 39: Binokulární změna vizu pro retroskopický náklon 12°	56
Obrázek č. 40: Četnost vzniku indukovaného astigmatismu pro pantoskopický náklon 20°	58
Obrázek č. 41: Četnost vzniku indukovaného astigmatismu pro retroskopický náklon 12°	58
Obrázek č. 42: Četnost indukovaného astigmatismu v jednotlivých osách pro pantoskopický náklon 20°	60
Obrázek č. 43: Četnost indukovaného astigmatismu v jednotlivých osách pro retroskopický náklon 12°	60
Obrázek č. 44: Četnost změny subjektivně naměřeného sférického ekvivalentu pro pantoskopický náklon, vůči ekvivalentu teoretickému.	64
Obrázek č. 45: Četnost změny subjektivně naměřeného vektoru lámavosti J_0 pro pantoskopický náklon, vůči vektoru teoretickému.	64
Obrázek č. 46: Četnost změny subjektivně naměřeného vektoru lámavosti J_{45} pro pantoskopický náklon, vůči vektoru teoretickému... ..	65
Obrázek č. 47: Četnost změny subjektivně neměřené osové orientace při pantoskopickém naklonění, vůči teoretické.	66
Obrázek č. 48: Četnost změny subjektivně naměřeného sférického ekvivalentu pro náklon retroskopický, vůči ekvivalentu teoretickému... ..	68
Obrázek č. 49: Četnost změny subjektivně naměřeného vektoru lámavosti J_0 pro náklon retroskopický, vůči vektoru teoretickému.....	68
Obrázek č. 50: Četnost změny subjektivně naměřeného vektoru lámavosti J_{45} pro náklon retroskopický, vůči vektoru teoretickému.....	69
Obrázek č. 51: Četnost změny subjektivně neměřené osové orientace při retroskopickém naklonění, vůči teoretické.. ..	70

Seznam tabulek:

Tabulka č. 1: Hodnoty osové tolerance.[24].....	23
Tabulka č. 2: Chybná cylindrická složka vzniklá nízkou osovou nepřesností.[3].....	23
Tabulka č. 3: Chybná cylindrická složka vzniklá vyšší osovou nepřesností.[24]	24
Tabulka č. 4: Jednotlivé směry decentrace.[3,24]	28
Tabulka č. 5: Binokulární tolerance v pdpt.[24].....	29
Tabulka č. 6: Klínové účinky binokulární korekce.[24].....	29
Tabulka č. 7: Tabulka znázorňuje změny vrcholové lámavosti efektivních a kompenzovaných hodnot sférické čočky -6,5 dpt.	40
Tabulka č. 8: Tabulka znázorňuje změny vrcholové lámavosti efektivních a kompenzovaných hodnot sférické čočky -6,5 dpt.....	41
Tabulka č. 9: Ukázka monokulární změny vizu při naklonění brýlové obruby..	53
Tabulka č. 10: Ukázka binokulární změny vizu při naklonění brýlové obruby..	55
Tabulka č. 11: Ukázka vzniku indukovaného astigmatismu u pantoskopického náklonu 20°.....	59
Tabulka č. 12: Ukázka vzniku indukovaného astigmatismu u retroskopického náklonu 12°.....	59
Tabulka č. 13: Ukázka jednotlivých vektorů lámavosti pro pantoskopický náklon 20°.....	63
Tabulka č. 14: Ukázka jednotlivých vektorů lámavost i pro retroskopický náklon 12°.....	67
Tabulka č. 15: Výsledky jednotlivých hypotéz.	73

Příloha 1

Naměřené hodnoty subjektivní refrakce pro pantoskopický náklon. Hodnoty $S/C \times \theta$ určují účinek vrcholové lámavosti naměřené při nulové inklinaci, VN označuje visus naturalis, V je získaný vizus po vykorigování, $S'/C' \times \theta'$ vyjadřuje sférocylindrický účinek vrcholové lámavosti při pantoskopickém náklonu 20° , V_e je získaný vizus po naklonění zkušební obruby a V_c vyjadřuje vizus po vykorigování refrakční změny s pantoskopickým náklonem.

