

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

**METODY SUBJEKTIVNÍHO VYŠETŘOVÁNÍ
REFRAKCE**

Diplomová práce

Vypracovala:

Bc. Lada Kulhavá
obor N5345, R100048
studijní rok 2012/2013

Vedoucí diplomové práce:

RNDr. František Pluháček, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Františka Pluháčka, Ph.D., za použití literatury uvedené v závěru práce.

V dne

.....

Bc. Lada Kulhavá

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce, panu RNDr. Františku Pluháčkovi, Ph.D., za vstřícný přístup, odbornou pomoc a cenné rady, které mi poskytnul v průběhu zpracovávání práce. Dále bych ráda poděkovala všem, kteří přispěli k dokončení této práce, včetně společnosti GrandOptical za poskytnutí refrakční místnosti a přístrojů a hlavně mému nejbližšímu okolí za psychickou podporu a motivaci.

Obsah

1. ZÁKLADNÍ POJMY	7
1.1 Anatomie	7
1.2 Optický systém oka	9
2. REFRAKČNÍ VADY	11
2.1 Emetropie	11
2.2 Ametropie	12
2.2.1 Myopie	13
2.2.2 Hypermetropie	15
2.2.3 Astigmatismus	17
3. AKOMODACE A VERGENCE	19
3.1 Akomodace	19
3.1.1 Mechanismus akomodace	19
3.1.2 Složky akomodace	20
3.1.3 Souvislost akomodace s korekcí	20
3.2 Vergence	21
3.2.1 Složky vergence	21
3.2.2 Souvislost vergence s korekcí	22
4. STANOVENÍ REFRAKCE	23
4.1 Objektivní refrakce	23
4.2 Subjektivní refrakce	24
4.2.1 Zraková ostrost – vizus	24
4.2.2 Základní podmínky měření	25
4.2.3 Optotypy	27
4.2.4 Vyšetřovací sada	33
4.2.5 Foropter	34
4.2.6 Postup vyšetření	37
4.2.5 Testy na binokulární rovnováhu	41
5. MODERNÍ PŘÍSTROJE A JEJICH MOŽNOSTI PROPOJENÍ	43
5.1 Systém pro vyšetření subjektivní refrakce Topcon BV-1000	44
5.2 Screeningový systém Thomson	45
5.3 Počítačové foroptery	46
5.4 LCD optotypy	46
6. PRAKTICKÁ ČÁST	47

6.1 Soubor testovaných osob.....	48
6.2 Metodika	48
6.2.1 Projekční optotyp Topcon ACP-8.....	49
6.1.2 Zkušební obruba Oculus UB4.....	50
6.1.3 <i>Manuální foropter VT-10</i>	52
6.3 Výsledky	55
6.4 Diskuze.....	58
7. Závěr	59

ÚVOD

V současné době jsou kladeny vysoké nároky na kvalitu vidění a tím pochopitelně i na správnou korekci zraku. Široká veřejnost si tento fakt pomalu začíná uvědomovat a požaduje stále kvalitnější a sofistikovanější přístup k měření refrakce. Základem všeho jsou pochopitelně zkušenosti očního specialisty, nicméně v praxi je marketingová „image“ též velmi důležitá. A té lze dosáhnout používáním přístrojů, které u nás prozatím nejsou příliš rozšířeny. V České republice jsou při měření refrakce používány převážně zkušební obruby, ale právě foropter (přístroj sloužící k měření subjektivní refrakce) se může pro zákazníky stát vyhledávaným u očního specialisty a odlišit jej od konkurence. To ale zdaleka není jediná výhoda foropteru. Mezi jeho největší výhody patří rychlost a jednoduchost výměny korekčních čoček. Díky tomu lze za stejný čas pohodlně provést daleko větší množství testů a tím získat lepší přehled o celkovém stavu vizuálního systému klienta.

