

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2018

**TEREZA
STRELINGEROVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Název katedry : katedra přírodovědných oborů

Porovnání subjektivní refrakce na foropteru a s pomocí zkušební obruby

Comparison of subjective refraction on phoropter and with trial frame

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Vedoucí práce : Mgr. Petra Srovnalová

Tereza Strelingerová

Kladno 2018

Katedra přírodovědných oborů

Akademický rok: 2017/2018

Zadání bakalářské práce

Student: **Tereza Strelingerová**
Obor: Optika a optometrie
Téma: **Porovnání vyšetření subjektivní refrakce na foropteru a s pomocí zkušební obruby**
Téma anglicky: Comparison of subjective refraction on the phoropter and with the trial frame

Zásady pro vypracování:

Práce porovná dvě subjektivní vyšetřovací metody při stanovení refrakce, a to vyšetření pomocí foropteru a pomocí zkušební sady skel a zkušební obruby.

V teoretické části popíše oko, jednotlivé refrakční vady, postupy při stanovení refrakce.

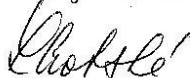
V praktické části porovná případné odchylky výsledků zjištěných za použití foropteru a za pomoci zkušební sady skel, porovná komfort a případné benefity vyplývající z konkrétního vyšetření pro pacienta, respektive pro vyšetřujícího.

Seznam odborné literatury:


- [1] ELLIOTT D. B., *Clinical Procedures in Primary Eye Care*, ed. 3, Butterworth-Heinemann, 2007, ISBN 978-0750688963
- [2] RABBETTS, R. B., *Bennett & Rabbetts' clinical visual optics*, ed. 4, London : Butterworth-Heinemann, 2007, ISBN 978-0-7506-8874-1
- [3] SMITH, G., ATCHISON, D.A., *The eye and visual optical instruments*, ed. 1st, New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1997, ISBN 978-0-521-47820-5

Zadání platné do: 20.09.2019

Vedoucí: Mgr. Petra Srovnalová



vedoucí katedry / pracoviště



děkan

V Kladně dne 19.02.2018

Název bakalářské práce: Porovnání subjektivní refrakce na foropteru a s pomocí zkušební obruby

Abstrakt:

Práce porovnává dvě metody subjektivní refrakce – refrakci na foropteru a refrakci se zkušební obrubou a brýlovou skříní. Teoretická část práce rozebírá jednotlivé refrakční vady a jejich korekci, následně postup refrakce u objektivních i subjektivních metod. Blíže popisuje subjektivní refrakci na foropteru, se zkušební obrubou a výhody těchto vyšetření . Praktická část práce je zaměřena na vyšetřování probandů oběma metodami při stejném postupu refrakce, porovnáním výsledných hodnot a zjištěním preferencí vyšetřovaných, i vyšetřujících odborníků.

Klíčová slova:

refrakce, refrakční vady, zkušební obruba, foropter

Bachelor's Thesis title: Comparison of subjective refraction on phorofter and with a trial frame

Abstract:

The work compares two methods of subjective refraction - refraction on phorofter and refraction with a trial frame and trial lenses. The theoretical part of the work analyzes concrete refractive errors and their correction, further the process of objective and subjective refraction. More closely describes the subjective refraction on phorofter, with a trial frame and the advantages of these examinations. The practical part of the work focuses on examination of probands by both methods in the same procedure of refraction , comparison of final results and identification of preferences of probands and optometrists as well.

Key words:

refraction, refractive errors, trial frame, phorofter

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí mé práce Mgr. Petře Srovnalové za cenné rady, čas, trpělivost a pomoc při psaní mé bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat mé rodině a blízkým za veškerou podporu, kterou mi poskytovali.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Porovnání subjektivní refrakce na foropteru a s pomocí zkušební obruby*“ 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 Kladně dne

.....

podpis

Obsah

1	Úvod	1
2	Oko jako optický systém	2
2.1	Složky refrakce	2
2.2	Axiální délka	3
2.3	Osy oka	4
2.4	Pupila	4
3	Refrakční vady	5
3.1	Myopie	5
3.2	Hypermetropie	6
3.3	Astigmatismus	7
4	Postup při stanovení refrakce	8
4.1	Rozhovor s klientem	8
4.2	Zjištění zrakové ostrosti	8
	9
5	Metody vyšetření refrakce	10
5.1	Objektivní vyšetřovací metody	10
5.2	Subjektivní vyšetřovací metody	11
5.3	Postup subjektivní refrakce	12
6	Subjektivní refrakce pomocí zkušební ohruby	16
6.1	Zkušební ohruba	16
6.2	Zkušební čočky brýlové skříně	17
6.3	Výhody při měření se zkušební ohrubou	17
7	Subjektivní refrakce na foropteru	19
7.1	Foropter	19
7.2	Obsah foropteru	20
7.3	Nastavení foropteru	20
7.4	Výhody při vyšetření s foropterem	21
8	Experimentální část	22
8.1	Cíle práce	22
8.2	Hypotézy	22

8.3	Metodika	23
8.4	Výsledky měření	26
9	Diskuze	36
10	Závěr.....	38
	Seznam použité literatury	39
	Seznam symbolů a zkratk	41
	Seznam obrázků.....	42
	Seznam tabulek.....	44
	Příloha : Výsledné hodnoty refrakce probandů	1

1 Úvod

Optimální zraková ostrost je důležitým předpokladem pro úspěšný a spokojený život každého člověka. Zvláště v dnešní době je zrak výjimečně namáhán, a proto je jeho spolehlivá funkčnost pro každého téměř nezbytná. Mnohým lidem přijde možnost ostrého vidění zcela samozřejmá, bohužel však narůstá počet lidí, kterým je nutno zrak korigovat pro získání optimální zrakové ostrosti. Tuto korekci můžeme docílit několika metodami refrakce. Právě jimi se chci zabývat ve své bakalářské práci a porovnat je vzhledem k jejich účinnosti, spolehlivosti a komfortu.

Dnes se v optometristické praxi využívá mnoho metod pro upravení zrakové ostrosti. Provádí se jak objektivní, tak i subjektivní refrakce pomocí různých přístrojů na základě vybavení v dané vyšetřovně. Některé metody jsou rutinní u každého optometristy, jiné jsou praktikovány zcela výjimečně. Mezi nejpoužívanější přístroje objektivní refrakce patří autorefraktometr, pomocí kterého je někdy možné také zjistit další hodnoty, jako například zakřivení rohovky nebo oční tlak. Dalšími méně využívanými metodami objektivní refrakce jsou například skiaskopie, přímá oftalmoskopie nebo vyšetření s pomocí jiných očních refraktometrů.

U subjektivní refrakce je určený postup vyšetření, který dodržuje většina optometristů, i když konkrétní testy, za pomoci kterých se refrakce vyšetřuje, se mohou u každého mírně lišit. Není velkou novinkou také použití přístroje-foreopteru. Tato metoda se v praxi využívá od začátku 20. století a může při některých postupech vyšetření usnadnit manipulaci na rozdíl od postupu vyšetření se zkušební obrubou a brýlovou skříní. Také se může zdát rychlejší. Zato má však i nevýhody, jako například hůře kontrolovaná mimika klienta nebo imobilnost přístroje. Je tedy pokročilá technologie skutečně lepší, než osvědčená klasická refrakce? Doufám, že výsledky mé práce budou moci přispět k zodpovězení této otázky.

2 Oko jako optický systém

Oko je možné popsat jako složený systém čoček, který se skládá především z oční čočky a rohovky. Refrakční chyba oka je určena optickou mohutností této čočky a jeho axiální délkou. Pro lepší vysvětlení optického systému oka si přiblížíme schematické oko, které vzniklo pro naznačení optických konstant. [1]

2.1 Složky refrakce

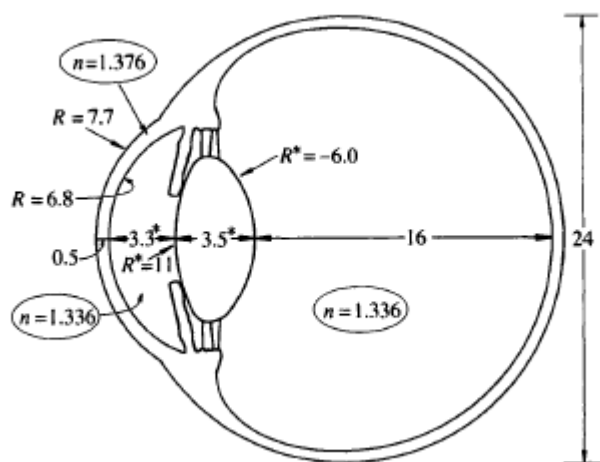
Refrakčními prvky oka jsou rohovka a oční čočka. Aby mohli poskytnout kvalitní sítnicový obraz, musí být transparentní a mít vhodné zakřivení a index lomu. Lom světla probíhá na čtyřech plochách: přední a zadní povrchy rohovky a oční čočky.

Slzný film je složen z lipidové, vodné a mukózní vrstvy. Pro jasné vidění je nezbytný, protože zvlhčuje rohovku a vyhlazuje "drsnot" povrchu epitelálních buněk.

Rohovka je vysoce transparentní struktura meniskové formy. Aby mohla plnit svou hlavní funkci – refrakci – musí být rohovka průhledná s pravidelným a hladkým povrchem kulovitého zakřivení a s vhodnou optickou mohutností. Anatomicky se skládá z pěti vrstev, které jsou v pořadí od vnějšího povrchu oka -epitel, Bowmanova membrána, stroma, Descemetova membrána a endotel. Oba povrchy rohovky jsou považovány za sférické, poloměry zakřivení mají podobné hodnoty – přední 7,7 mm a zadní 6,8 mm. Každá vrstva rohovky má svůj vlastní index lomu, ale protože je stroma nejtlustší vrstvou, její index lomu je dominantní. Celková hodnota indexu lomu rohovky je 1,376. Optická mohutnost rohovky vychází kolem +43 dpt, což jsou asi dvě třetiny celkové optické mohutnosti oka.

Oční čočka se skládá z 2 hlavních částí- z kůry (nebo vnější části), která obklopuje jádro (vnitřní část). Index lomu kůry je 1,386 a index lomu jádra je 1,406. Celkový index lomu čočky je 1,42. Když je čočka v neakomodovaném stavu, její optická mohutnost je +19.11 dpt. Ve stavu akomodace je její optická mohutnost maximálně +33.06 dpt. Poloměr zakřivení předního povrchu čočky je 10,0 mm a při maximální akomodaci 5,33 mm. U zadního povrchu čočky je poloměr zakřivení 6,0 mm a při akomodaci klesá na 5,33 mm. [1, 2, 3, 4]

Proces akomodace zvyšuje zaostřovací schopnost oka. Když se oko potřebuje zaměřit na blízký cíl, ciliární sval, který obklopuje oční čočku, dostane signál, aby se smrští. Ciliární sval je spojen s čočkou jemnými vlákny (zonuly). Když se sval smrští, napětí vláken se sníží a optická mohutnost čočky se zvýší. Prostor mezi závěsným aparátem a oční čočkou je vyplněn transparentním gelem – sklivcem s indexem lomu 1,336 a obsahem vody 99%. Schopnost oka zaostřit se s věkem zmenšuje tím, že dochází k poklesu elasticity oční čočky. To je pravděpodobně způsobeno změnou v chemickém složení, když starší buňky oční čočky ztuhnou, protože jsou neustále přidávány nové buňky po celou dobu života člověka. Pro většinu lidí se začne úbytek akomodace projevovat kolem 45. roku života. Tento projev stárnutí nazýváme presbyopie. [1,5]



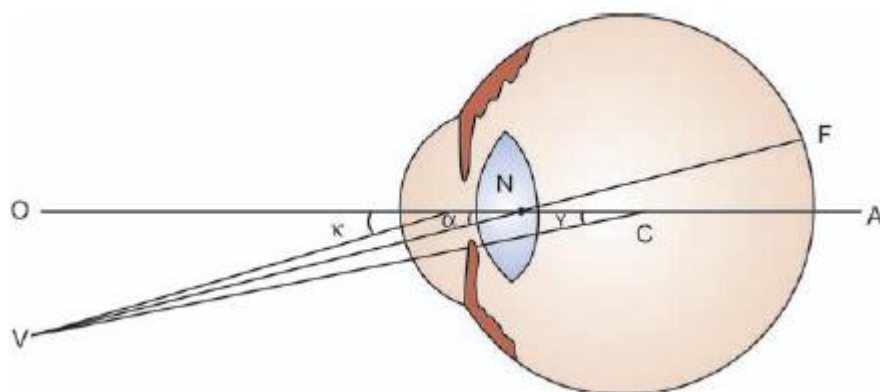
Obr.1: Jednotlivé rozměry a indexy lomu oka v neakomodoovaném stavu, hodnoty označené hvězdičkou jsou závislé na akomodaci. [4]

2.2 Axiální délka

Axiální délka oka se popisuje jako vzdálenost od přední rohovky až po makulu oka. U novorozenců je přibližně 17 mm a při růstu se zvětší na 24 mm u oka emetropického – bez refrakční vady. Pokud se počítá, že má rohovka a oční čočka oka průměrnou optickou mohutnost, bude vyvoláno přibližně 3.00 dpt refrakční chyby pro každý milimetr změny axiální délky oka. Jestli je axiální délka oka větší, než normálně, mluví se o myopii a naopak jestli je jeho axiální délka menší než normální, jedná se o hypermetropii. [1, 6]

2.3 Osy oka

Optická osa oka je přímka, která prochází přes středy zakřivení lomivých a odrážejících povrchů centrovaného systému. Sama o sobě nemá zvláštní význam, ale je užitečná pro poukázání na další osy oka. Vizuální osa je přímkou spojující fixační bod a foveální obraz prostřednictvím uzlových bodů. Slouží jako vhodná reference pro vizuální funkce, zejména proto, že nezávisí na velikosti pupily. Pupilární osa prochází středem vstupní pupily. Je používána jako objektivní ukazatel pro posouzení míry excentrické fixace. Kdyby bylo oko centrovaný systém a pupila by byla centrovaná také, pupilární osa by ležela podél optické osy. Osa fixace je přímka procházející bod fixace a střed otáčení oka. Poukazuje na měření (odhad) očních pohybů. Keratometrická osa je osa keratometrů a rohovkových topografů, které měří tvar rohovky. Zachycuje normální vrchol rohovky, což je střed mapy rohovkové topografie. [4, 6]



Obr. 2: Osy a úhly oka: N - nodal point, OA - optická osa, VC - osa fixace, VF - vizuální osa, α - úhel alfa, κ - úhel kappa, γ - úhel gamma. [20]

2.4 Pupila

Pupila je podobná cloně čočky fotoaparátu. Větší hloubka zaostření je dosažena s menší pupilou (clonou). Hlavní funkcí pupily je regulace toku světla na sítnici. Její průměr se může lišit v závislosti na intenzitě světla. Pokaždé, když je oko vystavěno světlu, se obě pupily zvětší. Pro kvalitní zrak na každou vzdálenost je "ideální" velikost pupily mezi 2 a 5 mm. Pupila menší než 2 mm může způsobit difrakci (tvorba světelných a tmavých okrajů). Když se rozšíří na víc než 5 mm, může vzniknout patrná sférická aberace v důsledku fyzikálních optických vlastností rohovky (tendence ohýbat světlo víc směrem k okraji navzdory její asférickému povrchu). [1,13]

3 Refrakční vady

Objekty, které jsou vzdálené 6 metrů a více vyzařují světlo s paralelními paprsky. V ideálním případě by se tyto paprsky soustředili na sítnici oka bez pomoci čoček nebo snahy akomodovat. Tento stav je známý jako emetropie. Když se nejedná o emetropii, objevuje se refrakční chyba - ametropie a obraz není zaměřen přímo na sítnici. Refrakční stav oka závisí na několika znacích - celkové délce oka, zakřivení rohovky a zakřivení oční čočky uvnitř oka. Mezi faktory, které mohou ovlivňovat refrakční stav oka, patří věk, pohlaví, etnicita, oční nemoci a další.