		$S/C \times \theta$			VN		V		$S'/C' \times \theta'$			V_e		V_c	
1	P	0,25	-0,25	180	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	-0,25	10	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	0,5	-0,5	180	1,5		1,5		0,5	-0,5	3	1,2		1,5	
2	P	-	-0,5	92	0,8	1	1,2	1,5	-0,25	-0,25	96	1	1+	1	1,2
	L	-	-0,25	20	0,9		1,2		-	-0,25	15	1		1,2	
3	P	-1,75	-0,25	135	0,1	0,1	1,2	1,5	-2,25	-0,25	120	1+	1,2	1	1,2
	L	-1,75	-0,25	180	0,2		1,2		-2	-0,25	2	1		1,2	
4	P	-1,25	-	-	0,4	0,5	1,5	1,5-	-1,5	-	-	1,2	1,5	1,5	1,5
	L	-1,25	-	-	0,5		1,5		-1,25	-0,25	0	1,5		1,5	
5	P	-0,75	-	-	0,6	0,8	1,5	1,5	-1	-	-	1,2	1,5	1,2+	1,5
	L	-1	-	-	0,7		1,5		-1	-	-	1,5		1,5	
6	P	0,25	-0,5	180	1,2	1,2	1,5	1,5-	-	-0,5	175	1,2-	1,5	1,2+	1,5
	L	-0,5	-0,25	175	0,9		1,5		-0,5	-	-	1,2		1,2	
7	P	0,5	-0,5	5	0,9	1,2	1,2	1,2	0,25	-0,5	5	1,2	1,2	1,2	1,2
	L	0,5	-0,5	5	1,2-		1,2		0,75	-0,5	5	1,2		1,2	
8	P	0,25	-0,75	175	1,2	1,5	1,5	1,5	0,25	-0,75	177	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	0,5	-0,5	178	1,2		1,5		0,5	-0,5	170	1,5		1,5	
9	P	-1	-0,5	170	0,4	0,6	1,5	1,5	-1,25	-0,75	173	1,2+	1,5	1,5	1,5
	L	-2,25	-0,5	5	0,1		1,5		-2,75	-0,75	4	1,2+		1,5	
10	P	1	-0,5	15	1,2	1,2	1,2	1,2	1	-0,75	18	1,2-	1,2	1,2	1,2
	L	0,5	-0,25	145	1,2		1,2		0,5	-0,25	137	1,2		1,2	
11	P	-0,5	-0,75	15	0,8	1,2	1,5	2-	-0,5	-0,75	22	1,5-	1,5	1,5	1,5+
	L	0,5	-0,5	165	1,5		2-		0,5	-0,75	170	1,5		1,5	

12	P	-3	-0,25	110	0,1	0,1	1	1,2	-3,25	-0,5	115	1	1,2	1	1,2
	L	-2,5	-0,25	85	0,1		1		-2,75	-0,5	88	1-		1	
13	P	-0,75	-1,5	180	0,7	0,8	1	1	-0,75	-1,75	10	1-	1	1	1
	L	-0,5	-1,5	5	0,7		0,9		-0,5	-1,75	10	0,9		0,9	
14	P	0	-2	165	0,5	1,2	1,2	1,5	-0,25	-2,25	160	1	1,5-	1,2-	1,5
	L	-0,75	-0,75	30	0,9		1,5-		-0,5	-1	35	1,2		1,5	
15	P	0	-0,25	10	1,5	1,5-	1,5	1,5	0,25	-0,25	10	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	0,5	-0,25	162	1,5-		1,5		0,25	-0,25	160	1,5		1,5	
16	P	0	-	-	1,5	2-	1,5+	2	0	-	-	1,5	2	2	2
	L	-0,25	-	-	1,5		2		-0,25	-	-	2		2	
17	P	-0,25	-0,5	40	1,2	1,5	1,2	1,2	-0,25	-0,25	45	1,2-	1,2	1,2	1,2
	L	-0,25	-0,25	150	1,2		1,2		-0,25	-0,25	152	1,2		1,2	
18	P	-1	-0,25	105	0,4	1,2	1,5	2	-1	-0,25	100	1,5	2	1,5	2
	L	-0,5	-0,25	95	1		2		-0,5	-0,25	110	2-		2	
19	P	0,25	-0,5	180	1,5-	1,5	1,5	2	0	-0,5	180	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	0,25	-0,5	180	1,5-		1,5		0,25	-0,5	180	1,5		1,5	
20	P	-1,75	-0,25	5	0,1	0,6	1,5	1,5	-1,75	-0,25	5	1,5-	1,5	1,5	1,5
	L	-1,25	-	-	0,3		1,5		-1,25	-0,25	178	1,5		1,5	
21	P	-0,25	-0,25	173	1	1,2	1,2	1,5	-0,5	-0,25	172	1,2	1,5	1,2	1,5
	L	-0,25	-0,25	175	1		1,5		-0,25	-0,25	175	1,5-		1,5-	
22	P	-0,25	-0,25	115	1,2	1,5	1,5	1,5	-0,25	-0,25	117	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	-0,25	-	-	1,2		1,5		-0,25	-	-	1,5		1,5	
23	P	9,25	-1	165	0,1	0,1	0,7	1	9,75	-1	130	0,6	0,9+	0,7	1-
	L	9,75	-1	0	0,1		0,9		10	-1,25	180	0,9-		0,9-	
24	P	-1	-0,25	90	0,5	0,7	1,2	1,2	-0,75	-0,5	91	1	1,2	1	1,2
	L	-1	-	-	0,4		1,2		-1	-	-	1,2		1,2	
25	P	-0,25	-	-	1,2	1,2	1,5	1,5	-0,25	-0,25	180	1	1	1+	1+
	L	-0,25	-	-	1,2		1,5-		-0,25	-	-	1		1	
26	P	-5	-	-	0	0,1	1,5	2	-5	-	-	1,2	1,5	2	2