Nicméně vše má své pro a proti. Foropter je poněkud bytelnější a jeho rozměry jsou větší než u zkušebních brýlí. Otázkou tedy je, zda nemůže velikost foropteru a jeho přiblížení k obličejí u pacienta vyvolat tzv. přístrojovou myopii (viz kap. 2.2.1) a tím zkreslit výsledek subjektivní refrakce.

Cílem výzkumné části této práce je, při porovnání výsledků vyšetření na foropteru s vyšetřením pomocí zkušební obruby, zda foropter negativně ovlivňuje výslednou refrakci a dochází k nekorigování, popřípadě podkorigování pacientů.

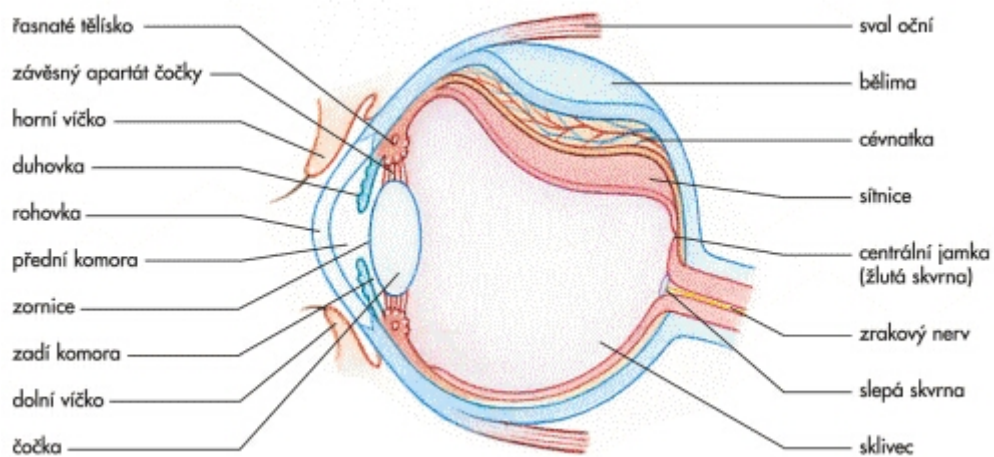
Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část má za úkol objasnit a sjednotit pojmy v konfrontaci s vlastním výzkumem. V části mé práce, která je zaměřená na refrakci, svůj pohled orientuji převážně na subjektivní refrakci do dálky, jelikož se tím zabývám ve své praktické části. Pomůcky pro měření subjektivní refrakce do blízka jsou též uvedeny, ale pouze zevrubně, a nezabíhám do jejich podrobnějších popisů a úskalí. Na konci teoretické části ještě představuji některé zástupce z moderních přístrojů, které jsou používány očními specialisty, a možnosti jejich vzájemného propojení. Praktická část navazuje na teoretickou a začíná popisem přístrojů používaných při výzkumu, pokračuje analýzou a vyhodnocováním naměřených údajů. V závěru práce jsou shrnuty a prezentovány výsledky mého výzkumu.

1. ZÁKLADNÍ POJMY

V této úvodní kapitole jsou definovány některé ze základních pojmů očního systému potřebných ke správnému pochopení funkce oka. Jsou zde popsány fundamenty anatomie základních optických prostředí a na schematickém modelu je objasněn optický systém lidského oka jako celek.

1.1 Anatomie

Lidské oko se skládá z mnoha tkání, ale lze ho chápat jako optický systém, který má čtyři základní lámavá prostředí.