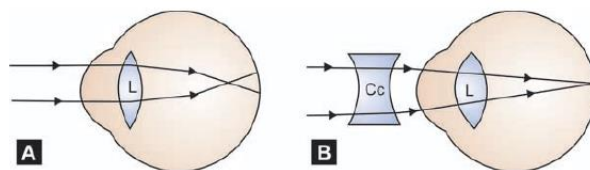
Existují tři formy ametropie: myopie, hypermetropie a astigmatismus. Všechny formy se dají normálně korigovat brýlemi nebo kontaktními čočkami a některé případy jsou také vhodné pro refrakční chirurgii. [1, 6, 8]

3.1 Myopie

Myopie (krátkozrakost) je způsobena tehdy, když je optická mohutnost oka příliš velká pro jeho axiální délku. Může být způsobena délkou oka (axiální myopie) nebo silou refrakčního média (refrakční myopie), například při keratokonu, a taky kombinací obou. Daleký bod již není v nekonečnu, ale přiblíží se k oku o vzdálenost, která závisí na velikosti myopie. Paralelní paprsky jdoucí z optického nekonečna se ohnou při přechodu rohovkou a oční čočkou a dostávají se do ohniska před sítnicí.

Myopové, kteří nejsou korigováni, mají sklon stěžovat si na rozmazané vidění do dálky, což je v noci výraznější. V závislosti na míře myopie mohou při pozorování do blízka předměty vypadat také rozmazaně.

Mínusové sférické čočky slouží k tomu, že se paralelní paprsky rozbíhají, a tím se soustředí na sítnici. Paprsky světla blízkých předmětů se rozbíhají přirozeně - čím bližší předmět, tím více se světelné paprsky rozptýlí. Proto může myop jednoduše umístit předmět zájmu na vhodnou vzdálenost tak, aby mohl jasně zaostřit bez korekčních pomůcek. Dnes jsou pro korekci myopie běžně používané i laserové operace, například LASIK (laser-assisted in situ keratomileusis) nebo fotorefrakční keratomie PRK. [1, 4, 7, 9, 10, 11, 12]



Obr. 3: A: myopické oko, B: myopické oko s předloženou konkávní čočkou [20]

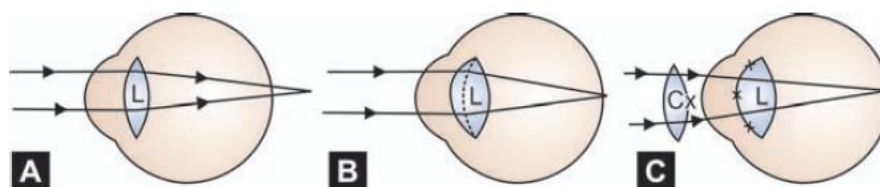
3.2 Hypermetropie

Hypermetropie (dalekozrakost) vzniká tehdy, když má oko, které neakomoduje, nedostatečnou optickou mohutnost pro jeho axiální délku. Kvůli nedostatku optické mohutnosti může oko zajistit jasné vidění na dálku v mladém věku, pokud dostatečně akomoduje. U hypermetropického oka se paralelní paprsky světla, které jdou z optického nekonečna, ohnou při přechodu rohovkou a oční čočkou a dostávají se do ohniska za sítnicí.

Hypermetropie může mít tři podoby: absolutní, manifestní a latentní. Absolutní hypermetropie je míra hypermetropie, která nemůže být překonána akomodací. Koriguje se nejmenší plusovou sférickou čočkou, která vytváří nejlepší vidění. Latentní hypermetropie může být odhalena při použití cykloplegických očních kapek. Manifestní (zjevná) hypermetropie je představená nejsilnější plusovou sférickou čočkou, kterou by klient přijal bez problémů s viděním. Běžnými chirurgickými metodami pro odstranění hypermetropie jsou také H-LASIK (hyperopic laser in situ keratomileusis) a fotorefrakční keratektomie H-PRK.

Hypermetropové, kteří nejsou korigováni, mají tendenci stěžovat si na bolest očí a bolesti hlavy při blízkých vizuálních úkolech. Mohou si také stěžovat na rozmazané předměty v blízkosti i v dálce, v závislosti na úrovni hypermetropie a akomodační šíři. Rozmazání je však větší v blízkosti než v dálce, kde může hypermetrop zapojit akomodaci.

Lidé s hypermetropií obvykle potřebují brýle na čtení už kolem 30. roku života. U vyššího stupně hypermetropie může být akomodace nepřiměřená a je potřebné korigovat oči do dálky i do blízka. [1, 4, 7, 9, 10, 11, 12]



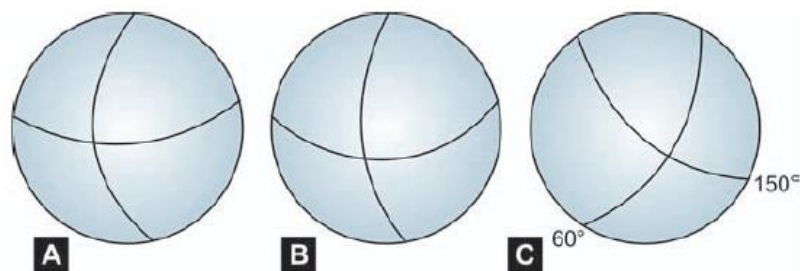
Obr. 4: A-hypermetropické oko,
B- hypermetropické oko v akomodačním stavu,
C- hypermetropické oko s předloženou konvexní čočkou [20]

3.3 Astigmatismus

Astigmatismem myslíme stav, při kterém paralelní paprsky světla v oku, které neakomoduje, vytváří dvě lineární ohniska v různých vzdálenostech. U pravidelného astigmatismu jsou tyto ohniska kolmé k sobě navzájem. Když jsou ohniska kolmé k sobě, ale neleží v blízkosti 90° a 180° jedná se o šikmý astigmatismus. Nepravidelný astigmatismus není tak častý a linie nejsou k sobě kolmé, nedá se korigovat brýlemi. Stejně jako u myopie i hypermetropie může být astigmatismus axiální nebo refrakční povahy tím, že může dojít ke kombinaci účinku myopie nebo hypermetropie a účinku torického tvaru rohovky. Astigmatismus může být také způsoben různými nemocemi, které dokážou ovlivnit tvar rohovky. Například meibomská cysta, která tlačí na rohovku a tím dochází ke zkreslení obrazu. Vyvolat nežádoucí astigmatismus může také chirurgická operace oka, například operace glaukomu, katarakty nebo transplantace rohovky.

Astigmatismus je korigován speciálními čočkami, které mají jeden povrch sférický a druhý toroidní. Tyto čočky jsou nazývané jako sféro-cylindrické.

Lidé s astigmatismem mají rozmazané vidění ve všech vzdálenostech, někdy může být horší na dálku než do blízka, v závislosti na druhu astigmatismu. Také si mohou stěžovat na bolesti očí a bolesti hlavy. [4, 11, 13, 14]



Obr. 5: Typy astigmatismu podle orientace zakřivení rohovky:

- A- Astigmatismus podle pravidla,
- B- Astigmatismus proti pravidlu,
- C- Nepravidelný astigmatismus [20]

4 Postup při stanovení refrakce

4.1 Rozhovor s klientem

Důvod, pro který se klient rozhodne navštívit optometristu, může být úplně jednoduchý, ale také se může jednat o příznaky, které by vedly k složitějšímu a specifitějšímu očnímu stavu. Kdyby se tento problém klienta nevyřešil, nemůže se toto vyšetření považovat za úspěšné. Aby se vyšetření mohlo provést správně, je potřebné nejdřív klientovi pokládat otázky spojené s jeho primárním problémem.

Mezi základní otázky, které můžou dále vést ke konkrétnějším, patří: „Vidíte dobře na dálku?“ (například při řízení, při sledování televize a podobně), „Vidíte dobře na blízko?“ (většinou v souvislosti s čtením knih), „Máte v současnosti nějakou brýlovou korekci, popřípadě kontaktní čočky?“ (následně zhodnotit stav této korekce). Dále je nutno zeptat se na další možné symptomy, které se mohou často objevit, jako například bolesti hlavy, bolesti očí, dvojité vidění a další, které jsou indikací k různým poruchám binokulárního vidění.

Celkově se sepisuje anamnéza klienta, která se skládá z jeho osobní anamnézy, speciálně oční anamnézy, rodinné anamnézy a také profesní anamnézy (záleží na povolání, které klient vykonává). [16]

4.2 Zjištění zrakové ostrosti

Zraková ostrost je pro odborníka měřítkem schopnosti klienta vidět jemné detaily. Slouží k posouzení přiměřené korekce a také jako indikátor zdraví oka. Je rovněž důležitá pro posouzení způsobilosti osoby řídit, nebo pro posouzení při vstupu do povolání jako je například policejní jednotka.

Může být závislá na osvětlení testu při vyšetřování (platí jak pro fotopické tak pro skotopické vidění). Například při testu, který je dobře osvětlený a ve vyšetřovací místnosti, která je rovněž dobře osvětlená je možné dosáhnout zrakovou ostrost až 2,0.

Hodnoty zrakové ostrosti však klesají ustupujícím denním světlem - při skotopickém vidění může zraková ostrost dosáhnout hodnoty 0,04 .

Jsou známé tři způsoby jejího měření: měření zrakové ostrosti bez korekce, měření zrakové ostrosti s klientovou dosavadní korekcí a měření zrakové ostrosti s nejlepší korekcí po vyšetření subjektivní refrakce. Tato zraková ostrost se také může nazývat optimální. Existuje několik způsobů, jak zapsat hodnoty zrakové ostrosti, nejpoužívanější způsob byl Snellenův, zaveden v roce 1862. Detaily optotypu mají takovou velikost, že ze stanovené vzdálenosti svírají úhel 1 minuty. Pro Snellenovy symboly se požaduje ostrost oka, při které oko vyřeší takový znak, který se zaznamená do zlomku s pozorovací vzdáleností (obvykle na 6 m). Tento zlomek můžeme také zapsat v desetínách jako $6/6 = 1$, $6/12 = 0,5$. Dalším způsobem je zaznamenání minimálního úhlu rozlišení (MAR). Ten se vztahuje k rozlišení, které je potřebné k vyřešení znaku. Například $6/6$ se rovná MAR 1 úhlovou minutu a $6/12$ se rovná MAR 2 úhlové minuty. Hodnota LogMAR je \log_{10} MAR, takže pro $6/6$ je 0 a pro $6/60$ je 1. Pro zjištění zrakové ostrosti v hodnotách LogMAR se používá Bailey – Lovieho optotyp.

[15, 16, 17]



Obr. 6: Snellenovy znaky a Bailey – Loveyho optotyp. [16]

5 Metody vyšetření refrakce

5.1 Objektívni vyšetřovací metody

Objektívni metody vyšetření refrakce obsahují první základní data pro následné měření subjektivní refrakce, ze které se předepisuje konečná korekce pro klienta. Tyto metody jsou praktikovány pomocí odpovídajících přístrojů, které umožňují měření refrakčního stavu oka. Dělí se na ruční přístroje jako například skiaskop a automatizované měřicí přístroje, mezi které patří autorefraktometr. Při měření s ručním zařízením se pak výsledky vizuálně zhodnotí lékařem, zatímco na automatických přístrojích může měřit i zdravotnický personál.

V zaběhnuté praxi a se znalostí dosavadní korekce klienta by objektívni refrakce měla trvat nejdéle pár minut. Existují klienti, kteří nejsou schopni spolupracovat při subjektivní refrakci kvůli poruchám s porozuměním a komunikací. Například lidé s různým mentálním postižením. Pro tyto případy používáme přednostně objektívni vyšetřování refrakce.

Mezi nejpoužívanější metody objektívni refrakce dnes určitě patří auto-refraktometrie. Auto - refraktometry slouží k určení refrakční vady oka a rohovkového zakřivení bez speciálních dovedností a posouzení vyšetřujícího. Často jsou používané na to, aby poskytly výchozí hodnoty pro následné vyšetřování refrakce. Fungují na bazickém principu Badalovo optometru a skiaskopie. Při vyšetření se klient dívá na barevný fixační cíl, zatím co vyšetřující na přístroji nastaví přesné zaostření a při stisknutí tlačítka následuje odhad refrakční chyby. Většinou přístroj vyhodnotí pro každé oko tři výsledné hodnoty.

Méně obvyklá objektívni metoda refrakce u nás je skiaskopie. Při daném vyšetření klient nemusí komunikovat s vyšetřujícím a tím pádem se můžou touto metodou vyšetřovat slabozrací, malé děti a nebo dokonce i psy. Skiaskopie je založena na hodnocení délky bulbu a nepochybně lomivosti optických prostředí. Principem je vyvolat reflex od očního pozadí klienta nástrojem, který vyšetřující používá -skiaskopem. [1, 16, 18, 19, 20]

U vyšetření září ta část zornice oka klienta, kde se odrážejí paprsky do oka vyšetřujícího od očního pozadí klienta. Pokud by daleký bod oka klienta ležel za vyšetřujícím, pohybující se stín, který je vytvořen se posouvá tímž směrem, jakým se posouvá skiaskop. V tomto případě by šlo o klienta, který je hypermetrop. V případě, že by jeho daleký bod ležel ve vzdálenosti mezi vyšetřujícím a jím samotným, pak by se stín pohyboval proti směru pohybu skiaskopu a jednalo by se o myopii. Když by se stín pohyboval v jiné ose směru, jedná se o astigmatismus. Při korekci ametropií skiaskopickou metodou se předkládají čočky tak, aby se daleký bod oka klienta dostal do zornice vyšetřujícího. U korigovaného oka nenastává žádný pohyb stínu a místo zornice už nezáří jako předtím. Když se bere v potaz vzdálenost vyšetřování při skiaskopii hypermetropického oka (0,66m), musí se od výsledné naměřené hodnoty odečíst 1.50D pro vyhodnocení skutečné hodnoty dalekozrakosti. [21]

5.2 Subjektivní vyšetřovací metody

Subjektivní refrakce je pojmenování techniky porovnávání vidění přes jednu čočku s jinou na základě osobních preferencí klienta. Používá změny ve vidění jako kritérium pro dosažení kombinace dioptrických čoček, která vede k maximální zrakové ostrosti.

(Polasky, 1991) [23]

Konečné hodnoty korekce refrakční vady klienta jsou obvykle získány až subjektivní refrakcí. Jejím cílem je dosažení jasného a pohodlného binokulárního vidění. Za poslední roky se vyvinulo několik technik, no běžně jsou používány dvě nebo tři. Všeobecně jsou metody subjektivní refrakce závislé na spolupráci klienta s vyšetřujícím pro zjištění dané vady oka.

