

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

VYŠETŘOVÁNÍ OPTICKÝCH VAD OKA

Diplomová práce

Vypracovala:
Bc. Petra Panicová
obor N5345, R100052
studijní rok 2011/2012

Vedoucí diplomové práce:
RNDr. František Pluháček, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Vyšetřování optických vad oka, jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce RNDr. Mgr. Františka Pluháčka Ph.D., s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

V dne.....

Bc. Petra Panicová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce RNDr. Mgr. Františku Pluháčkovi Ph.D. za věcné připomínky, cenné rady a za studijní materiály a podklady, které mi pomohly při psaní diplomové práce.

Obsah

Úvod	6
1. Základní pojmy	7
1.1. Anatomie oka	7
1.1.1. Rohovka.....	7
1.1.2. Komorová voda	8
1.1.3. Čočka.....	9
1.1.4. Sklivec	10
1.2. Optický systém oka	10
1.3. Refrakční stav oka.....	11
1.3.1. Refrakční vady oka.....	11
1.4. Gullstrandovo schematické oko	12
1.5. Měření refrakce oka	13
2. Skiaskopie	14
2.1. Průběh vyšetření.....	15
2.2. Obecná konstrukce skiaskopu	18
2.3. Speciální využití skiaskopu.....	19
2.3.1. Dynamická skiaskopie.....	19
2.3.2. Mohindrova skiaskopie	20
3. Autorefraktometrie	21
3.1. Principy autorefraktometrů	21
3.1.1. Rodenstockův oční refraktometr	21
3.1.2. Scheinerův pokus	22
3.1.3. Hartingerův koincidenční refraktometr	23
3.2. Předepisování korekce přímo z autorefraktometru	24
4. Aberometrie	26
4.1. Základní pojmy	26
4.2. Měření aberací.....	29
4.3. Možnosti zohlednění aberací vyšších řádů v korekci zraku.....	30
5. Subjektivní refrakce	32
5.1. Visus.....	32
5.2. Základy refrakce očních vad	35
5.2.1. Postup vyšetření u myopie	35

5.2.2.	Postup vyšetření u hypermetropie	35
5.2.3.	Postup vyšetření u astigmatismu	35
5.2.4.	Binokulární vyvážení	37
6.	Kontrastní citlivost	38
6.1.	Sinusová mřížka	39
6.2.	Písmenové testy	41
6.3.	Normální vnímání kontrastní citlivosti	41
6.4.	Příčiny snížení kontrastní citlivosti	42
7.	Praktická část.....	44
7.1.	Vyšetřované osoby	44
7.2.	Metodika	44
7.3.	Výsledky a diskuze	47
7.3.1.	Srovnání různých metod stanovení refrakce	47
7.3.2.	Variabilita měření refrakce na autorefraktometru a aberometru	51
	Použitá literatura a zdroje.....	55
	Příloha 1	57

Úvod

Optometrie je poměrně nový obor, který se neustále vyvíjí. Staré metody měření refrakce jsou nahrazovány modernějšími přístroji, jež usnadňují měření a podávají podrobnější přehled o zrakových funkcích. Stále více oftalmologických a optometristických pracovišť je vybaveno autorefraktometry nebo aberometry. I přes tyto moderní technologie se setkáváme s optometry a oftalmology, kteří nedají dopustit na staré metody stanovení objektivní refrakce. Tedy na skiaskop, v některých zdrojích uváděný též jako retinoskop.

Studie prováděná v rámci této diplomové práce se zaměřuje na srovnání třech objektivních metod pro stanovení refrakce. Zajímalo nás, která metoda se nejvíce přibližuje subjektivně stanoveným výsledkům. Pro výzkum byl vybrán: autorefraktometr, aberometr a skiaskop. Ve druhé části výzkumu jsme se zaměřili na variabilitu, se kterou jednotlivé přístroje měří.

V prvních kapitolách jsou okrajově zmíněny základní pojmy refrakce a stručně popsány struktury optických prostředí oka. Následuje popis jednotlivých objektivních technik a přístrojů, které jsou k tomuto měření potřeba. Mluvíme zde o jejich historii, principu funkce a konstrukci. V závěru teoretické části jsou vysvětleny základy měření subjektivní refrakce, stanovení vízu a kontrastní citlivost, neboť nám podává rozsáhlejší informace o refrakčním stavu oka.

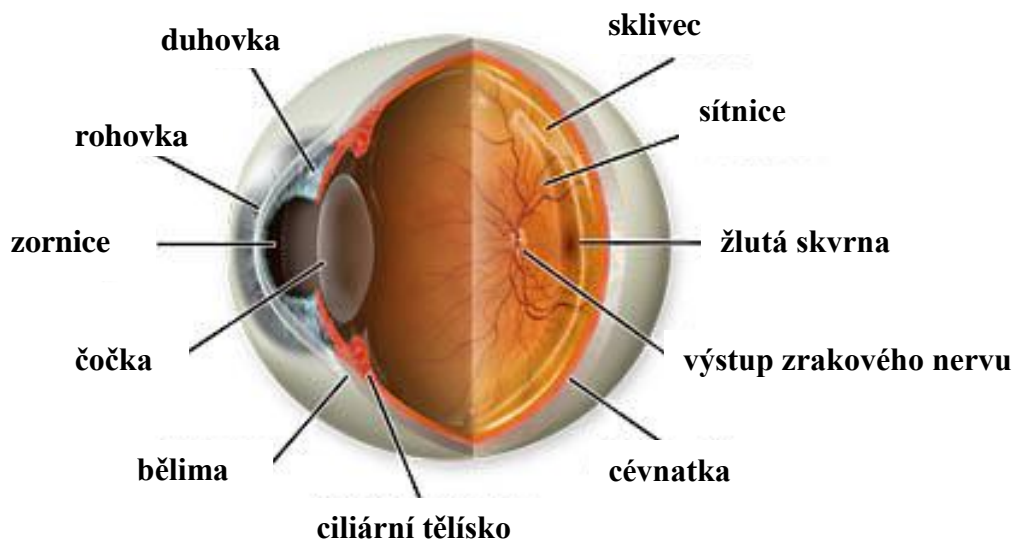
Očekávání výsledků výzkumu byla, že žádný přístroj nemůže plně nahradit subjektivní refrakci. Co se týče porovnávání přístrojů, očekáváme, že autorefraktometr a aberometr budou udávat mírně záporné hodnoty, neboť předpokládáme, že by se mohla projevit přístrojová myopie. U směrodatných odchylek přístrojů neočekáváme vyšší hodnotu než 0,25 D.

1. Základní pojmy

Ke správnému pochopení funkce oka a měření refrakce, je potřeba si připomenout základní pojmy. V této kapitole bude objasněna anatomie oka, refrakční vady a popsány schematické modely oka.

1.1. Anatomie oka

Lidské oko je složeno z mnoha tkání (Obr. 1) a můžeme jej chápat jako optickou soustavu, která má čtyři hlavní lámavá prostředí, tj. rohovka, komorová voda, čočka a sklivce. Každé prostředí má své specifické parametry, které jsou důležité především pro výpočty, ale nejprve zde bude přiblížena anatomie těchto prostředí.



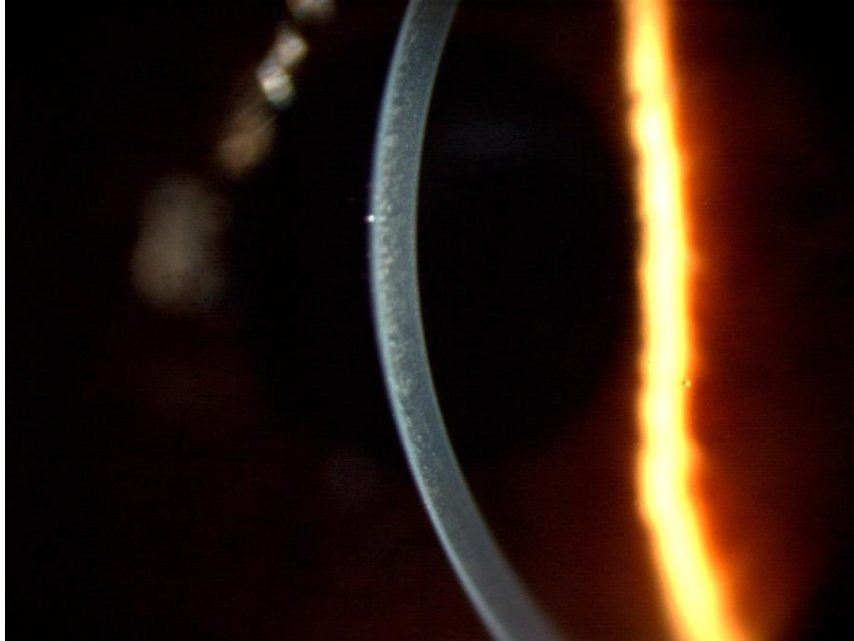
Obr. 1 Anatomie oka [11]

1.1.1. Rohovka

Je průhledná tkáň s velkým množstvím nervových zakončení, proto je považována za nejcitlivější část v lidském těle. Vyživována je především z komorové vody, slz a limbálními cévními kličkami. Rohovka je složena z pěti vrstev, z epitelu, Bowmanovy membrány, stromatu, Descementovy membrány a endotelu.

Přední plocha rohovky, epitel, hraničí se vzduchem a zadní plocha, endotel, s komorovou vodou. Rohovka má tvar elipsy. Horizontálně se její rozměry pohybují okolo 11,5 – 12 mm, vertikálně pak okolo 11 mm. Tloušťka rohovky je v periferii větší

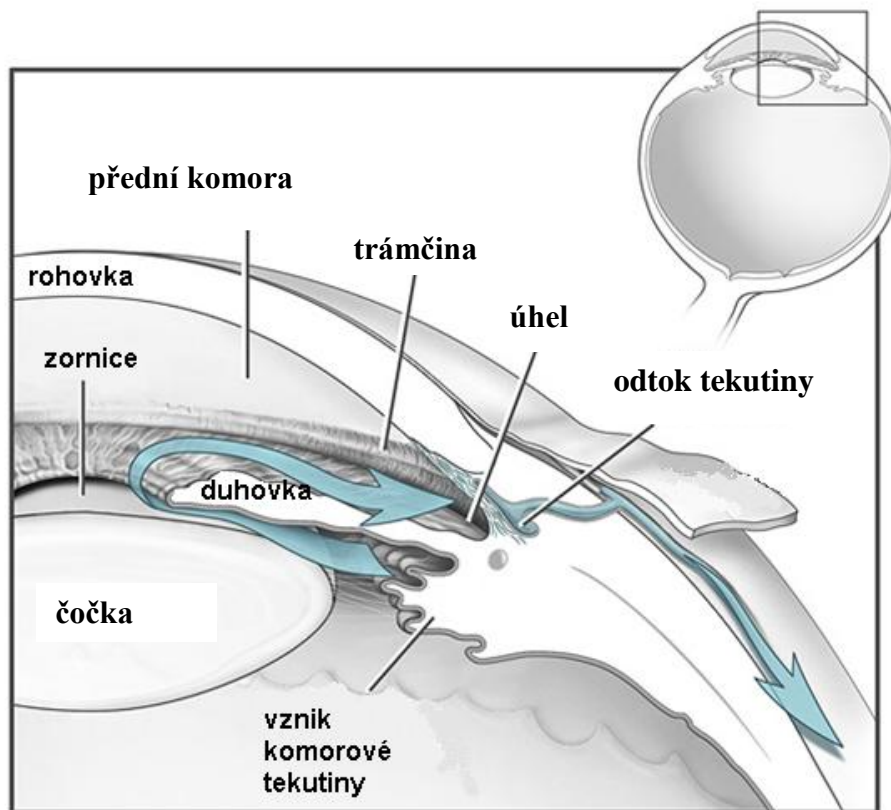
než v centrální části, kde je nejtenčí, zhruba okolo 0,5 – 0,6 mm. V periferii může dosáhnout tloušťky až 1 mm. Přesto, že má rohovka tvar rozptylné čočky, její optická mohutnost je + 43 D. [1]



Obr. 2 Řez rohovkou na štěrbinové lampě při velkém zvětšení

1.1.2. Komorová voda

Je čirá tekutina, kterou produkují výběžky řasnatého tělíska. Její hlavní funkcí je výživa rohovky a především čočky. Pupilou proudí komorová voda ze zadní komory do přední, kde díky teplotním rozdílům mezi rohovkou a duhovkou dochází k cirkulaci. Poté odtéká duhovkorohovkovým úhlem do Schlemmova kanálu. Je složena především z vody (98,8 %) a z látek jakou jsou minerály, bílkoviny a aminokyseliny. Dále obsahuje ionty sodíku a vápníku a kyselinu mléčnou a askorbovou. [1]

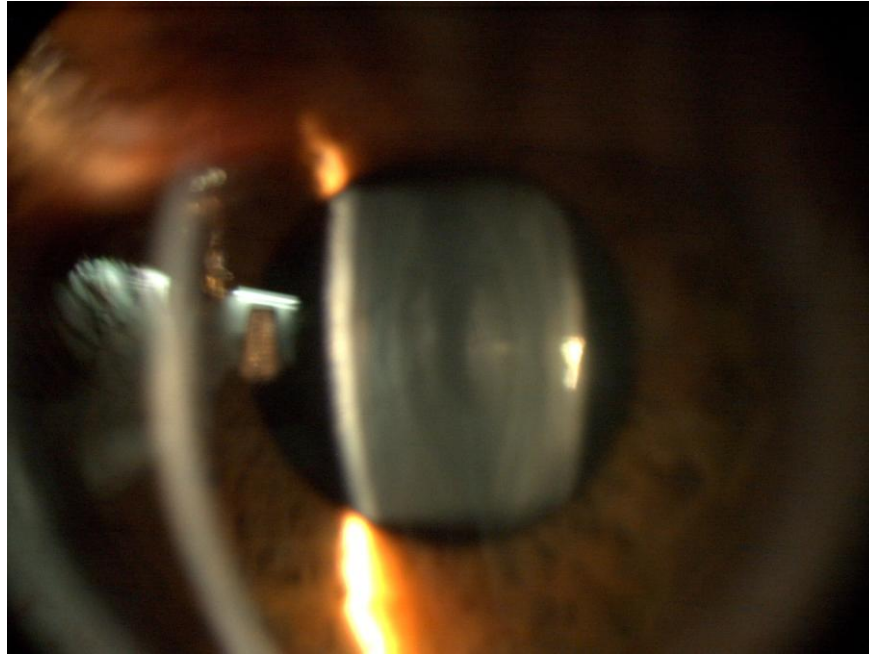


Obr. 3 Cirkulace komorové tekutiny [12]

1.1.3. Čočka

Čočka se nachází v zadní komoře, kde je ve své poloze upevněna vlákny závěsného aparátu. Je bikonvexního tvaru se zakulaceným okrajem, je plastická a elastická. Mění tvar v závislosti na akomodaci. V dospělosti dosahuje průměrné velikosti kolem 1 cm a tloušťky asi 4 – 5 mm. Optická mohutnost čočky je 19,11 D. Čočka je průhledná, avšak s postupujícím věkem se může zbarvit do žluta až hněda. Vyživována je z komorové vody.

Čočka je složena z pouzdra, epitelu a stomatu. Epitel se nachází na přední ploše čočky pod pouzdrém. Stroma se skládá z koncentricky vrstvených vláken. [1]



Obr. 4 Řez čočkou na štěrbinové lampě

1.1.4. Sklivec

Tvoří 80 % obsahu oka. Svým tlakem na oční obaly udržuje tvar oka. Má tvar koule, která má v přední části malou prohlubeň, ve které leží čočka. Svou skladbou je podobný komorové vodě. Liší se ve své viskozitě (16x viskóznější než komorová voda), kterou způsobují bílkoviny vitreín, mukoproteidy a také kyselina hyaluronová.

