



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

**Porovnání měření individuálních parametrů brýlí mezi ručním měřením
a centrovacími pomůckami**

**The comparison of manual measurement and centering tools for the
individual parameter measurement of glasses.**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Vedoucí práce: Mgr. Jakub Král

Markéta Vernerová, DiS.

Kladno, květen 2014

Katedra přírodovědných oborů

Akademický rok: 2014/2015

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

Student: **Markéta Vernerová, DiS.**
Obor: Optika a optometrie
Téma: **Porovnání měření individuálních parametrů brýlí mezi ručním měřením a centrovacími pomůckami**
Téma anglicky: The comparison of manual measurement and centering tools for the individual parameter measurement of glasses

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

Zadání pro vypracování bakalářské práce. Student se seznámí s problematikou získávání individuálních centračních parametrů klienta s cílem přesné centrace brýlových čoček. Student popíše jednotlivé metody získávání těchto parametrů a obohatí o popis nejmodernějších centrovacích přístrojů a centrace pomocí tabletu. V teoretické části bude přiblížena problematika centrace pupilární distance u jednotlivých druhů klientů a jimi spojenými brýlovými čočkami. Představí jednotlivé druhy možnosti centrace a poukázat na jejich výhody a chyby. V praktické části bude kladen důraz na praktické změřeni a porovnání centrovacích pomůcek jejich způsob a přesnost měření mezi sebou. Odchylky mezi jednotlivými měření, především pro osoby s vetchozrakostí.

Seznam odborné literatury:

- [1] RUTRLE, M., Přístrojová technika: učební text pro oční optiky a oční techniky, optometry a oftalmology, ed. 1, Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, Brno, 2000, 198 s., ISBN 80-701-3301-5
- [2] KUCHYNKA, P. a kol., Oční lékařství, ed. 1, Praha: Grada Publishing, 2007, 812 s., ISBN 978-80-247-1163-8
- [3] NAJMAN, L., Dílenská praxe oční optika, ed. 2, Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotních oborů, Brno, 2010, ISBN 978-807-0135-297

zadání platné do: 29.09.2016

Vedoucí: Mgr. Jakub Král



vedoucí katedry / pracoviště

l. s.



děkan

V Kladně dne 15.01.2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem:

„ Porovnání měření individuálních parametrů brýlí mezi ručním měřením a centrovacími pomůckami “

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

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Mgr. Jakubu Královi za cenné rady v odborných náležitostech, věcné připomínky, ochotu a vstřícný přístup během zpracování bakalářské práce. Poděkování náleží i celé mé rodině a příteli za podporu, trpělivost a pevné nervy po celou dobu mého studia.

Abstrakt:

Cílem bakalářské práce je přiblížit problematiku centrace pupilární distance. V práci jsou popsány jednotlivé brýlové čočky a parametry potřebné pro jejich zábrus. Zároveň jsou podrobně popsány metody pro získání těchto parametrů. V praktické části je na reálném měření zkoumána přesnost popsaných metod a jejich vzájemné porovnání.

Klíčová slova:

Pupilární distance (PD), Brýlové čočky, Centrace,

Abstract:

Goal of this bachelor thesis is to explain problematic of pupilar centration. Glass lenses and parameters needed for their cutting are described in thesis. Methods used to obtain these parameters are also described. part with practical measurements explores exactness of these methods and compares them.

Key words:

Pupillary distance (PD), Spectacle lenses, Centration

Obsah

Úvod	4
1 Oko a jeho základní osy	5
2 Schématické modely oka.....	6
2.1 Gullstrandovo schématické oko	6
2.2 Emsleyova-Graffova zjednodušená modifikace Gullstrandova schématického oka... 8	
2.3 Standardní redukované oko	9
3 Refrakční vady	10
3.1 Ametropie	10
3.1.1 Myopický a Hypermetropický klient	10
3.1.2 Astigmatický klient	12
3.2 Korekce Ametropie	12
3.2.1 Sférické brýlové čočky	13
3.2.2 Asférické brýlové čočky	13
3.2.3 Sférocylindrické brýlové čočky	14
3.2.4 Torické brýlové čočky	14
3.3 Strabismus	15
3.3.1 Korekce strabismu	15
3.3.2 Možnosti centrace strabismu pomocí brýlových čoček	16
4 Možnosti měření pupilární distance	18
4.1 Značení na fólii.....	18
4.2 Pupilometry	19
4.2.1 PD měřítko.....	19
4.2.2 Monokulární a Binokulární pupilometr.....	20
4.2.3 Zrcadlový pupilometr	21
5 Presbyopický klient	22
5.1 Korekce presbyopie	22
5.1.1 Bifokální a Trifokální čočky	23
5.1.2 Progresivní brýlové čočky	24
5.1.3 Degresivní brýlové čočky	26
5.1.4 Individuální brýlové čočky	27

6	Možnosti centrace Presbyopického klienta	28
6.1	Centrovací věž Essilor Visio Office	28
6.2	Centrovací tablet Hoya visuReal	29
7	Závěr teoretické části	30
8	Praktická část.....	31
8.1	Metodika výzkumu	31
8.1.1	Popis získávání údajů na centrační věži	31
8.1.2	Popis získání údajů na centračním tabletu Hoya VisuReal.....	33
8.1.3	Ruční měření za pomoci fólie v brýlové obrubě.....	33
8.1.4	Ruční měření za pomoci pravítkového pupilometru.....	34
8.2	Metodika statistického zpracování výsledků.....	34
8.3	Výsledky	36
8.4	Diskuze.....	47
	Závěr.....	49
	Seznam použitých zkratk	50
	Seznam použitých obrázků.....	51
	Seznam použitých tabulek.....	52
	Seznam použitých grafů	53
	Seznam použité literatury	54
	Seznam příloh.....	57

Úvod

Život v 21. století znamená spěch, ruch a chaos. Tomu všemu je vystaven lidský organismus, především zrak. Na ten jsou při stále rostoucím zatížení kladeny čím dál větší nároky. Může to být například dlouhá práce na počítači při špatném osvětlení, nebo ve špatně klimatizovaných prostorách. I přes to však lidé chtějí vidět stále lépe a dál. Náš zrak má ovšem jako vše kolem nás omezené možnosti.

I přes omezené možnosti se snažíme našemu zraku co nejlépe prospívat. A to například přesnou korekcí či volbou správné brýlové čočky pro konkrétní podmínky, při kterých budou čočky užívány. Přesná korekce neznamena pouze zvolení správné dioptrické hodnoty, ale i přesného nacentrování brýlových čoček pro zajištění bodového zobrazování při pohledu skrz čočku.

V bakalářské práci budou představeny možnosti centrace jednotlivých druhů brýlových čoček pro jednotlivé druhy klientů. Dále bude vysvětleno, jak moc je důležité přesné měření centračních údajů klientů a blíže budou vysvětleny jednotlivé metody používané k jejich zjištění. Mezi nejstarší metody měření patří například ruční měření za pomoci fólie v obrubě. Tento způsob je postupně nahrazován měřením moderními přístroji, které by měly zrychlit, zjednodušit a především zpřesnit práci očního specialisty. A je tomu skutečně tak?

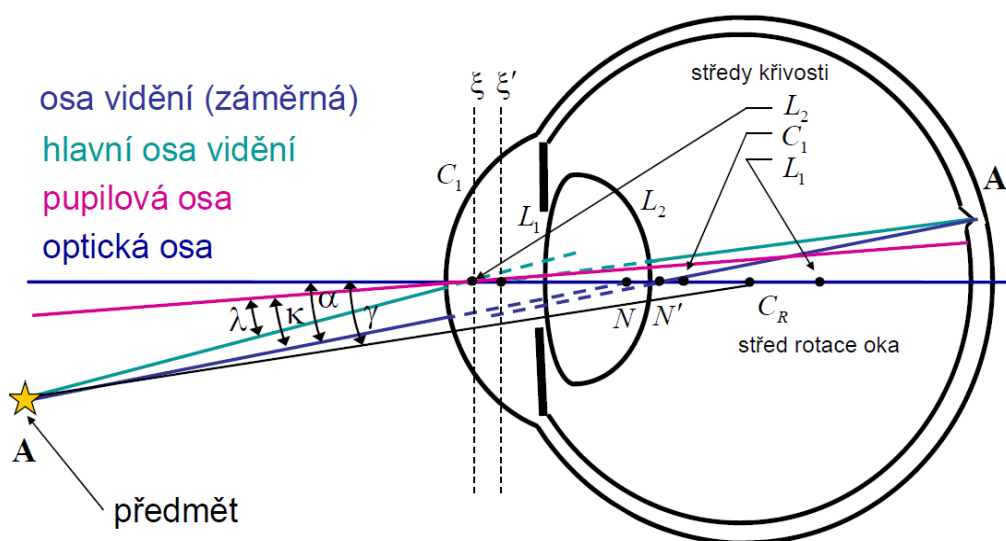
Není naopak práce s novými přístroji v dnešní uspěchané době pouze zdržujícím faktorem či nečiní jejich ovládání a manipulace zbytečné problémy? Je jejich technologická vyspělost natolik zvýhodňujícím faktorem, aby zastínila ruční centraci brýlových čoček? Anebo se přesnost a rychlost moderních strojů nedá srovnat s ruční centrací zkušených očních specialistů?

Cílem bakalářské práce je porovnání metod zjišťování individuálních parametrů klientů pro centraci brýlových čoček. Jejich přesnosti, repetability a náročnosti obsluhy.

1 Oko a jeho základní osy

Oko, neboli též oční koule, měřící předozadně 24 mm, se skládá z mnoha částí. Základní části jsou rohovka, komorová voda, zornice, čočka, sklivec a sítnice. Těmito částmi prochází světelný paprsek až na místo nejostřejšího vidění, žluté skvrny. Žlutá skvrna je obvykle fyziologicky mírně decentrovaná o zhruba 1,25 mm temporálně od optické osy. Nezbytnou podmínkou pro průchod světelného paprsku těmito prostředími je jejich čírost.

Díky tomu, že jednotlivé plochy optické soustavy nejsou rotačně symetrické, označuje se optická soustava za nacentrovanou. Vzhledem k nesymetričnosti oka, se optická osa neshoduje se spojnicí pozorovaného bodu a žluté skvrny. Z tohoto důvodu jsou zavedeny různé typy očních os. Optická osa protíná středy křivosti jednotlivých lámavých povrchů oka až po sítnici v místě mezi žlutou a slepou skvrnou. Hlavní osa vidění spojuje pozorovaný předmět se žlutou skvrnou. Osa prochází středem vstupní pupily a pod stejným úhlem vystupuje z výstupní pupily. Se změnou velikosti zornice se může hlavní osa měnit. Optická osa vidění spojuje předmět se žlutou skvrnou, stejně jako hlavní osa. Osa vidění však nezávisí na velikosti pupily. Osa fixace je přímka protínající střed otáčení oka, fixovaného předmětu a žluté skvrny. Tato osa je potřebná pro popis vidění při změně pohledového směru oka. [1, 2, 3]



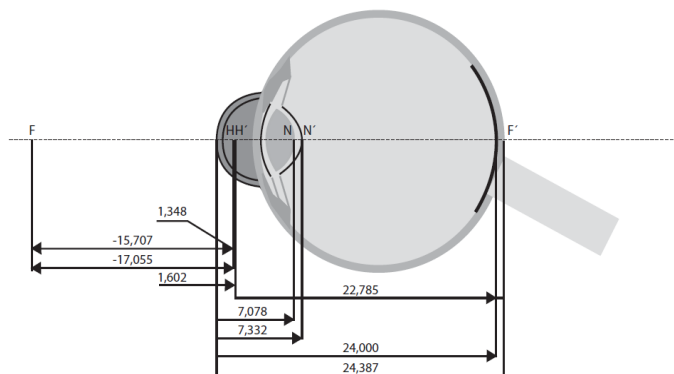
Obr. č. 1 - Základní osy oka [1]

2 Schématické modely oka

Každý zrakový orgán (oko) je jedinečný, proto je zapotřebí vytvořit optický model, který s dostatečnou přesností reprezentuje průměrné vlastnosti lidského oka. Existují tři běžně užívané optické modely: Gullstrandovo schématické oko, Emsleyova-Graffova modifikace zjednodušeného Gullstrandova schématického oka a Standardní redukované oko. Parametry získané z modelů jsou nezbytné pro analýzu chodu paprsků okem a pro výpočty zobrazení chodu paprsků optickou soustavou. Dále se tyto modely využívají také jako vzor pro kalibraci optických přístrojů.

2.1 Gullstrandovo schématické oko

Gullstrandovo schématické oko je dosud užívaný a nejpodrobnější model oka o šesti optických plochách. Autorem je švédský oftalmolog A. Gullstrand. Model vyhovuje i pro velmi přesné optické výpočty. Každá lámavá plocha je definována poloměrem křivosti a tyto plochy tvoří hranici mezi dvěma různými prostředími, které mají různý index lomu (refrakční index) před a za lámavou plochou. Souhrnný popis jednotlivých parametrů lomových prostředí a refrakčních indexů je přehledně popsán v tabulce č. 1 a obrázku č. 2. V tomto modelu se za předmětové optické prostředí považuje vzduch o indexu lomu 1. Rohovka je definována přední a zadní lomivou plochou. Čočka se skládá z periferní oblasti a jádra. Celou čočku Gullstrandův model popisuje pomocí čtyř lámavých ploch. Model předpokládá stejný index lomu u sklivce i komorové vody. Předmět v nekonečnu se kvůli vzájemné poloze sítnice a obrazového ohniska jeví na sítnici trochu neostře. Obrazové ohnisko oka leží před sítnicí a Gullstrandův model oka se jeví jako hypermetropický. Při maximální akomodaci je mohutnost dioptrické soustavy +58,64 D, při uvolněné akomodaci +70,57 D. Vzdálenost předmětového i obrazového ohniska je -17,055 mm. Při neakomodovaném stavu činí +22,785 mm a při maximální akomodaci -14,169 mm a +18,030 mm. [4]



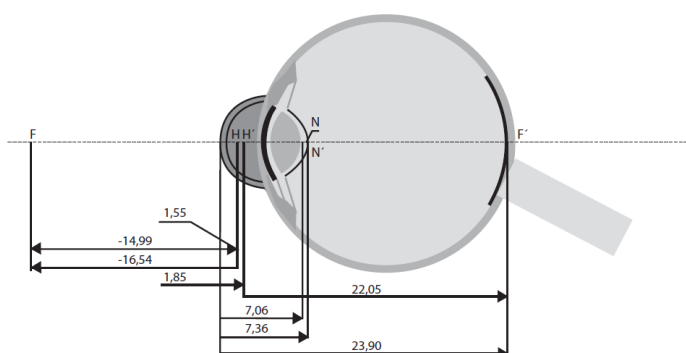
Obr. č. 2 - Model Gullstrandova schématického oka [2]

Tabulka č. 1 - Parametry Gullstrandova schématického oka – hodnoty v závorkách odpovídají maximální akomodaci. V ostatních případech se jedná o neakomodovaný stav. Chybí-li hodnota v závorce, parametr se v závislosti na akomodaci nemění [T1]

	Vzdálenost od vrcholu rohovky (mm)	Poloměr zakřivení (mm)	Index lomu
Přední plocha rohovky oka	0,000	7,700	-
Rohovka oka	-	-	1,376
Zadní plocha rohovky oka	0,500	6,800	-
Komorová voda oka	-	-	1,336
Přední plocha čočky oka	3,600 (3,2)	1,000 (5,33)	-
Periferie čočky oka	-	-	1,386
Přední plocha jádra čočky oka	4,156 (3,8725)	7,911 (2,655)	-
Jádro čočky oka	-	-	1,406
Zadní plocha jádra čočky oka	6,655 (6,5275)	- 5,760 (-2,655)	-
Zadní plocha čočky oka	7,200	-6,000 (-5,33)	-
Sklivec oka	-	-	1,336
Předmětové ohnisko oka	- 15,707 (-12,397)	-	-
Obrazové ohnisko oka	24,387 (21,016)	-	-
Předmětový hlavní bod oka	1,348 (1,722)	-	-
Obrazový hlavní bod oka	1,602 (2,086)	-	-
Předmětový uzlový bod oka	7,078 (5,633)	-	-
Obrazový uzlový bod oka	7,332 (5,997)	-	-
Sítnice oka	24,000	-	-

2.2 Emsleyova-Graffova zjednodušená modifikace Gullstrandova schématického oka

Pro usnadnění a urychlení výpočtů v praxi byl model Gullstrandova schématického oka zjednodušen Emsleyem a Graffem na model jen se třemi lámavými optickými plochami. Čočku představují dvě optické plochy, zatímco rohovku pouze plocha jediná. Na rozdíl od Gullstrandova modelu, zde leží obrazové ohnisko přesně na sítnici (oko je emetropické). Celková optická mohutnost je u tohoto modelu tedy +60,48 D a předmětná a obrazová ohnisková vzdálenost -16,54 mm a +22,05 mm. I po zjednodušení je model dostačující pro většinu výpočtů potřebných v praxi. [4]



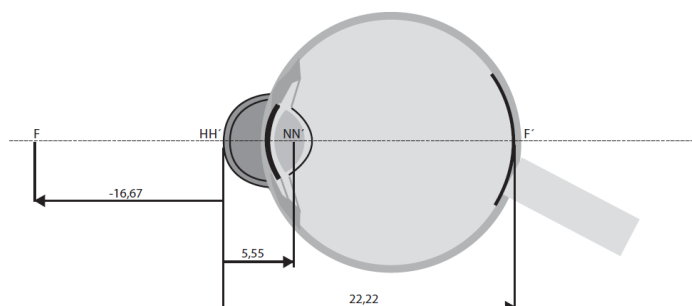
Obr. č. 3 - Model Emsleyova-Graffova modifikace [2]

Tabulka č. 2 - Parametry Emsleyovy-Graffovy modifikace zjednodušeného Gullstrandova schématického oka [T1]

	Vzdálenost od vrcholu rohovky (mm)	Poloměr zakřivení (mm)	Index lomu
Rohovka oka	0,000	7,800	-
Komorová voda oka	-	-	4/3
Přední plocha čočky oka	3,600	10,000	-
Čočka oka	-	-	1,416
Zadní plocha čočky oka	7,200	- 6,000	-
Sklivec oka	-	-	4/3
Předmětové ohnisko oka	- 14,990	-	-
Obrazové ohnisko oka	23,900	-	-
Předmětový hlavní bod oka	1,550	-	-
Obrazový hlavní bod oka	1,850	-	-
Předmětový uzlový bod oka	7,060	-	-
Obrazový uzlový bod oka	7,360	-	-
Sítnice oka	23,900	-	-

