

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI

KATEDRA OPTIKY

BINOKULÁRNÍ VYVÁŽENÍ A BINOKULÁRNÍ REFRAKCE

Bakalářská práce

VYPRACOVALA:

Nela Kadlčíková

Obor 5345R008 OPTOMETRIE

Studijní rok 2016/2017

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

KONZULTANT:

Ing. Bc. Ivan Vymyslický

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Mgr. Františka Pluháčka, Ph.D. a za pomoci literatury, která je uvedena v seznamu na konci práce.

V Olomouci 1.5.2017

.....

Kadlčíková Nela

Poděkování:

Ráda bych chtěla touto cestou poděkovat RNDr. Mgr. Františku Pluháčkovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat Ing. Bc. Ivanu Vymyslickému za ochotu a cenné rady při zpracování této práce.

Tato práce byla vytvořena za podpory projektu IGA PřF UP v Olomouci s názvem "Optometrie a její aplikace", č. IGA_PrF_2017_003.

Obsah

1 ÚVOD	6
2 METODY VYŠETŘENÍ REFRAKCE	7
2.1 Objektivní refrakce	8
2.1.1 Skiaskopie.....	8
2.1.2 Autorefraktometry	9
2.2 Subjektivní refrakce	10
2.2.1 Obecné zásady	11
2.2.2 Zkušební obruba, foropter	11
3 MONOKULÁRNÍ A BINOKULÁRNÍ REFRAKCE	13
3.1 Monokulární refrakce	13
3.1.1 Nejlepší sféra	13
3.1.2 Korekce astigmatismu	15
3.1.3 Jemné sférické dokorigování.....	16
3.2 Binokulární refrakce	17
3.2.1 Výhody a nevýhody binokulární refrakce.....	17
3.2.2 Postupy při měření	18
3.2.3 Srovnání monokulární a binokulární refrakce.....	19
4 BINOKULÁRNÍ VYVÁŽENÍ	21
4.1 Akomodační rovnováha	21
4.2 Střídavá okluze	22
4.3 Turville Infinity Balance test.....	23
4.4 Monokulární zamlžovací binokulární (akomodační) vyvážení dle Humphrisse.....	24
4.5 Metoda prizmatické disociace – dvouřádkový test, červeno-zelený test	26
4.5.1 Dvouřádkový test – postup vyvážení	26
4.5.2 Červeno-zelený test – postup vyvážení.....	27
4.6 Disociace obrazu pomocí polarizace – Schultzeho test, bichromatický test dle COWENA	28
4.6.1 Schultzeho test – dvouřádkový test	28
4.6.2 Bichromatický balanční test dle COWENA	29
4.7 Vzájemné porovnání metod binokulárního akomodačního vyvážení	30
5 MODERNÍ TECHNOLOGIE PRO BINOKULÁRNÍ VYŠETŘENÍ REFRAKCE	33
5.1 PASKAL 3D.....	33
5.1.1 Vybavení.....	34
5.1.2 Postup vyšetření.....	34
5.1.3 Ukázka testů.....	36
5.2 PolaSkop 3D	41

5.2.1 Vybavení.....	42
5.2.2 Postup vyšetření.....	42
5.2.3 Další testy.....	42
5.3 Srovnání technologií PasKal 3D a PolaSkop 3D.....	43
6 ZÁVĚR.....	45
Použitá literatura	46
Seznam obrázků a tabulek	48

1 ÚVOD

Oko je nejdůležitější lidský smyslový orgán, který může být postižen různými refrakčními vadami. Refrakční vady se dají obvykle dobře korigovat tak, že s korekcí lze dosáhnout maximální zrakové ostrosti. Tomu předchází správné a kvalitní vyšetření refrakce. Dodnes hojně využívaná monokulární subjektivní refrakce však nestačí. Okluze nevyšetřovaného oka, které nemá žádný podnět, může začít akomodovat. To pak vede k nesprávně stanovené korekci, jelikož se akomodace zapojí i na druhém, tedy vyšetřovaném oku. Proto se po monokulární refrakci doporučuje provést i binokulární akomodační vyvážení. Akomodace však není jen jediným problémem. Monokulární vjem neodpovídá běžnému vidění. Za normálních okolností se člověk dívá oběma očima, tedy binokulárně, což umožňuje i hloubkový vjem. Celou refrakci lze tedy provést i za binokulárních přirozených podmínek. Dalším problémem u monokulární refrakce je, že se vlivem okluze může projevit i cykloforie či nystagmus. Proto je vhodnější binokulární vyšetření refrakce, které však vyžaduje speciální vybavení. Dnes jsou dostupné technologie, díky kterým lze vyšetřit refrakci jak za binokulárních, tak za stereoskopických podmínek.

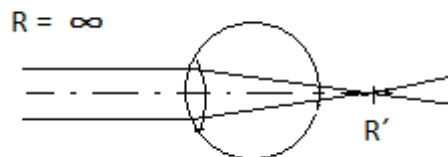
Nejprve budou popsány metody vyšetřování refrakce, kde je zmíněna i objektivní refrakce a její důležitost, následně subjektivní refrakce, popis a vzájemné srovnání monokulární a binokulární refrakce. Pokud je zvolena monokulární refrakce pro vyšetření korekce, je nutné ji doplnit o binokulární akomodační vyvážení, jehož metody budou popsány v kapitole 4. Na konci této kapitoly budou metody vzájemně porovnány z různých hledisek. V poslední kapitole se práce bude zabývat novými technologiemi pro binokulární vyšetření refrakce. Čtenář se seznámí s postupem měření a vybranými testy, které se v těchto technologiích využívají.

Cílem práce je shrnout problematiku refrakce se zaměřením zejména na postupy a technické provedení binokulárního refrakčního vyvážení a binokulární refrakce. Důraz bude kladen na současné moderní přístupy, které vycházejí z aktuálních technických možností.

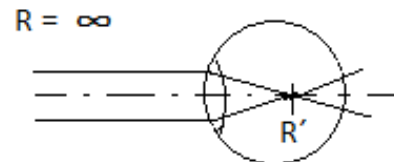
2 METODY VYŠETŘENÍ REFRAKCE

Refrakční vady se dělí na sférické a astigmatické. Mezi sférické vady, kdy je refrakce ve všech řezech stejná, patří hypermetropie, kdy ohnisko je za sítnicí (viz obr. 1), a myopie, kdy je ohnisko před sítnicí (viz obr. 2). Vyšetřují se použitím sférických čoček. Hypermetropii korigujeme nejsilnější spojnou čočkou, naopak myopii korigujeme nejslabší rozptylnou čočkou. U astigmatismu se refrakce v jednotlivých řezech liší. U obvyklého pravidelného astigmatismu lze pozorovat dva hlavní řezy s maximální a minimální lomivostí, které jsou na sebe kolmé. Vyšetřuje se pomocí sférických a torických čoček. [1, 2, 3]

Obrázek 1 – Hypermetropické oko



Obrázek 2 – Myopické oko



Navození akomodace při měření refrakce může nežádoucím způsobem ovlivnit stanovený výsledek. Proto je nutné znát mechanismy jejího navození a vhodnými postupy ji uvolnit. Proximální akomodace je navozena odhadem vzdálenosti. Jako stimul může být i například vjem přístroje přibližujícího se k oku při objektivním měření nebo okluze umístěná před okem při subjektivním měření refrakce. Vyšetřované oko začne akomodovat společně se zakrytým okem, a tak může nastat chybná refrakce. Eliminací tohoto efektu se dále zabývá kapitola 4. [4, 5]

Následující text uvede stručně obvyklé metody objektivní refrakce, které mohou sloužit jako východisko pro refrakci subjektivní. Podrobněji budou popsány metody monokulárního měření subjektivní refrakce. Následné binokulární vyvážení a binokulární metody refrakce jsou podrobně prezentovány v kapitole 3 a 4.

2.1 Objektivní refrakce

Jako východisko pro subjektivní refrakci lze použít objektivní refrakci. Je to refrakce, která se provádí bez nutné komunikace s pacientem. Pacient spolupracuje pouze při držení těla či hlavy u přístroje nebo při fixování zraku na fixační terč. Výsledek objektivní refrakce není ovlivněn pacientovými subjektivními pocity. Tato refrakce je také vhodná u pacientů, kteří nemůžou nebo nechtějí spolupracovat. Refrakci můžeme zjistit pomocí skiaskopu, refraktometru, keratometru, atd. Refraktometry jsou zkonstruovány na principu koincidence, konkrétněji Hartingrův refraktometr, jímž lze objektivně určit celkovou refrakci oka. Nyní se používají automatické refraktometry propojené s počítačem neboli autorefraktometry. [6, 7]

2.1.1 Skiaskopie

Pomocí skiaskopu (viz obr. 3) lze objektivně určit refrakci oka. Přístroj není finančně náročný, ale spolehlivost měření se odvíjí od zkušeností a praxe vyšetřujícího. Princip skiaskopie je založen na sledování pohybu červeného reflexu (odrazu osvětlovacího svazku od sítnice) v zornici (viz obr. 4). Statická skiaskopie zjišťuje refrakční vadu do dálky. Dynamická skiaskopie, nebo také metoda MEM, určuje akomodační odezvu. [4, 8]

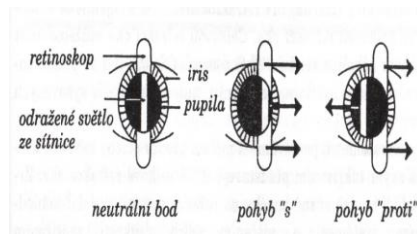
Obrázek 3 – Skiaskop



Statická skiaskopie se používá k zjištění objektivní refrakce. Vyšetřující je obvykle ve vzdálenosti 0,5 m od vyšetřovaného. Pravým okem se vyšetřuje pravé oko a levým zase levé oko. Vyšetřovaný se dívá nevyšetřovaným okem na optotyp ve

vzdálenosti 6 m, aby se vyloučila akomodace. Cílem je dosažení neutrálního reflexu předkládáním vhodných čoček, tj. stavu, kdy se reflex přestane v zornici pohybovat – náhle se rozsvítí, popř. náhle pohasne. Při souhlasném reflexu předkládáme spojky, při nesouhlasném rozptylky. Refrakce v daném směru je rovna dioptrické hodnotě potřebné pro neutralizaci po odečtení velikosti převrácené hodnoty vyšetřovací vzdálenosti. Astigmatismus lze vyšetřit skiaskopií v hlavních řezech. Ty lze zjistit např. z pohybu reflexu – mimo hlavní řezy se pohybuje oproti pohybu skiaskopu šikmo, nebo pásovým skiaskopem – mimo hlavní řezy je zaostřený pás na sítnici orientovaný šikmo oproti osvětlovacímu svazku. [4, 8]

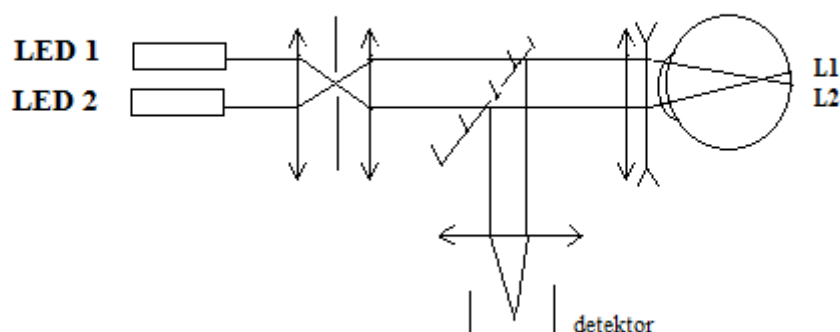
Obrázek 4 – Pohyb červeného reflexu [6]



2.1.2 Autorefraktometry

Moderní automatické oční refraktometry se za posledních pár desetiletí změnilo a vyvinuly. Využívají záření v infračervené oblasti kolem 880 nm k vyloučení oslnění očí vyšetřované osoby. Z fyzikálně-optického hlediska se autorefraktometry konstruují na principu skiaskopie, oftalmoskopie, Scheinerovým pokusem a nově též s využitím Shack-Hartmannova senzoru. [8]

Obrázek 5 – Schéma Scheinerova pokusu [9]



Nejčastějším užitým principem je Scheinerův pokus, který bude tedy podrobněji rozeptán. Principy ostatních metod je možné dohledat např. v publikacích [8]. Schéma Scheinerova pokusu lze vidět na obrázku 5. V případě emetropického oka obrazy L1 a L2 led diod LED1 a LED2 splynou na sítnici v jeden. U ametropického oka se na sítnici vytvoří obrazy dva. Pomocný optický systém vykoriguje oční vadu tak, aby se na sítnici objevil obraz pouze jeden. Na obrázku 5 je zaznamenáno myopické oko. Sférická a astigmatická vada je vyhodnocena na základě více měření. V přístroji je integrovaný pomocný fixační obrazec, který je promítán do nekonečna k uvolnění akomodace. [9]