	L	-4,25	-	-	0,1		1,5		-4	-0,5	5	1,2+		2	
27	P	-1,25	-	-	0,4	0,8	1,5	1,5	-1,5	-	-	1,5-	1,5	1,5	1,5
	L	-0,75	-0,25	152	0,7		1,5		-0,75	-0,25	140	1,5		1,5	
28	P	-6,25	-1,25	15	0,05-	0,05-	1	1	-6,5	-1,75	15	0,8	0,9	0,8+	1
	L	-6,75	-1,25	165	0,05-		1		-6,25	-1,75	180	0,6		0,8	
29	P	2,5	-0,25	45	1,2	1,5	1,5	1,5	2,5	-0,75	55	1,2	1,5	1,5	1,5
	L	4	-0,25	170	1,2-		1,5		3,25	-0,5	165	1,2		1,2	
30	P	-2,5	-	-	0,2	0,4	1,5	2-	-2,5	-0,25	90	1,5-	1,5	1,5	1,5
	L	-2,25	-0,25	170	0,2		1,5		-2,25	-0,25	175	1,5-		1,5	
31	P	-7,25	-0,75	10	0,1	0,1	1	1,2	-7,5	-0,75	30	0,9	1	1	1
	L	-8,75	-0,5	130	0,05-		1		-9	-0,75	100	0,9		1	
32	P	0,25	-0,25	25	1,5	1,5	1,5	2	0,25	-0,25	30	1,5	1,5	1,5	1,5+
	L	0,25	-0,25	163	1,5		1,5		0,25	-0,25	165	1,5		1,5	
33	P	-1,25	-0,75	115	0,3	0,5	1,2	1,5-	-1,25	-1	120	1+	1,5-	1,2	1,5
	L	-1	-0,25	65	0,4		1,2		-1	-0,25	66	1,2		1,2	
34	P	-0,5	-0,25	83	0,7	0,9	1,2	1,2	-0,5	-0,25	90	1,2	1,2	1,2	1,2
	L	-0,75	-	-	0,7		1,2		-0,75	-0,25	180	1,2-		1,2	
35	P	0,75	-0,25	35	1,2	1,5	1,5	1,5	0,5	-0,25	40	1,2	1,5	1,5	1,5
	L	0,5	-0,25	15	1,5		1,5		0,75	-0,25	17	1,5		1,5	
36	P	-6,25	-1	75	0,1	0,1	0,8	0,9	-6,75	-1,5	78	0,6	0,8+	0,8	1
	L	-6,25	-0,75	120	0,1		0,9		-7	-0,75	130	0,8+		0,9	
37	P	-4,25	-	-	0,1	0,1	1,5	1,5	-4	-0,5	175	1	1,5	2-	2,0+
	L	-4,75	-	-	0,1		1,5		-4,75	-0,25	180	1,2		1,5+	
38	P	2,5	-2,25	170	0,5	0,6	1,5	1,5	2,75	-2,25	165	1,2-	1,2-	1,5	2-
	L	3,5	-4	175	0,2		1		3,75	-4,5	172	0,5		0,8	
39	P	1,25	-	-	0,5	0,5	1,5+	2	1	-	-	1,5	1,5	1,5+	1,5
	L	1,5	-	-	0,4		2		1,25	-	-	1,5		1,5+	
40	P	-0,5	-	-	0,5	1,2	1,5	1,5	-0,5	-	-	1	1,5	1,5	2-
	L	-0,25	-	-	1,2		1,5		-0,5	-0,25	180	1,2		1,5	