2.3 Standardní redukované oko

Předchozí model Emsleyovy-Graffovy modifikace Gullstrandova schematického oka lze ještě dále zjednodušit redukcí třech lomivých ploch na jedinou plochu s ekvivalentním lámavým povrchem o poloměru křivosti $r = +5,55$ mm, axiální délce $+22,22$ mm a indexem lomu $n = 4/3$. Předmětová a obrazová ohnisková vzdálenost modelu je $-16,67$ mm a $+22,22$ mm. Celková optická mohutnost je $\phi = (1-n)/r = +60$ D. Ze zjednodušeného Gullstrandova modelu si redukované oko zachovává své emetropické chování. Sítnice je obvykle ztotožněna se žlutou skvrnou. Vhodnou úpravou určitých hodnot (např. délky) lze lépe simulovat případy ametropického oka. Takto upravený model se nazývá Nestandardní redukované oko. Pokud by se údaje získané z modelu redukovaného oka a modelu zjednodušeného Gullstrandova oka porovnávaly, je nutné k vrcholovým vzdálenostem připočíst $1,68$ mm k vzdálenostem redukovaného oka. [4]



Obr. č. 4 - Model Standardního redukovaného oka [2]

Tabulka č. 3 - Parametry Standardního redukovaného oka při relaxované akomodaci [T1]

	Vzdálenost od vrcholu přední plochy modelu (mm)	Poloměr zakřivení	Index lomu
Přední plocha modelu oka	0,0	+ 5,550	-
Vnitřní prostředí oka	-	-	3/4
Předmětové ohnisko oka	- 16,570	-	-
Obrazové ohnisko oka	+ 22,220	-	-
Hlavní bod oka	0,000	-	-
Uzlový bod oka	+ 5,550	-	-
Sítnice oka	+ 22,220	-	-

3 Refrakční vady

Vidění a jeho vývoj je komplexní proces fyziologického charakteru, nikoliv patologického, čítající aktivní fázi a pasivní fázi. V aktivní fázi dochází k neustálému přísunu zrakových podnětů. V pasivní fázi dochází k soustředění podnětů na sítnici, aby vznikl ostrý obraz zobrazovaného podnětu. Tento proces ovlivňují určující vlastnosti: lomivost čočky, rohovky, předozadní délka oka, hloubka přední komory. Tyto vlastnosti se v počátečních měsících (a letech) vývoje dítěte mění a neustálí se ani po 20. roku (ukončení růstu oka). Nesmíme opomenout, že pro správný vývoj je důležitá čírost optických prostředí a správný přenos informací ze sítnice do mozku skrze zrakovou dráhu. Hodnoty těchto biologických veličin kolísají v rámci normální Gaussovy křivky. [3, 4, 5, 6, 7]

3.1 Ametropie

Refrakci oka definujeme poměrem axiální délky oka k optické mohutnosti lomivých prostředí. V ideálním stavu se paprsky z nekonečna lomí optickou soustavou oka a promítají se na sítnici. Takový stav nazýváme emetropie. Pokud se paprsky nesbíhají na sítnici, mluvíme o ametropii. Ametropie se dělí na jednotlivé refrakční vady, které je zapotřebí správně vykorigovat a nacentrovat do obruby. [3, 4, 5]

3.1.1 Myopický a Hypermetropický klient

Myopický (krátkozraký) klient je takový, kterému se sbíhají paprsky jdoucí z nekonečna před sítnicí. To způsobuje neostrý obraz. Tento deficit může být způsobený prodloužením oka oproti oku emetropickému (24mm). Takto způsobenou myopii nazýváme osovou (axiální). Jedná se o nejčastější možnost vzniku myopie. Další možností vzniku myopie může být příliš velká lomivost optických prostředí při délce 24mm. Jedná se tak o systémovou myopii. Systémová myopie se dělí na indexovou, způsobenou zvýšením indexu lomů optických prostředí a radikální, kdy poloměry křivosti jednotlivých prostředí jsou zmenšené.

Dle počtu dioptrií můžeme myopii rozdělit:

- | | |
|---|------------------------|
| a) Myopia simplex (jednoduchá) | od - 3,0 D |
| b) Myopia modica (střední) | od - 3,25 D až - 6,0 D |
| c) Myopia gravis (těžká) | nad - 6,0 D |
| d) Myopia gravis degenerativa (vrozená) | nad - 10,0 D |

U myopie gravis dochází k degenerativním změnám v oku, jako je například roztažení sítnice, cévnatky a sklivce, či trhliny v okulární oblasti. Celé oko bývá větší, ciliární sval bývá zakrnělý, nebo zmenšený. [3, 4, 5, 6, 7]



Obr. č. 5 - Zobrazení oka emetropického (vlevo) a myopického (vpravo) [O3]

Oproti tomu hypermetropický klient se vyznačuje tím, že se paprsky spojují až za sítnicí a způsobují tak nezřetelný zamlžený a především menší obraz. Též u hypermetropie se dělí refrakční vada na axiální, která tvoří nejčastější variantu vzniku, a systémovou. Již při narození se oko stává hypermetropickým a během života se vada zmenšuje ke stavu emetropie. Axiální vada je způsobená zkrácením předozadní délky oka, tedy méně než 24 mm. Vada může být opět způsobena i systémovou hypermetropií, kdy je snížen index lomu jednotlivých prostředí, nebo zvětšenými poloměry křivosti. [3, 4, 5, 6, 7]

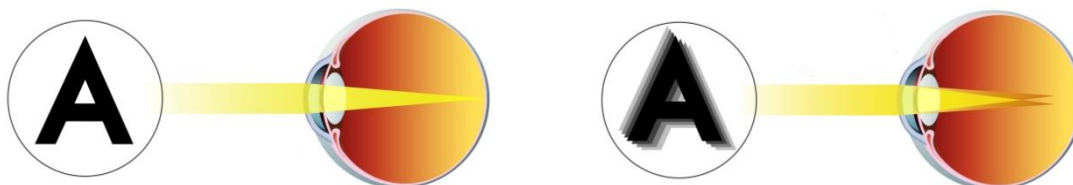


Obr. č. 6 - Zobrazení oka emetropického (vlevo) a hypermetropického (vpravo) [O3]

3.1.2 Astigmatický klient

Astigmatismus je refrakční vada, kde sagitální i meridiální roviny oka nemají v různých místech stejnou optickou mohutnost. Tato nepravidelnost se projevuje rozmazaným viděním ve všech vzdálenostech, v některých případech šilháním, astenopickými potížemi (především u větších forem). Nízké formy mohou být bez příznaků. Některé studie též prokázaly spojení s bolestí hlavy a migrénami. Astigmatismus můžeme rozdělit na křivkový a indexový. Křivkový astigmatismus je nejčastěji způsobený vrozeným zakřivením rohovky, ale může se vyskytovat i po úrazech, operacích či prodělaném zánětu na rohovce. Dalším typem je astigmatismus indexový, který se nejčastěji vyskytuje při počínající kataraktě vlivem změny indexu lomu v čočce, při které vznikají různé zákal, které mění hodnotu indexu lomu.

Dalším možným dělení astigmatismu je na pravidelný a nepravidelný. U pravidelného jsou osy obou hlavních meridiánů na sebe vzájemně kolmé. Tento typ astigmatismu můžeme korigovat brýlovou čočkou. Astigmatismus nepravidelný se vykazuje tím, že osy hlavních meridiánů na sebe kolmé nejsou. V současné době nelze vyrobit brýlovou čočku, která by tento problém vyřešila. Většina případů lze řešit refrakční operací nebo kontaktními čočkami. [3, 4, 5, 6, 7]



Obr. č. 7 - Zobrazení oka emetropického(vlevo) a astigmatického (vpravo) [O3]

3.2 Korekce Ametropie

Jelikož svět kolem nás je různorodý, jsou stejně jedineční všichni klienti a jejich oči. Proto se ke každému novému i stávajícímu klientovi musí přistupovat individuálně. To, že jednomu vyhovuje určitý typ brýlových čoček, neznamená, že bude vyhovovat i dalšímu. Požadavky na brýlové čočky se během života mění. Dříve dobře vyhovující brýle již nemusí být vyhovující pro nový druh aktivit. Díky tomuto uvědomění, výrobci začali vyrábět různorodé spektrum brýlových čoček a optometristé tak mohou najít ty, které pro daného klienta a pro danou činnost budou nejlepší volbou.

3.2.1 Sférické brýlové čočky

Sférické brýlové čočky spadají do skupiny jednoohniskových brýlových čoček tvořených dvěma kulovými plochami, které zajišťují bodové zobrazení. U sférických brýlových čoček je okrajová tloušťka po obvodě konstantně široká. Při měření na fokometru se objevuje ve všech místech brýlové čočky stejná dioptrická hodnota. Sférické čočky se dělí na čočky spojné a rozptylné. Pomocí těchto sférických čoček se korigují rotačně symetrické vady, jako je myopie a hypermetropie.

Při centrování sférických brýlových čoček v obrubě umísťujeme optický střed brýlové čočky podle centračních údajů klienta. U tohoto typu centrace jsou dodrženy všechny požadavky na centrování, zachování skutečného středu otáčení oka, polohy vztažných bodů čoček i velikost zorného pole. [1, 2, 8]

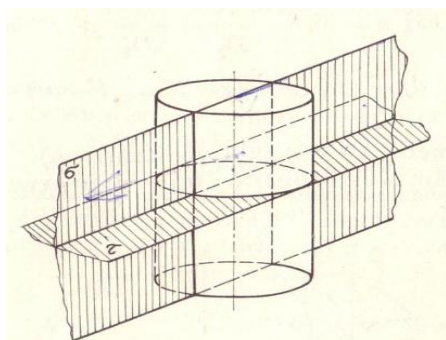
3.2.2 Asférické brýlové čočky

Asférické čočky se vyznačují tím, že mají jednu plochu kulovou (sférickou) a druhou, která mění zakřivení od středu rotace k okraji. Kvůli rozdílnému zakřivení ploch se u asférických čoček nevyskytuje vada zobrazení nazývaná astigmatismus šikmých paprsků jako u sférických čoček. Díky technologii umožňující vytvořit jednu plochu brýlové čočky sférickou a druhou asférickou, je možno vyrobit čočku s redukovanou středovou tloušťkou u spojných brýlových čoček, či tloušťkou okrajovou u rozptylných brýlových čoček. Asférická úprava brýlové čočky snižuje vadu zobrazení astigmatismu šikmých paprsků, a proto vidí člověk lépe přes okraje čočky. Tato úprava redukuje vadu zkreslení, eliminující efekt malých či velkých očí. Asférickou plochu u brýlových čoček nalezneme na přední ploše brýlové čočky.

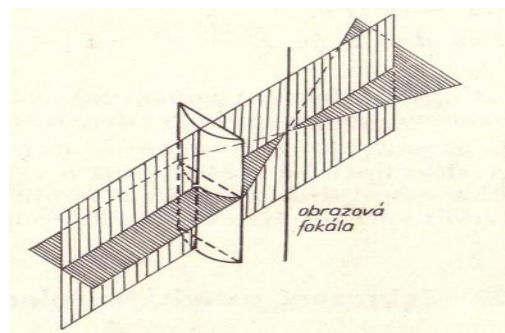
Při centraci tohoto typu čoček musí být přesně změřená pupilární distance spolu s inklinací a osou otáčení, aby nevznikalo diskomfortní vidění skrze čočku a nedocházelo k bolesti hlavy či zkreslení obrazu při pohledu stranou. Asférickou čočku též není možno decentrovat za účelem navození prizmatického účinku. Nevýhodou těchto čoček je náročná výroba, která zvyšuje cenu čočky. Výhodou těchto čoček pro nositele je hledisko estetické, což zahrnuje redukcii středové nebo okrajové tloušťky a lepší zobrazovací vlastnosti. [1, 2, 8]

3.2.3 Sférocyklindrické brýlové čočky

Cylindrická, neboli též válcová čočka, umožňuje korigovat refrakční vady s pravidelným astigmatismem. Sférocyklindrické čočky jsou kombinací sférické plochy na přední části brýlové čočky a zadní plochy válcové. Tento typ brýlových čoček má různou lámavost v jednotlivých řezech. Brýlová čočka je definována podle dvou hlavních řezů, ve kterých je naměřena maximální a minimální lámavost. Při dopadu paprskového svazku jsou v těchto hlavních řezech paprsky lomeny do pozice fokál. Tento interval se nazývá Sturmův, nebo také astigmatický interval. V tomto místě se vytváří kroužek nejmenšího rozptylu. Sférocyklindrické čočky vykazují velké vady zkreslení, proto jsou v dnešní době nahrazeny modernějším torickým designem. [1, 2]



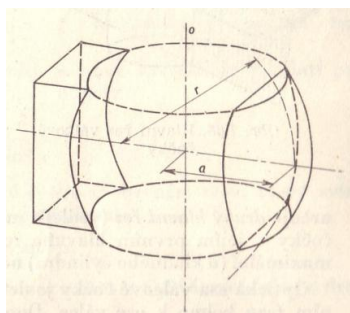
Obr. č. 8 - Ukázka hlavních řezů válcové čočky [O4]



Obr. č. 9 - Lom světla při průchodu válcovou čočkou [O4]

3.2.4 Torické brýlové čočky

Torickou čočkou oproti sférocyklindrické korigujeme vady, při kterých máme v obou osách dioptrie. Torickou plochu lze vytvořit pomocí poloměru „ r “ a rotujícího kruhového oblouku kolem osy „ o “ nacházející se v jeho rovině, která leží ve vzdálenosti „ a “ mimo střed oblouku. Vzniklý tvar připomíná soudek. Vytvořenou čočku charakterizuje jedna plocha sférická a jedna torická. [1, 2,]



Obr. č. 10 - Torická rozptylná a spojná čočka [O4]

3.3 Strabismus

Strabismus, neboli šilhání, je porucha binokulární vzájemné spolupráce obou očí. Nejčastěji se projevuje poruchou sensorické a motorické části zpracování obrazu, nebo přenosem informací skrze zrakový nerv na úrovni nervových informací do centra mozku, v prvních letech života. Strabismus objevující se od narození do 3-5let života nazýváme dynamický strabismus. U tohoto typu hraje důležitou roli dědičnost, ale může být způsobený i refrakční vadou, či dlouhodobým zakrytím oka a mnoha dalšími příčinami, jak na úrovni sensorické, tak na motorické či optické. Strabismus můžeme dělit do mnoha skupin. Nejdůležitější skupinu tvoří dělení na skryté a zjevné šilhání. Pro optometristu a optika je důležitější skryté šilhání, které se řeší brýlovými skly, při výskytu astenopických potíží. Nejčastěji bývá způsobeno oslabením některého z okohybných svalů, nebo poruchou akomodace či inervace svalů. Skryté i zjevné šilhání zjišťujeme například zakrývacími testy. [5, 9, 10, 11]

3.3.1 Korekce strabismu

Strabismus a problémy s ním spojené lze vyřešit několika způsoby od operativní možnosti, po častěji využívanější zrakový trénink, až po korekci prizmaty. Korekce prizmaty se využívá v oční optice a ortoptice. Požadovaného prizmatického účinku se docílí pomocí prizmatických čoček, decentrací jednoohniskové brýlové čočky, anebo za pomoci Fresnelovi fólie. Všemi těmito variantami lze navodit prizmatický účinek. Prizmata se využívají v diagnostice, ortoptice a k terapeutickým účelům. Pomocí prizmat lze určit například velikost úchylny očí, šířku fúze, sítnicové korespondence a další. Nejpodstatnější využití prizmat je pro prizmatické korekce, které provádí většina dnešních optometristů. [9, 10, 11, 12]

3.3.1.1 Prizma

Prizma (optický klín, hranol) je trojboké těleso, které je vyrobené z transparentního materiálu. Je složeno z báze, vrcholu a dvou lomivých ploch, které svírají úhel ω (lámavý úhel) a jejich průsečnicí je lámavá hlava. Třetí (neúčinná) plocha hranolu, která je umístěna proti úhlu ω , se nazývá báze (základna hranolu). Světelný paprsek prochází lomivými plochami tak, že se dvakrát lomí ve směru umístění báze. Deviací pak nazýváme úhel δ , který svírá paprsek vstupující do hranolu s paprskem vystupujícím. Deviace závisí na úhlu

dopadu s první lomivou plochou, lámavém úhlu hranolu ω a indexu refrakce materiálu, ze kterého je hranol vyroben.

Prizmatický účinek lze obecně vyjádřit podle vzorce:

$$\Delta = \frac{d(cm)}{g(m)} \quad (1)$$

Optický klín o velikosti 1pdpt má prizmatický účinek, který od druhé lámavé plochy hranolu uchýlí paprsek ve vzdálenosti 1m o 1cm. Při určení prizmatického účinku předpokládáme kolmý dopad paprsku na lomivou plochu. [10, 11, 13, 14]

3.3.2 Možnosti centrace strabismu pomocí brýlových čoček

Centrace strabismu je možno provádět pomocí decentrace jednoohniskové brýlové čočky, prizmatické brýlové čočky, nebo za pomoci Fresnelovo prizma.

3.3.2.1 Decentrace jednoohniskové brýlové čočky

Prizmatický účinek lze také navodit decentrací sférické brýlové čočky. Touto metodou lze korigovat nízké stupně skrytého šilhání. Při metodě decentrace brýlové čočky se zvolí bod, který se nazývá vztažný bod. Tímto vztažným bodem dochází též k deviaci a to podle vzorečku č. 2. Decentrace může způsobit, že průměr brýlové čočky je malý a tím nevyhovující do brýlové obruby. Pokud se tak stane, je třeba objednávat větší průměr brýlových čoček či prizmatickou čočku. Prizmatický účinek nelze navodit u multifokálních a asferických brýlových čoček. [2, 12, 14]

Vzorec pro výpočet prizmatické decentrace čočky

$$\Delta = dec \cdot S' \quad (2)$$

Δ - dosažený klínový účinek [Pdpt]

S' - vrcholová lámavost korekční čočky [D]

dec – vzdálenost uvažované decentrace čočky [cm]

Používanější modifikace, uvažující decentraci v mm

$$\Delta = \frac{dec \cdot S'}{10} \quad (3)$$

3.3.2.2 Typy prizmatických čoček

V optometristické a ortoptické praxi se používá několik druhů prizmatických čoček. Tellerova prizmata jsou vyrobena ze skla. Jejich nevýhodou je váha a tloušťka skla při vyšších prizmatických hodnotách. Oproti tomu plastová Wafferova prizmata jsou lehká. Tato prizmata jsou tvořena shlukem malých hranolů se stejně orientovanou základnou, ale viditelné hranice mezi jednotlivými hranoly působí rušivě. Nevýhody obou předchozích prizmat potlačuje Fresnelovo prizma, které je tvořeno fólií, jež i při vyšších hodnotách zůstává lehké a nepřesahuje tloušťku 0,8 mm. Navíc lze z fólie vystříhnout přesný tvar brýlových čoček. Fresnelovo prizma odstraňuje nevýhody ostatních typů prizmatických čoček, ale při aplikaci na brýlové sklo snižují zrakovou ostrost uživatele.