Ve sklivci nejsou žádná nervová zakončení ani cévní zásobení. Z důvodu pomalé látkové výměny neregeneruje, a proto, je-li porušen, nahrazuje ho komorová voda. [1]

1.2. Optický systém oka

Pro představu o optických médiích v oku byly v předchozí podkapitole popsány významná lámavá prostředí, tj. rohovka, komorová voda, čočka a sklivec. Každé prostředí má své specifické parametry. Při různých výpočtech používáme pro zjednodušení teoretický systém oka (např. Gullstrandovo schematické oko, viz níže). V tab. 1 jsou uvedeny průměrné hodnoty jednotlivých prostředí.

	Tloušťka (mm)	Index lomu	Přední poloměr zakřivení (mm)	Zadní poloměr zakřivení (mm)
Rohovka	0,55	1,377	7,8	6,5
Komorová voda	3,05	1,337	-	-
Oční čočka	4,00	1,420	10,2	6,0
Sklivec	16,70	1,336	-	-

Tab. 1 Vlastnosti optického systému oka [5]

Z optického pohledu představuje oko konvergentní optický systém. Díky tomu se předměty zvenčí zobrazují v oku na sítnici, jenž obsahuje vrstvu receptorů citlivých na světlo. Zornice, která je vytvořena duhovkou, zajišťuje regulaci vstupujícího světla do oka. Oční čočka nám díky své schopnosti měnit optickou mohutnost, akomodovat, zajišťuje možnost vidět ostře různě vzdálené předměty před okem. Schopnost akomodace čočky s věkem slábne a vzniká fyziologický stav, presbyopie.

1.3. Refrakční stav oka

Pokud fyziologický stav oka není zatížen refrakční vadou, říkáme, že je oko emetropické. V opačném případě nazýváme oko ametropické. To znamená, že v důsledku chybné lomivosti světelných paprsků nedochází k ostrému zobrazení na sítnici. U emetropického oka se obraz dalekého bodu, který je v nekonečnu, zobrazí po průchodu optickými prostředími ostře na sítnici. Z korekčního hlediska jako nekonečně vzdálený bod považujeme bod, který je vzdálen minimálně 5 - 6 metrů.

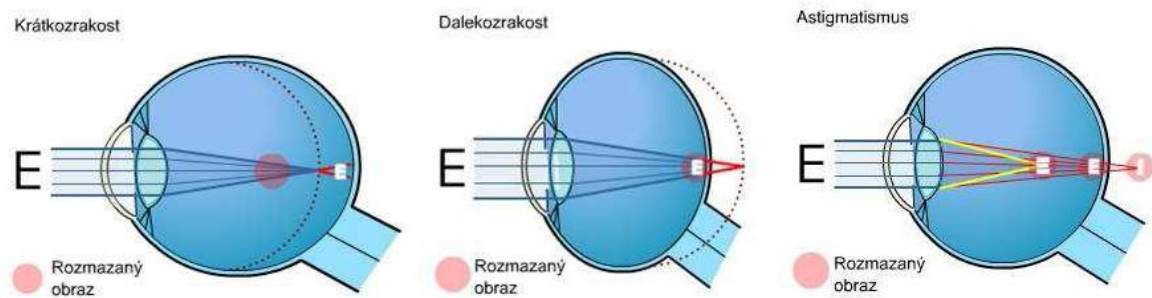
Dalekým bodem (punctum remotum) označujeme bod, který se nám na sítnici obrazí ostře při minimální akomodaci. Naopak blízkým bodem (punctum proximum), označujeme bod, který se zobrazuje ostře na sítnici při zapojení maximální akomodace.

Refrakčními vadami, jejichž příznakem je rozmazané vidění, jsou myopie (krátkozrakost), hypermetropie (dalekozrakost) a astigmatismus. Patří sem i fyziologicky vzniklá refrakční vada presbyopie (vetchozrakost). [10]

1.3.1. Refrakční vady oka

U emetropického oka, jak již bylo řečeno, se paralelní paprsky, které přicházejí do oka, sbíhají v ohnisku na sítnici. V případě, že se bude jednat o oko ametropické, paprsky se střetnou mimo sítnici. U myopického oka se sbíhají v ohnisku F' před sítnicí a dále pak pokračují jako kužel divergentních paprsků. Na sítnici se proto vytvoří

zvětšený rozostřený obraz vzdáleného objektu. U hypermetropického oka se paprsky sbíhají v ohnisku F' za sítnicí. Na sítnici proto vznikne zmenšený rozmazaný obraz vzdáleného objektu. Pokud budeme mít oko astigmatické, paprsek procházející přes optická prostředí se nezobrazí jako bod, ale jako dvě na sebe kolmé neprotínající se ohniskové přímky. V tomto případě se jedná o astigmatismus pravidelný, pokud na sebe nejsou přímky kolmé, hovoříme o astigmatismu nepravidelném. [2]



Obr. 5 Refrakční vady a jejich zobrazení na sítnici (myopie, hypermetropie, astigmatismus) [17]

1.4. Gullstrandovo schematické oko

Jedná se o podrobně vypracovaný model průměrného lidského oka, který se často používá při výpočtech refrakčních vad a jejich zobrazovacích poměrů.

Ve výpočtech se pracuje s následujícími opticky lámavými plochami:

Rohovka – počítá se zde s přední plochou o zakřivení 7,7 mm, zadní plocha má pak poloměr 6,8 mm. Index lomu rohovkové tkáně je 1,376. Tloušťka rohovky se rovná 0,5 mm. Z těchto parametrů lze vypočítat optickou mohutnost rohovky, která je + 43,05 D.

Čočka – je poněkud komplikovanější než rohovka, a proto Gullstrand počítá s obalem a jádrem čočky. Při výpočtech tedy počítáme celkem se čtyřmi rozhraními. Poloměr přední plochy obalu čočky je 10 mm a zadní plochy obalu -6 mm. Jádro čočky má poloměry pro přední plochu 7,911 mm a zadní plochu - 5,76 mm. Index lomu obalu čočky je 1,386 a pevnější jádro má hodnotu 1,406. Podle těchto parametrů můžeme vypočítat celkovou optickou mohutnost čočky, která je + 19,11 D. [7]

1.5. Měření refrakce oka

Pro zjištění refrakčního stavu oka, zda je přítomna refrakční vada využíváme objektivní a subjektivní refrakce. Pojem objektivní refrakce užíváme tehdy, když zjišťujeme refrakční vadu bez pomoci pacienta. Pacient je požádán o spolupráci jen při fixaci hlavy a fixování bodu během krátkého měření. Ale subjektivní informace, o kvalitě vidění během měření, nezjišťujeme. Jedna z nejstarších metod určování objektivní refrakce je skiaskopie, kde vyšetřující zjišťuje refrakční vadu pozorováním odrazu světla od sítnice pomocí skiaskopu. Pokud práci člověka nahradíme logikou přístrojů a počítačů, a když je konečná hodnota výsledkem této techniky, tak se jedná o objektivní automatickou refrakci.

Pokud chceme u člověka dosáhnout nejlepší zrakové ostrosti a zároveň i pohodlí při vidění, tak musíme přejít k subjektivní refrakci. Nejlepší zrakovou ostrost zjišťujeme předkládáním korekčních sklíček různých hodnot a dle odpovědí vyšetřovaného postupujeme v korekci. Nejlepší způsob měření je za pomoci zkušební obruby a sady skel. Pacient není nijak omezen v pohybu a výslednou korekci si může zkusit i mimo vyšetřovací místnost. Pro vyšetřujícího je zde ta výhoda, že vidí, zda pacient nedoostřeje pomocí mhouření očí. Další možností měření subjektivní refrakce je za pomoci foropteru. Foropter je mechanický nebo digitální přístroj, který umožňuje překládat korekční čočky. Jeho hlavní výhodou je rychlá a jednoduchá možnost změření refrakce. Jeho nevýhody jsou nepřírození držení hlavy vyšetřovaného, může být navozena přístrojová myopie a korekci pak nelze vyzkoušet v prostoru.

2. Skiaskopie

Skiaskopie je objektivní metoda refrakce, která je známa již přes sto let. Cuignet jako první popsal klinické využití skiaskopie pro zjišťování refrakční vady. Vysvětlení optických pojmů, které tvoří základ pro skiaskopii, poprvé popsal Landolt v roce 1878. Následně roku 1880 aktualizoval optickou teorii a začal používat k posouzení refrakční vady dioptrická skla, předsazená před okem. V české literatuře se o skiaskopii můžeme dočíst již v roce 1902 v Očním lékařství, které napsal MUDr. Jindřich Chalupský. [5]

V literatuře se můžeme setkat s různými synonymy pro skiaskopii, například: retinoskopie nebo skiametrie. Retinoskopie („vidění sítnice“) byla zavedena Parentem roku 1881 a je převážně používána v anglicky hovořících zemích. Pojem skiaskopie („vidění stínů“) zavedl taktéž Parent a to se začalo používat převážně v jiných než anglicky mluvících zemích.

Skiaskopie je objektivní metoda pro stanovení refrakčního stavu oka. Obvykle je to první technika, která předchází samotnému očnímu vyšetření a je následováno subjektivní refrakcí. Funguje na principu posuzování pohybu světla odraženého od oka, které pozorujeme retinoskopem (skiaskopem). Mimo refrakčního stavu, nám toto vyšetření podává informace o prostupnosti (průhlednosti) optických prostředí.

Skiaskopii můžeme provádět u dospělých pacientů, ale i u dětí, mentálně postižených, slabozrakých nebo u nespolupracujících pacientů. Výsledky skiaskopie můžeme předepsat do optické korekce, zvláště pokud pacient nemůže anebo nechce spolupracovat při subjektivní refrakci.

I v dnešní době je zapotřebí skiaskopie. Největší využití má v očních ordinacích, kde se vyšetřují malé děti nebo lidé se sníženou schopností komunikace. [3]

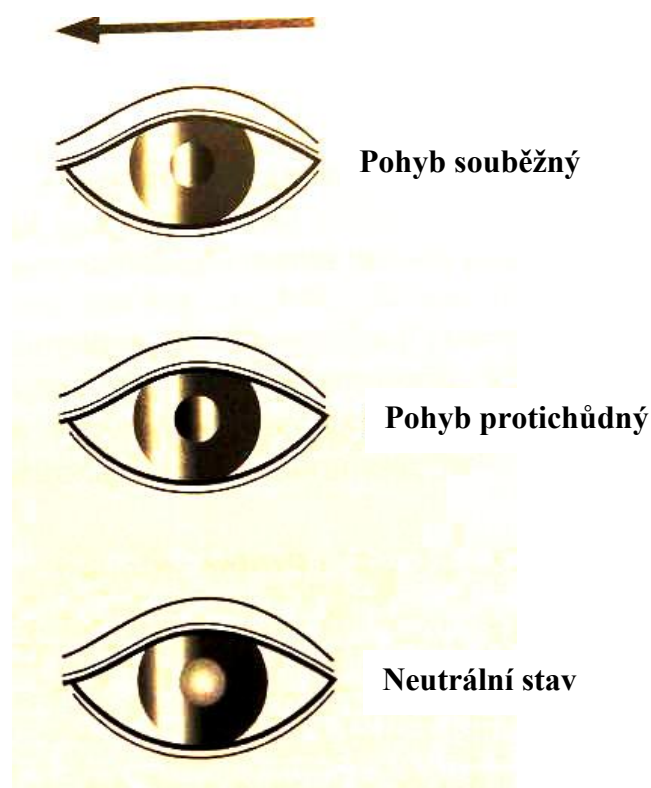
Její klady jsou zejména nenáročnost na vybavení a vysoká přesnost. Jako negativní bod by se dalo považovat to, že vysoká přesnost závisí na zkušenostech vyšetřujícího, kterou je potřeba získat během praxe.[8]

2.1. Průběh vyšetření

Vyšetřující vyšetřuje pomocí skiaskopu (obr. 7) na vzdálenost 40 – 100 cm od pacientova oka a svítí paprskem do zornice pacienta, který fixuje daleký bod (optotyp). Osvětlení v místnosti by mělo být takové, aby vyšetřující viděl červený reflex co nejvíce kontrastně, tedy v šeru. Navíc docílíme toho, že se zornice rozšíří a vyšetřující lépe uvidí červený reflex.

Naším cílem je vyvolat červený reflex, který vznikne odrazem světla od sítnice. Ten vyvoláme tak, že posvítíme světlem skiaskopu na zornici. Pokud budeme skiaskopem pohybovat zleva doprava, můžeme pozorovat, že se červený reflex pohybuje také. Tady nastává důležitý moment pro měření. Zjišťujeme, zda jde paprsek „s“ anebo „proti“ pohybu světla skiaskopu (obr. 6). [3]

Pokud se odraz pohybuje stejným směrem jako pohyb světelného paprsku, znamená to, že daleký bod leží za skiaskopem (za vyšetřujícím) a že měříme oko hypermetropické. Pohyb proti světelnému paprsku znamená, že daleký bod leží mezi skiaskopem a okem pacienta, tudíž měříme oko s myopickou vadou.



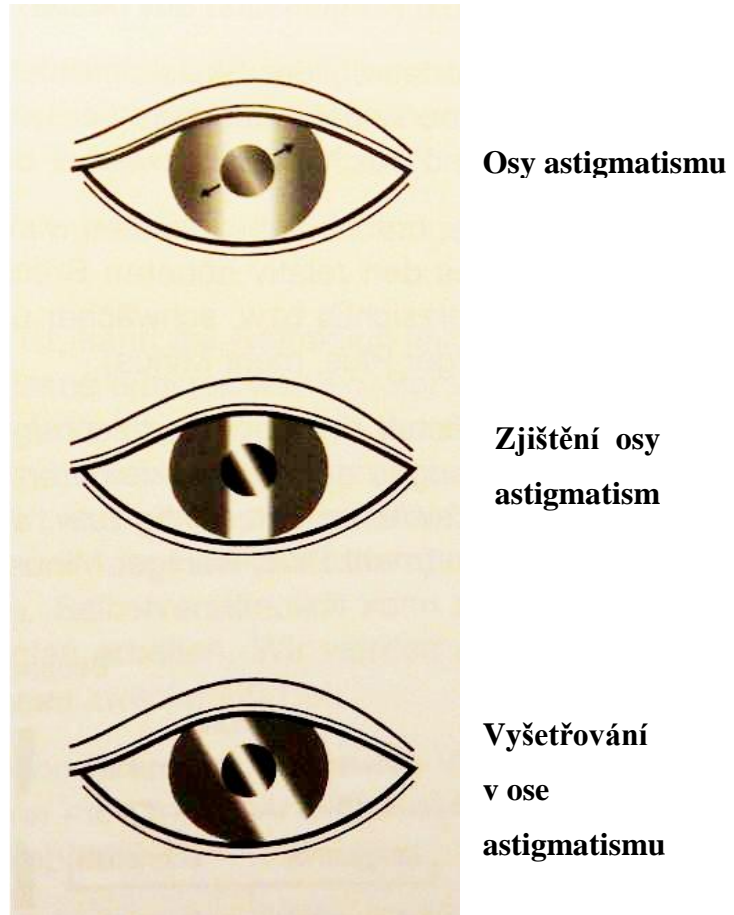
Obr. 6 Sledování pohybu červeného reflexu vzhledem k pohybu světla skiaskopu [9]

Podle zjištěného pohybu předkládáme příslušnou skiaskopickou lištu (obr. 7). Zvyšujeme dioptrie tak dlouho, dokud nám červený reflex jen „nepřeblikne“ anebo dokud se směr odrazu nezmění. Dosáhneme tedy tzv. Neutrálního (normálového) bodu (stavu).