2.2 Subjektivní refrakce

Subjektivní refrakce je nejdůležitější část vyšetřování refrakční vady oka. Před subjektivní refrakcí by měla být provedena i objektivní refrakce viz kapitola 2.1. Jako alternativou objektivní refrakce může být i předchozí refrakce či dosavadní nošená korekce. Pojem subjektivní refrakce je užíváno proto, že tato refrakce závisí na subjektivních pocitech a odpovědi vyšetřovaného. Subjektivní refrakce by měla být provedena vždy po objektivní refrakci. Samostatnou objektivní refrakci lze použít, pouze když pacient není schopen či ochoten spolupracovat. [7]

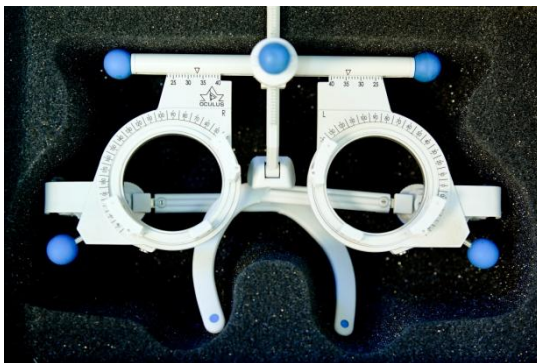
Obvyklým postupem při subjektivní refrakci je monokulární subjektivní refrakce, která musí být vždy zakončena binokulárním refrakčním vyvážením, z důvodu možného navození akomodace viz kapitola 4. Dále je možné celou refrakci provést

za binokulárních podmínek viz kapitola 3.2, přičemž se již nemusí provádět binokulární refrakční vyvážení. Pro binokulární refrakci je však nutné speciální vybavení.

2.2.1 Obecné zásady

Základním vybavením optometristy je vhodná vyšetřovací místnost, optotyp, vyšetřovací křeslo, zkušební obruba (viz obr. 6) a refrakční sada (viz obr. 7) či foropter. Podmínky by měly být vždy přirozené. Přirozené osvětlení (neutrální denní světlo), pohodlné křeslo, přirozené držení těla a hlavy, vyšetřovací místnost čistá, tichá, bez rušivých elementů. Vyšetřovací vzdálenost na 5 až 6 m pro eliminaci akomodace. V případě malé místnosti lze prodloužit vzdálenost s použitím zrcadla, které je na vzdálenost 2,5 až 3 metry. Před zahájením jakéhokoliv vyšetření by měl být vyšetřovaný obeznámen s jednotlivými kroky a postupy. Vyšetření by nemělo být zbytečně zdouhavé a náročné, aby se udržela pozornost pacienta. [10]

Obrázek 6 – Zkušební obruba



Obrázek 7 – Zkušební sada (refraction set)



2.2.2 Zkušební obruba, foropter

Mezi základní pomůcky pro vyšetření refrakce patří zkušební obruba (obr. 6) a zkušební sada (obr. 7) nebo foropter. Obruba i foropter mají své výhody i nevýhody. Nejlepší variantou by byla kombinace obruby i foropteru. Rychlé zjištění hodnoty korekce foropterem, následná dokorekce a ověření správnosti refrakce ve zkušební obrubě. [10]

Při vyšetření refrakce se zkušební obrubou je důležité vycentrovat a nastavit obrubu na každého vyšetřovaného individuálně. Centrace obruby by měla být ve svislé

poloze oční, tedy oční jsou kolmo k zemi. Důležitý údaj je vrcholová vzdálenost d , tedy vzdálenost od zadního vrcholu korekčního skla k vrcholu rohovky. Tento údaj je nutné měřit a zapsat do záznamu refrakce, pokud je korekce vyšší než 4,00 D. [10]

Výhodou zkušební obruby je přirozené držení hlavy a těla. Nenavozuje přístrojovou myopii a konvergenci. Lze sledovat obličej vyšetřovaného a jeho odpovědi mohou být doplněny o mimiku obličeje. Se zkušební obrubou lze lehce ověřit naměřenou korekci v reálu. Vyšetřovaný se může projít po místnosti, lze upravit korekci při pohledu z okna na větší vzdálenosti, kontrola odhadu vzdálenosti, chůze po schodech atd. Nevýhodou je horší manipulace s čočkami a refrakce může být tím pomalejší. Nelze demonstrovat různé vyšetřovací postupy, kde je nutné použít více čoček naráz či jejich výměny. [10]

Velkou výhodou foropteru je rychlost a jednoduchost refrakce. Při vyšetření refrakce s foropterem lze jednoduše realizovat některé binokulární vyšetření. Je možné propojení s počítačem nebo dalším vybavením a možnost automatizace procesu. Nevýhodou je však nepřirozené držení hlavy a těla. Může být navozena přístrojová myopie a konvergence. Není zde odkryta mimika obličeje a nelze ověřit korekci v reálu při chůzi po místnosti či schodech atd. [10]

3 MONOKULÁRNÍ A BINOKULÁRNÍ REFRAKCE

Subjektivní refrakce je důležitou součástí vyšetření refrakčních vad. Před subjektivní refrakcí by měla být výchozí korekce, která usnadňuje a zkracuje dobu vyšetření. Pokud vyšetřovaný nemá doposud žádnou korekci, měla by se provést objektivní refrakce, viz kapitola 2.1. Jako alternativou může být i dosavadní korekce nošená v brýlích či kontaktních čočkách, otázkou však může být, zda je správně určena. Anebo se může použít předchozí vyšetření. [7]

3.1 Monokulární refrakce

Subjektivní monokulární refrakce je nejčastější způsob refrakce, který je v dnešní době užíván a vyučován. Monokulární refrakce je tedy metoda, kde je jedno oko vyšetřováno a druhé oko je zakryto tak, aby přes clonu nešlo nic vidět. S touto vyšetřovací metodou se však pojí riziko akomodace. Zakrytím jednoho oka se může aktivovat akomodační systém, jelikož oko nemá žádný předmět, na který by mohlo fixovat. Pokud se aktivuje akomodace na daném zakrytém oku, zaktivuje se i na vyšetřovaném oku, což může ovlivnit korekci a může vést k podkorigování hypermetropie či překorigování myopie. Proto každá monokulární refrakce musí být doplněna o binokulární (akomodační) vyvážení, viz kapitola 4. [7]

Při monokulární refrakci je nejprve zjištěna nejlepší sféra. Následovně je korigován astigmatismus, který musí být doplněn o jemné sférické dokorigování, jelikož by mohla být vlivem cylindrické korekce ovlivněna i sférická hodnota korekce.

3.1.1 Nejlepší sféra

Cílem tohoto postupu je uvolnit akomodaci u hypermetropie nebo dostat kroužek nejmenšího rozptylu (KNR) na sítnici u astigmatismu. Základním postupem může být buď zamlžovací metoda, nebo metoda nejsilnější spojky a nejslabší rozptylky (max „+“/ min „-“). Nejlepší sféru lze u astigmatické korekce vypočítat pomocí vzorce pro sférický ekvivalent SE , který se používá pro korekci sférickými kontaktními čočkami

$$SE = sph + \frac{1}{2} cyl,$$

kde sph je hodnota sféry a cyl je hodnota cylindru. [10]

Zásadně se vždy při jakékoliv korekci, při dokorigování a neznámém typu vady, začíná se spojnými čočkami, aby se uvolnila případná akomodace. Hodnota předložené čočky by měla odpovídat danému naturálnímu vízu v tabulce č. 1. V případě dokorigování jsou předkládány hodnoty + 0,25 D a následně – 0,25 D. Pokud nejsou odpovědi zcela jasné, lze předložit $\pm 0,50$ D a více dioptrií. Spojná čočka je předkládána, dokud se znaky nebudou jevit horší. Při předložení je pacient tázán, jsou-li znaky horší nebo stejné. Pokud jsou znaky stejné nebo lepší, stále je předkládána spojná čočka. Korekce fakultativní složky hypermetropie uvolňuje akomodaci, tedy znaky jsou stejné. Při korekci absolutní složky hypermetropie je obraz zlepšován. Při výměně čoček ve zkušební obrubě je nutno dát pozor, aby nebyla snížena hodnota spojně čočky před okem. Je doporučeno použít tzv. výměnný trik – novou hodnotu čočky dát před zkušební brýle, poté vyndat a předsadit starou hodnotu spojně čočky před novou a novou následně vložit do zkušebních brýlí. Pokud je po předložení spojně čočky zrak zhoršen, již se hodnota korekce nemění. Rozptylná čočka je předkládána, dokud je zrak zlepšován. Při předložení je pacient tázán, jsou-li znaky lepší nebo stejné. Pokud jsou znaky lepší, vložíme danou hodnotu rozptylně čočky do zkušební obruby. Tady platí opačné pravidlo, nejprve je vyndána původní hodnota čočky, následně je vložena nová rozptylná čočka. Pokud je obraz stejný nebo horší, již hodnotu korekce neměníme. Pokud si vyšetřovaný není jistý svou odpovědí, lze použít pomocný dotaz, zda nejsou znaky pouze menší a černější. Výhody metody nejsilnější „+“/ nejslabší „-“ je jednodušší manipulace s čočkami a méně čoček v obrubě. Nevýhodou je menší kontrola akomodace u mladých hypermetropů. [10]

Tabulka 1 – Doporučená hodnota sférické čočky [10]

Vízus	Hodnota sférické čočky / D
< 0,05	$\pm 2,00$
0,05 – 0,2	$\pm 1,00$
0,2 – 0,5	$\pm 0,50$
$\geq 0,5$	$\pm 0,25$

U zamlžovací metody je před výchozí korekci vložena čočka o hodnotě + 1,00 D či více, je-li potřeba. Vidění by mělo být zhoršeno o několik řádků, alespoň na $V = 0,5$. Následně je zrak odmlžován v kroku – 0,25 D a tím by měl být zrak zlepšován. Není-li při dalším kroku zrak lepší, tedy bude stejný nebo horší, odmlžování bylo dokončeno.

Zamlžovací metoda je využívána u mladých hypermetropů. Spojná čočka je předkládána před oči z důvodu uvolnění možné akomodace, kterou si mladý hypermetrop vykoriguje svoji vadu do dálky. [10]

3.1.2 Korekce astigmatismu

Korekce astigmatismu bývá zvykem pomocí záporných hodnot cylindru. Základní postupy při vyšetřování astigmatismu jsou zamlžovací metoda nebo metoda s Jacksonovými zkříženými cylindry (JZC). JZC by měly být použity vždy při korekci astigmatismu, alespoň jako finální kontrola nebo dokorekce. [10]

Zamlžovací metoda dobře funguje při vyšší hodnotě cylindru (> 2 D). Lze ji použít jako odhad síly a osy před korekcí JZC. Používá se většinou u vysokého astigmatismu nebo při nepravidelném astigmatismu. Je zapotřebí mít na optotypu astigmatický vějíř či růžici, sadu zkušebních čoček se sférickými čočkami od $\pm 0,25$ D a záporné cylindry od $- 0,25$ D. Před zamlžením je nutné stanovit nejlepší sféru, viz kapitola 3.1.1. Je-li KNR na sítnici, na optotypu je nastaven astigmatický vějíř, následně je předložena zamlžovací čočka o hodnotě $+ 1,00$ D před vyšetřované oko. Všechny ramena růžice jsou rozmazány. Pomalým odmlžováním je na růžici lépe viděno jedno rameno. Korekční cylindr je vložen kolmo k nejlépe viděné čáře na astigmatickém vějíři. Postupně jsou před dané oko přidávány záporné cylindry, dokud nebudou všechny ramena stejně ostré. Pokud se zaostří rameno v opačné ose, cylindr se již nezmění. Následně by se měla hodnota i osa cylindru zkontrolovat pomocí JZC. [10]