Mimo tyto standardní typy prizmat je možné prizmatického účinku dosáhnout i například decentrací sférické čočky. [2, 12, 14, 26]

4 Možnosti měření pupilární distance

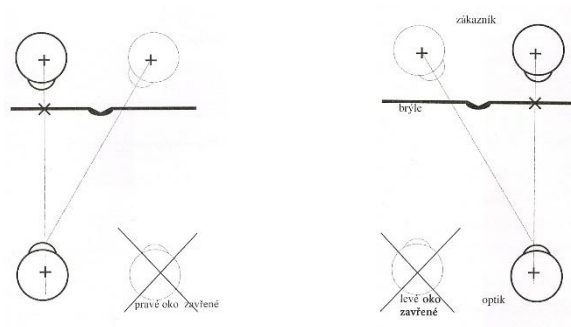
Pupilární distanci můžeme též zapsat zkratkou PD. Pupilární distance (dále v textu již jen PD) neboli rozestupu zornic očí, je individuální parametr měřený od kořene nosu ke středu zornice pravého nebo levého oka. V oční optice se pro přesnou korekci využívá měření obou očí zvlášť, protože studie ukázaly na častou rozdílnost mezi pravým a levým okem. Při měření PD do dálky by měly být osy vidění rovnoběžné. Testovací (fixační) značka, na kterou se klient dívá, se proto umísťuje do zdánlivého nekonečna. Pokud se měří PD na blízko, umísťuje se fixační značka do čtecí vzdálenosti (viz kapitola 5.1.2.1). Aby nedošlo k chybnému měření, zakrýváme nevyšetřované oko clonou.

Při zábrusu do obruby je brýlová čočka posunuta tak, aby její optický střed ležel v požadované hodnotě PD do dálky. V případě prizmatických čoček je umístěn do této vzdálenosti vztažný bod. Vztažný bod prizmatické čočky je třeba vycentrovat podle individuálních parametrů klienta. Obecně platí, že u nestrabických poruch je tento vztažný bod totožný s optickým středem brýlové čočky. Pokud se však jedná o strabické poruchy, je vztažný bod mimo optický střed. Vztažný bod u multifokálních brýlových čoček (progresivních, bifokálních, trifokálních) je definovaný výrobcem.

Na měření PD do dálky se využívají oční pupilometry, pomocí kterých získáme správnou polohu zornice. Ta určuje průsečík optické osy při pohledu do dálky s brýlovou čočkou. [2, 12]

4.1 Značení na fólii

Značení na fólii je jedna z nejstarších metod měření PD. Využívá se k ní anatomicky přizpůsobená obruba se sadou folií. Měření probíhá nasazením přizpůsobené obruby klientovi, který je postaven naproti optikovi. Klient je vyzván, aby jeho pohled směřoval do pravého oka optika, ten současně zakryje rukou klientovo levé oko a pomocí lihového fixu vytvoří značku tvaru plus. Značka je umístěna tak, aby určovala střed zornice v obrubě (viz obrázek č. 11). Vzdálenost značky od středu nosníku obruby udává PD měřeného oka. Měření je opakováno i pro druhé oko. Před měřením mohou být na fólii umístěny pomocné vodící linie pro snazší označení středu a výšky zornic. [12]



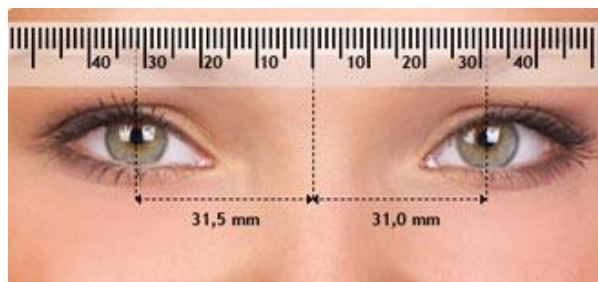
Obr. č. 11 - Centrace pravého a levého oka [O5]

4.2 Pupilometry

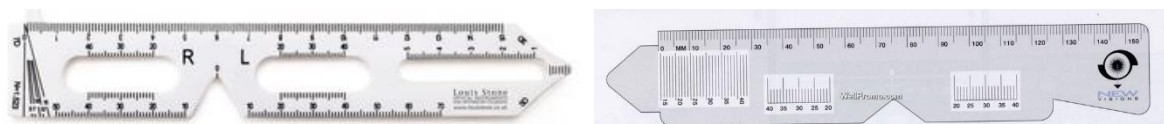
Jedna z dalších metod pro měření PD je pomocí pupilometru. Pupilometry mohou být mechanické nebo elektronické. V dnešní době se stále více používají elektronické pro jejich rychlost a přesnost. Při měření mechanickým pupilometrem je nutné rozlišovat, zda pacient trpí nebo netrpí strabismem.

4.2.1 PD měřítko

Jde o nejjednodušší pupilometr, který je tvořen plastovým měřítkem s milimetrovou stupnicí (průhledné, či neprůhledné). Při měření stojí optik cca půl metru od klienta, což bývá přibližně vzdálenost délky ruky očního optika. Oční optik přikládá měřítko na čelo nebo kořen nosu klienta tak, aby nulová hodnota centrační pomůcky byla na středu kořene nosu či čela klienta. Klient se dívá měřeným okem do optikova protějšího oka (např. pravé oko klienta se dívá do optikova levého oka). Tím simuluje pohled do nekonečna. Optik pomocí stupnice na měřítku odměří vzdálenost zornice od středu nosníku brýlové obruby. Následně se postup opakuje pro druhé oko. Během měření optik i klient setrvávají ve stejné poloze. Hodnoty PD levého a pravého oka se mohou lišit. U šilhajících klientů (především dětí) je nutné neměřené oko zakrýt, aby měřené oko přesně sledovalo fixační bod (oko optika). Tato metoda měření má sníženou přesnost měření kvůli možnosti nepřesného stanovení středu zornice. [12, 15]



Obr. č. 12 - Měření PD pomocí pupilometru [O6]

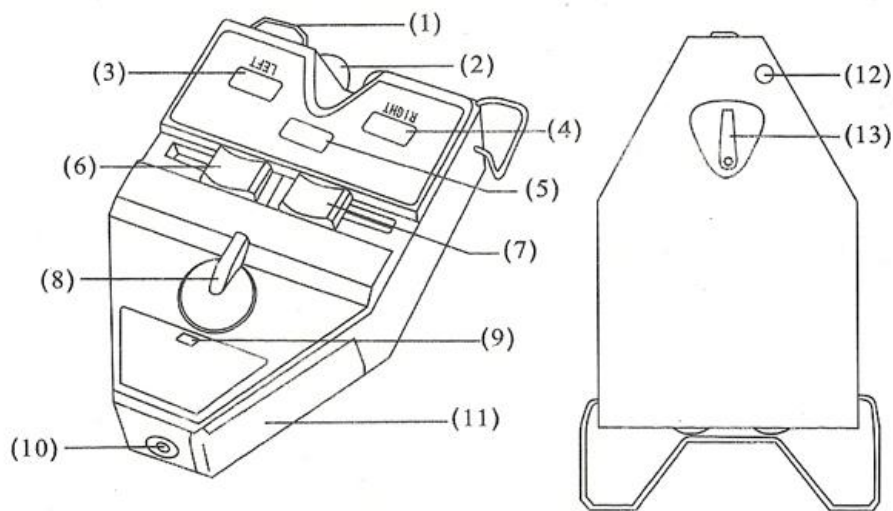


Obr. č. 13 - Ukázka konstrukčních druhů PD měřitek [O7, O8]

4.2.2 Monokulární a Binokulární pupilometr

Monokulární pupilometr svou stavbou položil základ modernějším přístrojům. Je tvořen černě matovým tubusem o délce cca 30 cm. Na koncích je tvarováním zajištěno přirozené osvětlení stupnice a fixační značky (u starších českých přístrojů byl přídavný osvětlovací zdroj v podobě monočlátku a žárovky). Pupilometr je vybaven opěrkou pro nosník brýlové obruby. Optický systém obsahuje jednu spojnou brýlovou čočku, která slouží optikovi k odečtení polohy zornice na stupnici a měřenému klientovi pro bez akomodační sledování značky.

Pro každé oko je nutné provádět měření samostatně a jednotlivé hodnoty je nutno zaznamenat. Tento zdlouhavý proces vedl k sestavení binokulárního pupilometru, který se od monokulárního liší pouze přidáním druhého tubusu a umožňuje tak měřit obě oči najednou. [12, 15]



- | | | |
|--|----------------------------------|--|
| (1) opěrka čela | (2) Nosní opěrka | (3) displej levého PD |
| (4) displej pravého PD | (5) displej celkového PD | (6) posuvné manuální nastavení levého PD |
| (7) Posuvné manuální nastavení pravého PD | (8) nastavení měřící vzdálenosti | (9) displej měřící vzdálenosti |
| (10) hledáček battery chamber | (11) prostor pro baterie | (12) kontrolka napájení |
| (13) páčka nastavení biokulárního, nebo monokulárního měření | | |

Obr. č. 14 - Popis komponentů pupilometru [09]

4.2.3 Zrcadlový pupilometr

Zrcadlový pupilometr je založen na koincidenčním principu, který umožňuje poměrně rychlé měření. Přístroje jsou lehké a cenově přijatelné. Tento typ pupilometru obsahuje sadu zrcadel, kterými přístroj pohybuje a umožňuje tím měřit rohovkový reflex. Rohovkový reflex je mírně decentrován nazálně oproti středu zornice. Tato lehká decentrace podle některých odborníků simuluje přirozenější binokulární vidění. [12, 15]

5 Presbyopický klient

Akomodační schopnost oční čočky způsobuje změnu jejího zakřivení. Změnou zakřivení se změní tvar oční čočky. Index lomu se změní až o 30% a umožní tak oku zaostřit do blízka. S přibývajícím věkem se snižuje elasticita a plasticita oční čočky, což má za následek snižující se akomodaci oční čočky a znemožňuje tak zaostření oka na blízko. Ke snížení fyziologického úbytku stavu čočky dochází individuálně po 40 roce života. Klient se sníženou schopností akomodace oční čočky je nazýván presbyopický. U hypermetropických klientů nastává presbyopie dříve, nežli u klientů s myopií. [3, 5]

5.1 Korekce presbyopie

V současné době lze presbyopii řešit několika způsoby, jako například nitrooční operací, kontaktní čočkou či brýlemi. Vždy je potřeba přistupovat individuálně ke konkrétnímu klientovi a jeho potřebám. Jedním z řešení presbyopie může být nitrooční operace, kdy se do pouzdra oční čočky vloží speciální nitrooční čočka. Nevýhodou této metody může být to, že se jedná o metodu, která ještě nemá dlouhou historii. Může také nastat nesnášenlivost této korekce, či komplikace při operaci, které mohou způsobit např. rohovkový astigmatismus. Výhodou této metody je, že klient nepotřebuje brýlovou korekci, ať už byla původní hodnota jakkoliv veliká. Tato metoda má nevratný proces, proto musí být klient dobře informován a zvážit všechna pro a proti.

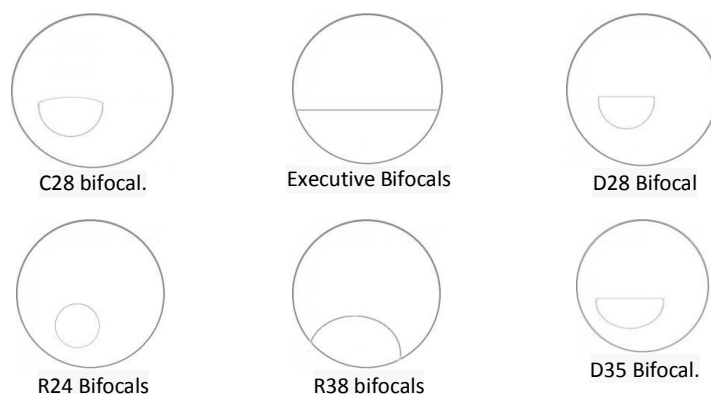
Dalšími metodami korekce presbyopie je kontaktní čočka přímo na rohovce. Tyto čočky mají kruhové oblasti pro všechny vzdálenosti. Poslední často využívanou metodou je korekce pomocí brýlové korekce, která bude podrobněji rozebrána v kapitole 5.1.1, 5.1.2 a 5.1.3

5.1.1 Bifokální a Trifokální čočky

Bifokální čočky jsou řazeny mezi víceohniskové čočky, které umožňují korigovat refrakční vady na dvě vzdálenosti. Bifokální čočky se vyrábějí ze dvou dílů, jedním do dálky a druhým na blízko, o různých velikostech. Tento typ brýlových čoček je možno vyrobit několika způsoby jako například vybrušováním, zatavováním (tmelením) či odléváním.

Prvním typem bifokálních čoček vyrobenými před více jak 200 lety byly Frenklinovy bifokální brýle. Tyto brýle se skládají ze dvou půlkruhových výsečí o různé dioptrické hodnotě. Pro docílení ideálního optického zobrazení je důležité, aby středy obou půlkruhových výsečí na sebe doléhaly. Frenklinovy bifokální brýle jsou centrovány na střed zornice, aby při pohledu na blízko bylo zachováno velké zorné pole a byla eliminována dělicí hrana brýlových čoček.

Na dělicí linii bifokálních čoček vzniká prizmatický jev, který se vyznačuje skokem obrazu, vznikající rozdílnou dioptrickou hodnotou. Tento skok způsobuje nepříjemný posun pozorovaného předmětu oproti očekávané poloze. [2, 8, 12]



Obr. č. 15 - Ukázka druhů jednotlivých typů bifokálních čoček [O10]

Ke zvyšující se hodnotě dioptrického přídatku na blízko a s tím spojeným poklesem akomodační šíře, nejsou již pro pohodlnou práci na všechny vzdálenosti bifokální čočky dostačující. Proto se do bifokálních čoček vkládá díl na střední vzdálenost, který vyrovnává velký dioptrický rozdíl mezi dílem do dálky a na blízko. Tyto čočky nazýváme Trifokální a jejich výroba je shodná s bifokálními brýlovými čočkami. Tento typ zobrazení je dnes překonán progresivními čočkami, které umožňují plynulou akomodaci, díky pozvolnému úbytku dioptrií na brýlové čočce. [2, 8, 12]

5.1.2 Progresivní brýlové čočky

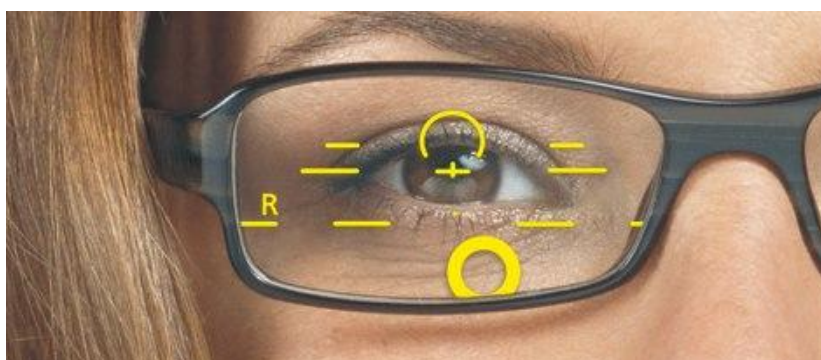
U progresivních čoček, na rozdíl od bifokálních či trifokálních nedochází k již zmíněnému skoku obrazu na dělicí linii. Díky konstrukci čoček, kdy jejich optická mohutnost shora dolů rovnoměrně stoupá nebo klesá, je umožněno plynulé zaostření oka na různé vzdálenosti. Progresivní čočky jsou doporučovány především klientům, kteří vyžadují častou změnu všech vzdáleností při práci. Progresivní čočky zajišťují komfort na celodenní nošení v podobě možnosti vidět na všechny vzdálenosti a nemuset přitom měnit neustále brýle na dálku a na blízko např. při čtení malých etiket v obchodě. Oproti tomu klienti, kteří méně pohybují hlavou a více očima, nebývají s progresivními čočkami spokojeni např. profesionální řidiči při pohledu do bočního zrcátka, kdy pouze natáčí oči, nikoliv celou hlavu. Při pohledu skrze okraj dochází k velké deformaci obrazu. Progresivní čočky, jak je již zmíněno v textu výše, umožňují vidět na všechny vzdálenosti. Toto vidění je zajištěno pomocí optického koridoru, kde se plynule mění dioptrická hodnota. Tento koridor vzhledem k technologii výroby čoček má boční omezení, ve kterých vzniká astigmatismus. Při pohledu skrze tuto oblast se deformuje pozorovaný předmět. Při nízkých hodnotách adice technologie umožňuje vyrobít široký optický koridor, ale s její zvyšující se hodnotou se šířka koridoru na střední vzdálenost zmenšuje. Toto zmenšení může být rušivé při práci na počítači, kdy klient vidí pouze malou oblast a musí více pohybovat s hlavou. Proto progresivní čočky nejsou doporučené klientům, kteří potřebují při práci vidět pouze na střední a krátkou vzdálenost, či pracovat na velkém monitoru. Pro tyto klienty jsou vhodnější degresivní kancelářské čočky se širokými oblastmi na střední vzdálenost.

5.1.2.1 Centrace progresivních čoček

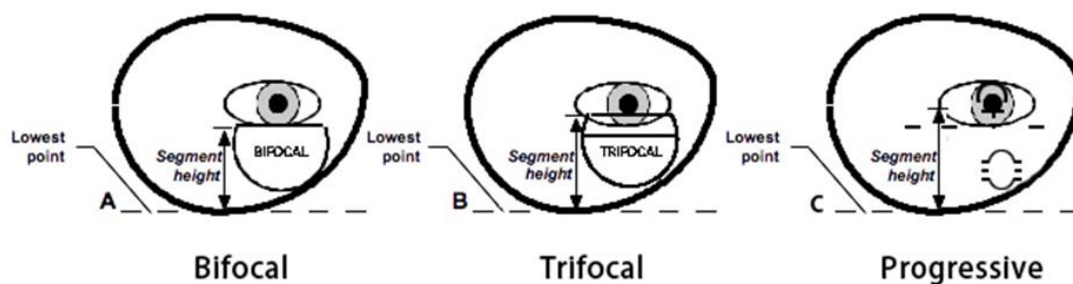
Brýlové čočky nejčastěji pro svou centraci využívají pupilární distance na dálku, ale např. u progresivních čoček se využívá i centrace na blízko, jež se provádí pomocí zrcadlové techniky. Tato technika spočívá v naměření PD na dálku a poté naznačením zóny na blízko pomocí šablony na konkrétní druh progresivních čoček. Takto označená brýlová obruba je opět nasazena klientovi. Klient je posazen naproti optikovi. Na stole je umístěno zrcadlo s fixačním bodem a klient je vyzván k pozorování bodu. Optik sleduje, zdali klient fixuje bod středem značek vyznačených na obrubě. Pokud tomu tak není, dojde k úpravě značek na obrubě. Při úpravě značek na blízko je nutné změnit za pomoci šablony i značky pro PD na dálku. U progresivních čoček se jako prioritní bere vzdálenost zornic při pohledu na blízko (vzdálenost konečná). [2, 12]



Obr. č. 17 - Centrace brýlí pomocí šablony výrobce [O11]



Obr. č. 16 - Správně nacentrovaná zabroušená čočka v obrubě [O12]



Obr. č. 18 - Ukázka centrace jednotlivých druhů čoček [O13]

5.1.3 Degresivní brýlové čočky

Degresivní, neboli kancelářské čočky, jsou typem progresivních čoček určených pro práci v kanceláři. Degresivní brýlové čočky využívají širokých koridorů při práci na blízko a střední vzdálenost. Při porovnání s progresivními čočkami zde chybí sektor se vzdáleností na dálku. V těchto čočkách nelze řídit automobil a vykonávat činnosti mimo kancelář. I když se v dnešní době vyrábějí degresivní čočky s rozšířeným viděním na delší vzdálenost, tato vzdálenost umožňuje vidění pouze na 2-3 metry. Tento rozšířený kvadrant slouží např. k rozpoznání příchozí osoby. Ani u těchto čoček se nesmí zapomenout na vzájemný vztah adice a ostrého vidění na požadované vzdálenosti. [2, 8]



Obr. č. 19 - Zorné pole u jednotlivých druhů degresivních čoček [O14]

5.1.4 Individuální brýlové čočky

Poslední moderní variantu progresivních brýlových čoček představují čočky individuální. Individuální čočky jsou vyráběné dle parametrů konkrétního klienta např. hodnota PD, výška zornic v obrubě, inklinace, prohnutí středové části nosníků či tvar očnice v obrubě. Po získání těchto parametrů jsou moderní přístroje (centrování věž a centrovací tablet) schopné pomocí algoritmů vypočítat přesné parametry na výrobu brýlových čoček nejmodernější technologií Free-form. Tato technologie umožňuje vybrousit precizně jakoukoliv plochu se zohledněním všech naměřených parametrů pro progresivní, sférickou, nebo asférickou čočku. Nové technologie krom přínosů v podobě preciznosti a zrychlení, přináší i zdražení finální brýlové čočky. Individuální čočky se nejčastěji doporučují klientům s abnormalitami např. nepřírozená vzdálenost PD, rozdíl mezi pravým a levým PD, rozdílné postavení výšky zornic, nepřírozeně vysoké postavení uší oproti očním, nebo klientům, kterým nevyhovují standardní progresivní čočky. U individuálních čoček lze vyrobit variabilní inset dle parametrů klienta.