Obr. 7 Skiaskop a skiaskopické vyšetřovací lišty

U vyšetřování cylindru je postup podobný (obr. 8). Širokým světelným pruhem posvítíme do zornice. Pokud je oko astigmatické a jsme mimo osu cylindru, uvidíme, že odraz na sítnici není rovnoběžný se směrem paprsku skiaskopu. Nasměrujeme tedy pruh paprsku tak, aby byl rovnoběžný s odrazem, a pokračujeme stejným způsobem, jako bychom skiaskopovali sférickou vadu. Poté otočíme skiaskop o 90° a opět určíme hodnotu v tomto řezu. Získáme tedy 2 hodnoty ve 2 různých stupních – neboli cylindricko-cylindrický zápis. Ten jednoduše převedeme na sféro-cylindrický. [3]



Obr. 8 Sledování pohybu červeného reflexu vzhledem k pohybu světla skiaskopu u astigmatismu [9]

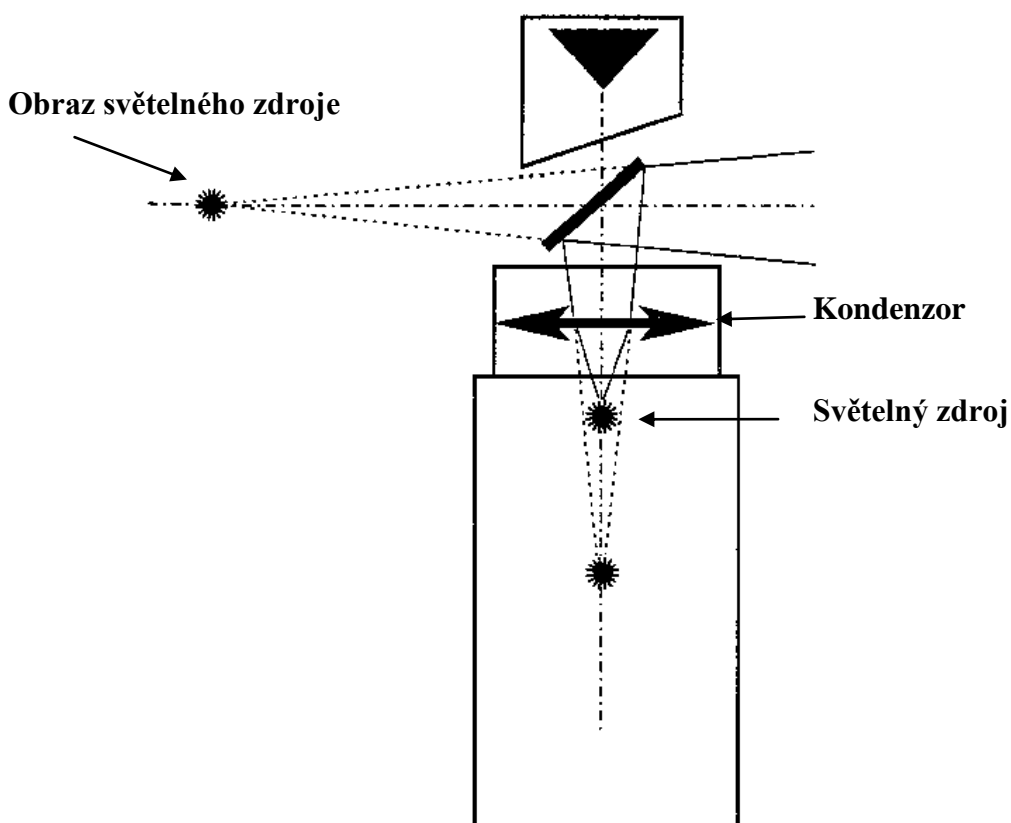
Je nutno ještě poznamenat, že dioptrie, kterou jsme naměřili pomocí vyšetřovací lišty, není výsledná korekce do brýlí. Musíme vzít v úvahu vzdálenost, ze které se vyšetřuje. Pro vyšetřovací vzdálenost 50 cm musíme k dioptrické hodnotě přičíst - 2 D, pro vzdálenost 1 m je to pak - 1 D. To je dáno vzorcem:

$$D = \frac{1}{V}$$

Dioptrie **D**, kterou přičteme je rovna 1 vydělené vzdáleností **V**, která se udává v metrech.

2.2. Obecná konstrukce skiaskopu

Skiaskop je malé příruční zařízení, které vyzařuje viditelné bílé světlo na zornici oka za účelem vybavení červeného reflexu odraženého od očního pozadí. Jedná se o jakousi modifikaci oftalmoskopu. Ze skiaskopu směrem k pacientovi vyzařuje svazek paprsku, který může být divergentní nebo konvergentní. Tento svazek světla můžeme pozorovat přes propustné, nebo polopropustné zrcátko. Při vyšetření převážně používáme divergentní svazek paprsku.



Obr. 9 Optické schéma bodového skiaskopu .[8]

Rozlišujeme dva hlavní typy skiaskopu - bodový a pásový. Bodový skiaskop (obr. 9) vysílá kruhový světelný paprsek, na rozdíl od pásového skiaskopu, který vysílá paprsek v podobě světelného pruhu. Úzký světelný pás skiaskopu je nastavitelný, pro vyšetřování v různých meridiánech. Z těchto dvou typů je pásový skiaskop více užitečný pro vyšetřování, protože s jeho pomocí můžeme stanovit astigmatickou korekci, posouzením osy cylindru a dioptrickou hodnotou ve dvou ametropických hlavních meridiánech. Z tohoto důvodu pásový skiaskop většinou nahrazuje bodový. [3]

2.3. Speciální využití skiaskopu

Akomodační systém mladého člověka zaostává o 0,5 až 0,75 D na měřenou vzdálenost 40 cm. Akomodační požadavek na blízko je + 2,5 D z toho vyplývá, že akomodační systém se obvykle navyšuje o + 1,75 až + 2,0 D. Blízký bod se tedy na sítnici zobrazuje, pokud je zapojená akomodace. Zatímco statická skiaskopie je měřena za uvolněné akomodace, dynamická skiaskopie je měřena, když je akomodace zapojena. [8]

2.3.1. Dynamická skiaskopie

Akomodace zapojená při dynamické skiaskopii je důležitá k posouzení blízkého bodu s ohledem na měřený blízký cíl. Z informací lze zjistit, zda akomodační systém funguje normálně, bez zbytečného stresu. Pozice blízkého bodu je ve srovnání s blízkým měřeným cílem popsána pomocí dioptrií od blízkého měřeného cíle. Pokud dynamická skiaskopie odhalí, že akomodační systém zaostává více, než je obvyklé (více než 0,75 D), poukazuje na stav blízký esoforii, insuficienci akomodace nebo na nekorigovanou hypermetropii. Pokud systém zaostává o méně než 0,5 D, ukazuje na fakt, že se blízký bod nachází blíže u vyšetřovaného. Může se jednat o blízkou exoforii do blízka nebo spasmus akomodace.

Kromě toho dynamická skiaskopie odhalí, do jaké míry se zapojuje akomodace na blízko a zda jsou oči při pohledu do blízka akomodačně vyvážené.

Vyšetřovaný sleduje blízký předmět a vyšetřující skiaskopuje ze vzdálenosti blízké tomuto předmětu. Opět sledujeme odraz od sítnice jako u statické skiaskopie. Pokud je pohyb odrazu protichůdný se skiaskopem, blízký bod se nachází blíže k pacientovi. Pokud je pohyb současný se skiaskopem, blízký bod se nachází dále od pacienta. V případě „přebliknutí“ světla se blízký bod nachází stejně daleko, jako zařízení skiaskopu. [3]

2.3.2. Mohindrova skiaskopie

Její využití uplatníme zejména u vyšetřování malých dětí a může nám nahradit vyšetření refrakce, která provádíme v cykloplegii. Vyšetřování probíhá v zcela zatemněné místnosti. Jedná se monokulární vyšetření, kdy je vyšetřovaný po zakrytí jednoho oka požádán, aby sledoval světlo skiaskopu, které má nastaveno co nejnižší intenzitu. Pracovní vzdálenost je daná na 50 cm a ze získaného výsledku se odečítá – 1,25 D.

Při vyšetřování malých dětí se doporučuje používat skiaskopickou lištu, ale větších pacientů můžeme použít zkušební obrubu a s pomocí zkušebních sférických a cylindrických skel určit nejvhodnější korekci. [9]

3. Autorefraktometrie

Automatická objektivní refrakce se začala rozvíjet po roce 1930 a postupně se rozvíjela až do dnešní podoby. Za uvedením na trh stojí hlavně rozvoj elektroniky, opto-elektroniky a počítačů. Vyspělejší optické snímače, světelné zdroje, počítačové displeje, mikroelektronické procesory a počítačové procesory, všechny tyto moderní vylepšení dělají automatické objektivní měření refrakce mnohem rychlejší, opakovatelné a pohodlné jak pro pacienta tak pro vyšetřujícího.

Zhruba od druhé světové války do roku 1985, se pracovalo na kvalitě autorefraktometrů samotných. Po roce 1985 se začalo přemýšlet nad tím, zda by nebylo možné spojit více měřících strojů do jednoho. Nejprve to byl automatický keratometr poté firma Topcon začala navíc přidávat i rohovkový topograf. Dnes je možné na trhu sehnat různé kombinace s autorefraktory (aberometry, tonometry, topografy). [3]

3.1. Principy autorefraktometrů

Známe tři základní principy autorefraktometrů. Hodnotu objektivní refrakce můžeme zjišťovat na základě: Rodenstockova očního refraktometru, Scheinerova pokusu a Hartingerova koincidenčního refraktometru.

3.1.1. Rodenstockův oční refraktometr

Jedná se o jeden z prvních přístrojů, který využívá princip zaostřování testu promítaného na sítnici. Dříve byl tento typ refraktometrů nejoblíbenější. V dnešní době je nahrazen automatickými přístroji nové generace. U tohoto typu refraktometru je možné pracovat s pevnou polohou testové značky, kterou nám zajišťuje zabudovaný optický klín (prisma). Výhody jsou jak technické, tak refrakční, kdy je umožněno měřit kontinuálně. Test, který je promítán do oka má formu Raubitschekovy křivky, je vhodný zejména pro přesné stanovení astigmatismu.

Základní nulové postavení zkušebního testu vytváří obraz v nekonečnu. Pokud se při tomto postavení zobrazí obraz na sítnici, tak se jedná o emetropii. Pokud se obraz zobrazí před nebo za sítnicí, je nutno změřit hodnotu ametropie posouváním měřícího hranolu o určitou vzdálenost, která je dána vzorcem pro optometr. Poté je možno přímo odečíst hodnoty.

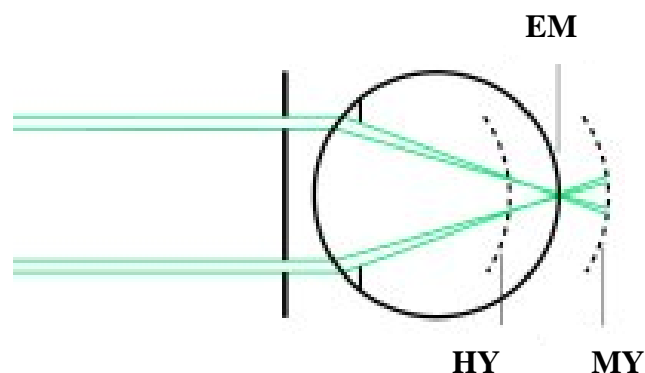
Prizma použité v konstrukci refraktometru zkracuje stavební dálku přístroje. Poloviční posunutí prizmatu je rovno dvojnásobku vzdálenosti, o kterou by se jinak musel posouvat samostatný test. [8]

Princip Rodenstockova očního refraktometru byl použit u přístroje Dioptron, na kterém byla provedena studie (1974), která porovnávala naměřené hodnoty se subjektivní refrakcí. Proměřeno bylo 236 lidí. Odchylka Dioptronu od subjektivní refrakce byla $\pm 0,50$ D u 75 % očí. Brán byl ohled i na zaznamenání sférického ekvivalentu.

Další studie byla zaměřena na měření korekce před a po cykloplegii. Byl použit autorefraktometr Dioptron II a do výzkumu bylo zahrnuto 84 lidí. Výsledkem studie bylo, že 46 % naměřených hodnot bylo shodných s odchylkou $\pm 0,25$ D ve sférické hodnotě, 51 % naměřených hodnot bylo shodných s odchylkou $\pm 0,25$ D v cylindru a 44 % se shodovalo u sférického ekvivalentu. Po cykloplegii se hodnoty změnilly na 47 %, 51 % a 51 % (uvedeno ve stejném pořadí). Osy cylindru zjišťované bez cykloplegie byly shodné v 46 % a s cykloplegií 29 % s odchylkou $\pm 5^\circ$. Autor v závěru uvedl, že refraktometr Dioptron, je vhodné použít pro zjištění orientační hodnoty před začátkem měření subjektivní refrakce. Podobné výsledky byly zaznamenány i u jiných studií. [6]

3.1.2. Scheinerův pokus

Tato technika je dnes využívána ve většině autorefraktometrů. Původní Scheinerův princip byl objeven v 16. století, avšak základ tohoto důležitého objevu se používá dodnes. V některých zdrojích je uváděn též jako dvouštěrbinový Scheinerův pokus. Na tomto principu je v dnešní době založena většina koincidenčních refraktometrů. Již v 17. století Scheiner učinil pokus, kdy se v blízkosti zornice umístil neprůhledný terč se dvěma otvory, které byly od sebe daleko na vzdálenost menší, než je průměr zornice lidského oka. Jak je vidět na obrázku níže (obr. 10) po průchodu dvouštěrbinou se paprsky jdoucí z nekonečna zobrazí na sítnici ostře u hypermetropie (HY) i myopie (MY).



Obr. 10 Znárodnění Scheinerova dvoušřbinového pokusu [16]

Světelný zdroj se zobrazuje z dostatečné vzdálenosti (více než 5 – 6 m). Pokud je oko emetropické, na sítnici zobrazí jednoduchý obraz tohoto zdroje. U ametropických očí dochází k tomu, že se dva původně překrývající parciální obrazy příčně posunou a tím dochází k rozdvojenému a rozostřenému vidění. Člověk však více vnímá jen rozdvojení. Rozostření je vnímáno méně díky malým stenopeickým otvorům, na kterých je znát výrazný vliv hloubky pole.

Tato nejjednodušší podoba toho pokusu nevede ke spolehlivým výsledkům, protože nejsou zajištěny přirozené pozorovací podmínky. [8]

3.1.3. Hartingerův koincidenční refraktometr

Model firmy Zeiss z 60. - 80. let se skládá ze dvou oftalmoskopických čoček stejné optické mohutnosti, které jsou od sebe vzdálené trojnásobku jejich ohniskové vzdálenosti (obr. 11). Soustava má celkovou optickou mohutnost v záporných hodnotách. Ve dvojnásobné ohniskové vzdálenosti druhé oftalmoskopické čočky je vložena testová značka. Výsledný obraz testu je pomocí systému obou čoček zobrazován do nekonečna.

Pokud se test nezobrazí na sítnici ostře, projeví se to porušením koincidence děleného přímkového testu. V tomto případě je nutno posunout značkou tak, aby došlo ke koincidenční.