Jacksonovy zkřížené cylindry jsou dva na sebe kolmé plancylindry s mínusovou, a kolmo na něj, s plusovou hodnotou. Obvykle jsou v základní zkušební sadě čoček o hodnotě $\pm 0,25$ D a $\pm 0,50$ D. Vhodným optotypem pro tuto metodu je sférický symetrický znak, např. kulaté písmeno nebo speciální znaky. Je doporučeno používat pouze záporné korekční cylindry, které budou uvažovány i zde. Předpokládá se, že je KNR na sítnici (tj. byla provedena nejlepší sféra). Při vyšetření se srovnává vjem optotypu ve dvou základních pozicích JZC otočených navzájem o 90° , přičemž směrodatná je orientace jeho záporné osy v pozici, která odpovídá lepšímu vjemu. Nejprve je zjištěna předběžná osa cylindru. JZC o hodnotě $\pm 0,25$ D (popř. vyšší při nižších vízech) je přiložen před vyšetřované oko se zápornou osou v 90° a 180° a následně ve 45° a 135° . Je-li astigmatismus přítomen, do předběžné osy je vložen cylindr o hodnotě $- 0,25$ D (případně vyšší, podle vízu). Konečná hodnota osy je

zjištěna tak, že je přikládán JZC ručkou přímo na osu. Následně je síla zjištěna tak, že JZC je přikládán osou záporného cylindru do osy korekčního cylindru a kolmo k této ose. Opět je zjišťováno, při které situaci je vjem lepší a následně je cylindr zesílen nebo zeslaben. Je-li změna hodnoty cylindru o $-0,5$ D, je nutné pozměnit i sférickou hodnotu o $+0,25$ D. Konečný stav by měl být takový, že jsou obrazy v obou pozicích JZC stejné. [10]

3.1.3 Jemné sférické dokorigování

Jemné sférické dokorigování slouží ke kontrole správnému určení sféry. Po korekci astigmatismu se sféra může změnit. Základním postupem je zkouška na červeno-zeleném testu, což je spíše orientační užití, jelikož každý člověk může mít jiné vnímání barev. Následně je zkontrolována hodnota sféry metodou max „+“ / min „-“. [10]

Červeno-zelený test je založen na principu barevné vady. Červená barva je v krátkovlnné části spektra, tedy jeho obrazové ohnisko je za sítnicí. Zelená barva je naopak v dlouhovlnné části spektra, jehož obrazové ohnisko je před sítnicí. Při použití tohoto testu je zjišťováno, ve kterém poli je optotyp viděn ostřeji, kontrastněji. Pokud je obraz kontrastnější v červeném poli, měla by se před dané oko předložit $-0,25$ D, aby se obraz dostal za sítnici. Pokud jsou znaky kontrastnější v zeleném poli, je tedy nutné předložit $+0,25$ D, aby se obraz posunul naopak před sítnici. Jestliže nelze dosáhnout vyváženého kontrastu v červeném a zeleném poli, doporučení při korekci do dálky je mírně lepší kontrast v červeném poli, naopak u korekce do blízka je doporučeno mírně lepší v zeleném poli. Omezení při této metodě, je subjektivní vnímání barev, např. u starších lidí je posun do červené barvy, a vjem může být ovlivněn i kvalitou použitých filtrů. Tato metoda je užívána jen orientačně a musí být doplněna dalšími testy. [10]

Další metoda pro jemné sférické dokorigování je max „+“ / min „-“. Na optotypu je nastaven řádek odpovídající nejlepšímu vízu. Může být použit klasický optotyp nebo se sníženým kontrastem. Lze se též zaměřit pouze na jeden znak v řádku. Postup metodou max „+“ / min „-“ je popsán v kapitole věnované nejlepší sféře. Je doporučeno předložit hodnoty $\pm 0,25$ D a vždy začít se spojnou hodnotou. Cílovým stavem je mírné zhoršení vidění při předložení $+0,25$ D, při předložení $-0,25$ D by se vidění nemělo zlepšit. [10]

3.2 Binokulární refrakce

V následující podkapitole bude popsána klasická metoda pro binokulární refrakci, která byla donedávna nejčastěji užívána. Moderní technologie a metody jsou uvedeny v kapitole 5.

Tato subjektivní refrakce se provádí za normálních a přirozených binokulárních podmínek. Zatím co u monokulární refrakce bylo jedno oko zakryto a druhé bylo vyšetřováno, u binokulární refrakce okluze oka není, avšak vjem pravého a levého oka je nějakým způsobem oddělen. Nejpoužívanější způsob separace vjemu je polarizace. Dále je možné použít Humphrisovu monokulární zamlžovací metodu nebo také mechanické oddělení vjemu jako u Turville Infinity Balance (TIB); tyto metody se využívají i pro binokulární refrakční vyvážení, a proto jsou podrobněji popsány v kapitole 4. [11]

3.2.1 Výhody a nevýhody binokulární refrakce

Největší výhoda binokulární refrakce je splněná podmínka přirozeného binokulárního vidění, od které se odvíjí další výhody, jako je dobrá kontrola akomodace, při níž odpadá aktivace proximální složky akomodace navozená okluzí oka. Kontrola akomodace je obzvláště důležitá u hypermetropie, pseudomyopie a antimetropie. Při monokulární refrakci se také může změnit velikost pupil, která nastane po okluzi (nebo také při sníženém osvětlení místnosti), tím se zornice může rozšířit a následovně můžou korekci ovlivnit sférické aberace oka. Při latentním nystagmu se dává přednost binokulární refrakci před monokulární, jelikož se může nystagmus vlivem okluze manifestovat a tím se refrakce může stát obtížnější. Okluze taktéž může manifestovat cyklofórii, která může způsobit chybnou refrakci u astigmatické korekce. U binokulární refrakce odpadá nutnost provádět techniky binokulárního (akomodačního) vyvážení, viz kapitola 4, tudíž je tato refrakce o něco rychlejší než monokulární refrakce a odpadá únava očí či ztráta pozornosti vyšetřovaného. [11]

Bohužel, binokulární refrakce se v některých případech nedoporučuje. Například u pacienta s velkou dominancí jednoho oka. U tohoto případu se doporučuje monokulární refrakce, jelikož může nastat problém s refrakcí u nedominantního oka při binokulární refrakci. Což může být spojeno se supresí nedominantního oka. Při binokulárním vidění je vjem daného oka potlačen a korekci tak nelze provést. Až po

okluzi dominantního oka se nedominantní oko zapojí a vjem již nebude potlačen. Polarizační fólie u Polatestu snižují kontrast písmen o 50 %, tím se například u pacientů s kataraktou můžou zdát písmena při nižší velikosti hůře čitelné v důsledku snížení kontrastu, ne však špatnou zrakovou ostrostí. Eliminace tohoto sníženého kontrastu lze dosáhnout u vektografického systému na 75 % až 80 %. Binokulární refrakce je tedy doporučována pro pacienty, kteří mají správné binokulární vidění. [11, 7]

3.2.2 Postupy při měření

Jak už bylo v předchozím textu uvedeno, pro binokulární refrakci je nutné provést oddělení vjemů obou očí. Nejpřirozenějším způsobem je oddělení vjemů pomocí polarizace. Do nedávna nejčastější způsob využíval lineární polarizaci s využitím polarizačních filtrů umístěných před obrazovku a oči vyšetřovaného, popř. s užitím vhodné polarizační masky na monitoru v kombinaci se speciálním optotypem a polarizačních filtrů před očima vyšetřovaného. Klasický přístup zobrazuje obdobně jako při monokulární korekci tmavé znaky na bílém pozadí. Tento klasický a dosud nejrozšířenější přístup je popsán níže v této kapitole. Moderní přístupy, popsané blíže v kapitole 5 se snaží při binokulární refrakci maximálně přiblížit obvyklým zrakovým podmínkám a celou pozorovanou scénu prezentovat prostorově pomocí stereoskopického efektu. Současně eliminují nevýhody lineární polarizace (zejména závislost na správném směru pozorování) jejím nahrazením polarizací kruhovou. [11]

Vlastní test představuje optotyp, jehož znaky jsou obvykle v levé a pravé polovině odlišně polarizovány. Díky dalším polarizačním fóliím předloženým před oči pacienta je jedna polovina viděna pravým okem a druhá polovina levým okem. Pozadí optotypu a případně vertikální čára půlící optotyp jsou viděny oběma očima. Znaky jsou tmavé na bílém pozadí. V případě, že jsou znaky polarizovány předložením speciálních fólií před optotyp, může nastat problém se sníženým kontrastem písmen o 50 %. Tento jev je výrazně omezený, pokud se použije modernější varianta LCD optotypu s integrovanou speciální polarizovanou maskou. [11]

Vlastní postup při binokulární refrakci je víceméně stejný při použití polarizace nebo jiných obdobných metod, jako např. TIB, a lze jej stručně shrnout do několika kroků [11]:

- 1) Před obě oči jsou umístěny polarizační fólie (popř. je např. u TIB vjem obou očí oddělen mechanicky) a je předsazena výchozí korekce (může se jednat o původní korekci nebo o výsledek objektivního měření atpod.).
- 2) Vyšetřovaný zaměří svou pozornost na část optotypu viděnou pravým okem (obvykle pravá polovina). Následně je korigováno pouze pravé oko metodami stejnými jako při monokulární korekci. Levé oko je nezakryté. Po ukončení korekce je zkontrolován vízus pravého oka.
- 3) Poté se vyšetřovaný zaměří na druhou polovinu optotypu, viděnou levým okem. Následuje korekce levého oka obvyklými monokulárními postupy, pravé oko je odkryté. Zaznamenáme vízus.
- 4) Polarizační filtry (případně mechanická přepážka apod.) jsou odebrány, tj. je zrušena disociace vjemů obou očí.
- 5) Je zkontrolován binokulární vízus.
- 6) Následovně se porovná vízus před korekcí a s novou subjektivní korekcí. Je-li vízus lepší, refrakce byla provedena správně. Není-li vízus lepší nebo je-li horší než s předchozí korekcí, refrakce by měla být zopakována. Vízus je též možné porovnat s normálními hodnotami, popř. ověřit jeho další možné zlepšení stenopeickou clonou.

3.2.3 Srovnání monokulární a binokulární refrakce

V této podkapitole bude uvedeno několik studií, které se zabývaly porovnáním monokulární a binokulární refrakce. Jak již níže bude uvedeno, při binokulární refrakci se dosahují lepší výsledky korekce i vízu, díky přirozeným binokulárním podmínkám. Při monokulární refrakci může nastat více nežádoucích chyb, které lze odstranit pouze binokulárními podmínkami. [7]

Všechny uvedené výzkumy zjistily, že se sférická korekce testovaných subjektů při binokulární refrakci liší od monokulární. Publikace [13] uvádí rozdíl ve sférické hodnotě korekce o 0,25 D u 20 % testovaných subjektů a v další studii [14] u 35 %, přičemž u 12 % byl rozdíl o 0,5 D. Při porovnání korekce po binokulárním vyvážení a binokulární korekci se procentuální rozdíl snížil na 10 % a 28 % (u rozdílu o 0,50 D na 5,6 %) [13, 14]. Bylo také zjištěno [15], že při binokulární refrakci jsou reakce subjektů lepší na změnu $\pm 0,25$ D. U astigmatické korekce, kde se u monokulární refrakce po okluzi jednoho oka může projevit cykloforie, byly zaznamenány [13, 16]

změny korekční osy v uvedených studiích u 2 % vyšetřovaných subjektů o 8 ° až 10 °. Dále [13] při binokulární refrakci byla zjištěna suprese u 3 % z testovaných subjektů, z toho 80 % byly následně korigovány prizmatickými dioptriemi.