Obr. 1. schéma oka (8)

Rohovka (cornea) je bezbarvá, transparentní, elastická a avaskulární tkáň, která je velmi citlivá, jelikož je bohatě zásobena senzoryckými nervovými vlákny. Výživa rohovky je realizována z komorové vody, slz a cévního pletení v limbální části. Skládá se z pěti vrstev, z epitelu, Bowmanovy membrány, stromatu, Descementovy membrány a endotelu. Přední plocha rohovky hraničí se vzduchem a zadní plocha s komorovou vodou. Tloušťka rohovky není všude stejná, v centrální části se pohybuje kolem 550 μm a v periferní části kolem 750 až 900 μm . Vzhledem ke své optické mohutnosti, která je přibližně 43,05 D, je rohovka nejdůležitější složkou z optické soustavy oka. [4, 23]

Komorová voda - jedná se o čistou tělní tekutinu, která vyplňuje prostor v přední a zadní komoře oční, neboli mezi rohovkou a oční čočkou. Je složena z převážně z vody

(98,8 %), dále obsahuje některé proteiny, ionty, kyselinu mléčnou, askorbovou a aminokyseliny. Jejimi hlavními funkcemi je výživa rohovky a oční čočky, dále udržuje stabilní nitrooční tlak a odvádí odpadní produkty metabolismu. Komorová tekutina je produkována řasnatým tělískem do zadní oční komory. Odtud proudí skrze zornici do přední oční komory, kde dochází k cirkulaci a následně většina komorové tekutiny odtéká přes trabekulární síťovinu do Schlemmova kanálu a dále vodními věnami do oběhového systému. [24]

Oční čočka (lens cristallina) je průhledná, elastická, bikonvexního tvaru se zaobleným okrajem. U dospělého člověka dosahuje průměru kolem 1 cm, tloušťky 3,5 mm v uvolněném stavu a její optická mohutnost je 10 - 17 D. Skládá se z čočkového obalu, kůry a jádra. Uložena je v zadní komoře oční, kde je uchycena vlákny závěsného aparátu vycházejících z řasnatého tělesa. Její výživu zajišťuje již zmíněná komorová tekutina. Hlavní funkcí oční čočky je akomodace, neboli schopnost měnit svou optickou mohutnost a tím zaostřovat na různě vzdálené předměty. [23, 24]

Sklivec (corpus vitreum) - jedná se o průhlednou polotekutou hmotu s rosolovitou konzistencí, která vyplňuje vnitřní prostor očního bulbu mezi oční čočkou, řasnatým tělesem a sítnicí. Tvořena je převážně vodou (98,6 %) dále bílkovinou vitrein a kyselinou hyaluronovou, kterým vděčí za svou viskozitu. Funkcí sklívce je udržování tvaru očního bulbu, nitroočního tlaku a přidržování sítnice u zbylých obalů oka.

Sklivec má pomalou látkovou výměnu a z toho důvodu při poranění neregeneruje, ale je nahrazován komorovou tekutinou. [23, 24, 25]

Na očním bulbu lze rozlišit tři pomyslné osy. A to **osu optickou**, která spojuje přední a zadní pól oka. Tedy vrchol rohovky (u zdravého oka) a nejdorzálnější místo očního bulbu, které se nachází laterálně od výstupu zrakového nervu. Dále **osu vidění**, která spojuje fixační bod s místem nejostřejšího vidění na sítnici (fovea centralis) a probíhá uzlovými body¹. Pohyb oka se uskutečňuje kolem pomyslného bodu na optické ose - centra rotace, který **osa fixace** spojuje s fixačním bodem. [1, 2, 25]

¹UZLOVÉ BODY jsou vzájemně sdružené body na optické ose, pro které je úhlové zvětšení rovno jedné

1.2 Optický systém oka

Při vytváření obrazu na sítnici prochází světelné paprsky celým systémem oka, který je tvořený soustavou lámavých ploch a optickými prostředími. Patří mezi ně rohovka, komorová voda, čočka a sklivec. Každé z těchto optických prostředí má své specifické parametry.

Každý zrakový orgán je jedinečný, a tak se pro bližší představu o průchodu paprsku okem, popřípadě pro teoretické výpočty v dnešní době, užívají různě modifikované modely oka. Parametry těchto optických modelů reprezentují průměrné hodnoty zjištěné u skutečných očí.