Koincidenční refraktometr založený na tomto principu funguje tak, že paprsky procházejí pentagonálním hranolem a odráží se od oftalmoskopické roviny měřeného oka. Osvětlovacímu i porovnávacímu svazku paprsků slouží první oftalmoskopická

provedeno měření a poté následovala subjektivní refrakce. Následně pacient dostal na zkoušku jednu z 6 objektivních refrakcí a také subjektivní refrakci. Každou korekci měl nosit po dobu dvou týdnů. Pacienti nevěděli, kterou z korekcí právě nosí. Vždy po dvou týdnech byli požádáni o vyplnění dotazníku. Tři subjekty byly z výzkumu odstraněny, protože jejich visus z byl nižší než 6/9. Výsledek celého výzkumu byl takový, že 51,1 % preferovalo korekci naměřenou optometristou, 19,1 % autorefraktometr a 29,8 % nevidělo rozdíl mezi korekcemi. [3]

4. Aberometrie

V aberometrii popisujeme odchylky lomivosti monochromatického světla od ideálního zobrazení. K odchýlkám dochází na optických plochách a prostředích, které vedou k deformaci obrazu. Refrakční vadu můžeme popsat tak, že se paprsky procházející optickými prostředími nesetkají v ohnisku na sítnici, ale před nebo za sítnicí. V aberometrii popisujeme refrakční vadu jako odchylku od ideálního zobrazení vlnoplochy.

Mohlo by se zdát, že aberace a refrakční vada jsou synonymy. Nicméně, v optických souvislostech, byl pojem refrakční vada zaveden v minulosti a rozumí se tím sférické a cylindrické chyby zaostření. V terminologii wavefront aberometrie, se klasická sférocylindrická vada nazývá aberace druhého Zernikeho řádu. Důvod, proč se v minulosti neřešily Zernikeho aberace třetího a vyššího řádu byl ten, že tyto aberace nebylo možno změřit a ani korigovat brýlemi nebo kontaktními čočkami. Tudíž refrakce aberací vyššího než druhého řádu nespádala do standardních vyšetřovacích postupů. Nicméně postupem času byly vynalezeny metody korekce aberací vyšších řádů, které zlepšují kvalitu obrazů dopadajících na sítnici i prostorové vidění. [3]

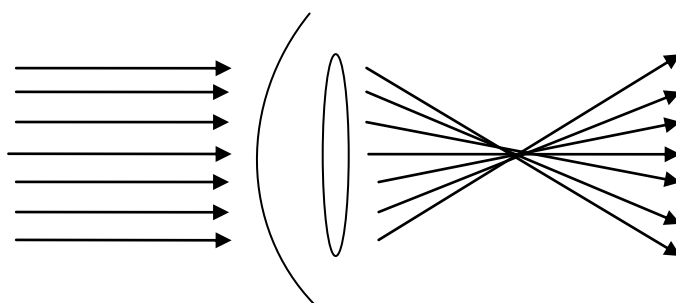
4.1. Základní pojmy

Funkcí optického systému oka je směřovat obraz vnějšího světa na fotoreceptory sítnice. Pokud je systém oka v pořádku, zaostří přicházející paprsky světla jako jeden bod na sítnici. To je ideální případ. Ve skutečnosti většinu očí může postihovat některý ze tří hlavních typů nedokonalostí, které snižují kvalitu obrazu dopadajícího na sítnici. Jsou to: aberace, difrakce (ohyb) a rozptyl.

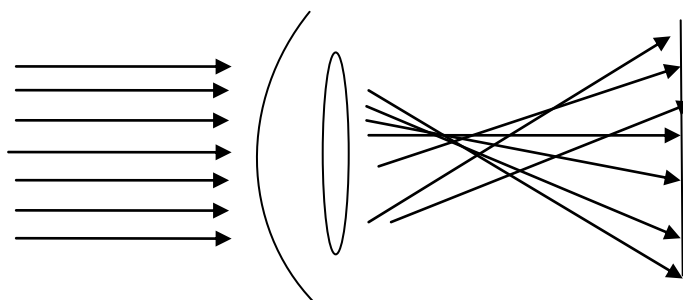
Aberace můžeme jinými slovy vyjádřit jako vadu nebo odchylku. V optickém významu rozumíme jako odchylka lomu světelných paprsků po průchodu optickými prostředími od ideálního zobrazení.

Vlnoplocha je myšlená plocha v prostoru kde má šířící se vlna stejnou fázi. V ideálním případě po průchodu fyziologickým okem je vlnoplocha sférická.

Odchylky deformovaných vlnoploch vzniklých průchodem nedokonalých očních prostředí porovnáváme s ideální sférickou vlnoplochou. Tyto odchylky zobrazujeme pomocí mapy odchylek **optických aberací**.

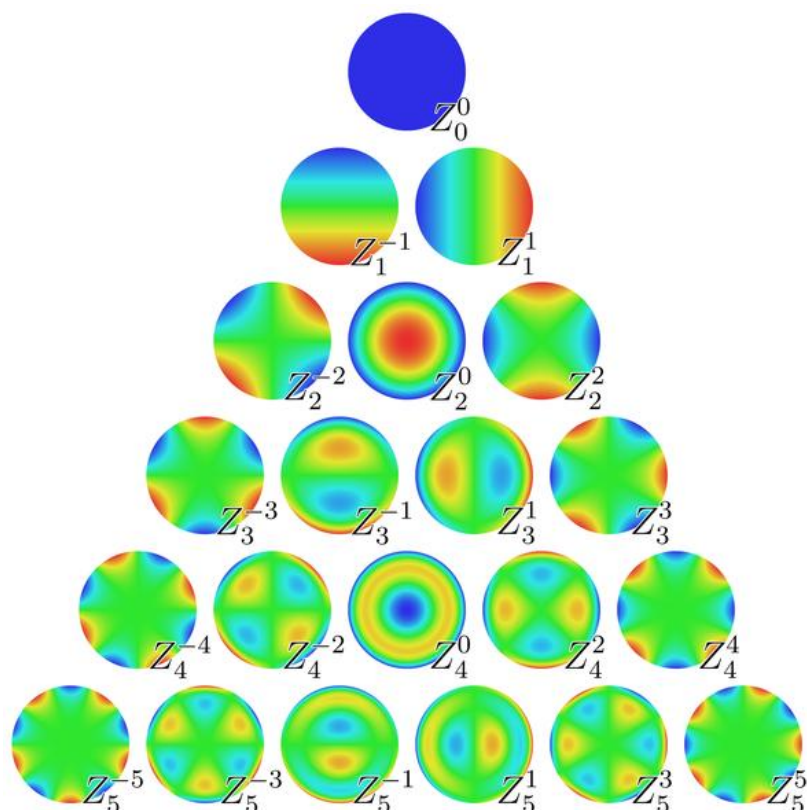


Obr. 12 Zobrazení oka se sférickou vadou – ohnisko neleží na sítnici a zobrazí se jako kruh



Obr. 13 Zobrazení, kdy vlnoplocha v oku nemá sférický tvar a nemá jednoznačné ohnisko. Zobrazí se na sítnici jako beztvary obraz.

Zernikeho polynomy jsou matematickým vyjádřením optických aberací. Polynomy můžeme dále graficky znázornit podle jejich radiálního řádu a úhlové frekvence. To je vyobrazeno na obr. 14, kde je prezentována Zernikeho pyramida.



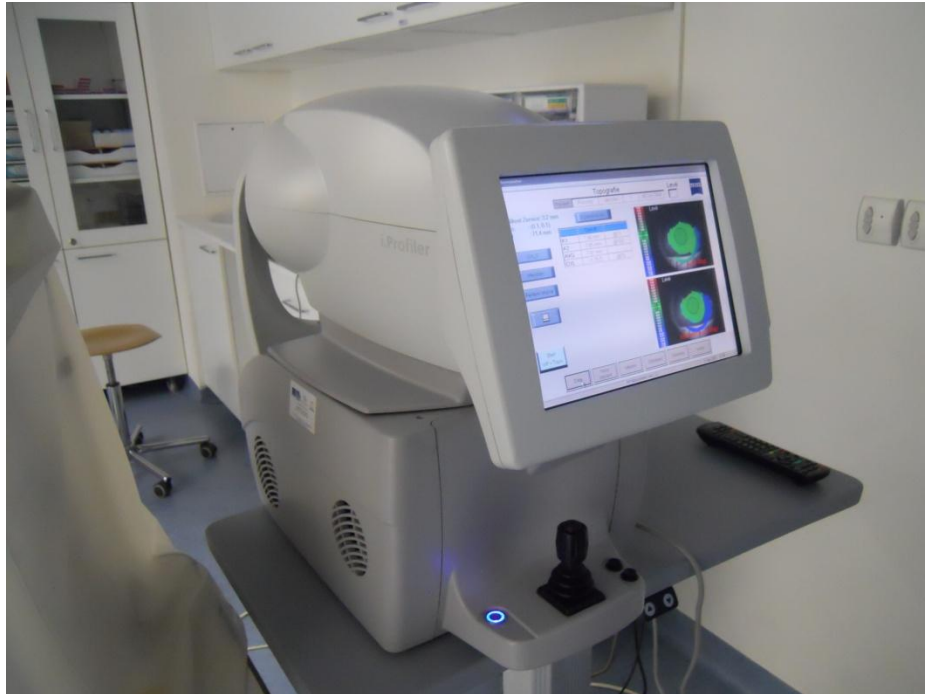
Obr. 14 Zernikeho pyramida. Aberace do 2. řádu jsou neměnné v závislosti na průměru pupily (jde o naklonění neboli prizma tj. 1. řád, o defokus a astigmatismus v řádu 2.) Tyto vady lze korigovat brýlovou čočkou. [14]

Wavefront aberometry (obr. 15) jsou v podstatě automatické objektivní autorefraktometry, schopné měřit nedostatky optického systému oka menší, než je vlnová délka světla. Zobrazují mapu aberací, které jsou v celé šíři zornice. Aberometr tedy popisuje mnohem detailněji refrakční vadu.

Jeden z podnětů pro wavefront aberometrii je zvyšující se popularita refrakčních operací. Refrakční operace minimalizuje sférickou a astigmatickou refrakční vadu. Nepříjemný důsledek refrakčních operací může být neúmyslné navození monochromatických aberací, především sférické aberace a komy. To může být spojeno s pooperačními problémy ve vidění jako například oslnění, halo efekty nebo monokulární diplopie. Očekává se, že operace s pomocí wavefront sníží frekvenci nebo úplně odstraní pooperační zbytkové aberace. [3]

K pochopení příčin a účinku očních aberací a pro zlepšení metod korekce, je nezbytné měřit aberace přesně a spolehlivě. Tento požadavek se týká především aberací vyšších řádů, jako je koma nebo sférická aberace. Za aberace nižších řádů

považujeme defocus a astigmatismus (běžnou sféru a cylindr). Předpis korekce v rámci $\pm 0,25$ D není dostatečně přesný na to, aby vykorigoval aberace vyšších řádů, proto se aberace měří s přesností na 0,01 D.



Obr. 15 Aberometr

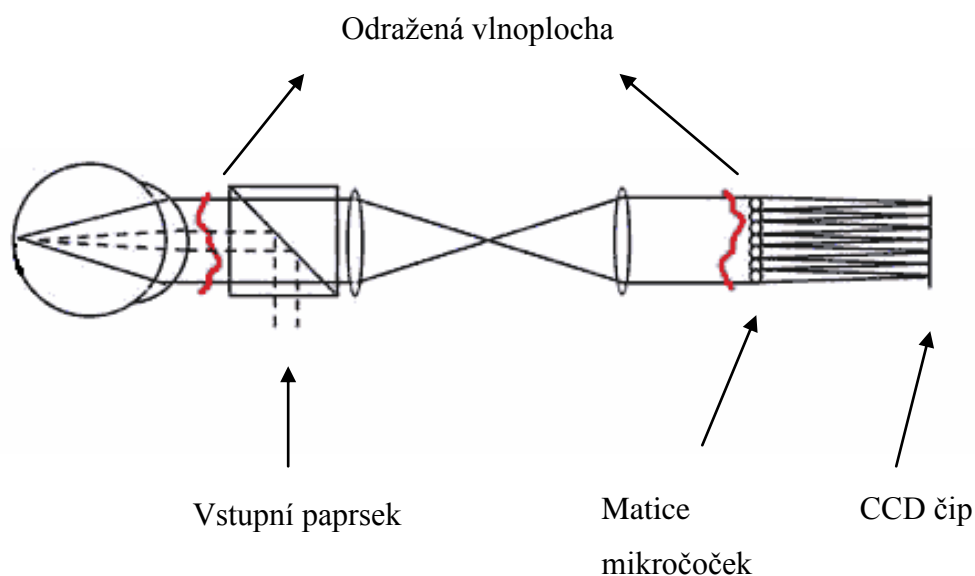
Očekává se, že wavefront aberometry dosáhnou nebývalého stupně spolehlivosti, co se týče klasických sféro-cylindrických vad. Pro uvedení do praxe je požadováno, aby byli přesnější než původní generace autorefraktometrů nebo dokonce lepší než subjektivní refrakce.

4.2. Měření aberací

Nejpoužívanějším přístrojem pro měření aberací je Shack-Hartmannův aberometr. Funguje na principu vyhodnocení odražené vlnoplochy. Odražená vlnoplocha je zachycena Shack-Hartmanovým senzorem, který se skládá z matice mikročoček a CCD senzoru (obr. 16).

Úzký svazek světla, který vysílá luminiscenční dioda, při vstupu do oka vytváří tzv. aberační vlnoplochu. Ta se vlivem nepravidelností optických prostředí deformuje, na sítnici se odrazí, vrací se zpět a dopadá na matici mikročoček. Tento obraz vniklý na

matici mikročoček se vlivem aberací zobrazuje mimo osu. Obraz je následně zaznamenán na CCD čipu a po vyhodnocení změny odklonu od ideálního zobrazení jsou interpretovány přítomné aberace oka.



Obr. 16 Detekce odražené vlnoplochy Shack-Hartmannovým senzorem [3]

Mimo Shack-Hartmannova senzoru pro měření aberací se můžeme setkat například s Tscherningovým aberoskopem, který porovnává masku světelných bodů a obraz vzniklý odrazem této masky od sítnice. Nebo systém Laser Ray Tracing, kdy do oka vstupuje úzký paprsek laseru postupně v různých místech pupily, který je rovnoběžný s optickou osou. CCD čip zaznamenává odklon odraženého paprsku.

4.3. Možnosti zohlednění aberací vyšších řádů v korekci zraku

Refrakční chirurgie

Refrakčním zákrokem lze upravit aberace do 4. - 5. řádu. Korekce aberací pomocí refrakční chirurgie má význam především u vyšších hodnot aberací. Operace probíhá stejně jako klasická laserová refrakční operace, ale místo sféry a cylindru řešíme aberace, které nám naměřil aberometr.

Měkké kontaktní čočky

Využívají se především pro řešení otvorové vady (sférické aberace) a to pomocí multi-asférického designu. Nekoriguje konkrétní aberace vyšších řádů, jen snižuje jejich účinky, především tedy otvorovou vadu. Kontaktní čočky korigují buďto svojí otvorovou vadu anebo otvorovou vadu oka. Čočky, které se snaží snížit otvorovou vadu oka, jsou sestrojeny tak, že mají vlastní otvorovou vadu o opačném znaménku. Korekce není individuální, ale vychází z normálních hodnot.

Čočky CLAAS (Contact lenses with Aspherical and Asymmetrical Surfaces) jsou určeny pro korekci osově nesouměrných aberací a to pro: defokus, astigmatismus, trifoil, comu a sférickou aberaci. Pro účinné korigování musí být čočka na oku stabilizována. Tento typ korekce je zatím málo rozšířen.

Brylové čočky

Aberace vyšších řádů nelze plně korigovat brýlovými čočkami. Teoreticky je technicky možné vyrobit brýlové čočky, které zohledňují aberace. Aby byla tato korekce plně využita, musel by se člověk dívat stále jen před sebe, tedy pouze centrem korekční čočky. Toho ovšem není nikdo za normálních zdravotních podmínek schopný.