S ohledem na výsledky prezentovaných výzkumů lze podotknout, že je binokulární refrakce přesnější, zejména pokud se jedná o pacienta s anizometrií či amblyopií. Například u mladého pacienta, kde byla zjištěna amblyopie levého oka, retinoskopie ukazovala + 1,00 D na pravém oku a + 4,00 D na levém oku s vízem 6/60 . U monokulární refrakce byla korekce ukončena při odmlžení na + 2,50 D s vízem 6/24. Avšak při binokulární refrakci bylo akceptováno + 3,50 D s vízem 6/18. Mechanismy, které mohou zapříčinit tuto situaci, nejsou zcela jasné. První možností může být, že akomodace na amblyopickém oku není stabilní při monokulární refrakci. U binokulárních podmínek má oko s lepším vízem tendenci stabilizovat akomodaci amblyopického oka. Druhou možností je, že fixace amblyopického oka není stabilní u monokulární refrakce. Fixace je ustálena současným fixováním ne-amblyopického oka při binokulární refrakci. Třetí možnost, snížená zraková ostrost na amblyopickém oku může být dána excentrickou fixací. Stupeň excentricity je snížen při binokulární refrakci v porovnání s fixací samotného amblyopického oka. [7]

4 BINOKULÁRNÍ VYVÁŽENÍ

Binokulární vyvážení se provádí po monokulární subjektivní refrakci. Monokulární refrakce není za binokulárních podmínek. Je prováděna se zakrytým jedním okem, tím se může vyvolat akomodace zakrytého a následovně i vyšetřovaného oka. Po binokulárním vyvážení by se mělo dosáhnout binokulární (akomodační) rovnováhy. Nerovnoměrná akomodační odpověď může způsobit nekomfortní vidění, zhoršení stereopse nebo fúzní amplitudy. V literatuře [7] se uvádí, že průměrný rozdíl akomodační odpovědi mezi očima je 0,12 až 0,50 D. Níže budou popsány metody binokulárního vyvážení, které lze rozdělit dle mechanismu oddělení vjemu na okluzní, mechanické (TIB), polarizační a prizmatické (dvouřádkový test, červeno-zelený test) a monokulární zamlžení (Humphriss). [7, 10]

4.1 Akomodační rovnováha

Akomodační nebo také binokulární rovnováha je rovnovážný akomodační stav obou očí. Tento stav je žádoucí po každé refrakci. Po monokulární refrakci jej dosáhneme binokulárním vyvážením. Při korekci do dálky je požadována relaxace ciliárního svalu, tedy obě oči bez akomodace. Po korekci do blízka, která se provádí za binokulárních podmínek, by měly obě oči akomodovat stejně. [7]

Příčinou akomodačního nevyvážení (nerovnováhy) je akomodace navozená v procesu monokulárního vyšetřování. Okluze jednoho oka může být podnětem pro akomodaci, následně zúžení zornice a konvergence. Pokud nastane akomodace, ciliární sval se zaktivuje na zakrytém oku a následně i na druhém vyšetřovaném oku. V tomto případě nastane chybná refrakce, tedy podkorigování hypermetropie nebo překorigování myopie. Obvykle se jedná o monokulární úpravu sféry za binokulárních podmínek. Binokulární vyvážení je nutné provádět po každé monokulární refrakci. [7, 10]

Binokulární vyvážení není nutné provádět v případech, kdy lze očekávat minimální (žádnou) akomodaci, jsou to pacienti nad 60 let či s afakií. Nebo při nespolupráci obou očí, kdy se jedná například o strabismus nebo monokulus. Dále při výrazné oční dominanci, supresi či tupozrakosti. Vyvážení se neprovádí taktéž u pacientů s výrazně sníženou zrakovou ostroť, tj. $< 6/18$ neboli $V < 0,3$, popř. při výrazném rozdílu vízu mezi levým a pravým okem. [7]

Při binokulárním vyvážení je nutné dodržet několik zásad. Binokulární vyvážení se musí provádět za binokulárních podmínek, aby obě oči měly tendenci akomodovat stejně. Oddělit vjem obou očí tak, aby byla možnost vnímat obraz každého oka zvlášť. Konečný binokulární vízus by neměl být horší, než byl monokulární před vyvážením. Pokud nelze dosáhnout úplné rovnováhy, lze upřednostnit dominantní oko. [7]

4.2 Střídavá okluze

Metoda střídavé okluze je nejjednodušší a nejméně nákladná, co se týče vybavení. Je zapotřebí pouze zakrývací terč, viz obrázek 8 a zkušební sada čoček. Vyšetřující střídavě zakrývá pacientovi obě oči, zatímco se pacient dívá na optotyp s nejmenším přečteným řádkem písmen přes sférocylindrickou korekci, která byla naměřena monokulární subjektivní refrakcí. Okluze očí je uskutečněna zakrývacím terčem, který se používá i pro zakrývací testy při zjištění přítomnosti šilhání. Pacient porovnává zrakovou ostrost každého oka zvlášť a hlásí, kterým okem vidí znaky na optotypu lépe nebo jestli je vidí stejně ostře. Potom vyšetřující přizpůsobí sférickou korekci tak, aby zraková ostrost obou očí byla stejná. [7]

Obrázek 8 – Střídavý zakrývací test [12]



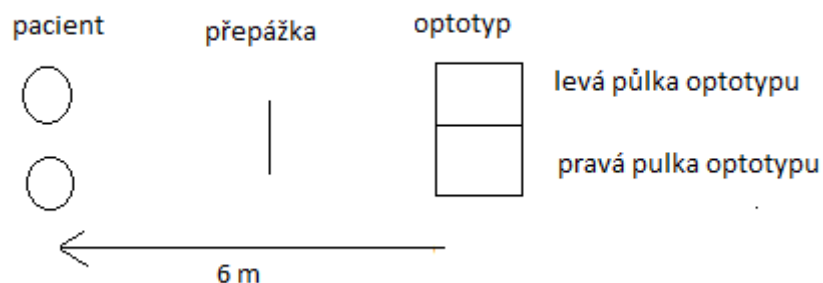
Pokud pacient hlásí jasnější nebo ostřejší obraz jednoho oka v porovnání s druhým, předložíme před dané oko + 0,25 D, což může způsobit zhoršení vidění. Nebo také lze předložit - 0,25 D před oko s horším viděním, ale tady se musí dát pozor, aby se pacient nepřekorigoval do mínusu. A těmito postupy by se mělo postupně dojít k vyvážené zrakové ostrosti. Na závěr je ještě nutné předložit binokulárně čočky o hodnotě $\pm 0,25$ D. [7]

Tato technika má však několik nedostatků. Monokulární vízus na pravém a levém oku musí být stejný. Není použitelná v případě monokulární amblyopie či přirozeně nerovnoměrné zrakové ostrosti. Pacient musí pozorovat a porovnávat znaky, které jsou viděny jen v krátkém čase. Střídání okluze z jednoho oka na druhé musí být dostatečně pomalé a stále se opakovat, aby pacient poznal, které oko vidí lépe, což může být pro některé pacienty těžké. Největším problémem, který může nastat, je akomodace zakrytého oka. V publikaci Borish's Clinical Refraction se uvádí, že normální průměrná reakční doba akomodace je 0,36 (\pm 0,09) vteřin. Pro lidi s pomalejší akomodací může být doba prodloužena až na 1 vteřinu. Interval mezi zakrytím každého oka musí být kratší, než reakční doba pro změnu akomodace. Proto střídavá okluze očí musí být dostatečně rychlá, aby nedošlo k akomodaci oka, ale zároveň dostatečně pomalá, aby pacient stihl reagovat. [7]

4.3 Turville Infinity Balance test

TIB je také binokulární vyvažovací technika pro vyvážení akomodace u mladých subjektů po monokulární subjektivní refrakci. Porovnání vízu pravého a levého oka na základě disociace obrazu pomocí přepážky, která je umístěna v půli cesty mezi pacientem a optotypem. Takto může pravé oko vidět pouze pravou stranu optotypu a levé oko jen levou stranu optotypu. Což umožňuje simultánní srovnání zrakové ostrosti pravého a levého oka. [13]

Obrázek 9 – Schéma provedení TIB ve vyšetřovací místnosti [13]



Postup [13]:

- 1) Ze zkušební obruby je odstraněna okluze.

- 2) Pacient je žádán, aby si zakryl své levé oko a hlavu držel ve stabilní poloze.
- 3) S přepážkou je pohybováno do té doby, než se pacientovi jedna polovina optotypu nezakryje.
- 4) Následovně si pacient zakryje pravé oko a je zkontrolováno, zda jím vidí pouze druhou polovinu optotypu.
- 5) Pacient nyní pozoruje optotyp oběma očima současně a porovnává jasnost obrazů z pravé a levé poloviny optotypu.
- 6) Jestliže jedna polovina optotypu chybí, zkontroluje se poloha přepážky. Pokud pořád chybí, znamená to přítomnost suprese jednoho oka. Jakékoliv vychýlení z polovin obrazu může znamenat výskyt heterofórie. Tyto výchyly jsou indikací pro další odpovídající vyšetření.
- 7) Pokud je obraz jednoho oka jasnější než druhý, je nutná úprava sférické hodnoty korekce na nejlepší vízus.
- 8) Pokud stále není vyvážené vidění, postupuje se stejně u druhého oka.

Do této technologie může být i zakomponovaný test s písmenama F a L o velikosti 6/18, s kterým lze posoudit přítomnost heteroforie. Jelikož písmena mají danou velikost, tento test nelze využít na binokulární vyvážení. Výhodou je, že k tomuto postupu měření patří i screeningový test na detekci dekompenzované heteroforie nebo suprese. Nevýhodou je nutná přítomnost pohyblivé přepážky před optotypem, což je trochu nepraktické. [13]

4.4 Monokulární zamlžovací binokulární (akomodační) vyvážení dle Humphrisse

Monokulární zamlžovací technika je preferovanější než metoda prizmatické disociace, která je subjektivně hůře snášena a je složitější na výměnu korekčních čoček ze zkušební obruby. [11]

Zamlžení jednoho oka pomocí nízké hodnoty sférické čočky, obvykle + 0,75 D až + 1,00 D, má tato technika velkou výhodu kontroly akomodace. Díky předložené spojné čočce před jedno oko, která uvolní akomodaci na obou očích, se potlačí centrální vidění, ale zároveň je ponechána periferní fúze obrazu. Disociace očí je proto minimální, zatímco jiné faktory, jako je velikost pupil a svalová rovnováha, jsou v normálním binokulárním stavu, na rozdíl od monokulární refrakce. Monokulární

zamlžovací techniku pro binokulární (akomodační) vyvážení nelze považovat za pravé binokulární vyvážení, protože zde není vzájemné porovnání obrazů z pravého a levého oka. Ale jelikož je zde dobrá kontrola akomodace díky zamlžovací sférické hodnotě a zachování správného binokulárního stavu, se tato technika dá považovat za správné akomodační vyvážení. Metoda má dvě modifikace, lišící se zejména v míře zamlžení a rychlosti prezentace čoček. [11]

Postup při první modifikaci lze podle [11] shrnout do následujících bodů:

- 1) Zmlžení levého oka pomocí + 0,75 D nebo + 1,00 D tak, aby se zraková ostrost snížila alespoň o 3 až 4 řádky, než má testované oko.
- 2) Následně je na pravém (nezamlženém) oku provedena max „+“/ min „-“ technika (viz kapitola 3.1.3 sférické dokorigování).
- 3) Pokud reakce vyšetřovaného je kladná na předložení spojné čočky, je to způsobeno uvolněním akomodace na obou očích. To může nastat při latentní hypermetropii. Při změně čočky před vyšetřovaným okem je nutné se ujistit, zda je levé oko dostatečně zamlženo, a je-li potřeba, navýšit hodnotu zamlžovací čočky.
- 4) Následně je předělána zamlžovací čočka z levého oka na pravé. Opět je vízus snížen alespoň o 3 až 4 řádky. A postup akomodačního vyvážení je zopakován i pro levé oko.

Typické pro tuto metodu může být malá změna plusové hodnoty refrakce či žádná změna refrakce. V případě, že se jedná o pacienta s latentní hypermetropií, je obvykle změněná refrakce navýšena o + 0,50 D. Monokulární refrakce s okluzí jednoho oka může způsobit chybnou refrakci u hypermetropie, pseudomyopie či antimetropie. Při navození akomodace může nastat překorigování plusové hodnoty nebo podkorigování minusové hodnoty. Méně typické pro tuto metodu je změna refrakce minusové hodnoty. Pokud je refrakce změněna o minusovou hodnotu, pravděpodobně byla chybná monokulární refrakce. [11]

Jedna z nejčastějších chyb je použití vysoké hodnoty zamlžovací čočky + 1,50 nebo + 2,00 D. Sítnicový obraz je rozmazán a zhoršen a tím se může zaktivovat reflexní složka akomodace. Touto chybou se namísto relaxace akomodace způsobí stimulovaná akomodace, která může narůst o + 1,00 D. [11]

Druhá modifikace metody, tzv. Humphriss Immediate Contrast Test (HIC), se liší obzvláště v rychlosti prezentace čoček. Při předložení + 0,25 D zhruba na 1 vteřinu nebo déle by následně měla být předložena – 0,25 D na půl vteřiny, nebo alespoň polovinu doby jako u + 0,25 D. Zde opět platí opatrnost při navyšování rozptylné čočky či ubírání spojné čočky. [11]

Možné chyby při vyvážení touto metodou může být předložení čočky o hodnotě + 0,25 D a – 0,25 D na stejnou dobu nebo selhání zamlžení oka při změně sférické čočky na testovaném oku. [11]

4.5 Metoda prizmatické disociace – dvouřádkový test, červeno-zelený test

Tato metoda vznikla na počátku minulého století. Požadavek pro použití této metody je nutnost stejného vízu na pravém a levém oku. Je vhodnější ji použít při refrakci s foropterem, jelikož je mnoho čoček před očima (sférocylindrická korekce, prizmatické dioptrie a popř. zamlžovací čočka) a vyžaduje rychlou výměnu čoček při úpravě korekce. Disociace očí je provedena pomocí vertikálních prizmat. Obě oči jsou zakryty, a následně je daný řádek rozdvojen prizmatickými dioptriemi. Před pravé oko je předložena 3 nebo 4 pD s bází nahoru (*BU*) a před druhé, tedy levé oko, opět 3 nebo 4 pD bází dolů (*BD*). Pomocí vertikálních prizmat je rozdvojení jednodušší, než s prizmaty orientovanými horizontálně (*BI*). Po odstranění okluze pacient vidí diplopické obrazy, které jsou identické. [7, 11]

Vyvážení nemůže být uskutečněno, není-li vyšetřovaný schopen vnímat diplopické obrazy, tj. pacient se supresí či alternujícím strabismem, a nelze dosáhnout monokulární refrakci stejného vízu na pravém a levém oku. [7, 11]

4.5.1 Dvouřádkový test – postup vyvážení

Tato metoda se skládá ze dvou fází, první fáze je disociace obrazu pomocí prizmatických dioptrií a druhá je zamlžovací fáze, která se provádí pomocí sférické čočky o hodnotě asi + 1,00 D. Velikost zamlžovací čočky záleží na momentální akomodaci vyšetřovaného. [7, 11]

Níže bude popsán postup navržený pro binokulární refrakční vyvážení z literatury [7].