U progresivních brýlových čoček je stěžejní centrace na blízko, kdežto u progresivních individuálních brýlových čoček je určující hodnota PD do dálky.

Výroba individuální progresivních čoček může dle výrobce trvat 14 dnů až 1 měsíc. Výsledné zobrazovací vlastnosti mohou být negativně ovlivněny špatně naměřenými vstupními hodnotami. Tyto hodnoty se dají po zábrusu a nasazení brýlové obruby klientovi částečně doopravit (např. inklinací či vzdálenosti rohovky od brýlové čočky).

Zobrazovací vady se v těchto brýlových čočkách více projevují se zvyšující hodnotou optické mohutností brýlové čočky, dále pak s větším prohnutím brýlové obruby či nestejnou pupilární distancí na pravém a levém oku. Výsledné vlastnosti těchto brýlových čoček může ovlivnit i design zvolené obruby, proto je třeba zohlednit použitý materiál a tvar. [19]

6 Možnosti centrace Presbyopického klienta

Nejmodernější metody centrace presbyopického klienta jsou prováděny pomocí specializovaných centračních přístrojů, které umožňují rychlé a přesné měření parametrů potřebných pro zábrus brýlových čoček. V následujících podkapitolách je blíže popsána centrační věž od společnosti Essilor a centrační tablet společnosti Hoya.

6.1 Centrovací věž Essilor Visio Office

Centrovací věž, též nazývaná video-centrační systém, představuje jednu z moderních technologií pro centraci brýlí. Video-centrační systém se skládá z centrovací věže, která obsahuje polopropustné zrcadlo se zdrojem světla a kamerou. Věž dále obsahuje otočný dotykový monitor určený pro ovládání speciálního řídicího systému. Dnes existuje spousta druhů video-centračních systémů od různých firem. I když název může klamat, centrovací věž neslouží pouze k centraci brýlí, měření pupilární distance, boxing systému či inklinaci, PD do blízka či určení oční dominance. Centrovací věž slouží také k poradenství a výběru brýlových obrub. Systém zabudovaný ve věži umožňuje vyfotografovat klienta s různými obrubami a následně prohlížet jednotlivé fotografie a ulehčit tak klientovi výběr. Tento postup je také výhodný pro klienty s velkou refrakční vadou, kdy při zkoušení obrub s fóliemi nevidí svůj obraz v zrcadle. Systém je dále rozšířen o mnoho dalších funkcí, které ulehčují optikovi a klientovi výběr správné brýlové čočky a brýlových obrub.

Pro očního optika je největším přínosem centrovací věže její centrační schopnost. [20]

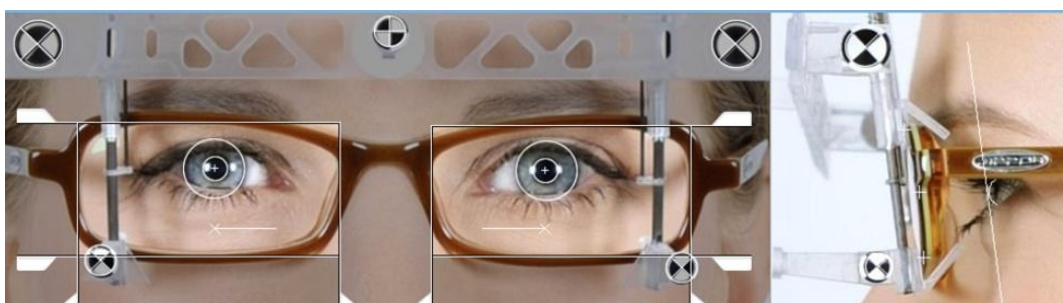


Obr. č. 20 - Ukázka probíhajícího měření na centrační věži [O15]

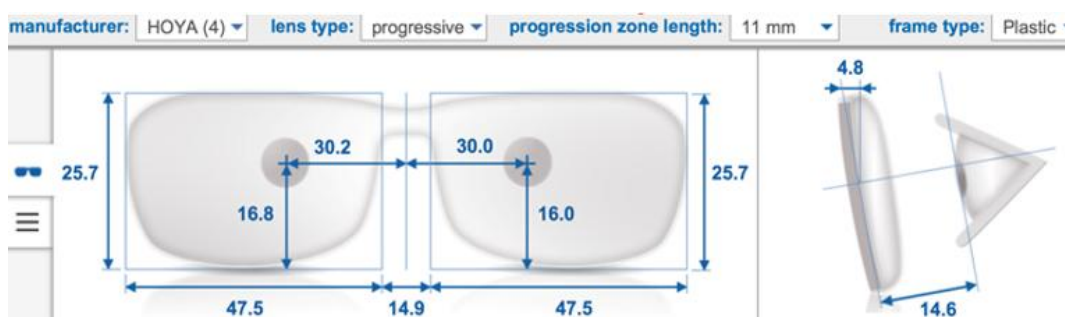
6.2 Centrovací tablet Hoya visuReal

Centrovací systém Hoya visuReal, představuje novou technologii v centraci brýlí a posouvá práci očního optika na další technologickou úroveň. Centrovací tablet v dnešní době nahrazuje velké centrovací věže, při zachování dokonalého centrování. Součástí tabletu je sada zrcadel, kamer a centrovacího klipu na obrubu. Největší výhodou tabletu je menší velikost a tím možný transport. Centrace probíhá pomocí vytvoření dvou fotografií z čelní a boční strany klienta. Centrovací tablet na základě fotografií provede vyhodnocení centračních hodnot klienta. Pro zobrazení naměřených hodnot existují dvě varianty v podobě grafického schématu (viz obrázek č. 16) nebo číselné tabulky.

Centrovací tablet může být rozšířen o mnoho doplňkových programů pro ulehčení výběru brýlových obrub. Software též umožňuje nasimulovat klientovi vidění skrze vybranou brýlovou čočku. [21, 22, 23, 24]



Obr. č. 21 - Ukázka centrovacího programu s fotografií klienta [O16]



Obr. č. 22 - Ukázka centrovacího programu s technickými parametry [O16]

7 Závěr teoretické části

V teoretické části byla představena důležitá kritéria pro centraci brýlí u jednotlivých klientů. Výhody a nevýhody jednotlivých brýlových čoček a s nimi spojené možnosti centrace od „zastaralých“ až po nově příchozí technologie.

Nové centrovací pomůcky, jak v podobě centrovací věže, tak centrovacího tabletu, přináší úsporu času, přesnější měření a nový zážitek z koupě brýlí pro klienty. Jednotliví výrobci těchto centrovacích pomůcek se neustále snaží přesvědčit trh, že jejich technologie a softwary dokážou měřit lépe než konkurence, pokud je zachován předepsaný postup měření. Ověření těchto tvrzení bude předmětem praktické části bakalářské práce, kde bude provedeno srovnání manuálního měření s měřením pomocí moderních centrovacích metod typu Videooffice a visuReal. Mezi porovnávací kritéria bude zahrnuta rychlost, přesnost a obtížnost měření.

8 Praktická část

V praktické části bude provedeno měření centračních údajů klienta. Měření bude provedeno prostřednictvím centrovací věže, centrovacího tabletu, ručního měření za pomoci fólie a PD metru. Měření bude provedeno na vzorku minimálně 30 klientů. Pro dosažení vyšších vypovídajících hodnot statistických operací, bude každý klient měřen opakovaně. Porovnávány budou, jak naměřené hodnoty z jednotlivých přístrojů navzájem mezi sebou, tak i opakovatelnost měření pro konkrétního klienta. Kromě přesnosti měření jednotlivých metod se práce bude zabývat i jejich náročností a rychlostí. Lze předpokládat, že nejnovější z použitých metod (měření pomocí centrovacího tabletu) bude zároveň tou nejkvalitnější.

8.1 Metodika výzkumu

Měření probíhalo na fakultě biomedicínského inženýrství v Kladně a to v učebně kontaktních čoček číslo 217, kde se nachází centrovací věž. Pro zachování stejných světelných podmínek probíhala všechna měření ve stejné učebně. Měření bylo prováděno za denního světla a při konstantním interiérovém osvětlení. Intenzita osvětlení byla pro každého klienta měřena zvlášť. Po změření osvětlení klienta následovalo měření na centrovacím tabletu, centrovací věži a jako poslední byla provedena ruční měření. Měření jednoho klienta trvalo cca 55 minut a všechna měření probíhala při dodržení předepsaných postupů výrobcem.

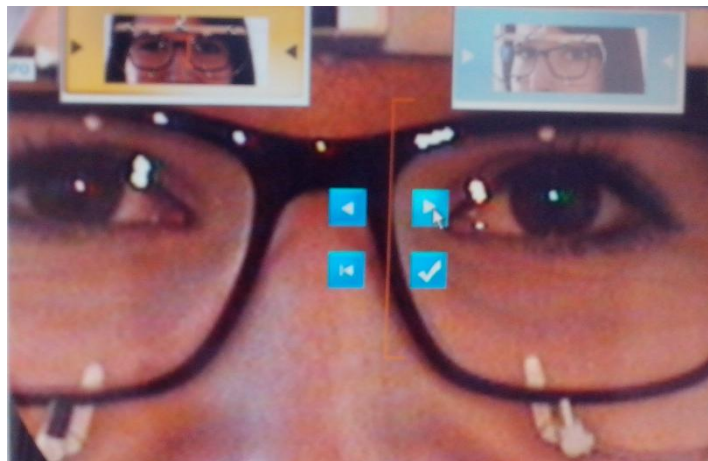
8.1.1 Popis získávání údajů na centrační věži

Klientovi byla vybrána vhodná obruba, která byla řádně anatomicky přizpůsobena. Na obrubu byl umístěn centrační klip, dle požadavků metody měření na centrační věže. Klient byl vyzván k postavení před centrační věž do první požadované vzdálenosti. V této pozici byl vytvořen snímek klienta z čelního pohledu. Následně byl klient vyzván, aby fixoval značku na centrační věži a pootáčel pouze hlavou o 20° na jednu stranu od věže. Poslední měření v první pozici bylo prováděno z profilu klienta, kdy klient stojí v úhlu 90° od věže a fixuje značku v nekonečnu.

Pro další měření byl klient postaven do druhé pozice, dále od centrovací věže. V této vzdálenosti byla určena dominance oka a čtecí vzdálenost. Pro určení dominantního oka bylo použito centrační plastové desky s otvorem v horní části. Při měření dominance byla

deska držena klientem oběma rukama. Na následné vyzvání byl klientem pozorován, skrze otvor na desce, fixační bod na centrovací věži. Po ukončení tohoto úkonu bylo přístrojem určeno motoricky dominantní oko. Následným měřením byla zjištěna pohodlná čtecí vzdálenost klienta. Klient byl vyzván k uchopení čtecí tabulky a jejího umístění do vzdálenosti přirozené pro čtení. Tato vzdálenost byla změřena pomocí softwaru centrační věže. Jako poslední bylo provedeno měření, zda klient upřednostňuje pohyb očí nebo celé hlavy. Tento parametr má vliv na správný výběr multifokálních čoček. Pro měření bylo důležité, aby klient stál cca 30 cm před polopropustným zrcadlem. Při testu byly střídavě rozsvěcovány světelné body na polopropustném zrcadlu či ramenech centrační věže. Klientem byly jednotlivé světelné body pozorovány.

Po ukončení všech testů byly potřebné hodnoty pro zábrus brýlových čoček vygenerovány do přehledné tabulky.



Obr. č. 23 - Ukázka posunu centračních bodů obruby na centrovací věži

8.1.2 Popis získání údajů na centračním tabletu Hoya VisuReal

Před samotným měřením byl k tabletu uchyten externí kamerový systém. Měření opět začínalo anatomickým přizpůsobením vhodné obruby a nasazením centračního klipu. Klient byl postaven v přirozeném postoji naproti optikovi ve vzdálenosti 1 m a vyzván k pohledu do středu fixační značky. Pro správné dodržení vzdálenosti a výšky během měření očnímu optikovi napomáhají vodící linky umístěné na monitoru tabletu. V čelní poloze byla vytvořena fotografie klienta. Poté byl klient vyzván k otočení o 90° bez úkroku do strany, pro zachování vzdálenosti jednoho metru. V profilové poloze byla vytvořena druhá fotografie, která slouží k výpočtu inklinace a vzdálenosti rohovky od brýlové čočky. Po vytvoření obou fotografií program centračního tabletu provedl zpracování data a vytvořil jejich grafické znázornění a přehlednou tabulku s popisky. (viz obrázek č. 24).



Obr. č. 24 - Ukázka měření centračním tabletem Hoya VisuReal [O17]

8.1.3 Ruční měření za pomoci fólie v brýlové obrubě

Ruční měření opět začalo anatomickým přizpůsobením vybrané obruby klientovi. Klient byl následně postaven proti očnímu optikovi. Aby nedocházelo ke špatnému změření výšky zornic, je nutné dodržet stejnou výšku očí klienta a očního optika. Neměřené oko klienta bylo zakryto, aby byl eliminován možný strabismus. Následně byl klient vyzván k pohledu do zornice protějšího oka očního optika. Na fólii odkrytého oka byla očním optikem zakreslena značka v podobě znaménka plus, která naznačuje skutečnou polohu zornic v obrubě při pohledu do dálky. Stejným způsobem bylo proměřeno i druhé oko. Následujícím měřením byla zjištěna hodnota inklinace ve stupních za pomoci speciálního měřítka přiloženého k přední ploše folie. Závěrečným krokem byla prostřednictvím milimetrového měřítka změřena vzdálenost rohovky od brýlové čočky.

8.1.4 Ruční měření za pomoci pravítkového pupilometru

Při ručním měření za pomoci pravítkového pupilometru byla získána hodnota PD přiložením vyznačeného místa pupilometru na kořen nosu klienta. Jako při předešlém měření byl klient vyzván k pohledu do optikova protějšího oka. Hodnota byla zaznamenána ze stupnice na pupilometru. Měření bylo provedeno i na druhém oku klienta. Tímto měřením byla získána pouze hodnota PD do dálky, nikoliv výška polohy zornic.

8.2 Metodika statistického zpracování výsledků

U jednotlivých metod jsou naměřené hodnoty vzájemně porovnávány. Jelikož se nedá s přesností říci, která ze zkoumaných metod je přesnější, jako referenční hodnoty pro porovnání jsou zvoleny průměry hodnot ze všech posuzovaných metod. Porovnání jednotlivých metod bylo učiněno pomocí velikosti odchylek naměřených hodnot a mírou korelace naměřených hodnot s hodnotami referenčními.

Za předpokladu, že referenční hodnoty jsou brány jako přesné, můžeme pomocí maximální odchylky určit třídu přesnosti zbylých metod. Třída přesnosti nám udává, s jakou maximální odchylkou je přístroj schopen změřit sto procent všech měření.

Korelace udává, jak moc jsou dvě množiny hodnot na sobě lineárně závislé. Při hodnotě korelace 1 jsou hodnoty z jedné množiny lineární funkcí hodnot množiny druhé. Při porovnání dvou metod s hodnotou korelace 1 můžeme říci, že obě metody měří totožně, však odchylka může nabývat nenulové hodnoty konstantní pro všechna měření.

Zhodnocení jednotlivých metod však nelze popsat pouze pomocí dvou čísel. Na naměřené hodnoty je potřeba nahlížet individuálně. Hodnoty vykazující od ostatních hodnot velmi vysokou odchylku mohou být špatně naměřeny či zaznamenány a měly by být zohledněny při vyhodnocení.

Pro jednodušší a přehlednější práci s daty jsou výsledky měření jednotlivých hodnot pro různé metody vloženy do grafů.