[19, 26]

Mezi faktory, které mohou ovlivnit odpovědi klienta, patří :

- Refrakční stav oka
- Patologický stav oka
- Neurologický stav oka
- Sociálně – ekonomické pozadí klienta
- Inteligence klienta
- Emocionální stav klienta [23]

5.3 Postup subjektivní refrakce

Na začátek refrakce se stanoví nejlepší sféra vidění, která může být určena nejsilnější plusovou nebo nejslabší minusovou čočkou. Aby hypermetrop, kterému předkládáme plusové čočky, nebyl podkorigovaný, používá se "zamlžovací" metoda. Při předložení čočky o hodnotě +1.50 dpt by měl vidět řádek optotypu s visem 6/24. Postupně se zmenšuje plusová hodnota čoček, než se zraková ostrost přestane zlepšovat. Při vyšetření monokulárně se vždy zakryje jedno oko a klient se zaměří na nejlepší čtený řádek. Nejdříve se předloží plusová čočka +0.25 dpt, při které se vyšetřující zeptá, zda jsou znaky optotypu jasnější (lepší), nebo jsou stále stejné. Když ostrost zůstává stejná, nebo se zlepšuje s přidanou hodnotou, vymění se původní čočka ve zkušební obrubě za čočku s přidanou hodnotou +0.25 dpt.

Ku příkladu, když má klient ve zkušební obrubě čočku s hodnotou +1.00 dpt a s +0.25 dpt čočkou vypadají znaky jasněji, vymění se tato čočka za jinou s hodnotou +1.25 dpt. Takhle se v refrakci pokračuje v přidávání plusových čoček +0.25 dpt, než se znaky na optotypu nerozmažou. Pak už se tato čočka do zkušební obruby nepřidává. Při výměně plusových čoček se neodstraňuje starší čočka předtím, než se vloží čočka nová. Když se předloží +0.25 dpt a ostrost se rozmaže, čočka se nepřidává. V takém případě je potřeba zkusit čočku se zápornou hodnotou -0.25 dpt, při které se obvykle odborník klienta ptá, jestli jsou symboly jasnější, stejné nebo rozmazané. Pokud se ostrost zlepšuje, čočka se do zkušební obruby přidává.

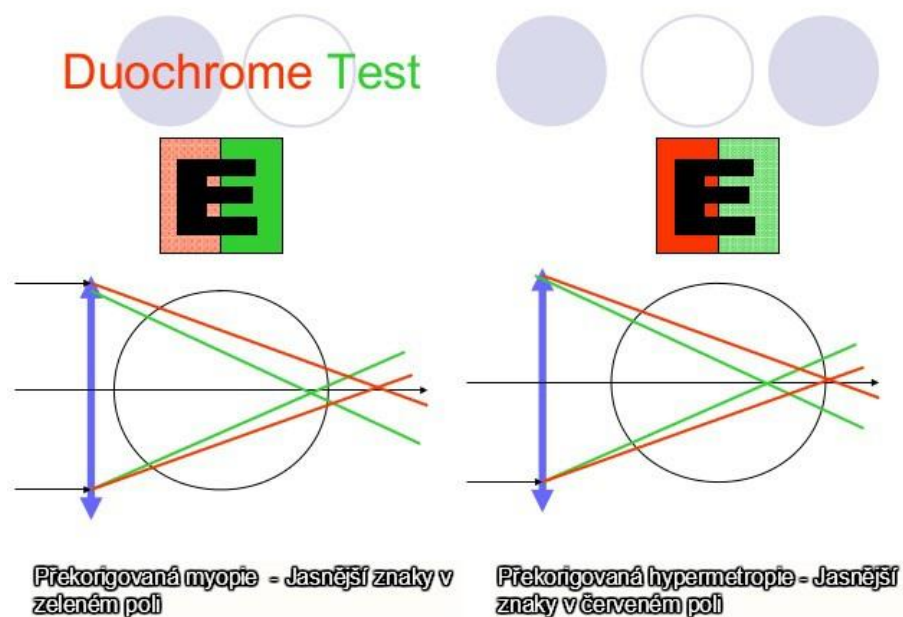
Například klientovi s korekcí -1.00 dpt, který vidí lépe s takovouto čočkou, se vymění do zkušební obruby -1.25 dpt. Takto se pokračuje v přidávání hodnot minusových čoček, aby se zlepšila zraková ostrost. Pokud klient říká, že mu čočka zlepšuje obraz, ale nezlepšuje zrakovou ostrost, je potřeba zeptat se, jestli jsou symboly opravdu jasnější, nebo kontrastnější a menší. Když bude jeho odpovědí druhý případ, čočka se už do obruby nepřidává. Stejně když klient při předkládání čočky neregistruje žádnou změnu. Při výměně minusových čoček se odstraňuje nejdříve starší čočka a až pak se vkládá čočka nová. [16, 17]

Po stanovení nejlepší sféry se pro zjištění přítomnosti astigmatismu využívá metoda zkříženého cylindru. Jde o čočku, která má 2 povrchy: jeden s kladnou cylindrickou hodnotu a druhý se zápornou cylindrickou hodnotou. Osy obou cylindrů leží v pravém úhlu vzájemně k sobě. Hodnota zkříženého cylindru ± 0.25 dpt je rovnocenní k sférocylindrické čočce s hodnotou $+0.25$ dpt sféricky a $+0.50$ dpt cylindricky. Osy jsou obecně označovány znaky + a - , kdy plusová osa je většinou v bílé barvě a minusová osa v červené barvě.

Po nastavení vhodného optotypu je potřeba upozornit klienta, že mu budou předvedeny 2 obrazy. Dále je třeba ho instruovat, že mohou být trochu rozmazané, a když bude jeden z nich lepší, nebo kontrastnější, klient na to musí upozornit.

Začíná se předložením Jacksonova zkříženého cylindru tak, aby byly jeho minusová osa s červenými tečkami nejdřív v poloze 90° a po přetočení v poloze 180° . Poloha, kterou klient hlásí jako "lepší" je odborníkem poznamenaná. Dále se zkouší stejné osy cylindru v poloze 45° a s přetočením v poloze 135° . Pokud se zdají všechny možnosti klientovi stejně špatné, není potřeba cylindr předkládat a přítomnost astigmatismu dále vyšetřovat. Když klient hlásí lepší obraz v dané poloze cylindru, je potřeba vložit nejdřív cylindrickou čočku o hodnotě -0.25 dpt. V druhé části tohoto vyšetření se upravuje osa cylindru opět s otázkou na klienta, zda je jeden z předvedených obrazů lepší. Osa se upravuje podle minusové (červené) osy zkříženého cylindru přibližně o 5° . Množství otáčení cylindru by se mělo snížit přibližně na polovinu při každé změně otáčení. Takto se pokračuje, dokud klient mezi dvěma obrazy nevidí žádný rozdíl. Při kontrole síly cylindru se nastaví osa Jacksonova zkříženého cylindru do osy, která byla naměřena jako osa cylindru. Nejdříve se předloží minusová osa a pak plusová. Klient má srovnat 2 obrazy a posoudit, který je podle něj jasnější. Pokud se zdá, že žádný obraz jasnější není, předpokládá se, že je špatná síla cylindru. Odstraní se cylindrická čočka o hodnotě -0.25 dpt a zkouší se porovnávat znovu. Jestli byla tato čočka správná, klientovi se bude zdát lepší obraz při předložení Jacksonova cylindru v minusové ose a pokud bude obraz lepší v plusové ose cylindru, tato čočka se zase vyjme. V tomto postupu se pokračuje, dokud klient neřekne, že jsou oba obrazy stejné. Při každé změně síly cylindru o -0.50 dpt je potřeba změnit i sílu sférické čočky o $+0.25$ dpt. Například, když klientovi s čočkou o hodnotě -1.00 dpt přidáme -0.50 dpt cylindru, sférickou čočku měníme na -0.75 dpt. Tak zůstává kroužek nejmenšího rozptylu na sítnici. [16, 17, 22]

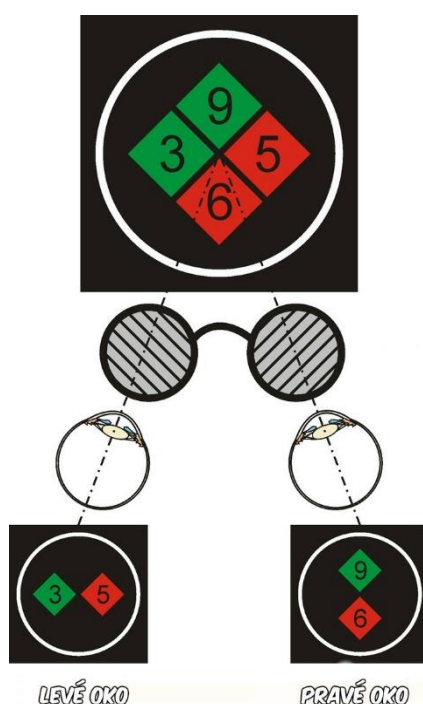
Pro potvrzení korekce po monokulární refrakci každého oka následuje jemné sférické dokorigování. Můžeme ho provést dvěma způsoby-pomocí duochromatického testu, nebo na běžném optotypu s kontrolou plusovými a minusovými čočkami. Duochromatický test funguje na principu podélné chromatické aberace oka (světlo s kratší vlnovou délkou se víc láme než světlo s delší vlnovou délkou). Při tomto testu se používá červený filtr (vlnová délka 620 nm) a zelený filtr (vlnová délka 535 nm). Opět jde o test monokulární refrakce, takže se zakrývá jedno oko. Klient by měl odpovědět na otázku, zda vidí znaky jasnější a kontrastnější v červeném nebo zeleném poli testu. Jestli jsou znaky v obou polích testu stejně kontrastní a jasné, znamená to, že je dosažena nejlepší sféra a kroužek nejmenšího rozptylu byl umístěn na sítnici. Když jsou znaky jasnější v zeleném poli, musí se přidat čočka o hodnotě +0.25 dpt. Znaky jasnější v červeném poli testu jsou indikací pro přidání čočky o hodnotě -0.25 dpt. Když se provádí jemné sférické dokorigování na běžném optotypu, používají se jenom plusové a minusové čočky, nejčastěji ± 0.25 dpt. [16, 17]



Obr. 7: Duochromatický test pro jemné sférické dokorigování.

Zdroj: <https://www.slideshare.net/sevahakobyan/optical-abberations-pp>
(upraveno)

Když jsou obě oči změřeny monokulárně, přejde se k vyšetření binokulární rovnováhy. Provádí se v případech, kdy je jenom malý rozdíl mezi zrakovou ostroší jednoho a druhého oka. Zamlží se levé oko, dokud není zraková ostroší snížena o tři - čtyři řádky oproti oku, které se testuje. Většinou se k zamlžení používá plusová čočka o hodnotě +0.75 nebo +1.00 dpt . Pro pravé oko se následně zkouší opět test pro zjištění nejlepší sféry předkládáním +/- 0.25 dpt. Podle preferencí klienta se žádná nebo jedna z těchto čoček přidá před oko. Tento proces se opakuje, když se zamlží pravé oko a testuje se oko levé. Tato metoda se nazývá Humphrissova. Existují i další způsoby vyšetření binokulární rovnováhy, jakými jsou například třířádkový nebo Osterbergrův test s polarizačními filtry. [16]



Obr. 8: Vizuální vjem pravého a levého oka s polarizačními filtry při Osterbergr. testu.

Zdroj: <https://www.ohi.at/topic/binokularer-abgleich-und-refraktionsgleichgewicht/bichrom-balance-test-funktion/>

Při korekci zrakové ostroší očí do blízka se nahrazuje nebo doplňuje snížená schopnost akomodace klienta. Postupuje se podobným způsobem, jakým se vyšetřuje refrakce do dálky. Nezahrnuje se však kontrola cylindru, jeho osa a síla zůstávají stejné, jako při korekci do dálky, upravují se jenom sférické hodnoty. Klient je požádán, aby držel v ruce kartu na čtení v takové vzdálenosti, pro kterou by se mu pohodlně četlo. Přidávají se plusové čočky pro ostrost požadovaného textu, použije se však nejnižší plusová hodnota, s kterou je text ostrý (při vyšší addici se zmenšuje hloubka zaostření a klient je méně spokojen). [1]

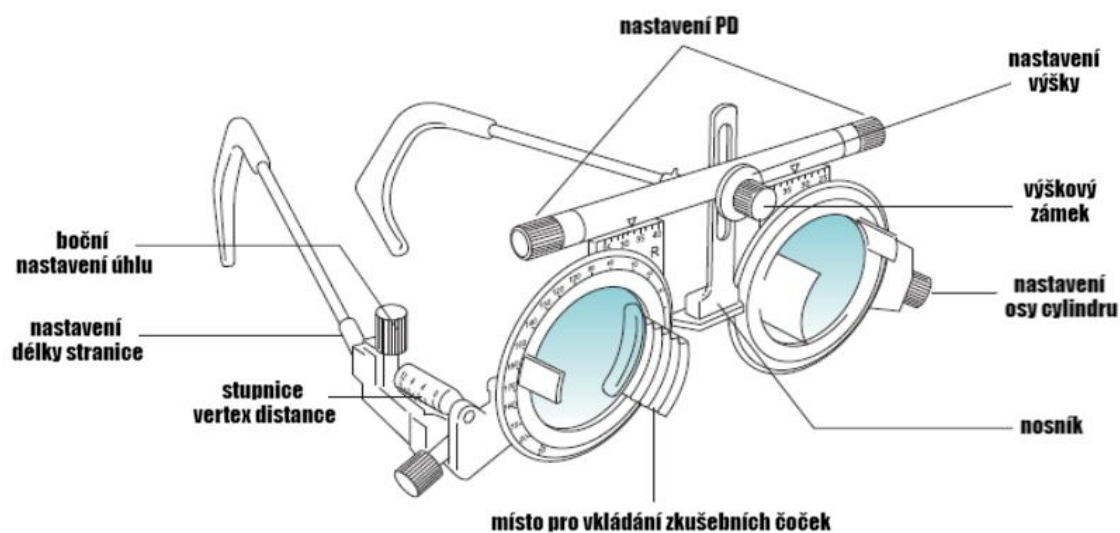
6 Subjektivní refrakce pomocí zkušební obruby

6.1 Zkušební obruba

Obruba může být plastová nebo kovová. Je složena ze dvou očnic, kde se na přední straně nachází 3 úchytky a 2 drážky na zadní straně pro vkládání zkušebních čoček. Pro otáčení a změnu polohy očnic slouží speciální šrouby. Mezi očnicemi se nachází nosník, který se dá také nastavovat i nahýbat pro pohodlí konkrétního klienta.

Nejdříve je nutné zkontrolovat, zda obruba klientovi na tváři sedí a není nasazená v šikmé nebo jiné rovině. Následně se jako základ nastavuje vzdálenost PD klienta. V případě asymetrií tváře se PD nastavuje monokulárně pro každé oko zvlášť a podle toho se upravuje i zkušební obruba.

Vždycky se při vyšetření do obruby vkládají zkušební čočky podle následujících testů při refrakci. [16, 23]



Obr. 9: Zkušební obruba a její části. [17]

6.2 Zkušební čočky brýlové skříně

Jedná se o sadu různých dioptrických čoček, které jsou seřazeny v brýlové skříně. Obvykle jsou sférické čočky v rozsahu od ± 20.00 dpt, kde od ± 0.25 dpt do ± 4.00 dpt jsou čočky po 0.25 dpt, od ± 4.00 dpt do ± 8.00 dpt jsou po 0.50 dpt a od ± 8.00 dpt do ± 20.00 dpt jsou čočky po 1.00 dpt. Celkově je v brýlové skříně 68 párů sférických čoček. Torické čočky, kterých je 40 párů, mají běžně rozsah ± 6.00 dpt cylindru a to od ± 0.25 dpt do ± 4.00 dpt po 0.25 dpt a od ± 4.00 dpt do ± 6.00 dpt po 0.50 dpt. Dále se nachází v brýlové skříně 15 prizmatických čoček obvykle v rozsahu ± 16.00 dpt, kdy od ± 1.00 dpt do ± 6.00 dpt jsou po 1.00 dpt a od ± 6.00 dpt do ± 16.00 dpt po 2.00 dpt.