- 1) Pacient sleduje na optotypu písmena o velikosti 6/6 skrz sférocylindrickou korekci monokulárně naměřenou. Před levé oko je předložena okluze.

- 2) Následně jsou předloženy prizmatické dioptrie před obě oči. Před pravé oko jsou vloženy 3 nebo 4 pD bází nahoru a před levé oko 3 nebo 4 pD bází dolů.
- 3) Před pravé oko je následně předložena sférická čočka o hodnotě + 1,00 D. Řádek 6/12 by měl být rozmazán. Pokud není, zmlžení pokračuje předkládáním + 0,25 D před pravé oko.
- 4) Okluze z levého oka je oddělena. Vyšetřovaný by měl vidět dva řádky nad sebou.
- 5) Následně je zamlženo i levé oko. Před levé oko je předkládáno + 0,25 D, dokud nebude obraz levého oka stejně rozmazán, jako obraz pravého oka.
- 6) Jsou-li oba řádky stejně rozmazané, je binokulárně odebrána čočka o hodnotě + 0,25 D. Následně vyšetřovaný porovná oba řádky, jestli jsou stejně rozmazané. Je-li jeden řádek méně rozmazán, před dané oko je předložena čočka + 0,25 D.
- 7) Pokud jsou obrazy stejné, vyšetřovaný zavře obě oči a prizmatické dioptrie můžou být odebrány.
- 8) Následně jsou v kroku 0,25 D omlžovány obě oči tak, aby se dosáhlo nejlepšího vízu.
- 9) Po fázi odmlžování je nutné upravit binokulárně sférickou hodnotu.
- 10) Následně se zkontroluje monokulární i binokulární vízus. Monokulární vízus po binokulárním vyvážení nesmí být horší, než před vyvážením.

4.5.2 Červeno-zelený test – postup vyvážení

Metoda využívá princip červeno-zeleného testu (viz kapitola 3.1.3), který je nyní užít za binokulárních podmínek. Při postupu je nutné uvažovat omezení klasického červeno-zeleného testu, tj. např. odlišné subjektivní vnímání barev či vlivem fyziologického stárnutí posun citlivosti do krátkovlnného spektra. [7, 11]

Níže bude popsán navržený postup z literatury [7]:

- 1) Pacient sleduje na optotypu písmena o velikosti 6/6 skrz sférocyklrickou korekci monokulárně naměřenou. Pozadí je rozděleno na dvě poloviny s červenou a zelenou barvou. Místnost je temná se sníženým osvětlením.
- 2) Obě oči jsou zakryté, následně se předloží vertikální prizmatické dioptrie před obě oči tak, aby se obrazy zdvojily a pacient je viděl v diplopii. Opět, pokud pacient není schopen vnímat obrazy v diplopii, není méžné tuto metodu provést.

- 3) Následně se přidávají po kroku + 0,25 D čočky před obě oči tak, aby se znaky v červených polích jevíly jasnější. Takto jsou obě oči lehce zmlženy.
- 4) Jedno oko se začne odmlžovat ubíráním + 0,25 D nebo přidáváním – 0,25 D a pacient sleduje odpovídající znaky a hlasí buď: a) poslední moment, kdy se znaky v červeném poli zdají lepší, nebo b) jakmile jsou znaky v obou polích stejné, a nebo c) první moment, kdy se zdají znaky v zeleném poli lepší. Druhé oko je odmlžováno stejným způsobem. Jak už bylo dříve zmíněno, dvoubarevný test nezodpovídá za přesné vyvážení kvůli subjektivnímu vnímání barev pacienta.
- 5) Když jsou obě oči odmlženy, následovně se odeberou prizmatické dioptrie a vyšetřující pokračuje ve stanovení binokulární sférické korekce.

4.6 Disociace obrazu pomocí polarizace – Schultzeho test, bichromatický test dle COWENA

Polarizované světlo vznikne průchodem přes polarizující prostředí. V praxi se nejvíce využívají tzv. polarizační filtry/fólie neboli polarizátory (P). Prochází-li takto polarizované světlo pomocí polarizátoru přes další polarizační filtr, který v tomto případě nazýváme analyzátor (A), může být světlo propuštěno nebo zadrženo, to záleží na orientaci filtrů vůči sobě. Pokud jsou filtry navzájem zkřížené, světlo přes ně neprojde. Na základě uvedeného principu lze poměrně přirozeným způsobem oddělit vjemy obou očí. Separované obrazy se tedy pozorují monokulárně za binokulárních podmínek. Testy mohou být provedeny jako bílé znaky na tmavém pozadí (tzv. pozitivní polarizace, která je přirozenější), popř. obráceně (negativní polarizace). [8]

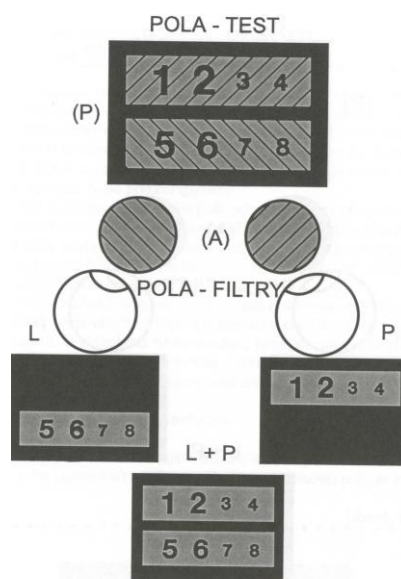
4.6.1 Schultzeho test – dvouřádkový test

Test představují dva řádky stejné velikosti (popř. se znaky, které se postupně, ale na obou řádcích stejně, zmenšují). Pomocí polarizace je horní řádek vidět pravým a dolní levým okem. Uprostřed mezi řádky může být binokulárně viděná linie (případně třetí řádek) pro stabilizaci vjemu. U projekčního optotypu se musí použít metalická projekční plocha, aby byla zachována správná polarizace. [8]

Názorně lze vidět test na obrázku 10. Test je rozdělen na horní a dolní řádek s opačně orientovanou polarizací. Orientace polarizátorů je znázorněna šrafováním, horní řádek např. ve 45° a spodní např. ve 135°. Před obě oči jsou umístěny

analyzátoři a jejich orientace určuje, který řádek dané oko uvidí. Polarizační filtr před pravým okem je orientován shodně s horním řádkem a levé naopak s dolním řádkem. Z toho vyplývá, že pravé oko vidí horní řádek. Jelikož je orientace spodního řádku opačná, tedy kolmá, světlo je zadrženo a černé znaky splynou s tmavým pozadím. Postup binokulárního (akomodačního) vyvážení je obdobný jako u prizmaticky disociovaného dvouřádkového testu, pouze aplikace prizmat je nahrazena aplikací polarizačních předsádek. [8]

Obrázek 10 – Schultzeho polarizovaný test [8]



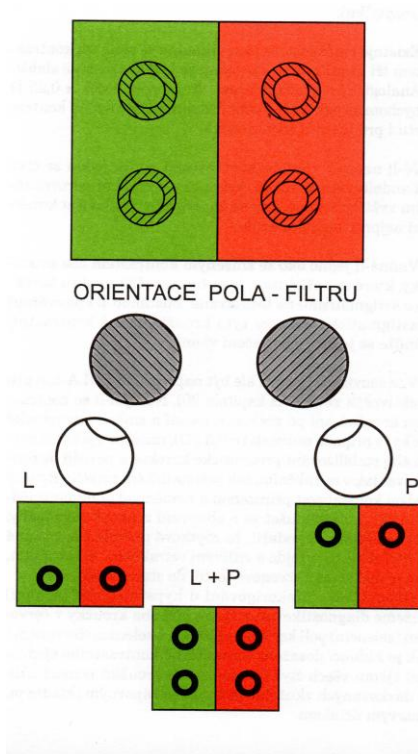
4.6.2 Bichromatický balanční test dle COWENA

Cowenův test využívá polarizace v kombinaci s červeno-zeleným testem. Pomocí tohoto testu lze zjistit, zda se jedná o kontrastní nerovnováhu podmíněnou funkčně či refrakčně a zejména se využívá k zjištění, které oko je překorigované či podkorigované. [8]

Na obrázku 11 je znázorněn test, kde lze vidět i orientaci polarizačních předsádek před pacientovými očima. Test je rozdělen na dvě poloviny s červenou a zelenou barvou. V každém poli jsou dva znaky – Landoltovy kroužky. Pravým okem vidí horní část testu a levým vidí spodní část testu. Refrakční nerovnováhu lze poznat, jestliže pacient vnímá jeden kroužek v červeném a/nebo jeden v zeleném poli kontrastněji. Např. pokud vnímá kroužek kontrastněji nahoře v zeleném poli, měla by se předložit spojka před pravé oko. Obecně se lze řídit zásady jemného sférického

dokorigování, podrobněji popsáno v kapitole 3.1.3. Při vyhodnocení se však doporučuje pracovat se spojnými čočkami. Na závěr je nutno provést binokulárně úpravu sférické hodnoty korekce. [8, 10]

Obrázek 11 – Polarizační červeno-zelený test [8]



4.7 Vzájemné porovnání metod binokulárního akomodačního vyvážení

V této podkapitole budou shrnuty rozdíly mezi metodami pro akomodační vyvážení. Nejprve budou zmíněny rozdíly ve vybavení, které je nutné konkrétně pro danou metodu. Následovně budou metody porovnány z pohledu pohodlí a komfortu pacienta a také z pohledu složitosti při postupu vyšetření. Dále zde budou uvedeny výsledky studie, která porovnávala čtyři metody akomodačního vyvážení.

Při metodách jako jsou střídavá okluze a Humphrissova zamlžovací metoda, není potřeba žádné speciální vybavení. U střídavé okluze je zapotřebí pouze okluzi na zakrytí střídavě pravého a levého oka, u Humphrissovy zamlžovací metody je potřeba pouze spojná čočka + 0,75 D k monokulárnímu zamlžení oka. Metoda prizmatické disociace již vyžaduje mít prizmatické dioptrie, které nejsou součástí základní zkušební sady. U separace obrazu pomocí polarizace, je nutné mít speciální optotyp, buď LCD nebo projekční optotyp s metalickou projekční plochou. U metody TIB je nutné mít mechanickou přepážku, která oddělí vjem P a L oka (viz obr. 9 na str. 23). Tato

mechanická přepážka je však nepraktická a ve vyšetřovací místnosti může spíše překážet. [7, 8, 10, 11, 17]

Z pohledu komfortu pacienta by mohla být prizmatická disociace nejméně pohodlná až nepříjemná, jelikož se musí uměle navodit diplopie, která není subjektivně dobře snášena. Také u Humphrisovy zamlžovací metody je jedno oko zamlženo a to může být pro pacienta nekomfortní, dokonce se může navodit i diplopie. Pohodlnější variantou pro disociaci obrazu je polarizace světla. Metoda TIB dává nejpřirozenější separované obrazy, kde není potřeba k disociaci obrazu žádné předřazené čočky ani speciální filtry, pouze je potřeba mechanické přepážky na zakrytí poloviny zorného pole P a L oka. [7, 8, 10, 11, 17]

Prizmatická disociace je složitější při postupu vyvážení, jelikož je nutné mít více čoček před očima, doporučuje se tato metoda provádět s foropterem. U polarizace, Humphrisovy zamlžovací metody, střídavé okluze, TIB i červeno-zeleném testu lze postupovat obdobně. Akomodační vyvážení je možno dosáhnout pomocí metody max „+“/ min „-“, jako u jemného sférického dokorigování v kapitole 3.1.3. [7, 8, 10, 11, 17]

Vzájemným experimentálním srovnáním vybraných obvyklých metod pro akomodační vyvážení se zabývá studie [17], která byla jako jediná k této problematice dohledána. Konkrétně byly vybrány metody střídavá okluze, metoda prizmatické disociace obrazu červeno-zeleného testu, prizmatická disociace se zmlžením a Humphrisova zamlžovací metoda. Cílem studie bylo porovnat výslednou stanovenou refrakci jednotlivými metodami a vyhodnotit případné rozdíly.