Nejpodrobnější optický model oka je tzv. Gullstrandovo schematické oko, které předpokládá, že jednotlivé lomivé plochy jsou kulové, centrované a za prostředí před rohovkou je považován vzduch o indexu lomu² 1. Model uvažuje celkově se šesti lámavými plochami, a to: přední plocha rohovky, zadní plocha rohovky, přední plocha obalu čočky, přední plocha jádra čočky, zadní plocha jádra čočky a zadní plocha obalu čočky. Poloměry zakřivení a indexy lomu Gullstrandova schematického oka jsou uvedeny v tabulce č. 1. Celková optická mohutnost dioptrické soustavy tohoto schematického oka je +58,64 D v relaxovaném stavu a +70,57 D při maximální akomodaci (viz níže).

² INDEX LOMU je bezrozměrná veličina, která charakterizuje rychlost světla v daném prostředí

	Tloušťka (mm)	Index lomu	Poloměr zakřivení přední plochy (mm)	Poloměr zakřivení zadní plochy (mm)
Rohovka	0,5	1,376	7,7	6,8
Komorová voda	-	1,336	-	-
Oční čočka (obal)	4,0	1,386	10,0	6,0
Oční čočka (jádro)	-	1,406	7,911	5,76
Sklivec	-	1,336	-	-

Tabulka 1. Gullstrandovo oko v neakomodovaném stavu (1)

Z optického pohledu představuje oko konvergentní optický systém, který na vrstvu fotoreceptorů na sítnici zobrazuje okolní předměty. Regulaci vstupujícího světla do oka zajišťuje zornice, která plní funkci clony. Oční čočka je schopná měnit svou optickou mohutnost, neboli akomodovat, a tím zaostřovat na blízké předměty. Schopnost akomodace se s věkem snižuje, tento fyziologický stav se nazývá presbyopie. [4]

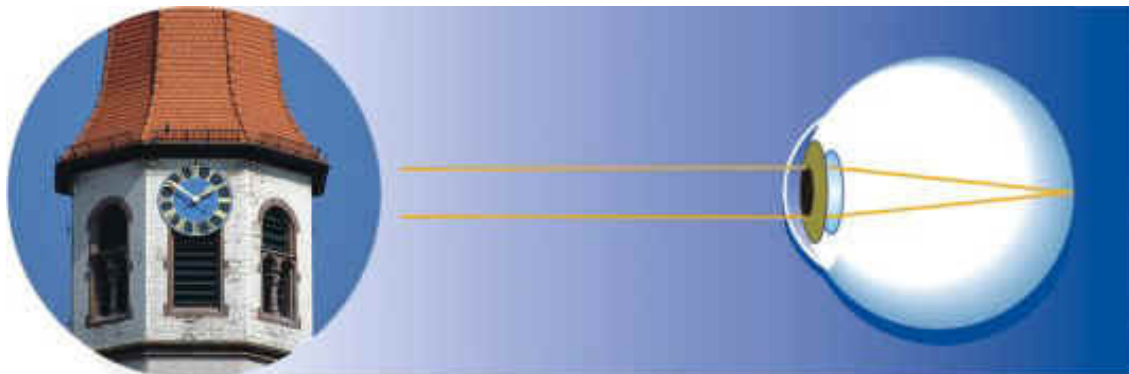
2. REFRAKČNÍ VADY

Současná doba klade na každého člověka zvýšené nároky na vidění. Pro kvalitní a ostré vidění je důležité, aby se zrakový vjem vytvořil ostře na sítnici. To lze za předpokladu, že zrakový orgán není zatížen refrakční vadou nebo jakoukoliv jinou poruchou. Vyšší refrakční vady jsou snadno rozpoznatelné. Výrazně snížená zraková ostrost se projevuje zamlženým a nepřesným viděním. Zrakový orgán není schopen tyto vady sám vykorigovat.