Tabulka č. 4 - Přehled všech měřených hodnotna centračním tabletem

Typ přístroje		CENTRAČNÍ TABLET								
Pořadové číslo měření		1								
Celkové PD		73,5		Rozměry obruby		Vzdálenost rohovka - čočka		14		
X		Y		Šířka očnice		54		Inklinace	- 2,4	
P	L	P	L	Výška očnice		35,8		Rotace hlavy (°)		1,2
36,3	37,1	19,9	18,1	Šířka nosníku		15,6		Rotace hlavy (mm)		0,6
				Prohnutí obruby (°)		4,9				

Tabulka č. 5 - Přehled všech měřených hodnotna centrační věží

Typ přístroje		CENTRAČNÍ VĚŽ								
Pořadové číslo měření		1								
Celkové PD		72,9		Rozměry obruby						
X		Y		Šířka očnice		35		Zakřivení		4,3
P	L	P	L	Výška očnice		54,5		Pantoskopický úhel		13,9
36,1	36,7	19	18,9	Šířka nosníku		15,2		Rotace hlavy		2,7
				Čtecí vzdálenost		46		Dominantní oko		Levé

Tabulka č. 6- Přehled všech měřených hodnotna ručním měřením

Typ přístroje		RUČNÍ MĚŘENÍ							
Pořadové číslo		1							
Celkové PD				PD metr					
X		Y		P	36	P	36,5	P	36
P	L	P	L	L	36	L	37	L	36,5
36	38	20	20	Vzdálenost rohovka - obruba				12	
				Inklinace				2	

8.3 Výsledky

Kapitola obsahuje grafické a číselné vyhodnocení výsledků porovnání měření metod uvedených v kapitole 8.1 Metodika výzkumu. Pro přehlednost v tabulkách je použito následujících zkratk:

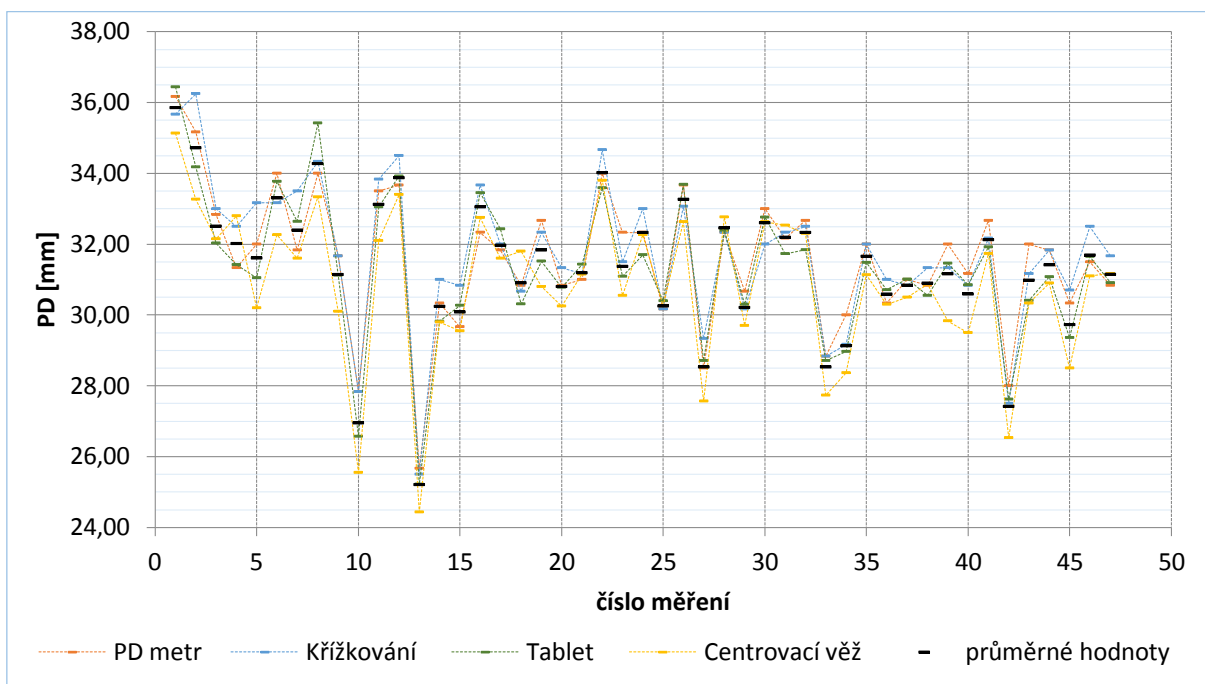
Ruční měření - Ruční měření za pomoci fólie v brýlové obrubě

PD metr - Ruční měření za pomoci pravítkového pupilometru

Věž - Centrační věž Essilor Visio Office

Tablet - Centrační tablet Hoya VisuReal

Hodnota PD – pravé oko



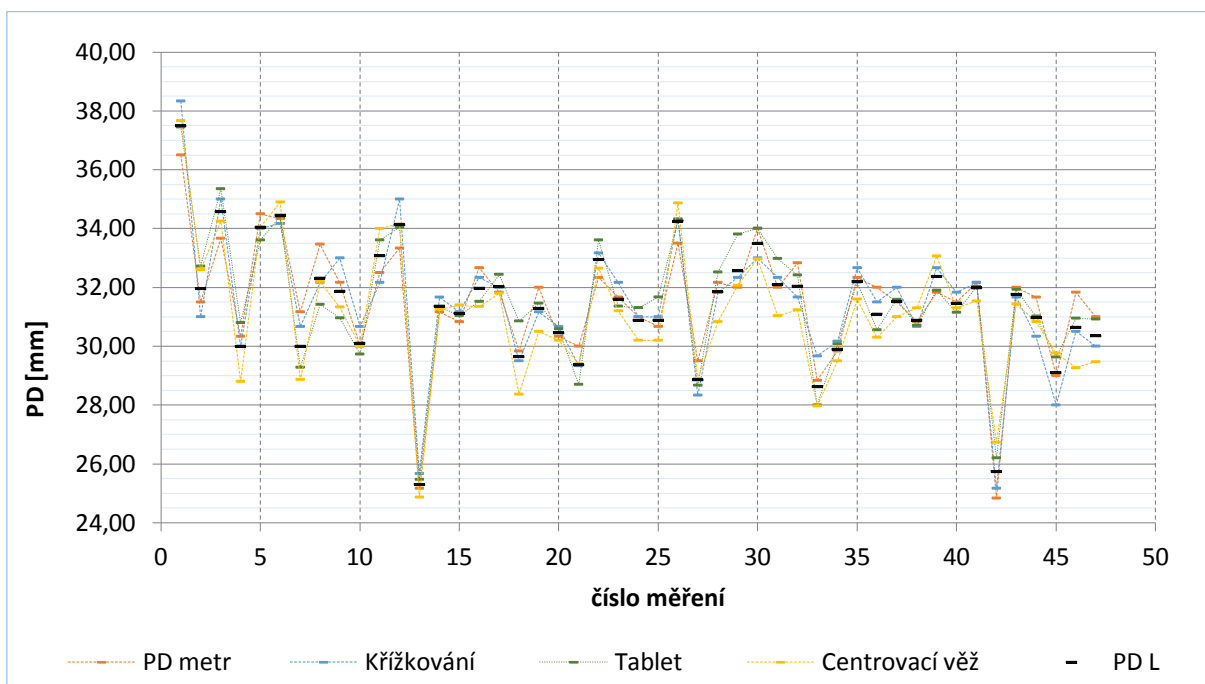
Graf č. 1 - Porovnání metod pro PD na pravém oku

Tabulka č. 7 - Porovnání metod pro PD na pravém oku

PD Pravé	korelace	max. odchylka		průměrná odchylka	
		[mm]	[%]	[mm]	[%]
Ruční měření	0,94	1,56	4,94	0,44	1,41
PD metr	0,98	1,02	3,30	0,40	1,28
Věž	0,92	1,45	5,18	0,63	2,03
Tablet	0,94	2,12	6,38	0,65	2,03

Při porovnání jednotlivých hodnot vychází jako nejpřesnější metoda pro měření PD- PD metr. Průměrná odchylka všech metod se ovšem neliší o více jak dvě procenta. Při pohledu na graf je vidět, že se zde nenachází výrazné odchylky.

Hodnota PD – Levé oko



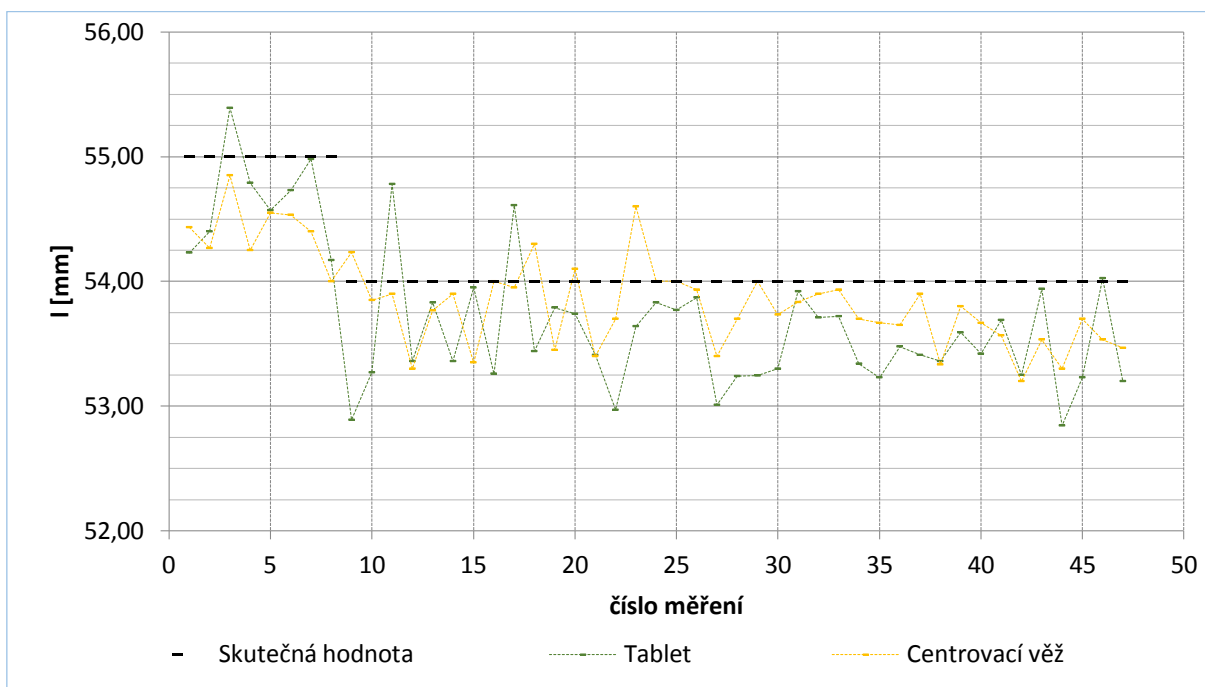
Graf č. 2 - Porovnání metod pro PD na levém oku

Tabulka č. 8 - Porovnání metod pro PD na levém oku

PD Levé	korelace	max. odchylka		průměrná odchylka	
		[mm]	[%]	[mm]	[%]
Ruční měření	0,94	1,14	3,78	0,39	1,23
PD metr	0,98	1,20	3,91	0,45	1,43
věž	0,92	1,37	4,33	0,54	1,71
tablet	0,92	1,26	4,17	0,43	1,36

Při porovnání PD pro levé oko vychází opět jako nejpřesnější metoda PD metru. Zbylé metody se opět liší pouze minimálně. Největší odchylka byla naměřena na centrovací věži, a to 1,4 mm.

Rozměr obruby – šířka očnice



Graf č. 3 - Porovnání metod pro měření šířky očnice

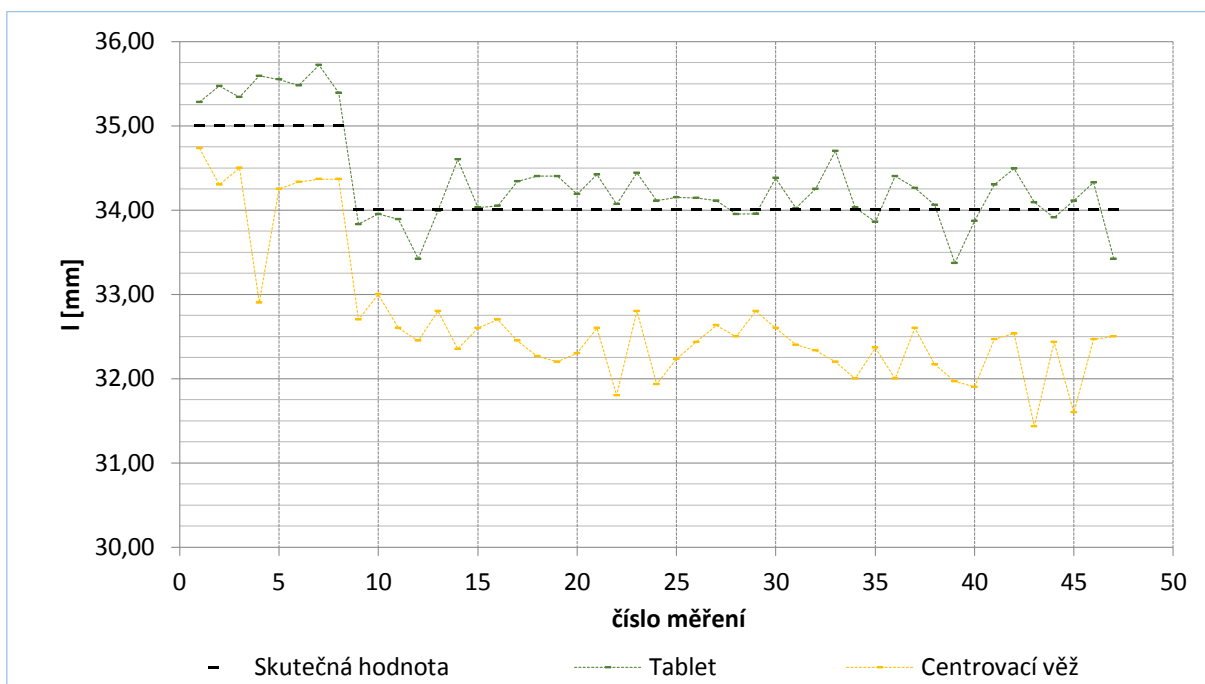
Tabulka č. 9 - Porovnání metod pro měření šířky očnice

šířka očnice	korelace	max. odchylka		průměrná odchylka	
	[-]	[mm]	[%]	[mm]	[%]
Tablet	0,65	1,16	2,19	0,52	0,97
Věž	0,72	1,00	1,85	0,36	0,67

Při porovnání měření šířky očnice je brána jako referenční hodnota 55 a 54 mm, neboť měření probíhalo na dvou různých obrubách. Hodnota korelace naznačuje nepřesné měření obou metod. V tomto případě je ovšem korelace zkreslena lineárním průběhem referenčních hodnot. Při bližším zkoumání grafu je vidět maximální hodnota odchylky 1,16 mm u tabletu. Při šířce očnice 54mm činí tato odchylka 2,19%, průměrná odchylka tabletu činí 0,97 %.

V celkovém srovnání tedy vychází jako přesnější metoda měření pomocí centrovací věže, kde průměrná odchylka činí 0,67%.

Rozměr obruby – výška očnice



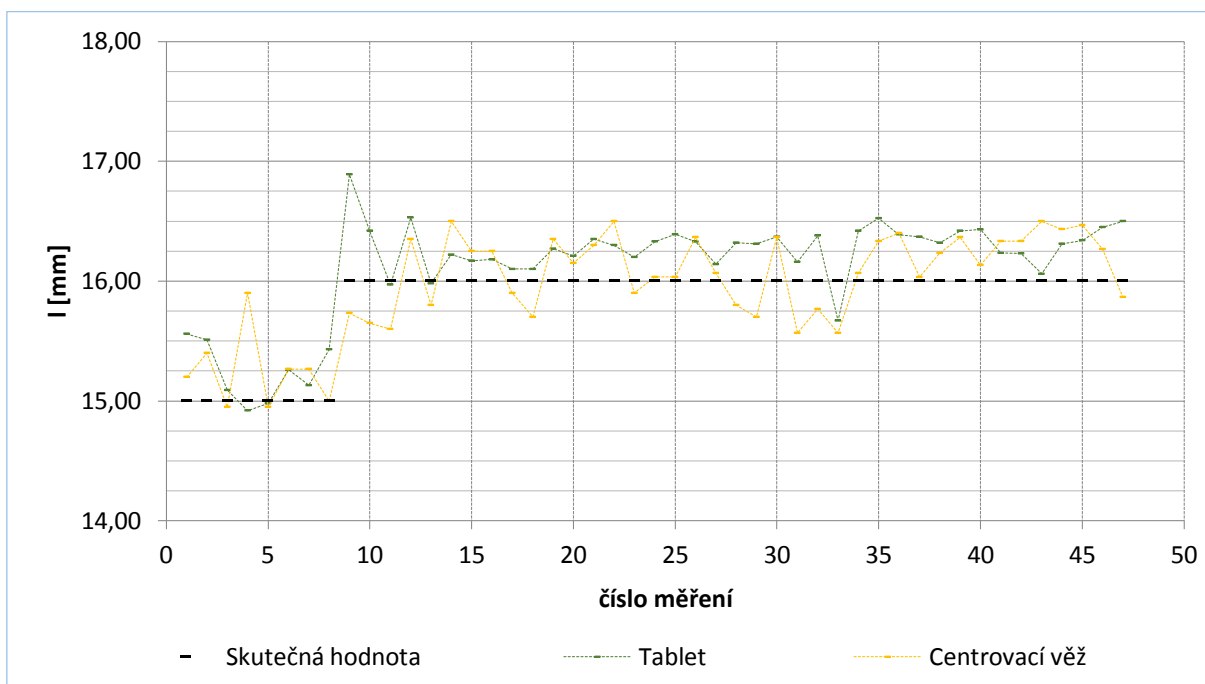
Graf č. 4 - Porovnání metod pro měření výšky očnice

Tabulka č. 10 - Porovnání metod pro měření výšky očnice

výška očnice	korelace	max. odchylka		průměrná odchylka	
	[-]	[mm]	[%]	[mm]	[%]
Tablet	0,88	0,72	2,02	0,28	0,82
Věž	0,88	2,57	8,17	1,49	4,60

U měření výšky očnice vychází jako přesnější metoda měření pomocí centrovacího tabletu. Jeho odchylka od skutečných hodnot činí pouze 0,28 milimetru. Hodnota korelace je zde opět zkrslena lineárním průběhem referenčních hodnot. Z grafu je vidět, že hodnoty změřené centrovací věží kopírují průběh referenčních hodnot, ovšem jsou v grafu posunuty o konstantní odchylku. To je patrné i z hodnoty korelace, která je totožná s hodnotou u tabletu.