Této studii se zúčastnilo 60 subjektů. Refrakční vady byly stanoveny pomocí retinoskopie, následovala monokulární subjektivní refrakce. Zjištěná ametropie byla použita jako výchozí bod pro vyvážení. Monokulární refrakční hodnoty byly stejné pro všechny vyvažovací metody.

Pro zařazení do studie [17] musel daný subjekt splňovat několik kritérií, která vylučovala možný vliv jiných zrakových potíží:

- 1) Vízus 6/6 nebo lepší každého oka na vzdálenost 6 metrů a také na 40 cm buď s, nebo bez korekce
- 2) Stereoskopický vjem alespoň 30'', při užití TNO stereotestu
- 3) Bez nálezu strabismu u zakrývacích testů na 6 m a 40 cm
- 4) Anizometropie nesmí přesahovat více jak 1,00 D

- 5) Anisokorie nesmí být větší než 1,00 mm
- 6) Akomodační odezva by měla být mezi 0,25 a 0,75 D
- 7) Žádná předešlá poranění oka, oční choroby, amblyopie, afakie či pseudoafakie

Metody byly vzájemně srovnávány na základě výsledného interokulárního sférického rozdílu (ISR, rozdílu mezi sférou levého a pravého oka). Všechny výsledky mezi sebou byly výrazně korelované, průměrné rozdíly mezi ISR pro různé metody se pohybovaly mezi $-0,070$ D a $0,004$ D a šíře 95 % konfidenčních intervalů byla v kolem akceptovatelných hodnot $\pm 0,50$ D. Žádný z výše uvedených rozdílů nebyl statisticky významný. Největší shoda mezi metodami byla u Humphrissovi metody a prizmatické disociace obrazu červeno-zeleného testu (přibližně $\pm 0,527$ D). Hned v zápětí byla střídavá okluze s prizmatickou disociací rozmazaného obrazu ($\pm 0,640$ D). Největší rozdíl byl mezi prizmatickou disociací se zamlžením a Humphrissovou metodou (přibližně $\pm 0,680$ D).

Z výše uvedeného vyplývá, že studované metody jsou navzájem srovnatelné, žádná z nich v průměru nedává odlišné výsledky, přičemž variabilita mezi metodami je v klinicky akceptovatelných mezích. Omezením této studie bylo, že všechny testy prováděl jeden vyšetřující a nálezy z předchozího testování nebyly zamaskovány. Použitý krok při měření byl $0,25$ D, což limitovalo přesnost výsledků. [17]

Dle mého názoru je pro akomodační vyvážení nejlepší polarizovaný dvouřádkový test, který nepůsobí diskomfort pacientovi. Nevýhodou však je nutné speciální vybavení, které vyžaduje polarizaci světla. Bohužel, tato metoda nebyla v publikované studii zahrnuta. Jako další vhodná varianta se nabízí Humphrissova zamlžovací metoda, kde není potřeba žádné speciální vybavení, je pouze potřeba čočka o hodnotě $+ 0,75$ D pro zamlžení jednoho oka, které však může působit méně komfortně, ale já jsem se v praxi s tímto problémem ještě nesetkala.

5 MODERNÍ TECHNOLOGIE PRO BINOKULÁRNÍ VYŠETŘENÍ REFRAKCE

V této kapitole budou představeny dvě nové technologie, kterými lze vyšetřit refrakci za binokulárních podmínek. Obě dvě technologie jsou velice podobné. S využitím cirkulární polarizace, která odděluje vjem pravého a levého oka, je umožněno provést binokulární vyšetření refrakce. V první podkapitole bude představen refrakční systém s názvem PASKAL 3D, který bude popsán trochu více. [19]

5.1 PASKAL 3D

PASKAL 3D je moderní refrakční systém, který byl vyvinut jako aplikace pro Apple iPad. Umožňuje úplnou monokulární refrakci za binokulárních i stereoskopických podmínek, které se nejvíce podobají běžnému dívání v každodenní praxi. Při vyšetření je poloha hlavy a těla v přirozené pozici a jako první refrakční systém umožňuje binokulární cylindrickou korekci. Díky cirkulární polarizaci lze vidět oddělené vjemy pro pravé a levé oko zvlášť. Polarizace je uskutečněna speciálními filtry vloženými do zkušební obruby. Vyšetřovaný se dívá na optotyp zobrazovaný v 3D televizoru, který dokáže oddělit obrazy pravého a levého oka. PASKAL 3D obsahuje mimo testy pro binokulární refrakci také na heterofórii, stereopsy, kontrastní citlivost, dominanci a barvocit. [19]

Obrázek 12 – polarizační fólie do zkušební obruby, iPad s aplikací PASKAL 3D



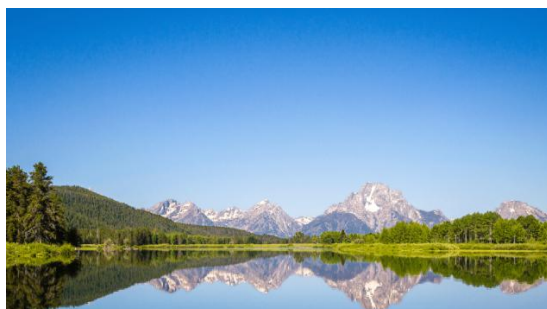
Obrázek 13 – 3D televizor po spuštění aplikace PASKAL 3D



5.1.1 Vybavení

Pro měření je nutné mít iPad s aplikací PASKAL 3D. Dále je nezbytný 3D televizor alespoň s úhlopříčkou 32" nebo větší s rozlišením 1920 x 1080. Přesun dat z iPadu na 3D monitor je uskutečněn díky přítomnosti set-top-boxu s názvem Apple TV. Bezdrátové připojení mezi iPadem a Apple TV je umožněno pomocí routeru s výkonnou WLAN. Oddělení vjemu pravého a levého oka je umožněno speciálními polarizačními filtry, které jsou možné vložit do zkušební obruby. Dále je nutné mít sadu zkušebních čoček od $\pm 0,25$ D, záporné hodnoty cylindru 0,25 D a více, JZC s hodnotami $\pm 0,25$ a $\pm 0,50$ D a základní sadu s prizmatickými dioptriemi. [19]

Obrázek 14 – Pozadí 2D [19]



Obrázek 15 – Balónový test [19]



5.1.2 Postup vyšetření

Celkový doporučený postup zahrnuje jak binokulární refrakci jako takovou, tak též kontrolu a případnou korekci heteroforií. Součástí základní řady testů je také test na stereopsi, kde lze zjistit přítomnost a stupeň stereopse. [19]

Jako první je možno vidět obrázek, který je nejprve ukázán v 2D (viz obr. 14 na str. 34) a následně ve 3D zobrazení, v následujícím měření by však neměl poutat pozornost. Jako další se zobrazí test s balóny (viz obr. 15 na str. 34), který slouží k předběžnému zjištění stereopse. Dále následuje screeningový test na oční dominanci (viz obr. 31 na str. 40), kde je zobrazen jeden obrázek (pes) pro pravé oko a druhý obrázek (kočka) pro levé oko. [19]

Poté následuje test na zrakovou ostrost (viz obr. 16 na str. 36). Díky cirkulární polarizaci je zobrazena tabulka s pozadím do obou očí, ale čtený text je viděn nejprve pravým okem, kde je vizus vyšetřen, a následovně levým okem. Je to tabulka o třech řádcích, které jsou vyplněny písmeny s postupně zmenšující se velikostí. Na začátku každého řádku je umístěno písmeno se sníženou kontrastní citlivostí, které je důležité rozeznat obzvláště u profesionálních řidičů. Na konci každého řádku je test pro astigmatickou korekci v podobě dvou soustředných kruhů. Po tzv. nejlepší sféře (viz kapitola 3.1.1) a astigmatické korekci (viz kapitola 3.1.2) následuje tzv. jemné sférické dokorigování na červeno-zeleném testu (viz obr. 24 na str. 38). Tento test je doporučen provést hned po dokončení korekce každého oka. Tedy je-li dokončen vizus na 6/6 a lépe, na dané oko je předložena čočka o hodnotě + 0,50 D, se kterou by daný text měl být rozmazán. Následně je zobrazen červeno-zelený test, kde by se měly znaky jevit v červeném poli kontrastněji. Je-li akomodace zcela vyloučena, předložená čočka + 0,50 D je oddělena a vyšetřovaný by měl znaky vidět v obou dvou polích stejně ostře. Není-li tomu tak, je nutné korekci upravit. Pravidla pro jemné sférické dokorigování červeno-zeleného testu jsou popsány v kapitole 3.1.3. Jsou-li obě oči vykorigovány, následuje test na binokulární (akomodační) rovnováhu. V tomto testu je text v pravé části promítán pravému oku a text na levé straně levému oku (viz obr. 17 na str. 36). Vyšetřovaný porovnává pravou a levou polovinu textu, jsou-li písmena stejně čitelná a ostrá. [19]

Po binokulárním (akomodačním) vyvážení následuje test ke zjištění asociačních fórií, který se skládá ze dvou vodorovných a dvou svislých ramen (viz obr. 25 na str. 38), které by měli tvořit kříž, a centrálního bodu uprostřed kříže, který lze vidět oběma očima. Dále je podrobněji testováno stereoskopické vidění (viz obr. 29 na str. 39). Tabulka je zobrazena pro obě oči, obsahuje čtyři pole se šesti kroužky ve dvou řadách, v nichž jeden v horním a jeden v dolním řádku je díky polarizaci zobrazen v 3D. Tímto testem lze vyšetřit stereoskopické vidění až do 0,5'. Posledním optotypem jsou opět písmena ve třech řadách, které již nejsou zobrazeny pro každé oko zvlášť. Tento

poslední test slouží ke kontrole vízu, který mohl být ovlivněn prizmatickou korekcí (viz obr.18 na str. 37). Na závěr je ukázáno pár fotografií ve 3D. [19]

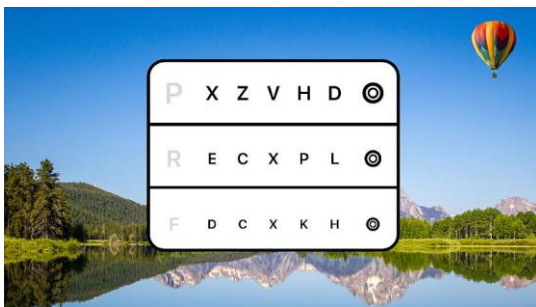
5.1.3 Ukázka testů

V systému PASKAL 3D je obsaženo několik různých testů, které lze rozdělit do devíti kategorií: testy vízu, cylindrické testy, jemné vyrovnání, červeno-zelené testy, MKH, testy fórií, stereoskopické testy, testy kontrastu a screeningové testy. Všechny možné testy lze naléznout v odkaze [19]:

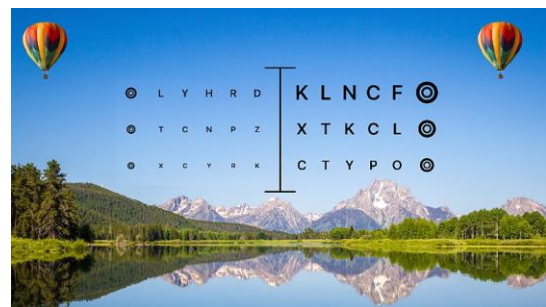
Testy vízu

- a. **Standardní test vízu** – tento test je prvkem základní řady, na jedné straně testu se vyšetřuje vízus a cylindrická korekce na kulatých optotypech a na druhé straně se testuje kontrastní vidění podle Baylie Lovie
- b. **Test PASKAL** – taktéž je test prvkem základní řady, pravá polovina je pro pravé oko a levá pro levé oko, slouží k jemnému vyrovnání sféry, osy a síly cylindru
- c. **Binokulární jemné vyrovnání** – také prvek základní řady, slouží jako jemné vyrovnání sféro-cylindrické korekce
- d. **Test zraku pro silniční provoz** – tento test obsahuje Landoltovy kruhy ve stupni vízu 0,7