V brýlových čočkách je možné využít úpravu založenou na wavefront technologii. Jedná se o optimalizaci individuálních refrakčních hodnot za použití výpočtů wavefront dat. V úvahu se při výpočtu berou všechny vyměřené aberace oka, které jsou zohledněny optimalizačním algoritmem.

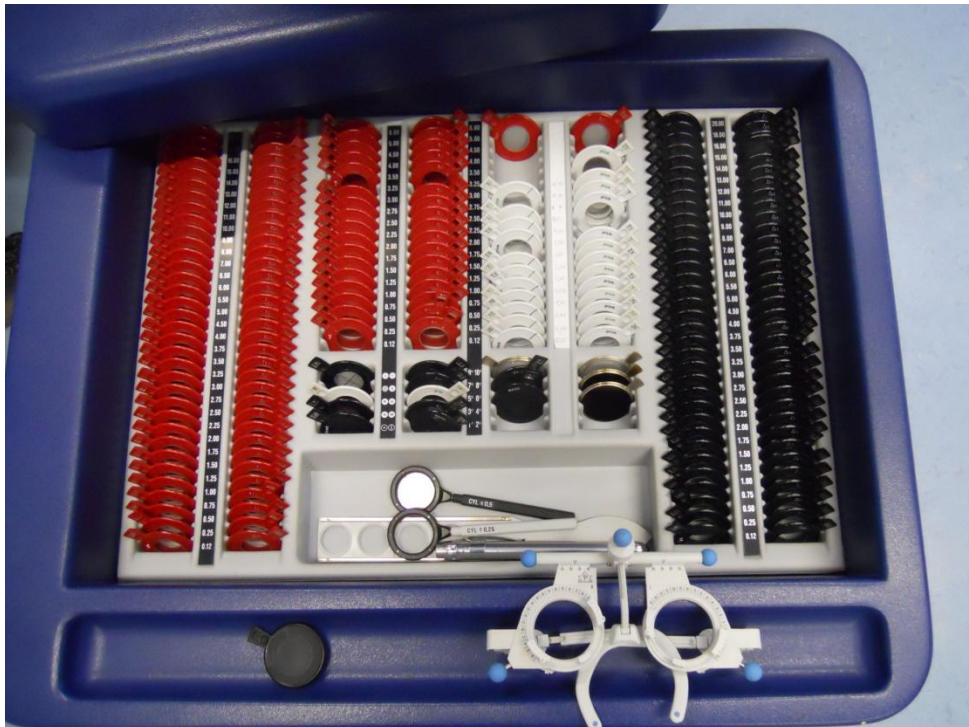
Vychází se z toho, že běžná subjektivní refrakce má několik omezení. Subjektivní refrakce je měřená za vysokého kontrastu, což neodpovídá skutečným životním podmínkám. Běžná subjektivní korekce nezohledňuje, že se s rozšiřující pupilou snižuje hloubka ostrosti a zvyšuje se neostrost.

Jako první s úpravou brýlových čoček pro korekci aberací přišla firma Carl Zeiss. Korekční čočky s touto úpravou nezlepšují visus, ale zkvalitňují pohled tím, že zvyšují kontrast. Především za zhoršených světelných podmínek. Dále zlepšují vidění za šera, v mlze a v noci a také zlepšují vnímání barev.

5. Subjektivní refrakce

Subjektivní refrakcí rozumíme zjišťování refrakčního stavu oka s pomocí vyšetřovaného. To znamená, že se vyšetřovaného ptáme, jak se mu jeví obraz s předsazenou čočkou. Zda se vidění zlepšuje nebo zhoršuje a jestli mu je daná korekce subjektivně příjemná.

Asi nejlepším způsobem zjišťování subjektivní korekce je za pomoci zkušební obruby a sady zkušebních skel (obr. 17). Na rozdíl od foropteru si vyšetřovaný může zkusit, jak bude vnímat svět i mimo stěny vyšetřovny. Výhodou pro vyšetřujícího je, že vidí, mimiku pacienta (mhouření očí atd.). Vyšetření se provádí za pomoci optotypů.

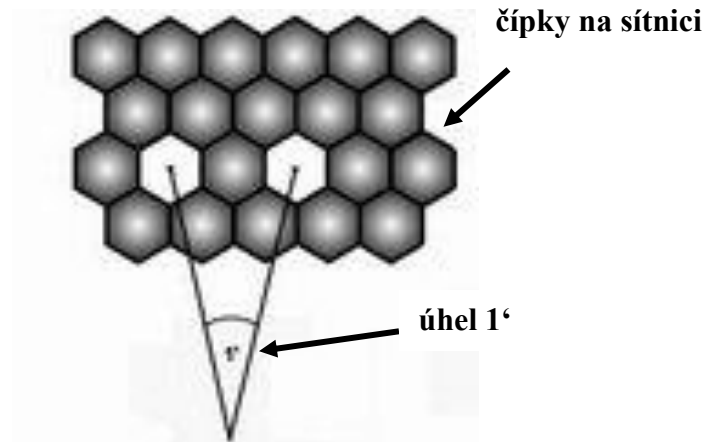


Obr. 17 Vyšetřovací sada skel se zkušební obrubou a Jacksonovým zkříženým cylindrem

5.1. Visus

Zrakovou ostrost můžeme definovat jako schopnost oka rozeznat od sebe dva body, pokud paprsky dopadající na sítnici vzájemně svírají úhel o velikosti alespoň jedna minuta (minimum separabile). Mluvíme o tzv. rozlišovací mezi oka. Dva body, které se každý zobrazí na sítnici na svůj čípek, rozeznáme ještě tehdy, je-li mezi

zasaženými čípkami alespoň jeden čípek volný (obr. 18). V dnešní době je to nejzákladnější určování toho, jak lidé vidí. Visus se vyšetřuje na speciálních písmenných tabulích (optotypech), za normálních světelných podmínek.



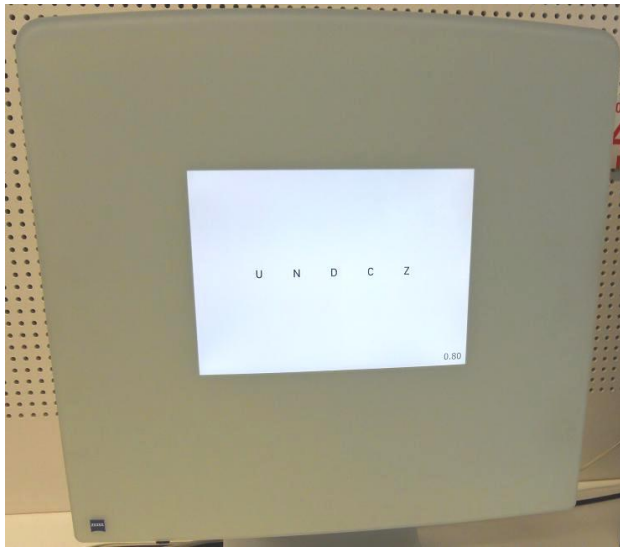
Obr. 18 Minimální úhlové rozlišení [15]

Zraková ostrost se vyjadřuje ve zlomku, který popisuje úhlovou velikost písmen na základě určení zkušební vzdálenosti a výšky písmene. Zlomkem pak vyjádříme takto:

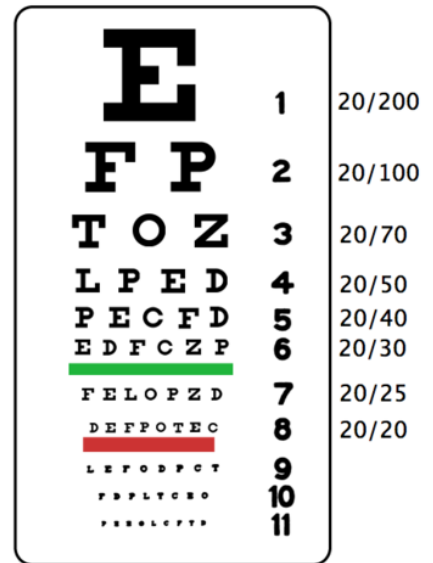
$$\text{zraková ostrost} = \frac{\text{vyšetřovací vzdálenost}}{\text{vzdálenost, ze které je písmeno čitelné pod úhlem 5'}}$$

Při vyšetřování se snažíme dosáhnout visu 1,0 a více. Avšak za předpokladu, že vyšší visus nebude naměřen vlivem překorigování.

Optotypy mohou mít různá provedení – tabulové, projekční, polatesty (obr. 19). Veškeré dnešní modifikace optotypů vycházejí z původní Snellenovy tabule pro vyšetřování zraku, která obsahuje definované sady znaků (písmena, obrázky, číslice, Landoltovy prstence, Pflügerovy háky), kde se s přibývajícimi řádky snižuje velikost znaků (obr. 20).



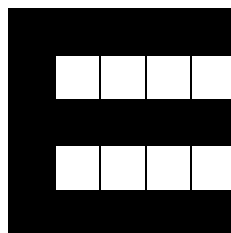
Obr. 19 Optotyp na i. Polatestu firmy Zeiss



Obr. 20 Snellenův optotyp [13]

Pro děti se využívají obrázkové optotypy, protože neumějí číst. Dospělí lidé, kteří neumějí číst, jsou vyšetřováni na Pflügerových háčích nebo Landoltových prstencích. Ostatní dospělí a gramotní lidé jsou vyšetřováni na klasických písmenných testech.

Většina optotypů je sestrojena do mřížky o výšce pěti jednotek (obr. 21). Na šířku je použito také pět jednotek, avšak někdy se můžeme setkat i se čtyřmi nebo šesti. Detail písmene je pak rovný jedné pětině výšky znaku. Vzdálenost mezi znaky je rozměr výšky znaku. Písmena na optotyp jsou použita taková, která si jsou vzájemně podobná (N-H, E-F, P-R a další).



Obr. 21 Znárodnění velikosti písmene v mřížce 5x5 jednotek

5.2. Základy refrakce očních vad

Vyšetření se provádí nejprve monokulárně, tzn. nejdříve pravé oko, poté přejdeme ke korekci levého oka a nakonec přezkoušíme binokulární rovnováhu obou očí.

Pokud začínáme měřit sférickou hodnotu bez pomoci stávající korekce nebo přibližných hodnot objektivní korekce, začínáme zjištěním naturálního visu, který nám dále určí přibližnou hodnotu předsazené korekční čočky dle doporučených hodnot. Následně předložíme spojnu čočku + 0,25 D a podle odpovědi na otázku, zda je obraz horší nebo stejný pokračujeme dále v refrakci. Jestliže nám čočka visus zhoršila, tak s největší pravděpodobností můžeme říci, že oko bude buď myopické, nebo zde může být astigmatismus. V případě, že je obraz stejný nebo lepší, můžeme předpokládat, že se jedná o hypermetropa.

5.2.1. Postup vyšetření u myopie

V případě, že zjistíme (podle výše napsaného), že se jedná o myopa, předkládáme rozptylné čočky tak dlouho, dokud se nám zlepšuje visus. Současně s tím je potřeba sledovat, zda se vyšetřovanému obraz nezmenšil nebo jestli není více kontrastní. V tomto případě by se jednalo o překorigování. Základním pravidlem je, že korigujeme nejslabší rozptylnou čočkou, se kterou vyšetřovaný vidí ostře nejvyšší dosažený visus. Jak bylo řečeno výše. Snažíme se vykorigovat na visus minimálně 1,0 a lepší.

5.2.2. Postup vyšetření u hypermetropie

U hypermetropie platí pravidlo, že korigujeme nejsilnější spojnu čočkou, se kterou vyšetřovaný ještě vidí ostře. Předkládáme před oko spojné čočky. Hypermetropické oko je schopno své dioptrie vykorigovat pomocí zvýšeného akomodačního úsilí. Z tohoto důvodu chceme při korekci docílit uvolnění akomodace. Toho dosáhneme pomocí výměnného triku. Principem je, že nesmíme snížit hodnotu již dosažené korekce. Abychom postupně uvolnili akomodaci, nesmíme nikdy vyndat korekci z obruby. Naopak při výměnném triku dochází k dočasnému překorigování tím, že před stávající korekci předložíme novou požadovanou korekci a až poté vyjmeme původní hodnotu.

5.2.3. Postup vyšetření u astigmatismu

Astigmatismus vyšetřujeme pomocí tzv. Jacksonova zkříženého cylindru. Jedná se o speciální čočku, která je upevněná v objímce. Dioptricky odpovídá, že má ve dvou

na sebe kolmých řezech hodnoty $- 0,25 D$ a ve druhém řezu $+ 0,25 D$ (popřípadě $\pm 0,5 D$). Průběh vyšetření je takový, že nejdříve vykorigujeme nejlepší sférickou hodnotu

a poté zkusíme cylindry. Vyšetřování cylindrů je založeno na základě porovnávání dvou obrazů. Na zvláštním optotypu určeném pro tento typ vyšetření (kulaté znaky, astigmatický vějíř) ukazujeme pacientovy pomocí Jacksonova cylindru dva obrazy a on nám hlásí, který z nich je lepší (ostřejší).

Pokud známe přibližnou hodnotu cylindru už z objektivní refrakce (autorefraktometr, skiaskop) pokračujeme ve vyšetřování síly a osy cylindru, nebo můžeme použít Jacksonův cylindr ke zjištění přítomnosti astigmatismu. To provedeme tak, že přiložíme Jacksonův cylindr do osy v 90° a 180° - zjistíme, zda je nějaký obraz lepší a poté opět zkusíme osy 45° a 135° . Podle odpovědi pacienta máme zhruba představu o tom, zda bude v korekci potřebný cylindr a v jaké přibližné ose.

Máme tedy zjištěno, zda cylindr bude nebo nebude v korekci a v jaké ose. Následně vložíme do zkušební obruby cylindrické zkušební sklo do přibližné osy zjištěné předchozí metodou nebo objektivní refrakcí. Nejdříve přesně stanovíme osu cylindru tím, že předkládáme Jacksonův cylindr tak, že naznačená osa na zkušebním sklu je přesně mezi hodnotami (mezi červenými a černými puntíky nebo čárkami) Jacksonova cylindru (obr. 22). Otáčíme Jacksonovým cylindrem podle odpovědi pacienta na otázku, který obraz je lepší, zda jedna nebo dva. Zkušební cylindr otočíme za červeným bodem Jacksonova cylindru lepšího obrazu. Opakujeme tento postup tak dlouho, dokud nám pacient nehlásí, že jsou obrazy stejné.



Obr. 22 Měření osy cylindru

Následuje měření síly cylindru. Znaky na Jacksonovu cylindru musí překrývat znaky na zkušebním cylindru. Opět zkusíme dva obrazy. Poté, co provedeme změnu síly cylindru, musíme překontrolovat i správnost osy. Pokud pacient už nepotřebuje změnu v cylindrech, vracíme se na písmenný optotyp a upravujeme sféru, pokud je třeba. Nutno se ještě zmínit, že pokud změním cylindr o 0,5 D je potřeba změnit sféru o 0,25 D. A to tak, že u plusových dioptrií hodnotu zvýšíme (např. z + 0,75 D na + 1,0 D) a u rozptylných minusových čoček hodnotu snížíme (např. z - 1,25 D na - 1,0 D).



Obr. 23 Vlevo zeslabování cylindru, vpravo zesílení cylindru

Celý tento kruh - sféra – cylindr opakujeme tak dlouho, dokud se nám přestane zvyšovat visus. Když upravím sféru, musím zkontrolovat cylindr a naopak.