41	P	0,5	-0,5	80	1+	1,5	1,5	2	0,5	-0,5	95	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	0,5	-0,75	80	1+		1,5		0,25	-0,75	95	1,2		1,5	
42	P	1,25	-2	70	0,4	0,8	1,5	1,5	1	-1,75	71	1,5-	1,5	1,5	1,5
	L	0,75	-1,25	130	0,7		+		1,5	0,75	-1	119		1,5-	
43	P	-0,75	-0,5	130	0,5	0,5	1,5	2	-1	-0,75	110	1,2	1,5	1,5	1,5
	L	-1	-0,5	52	0,2		1,2		-1	-0,5	55	1,2		1,5	
44	P	5	-0,5	170	1,2	1,5	1,5	1,5	4,75	-1	175	1,5-	1,5	1,5	2
	L	6,25	-1,5	170	0,9		1,5		6,25	-1,75	165	1,2		1,5	
45	P	-0,75	-	-	0,9	1,2	2	2	-1,25	-	-	1,5	2	1,5	2
	L	-0,5	-	-	1		2		-0,75	-	-	2		2	
46	P	3,25	-0,5	10	1,5-	1,5	1,5	2	3,25	-0,5	12	1,5	2	2	1,5
	L	2,75	-	-	1,5		1,5		2,75	-0,25	180	1,5		1,5	
47	P	3,5	-1,25	180	0,16	0,8	0,2-	1,5	3,25	-1,5	172	0,2-	1,5	0,2-	2
	L	2,75	-1	160	0,6		1,5		2,5	-1,5	163	1,5		1,5	
48	P	-0,25	-	-	1,2	1,5	1,5	2	-0,25	-	-	1,5	2	1,5	1,5
	L	0,25	-0,25	60	1,5		1,5		0,25	-0,25	58	1,5		1,5	
49	P	-5,25	-	-	0,1	0,1	1,5	1,5	-5,75	-0,25	180	1,2	1,5	1,5	1,2
	L	-5	-	-	0,1		1,5		-5,25	-0,25	180	1,2		1,5	
50	P	-0,5	-1	125	0,5+	1,2	1,5	1,5	-1	-1	127	1,2	1,2	1,5	1,5
	L	-0,75	-0,75	75	1,2		1,5		-1	-0,75	75	1,2		1,5	

Příloha č. 2:

Naměřené hodnoty subjektivní refrakce. Hodnoty $S/C \times \theta$ určují účinek vrcholové lámavosti naměřené při nulové inklinaci, VN označuje vizus naturalis, V je získaný vizus po vykorigování, $S'/C' \times \theta'$ vyjadřuje sférocylindrický účinek vrcholové lámavosti při pantoskopickém náklonu 12° , V_e je získaný vizus po naklonění zkušební obruby a V_c vyjadřuje vizus po vykorigování refrakční změny s pantoskopickým náklonem.