Mezi další příslušenství patří okluzní clony, které úplně zabraňují oku vnímat vjemy. Stenopecické clony mají malou díрку a cílem je zúžit svazek paprsků, které vstupují do oka. Jedná se o průměry 1 mm, 2 mm a 3 mm. Štěrbínovou clonou se určuje osa astigmatismu. Centrovací nitkový kříž se využívá pro precizní nastavení astigmatické obruby a souvislost mezi středem jejich očnic a středem zornic klienta. Pro spolupráci u některých specifických (bichromatických) testů se používají červený a zelený filtr. K polarizovaným testům se zase použijí polarizační filtry se zaměřením podle konkrétního testu (A, V polarizace; kruhová polarizace). Při testování forií a tropií se používá Maddoxův cylindr, složený souborem lámavých cylindrů s poloměrem 1 mm až 1,5 mm. [25]

6.3 Výhody při měření se zkušební obrubou

Jsou situace, při kterých je lepší provádět subjektivní refrakci se zkušební obrubou a brýlovou skříně. Například jde o měření zraku na dálku mimo vyšetřovací jednotku, to znamená "někde venku" a nebo při klasickém vyšetření presbyopů, kde se může měření provádět na komfortní vzdálenost pro klienta.

Další případy klientů, kdy se doporučuje vyšetření se zkušební obrubou:

- Pro klienty, kteří nedokáží dostatečně s vyšetřujícím komunikovat. Tito klienti mohou mít problémy s rozlišením malých změn (± 0.25 dpt) u sférických ale i cylindrických hodnot. Proto je v takovém případě lepší použít větší rozdíly těchto hodnot a je výhodnější pracovat se zkušební obrubou, která má ku příkladu k dispozici Jacksonův zkřížený cylindr o hodnotě -0.50 dpt, přičemž hodně foropterů má jen cylindr o hodnotě -0.25 dpt, který se nedá měnit.

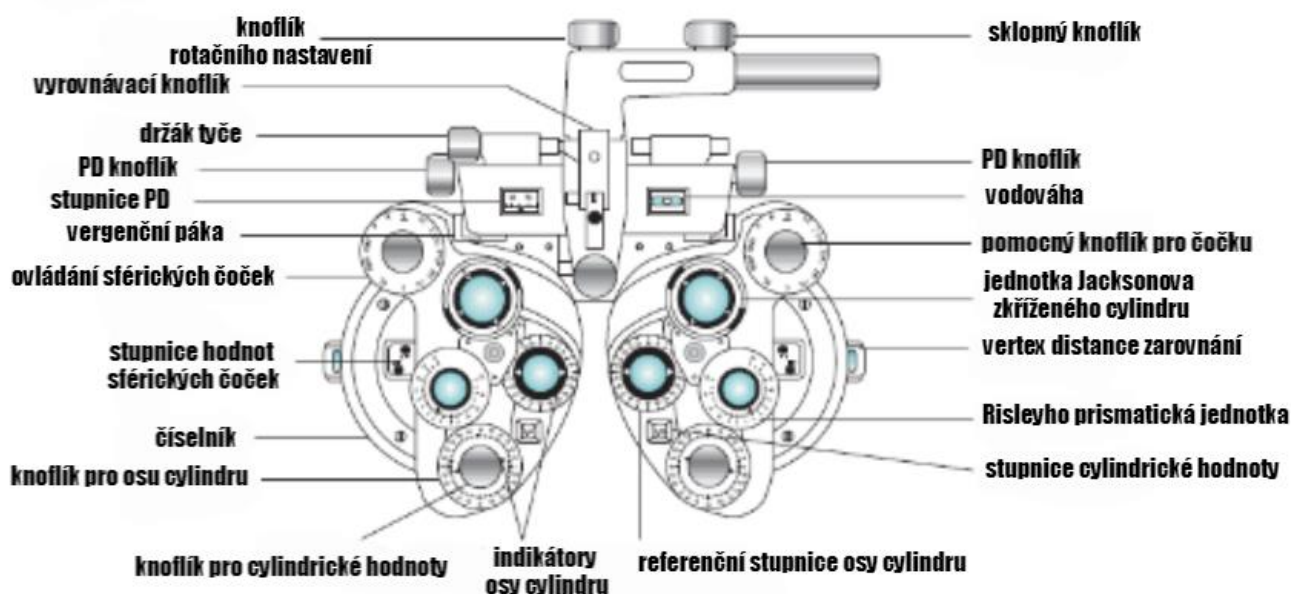
- Pro klienty, kteří trpí sluchovým postižením. Při vyšetření s foropterem hlava přístroje zakrývá pohled klienta na vyšetřujícího a tím pádem je těžší komunikace i přes znakovou řeč.
- Použitelnost i v mimořádných případech – vyšetření nemobilních osob.
- Nižší pravděpodobnost vyvolání psychické akomodace díky větším diametrům zkušebních skel.
- Lepší centrace při různých nesymetriích obličeje klienta. [17, 24]

7 Subjektivní refrakce na foropteru

7.1 Foropter

Tento přístroj se sestává z dvou oddělených částí. Primární částí jsou Rekossovy kotouče obsahující zkušební čočky, další filtry a clony. Čočky se dokáží rychle měnit a předřazovat tak, že se točí kolem jedné osy, která je společná.

Jsou známé foroptery, které jsou manuální (kde se cylindry pro korekci astigmatismu nacházejí mimo přístroje) a automatické (kde jsou cylindry zabudované uvnitř foropteru). U automatických foropterů je ovládání propojeno také s LCD optotypem, což zajišťuje rychlý průběh všech testů. Při vyšetření refrakce do blízka se používá násada s přesně nastavitelnou vzdáleností pro měření zrakové ostrosti s určenými testy. [1, 25]



Obr. 10: Foropter a jeho části. [17]

7.2 Obsah foropteru

Sférické a tórické čočky ve foropteru jsou umístěny na Rekossově kotouči a můžou se měnit po 0.25 dpt a 0.12 dpt. Rozsah čoček bývá od -19.00 dpt do +16.50 dpt u sférických čoček a od 0.00 dpt do -6.00 dpt u torických čoček. Pro nastavení osy cylindru u astigmatismu se používají soustředné ovládací knoflíky při rozsahu osy 360°. Osa se upravuje v krocích po 5°. Tyto přístroje také obsahují prismatické čočky takzvané Risleyho prismata, která slouží k vyšetření binokulárních poruch. Je přítomen i Jacksonův zkřížený cylindr ± 0.25 dpt, který je automaticky zarovnaný s osou cylindru. U vyšetření zrakové ostrosti do blízka jsou testy ve 40 cm (vzdálenost se dá i upravovat) nastavené tak, že se dají sklápět mimo toto vyšetřování. K dispozici jsou i další čočky, polarizační filtry, Maddoxův cylindr a dírková clona.

Foroptery, které jsou automatické, se dají považovat za kompaktní jednotky, které už mají všechno zabudované přímo v přístroji. Jsou ovládány pomocí počítače, tabletu nebo speciální jednotky a proto nepotřebují manuální části nebo knoflíky. V počítači mohou uchovávat i data klientů z autorefraktometrů a automatických fokometrů. [7]

7.3 Nastavení foropteru

Jednotka vychází z otočného ramene. To umožňuje zarovnání s obličejem klienta. Pak se nastavuje vzdálenost pupil (PD) tak, aby byly obě oči ve středech otvorů foropteru. Po nastavení PD by se měly obě oči dívat skrz tyto otvory. Dále je potřeba zkontrolovat polohu hlavy klienta, jestli není nakloněna na stranu, popřípadě se opět upraví PD. Může se stát, že má klient jednu oční výšku nebo níže než druhou. V takém případě se naklání foropteru nedoporučuje. Existují však i foroptery, u kterých se dá tato výška nastavovat. V případě, že přístroj tuto možnost nemá, vyšetřující je nucen změřit jedno oko, a před měřením druhého oka opět nastavit výšku foropteru. Před samotným testováním zrakové ostrosti se na začátek okluduje jedno oko (většinou levé) a druhé oko začíná vyšetřující měřit. [1]

7.4 Výhody při vyšetření s foropterem

Tento způsob měření refrakce je častěji využíván pro zjištění zrakové ostrosti do dálky.

Mezi jeho výhody patří:

- Rychlejší refrakce. Hlavně kvůli tomu, že má foropter všechny čočky obsažené ve svém zařízení a tak je střídání čoček rychlejší, než při refrakci se zkušební obrubou.
- Komfort. Vyšetření s brýlovou skříní může být pro klienta nepohodlné zvláště proto, že jsou čočky s převážně většími dioptriemi těžší, a tak může zkušební obruba klienta na hlavě tláčit, zejména u starších klientů.
- Zarovnání Jacksonova zkříženého cylindru. U novějších foropterů se Jacksonův zkřížený cylindr zarovná automaticky s osou cylindru.
- Žádné umazané čočky. Zkušební čočky z brýlové skříně, narozdíl od čoček ve foropteru, se můžou často umazat, nebo na nich můžou zůstat otisky prstů, proto se musí neustále čistit.
- Počítačová automatizace. Při novějších automatických počítačových foropterech je výhodou uchování dat z předešlých měření i z autorefraktometrů.
- Špičková technologie. Při vyšetření refrakce můžou jak optometristé, tak i klienti preferovat vyšší technologie před starší metodou se zkušební obrubou.
- Risleyho prisma. Pokud jde o subjektivní vyšetření heteroforie nebo fúzních rezerv, foropter je rychlejší a jednodušší při použití prisma u různých testů binokulárního vidění.
- Větší osobní prostor pro klienta. Vyšetřující nemusí manuálně klientovi měnit skla v jeho těsné blízkosti.
- Žádné nepříjemné otlaky na nose a za ušima. Foropter je předsazen před tvář klienta, tím pádem ho netlačí na žádné části hlavy. [17, 24]

8 Experimentální část

8.1 Cíle práce

V experimentální části bakalářské práce se zaměřuji hlavně na porovnání hodnot refrakce s pomocí zkušební obruby a brýlové skříně a refrakce na foropteru. Obě metody používají stejný postup refrakce: nalezení nejlepší sféry, zjištění přítomnosti, os a síly astigmatismu, jemné sférické dokorigování a konečně kontrola binokulární rovnováhy. Při každé z nich však mohou vzniknout odchylky na základě různých nepřesností (například chyba přístroje a nedostatečná komunikace s klientem). Následně dostane každý vyšetřený dotazník, ve kterém bude mít možnost subjektivně porovnat oba způsoby refrakce, popřípadě odůvodnit svoje preference. Podobně budou tázáni i odborníci – optometristi na jejich preference při vyšetřování subjektivní refrakce.

8.2 Hypotézy

Mojí první hypotézou je, že dané výsledky refrakce na foropteru a se zkušební obrubou budou hodně podobné, vzhledem na postup refrakce, který je stejný u obou těchto metod.

Druhá hypotéza se týká preferencí vyšetřovaných osob v mé praktické části práce. Většina klientů se při vyšetřování refrakce ještě nesetkala s foropterem. Tato refrakce bude pro ně zajímavější a důvěryhodnější, jelikož budou mít pocit, že jsou měřeni přístrojem.

Třetí hypotézou budou preference vyšetřujících – optometristů. Ti už ve své praxi i ve škole (studenti) měli možnost vyšetření refrakce i na foropteru i se zkušební obrubou a brýlovou skříní. Většina z nich však určitě zůstala u klasické refrakce, takže jejich preference budou jiné, než preference vyšetřovaných osob, kteří nejsou tak seznámeni s oběma metodami refrakce, jejich výhodami a nevýhodami.

8.3 Metodika

Při zjišťování a měření hodnot praktické části mé práce jsem pracovala na vyšetřovací jednotce IS 600 III (Topcon) s automatickým foropterem CV-5000 (Topcon), který byl napojený na optotyp CC-100XP (Topcon). Pro nastavení hlavice foropteru sloužilo rameno vyšetřovací jednotky VT-671. Aby byla hlavice foropteru správně polohována, je v rameni uložena pružinová vyvažovací váha. PD klienta bylo možné ve foropteru nastavovat od 48 až do 80mm po 0.5mm nebo 1.00mm.

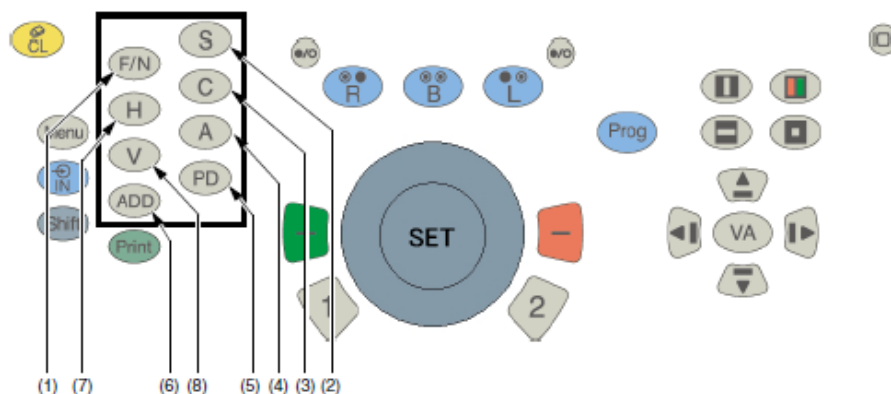
Tento foropter obsahuje čočky sférických hodnot od -27.00D do +27.00D, přičemž se tyto sférické hodnoty mohou měnit po 0.25D, 1.00D a 3.00D. Pro vyšetření astigmatismu je přítomný zkřížený cylindr o hodnotách $\pm 0.25D$ a $\pm 0.50D$. Cylindrické čočky ve foropteru se pohybují od +8.00D do -8.00D a taktéž se mohou měnit po 0.25D nebo 1.00D. Osa cylindru se koriguje v rozsahu 0° - 180° a to po 1° nebo 5° . Foropter obsahuje další sadu speciálních čoček, v tomto vyšetření se použijí například polarizační filtry v ose 45° a 135° zjištění binokulární rovnováhy pravého a levého oka klienta. [27, 28, 29]



Obr. 11: Automatický foropter CV-5000 (Topcon).

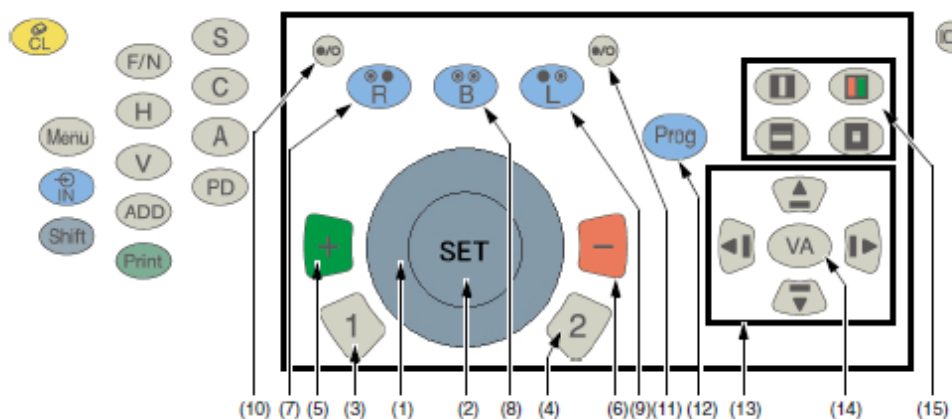
Zdroj:<http://www.insightnews.com.au/SearchArticle.aspx?s=Equipment>

Na foropteru jsem měřila pomocí ovladače KB-50 (Topcon) s 10,4“ velkým dotykovým displejem, který umožňuje ovládání foropteru CV-5000 i optotypu CC-100XP pomocí několika tlačítek.