Rozměr obruby – šířka nosník



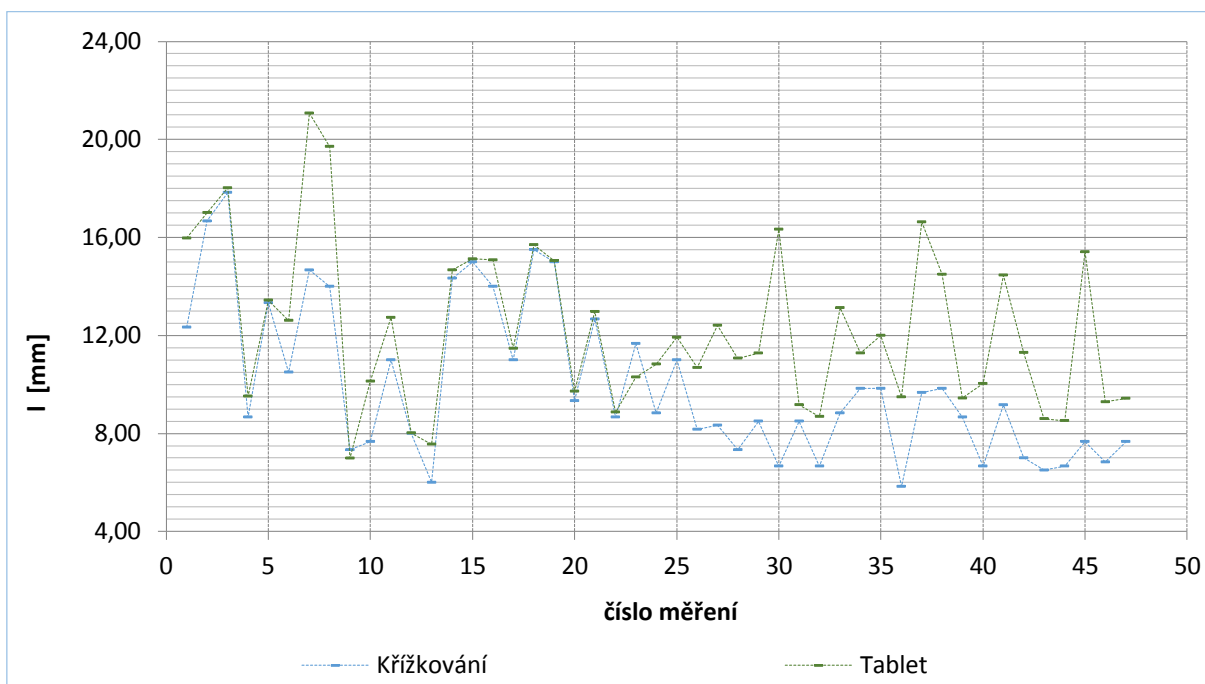
Graf č. 5 - Porovnání metod pro měření šířky nosníku

Tabulka č. 11 - Porovnání metod pro měření šířky nosníku

šířka nosníku	korelace	Max. odchylka		průměrná odchylka	
		[mm]	[%]	[mm]	[%]
Tablet	0,89	0,89	5,27	0,30	1,85
Věž	0,74	0,90	5,66	0,28	1,72

Při měření šířky nosníku je hodnota korelace vlivem lineární funkce opět nižší. Hodnoty ovšem kopírují referenční hodnoty s odchylkou maximálně 5,66%. Vyšší odchylka je způsobena menší měřenou vzdáleností, kde změna délky o jeden mm hraje významnou roli. Průměrná odchylka se pohybuje v řádu desetin milimetrů pro obě metody a lze říci, že obě metody měří opět s dostatečnou přesností.

Vzdálenost rohovka - brýlová čočka



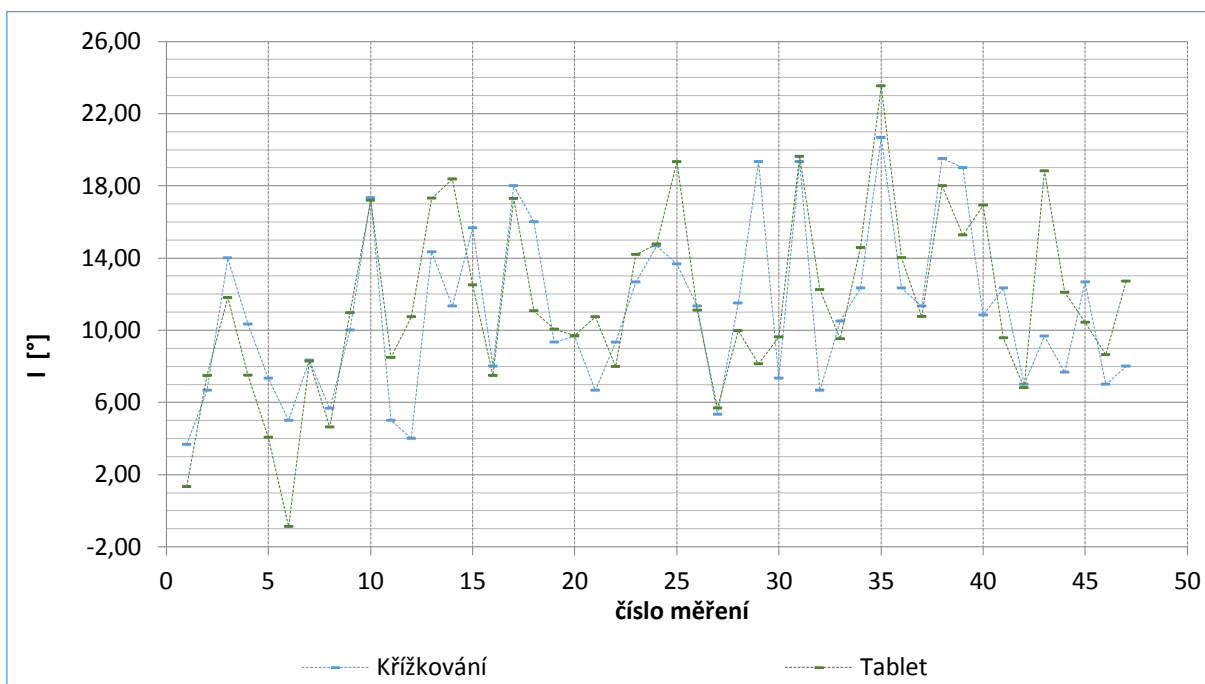
Graf č. 6 - Porovnání metod pro měření vzdálenosti rohovky od brýlové čočky

Tabulka č. 12 - Porovnání metod pro měření vzdálenosti rohovky od brýlové čočky

rohovka - brýlová č.	korelace	Max. odchylka		průměrná odchylka	
		[mm]	[%]	[mm]	[%]
Tablet - Ruční měření	0,74	9,66	144,95	2,37	27,82

Při vyhodnocování výsledků vzdálenosti rohovky od brýlové čočky jsou patrné velké rozdíly v naměřených hodnotách. S minimální odchylkou bylo změřeno pouhých 70 % výsledků

Inklinace



Graf č. 7 - Porovnání metod pro měření inklinace

Tabulka č. 13 - Porovnání metod pro měření inklinace

Inklinace	korelace	Max. odchylka		průměrná odchylka	
	[-]	[°]	[%]	[°]	[%]
Tablet - Ruční měření	0,18	5,60	1,56	1,37	0,38

U měření inklinace nastává obdobný problém, jak u měření vzdálenosti rohovky od brýlové čočky. Maximální velikost odchylky dosahuje téměř 6 ° od střední hodnoty. Rozdíl naměřených hodnot pomocí ručního měření oproti měření na tabletu tedy činí až 12°. Při pohledu na graf je ovšem zřetelné, že takto velké odchylky se týkají pouze několika málo hodnot. Průměrná odchylka všech hodnot je pouze 1,37 °.

Míra opakovatelnosti

Kontrola přesnosti měření centrovacího tabletu centrovací věže byla provedena pomocí deseti po sobě jdoucích měření. Pro rozměry, u kterých nevíme jejich přesnou hodnotu, byla zvolená jako referenční hodnota průměr všech deseti měření. Pro měření rozměrů obruby byly vzaty jako referenční hodnoty skutečné rozměry obrub. Konkrétní hodnoty jsou zaznamenány do tabulky č. 14 a 15.

Tabulka č. 14 - Hodnoty z deseti měření na centrovacím tabletu

Měření č.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ref.
Vzdálenost zornic	[mm]	73,5	73,8	73,9	73,9	73,7	74,0	74,1	73,9	74,2	74,1	73,9
PD P	[mm]	36,3	36,5	36,6	36,5	36,1	36,3	36,2	36,4	36,3	37,2	36,4
PD I	[mm]	37,1	37,3	37,3	37,3	37,6	37,7	37,9	37,5	37,9	36,9	37,5
Výška P	[mm]	19,9	21,4	21,7	23,3	22,4	21,9	24,1	23,1	23,4	24,8	22,6
Výška L	[mm]	18,1	20,9	21,3	22,1	21,7	21,7	23,5	22,0	22,4	23,8	21,8
Šířka očníce	[mm]	54,0	54,5	54,2	54,3	54,1	54,1	54,3	54,6	54,0	54,2	55,0
Výška očníce	[mm]	35,8	36,1	34,9	36,0	35,0	35,1	35,7	34,7	34,5	35,0	35,0
Šířka nosníku	[mm]	15,6	15,7	15,6	15,3	15,6	15,8	15,4	15,3	15,6	15,7	15,0
Úhel prohnutí obruby	[°]	4,9	5,2	5,1	4,9	5,0	5,0	4,9	4,9	5,3	4,0	4,9
Vzdálenost rohovka čočka	[mm]	14,0	14,2	15,5	15,9	15,9	17,3	16,7	15,8	16,1	18,3	16,0
Inklinace	[°]	-2,4	-0,3	0,2	1,0	2,3	0,7	3,5	1,1	3,1	4,1	1,3
Rotace hlavy	[°]	1,2	2,2	0,4	1,0	0,9	2,6	1,2	0,7	2,9	3,0	1,6

Tabulka č. 15 - Hodnoty z deseti měření na centrovací věži

Měření č.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ref.
vzdálenost mezi zornicemi	[mm]	66,1	66,5	66,4	66,5	66,3	66,3	66,5	66,5	66,4	66,3	66,4
ERC PD Pravé oko	[mm]	31,9	31,8	31,9	32	32	31,6	32	31,9	31,9	31,8	31,9
ERC PD levé oko	[mm]	34,3	34,7	34,5	34,6	34,4	34,7	34,5	34,6	34,5	34,5	34,5
Výška segmentu Pravé oko	[mm]	24,7	23,3	21,9	24,4	23,1	26,1	21,6	22,9	21,9	23	23,3
Výška segmentu Levé oko	[mm]	24,3	23,1	21,8	24,3	22,8	25,7	21,5	22,9	21,5	22,5	23,0
Zakřivení (°)	[°]	10,8	9,2	11,3	13,4	8,5	9,9	10,5	9,5	12	9,4	10,5
Pantoskopický úhel (°)	[°]	6,2	5	6,5	6,8	6,2	9,7	3	8,5	5	5,8	6,3
Šířka očníce	[mm]	54,4	54,4	54,8	54,7	53,8	54,4	54,4	54,7	54,7	54,7	55,0
Výška očníce	[mm]	37,6	37,4	37,6	37,6	37,2	38	37,6	37,7	37,2	37,5	38,0
Šířka nosníku	[mm]	17,6	17,9	17,5	17,5	17,9	17,2	17,6	17,3	17	17,3	18,0
Rotace hlavy (°)	[°]	5,3	3,1	4	3,7	3,3	3,7	4	3,5	4,5	3,6	3,9
Čtecí vzdálenost	[mm]	39	37	36	35	37	36	33	32	34	39	35,8
Dominantní oko	[mm]	Pravé	Pravé	Pravé	Pravé	Pravé	Pravé	Pravé	Pravé	Pravé	Pravé	Pravé

Z naměřených hodnot byly vypočteny odchylky od hodnot referenčních. Velikost této odchylky je zaznamenána v tabulce č. 16 a 17. V první části tabulky jsou hodnoty spočítány z hodnot převzatých přímo z tabletu a centrovací věže. Tablet i věž zaokrouhlují na jedno desetinné místo. Tato hodnota je ovšem až moc přesná. Vzdálenost je nastavovaná prstem na monitoru, přesnosti desetin milimetru tak prakticky nelze dosáhnout. Proto v druhé části tabulky jsou odchylky počítány z (pro praxi použitelnějších) hodnot zaokrouhlených na celá čísla. Z tabulky č. 16 a 17 je vidět, že průměrná odchylka u všech měřených nezaokrouhlených veličin dosahuje nanejvýš pěti procent z měřeného rozsahu. Měření PD pro pravé i levé oko dosahuje u tabletu přesnosti 0,7% s maximální odchylkou 0,8 mm a u věže dokonce 0,3% činící maximální odchylku 0,3 mm. Z tabulky č. 16 a 17 je dále patrné, že po aritmetickém zaokrouhlení vstupních hodnot, výsledné hodnoty nevykazují velké odchylky od hodnot spočtených bez zaokrouhlení. Chyba vnesená zaokrouhlením je tak zanedbatelná.

Tabulka č. 16 - Odchylky měření centrovacího tabletu

	Reálná hodnota					Zaokrouhlená hodnota				
	Max. odchylka		Průměrná od.			Max. odchylka		Průměrná od.		
	Průměr	[mm]	[%]	[mm]	[%]	Průměr	[mm]	[%]	[mm]	[%]
Vzdálenost mezi zornicemi	73,9	0,4	0,6	0,2	0,2	74,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PD P	36,4	0,8	2,1	0,2	0,6	36,4	0,6	1,6	0,5	1,3
PD I	37,5	0,5	1,5	0,3	0,7	37,5	0,5	1,3	0,5	1,3
Výška P	22,6	2,7	11,9	1,1	5,0	22,5	2,5	11,1	1,1	4,9
Výška L	21,8	3,7	16,8	1,0	4,6	21,8	2,2	10,1	1,1	5,0
Šířka očníce	54,2	1,0	1,8	0,8	1,4	54,2	0,8	1,5	0,3	0,6
Výška očníce	35,3	1,1	3,1	0,5	1,3	35,4	0,6	1,7	0,5	1,4
Šířka nosníku	15,6	0,8	5,1	0,6	3,6	15,7	0,3	1,9	0,4	2,7
Úhel prohnutí obruby (°)	4,9	0,9	0,3	0,2	0,1	4,9	0,1	0,0	0,2	0,0
Vzdálenost rohovky a čočky	16,0	2,3	14,6	0,9	5,7	16,0	2,0	12,5	0,8	5,0
Inklinace (°)	1,3	3,7	1,0	1,5	0,4	1,4	2,6	0,7	1,5	0,4
Rotace hlavy (°)	1,6	1,4	0,4	0,9	0,2	1,6	1,4	0,4	0,9	0,3

Tabulka č. 17 - Odchylky měření centrovací věže

	Reálná hodnota					Zaokrouhlená hodnota				
	Max. odchylka		Průměrná od.			Max. odchylka		Průměrná od.		
	Průměr	[mm]	[%]	[mm]	[%]	Průměr	[mm]	[%]	[mm]	[%]
Vzdálenost mezi zornicemi	66,4	0,3	0,4	0,1	0,2	66,4	0,6	0,9	0,5	0,7
ERC PD Pravé oko	31,9	0,3	0,9	0,1	0,3	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ERC PD levé oko	34,5	0,2	0,7	0,1	0,3	34,8	0,2	0,6	0,3	0,9
Výška segmentu Pravé oko	23,3	2,8	12,1	1,1	4,6	23,3	2,7	11,6	1,0	4,4
Výška segmentu Levé oko	23,0	2,7	11,5	1,0	4,5	23,2	2,8	12,1	0,9	3,8
Zakřivení (°)	10,5	3,0	0,8	1,2	0,3	10,5	2,5	0,7	1,1	0,3
Pantoskopický úhel (°)	6,3	3,4	1,0	1,3	0,4	6,4	3,6	1,0	1,5	0,4
Šířka očnice	54,5	1,2	2,2	0,5	0,9	54,5	0,5	0,9	0,5	0,9
Výška očnice	37,5	0,8	2,1	0,5	1,2	37,7	0,3	0,8	0,4	1,1
Šířka nosníku	17,5	1,0	5,7	0,5	3,0	17,6	0,4	2,3	0,5	2,7
Rotace hlavy (°)	3,9	1,4	0,4	0,5	0,1	4,0	1,0	0,3	0,4	0,1
Čtecí vzdálenost	35,8	3,8	10,6	1,8	5,1	35,8	3,2	8,9	1,8	5,1

Opakovatelnost měření centrovacího tabletu a centrační věže byla provedena u všech padesáti měřených klientů. Odchylka naměřených hodnot se u jednotlivých klientů výrazně nelišila.

8.4 Diskuze

V praktické části bakalářské práce byla zkoumána přesnost jednotlivých metod měření individuálních parametrů pro zábrus brýlových čoček. Samotnému porovnávání předcházela rozsáhlá sběr dat, kdy bylo proměřeno 47 osob pomocí jednotlivých metod. Každá metoda byla navíc u jednotlivých osob měřena několikrát po sobě. Celkem tak bylo nasbíráno více jak 10 000 hodnot. Tyto hodnoty byly následně zpracovány a vyhodnoceny pomocí přehledných grafů a statistických metod.

Z výsledků uvedených v kapitole 8.3 vyplývá, že v případě měření pupilární distance pravého i levého oka nevykazují naměřené hodnoty velké odchylky mezi jednotlivými typy zkoumaných metod. Maximální odchylka byla zjištěna u centračního tabletu na pravém oku - 2,12 mm průměrná hodnota odchylky se však neliší o více jak 0,65 mm.

Při porovnání měření rozměrů brýlových obrub byly stanoveny referenční hodnoty podle přesných hodnot uvedených výrobcem. Díky znalosti přesných měřených hodnot je tedy toto měření nejvíce vypovídající o přesnosti jednotlivých metod. Maximální odchylka u centračního tabletu je 1,16 mm při měření šířky oční obruby. U centrovací věže maximální odchylka dosáhla hodnoty 2,57 mm při měření výšky oční obruby. Hodnota korelace se při měření výšky obruby na věži ovšem výrazně nelišila od hodnot změřených na centračním tabletu. Z grafu je patrné, že hodnoty změřené centrovací věží kopírují průběh referenčních hodnot, ale jsou konstantně posunuty od referenčních hodnot. Lze říci, že centrovací věž získává nepřesné hodnoty, které však mohou být způsobeny chybnou kalibrací přístroje. Při správné kalibraci přístroje by měly být obě metody schopny měřit s téměř totožnou přesností.

Při měření vzdálenosti rohovky od brýlové čočky byly porovnávány metody ručního měření a centrovacího tabletu. U 30 % měření byly hodnoty změřeny s odchylkou vyšší jak 3 mm. Vzniklé nepřesnosti mohou být způsobeny mnoha faktory. Hodnoty sloužící jako podklad pro porovnání byly získány zprůměrováním několika po sobě jdoucích měření. Zatímco u tabletu probíhala měření okamžitě po sobě a nedocházelo tak ke změně usazení brýlí. U ručního měření neprobíhala měření okamžitě a při opětovném nasazování brýlí mohla vzniknout nepřesnost. Mezi další možnosti vnesení chyby patří i lidský faktor, kdy odčítání vzdálenosti na milimetrovém měřítku je velmi komplikované a snadno tak může vzniknout nepřesnost.

Měření inklinace bylo porovnáváno ruční měření s měření na centrovacím tabletu. Velikost maximální odchylky dosahuje $5,6^\circ$ od střední měřené hodnoty. Tato odchylka může být způsobena lidským faktorem.

Opakovatelnost byla měřena na centrovacím tabletu a centrovací věži. Každý klient byl změřen centrovacím tabletem i centrovací věží desetkrát po sobě. Z naměřených hodnot lze konstatovat, že přesnost měření se s rostoucí zkušeností obsluhy zvyšovala. Především kontrola a úprava značek důležitých pro výpočet správných hodnot si vyžaduje vyšší přesnost a zkušenost obsluhy. Při dodržení všech předepsaných postupů tak centrovací tablet i centrovací věž je schopen měřit s velmi dobrou přesností. Při vzájemném srovnání všech měřených parametrů vychází jako nepatrně přesnější metoda měření pomocí centrovacího tabletu.