Obrázek 16 – a) Standardní vyšetření vízu [19]



Obrázek 17 – b) Test PASKAL [19]



Obrázek 18 – c) Binokulární jemné vyrovnání [19]



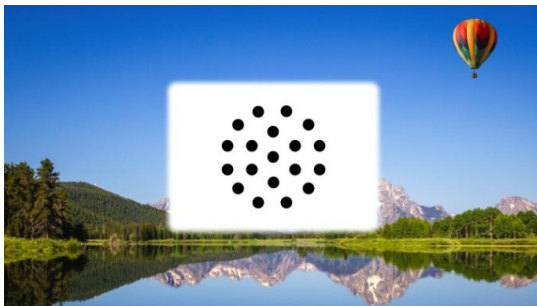
Obrázek 19 – d) Test zraku pro silniční provoz [19]



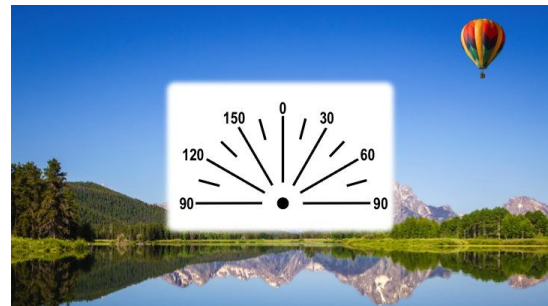
2. Cylindrické testy

- a. **Řada bodů ve tvaru kruhu** – tento test slouží k vyrovnání astigmatismu v ose a síle při použití JZC
- b. **Monokulární aureola dle Zeisse, 180°** – ke korekci astigmatismu zamlžovací metodou, uvedené osy odpovídají ose cylindru

Obrázek 20 – a) Řada bodů ve tvaru kruhu [19]



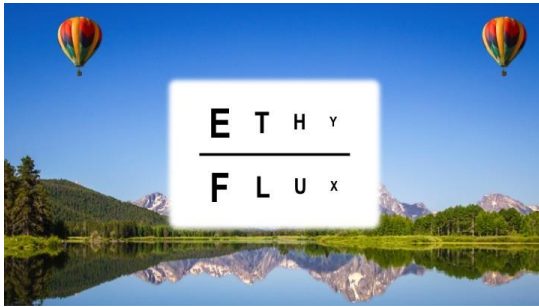
Obrázek 21 – b) Monokulární aureola dle Zeisse [19]



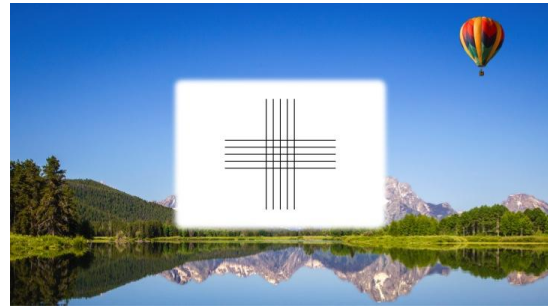
3. Jemné vyrovnání

- a. **Dvouřádkový srovnávací test** – srovnávací test, slouží k dosažení refrakční rovnováhy
- b. **Test křížového vzoru** – provádí se monokulárně, slouží ke sférickému jemnému vyrovnání za použití stabilním křížovým cylindrem

Obrázek 22 – a) Dvouřádkový srovnávací test [19]

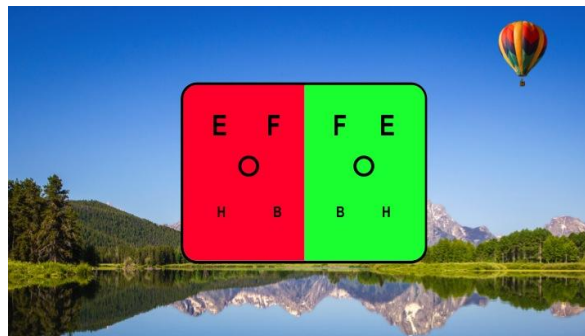


Obrázek 23 – b) Test křížového vzoru [19]



4. **Červeno-zelené testy** – *Červeno-zelený test s kulatým optotypem* slouží k monokulárnímu sférickému jemnému vyrovnání, jsou zde dva stupně vízu s kulatým optotypem

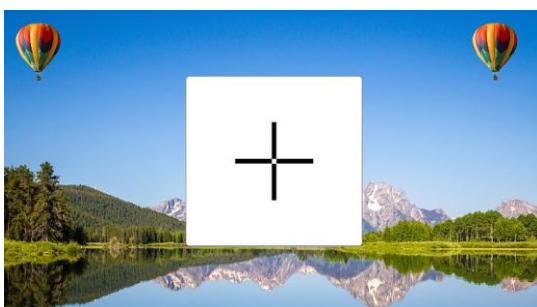
Obrázek 24 – Červeno-zelený test s kulatým optotypem [19]



5. MKH

- Křížový test** – provádí se binokulárně, slouží k odhalení motorické plně kompenzované fixační disparitě
- Hákový test** – slouží ke zjišťování senzoričského podílu vertikální fórie, lze jej použít i jako test na anisekonii

Obrázek 25 – a) Křížový test [19]



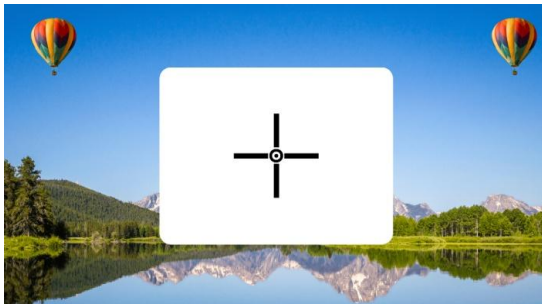
Obrázek 26 – b) Hákový test, vertikální [19]



6. Testy fórií

- a. **Křížový test PASKAL** – test má horizontální i vertikální oddělení se střídavým fúzním blokováním, uvolňuje senzory při hledání motorické fúze
- b. **Schoberův test (v červeno-zeleném provedení)** – slouží ke zjištění přítomnosti heteroforie, lze jej použít i v nebarevném provedení

Obrázek 27 – a) Křížový test PASKAL [19]

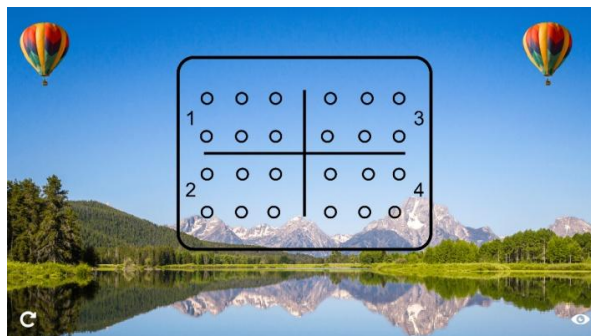


Obrázek 28 – b) Schoberův test [19]



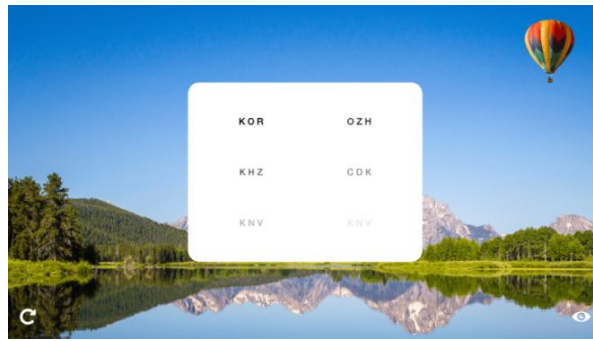
7. **Stereoskopické testy** – test je prvkem základní řady, stereoskopická hloubka je uváděna v obou směrech

Obrázek 29 – Test stereopse s odstupňovanou paralaxou: -7' 6' -5' 4' -3' 2' -1' 0,5 [19]



8. **Testy kontrastu** – *Variabilní test kontrastu podle Pelli-Robsona* – slouží k vyšetření kontrastního vidění se Sloanovými písmeny na správné vidění

Obrázek 30 – Variabilní test kontrastu podle Pelli-Robsona [19]



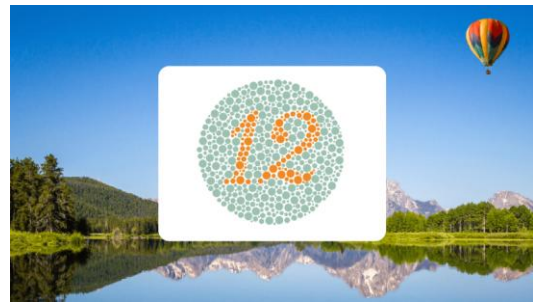
9. Screeningové testy

- a. **Test dominance** – je prvkem základní řady, otázka je kladena na objekt v balónu
- b. **Ishiharův test** – vyšetření barvocitu

Obrázek 31 – a) Test dominance [19]



Obrázek 32 – b) Ishiharův test [19]



10. **Novinka roku 2017:** V letošním roce 2017 PASKAL 3D představil nové testy, které jsou zaměřené na řidiče; tyto testy můžou být použity za fotopického, mezopického i skotopického vidění.

Obrázek 33 – a) Visus při kontinuálním pohybu [19] Obrázek 34 – b) Visus při kontinuálním pohybu [19]



5.2 POLASKOP 3D

POLAKOP 3D je nový LCD optotyp umožňující 3D binokulární refrakci. Na tomto optotypu lze zobrazit testy ve 2D i v 3D. Obsahuje cyklofúzní test pro astigmatickou korekci, který umožňuje binokulární refrakci osy a síly cylindru, všechny klasické testy, MKH řadu i barevné testy. Poskytuje kvalitní rozlišení díky LG Smart TV. [20]

Obrázek 35 – POLASKOP 3D [20]



Obrázek 36 – Obrázek ve 2D [20]



5.2.1 Vybavení

Pro vyšetření binokulární refrakce v 3D rozlišení je potřeba mít 32'' nebo 42'' polarizovaný LCD optotyp, 7'' tablet pro bezdrátové dálkové ovládání využívající bluetooth. Dále je nezbytné mít polarizační filtry s cirkulární polarizací umožňující separaci obrazů z pravého a levého oka. Dále je nutné mít sadu zkušebních čoček od $\pm 0,25$ D, záporné hodnoty cylindru $-0,25$ D a více, JZC s hodnotami $\pm 0,25$ a $\pm 0,50$ D. [20]

5.2.2 Postup vyšetření

Nejprve je obrázek představen ve 2D (viz obr. 36) rozlišení, který je představen s vloženou předběžnou korekcí. Poté se přepne na 3D obrázek, kterým lze předběžně upozornit na přítomnost poruchy binokulárního vidění. Následuje test na oční dominanci (viz obr. 37). Je-li jedno oko dominantní, korekce by měla být provedena na daném oku jako první. Vízus a refrakce je prováděna na testu (viz obr. 38), který se zobrazí jako tabulka se třemi řádky, z toho horní řádek je pro pravé oko, druhý řádek je zobrazen pro obě oči a poslední řádek je pouze pro levé oko. Pro astigmatickou korekci slouží soustředné kroužky nad horním a pod dolním řádkem pro každé oko zvlášť. Postup refrakce je stejný, jako u monokulární refrakce viz kapitola 3.1, ale díky polarizačním filtrům umožňující refrakci za binokulárních podmínek, odpadá nutnost binokulárního (akomodačního) vyvážení, kterým se zabývala kapitola 4. [20]

Obrázek 37 – Test dominance [20]



Obrázek 38 – Optotyp pro vyšetření refrakce [20]