		$S/C \times \theta$			VN		V		$S'/C' \times \theta'$			V_e		V_c	
1	P	0,25	-0,25	180	1,5	1,5	1,5	1,5	0,25	-0,25	2	1,5-	1,5	1,5-	1,5
	L	0,5	-0,5	180	1,5		1,5		0,5	-0,5	4	1,5		1,5	
2	P	-	-0,5	92	0,8	1	1,2	1,5	-0,25	-0,5	95	1,2	1,2	1,2	1,2
	L	-	-0,25	20	0,9		1,2		-	-0,25	20	1		1,2	
3	P	-1,75	-0,25	135	0,1	0,1	1,2	1,5	-2	-0,25	135	1,2	1,2	1,2	1,2
	L	-1,75	-0,25	180	0,2		1,2		-2	-0,25	180	1,2		1,2	
4	P	-1,25	-	-	0,4	0,5	1,5	1,5-	-1,5	-0,25	180	1,5-	1,5	1,5	1,5
	L	-1,25	-	-	0,5		1,5		-1,25	-	-	1,5		1,5	
5	P	-0,75	-	-	0,6	0,8	1,5	1,5	-0,75	-	-	1,2	1,5	1,2 +	1,5
	L	-1	-	-	0,7		1,5		-1	-	-	1,5		1,5	
6	P	0,25	-0,5	180	1,2	1,2	1,5	1,5-	0	-0,75	185	1,2	1,2	1,5	1,5-
	L	-0,5	-0,25	175	0,9		1,5		-0,25	-0,5	180	1,2		1,2	
7	P	0,5	-0,5	5	0,9	1,2	1,2	1,2	0,25	-0,25	5	1,2	1,2	1,2	1,2
	L	0,5	-0,5	5	1,2-		1,2		0,5	-0,5	5	1,2		1,2	
8	P	0,25	-0,75	175	1,2	1,5	1,5	1,5	0,25	-0,5	177	1+	1,5	1,2	1,5
	L	0,5	-0,5	178	1,2		1,5		0,75	-0,25	178	1,5		1,5	
9	P	-1	-0,5	170	0,4	0,6	1,5	1,5	-1,25	-0,25	170	1,5-	1,5	1,5	1,5
	L	-2,25	-0,5	5	0,1		1,5		-2,5	-0,5	5	1,5		1,5	
10	P	1	-0,5	15	1,2	1,2	1,2	1,2	0,75	-0,75	15	1,2	1,2	1,2	1,2
	L	0,5	-0,25	145	1,2		1,2		0,5	-0,25	143	1,2		1,2	
11	P	-0,5	-0,75	15	0,8	1,2	1,5	2-	-0,5	-0,75	20	1,5-	1,5	1,5	1,5

	L	0,5	-0,5	165	1,5		2-		0,5	-0,5	160	1,5		1,5	
12	P	-3	-0,25	110	0,1	0,1	1	1,2	-3,25	-0,5	120	1	1	1	1,2
	L	-2,5	-0,25	85	0,1		1		-2	-1,25	84	0,9		1	
13	P	-0,75	-1,5	180	0,7	0,8	1	1	-0,5	-2	1	1	1	1	1
	L	-0,5	-1,5	5	0,7		0,9		-0,5	-1,75	4	1		1	
14	P	0	-2	165	0,5	1,2	1,2	1,5	0	-2,5	170	1,2-	1,5	1,2	1,5
	L	-0,75	-0,75	30	0,9		1,5-		-0,75	-0,75	33	1,2		1,5	
15	P	0	-0,25	10	1,5	1,5-	1,5	1,5	0,25	-0,25	12	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	0,5	-0,25	162	1,5-		1,5		0,5	-0,25	160	1,5		1,5	
16	P	0	-	-	1,5	2-	1,5 +	2	0	-	-	1,5-	2	2	2
	L	-0,25	-	-	1,5		2		-0,5	-	-	2		2	
17	P	-0,25	-0,5	40	1,2	1,5	1,2	1,2	-0,25	-0,25	40	1,2	1,2	1,2	1,2
	L	-0,25	-0,25	150	1,2		1,2		-0,25	-	-	1,2		1,2	
18	P	-1	-0,25	105	0,4	1,2	1,5	2	-1	-0,25	93	1,5	2	1,5	2
	L	-0,5	-0,25	95	1		2		-0,5	-0,25	116	2		2	
19	P	0,25	-0,5	180	1,5-	1,5	1,5	2	0,25	-0,5	180	1,5	1,5	1,5	2
	L	0,25	-0,5	180	1,5-		1,5		0,25	-0,5	10	1,5		1,5	
20	P	-1,75	-0,25	5	0,1	0,6	1,5	1,5	-1,75	-0,25	5	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	-1,25	-	-	0,3		1,5		-1,25	-0,25	180	1,5		1,5	
21	P	-0,25	-0,25	173	1	1,2	1,2	1,5	-0,25	-0,25	170	1,2	1,5	1,2	1,5
	L	-0,25	-0,25	175	1		1,5		-0,25	-0,25	176	1,2		1,2 +	
22	P	-0,25	-0,25	115	1,2	1,5	1,5	1,5	-0,25	-0,25	-	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	-0,25	-	-	1,2		1,5		-0,25	-	-	1,5		1,5	
23	P	9,25	-1	165	0,1	0,1	0,7	1	9,5	-1,25	150	0,8	0,9	0,8	0,9
	L	9,75	-1	0	0,1		0,9		10	-1	10	0,9-		0,9	
24	P	-1	-0,25	90	0,5	0,7	1,2	1,2	-1	-0,25	87	1,2	1,2	1,2	1,2
	L	-1	-	-	0,4		1,2		-1	-	-	1,2		1,2	
25	P	-0,25	-	-	1,2	1,2	1,5	1,5	-0,25	-	-	1	1,5	1+	1,5
	L	-0,25	-	-	1,2		1,5-		-0,25	-	-	1,2		1,2	