Z výsledků vyplývá, že všechny zkoumané metody jsou schopny měřit s dostatečnou shodou. Měření pomocí centrovací věže či tabletu se dá považovat v mnoha případech za přesnější nebo aspoň stejně přesné, jelikož je z velké míry eliminován lidský faktor.

V celkovém hodnocení však nesmíme opomenout výhody a nevýhody z pohledu klienta i očního optika. Mezi nevýhody u centrační věže patří dlouhá doba měření, nutnost přizpůsobení klienta na různé vzdálenosti od věže, vyhrazený prostor v optice, oslňující světlo při měření a neschopnost fixace bodu na centrační věži pro klienty s vysokou dioptrickou korekcí a v neposlední řadě vysoká pořizovací cena přístroje. Naopak výhodou je stabilizace přístroje při měření, zjištění motorické dominance oka.

U centračního tabletu je nevýhodou jeho váha při stabilizaci focení chybějící vodící linie při měření z profilu a chybné měření u lidí s problémem konvergence. Výhodou je rychlé měření, snadné nastavení vzdálenosti měření, nastavení citlivosti fotoaparátu dle konkrétních světelných podmínek a flexibilita měření.

Při ručním měření je nevýhodou vyšší podíl vnesení chyby lidským faktorem (třes ruky při značení středu zornic, odčítání hodnoty na stupnici) a komfort pro klienta. Naopak velkou výhodou je velmi nízká pořizovací cena a dostupnost pomůcek.

Závěr

Úkolem bakalářské práce bylo porovnat měření individuálních parametrů brýlí mezi ručním měřením a měřením pomocí centrovacích pomůcek. V práci byly popsány jednotlivé brýlové čočky a parametry potřebné pro jejich zábrus. Práce se podrobně zabývá popsáním jednotlivých metod pro získání těchto parametrů. V praktické části byla na reálném měření zkoumána přesnost popsaných metod a tyto metody byly navzájem porovnány.

Pro měření dat bylo využito ručního měření za pomoci fólie v obrubě, pravítkového pupilometru, centrační věže Essilor Visio Office a centračního tabletu Hoya VisuReal. Vyhodnocení naměřených dat bylo provedeno pomocí vhodných statistických metod.

Z porovnání jednotlivých metod vyplývá, že naměřené odchylky byly ve většině měření zanedbatelné. Hodnoty naměřené s vyšší odchylkou byly způsobeny především lidským faktorem. Bylo tak prokázáno, že všechny metody jsou schopny měřit s dostatečnou přesností potřebnou pro zábrus brýlových čoček. Je však zapotřebí dbát předepsaného postupu a preciznosti měření, aby se naměřené hodnoty mohly proměnit v kvalitní zabroušenou brýlovou čočku.

Seznam použitých zkratk

PD	Pupilární distance
OPT	Optika a optometrie
Pdpt	Prizmatická dioptrie
D	Dioptrická hodnota
r	Poloměr
mm	Milimetr
m	Metr

Seznam použitých obrázků

Obr. č. 1 - Základní osy oka [1]	5
Obr. č. 2 - Model Gullstrandova schématického oka [2]	7
Obr. č. 3 - Model Emsleyova-Graffova modifikace [2]	8
Obr. č. 4 - Model Standardního redukovaného oka [2]	9
Obr. č. 5 - Zobrazení oka emetropického(vlevo) a myopického (vpravo) [O3]	11
Obr. č. 6 - Zobrazení oka emetropického (vlevo) a hypermetropického (vpravo) [O3]	11
Obr. č. 7 - Zobrazení oka emetropického(vlevo) a astigmatického (vpravo) [O3]	12
Obr. č. 8 - Ukázka hlavních řezů válcové čočky [O4]	14
Obr. č. 9 - Lom světla při průchodu válcovou čočkou [O4]	14
Obr. č. 10 - Torická rozptylná a spojná čočka [O4]	14
Obr. č. 11 - Centrace pravého a levého oka [O5]	19
Obr. č. 12 - Měření PD pomocí pupilometru [O6]	20
Obr. č. 13 - Ukázka konstrukčních druhů PD měříték [O7, O8]	20
Obr. č. 14 - Popis komponentů pupilometru [O9].....	21
Obr. č. 15 - Ukázka druhů jednotlivých typů bifokálních čoček [O10]	23
Obr. č. 16 - Správně nacentrovaná zabroušená čočka v obrubě [O12].....	25
Obr. č. 16 - Centrace brýlí pomocí šablony výrobce [O11].....	25
Obr. č. 18 - Ukázka centrace jednotlivých druhů čoček [O13]	26
Obr. č. 19 - Zorné pole u jednotlivých druhů degresivních čoček [O14]	26
Obr. č. 20 - Ukázka probíhajícího měření na centrační věži [O15]	28
Obr. č. 21 - Ukázka centrovacího programu s fotografií klienta [O16]	29
Obr. č. 22 - Ukázka centrovacího programu s technickými parametry [O16].....	29
Obr. č. 23 - Ukázka posunu centračních bodů obruby na centrovací věži	32
Obr. č. 24 - Ukázka měření centračním tabletem Hoya VisuReal [O17]	33

Seznam použitých tabulek

Tabulka č. 1 - Parametry Gullstrandova schematického oka – hodnoty v závorkách odpovídají maximální akomodaci. V ostatních případech se jedná o neakomodovaný stav. Chybí-li hodnota v závorce, parametr se v závislosti na akomodaci nemění [T1]	7
Tabulka č. 2 - Parametry Emsleyovy-Graffovy modifikace zjednodušeného Gullstrandova schematického oka [T1]	8
Tabulka č. 3 - Parametry Standardního redukovaného oka při relaxované akomodaci [T1]	9
Tabulka č. 4 - Přehled všech měřených hodnotna centračním tabletem	35
Tabulka č. 5 - Přehled všech měřených hodnotna centrační věži	35
Tabulka č. 6- Přehled všech měřených hodnotna ručním měřením	35
Tabulka č. 7 - Porovnání metod pro PD na pravém oku.....	37
Tabulka č. 8 - Porovnání metod pro PD na levém oku	38
Tabulka č. 9 - Porovnání metod pro měření šířky očníce	39
Tabulka č. 10 - Porovnání metod pro měření výšky očníce.....	40
Tabulka č. 11 - Porovnání metod pro měření šířky nosníku.....	41
Tabulka č. 12 - Porovnání metod pro měření vzdálenosti rohovky od brýlové čočky	42
Tabulka č. 13 - Porovnání metod pro měření inklinace	43
Tabulka č. 14 - Hodnoty z deseti měření na centrovacím tabletu	44
Tabulka č. 15 - Hodnoty z deseti měření na centrovací věži	44
Tabulka č. 16 - Odchylky měření centrovacího tabletu	45
Tabulka č. 17 - Odchylky měření centrovací věže	46

Seznam použitých grafů

Graf č. 1 - Porovnání metod pro PD na pravém oku	37
Graf č. 2 - Porovnání metod pro PD na levém oku	38
<i>Graf č. 3</i> - Porovnání metod pro měření šířky očníce.....	39
Graf č. 4 - Porovnání metod pro měření výšky očníce	40
Graf č. 5 - Porovnání metod pro měření šířky nosníku	41
Graf č. 6 - Porovnání metod pro měření vzdálenosti rohovky od brýlové čočky	42
Graf č. 7 - Porovnání metod pro měření inklinace	43

Seznam použité literatury

- [1] POLÁŠEK Jaroslav, Technický sborník oční optiky, vyd. Oční optika n.p. , Praha 1974
- [2] RUTRLE, Miloš. *Brýlová technika, estetika a přizpůsobování brýlí: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. 1. vyd. Brno: IDVPZ, 2001, 143 s. ISBN 80-701-3347-3.
- [3] AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ. *Nauka o zraku*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2002, 226 s. ISBN 80-701-3362-7.
- [4] KUCHYNKA Pavel a kolektiv. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 80-247-1163-X.
- [5] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Práce a vidění*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999, 122 s. ISBN 80-701-3275-2.
- [6] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1997, 341 s. ISBN 80-716-9079-1.
- [7] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2006, 373 s. ISBN 80-246-1213-5.
- [8] BAŠTECKÝ Richard, Praktická brýlová optika, vyd. RH Optik, Praha 1997
- [9] DIVIŠOVÁ, Gabriela. *Strabismus*. 2. vydání. Praha: AVICENUM, 1990. 312 s. ISBN 08-039-90.
- [10] HROMÁDKOVÁ, Lada. *Šilhání*. 2. dopl. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995, 162 s. ISBN 80-701-3207-8.
- [11] KVAPILÍKOVÁ Květa. *Vyšetřování oka*. 1. vydání. Brno: NCO NZO, 1995. 87s. ISBN 80-7013-195-0.
- [12] NAJMAN, Ladislav. *Dílenská praxe očního optika*. Vyd. 2., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2010, 208 s. ISBN 978-807-0135-297.
- [13] ESSILOR. Ophthalmic optics files: 5.Tje different types of ophtalmic lenses. *Essiloracademy* [online]. [cit. 2015-01-07]. Dostupné z:http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/4.Astigmatic_lenses.pdf
- [14] Prizmatická korekce. *Česká oční optika*. 4/2012, č. 53, s. 30.
- [15] RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, 189 s. ISBN 80-701-3301-5.
- [16] ESSILOR. *Progresivní čočky: Listy očních optiků*. Paris: ESSILOR ACADEMY EUROPE, 2006. (brožurka).
- [17] VYMYSLICKÝ Ivan, Progresivní čočky a refrakční chyby, *Česká oční optika* 2006/1 s. 54
- [18] HOYA. *Čočky do kanceláře*. propagační materiál.

- [19] Free-form. *Česká oční optika*. 1/2012, č. 53, s. 16.
- [20] OSWALD Michael. BUSCHE M., Visio_ ce und eyecode: Die Messung fūr perfektes Sehen, DZO Optometrie, _c__slo 5, 2009.
- [21] HOYA. *Visu Real: portable traning 1*. Hoya, 2014. (reklamní prezentace).
- [22] HOYA. *Presentation Portableplus Berlin*. Hoya, 2014. (reklamní prezentace).
- [23] Visureal Service. *Hoya* [online]. [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: <https://service.visureal.eu/faqen/woliegtfehler.html>
- [25] Visureal Service 2. *Hoya* [online]. [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: https://service.visureal.eu/faqen/Bedienung_Bildaufnahme.html
- [26] Využití prizmat v ortoptice. 2012. *4oci.cz* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: http://www.4oci.cz/vyuziti-prizmat-v-ortoptice_4c607
- [27] RABBETTS, Ronald B. *Bennett: náhodné jevy, náhodné veličiny, základy matematické statistiky, indexní analýza, regresní analýza, časové řady*. 4th ed. New York: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2007, xiv, 470 p. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-075-0688-741.
- [28] KROPÁČ, Jiří. *Statistika.: náhodné jevy, náhodné veličiny, základy matematické statistiky, indexní analýza, regresní analýza, časové řady*. 2. přeprac. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2012, vi, 138 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-7204-788-8.
- [O1] Průchod optické a zrakové dráhy okem. [online]. [cit. 2014-9-20]. Dostupné z: http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/color/vision.html
- [O2] KUCHYNKA Pavel a kolektiv. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 80-247-1163-X.
- [O3] *Zobrazení refrakčních vad* [online]. [cit. 2015-10-04]. Dostupné z: <http://fr.dreamstime.com/photographie-stock-libre-de-droits-d%C3%A9fautes-de-vision-myopie-hyperopia-et-astigmatisme-image34372367>
- [O4] POLÁŠEK Jaroslav, *Technický sborník oční optiky*, vyd. Oční optika n.p. , Praha 1974
- [O5] NAJMAN, Ladislav. *Dílenská praxe oční optika*. Vyd. 2., přeprac. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2010, 208 s. ISBN 978-807-0135-297.
- [O6] *Měření pomocí PD měřítka* [online]. [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: <http://www.39dollarglasses.com/blog/2013/07/how-to-measure-your-pd/>
- [O7] *PD měřítko* [online]. [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: http://www.louisstone.co.uk/Optical_Instruments_For_Optomety_Student_And_Pre_Reg/Abdo
- [O8] *PD měřítko* [online]. [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: <http://www.wellpromo.com/Printable-Imprinted-Branded-Printing-Printed/p/Pupil-Distance-Ruler/>

- [O9] *Pupilometr* [online]. [cit. 2014-10-12]. Dostupné z: <http://www.ebay.com/itm/Optical-Digital-Pupillary-Distance-Meter-Digital-PD-meter-LCD-Display-optical-pd-%20/350758524659>
- [O10] *Bifokální brýlové čočky* [online]. [cit. 2014-11-08]. Dostupné z: <http://www.thespectacleworks.co.uk/glasses-eyewear-frames-spectacles-accessories.php?view=thumbnailList&category=2>
- [O11] *Centrace brýlí* [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://aamerniazi.blogspot.cz/2014/01/measurement-and-dispensing-of.html>
- [O12] *Progresivní čočka v obrubě* [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: <http://buyframesonline.blogspot.cz/2012/04/progressive-lenses.html>
- [O13] *Centrace druhů brýlí* [online]. [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://www.opticianclub.com/progressive-lenses/>
- [O14] *Degresivní brýle* [online]. [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: http://www.zeiss.com/vision-care/en_us/eye-care-professionals/products-and-technologies/lenses/office-computer-lenses.html
- [O15] *Visioffice* [online]. [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://bruceeyewear.com/blog/?p=1965>
- [O16] HOYA. *Visu Real: portable training 1*. Hoya, 2014. (reklamní prezentace).
- [O17] Hoya VisuReal. 2013. *Opticworld Optika: Hoya VisuReal – precizitás profiknak* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.opticworld.hu/index.php/88-demo-category/hot-news/239-hoya-visureal>
- [O18] Hoya VisuReal. 2013. *Opticworld Optika: Hoya VisuReal – precizitás profiknak* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.opticworld.hu/index.php/88-demo-category/hot-news/239-hoya-visureal>
- [T1] KUCHYNKA Pavel a kolektiv. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 80-247-1163-X.

Seznam příloh

1. Celostránková verze grafů z kapitoly 9.3

- Graf č.1 - Porovnání metod pro PD na pravém oku

- Graf č.2 - Porovnání metod pro PD na levém oku

- Graf č.3 - Porovnání metod pro měření šířky očníce

- Graf č.4 - Porovnání metod pro měření výšky očníce

- Graf č.5 - Porovnání metod pro měření šířky nosníku

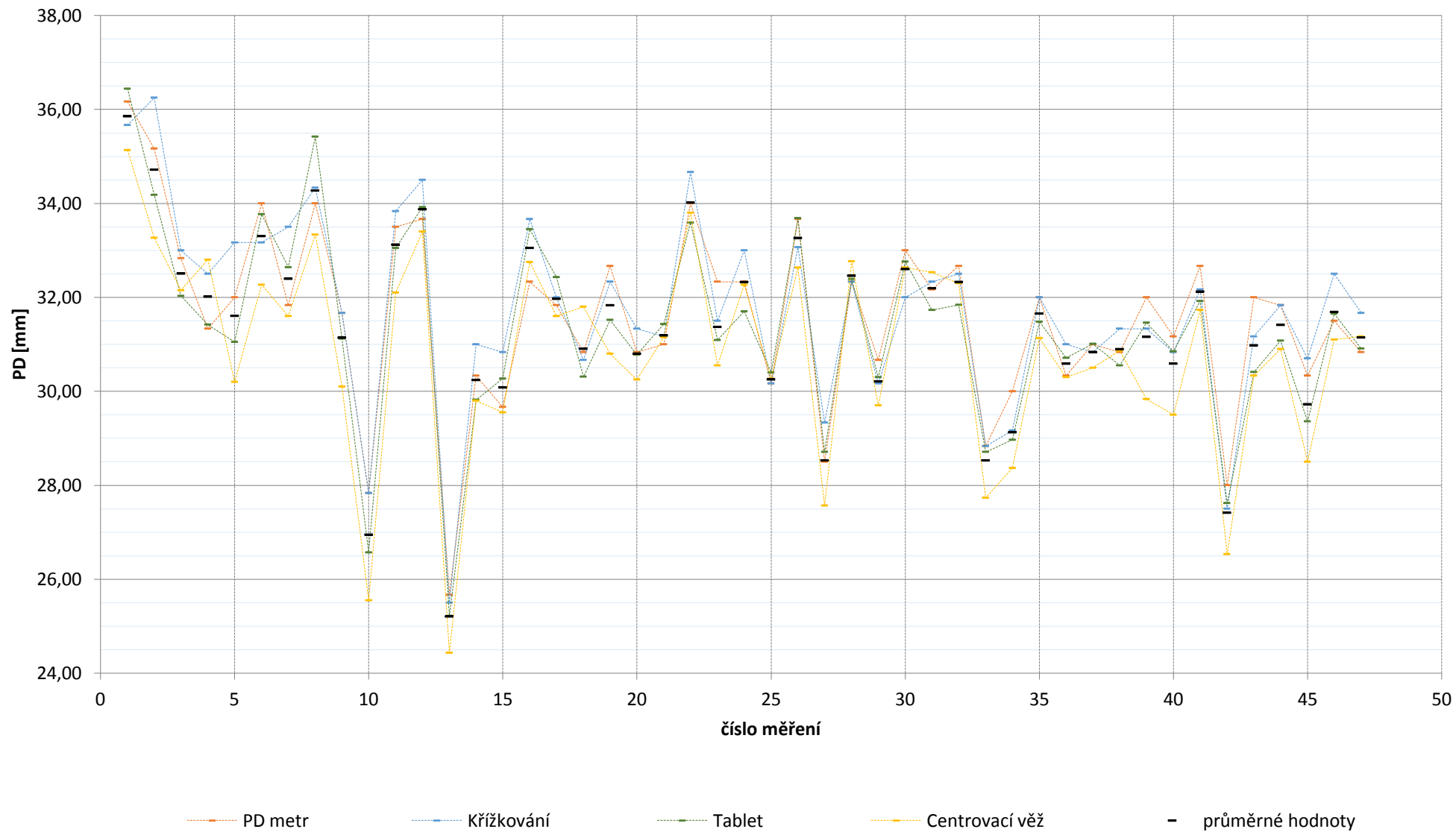
- Graf č.6 - Porovnání metod pro měření vzdálenosti rohovky od brýlové čočky