Obr. 12: Tlačítka pro přepínání funkcí – (1) změna testování dalekého a blízkého bodu, (2) tlačítko pro úpravu sférické korekce, (3) tlačítko pro úpravu cylindrické korekce, (4) tlačítko pro úpravu osy cylindru, (5) úprava PD klienta, (6) úprava hodnoty addice, (7) tlačítko pro zjišťování horizontálního prisma, (8) tlačítko pro zjišťování vertikálního prisma.

Zdroj: Instruction manual CV 1dial controller KB-50 (pdf)



Obr. 13: Tlačítka pro základní operace: (1) tlačítko pro změnu sférické hodnoty nebo osy astigmatismu, (2) tlačítko pro změnu programu, (3) (4) úprava skříženého cylindru, (5) (6) úprava sférické korekce do plusu nebo mínusu, (7) nastavení úprav korekce pro pravé oko, (8) nastavení úprav korekce za binokulárních podmínek (9) nastavení úprav korekce pro levé oko, (10) (11) nastavení okluze pravého a levého oka, (12) nastavení programu testování, (13) změna testů a programů, (14) tlačítko pro úpravu zrakové ostrosti, (15) tlačítko pro testování v duochromatickém testu.

Zdroj: Instruction manual CV 1dial controller KB-50 (pdf)

V následující části jsem ve spolupráci s totožným optotypem použila ke klasické refrakci zkušební obrubu UB4 (Oculus), která obsahuje celkově 10 pozic pro zkušební skla o průměru 38mm. Je možné nastavit PD klienta podle individuálních potřeb od 48mm do 80mm. Dále se může nastavovat sklon a délka straníc, výška a sklon nosníku a úprava osy čočky o cylindrické hodnotě. [30]

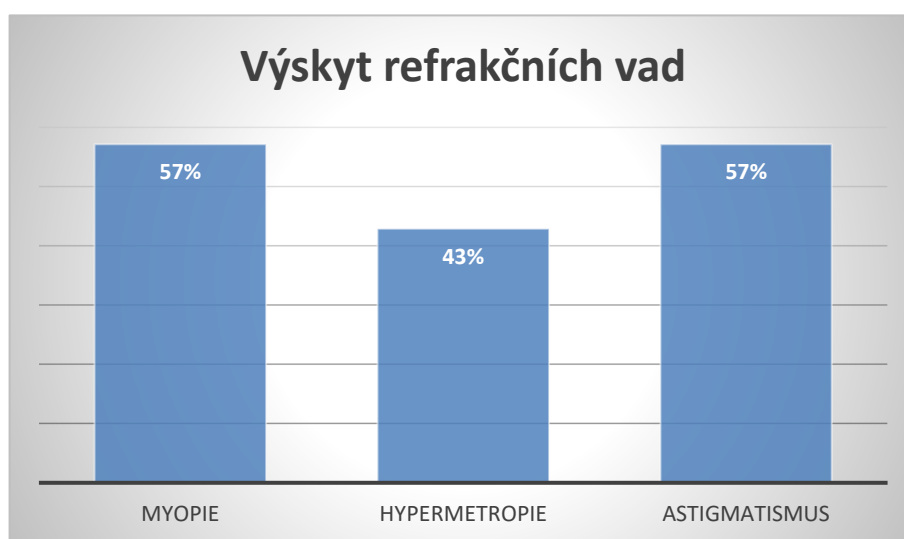
Se zkušební obrubou jsem měřila pomocí sady zkušebních skel brýlové skříně (Weco), která obsahuje 266 čoček: 40 párů čoček sférických hodnot od $\pm 0.25D$ do $\pm 20.00D$, 20 párů cylindrických čoček v hodnotách $\pm 0.25D - \pm 6.00D$, 12 prismatických čoček a dalších 14 speciálních čoček, ze kterých jsem pro testování použila polarizační filtry.

Při měření jsem postupovala jak u vyšetření s foropterem, tak i se zkušební obrubou a brýlovou skříní následovně : nejdřív jsem testovala visus klienta bez předložené korekce na Snellenových znacích a na stejném optotypu jsem upravovala sférickou korekci; pro zjištění přítomnosti astigmatismu a jeho korekce jsem použila metodu zkříženého cylindru ve spolupráci s Brokovým astigmatickým testem; jemné sférické dokorigování jsem prováděla pomocí duochromatického testu a nakonec jsem pro zjištění binokulární rovnováhy s polarizačními filtry použila Osterbergrův test.

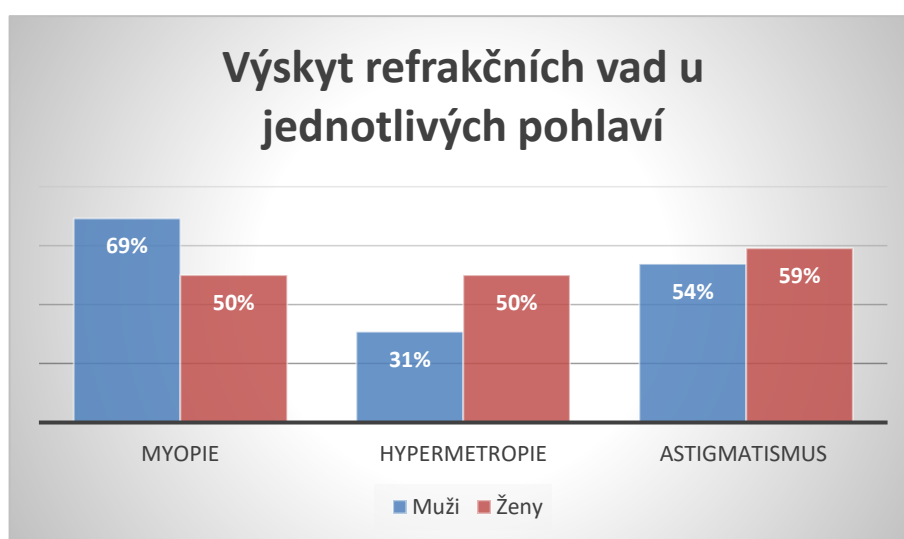
Všechna měření probíhala na půdě fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT v Kladně.

8.4 Výsledky měření

Celkově se na mém výzkumu podílelo 35 lidí, z toho 22 žen a 13 mužů. Nejdříve se měřila subjektivní refrakce na foropteru, následně se zkušební obrubou a brýlovou skříní. Věkové rozhraní lidí bylo od 18 do 38 let. Všem probandům byla měřena zraková ostrost pouze na dálku. Porovnání výskytu refrakčních vad u vyšetřovaných osob je znázorněno v grafu 1. Z 35 lidí 20 lidí potřebovalo korekci myopie, 15 lidí bylo korigováno pro hypermetropii a 20 lidí mělo v kombinaci se sférickou vadou alespoň minimální hodnoty astigmatismu. Jak se tyto refrakční vady vyskytovaly u jednotlivých pohlaví ukazuje graf 2.



Obr. 14: Graf 1 Porovnání výskytu refrakčních vad u všech vyšetřovaných osob.



Obr. 15: Graf 2 Porovnání výskytu refrakčních vad vzhledem na jednotlivá pohlaví.

Při porovnávání sférických a cylindrických hodnot jednotlivých měření na foropteru a se zkušební obrubou byly výsledky zapsány do tabulek jako průměrné hodnoty spolu se směrodatnými odchylkami. Ze všech refrakčních vad se vypočítal průměr u hodnot naměřených foropterem -0.60 dpt a u hodnot z refrakce se zkušební obrubou -0.58 dpt. U probandů s myopickou korekcí byla u měření s foropterem průměrná hodnota -1.94 dpt a při měření se zkušební obrubou -1.99 dpt. Průměr hodnot korekce hypermetropie byl u výsledků z měření na foropteru 1.18 dpt a u měření se zkušební obrubou byla průměrná korekce hypermetropie menší 1.17 dpt .

Tabulka 8.1: Průměrné sférické hodnoty a směrodatné odchylky všech refrakčních vad.

Hodnoty korekce	Průměr (dpt)	Směrodatná odchylka
FOROPTER	-0.60	2.0458
ZKUŠEBNÍ OBRUBA	-0.58	1.9354

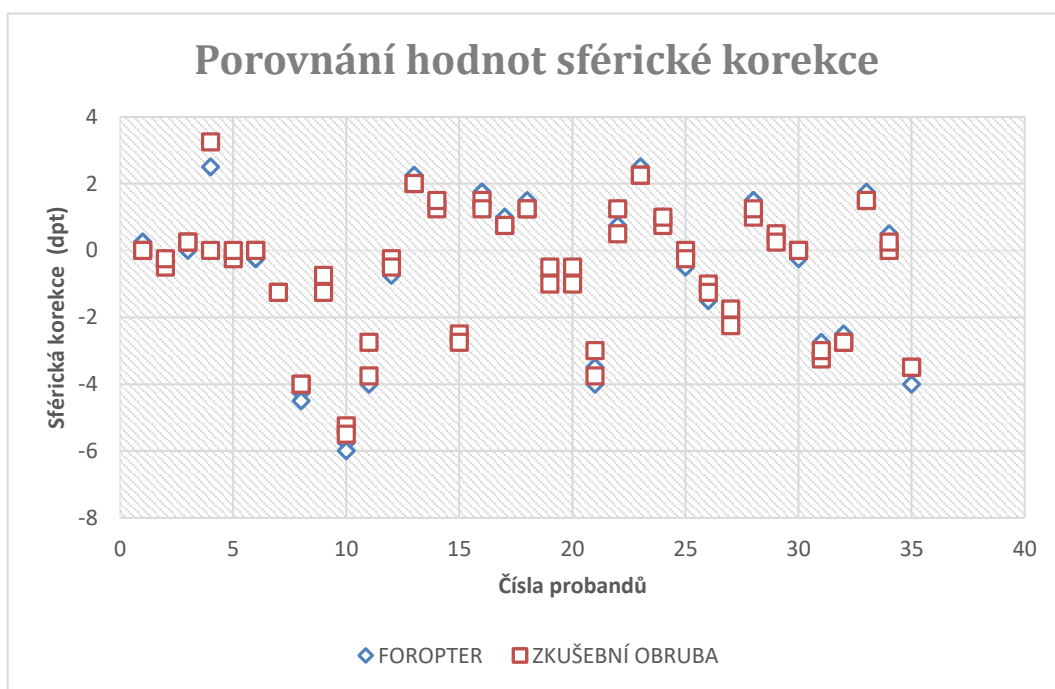
Tabulka 8.2: Průměrné sférické hodnoty a směrodatné odchylky u myopických probandů.

Hodnoty korekce	Průměr (dpt)	Směrodatná odchylka
FOROPTER	-1.94	1.6590
ZKUŠEBNÍ OBRUBA	-1.99	1.5942

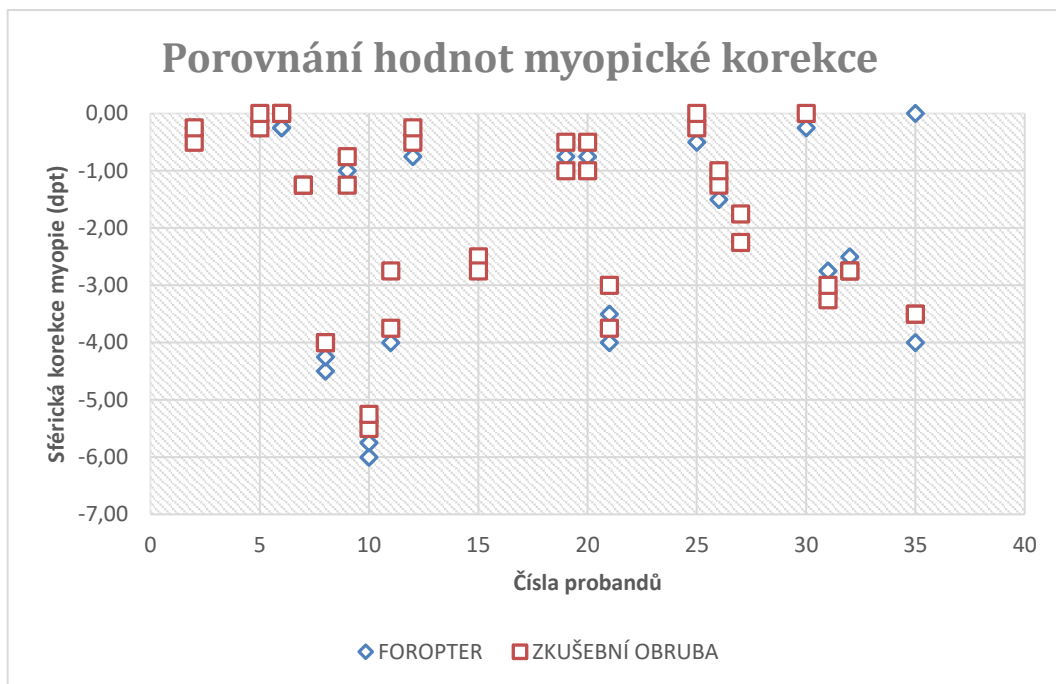
Tabulka 8.3: Průměrné sférické hodnoty a směrodatné odchylky u hypermetropických probandů.

Hodnoty korekce	Průměr (dpt)	Směrodatná odchylka
FOROPTER	1.18	0.7461
ZKUŠEBNÍ OBRUBA	1.17	0.7498

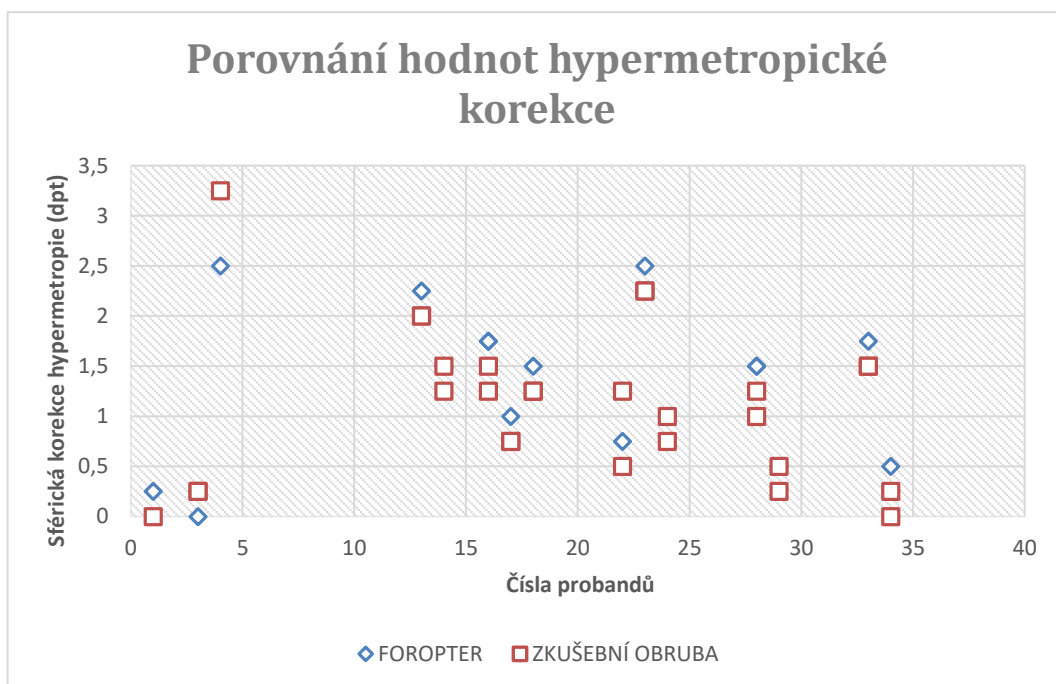
Pro další porovnání jsou tyto sférické hodnoty naměřené oběma metodami znázorněny v grafu 3. Celkově se sférické hodnoty korekce pohybovali od -6.00 dpt až do +3.25 dpt. V grafech 4 a 5 jsou porovnávány jednotlivé hodnoty myopické a hypermetropické korekce zvlášť. Korekce u probandů s myopií se pohybovala od -0.25 dpt do -6.00 dpt. Průměrná hodnota korekce myopie byla u měření na foropteru -1.82 dpt a u měření se zkušební obrubou -1.94 dpt. U probandů s hypermetropií se výše korekce pohybovala od 0.25 dpt do 3.25 dpt (všechny hodnoty byly zapsány z vyšetření zrakové ostrosti na dálku). Průměrná korekce hodnot naměřených foropterem byla 1.30 dpt a u hodnot naměřených při refrakci se zkušební obrubou 1.21 dpt.