26	P	-5	-	-	0	0,1	1,5	2	-5	-	-	1,5+	1,5	2	2
	L	-4,25	-	-	0,1		1,5		-4,5	-	-	1,5		1,5	
27	P	-1,25	-	-	0,4	0,8	1,5	1,5	-1,5	-	-	1,5	1,5+	1,5	2
	L	-0,75	-0,25	152	0,7		1,5		-1	-0,25	150	1,5+		1,5	
28	P	-6,25	-1,25	15	0,05-	0,05-	1	1	-6	-1,5	18	1-	1-	1	1
	L	-6,75	-1,25	165	0,05-		1		-6,75	-1,5	158	0,8		0,8+	
29	P	2,5	-0,25	45	1,2	1,5	1,5	1,5	2,5	-0,25	30	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	4	-0,25	170	1,2-		1,5		3,5	-0,25	175	1,2-		1,5-	
30	P	-2,5	-	-	0,2	0,4	1,5	2-	-2,5	-	-	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	-2,25	-0,25	170	0,2		1,5		-2	-0,25	167	1,2		1,5	
31	P	-7,25	-0,75	10	0,1	0,1	1	1,2	-7,5	-0,75	80	0,9+	1	1	1,2-
	L	-8,75	-0,5	130	0,05-		1		-9,25	-0,5	140	1-		1	
32	P	0,25	-0,25	25	1,5	1,5	1,5	2	0,25	-0,25	25	1,5	1,5	1,5	2-
	L	0,25	-0,25	163	1,5		1,5		0,25	-0,25	163	1,5		1,5	
33	P	-1,25	-0,75	115	0,3	0,5	1,2	1,5-	-1,5	-0,75	117	1,2-	1,2	1,2	1,2
	L	-1	-0,25	65	0,4		1,2		-1	-0,25	65	1,2		1,2	
34	P	-0,5	-0,25	83	0,7	0,9	1,2	1,2	-0,5	-0,25	70	1,2	1,2	1,2	1,5
	L	-0,75	-	-	0,7		1,2		-1	-	-	1,2		1,2	
35	P	0,75	-0,25	35	1,2	1,5	1,5	1,5	0,5	-0,25	35	1,2-	1,5	1,5	1,5
	L	0,5	-0,25	15	1,5		1,5		0,5	-0,25	17	1,5		1,5	
36	P	-6,25	-1	75	0,1	0,1	0,8	0,9	-6,75	-1	70	0,7	0,9-	0,8	0,9
	L	-6,25	-0,75	120	0,1		0,9		-6,5	-0,75	130	0,8		0,8	
37	P	-4,25	-	-	0,1	0,1	1,5	1,5	-4,75	-0,25	180	1,5-	1,5-	1,5+	1,5
	L	-4,75	-	-	0,1		1,5		-5	-	-	1,2		1,5	
38	P	2,5	-2,25	170	0,5	0,6	1,5	1,5	2,75	-2,25	165	1,2-	1,2	1,2	1,2
	L	3,5	-4	175	0,2		1		4	-4,5	0	0,6		0,8	
39	P	1,25	-	-	0,5	0,5	1,5+	2	1,25	-	-	2-	2	2-	2-
	L	1,5	-	-	0,4		2		1,5	-	-	1,5		1,5+	
40	P	-0,5	-	-	0,5	1,2	1,5	1,5	-0,5	-	-	1,2	1,5	1,5	1,5