5.2.4. Binokulární vyvážení

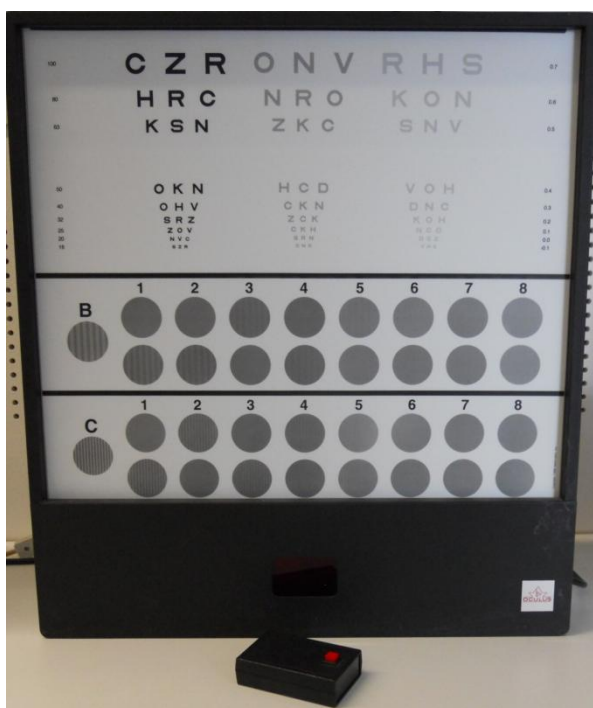
Při binokulárním vyvážení se snažíme navodit rovnovážný akomodační stav obou očí. Jinak řečeno, aby obě oči byly při pohledu do dálky bez akomodace a při pohledu do blízka měly stejnou akomodaci.

Principem testování binokulárního vyvážení je oddělení vjemů obou očí. Toho můžeme docílit prizmatem nebo polarizací. Například na dvouřádkovém polarizovaném testu, který najdeme na polatestu. Vyšetření probíhá s pomocí speciálně přizpůsobených polarizačních brýlí. Polarizací oddělíme vjemy pravého a levého oka. Každé oko tedy sleduje jiný obraz (v našem případě jiný řádek). Vyšetřovaného se ptáme, zda je nějaký řádek kontrastnější a který. Před kontrastnějším okem poté vložíme + 0,25 D a obrazy by se měly kontrastně vyrovnat.

6. Kontrastní citlivost

Zraková ostrost a zorné pole jsou základní vyšetření, pokud chceme získat řidičské oprávnění, definovat slepotu anebo jsou součástí vstupní prohlídky do zaměstnání. Často i to nejlepší vyšetření nám nepodá informaci o tom, jak pacient vidí a vnímá svět. Byly provedeny studie, které dokazují, že kontrastní citlivost podává užitečné informace o funkcích nebo skutečném vnímání světa, které nám samotné vyšetření zrakové ostrosti nebo zorného pole, podat nemůže.

Můžeme tedy říct, že měření kontrastní citlivost v kombinaci s vyšetřením zorného pole a zrakové ostrosti nám podává lepší představu o tom, jaké jsou pacientovy zrakové funkce. Vyšetření probíhá za přirozených podmínek, se kterými se setkáváme v běžném životě například na tabulích pro vyšetření kontrastní citlivosti (obr. 24).



Obr. 24 Tabule pro vyšetření kontrastní citlivosti

Kontrastní citlivost můžeme definovat jako převrácenou hodnotu kontrastního prahu. Ten nám udává, jaký je minimální kontrast pro to, abychom rozlišili dva různě světelné objekty. Schopnost rozeznání jemných prostorových detailů je závislá na kontrastní citlivosti a také na prostorové frekvenci (cykly / úhlový stupeň). Jeden cyklus představuje úhlovou šířku tmavého a s ním sousedícím světlého pruhu. O nízké

prostorové frekvenci mluvíme, jsou-li pruhy široké. Vysoká prostorová frekvence má pruhy úzké.

Vnímání tvarů a velkých objektů nám detekuje kontrastní citlivost s nižší prostorovou frekvencí. Kontrastní citlivost s vyšší prostorovou frekvencí nám ukazuje na schopnost vyšetřovaného vidět linie, okraje a jemné detaily. Postupem věku se kontrastní citlivost ve všech prostorových frekvencích snižuje.

Kontrastní citlivost můžeme testovat buď na vyšetřovacích tabulích, nebo na monitorech či panelech LCD typu. Máme 2 základní typy tabulí pro vyšetřování. Písmenové testy nebo testy se sinusovou mřížkou.

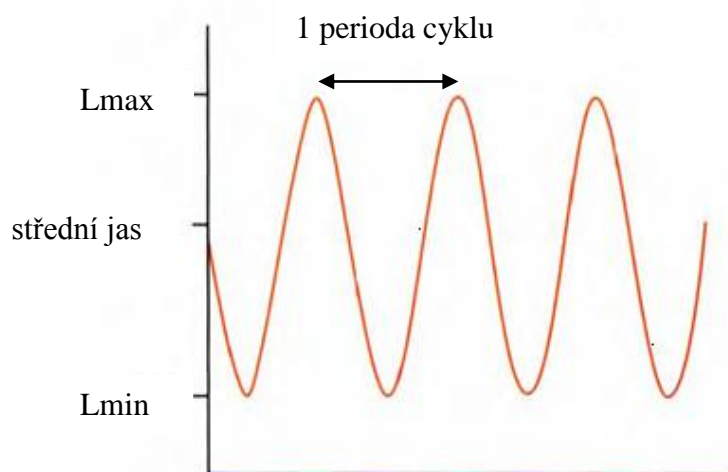
6.1. Sinusová mřížka

Jedná se v podstatě o opakující se světlé a tmavé pruhy s různým jasnem, které mají jednoduchou matematickou funkci sinu. Definujeme tzv. Michelsonův kontrast:

$$K = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$$

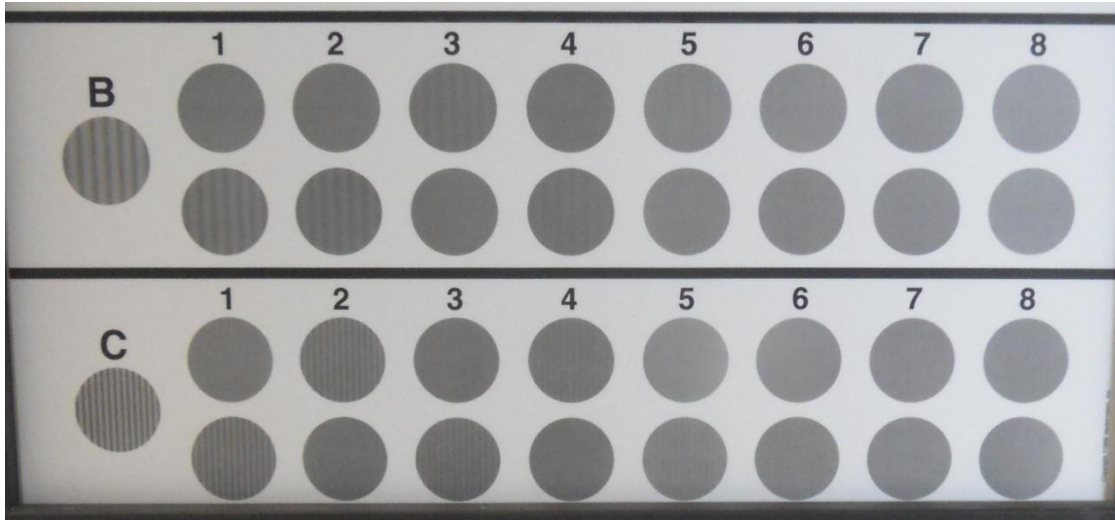
L_{\max} a L_{\min} jsou nejtmaší a nejsvětější části. Slovy lze rovnici vyjádřit jako rozdíl nejvyššího a nejnižšího jasů vydělený součtem obou hodnot jasů.

Na sinusovém zobrazení v grafu, nejtmaší a nejsvětější místa, tvoří vrcholy a údávní již výše zmiňovanou prostorovou frekvencí. (obr. 25)



Obr. 25 Znáznornění průběhu jasů sinusové mřížky [3]

Testy např. SWCT (Sine Wave Contrast Test) nebo CSV (obr. 26). Výhoda těchto testů oproti písmenovým je v tom, že můžeme testovat několik prostorových frekvencí.



Obr. 26 Tabule sinusové typu CSV mřížky pro vyšetření kontrastní citlivost

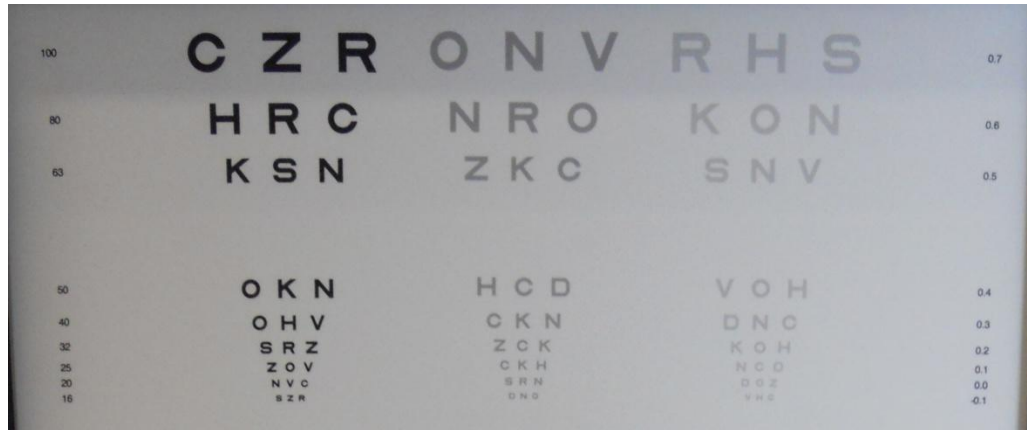
SWCT – Testování kontrastní citlivosti v 5 prostorových frekvencích, které jsou seřazeny v 8 sloupcích. V terčích jsou pruhy, které mohou být orientovány buď vertikálně, nebo jsou pod úhlem 15° šikmé doleva nebo doprava. Určuje se orientace pruhů v každém terči.

CSV - Měření 4 prostorových frekvencí na základě porovnávání. V každé prostorové frekvenci jsou 2 řady nad sebou. Skládají se ze sinusových terčů a čistých terčů. Vyšetřovaný musí poznat ve kterém terči je sinusová mřížka.

Zaznamenáváme poslední správné odpovědi v každé prostorové frekvenci. O poruše vnímání kontrastní citlivosti hovoříme tehdy, jsou-li hodnoty mimo normální rozmezí nebo je rozdíl mezi pravým a levým okem o více než 2 kontrastní hodnoty jedné frekvence, anebo se kontrastní hodnoty, pravého a levého oka, liší o více než jednu hodnotu ve 2 a více frekvencích.

6.2. Písmenové testy

Jedná se o optotypové tabule kde se mění kontrast znaku. Sledujeme zde závislost kontrastní citlivosti na visu (obr. 27).



Obr. 27 Písmenový optotyp s proměnným kontrastem pro vyšetřování kontrastní citlivosti

Před sinusovou mřížkou se používal kontrast vypočítaný podle Weberova vzorce:

$$K = \frac{L_p - L_o}{L_p}$$

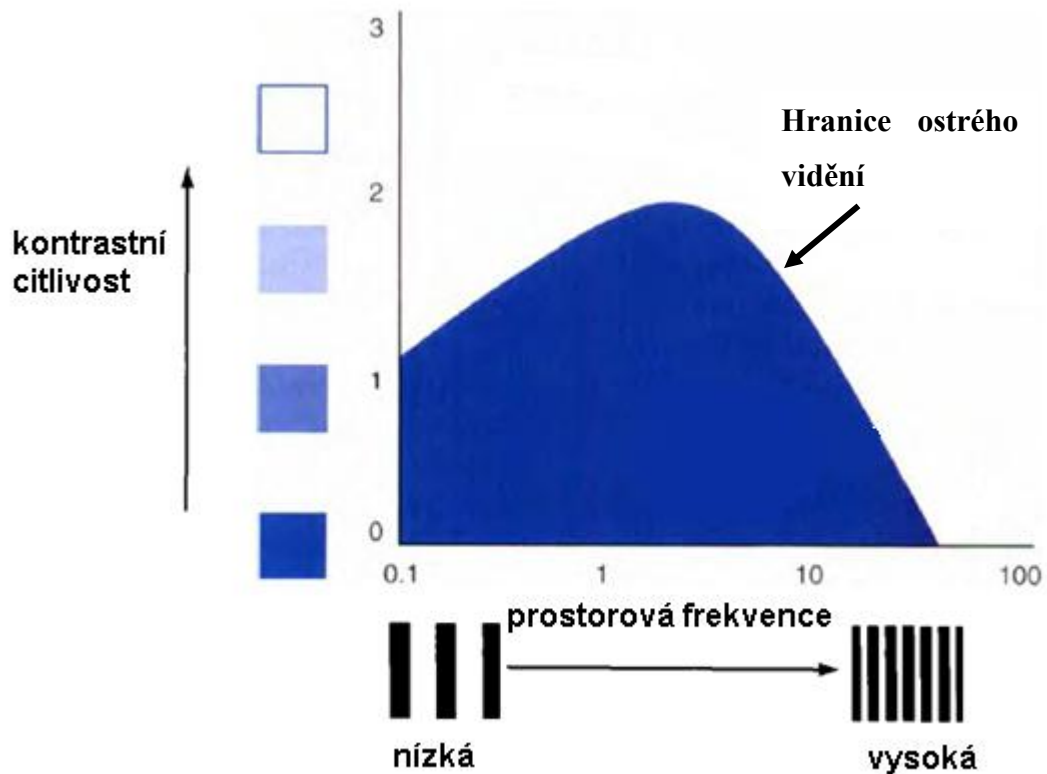
Kde L_p a L_o jasy pozadí a písma. Slovy vyjádříme rovnici jako rozdíl mezi jasem pozadí a písmem, vydělený jasem pozadí.

U těchto testovacích tabulí můžeme kontrast popsat jako rozdíl jasu pozadí a písmene děleným jasem pozadí. Jde o testy, kde se kontrast písmem snižuje řádek po řádku. Tabule se liší pouze z určení pozorovací vzdálenosti a počtem písmen a řad.

6.3. Normální vnímání kontrastní citlivosti

Normální fotopické vnímání kontrastní citlivosti je zobrazeno na obrázku níže. Zvonovitý tvar křivky je dán tím, že lidské je nejcitlivější ve středním rozmezí, mezi

2 - 6 c/deg (cyklů/stupeň). Od tohoto vrcholu se oběma směry snižuje vnímání. Směrem k vyšším frekvencím je křivka strmější než k frekvencím nižším.



Obr. 28 Vnímání kontrastní citlivost [3]

Vše mimo křivku je pro lidské oko neostré. V nízkých prostorových frekvencích je pokles způsoben díky vedlejším inhibičním zpracováním v nervovém systému. Nervový a optický útlum ve vyšších prostorových frekvencích je zhruba stejný a optická kvalita oka omezuje rozlišení zhruba na stejné úrovni jako foveolární vzdálenost čípků. Bod, ve kterém kontrastní citlivost protne osu x se nazývá mezní frekvence. To představuje nejjemnější mřížky, které můžeme vidět se 100 % kontrastem, a proto zastupují srovnání se zrakovou ostroostí.

6.4. Příčiny snížení kontrastní citlivosti

Snížení kontrastu může nastat vlivem různých fyziologických i patologických změn v optickém systému oka. Pokles kontrastní citlivosti ve vyšších prostorových frekvencích může být způsobena nekorigovanou malou refrakční vadou, přítomností katarakty, nebo pokud nositel kontaktních čoček nemá v korekci kontaktních čoček

korigovaný astigmatismus. Pokles kontrastní citlivosti v nižších prostorových frekvencích může být důsledkem například nekorigované vyšší refrakční vady. Snížení kontrastní citlivosti ve všech prostorových frekvencích můžeme pozorovat u věkem podmíněné makulární degenerace, diabetické retinopatie, glaukomu nebo například amblyopie.