Obr. 16: Graf 3 Sférické hodnoty naměřené na foropteru a s pomocí zkušební obruby.



Obr. 17: Graf 4 Hodnoty myopické korekce na foropteru a se zkušební obrubou.



Obr. 18: Graf 5 Hodnoty hypermetropické korekce naměřené na foropteru a se zkušební obrubou.

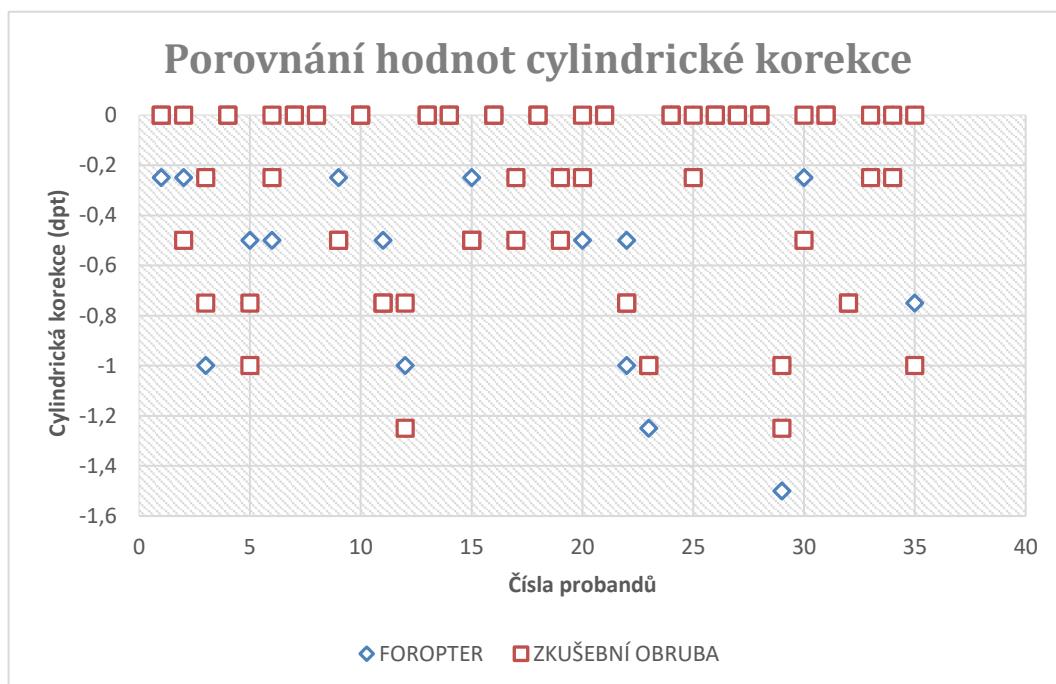
V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty síly a os cylindrické korekce z měření s foropterem i se zkušební obrubou. Průměrná hodnota cylindrické korekce naměřené na foropteru byla -0.60 dpt a u hodnot refrakce se zkušební obrubou -0.63 dpt. U obou metod se výše cylindrické korekce pohybovala od -0.25 dpt až do -1.50 dpt. Pro porovnání jsou tyto hodnoty znázorněny v grafu 6 a v graf 7 ukazuje porovnání os jednotlivých cylindrů.

Tabulka 8.4: Průměrné hodnoty cylindrické korekce a směrodatné odchylky.

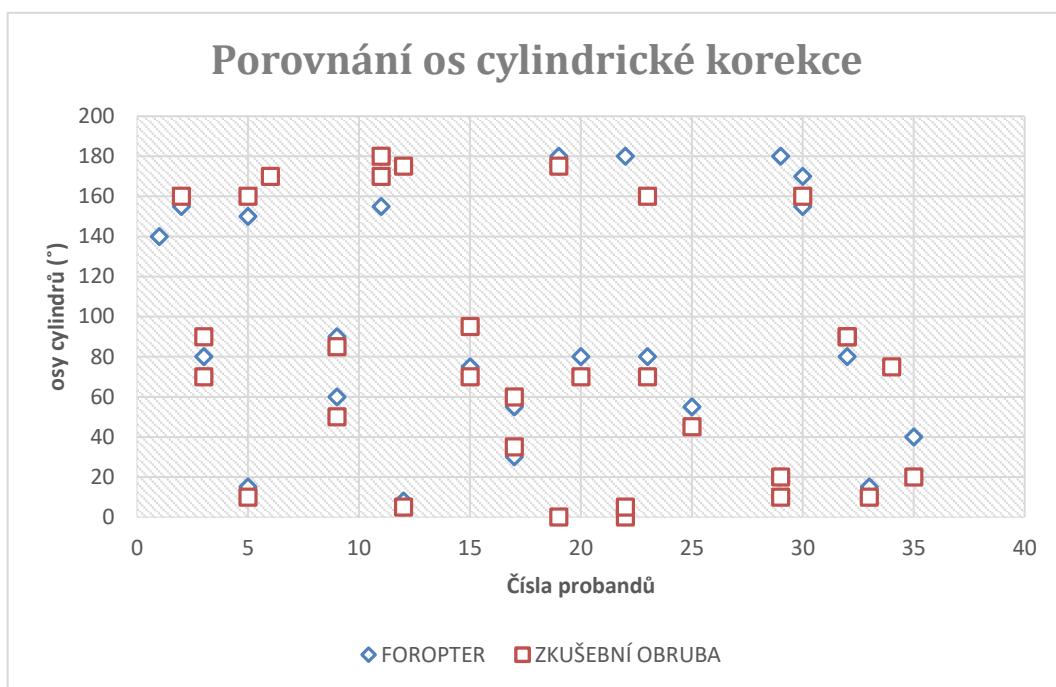
Hodnoty cylindrické korekce	Průměr (dpt)	Směrodatná odchylka
FOROPTER	-0.60	0.3258
ZKUŠEBNÍ OBRUBA	-0.63	0.3044

Tabulka 8.5: Průměrné hodnoty os cylindrické korekce a směrodatné odchylky.

Osy cylindrické korekce	Průměr (°)	Směrodatná odchylka
FOROPTER	97	61.6071
ZKUŠEBNÍ OBRUBA	80	61.8022

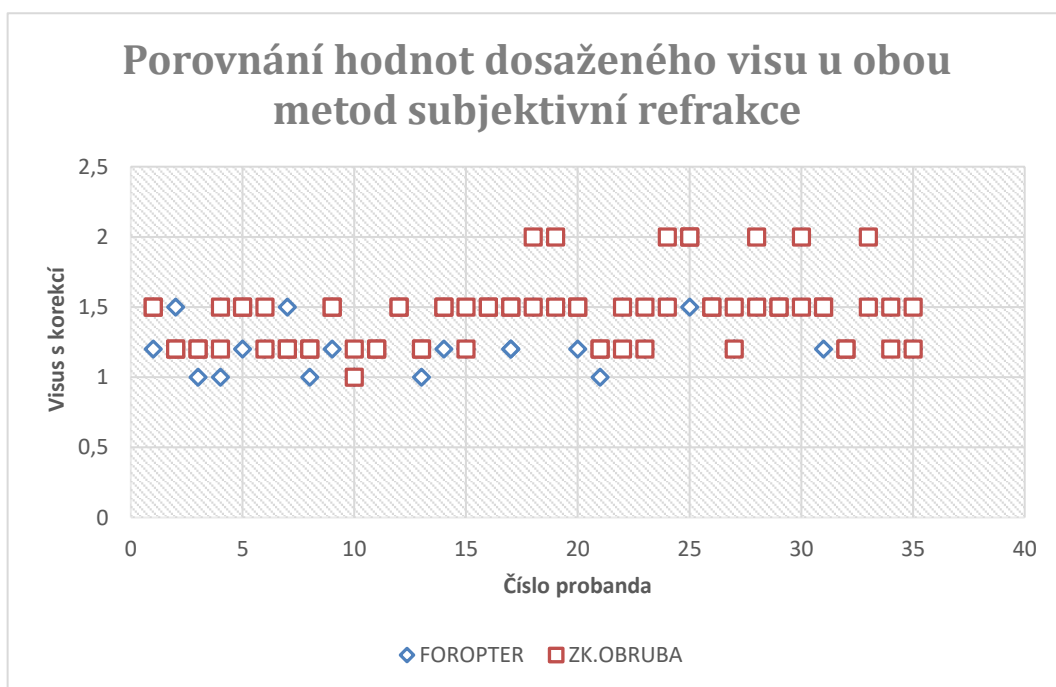


Obr. 19: Graf 6 Hodnoty cylindrické korekce naměřené na foropteru a se zkušební obrubou.



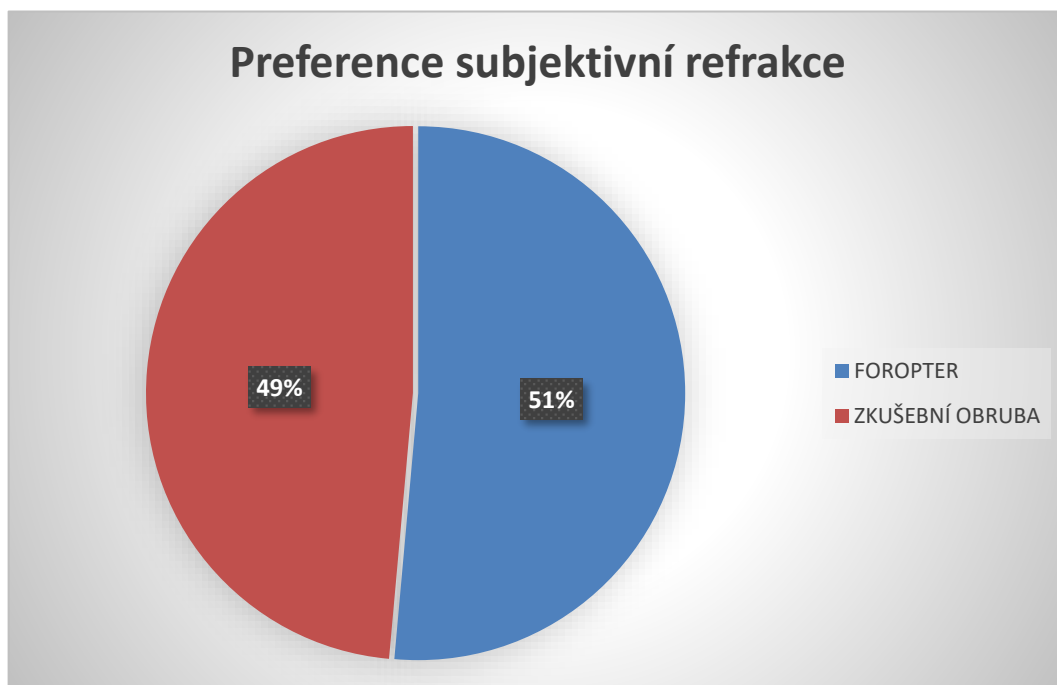
Obr. 20: Graf 7 Osy cylindrické korekce naměřené na foropteru a se zkušební obrubou.

Po vyšetření každého probanda byl zapsán i jeho visus dosažený s touto novou korekcí. Průměrná hodnota visu s korekcí naměřenou na foropteru byla 1,3 a průměrný visus z refrakce se zkušební obrubou byl 1,4. Porovnání těchto hodnot je blíže znázorněno v grafu 8.

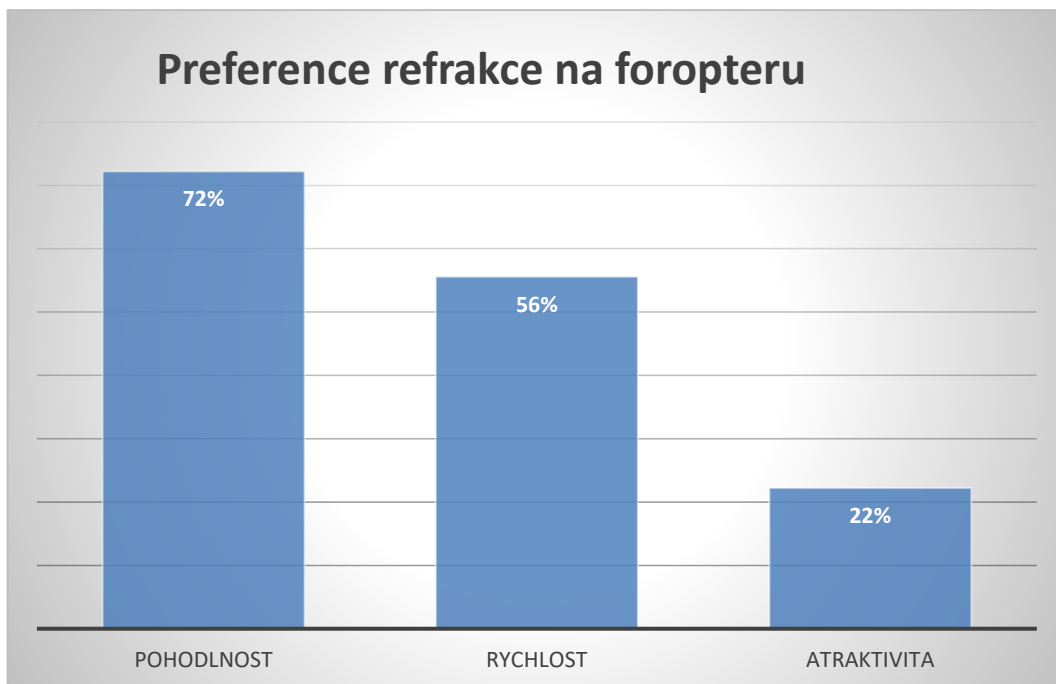


Obr. 21: Graf 8 Hodnoty dosaženého visu po korekcí na foropteru a se zkušební obrubou.