	L	-0,25	-	-	1,2		1,5		-0,25	-	-	1,5		1,5	
41	P	0,5	-0,5	80	1+	1,5	1,5	2	0,5	-0,75	80	1,5	1,5	1,5	2-
	L	0,5	-0,75	80	1+		1,5		0,25	-0,75	95	1,5		1,5	
42	P	1,25	-2	70	0,4	0,8	1,5	1,5	1	-1,75	71	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	0,75	-1,25	130	0,7		+		1,5	0,75	-1,25	126		1,5	
43	P	-0,75	-0,5	130	0,5	0,5	1,5	2	-1	-0,5	123	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	-1	-0,5	52	0,2		+		1,2	-1	-0,5	47		1,5	
44	P	5	-0,5	170	1,2	1,5	1,5	1,5	5	-0,75	5	1,5	1,5	1,5	1,5
	L	6,25	-1,5	170	0,9		1,5		6,25	-1,5	168	1,5-		1,5	
45	P	-0,75	-	-	0,9	1,2	2	2	-1	-	-	1,5	2	2	2
	L	-0,5	-	-	1		2		-0,75	-0,25	10	2		2	
46	P	3,25	-0,5	10	1,5-	1,5	1,5	2	3,25	-0,5	15	1,5	2	1,5	2
	L	2,75	-	-	1,5		+		1,5	2,75	-	-		1,5	
47	P	3,5	-1,25	180	0,16	0,8	0,2-	1,5	3,5	-1,75	5	0,2-	1,5	0,2-	1,5
	L	2,75	-1	160	0,6		1,5		2,5	-1	162	1,5		1,5	
48	P	-0,25	-	-	1,2	1,5	1,5	2	-0,25	-	-	1,5	2	1,5	2
	L	0,25	-0,25	60	1,5		+		1,5	0,25	-0,25	60		1,5	
49	P	-5,25	-	-	0,1	0,1	1,5	1,5	-5,75	-	-	1,2	1,5	1,5	1,5
	L	-5	-	-	0,1		1,5		-5,25	-	-	1,2		1,5	
50	P	-0,5	-1	125	0,5+	1,2	1,5	1,5	-1	-1	125	1	1,2	1,5	1,5
	L	-0,75	-0,75	75	1,2		+		1,5	-0,75	-0,75	75		1,2	

Příloha č. 3

Formulář pro stanovení refrakčního deficitu.

Jméno, Příjmení	Ročník	Kontakt
ANAMNÉZA		
Celková anamnéza	<input type="checkbox"/> Hypertenze <input type="checkbox"/> Štítná žláza	<input type="checkbox"/> Diabetes <input type="checkbox"/> Alergie
Oční anamnéza	<input type="checkbox"/> Nosí korekci <input type="checkbox"/> Oční operace <input type="checkbox"/> Okluze	<input type="checkbox"/> Strabismus <input type="checkbox"/> Katarakta <input type="checkbox"/> Glaukom
Pracovní anamnéza	PC: ano/ne Jak často:	Řidič: ano/ne
Visus naturalis	P:	Bino:
	L:	
Původní korekce	P: sféra cylindr osa Δ base adice	
	L: sféra cylindr osa Δ base adice	
Objektivní refrakce a keratodata	P: sféra cylindr osa zakřivení	
	L: sféra cylindr osa zakřivení	
Subjektivní refrakce s binokulárním vyvážením	P: sféra cylindr osa adice	
	L: sféra cylindr osa adice	
	Heteroforie Δ base Fixační disparita Δ base	
Visus s korekcí	P:	Bino:
	L:	
JBV –Worth		
Subjektivní refrakce při změně inklinace o 20°	P: sféra cylindr osa adice	
	L: sféra cylindr osa adice	
	Heteroforie Δ base Fixační disparita Δ base	
Visus s korekcí při změně inklinace o 20°	P:	Bino:
	L:	
Subjektivní refrakce při změně inklinace o 12°	P: sféra cylindr osa adice	
	L: sféra cylindr osa adice	
	Heteroforie Δ base Fixační disparita Δ base	
Visus s korekcí při změně inklinace o 12°	P:	Bino:
	L:	

Souhlasím s použitím údajů pro následující výzkum