7. Praktická část

Tato práce se zaměřuje na porovnávání užívaných metod stanovování refrakce. V naší praxi se můžeme setkat s tím, že někteří odborníci předepíší korekční pomůcku podle objektivní refrakce, kterou získají z moderních měřících přístrojů. Stěžejním cílem experimentu bylo porovnat konkrétní vybrané metody měření objektivní refrakce se subjektivně stanovenou refrakcí. Dále byla studována variabilita objektivního měření refrakce pomocí moderních automatických přístrojů.

Pro určení objektivní refrakce byly vybrány tyto tři přístroje: autorefraktometr – jako zástupce nejběžněji používaný v praxi, aberometr - modernější a novější přístroj, který zatím není běžně používán a jako třetí byl zvolen skiaskop, neboť je to předchůdce těchto dvou přístrojů a i v dnešní době ho někteří odborníci využívají.

Na začátku studie jsme předpokládali, že nejlepší výsledky bude mít subjektivní refrakce. U objektivních metod jsme očekávali, že dojdeme k vyšším naměřeným hodnotám. Tedy, že budou lehce překorigovávat zhruba o 0,25 D až 0,5 D. A to jak ve sférických, tak v cylindrických hodnotách. V případě variability přístrojů byly očekávány odchylky též kolem 0,25 D. Hodnoty těchto odchylek vycházely jak z praktických zkušeností, tak i ze studií (viz kapitoly 3.1.1. a 3.2.).

7.1. Vyšetřované osoby

Do studie byli vybráni normální zdraví jedinci bez očních abnormalit. Bylo požadováno, aby byli ve věkovém rozsahu 18 - 35 let. Celkem bylo testováno 30 osob. Průměrný věk činil 22,7 let se směrodatnou odchylkou 2 roky. Na refrakční vadu nebyly kladeny žádné specifické požadavky. Každému probandovi byl dán k podpisu informovaný souhlas, který je v příloze číslo 1.

7.2. Metodika

Objektivní refrakce byla měřena na autorefrakto-kerato-tonometru značky Nidek RKT 7700, dále na aberometru i. Profiler značky Zeiss a jako třetí přístroj byl zvolen elektrický skiaskop značky Neitz RX.

Světelné podmínky pro vyšetření skiaskopem, vyšetřování subjektivní refrakce, visu a kontrastní citlivosti se stanovily na 300 lx. Tato hodnota dle norem ČSN EN 12464 1 odpovídá například osvětlení učeben, sportovních hal, hotelových recepcí, výroby papíru, svařovací místnosti nebo například v pekárnách u přípravy a pečení.

U aberometru a autorefraktometru byl požadován průměr zornice alespoň 3 mm. Na těchto přístrojích byla daná měření prováděna opakovaně za účelem stanovení jejich variability. Variabilita byla reprezentována průměrnou hodnotou směrodatné odchylky výsledků opakovaných měření. Samostatně byla sledována variabilita v měření sféry, cylindru a osy.

U každého probanda byly testovány obě oči. Visus a konstantní citlivost byla měřena jak monokulárně, tak binokulárně. Testování probíhalo vždy ve stejném pořadí. Nejprve se změřily hodnoty na autorefraktometru, poté se pokračovalo v měření na aberometru. Následoval přesun do jiné vyšetřovny, kde byl k dispozici optotyp a tabule pro měření kontrastní citlivosti. Hodnoty z autorefraktometru se daly do zkušební obruby a testoval se visus a následně kontrastní citlivost. To samé proběhlo u hodnot z aberometru. Poté se zjišťovaly hodnoty skiaskopem, následně přezkoušené na visus a kontrastní citlivost. Na závěr byla stanovena subjektivní refrakce s opětovným měřením visu a kontrastní citlivosti.

Autorefraktometr

Autorefraktometr je nastaven tak, aby měřil ve střední části zornice. Tedy v průměru 3 mm. Bylo provedeno pět měření, abychom mohli zjistit i směrodatnou odchylku přístroje. Princip funkce autorefraktometru byl popsán již v kapitole 3.2.

Proband byl požádán, aby zapřel hlavu do hlavové opěrky a byl vyzván, aby sledoval fixační obrázek v přístroji. Následovalo dílčí měření. Přístroj provedl tři za sebou jdoucí měření a vydal výslednou průměrnou hodnotu. U každého probanda bylo provedeno pět dílčích měření, abychom mohli sledovat variabilitu měření. Pro porovnávání hodnot refrakce s ostatními metodami a pro srovnání visu a kontrastní citlivosti byla použita vždy hodnota z prvního dílčího měření. Mezi jednotlivými měřeními byl proband vyzván, aby odklonil hlavu od přístroje a následně ji opět umístil do hlavové opěrky. Tím byla do variability zahrnuta i nepřesnost vzniklá možným různým umístěním hlavy před přístrojem.

Aberometr

Tento přístroj měří dioptrie a aberace vyšších řádů v rozsahu zornice 3 mm a 5 mm. Pro naše měření bylo vždy použito měření hodnot 3 mm široké zornice. I u tohoto přístroje probíhalo dílčí měření. Průběh byl stejný jako u autorefraktometru. Mezi měřeními byl opět proband požádán, aby se odklonil.

Skiaskop

Použity byly skiaskopické lišty a elektrický pásový skiaskop. Proband při tomto testování sledoval optotyp na vzdálenost 6 m. Velikost optotypu byla volena tak, aby jej proband mohl pohodlně vidět bez korekce.

Subjektivní refrakce

Podle stanovených pravidel se testovala subjektivní refrakce, viz kapitola 5.2. Proband sledoval optotyp ze vzdálenosti 6 m. Po monokulární korekci každého oka byla provedena binokulární rovnováha s využitím dvouřádkového polarizovaného testu a kontrola binokulární snášenlivosti korekce, popř. její úprava.

Avšak největší význam pro konečnou hodnotu bylo pohodlí probanda s danou korekcí. Korekce musela být příjemně snášena a musel s ní být i dosažen dostatečný visus.

Visus

Pro naše testování byl použit polatest od firmy Zeiss. Testování opět probíhalo na vzdálenost 6 m. Do zkušební obruby se daly postupně všechny naměřené hodnoty jednotlivých měření a byla zaznamenána hodnota dosaženého visu.

Kontrastní citlivost

Testování probíhalo na tabuli pro vyšetřování kontrastní citlivosti od firmy Oculus typu CSV – 1000. Tento přístroj je vybaven automatickou kalibrací úrovně světla. Všechna měření tedy byla zaznamenávána při jasů tabule 85 cd/mm a ze vzdálenosti 2 m, dle doporučení výrobce.

Byly měřeny 2 prostorové frekvence. Nižší 7 cyklů na stupeň (KC B) a vyšší 14 cyklů na stupeň (KC C). Vždy se zaznamenala poslední správně viděná mřížka.

Statistické zpracování výsledků

Pomocí párového t-testu byla testována rovnost sledovaných dat na hladině významnosti 5 %. Tj. při zamítnutí hypotézy o rovnosti dat a přijetí alternativní hypotézy o jejich rozdílu byla pravděpodobnost zamítnutí správné hypotézy právě 5 %. Srovnávána byla sféra, cylindr, visus a kontrastní citlivost.

Pro účely stanovení variability byly u sledovaných přístrojů u každého probanda vypočteny směrodatné odchylky v měření sféry a cylindru na základě provedených pěti dílčích měření. Variabilita jednotlivých veličin byla reprezentována průměrem směrodatných odchylek u všech probandů.

7.3. Výsledky a diskuze

7.3.1. Srovnání různých metod stanovení refrakce

Získané průměrné hodnoty sledovaných subjektivních parametrů (visus, kontrastní citlivost) s korekcí, stanovenou podle jednotlivých studovaných metod měření refrakce, uvádí tab. 2. Z výsledků je zřetelné, že subjektivní refrakci nemůže nahradit ani ten nejmodernější měřicí přístroj.

	průměrná hodnota			
	autorefraktometrie	aberometrie	skiaskopie	subj. refrakce
visus mono	1,03	1,14	1,09	1,2
visus bino	1,19	1,26	1,23	1,28
KC B mono	5,13	5,28	5,17	5,68
KC C mono	4,78	5,07	4,88	5,65
KC B bino	6,17	6,13	6	6,53
KC C bino	5,43	5,97	5,77	6,37

Tab. 2 Průměrné hodnoty visu a kontrastních citlivostí. Červeně jsou označeny nejlepší výsledky. V tomto případě subjektivní refrakce. Zeleně jsou potom označeny výsledky objektivní refrakce, která se nejvíce blíží subjektivní refrakci. Modře jsou označeny nejnižší dosažené výsledky.

Z tabulky je patrné, že druhé nejlepší výsledky má aberometr a naopak nejhorší výsledky byly naměřeny u autorefraktometru.

	průměrná hodnota (D)			
	autorefraktometr	aberometr	skiaskop	subjektivní refrakce
sph	-1,88	-2,22	-2,1	-2,04
cyl	-0,4	-0,57	-0,14	-0,3

Tab. 3 Průměrné hodnoty sférické a cylindrické korekce

Průměrná hodnota subjektivně stanovené sférické refrakce byla - 2,04 D. U objektivních metod můžeme sledovat překorigování sféry do záporných hodnot. Výjimkou je autorefraktometr, u kterého pozorujeme nižší hodnoty než u subjektivní refrakce. Subjektivně stanovená cylindrická korekce byla průměrně - 0,3 D. Opět můžeme pozorovat u objektivních metod vyšší záporné hodnoty. Jen skiaskop má hodnoty nižší. To je dáno tím, že ne vždy byl cylindr zjištěn a změřen.

Z dlouhodobých pohledů do přístrojů, se může navodit přístrojová myopie. Z tohoto důvodu jsme předpokládali, že testované přístroje budou přeměřovat do minusových hodnot.

V prvních sloupcích tabulek Tab. 4 si můžeme všimnout průměrné odchylky přístroje od subjektivně naměřené hodnoty.

U průměrů visu a kontrastní citlivosti (KC B, C) je hodnota, která nám udává, o kolik je průměrně lepší visus nebo kontrastní citlivost subjektivně naměřené metody od objektivně naměřené metody. Ve sloupci směrodatných odchylek potom vidíme, o kolik se lišil visus nebo kontrastní citlivost subjektivních a objektivních hodnot. V obou případech byly do této tabulky použity jen hodnoty monokulárních měření.

	průměrný rozdíl	směr. odch.		průměrný rozdíl	směr. odch.		průměrný rozdíl	směr. odch.
sph	0,16 *	0,34	sph	-0,18	0,41 *	sph	-0,06	0,28
cyl	-0,1	0,32	cyl	-0,26 *	0,22	cyl	0,16	0,25
visus	-0,16	0,16	visus	-0,05	0,14	visus	-0,11	0,21
KC B	-0,55	1,19	KC B	-0,4	1,21	KC B	-0,52	1,01
KC C	-0,87	1,38	KC C	-0,58	1,13	KC C	-0,77	1,62
Autorefraktometr			Aberometr			Skiaskop		

Tab. 4 Průměrné rozdíly a jejich směrodatné odchylky monokulárně sledovaných parametrů stanovené na základě výsledků jednotlivých objektivních metod měření od hodnot zjištěných na základě subjektivní refrakce. Kladný údaj znamená vyšší hodnotu parametru pro objektivní metodu oproti subjektivní, záporný obrácené. Statisticky významné změny jsou označeny *

SPH U této tabulky je nutno zdůraznit kladné průměrné hodnoty u autorefraktometru ve sph řádku. Vyplyvá z toho, že autorefraktor nemá tendence překorigovávat myopy. Naopak spíše lehce překorigovat hypermetropy. Je to poměrně překvapivý výsledek, neboť se očekával vliv přístrojové myopie a tudíž záporná hodnota.

Nejvyšší odchylky ve sféře zaznamenává aberometr. A to skoro o půl dioptrie. Naopak nejnižší odchylky můžeme naměřit skiaskopem. Zde jde jen o 0,25 D.

CYL Aberometr nejvíce překorigovává cylindry. Průměrně o čtvrt dioptrie. Může to být dáno tím, že aberometr zohledňuje i aberace vyšších řádů. Autorefraktor i aberometr mají tendence překorigovávat do minusových hodnot. V tabulce si můžeme všimnout, že u skiaskopie jsou kladné hodnoty. To je dáno tím, že u některých probandů, bylo těžké rozpoznat a změřit hodnotu cylindru.

Nejvyšší odchylky u cylindrů vidíme u autorefraktometru. Ale u této hodnoty jsou si výsledky poměrně podobné.

VISUS Nejnižší odchylky od subjektivní korekce vidíme u aberometru. Naopak k nejvyšším odchylkám dochází u autorefraktometru. Za povšimnutí stojí hodnoty u skiaskopu. Ačkoliv se visus moc neliší od subjektivního, byly naměřeny nejvyšší odchylky, které odpovídají jednomu celému řádku.

KC B Zde jsou všechny hodnoty vyrovnané. Můžeme celkově říci, že subjektivní refrakce, tedy správná, potřebná refrakce zlepšuje kontrastní citlivost v nízkých frekvencích. Z tabulek je zřetelné, že jakákoliv odchylka od subjektivní refrakce snižuje kontrastní citlivost. A to zhruba o jednu sinusovou mřížku.

Sledovaná data byla porovnána pomocí párového t-testu na hladině významnosti 5 %. Objektívni metody byly vždy srovnávány s metodou subjektivní, přitom nulová statistická hypotéza předpokládala rovnost dat získaných u subjektivní a objektívni metody. Alternativní hypotéza pak předpokládala rozdíl. V tabulce č. 5 jsou uvedeny mezní hladiny významnosti p , při kterých by právě byla zamítnuta hypotéza o rovnosti sledovaných dat ve prospěch hypotézy alternativní (tj. data se nerovnjí).

sledovaný parametr	p		
	autorefraktometr	aberometr	skiaskop
sph	0,0007	0,001	0,1
cyl	0,02	< 0.00001	< 0,00001
visus mono	< 0.00001	0,006	0,0002
visus bino	0,001	0,5	0,2
KC B	0,001	0,01	0,0002
KC C	0,00001	0,0002	0,0006
KC B bino	0,08	0,02	0,01
KC C bino	< 0.00001	0,07	0,02

Tab. 5 Mezní hladina významnosti p , při které by byla podle párového t-testu zamítnuta rovnost dat získaných objektívni a subjektivní vyšetřovací metodou. Hodnoty, které jsou nižší, než zvolená hranice 5 % jsou vyznačeny červeně.

Jak můžeme vidět z tabulky, srovnání objektívni a subjektivní refrakce je pro nás statisticky významné téměř u všech možností.