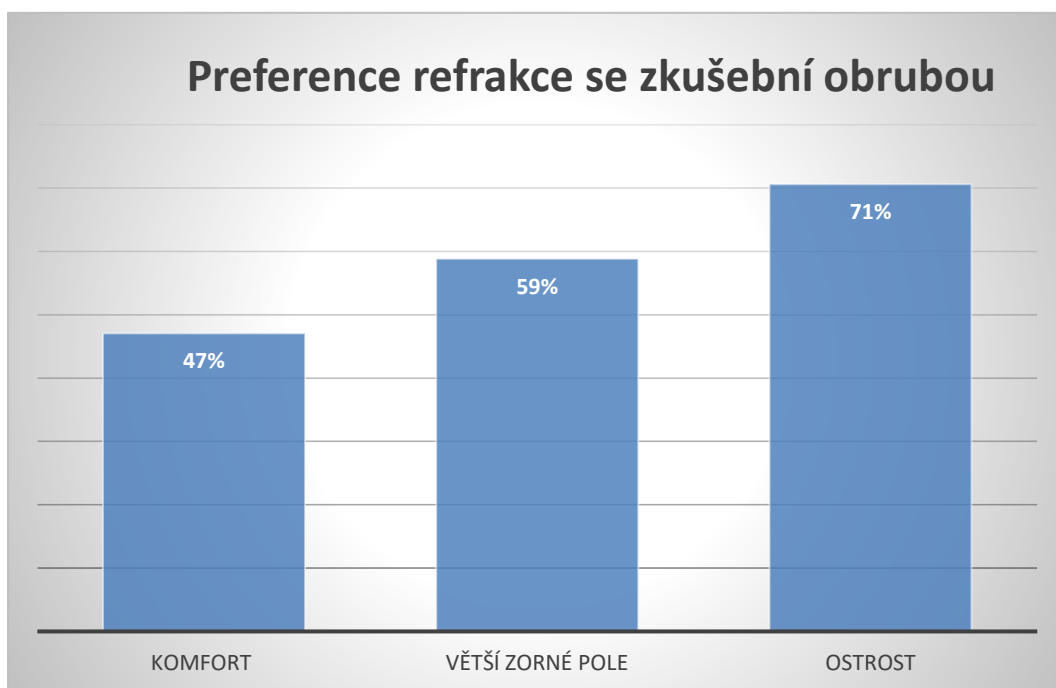
Po každém vyšetření proband obdržel dotazník, ve kterém se zjišťovalo, jaká metoda subjektivní refrakce se mu zdála lepší a proč. Z 35 lidí zvolilo 18 jako preferovanou metodu foropter a dalších 17 vybralo refrakci se zkušební obrubou. Nejčastější důvody na výběr metody refrakce jsou uvedeny v grafech 9, 10. Z 18 vyšetřených, kteří preferovali refrakci na foropteru 13 lidí napsalo, že tato metoda byla pohodlnější, 10 lidí tvrdilo, že se jim zdála metoda rychlejší a 4 lidem přišla refrakce zajímavější. Dalších 17 lidí preferovalo metodu se zkušební obrubou, konkrétně 8 lidem přišla komfortnější, 10 lidí napsalo, že se jim lépe sledovalo optotyp přes zkušební obrubu kvůli větším očnícím a 12 lidí mělo pocit, že vidělo lépe a víc ostře se zkušebními čočkami z brýlové skříně.



Obr. 22: Graf 9 Porovnání preferencí vyšetřovaných u metod subjektivní refrakce.



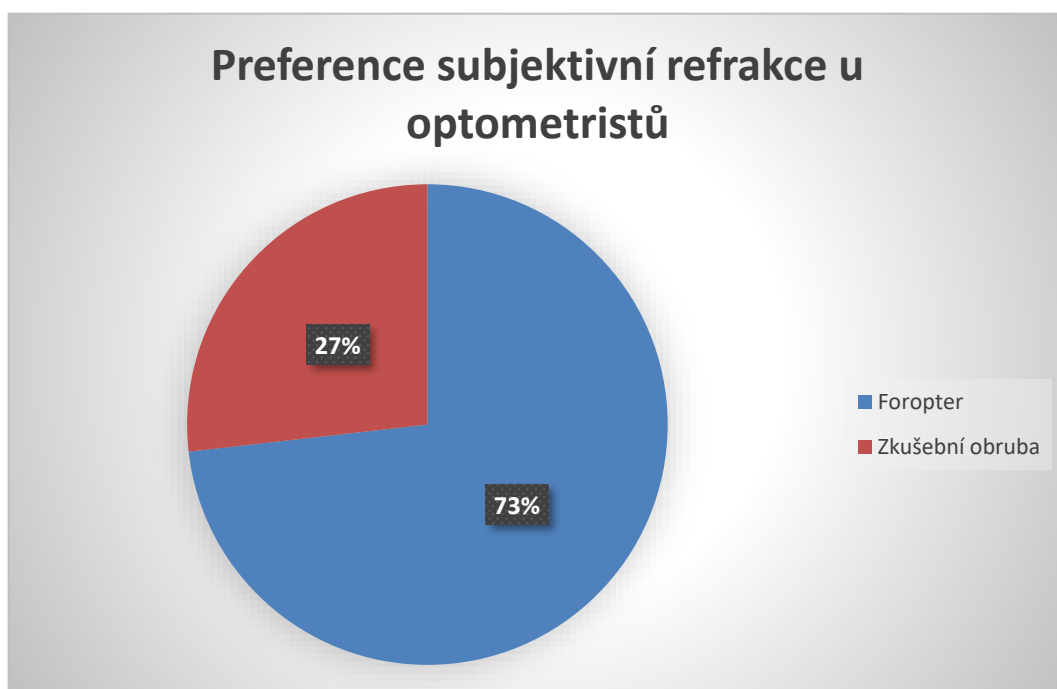
Obr. 23 : Graf 10 Preference vyšetřovaných osob u refrakce na foropteru.



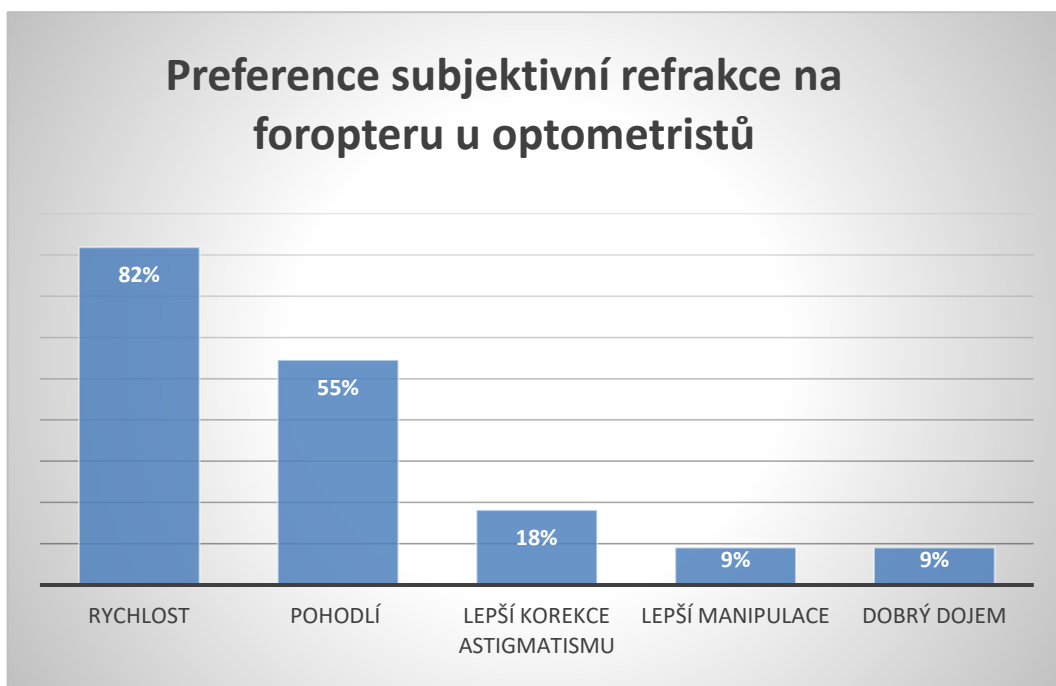
Obr. 24: Graf 11 Preference vyšetřovaných osob u refrakce se zkušební obrubou.

Formou dotazníku jsem zjišťovala i preference subjektivní refrakce u odborníků - optometristů. Ze 42 dotázaných 30 lidí zvolilo subjektivní refrakci se zkušební obrubou a 11 lidí preferovalo refrakci na foropteru.

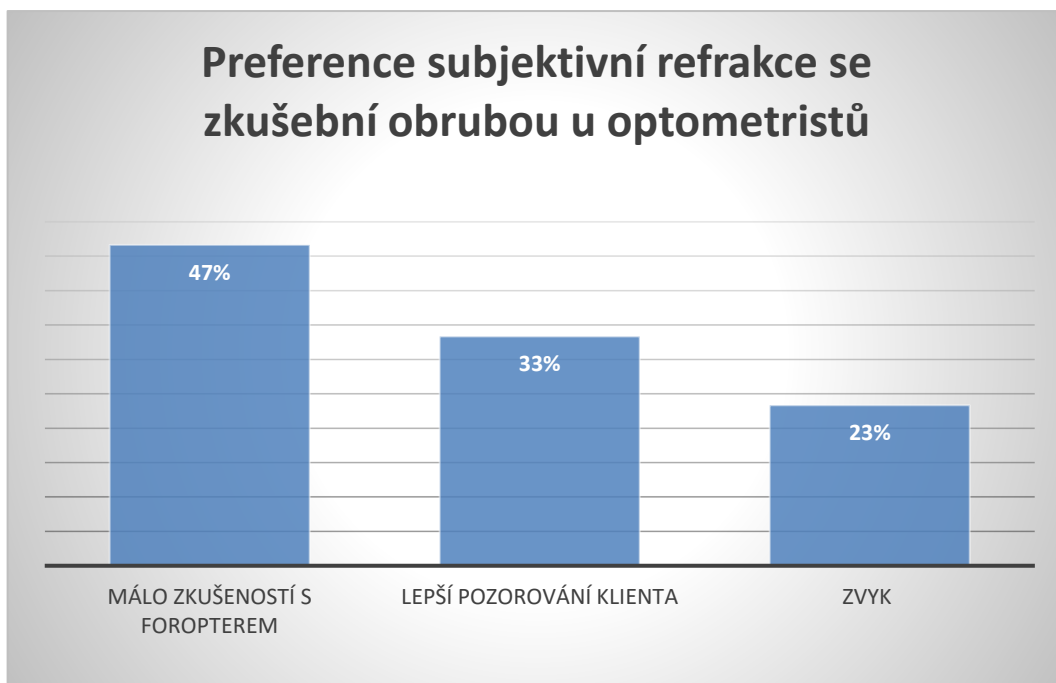
Optometristé, kteří preferovali spíše refrakci na foropteru, uváděli mezi nejčastější důvody rychlost refrakce a pohodlí, mezi další výhody dle ně patřila lepší korekce astigmatismu, jednoduchá manipulace při vyšetření a dobrý dojem na klienta. Většina odborníků vybrala klasický způsob refrakce se zkušební obrubou a brýlovou skříní. 14 optometristů z 30 napsalo jako důvod málo zkušeností s vyšetřením na foropteru, dalších 10 tvrdilo, že je tato metoda refrakce lepší na pozorování mimiky klienta. 7 optometristů odůvodnilo své preference tím, že jsou zvyklí na klasickou refrakci.



Obr. 25: Graf 12 Porovnání preferencí optometristů u jednotlivých metod subjektivní refrakce.



Obr. 26: Graf 13 Preference optometristů u subjektivní refrakce na foropteru.



Obr. 27: Graf 14 Preference optometristů u subjektivní refrakce se zkušební obrubou.

9 Diskuze

První hypotézou bylo, že výsledky refrakce probandů oběma metodami se nebudou lišit, což bylo potvrzeno i párovým t-testem a jeho hodnotou $p = 0,368$ s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Celkově ze všech hodnot sférické korekce byla průměrná -0.60 dpt naměřených na foropteru, zatím co u hodnot z korekce se zkušební obrubou -0.58 dpt. U myopické korekce byla průměrná hodnota vyšší u výsledků naměřených se zkušební obrubou $-1,99$ dpt oproti průměru výsledků z foropteru $-1,94$ dpt. Při korekci hypermetropie byla naopak vyšší u hodnot na foropteru 1.18 dpt oproti korekci se zkušební obrubou 1.17 dpt. Průměr os naměřených na foropteru byl 97° a z refrakcí se zkušební obrubou 80° .

Druhá hypotéza se zabývala preferencemi vyšetřovaných osob, kde se předpokládalo, že upřednostní refrakci na foropteru. Většina klientů se při vyšetřování refrakce s foropterem ještě nesetkala. Z 35 probandů bylo změřeno tímto přístrojem prvně 23 lidí, což je víc než 50% všech vyšetřených. Naopak klasickou refrakci se zkušební obrubou a brýlovou skříní poznali všichni probandi. 51% vyšetřených označilo za preferovanou metodu refrakci na foropteru. Tato refrakce jim přišla jednodušší a pohodlnější. Velkou výhodu viděli také v rychlosti refrakce a při změnách korekce byla příjemnější právě výměna sklíček uvnitř foropteru jak pro vyšetřované tak i pro optometry. Častým důvodem, proč se lidi rozhodovali pro tento typ refrakce byla automatizace přístroje, protože jim přišla samotná refrakce důvěryhodnější a profesionálnější. 49% probandů označilo za preferovanou metodu refrakci se zkušební obrubou a brýlovou skříní. Svou volbu odůvodnili tím, že se jim lépe sledovalo optotyp a obraz jim přišel více ostrý. Toto mohlo být způsobeno znečištěním sklíček uvnitř foropteru, ke kterým se bohužel nedalo dostat, na rozdíl od zkušebních sklíček brýlové skříně, které se vkládali do zkušební obruby. Rozdíl velikosti zorného pole byl také důvodem preferencí refrakce se zkušební obrubou. Ve výsledku jsem mohla tedy tuto hypotézu potvrdit, protože víc, než polovina probandů upřednostnilo metodu refrakce na foropteru. Nedá se však říct, že by byl tento výsledek zcela jednoznačný, pořád zůstalo mnoho lidí, kteří považují za lepší právě klasickou refrakci se zkušební obrubou a brýlovou skříní.

Třetí hypotéza se týkala preferencí vyšetření refrakce odborníků – optometristů, kde se naopak předpokládalo, že většina z nich upřednostní refrakci se zkušební obrubou. Každý z dotázaných měl možnost měřit refrakci oběma metodami – na foropteru i se zkušební obrubou, takže mohli také porovnat tyto způsoby subjektivní refrakce z “druhé strany“. Výsledek byl v tomto případě úplně jednoznačný. 73% dotázaných zvolilo jako preferovanou metodu refrakci se zkušební obrubou a brýlovou skříní. Mezi nejčastější důvody patřil hlavně zvyk optometristů na klasickou refrakci, popřípadě málo zkušeností s foropterem. Důležitá výhoda tohoto typu refrakce, také hodně zmiňována, byla viditelná mimika a reakce klienta při samotném vyšetření. Pouze 23% optometristů upřednostnilo refrakci pomocí foropteru. Obdobně jak dotazovaní probandi, zvolili tuto metodu pro její rychlost a pohodlnost, pro ně jako odborníky, i pro jejich klienty. Dalším důvodem byla také lepší korekce astigmatismu, konkrétně přesnější zjištění osy cylindru. I tato hypotéza se proto potvrzuje. Více než 70% dotázaných by jasně zvolilo klasickou metodu před automatizovaným přístrojem.

10 Závěr

Stejně jako ve všech oblastech zdravotnických oborů a medicíny, i v optometrii a oftalmologii se technické vybavení neustále vyvíjí a zlepšuje. Manuální a mechanické přístroje pro vyšetření a diagnostiku očí nahrazují nové automatizované. Zjišťování zrakové ostrosti pomocí foropteru se provádí už od začátku 20. století. Od té doby byl ale i tento přístroj automatizovaný a je pořád více využíván v běžné praxi. Dnes je však jednoznačně spolehlivější a upřednostňovanou metodou klasická refrakce se zkušební obrubou a brýlovou skříní.