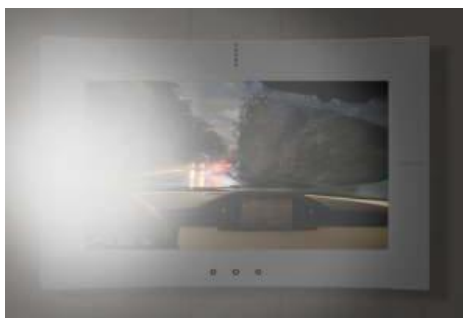


5.2.3 Další testy

Další testy byly zaměřeny obzvláště na řidiče, kteří mohou pociťovat při nočním řízení horší komfort vidění. Můžou být citliví na oslnění od protijedoucích aut či je může trápit noční myopie. V testu na oslnění (viz obr. 39) je zobrazen motiv nočního

silničního provozu a oslnivého světla simulující protijedoucí motorové vozidlo. Lze také demonstrovat vliv očního zákalu na noční vidění. Dalším testem je subjektivní měření noční myopie, který dokáže nasimulovat noční dopravní situaci (viz obr. 40). V temné místnosti je posuzováno rozostření kruhů barevných světel, které je možno nastavit jako spektrum barev červené/zelené/modré. Následně je umožněn Maddoxův test s necentrálním osvětlením (viz obr. 41), kde nedochází k centrálnímu osvětlení oka a lze hned přejít na další potřebné testy. Tyto tři testy jsou součástí doplňku tzv. aktivního rámu. [20]

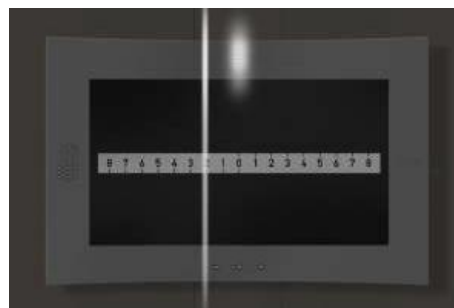
Obrázek 39 – Test oslnění [20]



Obrázek 40 – Test noční myopie [20]



Obrázek 41 – Smart Maddox [20]



5.3 Srovnání technologií PasKal 3D a PolaSkop 3D

Technologie, využívané v obou popisovaných systémech, jsou velmi podobné. Využívají cirkulární polarizace k separaci obrazů pravého a levého oka, mají tedy přirozené podmínky pro pohodlné binokulární vidění, kde lze vyšetřit i cylindrickou korekci, která dosud byla korigována monokulárně. Oba systémy nabízí též vyšetření za stereoskopických podmínek díky prezentaci 3D obrázku v pozadí testů. [19, 20]

Liší se však v provedení různých testů. Například u testu dominance (viz obr. 31 na str. 40) PASKAL využívá obrázky psa a kočku, zatímco u POLASKOPU (viz obr.

37 na str. 42) test obsahuje šipky nahoru a dolů. Dále se test na vyšetření vízu (viz obr. 16 na str. 36) skládá u PASKALU z tabulky, ve které jsou tři řádky s písmeny, kde vpravo je písmeno se sníženou kontrastní citlivostí a vlevo soustředné kruhy pro vyšetření astigmatismu. Danou tabulku lze vidět oběma očima, zatímco text a znaky jsou viděny pouze jedním okem. U POLASKOPU (viz obr. 38 na str. 42) je tabulka se třemi řádky, kde horní řádek je viděn pouze pravým okem, prostřední oběma očima a dolní řádek je viděn pouze levým okem. [19, 20]

Co se týče vybavení, PASKAL 3D je aplikace, kterou lze nahrát do iPadu a lze ji ovládat pomocí tabletu. Při spuštění se bezdrátově propojí s 3D televizorem, kde je aplikace zobrazena. POLASKOP 3D je hardwarově 3D televize s přidaným zařízením, který je ovládán tabletem. Pro testy jako je noční myopie a testy na oslnění je nutné mít ještě tzv. aktivní rám. Vzhledem k výrazné podobnosti systémů lze v praxi očekávat obdobné výsledky při jejich použití. [19, 20]

6 ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo shrnout problematiku refrakce. Stěžejní část této práce byla věnovaná binokulárnímu refrakčnímu vyvážení a binokulární refrakci. V závěrečné části práce byly popsány nové technologie pro binokulární refrakci.

Metody binokulárního akomodačního vyvážení byly popsány v kapitole 4, kde jsou i výsledky studie [17], která se tímto problémem zabývala. Na základě publikovaných výsledků vyplývá, že mezi sledovanými metodami (střídavá okluze, metoda prizmatické disociace obrazu červeno-zeleného testu, prizmatická disociace se zamlžením a Humphrissova zamlžovací metoda) neexistuje statisticky významný rozdíl, přičemž variabilita výsledků je v mezích klinické akceptovatelnosti. Je tedy na optometristovi, jakou metodou bude provádět binokulární vyvážení refrakce. Bohužel, do výzkumu nebyla zařazena žádná metoda, která by využívala polarizaci, kterou osobně považuji za nejpřirozenější z dnes dostupných metod.

Dále se má práce zabývala binokulární refrakcí, která umožňuje přirozené podmínky při vyšetření refrakce. Nejprve je popsána obecně v kapitole 3.2, kde je následně i vzájemně porovnána s monokulární refrakcí. Opět na podkladě několika výzkumů a publikací je zřejmé, že binokulární refrakce dává zcela lepší výsledky hodnot korekce s lepším vizem či lepší snášenlivostí nově naměřené korekce.

V poslední kapitole jsou představeny dva v současnosti dostupné systémy pro binokulární vyšetření zraku (PASKAL 3D a POLASKOP 3D) využívající nové moderní technologie, které poskytují při vyšetření maximálně přirozené binokulární i stereoskopické podmínky. Umožňují tedy binokulární vyšetření jak sférické části vady, tak i astigmatismu, kde za monokulárních podmínek může být jiná osa cylindru. Oba systémy se liší pouze v provedení dílčích testů a v konkrétní technické realizaci.

Díky novým technologiím a možnostem se vyšetření refrakce stále posouvá kupředu a umožňují dosáhnout lepších výsledků. Věřím, že se technologie budou dále více vyvíjet a za pár let tu budou další nové možnosti pro vyšetření refrakce.

Použitá literatura

- 1) PLUHÁČEK, F. *Emetropie a ametropie* – výukové materiály k předmětu Fyziologická optika, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2016.
- 2) RUTRLE, M. *Brylová optika*. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text pro střední zdravotnické školy. ISBN 80-7013-145-4.
- 3) PLUHÁČEK, F. *Sférické ametropie* – výukové materiály k předmětu Korekce zraku I., Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2016.
- 4) ANTON, M. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- 5) PLUHÁČEK, F. *Akomodace* – výukové materiály k předmětu Fyziologická optika, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2016.
- 6) KVAPILÍKOVÁ, K. *Vyšetřování oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 80-7013-195-0.
- 7) BENJAMIN, W. J. a I. M. BORISH. *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006. ISBN 0750675241.
- 8) RUTRLE, M. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-301-5.
- 9) PLUHÁČEK, F. *Vybrané přístroje v oční optice* – výukové materiály k předmětu Přístrojová optika II., Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2016.
- 10) PLUHÁČEK, F. *Základní postupy subjektivní refrakce* – výukové materiály k předmětu korekce zraku I., Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2016.
- 11) ELLIOTT, D. *Clinical procedures in primary eye care*. 3. ed. Edinburgh: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2007. ISBN 9780750688963.
- 12) Docplayer, Falhar, M. *21 kroků vyšetření binokulárního vidění*. 2017 © [cit. 2017-23-04]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/24675642-21vbw-21-kroku-vysetreni-binokularniho-videni-mgr-martin-falhar-ph-d-a-kolektiv-21vbw.html>
- 13) MORGAN, W. The turville infinity binocular balance test, *Clinical and experimental optometry*, vol. 32, 1949, no. 8, pp 367–380.

- 14) Norman, S. Plus acceptance on binocular refraction, *Optom Weekly*, vol. 44, 1953, pp 45–46
- 15) Godwin, H. a Getnsch L, A comparison of methods for the determination of binocular refractive balance, *Optometry & Vision Science*, Vol. 43, 1966, no 10, pp 658-663.
- 16) Miles, D. a Paul, W. Binocular refraction, *American journal od ophtalmology*, vol. 31, no. 11, 1948, pp 1460–1466.
- 17) TUNNACLIFFE, A. H. *Introduction to visual optics*. 4th ed. Godmersham Park: Association of British Dispensing Opticians, 1993. ISBN 978-0-90009-928-1.
- 18) Moghaddam, H. M. a Goss, D. Comparison of four different binocular balancing techniques, *Clinical and experimental optimetry*, vol. 97, 2014, no. 5, pp 422–425
- 19) IPRO International. Practice Management Software for Opticians and Hearing Aid Dispensers: PasKal 3D. [online]. © 2014+ [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://www.paskal3d.com/index.php?id=2&L=7>
- 20) Augenoptik Domažlice s.r.o. Mailshop.cz [online]. ©2014+ [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: http://www.mailshop.cz/?module=dokument&action=display_dokument&id=68

Seznam obrázků a tabulek

OBRÁZEK 1 – HYPERMETROPICKÉ OKO	7
OBRÁZEK 2 – MYOPICKÉ OKO	7
OBRÁZEK 3 – SKIASKOP	8
OBRÁZEK 4 – POHYB ČERVENÉHO REFLEXU [6]	9
OBRÁZEK 5 – SCHÉMA SCHEINEROVA POKUSU [9]	10
OBRÁZEK 6 – ZKUŠEBNÍ OBRUBA	11
OBRÁZEK 7 – ZKUŠEBNÍ SADA	11
OBRÁZEK 8 – STRÍDAVÝ ZAKRÝVACÍ TEST [12]	22
OBRÁZEK 9 – SCHÉMA PROVEDENÍ TIB VE VYŠETŘOVACÍ MÍSTNOSTI [13]	23
OBRÁZEK 10 – SCHULTZEHO POLARIZOVANÝ TEST [8]	29
OBRÁZEK 11 – POLARIZAČNÍ ČERVENO-ZELENÝ TEST [8]	30
OBRÁZEK 12 – POLARIZAČNÍ FÓLIE DO ZKUŠEBNÍ OBRUBY, IPAD S APLIKACÍ PASKAL 3D	33
OBRÁZEK 13 – 3D TELEVIZOR PO SPUŠTĚNÍ APLIKACE PASKAL 3D	34
OBRÁZEK 14 – POZADÍ 2D [19]	34
OBRÁZEK 15 – BALÓNOVÝ TEST [19]	34
OBRÁZEK 16 – A) STANDARDNÍ VYŠETŘENÍ VÍZU [19]	36
OBRÁZEK 17 – B) TEST PASKAL [19]	36
OBRÁZEK 18 – C) BINOKULÁRNÍ JEMNÉ VYROVNÁNÍ [19]	37
OBRÁZEK 19 – D) TEST ZRAKU PRO SILNIČNÍ PROVOZ [19]	37
OBRÁZEK 20 – A) ŘADA BODŮ VE TVARU KRUHU [19]	37
OBRÁZEK 21 – B) MONOKULÁRNÍ AUREOLA DLE ZEISSE [19]	37
OBRÁZEK 22 – A) DVOUŘÁDKOVÝ SROVNÁVACÍ TEST [19]	38
OBRÁZEK 23 – B) TEST KŘÍŽOVÉHO VZORU [19]	38
OBRÁZEK 24 – ČERVENO-ZELENÝ TEST S KULATÝM OPTOTYPEM [19]	38
OBRÁZEK 25 – A) KŘÍŽOVÝ TEST [19]	38
OBRÁZEK 26 – B) HÁKOVÝ TEST, VERTIKÁLNÍ [19]	38
OBRÁZEK 27 – A) KŘÍŽOVÝ TEST PASKAL [19]	39
OBRÁZEK 28 – B) SCHOBERŮV TEST [19]	39
OBRÁZEK 29 – TEST STEREOPESE S ODSUPŇOVANOU PARALAXOU: -7' 6' -5' 4' -3' 2' -1' 0,5 [19]	39
OBRÁZEK 30 – VARIABILNÍ TEST KONTRASTU PODLE PELLI-ROBSONA [19]	40
OBRÁZEK 31 – A) TEST DOMINANCE [19]	40
OBRÁZEK 32 – B) ISHIHARŮV TEST [19]	40
OBRÁZEK 33 – A) VISUS PŘI KONTINUÁLNÍM POHYBU [19]	41
OBRÁZEK 34 – B) VISUS PŘI KONTINUÁLNÍM POHYBU [19]	41
OBRÁZEK 35 – POLASKOP 3D [20]	41
OBRÁZEK 36 – OBRÁZEK VE 2D [20]	41
OBRÁZEK 37 – TEST DOMINANCE [20]	42
OBRÁZEK 38 – OPTOTYP PRO VYŠETŘENÍ REFRAKCE [20]	42
OBRÁZEK 39 – TEST OSLNĚNÍ [20]	43
OBRÁZEK 40 – TEST NOČNÍ MYOPIE [20]	43
OBRÁZEK 41 – SMART MADDOX [20]	43
TABULKA 1 – DOPORUČENÁ HODNOTA SFÉRICKÉ ČOČKY [10]	14