7.3.2. Variabilita měření refrakce na autorefraktometru a aberometru

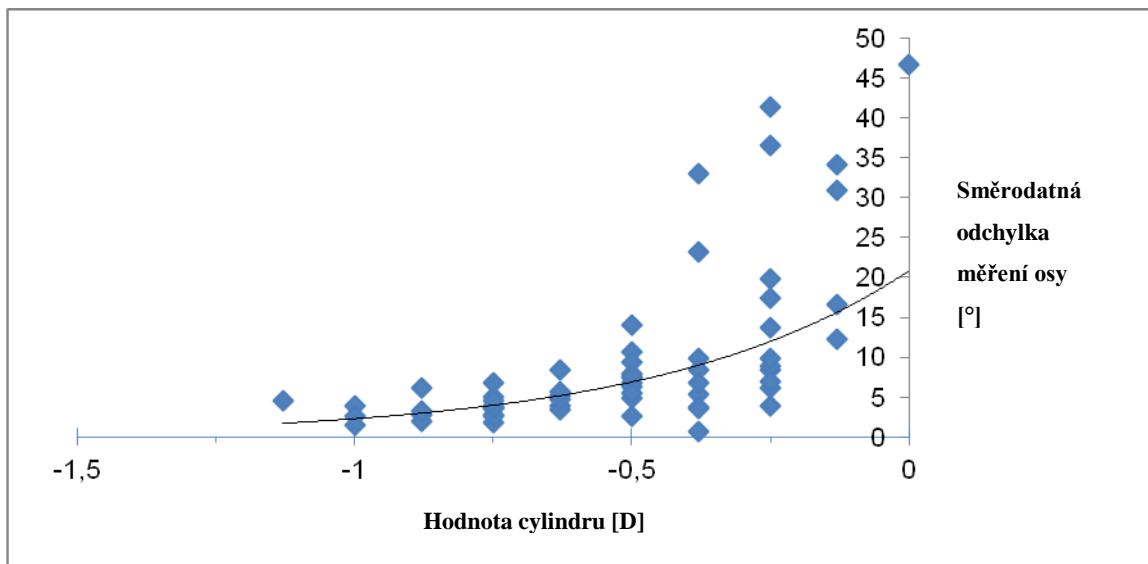
Jak již bylo řečeno, zajímalo nás, jak velké mají přístroje odchylky při opakovaném měření. Měření se na každém přístroji opakovalo 5 krát. Pro autorefraktometr bylo změřeno 60 očí a pro aberometr 62. Průměrné směrodatné odchylky měření sledovaných veličin (sféra, cylindr, osa) jsou uvedeny v tab. 4.

sledovaný parametr	průměrná směrodatná odchylka	
	autorefraktometr	aberometr
sph	0,12 D	0,13 D
cyl	0,1 D	0,1 D
ax	3,3°	9,8°

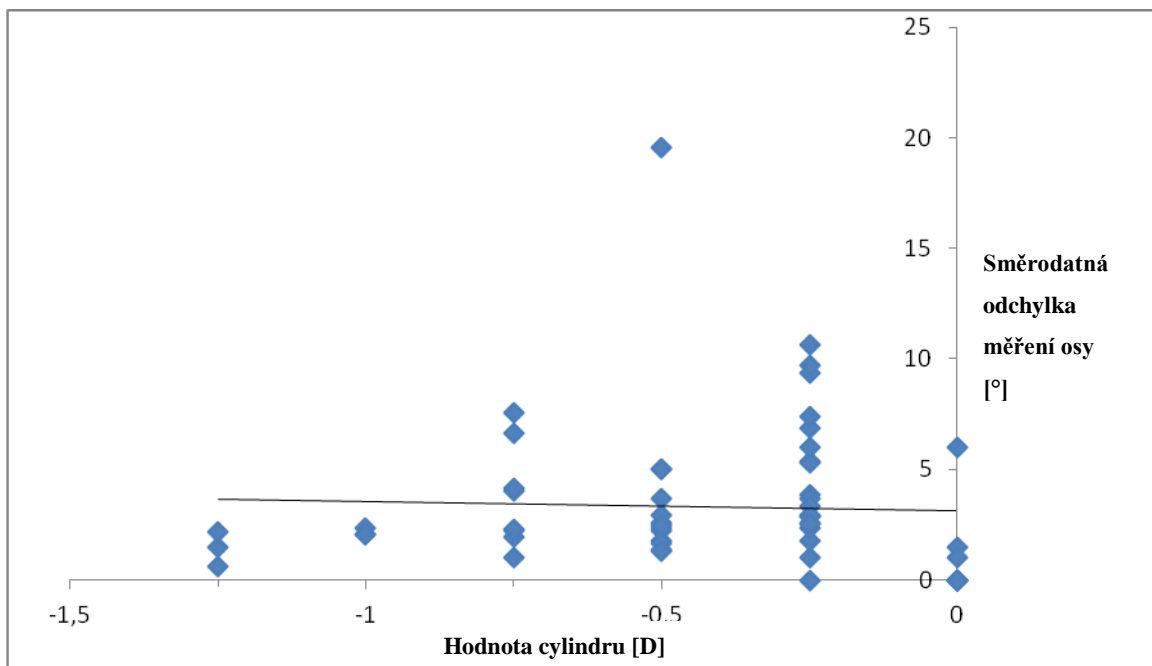
Tab. 6 Průměrné hodnoty směrodatných odchylek měření sféry, cylindru a osy

Z tabulky Tab. 6 je zřejmé, že odchylky ve sféře a cylindru jsou u obou přístrojů přibližně stejné. Avšak u os cylindrů dochází k větším odchylkám u aberometru. Je nutno ještě poukázat na to, že odchylky jsou výrazně menší než předpokládaná akceptovatelná hodnota 0,25 D. Z toho můžeme odvodit, že nedochází k výrazným změnám při opakovaném měření a variabilita měření je tedy dostatečně nízká.

Vzhledem k vyšší variabilitě v ose cylindru jsme dále sledovali její závislost na hodnotě cylindru. Příslušné grafy, proložené regresní přímkou, aproximující sledovanou závislost, jsou uvedeny níže. Je zřejmé, že u aberometru se s nižším cylindrem zvyšují odchylky v měření os. U autorefraktometru si můžeme všimnout, že odchylky os se nijak výrazně neliší vzhledem k hodnotám cylindru.



Graf. 1 Závislost směrodatné odchylky měření osy cylindru na aberometru na hodnotě cylindru pro opakovaná měření jednotlivých subjektů (čtverečky) proložená regresní exponenciální křivkou.



Graf. 2 Závislost směrodatné odchylky měření osy cylindru na autorefraktometru na hodnotě cylindru pro opakovaná měření jednotlivých subjektů (čtverečky) proložená regresní lineární křivkou.

Závěr

V úvodních kapitolách byla stručně popsána anatomie struktur optických prostředí oka a základní pojmy potřebné pro výpočet a znázornění optických ametropií. Byly popsány principy a funkce nejpoužívanějších přístrojů pro měření objektivní refrakce. Okrajově jsme se zmínili o stále populárnějších a diskutovanějších aberacích vyšších řádů, bez kterých se v budoucnu nejspíše neobejdeme.

Značná část se věnovala popisu základních pravidel určování subjektivní refrakce. Stejně tak vyšetřovacím tabulím, bez kterých se subjektivní refrakce neobejde. Byl popsán optotyp, na kterém se zjišťuje visus a o tabuli pro zjišťování míry kontrastní citlivosti. Zároveň byly definovány pojmy visus a kontrastní citlivost.

Do této diplomové práce bylo při experimentální části zahrnuto celkem 30 probandů. Veškerá testování probíhala ve stejném pořadí a za stejných vyšetřovacích podmínek.

Jasným výsledkem je, že žádný přístroj nemůže nahradit subjektivní refrakci. Zde je totiž důležitá komunikace mezi vyšetřujícím a vyšetřovaným. Základní pravidla korekce refrakce a znalost potřeb pacienta není u žádného z přístrojů zohledněna.

Na základě naměřených visů a kontrastních citlivostí se nejvíce subjektivní refrakci přibližuje aberometr. Avšak ve vztahu k subjektivně naměřené refrakci docházelo k překorigování. Můžeme si to vysvětlit tím, že pokud dojde k překorigování zvýší se kontrast i visus. Nicméně z hlediska dlouhodobé snášenlivosti je tato korekce nevyhovující. Již v průběhu testování si často probandi stěžovali na značný diskomfort této korekce.

Skiaskop v této práci nedopadl nejhůře. Je však nutno podotknout, že určení refrakce pomocí skiaskopu vyžaduje trénink a značné zkušenosti s tímto měřením. Ne vždy je při nerozkapané zornici dobře znatelný malý cylindr, který může pacient potřebovat. Přístroje jsou v tomto ohledu přesnější.

Co se týče odchylek po sobě jdoucích měření u autorefraktometru a aberometru, zde jsme nezaznamenali žádné vysoké odchylky. U sféry i u cylindrů byly zaznamenány nepatrné odchylky, které nedosahovaly hodnot ani 0,25 D. Jen aberometr vykazuje vyšší odchylky (téměř 10°) při určování osy cylindru a bylo vyzorováno, že u nižších cylindrů dochází k vyšším odchylkám v osách. U autorefraktometru tento jev nebyl prokázán.

Očekávali jsme, že přístroje budou lehce přeměřovat do záporných hodnot. Avšak překvapivým výsledkem bylo, že autorefraktometr přeměřuje lehce do kladných hodnot. Z toho tedy vyplývá, že lehce podkorigovává myopy a naopak lehce překorigovává hypermetropy.

Výsledky srovnání visu a kontrastní citlivosti u subjektivní refrakce s objektivní jsou poměrně u všech přístrojů vyrovnané. Visus objektivní refrakce byl vždy nižší a totéž platilo i u kontrastní citlivosti, kde se s objektivní korekcí zhoršilo vnímání až o 1,5 hodnoty kontrastní citlivosti.

Z výsledků práce můžeme vyvodit, že metody měření objektivní refrakce jsou značnými pomocníky při stanovování subjektivní refrakce. Zkrátí nám čas a ukážou, jakým směrem se bude vyvíjet subjektivní refrakce. Nicméně předepisování korekce jen na základě naměřených objektivních hodnot není nejvhodnějším řešením. Při stanovování korekce je nutno brát na zřetel požadavky a subjektivní pocity našich klientů.

Cílem práce není zahrnout přístroje a metody získávání objektivní refrakce, ale jen poukázat na to, že každý má jiné nároky na vidění. Proto je zapotřebí brát tyto hodnoty pouze orientačně právě z důvodu možného překorigování, jak vyplývá z této studie. I když naměříme nejlepší možný visus a nejvyšší hodnoty kontrastní citlivosti, neznamená to, že máme ve zkušební obrubě nejlepší možnou korekci.

Doufám, že výsledky této práce budou motivační pro řadu optometristů, a že se přestaneme v naší praxi setkávat s tím, že by se našim klientům předepisovala korekce, co nám naměří nějaký přístroj. Každý člověk je jiný a každý požadujeme jiné nároky od našeho zraku. Jak již bylo řečeno důležitá, je komunikace a vnímání potřeb našich klientů, ke kterým by se mělo přistupovat individuálně.

Použitá literatura a zdroje

- 1) Květa Kvapilíková, Anatomie a embryologie oka, Vydal: Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, ISBN: 80-7013-313-9

- 2) KRAUS, HANUŠ A KOLEKTIV: Kompendium očního lékařství, Praha, Grada Publishing 1997, ISBN 80-7169-079-1

- 3) Borish's clinical refraction, second edition, Copyright 2006, 1998 by Butterworth-Heinemann, an imprint of Elsevier Inc., ISBN-13: 978-0-7506-7524-6

- 4) <http://www.leven.cz/uploads/File/acts/%C4%8CSN%20EN%2012464%201.pdf>

- 5) Příručka Praktická refrakce od firmy Essilor, Essilor International 2007

- 6) Magazín OPTOMETRY TODAY, June 4., 2004

- 7) Miloš Rutrle, Brýlová optika, Vydal: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví BRNO, roku 1993

- 8) Miloš Rutrle, Přístrojová optika Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, ISBN 80-7013-301-5

- 9) Die PRaxis der Skiaskopie, Michael Horing, KAy-Rüdinger HArms, DOZ Verlag, ISBN: 978-3-942873-03-1

- 10) ANTON, M.: Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, Brno, 1993, ISBN 80-7013-148-9

Obrázky

10) <http://www.maculacenter.com/EyeAnatomy.htm>

11) http://www.lef.org/protocols/eye_ear/glaucoma_01.htm

12) http://cs.wikipedia.org/wiki/Snellenova_tabule

13) http://en.wikipedia.org/wiki/File:Zernike_polynomials2.png

14) http://www.optika-moni.hr/pojmovi/ostrina_vida.htm

15) <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/Disque>

16) Bc. Eliška Živčáková, Diplomová práce, Vliv zrakového tréninku na refrakční vady, rok odevzdání 2012

Příloha 1

Informace a informovaný souhlas pro účastníky výzkumné studie

Název výzkumné studie: Vyšetřování optických vad oka

Vedoucí výzkumné studie: **RNDr. František Pluháček, Ph.D.**

Katedra optiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého
v Olomouci

17. listopadu 12, 771 46 Olomouc

Tel.: 58563 4310 e-mail: pluhacek@prfnw.upol.cz

Řešitel: **Bc. Petra Panicová**

Katedra optiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého
v Olomouci

17. listopadu 12, 771 46 Olomouc

Informace o výzkumné studii:

Cílem studie je porovnání objektivních refrakcí se subjektivní. Měření bude prováděno na autorefraktometru, aberometru a skiaskopu a subjektivní měření se provede tzv. „sklíčkováním.“ Do výzkumu budou zahrnuti lidé, kteří mají nějakou refrakční vadu. Účastník svojí účastí, na výzkumné studii, přispívá k rozvoji poznatků v oblasti optometrie, které mohou v budoucnu přispět ke zkvalitnění péče v oblasti zraku.

Informace získané v této studii slouží jako materiál pro výzkumnou část diplomové práce s názvem „Vyšetřování optických vad oka“, kterou zpracovává Bc. Petra Panicová pod vedením RNDr. Františka Pluháčka, Ph.D.

Výsledky prováděné studie budou zveřejněny v rámci této práce, popř. v odborné literatuře a mohou být prezentovány na odborných konferencích. Dále budou sloužit jako podklady pro další výzkum. Všechna výzkumem zjištěná data budou vždy prezentována anonymně, tedy bez uvedení identity účastníka.

Popis výzkumných procedur:

Testování jednoho účastníka bude probíhat přibližně 30 minut a nebude se opakovat. Účastníkovi studie bude změřena objektivní refrakce pomocí autorefraktometru, aberometru a skiaskopu. Poté standardním způsobem stanovena optimální dioptrická korekce (měření dioptrické hodnoty oka pomocí zkušebních čoček). V průběhu měření bude stanovena zraková ostrost pomocí čtení znaků.

Rizika účasti ve studii:

Může nastat přechodné zhoršení vidění ve smyslu chvilkového rozmazání obrazu nebo chvilkové oslnění.

K této *Informaci* je přiložen *formulář Informovaného souhlasu účastníka s účastí na studii*. Souhlas s Vaší účastí ve studii výzkumu vyjádřený Vaším podpisem tohoto dokumentu před zahájením testování je především prohlášením o **dobrovolnosti** účasti a o vědomí práva kdykoliv souhlas s další účastí ve studii odmítnout. Toto případné odmítnutí neovlivní jakkoli negativně další vztah mezi vedoucím či řešitelem studie a Vámi. Tato zásada platí i v případě, že nebudete souhlasit ani s Vaším vstupem do výzkumné studie.

Informovaný souhlas s účastí na výzkumné studii

Jméno: _____
Příjmení: _____
Pohlaví: _____
Věk: _____

- 1) Tímto **souhlasím** s účastí na výzkumné studii „Vyšetřování optických vad oka.“ Byl(a) jsem informován(a) o cílech výzkumu, o vyšetřovacích metodách a vyšetřeních, které mi budou prováděny a o náročnosti výzkumné metody zvolené pro toto měření.
- 2) Byl(a) jsem informován(a) o fyzické náročnosti a případných rizicích metody výzkumu.
- 3) Byla jsem informována, že moje účast ve výzkumu je zcela dobrovolná a může být kdykoli zrušena bez jakýchkoliv sankcí.
- 4) Všechny údaje získané v rámci tohoto výzkumu budou zpracovávány, prezentovány či publikovány anonymně. Tyto údaje mohou být využity pouze pro studijní a výzkumné účely pověřeným studentům a pracovníkům katedry optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

V Olomouci dne: _____ podpis: _____