V této práci jsem si dala za úkol zjistit, zda je nějaká z metod subjektivní refrakce – na foropteru i se zkušební obrubou jednoznačně lepší a v čem. Výsledky však ukázaly, že hodnoty naměřené oběma metodami se od sebe neliší natolik, abych mohla říct, který typ refrakce je přesnější anebo naopak méně přesný vzhledem na obdobnou zrakovou ostrost vyšetřovaných po korekci na foropteru i se zkušební obrubou. Preference jednotlivých vyšetřovaných i vyšetřujících však ukazují, jak tento vývoj vnímají obě strany. Zatímco vyšetřovaní klienti jsou ohromeni automatizací, rychlostí a pohodlím přístroje, odborníci nedají dopustit na ověřenou metodu refrakce, na kterou jsou ze své praxe zvyklí a která je pro ně také finančně dostupnější.

Já osobně ráda pracuji s foropterem, zvláště mi pomáhá při korekci astigmatismu a při zjišťování fúzních rezerv. Jsou však testy, při kterých rozhodně preferuji refrakci se zkušební obrubou a to je hlavně testování zrakové ostrosti do blízka. Ikdyž je na foropteru nastavitelná přesná vzdálenost pro toto vyšetření, přijde mi klasická metoda refrakce jednodušší a pohodlnější.

Odpovědí na otázku, zda je lepší refrakce na foropteru nebo refrakce se zkušební obrubou může být tedy to, že se nedá přesně určit způsob refrakce, který by byl přesnější a výhodnější, protože každá z těchto metod má své výhody i nevýhody, které jsou vnímány individuálně. Rozdíl je však v tom, že zatímco testy, které se nedají vyšetřit na foropteru, můžeme měřit se zkušební obrubou, obráceně to nefunguje. To znamená, že manuální refrakce zastane veškerá vyšetření, které potřebujeme pro správnou korekci klienta, kdežto po refrakci na foropteru se většinou musí klient dokorigovat ručně.

Seznam použité literatury

- [1] LENS, Al. *Optics, retinoscopy, and refractometry*. 2nd ed. Thorofare, NJ: SLACK, c2006. Basic bookshelf for eyecare professionals. ISBN 9781556427480.
- [2] BENNETT, Arthur G. a Ronald B. RABBETTS. *Bennett and Rabbetts' clinical visual optics*. 3rd ed. / . Boston: Butterworth-Heinemann, 1998. ISBN 0750618175.
- [3] N.R. GALLOWAY ... [ET AL.]. *Common eye diseases and their management*. 3rd ed. London: Springer, 2006. ISBN 1846280338.
- [4] ATCHISON, David a George SMITH. *Optics of the human eye*. Edinburgh: Reed Educational and Professional Publishing, 2000. ISBN 0 7506 3775 7.
- [5] BENEŠ, Jiří, Jaroslava KYMPLOVÁ a František VÍTEK. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory: pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-4712-5.
- [6] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění. 2., dopl. a přeprac. vyd.* Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [7] ARTAL, Pablo. *Handbook of visual optics-Volume one : Fundamentals and eye optics*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017. ISBN 978-1-4822-3785-6.
- [8] <https://www.allaboutvision.com/eye-exam/refraction.htm>
- [9] VALBERG, Arne. *Light vision color*. New ed. Chichester [u.a.]: Wiley, 2005. ISBN 0470849029.
- [10] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006. ISBN 978-0-7506-7524-6.
- [11] ANDREW R. ELKINGTON, HELENA J. FRANK a MICHAEL J. GREANEY. *Clinical optics*. 3rd ed. Malden, MA: Blackwell Science, 1999. ISBN 0632049898.
- [12] KOLKER, Richard J. a Lynn D. ANDERSON. *Subjective refraction and prescribing glasses: the number one (or number two) guide to practical techniques and principles*. St. Paul, MN: JCAHPO, 2015. ISBN 099676500X.
- [13] EDITED BY KARA ROGERS. *The Eye the Physiology of Human Perception*. Chicago: Britannica Educational Pub, 2011. ISBN 9781615302550.
- [14] KHAW, P. T., P. SHAH a A. R. ELKINGTON. *ABC of eyes*. 4th ed. London: BMJ Books, 2004. ISBN 0727916599.
- [15] GRIERSON, Ian. *The eye book: eyes and eye problems explained*. Liverpool: Liverpool University Press, 2000. ISBN 0-85323-755-7.

- [16] HARVEY, William a Andrew FRANKLIN. *Routine eye examination*. Edinburgh: Elsevier, 2005. Eye essentials. ISBN 0-7506-8852-1.
- [17] ELLIOTT, David B. *Clinical procedures in primary eye care*. 3rd ed. New York: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2007. ISBN 978-0-7506-8896-3.
- [18] KASCHKE, Michael, Karl-Heinz DONNERHACKE a Michael Stefan RILL. *Optical Devices in Ophthalmology and Optometry*. Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany: WILEY-VCHVerlag GmbH & Co., 2014. ISBN 978-3-527-41068-2.
- [19] MICHAEL BASS, editor-in-chief, Jay M. Enoch, associate editor JAY M. ENOCH, ASSOCIATE EDITOR a associate editor. VASUDEVAN LAKSHMINARAYANAN. *Handbook of optics*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2010. ISBN 9780071629287.
- [20] BHATTACHARYYA, Bikas. *Textbook of Visual Science and Clinical Optometry*. 1. 1745, Pheasant Run Drive, Maryland Heights (Missouri), MO 63043, USA: Jaypee Brothers Medical Publishers, 2009. ISBN 978-81-8448-599-8.
- [21] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 9788024750798.
- [22] HARRIS, W.F. Subjective refraction: the mechanism underlying the routine. *Ophthalmic and Physiological Optics Volume*. 2007, **27**(6), 594-602. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2007.00504.x.
- [23] RAMACHANDRA PARANAJASEGARAM. A textbook on optics and refraction. [Http://www.aurosiksha.org](http://www.aurosiksha.org) [online]. Postgraduate Institute of Ophthalmology Madurai - 625 020, Tamilnadu, India: Aravind Eye Hospitals, 2007 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: <http://www.aurosiksha.org/ebook/pdf/optics-and-refraction.pdf>
- [24] http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2009_04.pdf
- [25] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [26] <https://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/video/Refraction/pdfs/Std-Subj-Refract-MinusCyl-Clinicians.pdf>
- [27] https://www.topcomed.cz/pdf/katalog_topcomed.pdf
- [28] https://www.topcomed.cz/pdf/IS_600III.pdf
- [29] http://www.topcon-medical.eu/files/EU_Downloads/Products/CV-5000/CV-5000PRO_Brochure_Topcon_EN
- [30] <http://www.beckoptik.ch/downloads-de/OculusKatalogInternational.pdf?L=0>

Seznam symbolů a zkratek

nm	nanometr
mm	milimetr
cm	centimetr
m	metr
dpt	dioptrie
°	stupeň
PD	rozteč zornic

Seznam obrázků

Obr.1: Jednotlivé rozměry a indexy lomu oka v neakomodovaném	3
Obr. 2: Osy a úhly oka: N - nodal point, OA - optická osa, VC - osa fixace, VF - vizuální osa, α - úhel alfa, κ - úhel kappa, γ - úhel gamma.	4
Obr. 3: A: myopické oko, B: myopické oko s předloženou konkávní čočkou [18]	5
Obr. 4: A-hypermetropické oko,.....	6
Obr. 5: Typy astigmatismu podle orientace zakřivení rohovky:	7
Obr. 6: Snellenovy znaky a Bailey – Lovey optotyp.....	9
Obr. 7: Duochromatický test pro jemné sférické dokorigování.	14
Obr. 8: Vizuální vjem pravého a levého oka s polarizačními filtry při Osterberg. testu.....	15
Obr. 9: Zkušební obruba a její části [15]	16
Obr. 10: Forofter a jeho části [15]	19
Obr. 11: Automatický forofter CV-5000 (Topcon).	23
Obr. 12: Tlačítka pro přepínání funkcí – (1) změna testování dalekého a blízkého bodu, (2) tlačítko pro úpravu sférické korekce, (3) tlačítko pro úpravu cylindrické korekce, (4) tlačítko pro úpravu osy cylindru, (5) úprava PD klienta, (6) úprava hodnoty addice, (7) tlačítko pro zjišťování horizontálního prisma, (8) tlačítko pro zjišťování vertikálního prisma.	24
Obr. 13: Tlačítka pro základní operace: (1) tlačítko pro změnu sférické hodnoty nebo osy astigmatismu, (2) tlačítko pro změnu programu, (3) (4) úprava skříženého cylindru, (5) (6) úprava sférické korekce do plusu nebo mínusu, (7) nastavení úprav korekce pro pravé oko, (8) nastavení úprav korekce za binokulárních podmínek (9) nastavení úprav korekce pro levé oko, (10) (11) nastavení okluze pravého a levého oka, (12) nastavení programu testování, (13) změna testů a programů, (14) tlačítko pro úpravu zrakové ostrosti, (15) tlačítko pro testování v duochromatickém testu.....	24

Obr. 14: Graf 1 Porovnání výskytu refrakčních vad u všech vyšetřovaných osob.	26
Obr. 15: Graf 2 Porovnání výskytu refrakčních vad vzhledem na jednotlivá pohlaví.	26
Obr. 16: Graf 3 Sférické hodnoty naměřené na foropteru a s pomocí zkušební obruby.	28
Obr. 17: Graf 4 Hodnoty myopické korekce na foropteru a se zkušební obrubou.....	29
Obr. 18: Graf 5 Hodnoty hypermetropické korekce naměřené na foropteru a se zkušební obrubou.....	29
Obr. 19: Graf 6 Hodnoty cylindrické korekce naměřené na foropteru a se zkušební obrubou.	30
Obr. 20: Graf 7 Osy cylindrické korekce naměřené na foropteru a se zkušební obrubou.....	31
Obr. 21: Graf 8 Hodnoty dosaženého visu po korekci na foropteru a se zkušební obrubou.	31
Obr. 22: Graf 9 Porovnání preferencí vyšetřovaných u metod subjektivní refrakce.....	32
Obr. 23 : Graf 10 Preference vyšetřovaných osob u refrakce na foropteru.....	33
Obr. 24: Graf 11 Preference vyšetřovaných osob u refrakce se zkušební obrubou.....	33
Obr. 25: Graf 12 Porovnání preferencí optometristů u jednotlivých metod subjektivní refrakce.	34
Obr. 26: Graf 13 Preference optometristů u subjektivní refrakce na foropteru.....	35
Obr. 27: Graf 14 Preference optometristů u subjektivní refrakce se zkušební obrubou.	35

Seznam tabulek

Tabulka 8.1: Průměrné sférické hodnoty a směrodatné odchylky všech refrakčních vad.	27
Tabulka 8.2: Průměrné sférické hodnoty a směrodatné odchylky u myopických probandů....	27
Tabulka 8.3: Průměrné sférické hodnoty a směrodatné odchylky u hypermetropických probandů.	27
Tabulka 8.4: Průměrné hodnoty cylindrické korekce a směrodatné odchylky.....	30
Tabulka 8.5: Průměrné hodnoty os cylindrické korekce a směrodatné odchylky.....	30

Příloha : Výsledné hodnoty refrakce probandů

Proband	Pohlaví	Věk		F Sféra (dpt)	F Cylindr (dpt)	F Osa (°)		ZO Sféra (dpt)	ZO Cylindr (dpt)	ZO Osa (°)
1	M	25	OP	0,25			OP			
			OL	0,25		140	OL			
2	Ž	26	OP	-0,25	-0,25	155	OP	-0,50	-0,50	160
			OL	-0,25			OL	-0,25		
3	Ž	25	OP	0,25	-1,00	80	OP	0,25	-0,75	70
			OL		-0,25	70	OL	0,25	-0,25	90
4	Ž	25	OP				OP			
			OL	2,50			OL	3,25		
5	M	23	OP	-0,25	-0,5	150	OP	-0,25	-0,75	160
			OL	-0,25	-0,75	15	OL		-1,00	10
6	Ž	23	OP	-0,25			OP			
			OL	-0,25	-0,5	170	OL		-0,25	170
7	Ž	25	OP	-1,25			OP	-1,25		
			OL	-1,25			OL	-1,25		
8	Ž	18	OP	-4,25			OP	-4,00		
			OL	-4,50			OL	-4,00		
9	M	21	OP	-1,25	-0,25	60	OP	-1,25	-0,50	50
			OL	-1,00	-0,50	90	OL	-0,75	-0,50	85
10	M	21	OP	-5,75			OP	-5,25		
			OL	-6,00			OL	-5,50		
11	Ž	22	OP	-2,75	-0,75	180	OP	-2,75	-0,75	180
			OL	-4,00	-0,50	155	OL	-3,75	-0,75	170
12	Ž	24	OP	-0,50	-0,75	5	OP	-0,25	-0,75	175
			OL	-0,75	-1,00	8	OL	-0,50	-1,25	5
13	Ž	35	OP	2,25			OP	2,00		
			OL	2,00			OL	2,00		
14	Ž	26	OP	1,50			OP	1,25		
			OL	1,50			OL	1,50		
15	M	23	OP	-2,75	-0,50	75	OP	-2,5	-0,50	70
			OL	-2,75	-0,25	95	OL	-2,75	-0,50	95
16	Ž	25	OP	1,75			OP	1,50		
			OL	1,75			OL	1,25		
17	Ž	38	OP	1,00	-0,50	55	OP	0,75	-0,50	60
			OL	0,75	-0,25	30	OL	0,75	-0,25	35
18	Ž	30	OP	1,25			OP	1,25		
			OL	1,50			OL	1,25		
19	Ž	22	OP	-0,75	-0,50	180	OP	-1	-0,5	0
			OL	-0,50	-0,50	175	OL	-0,50	-0,25	175
20	M	23	OP	-0,75			OP	-0,50		
			OL	-1,00	-0,50	80	OL	-1,00	-0,25	70
21	M	25	OP	-3,50			OP	-3,00		
			OL	-4,00			OL	-3,75		
22	Ž	26	OP	1,25	-1,00	180	OP	1,25	-0,75	0
			OL	0,75	-0,50	10	OL	0,50	-0,75	5
23	M	25	OP	2,50	-1,25	160	OP	2,25	-1,00	160
			OL	2,25	-1,00	80	OL	2,25	-1,00	70
24	M	23	OP	1,00			OP	0,75		
			OL	1,00			OL	1,00		
25	Ž	18	OP	-0,25			OP			
			OL	-0,5	-0,25	55	OL	-0,25	-0,25	45
26	Ž	25	OP	-1,00			OP	-1,00		
			OL	-1,50			OL	-1,25		
27	M	22	OP	-2,25			OP	-1,75		
			OL	-2,25			OL	-2,25		
28	Ž	23	OP	1,50			OP	1,00		
			OL	1,50			OL	1,25		
29	Ž	27	OP	0,50	-1,50	20	OP	0,50	-1,25	20
			OL	0,50	-1,00	180	OL	0,25	-1,00	10
30	Ž	20	OP		-0,25	155	OP			
			OL	-0,25	-0,50	170	OL		-0,50	160
31	M	26	OP	-3,25			OP	-3,25		
			OL	-2,75			OL	-3,00		
32	Ž	23	OP	-2,75	-0,75	80	OP	-2,75	-0,75	90
			OL	-2,50	-0,75	90	OL	-2,75	-0,75	90
33	Ž	21	OP	1,75	-0,25	15	OP	1,50	-0,25	10
			OL	1,50	-0,25	10	OL	1,50		
34	M	35	OP	0,50			OP			
			OL	0,25			OL	0,25	-0,25	75
35	M	21	OP	-4,00	-0,75	40	OP	-3,50	-1,00	20
			OL	-3,50			OL	-3,50		