- Graf č.7 - Porovnání metod pro měření inklinace

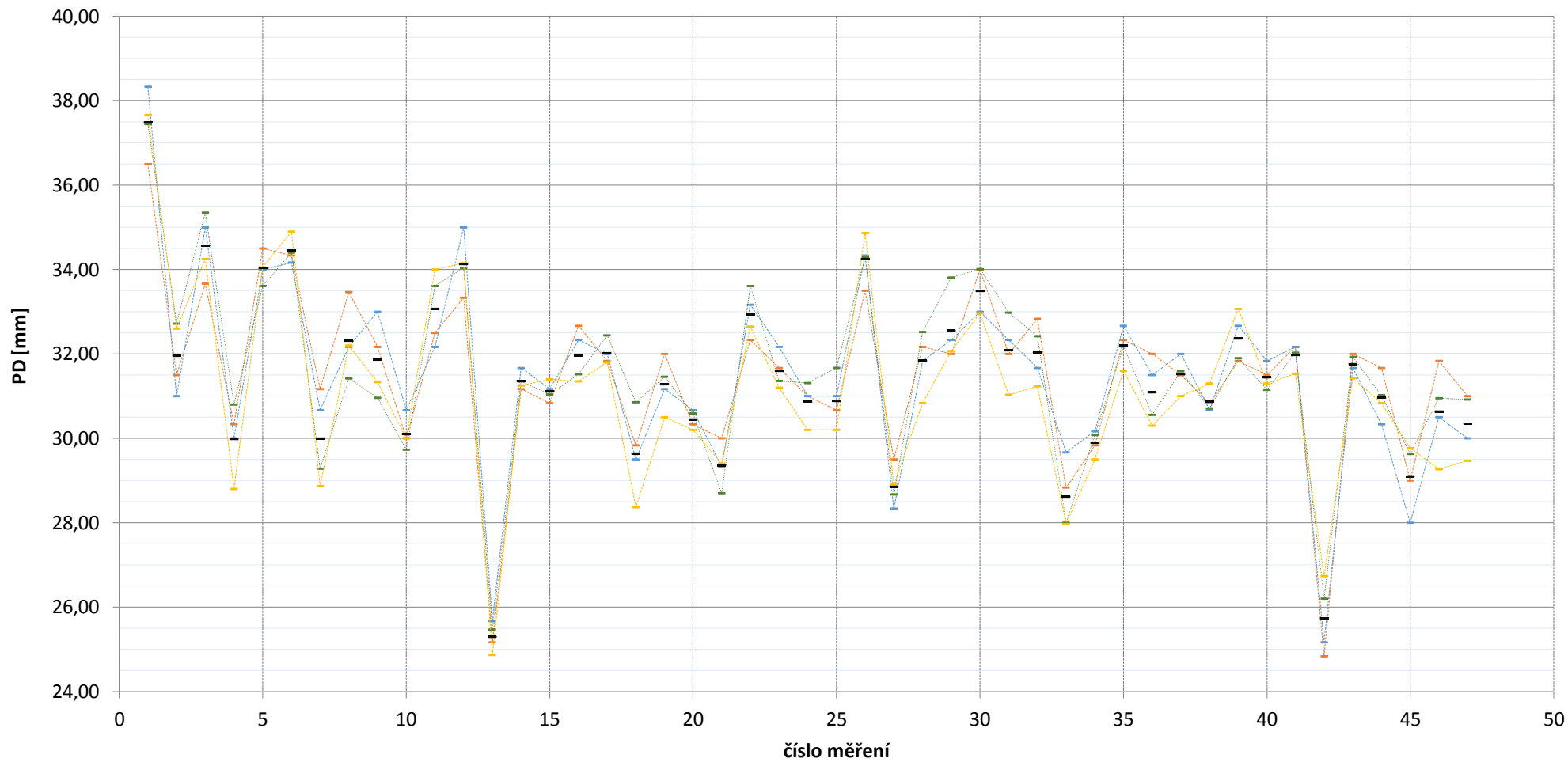
2. Tabulka naměřených hodnot

3. Tabulka výsledků

Graf č. 1 - Porovnání metod pro PD na pravém oku



Graf č. 2 - Porovnání metod pro PD na levém oku



PD metr

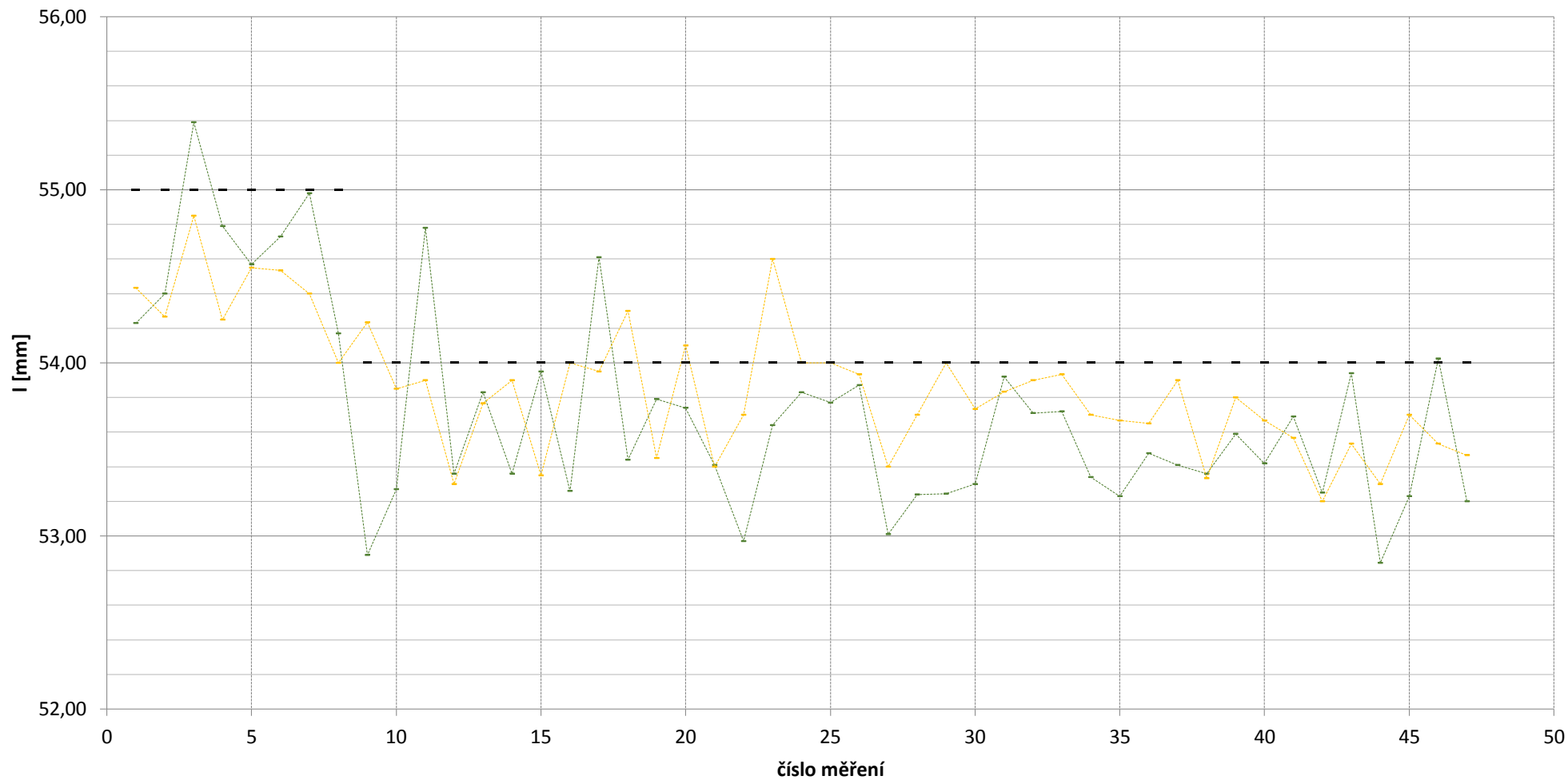
Křížkování

Tablet

Centrovací věž

PD L

Graf č. 3 - Porovnání metod pro měření šířky očnice

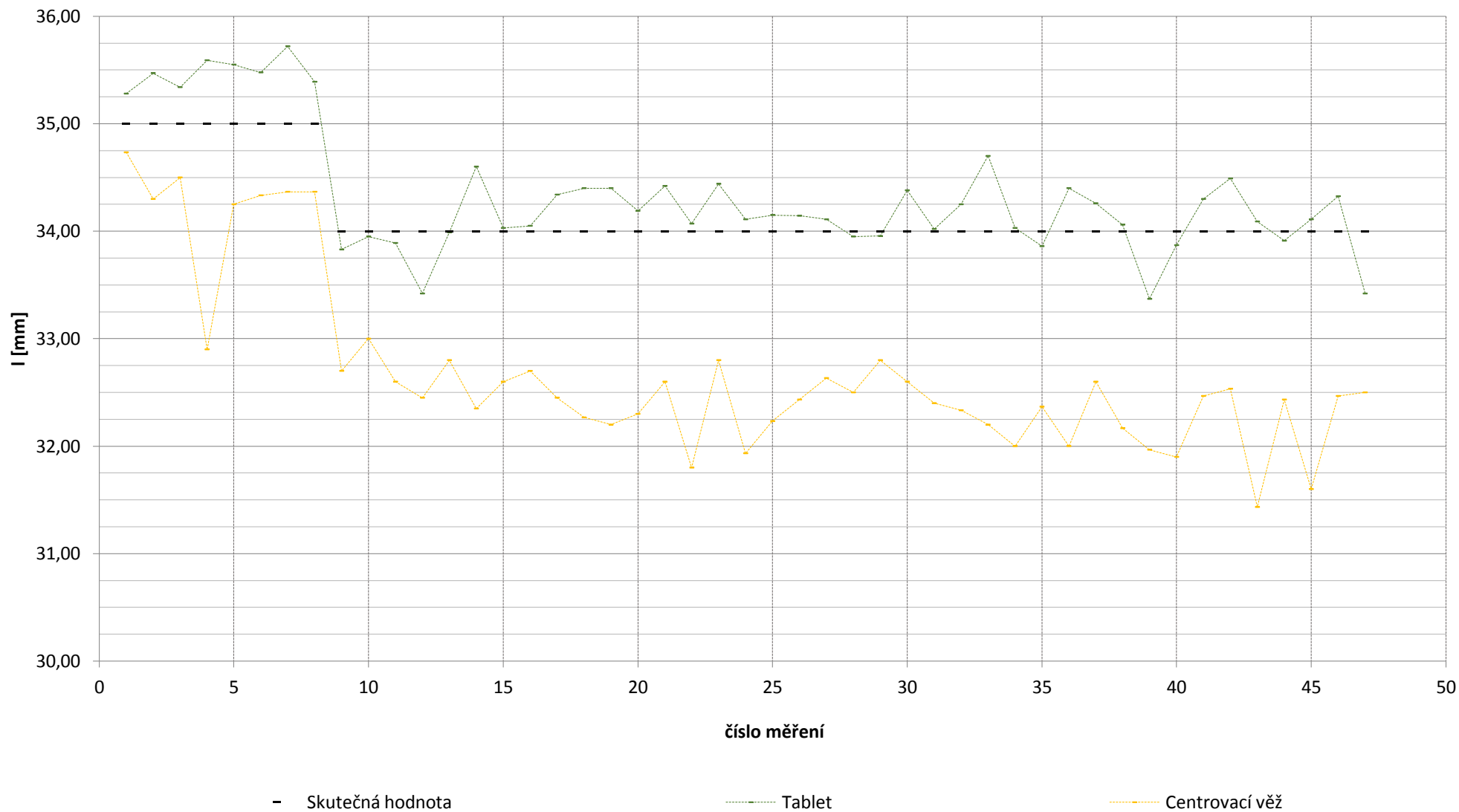


- Skutečná hodnota

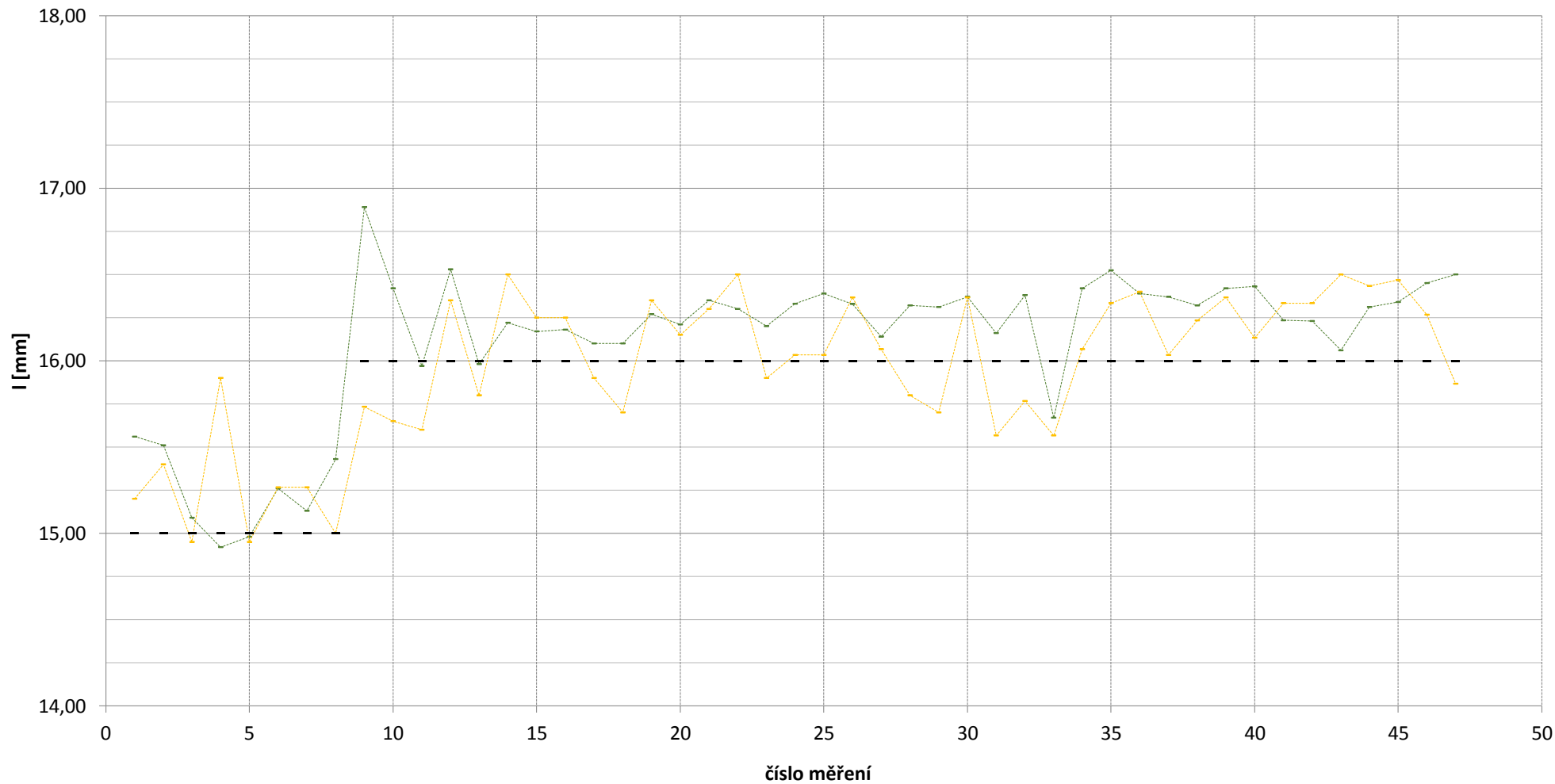
..... Tablet

..... Centrovací věž

Graf č. 4 - Porovnání metod pro měření výšky očníce



Graf č. 5 - Porovnání metod pro měření šířky nosníku

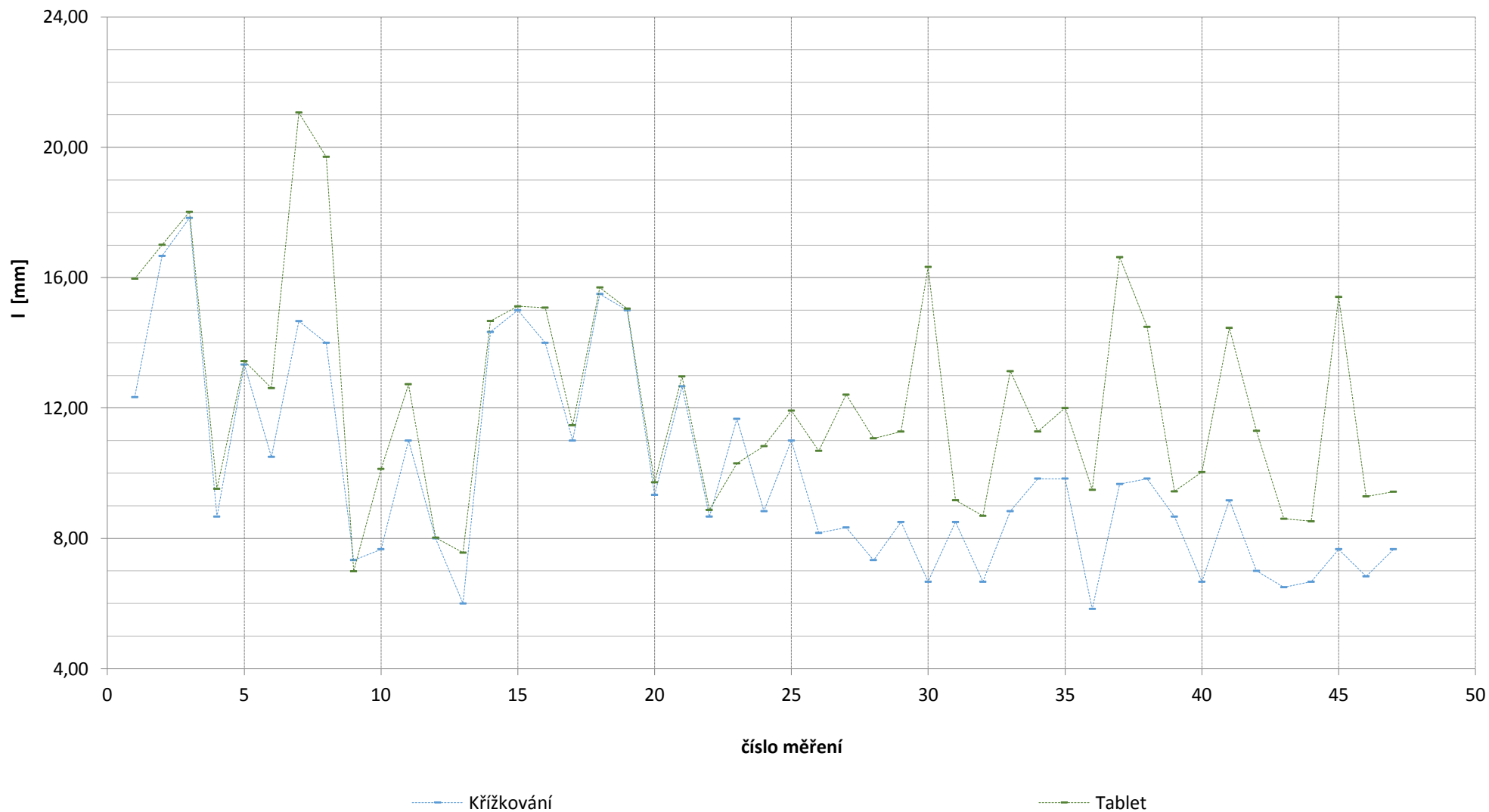


- Skutečná hodnota

..... Tablet

..... Centrovací věž

Graf č. 6 - Porovnání metod pro měření vzdálenosti rohovky od brýlové čočky



Graf č. 7 - Porovnání metod pro měření inklinace