U malých vad je to jiné. Člověk je může nevědomě sám částečně vykorigovat zvýšeným zrakovým úsilím. Tím dochází ke svalovému a nervovému vyčerpání, což má za následek další (tzv. astenopické)³ potíže. Díky tomu lidé často ani netuší, že je jejich zrakový systém zatížen zrakovou vadou. [1]

2.1 Emetropie

Oko je považováno za emetropické v případě, když bez akomodace vidí vzdálené předměty ostře. Tzn., že se jeho obrazové ohnisko⁴ při nulové akomodaci nachází na sítnici.



Obr. 2. Emetropie (1)

³ ASTENOPICKÉ POTÍŽE – bolest hlavy, řezání, pálení, tlak v očích, nevolnost atd.

⁴ OBRAZOVÉ OHNISKO F' – je obraz nekonečně vzdáleného předmětu

2.2 Ametropie

Pokud z nějakého důvodu existuje odchylka od emetropie a paprsky jdoucí paralelně s optickou osou se po průchodu optickou soustavou oka na sítnici nezobrazují jako bod, mluvíme o ametropii.

Ametropii lze mimo jiné klasifikovat do dvou základních skupin – symetrická a asymetrická.

Ametropie symetrická (sférická)

V případě neakomodovaného oka se sférická ametropie projeví tak, že se bod po průchodu optickou soustavou oka sice zobrazí jako bod, ale obrazové ohnisko neleží na sítnici. Do této skupiny se řadí myopie (krátkozrakost) a hypermetropie (dalekozrakost).

Sférické ametropie můžeme dle etiologie klasifikovat do tří základních:

1. Axiální ametropie – jedná se o nejčastější příčinu. Předozadní délka oka je větší (respektive menší).

2. Rádusová ametropie – méně častá. Poloměry křivosti lámavých ploch jsou menší (respektive větší). Může být způsobena například následkem nějakého onemocnění.

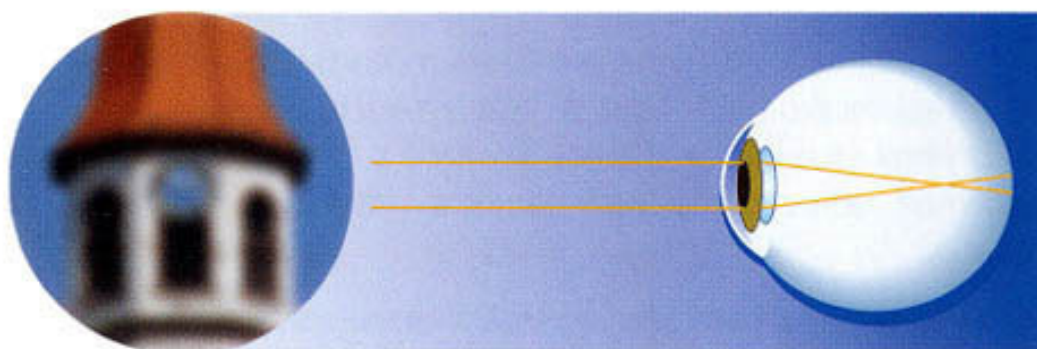
3. Indexová ametropie – dochází ke změně indexu lomu, a tím ke změně lomivosti některého z očních prostředí. Může se vyskytovat například u šedého zákalu nebo u jiných očních, ale i systémových chorob.

Ametropie asymetrická (astigmatická)

V tomto případě se bod po průchodu optickou soustavou zobrazí zkresleně. Do této skupiny patří nesférická vada astigmatismus. [2]

2.2.1 Myopie

Slovo myopie pochází z latinského „myops“ a řeckého „muôps“, což znamená mhouřit (přivírat) oči. Tato refrakční vada je v populaci nejvíce rozšířená. U myopického neakomodovaného oka leží obrazové ohnisko před sítnicí a daleký bod⁴ se nachází v konečné vzdálenosti před okem. V populaci se nejčastěji vyskytuje myopie axiální, kdy předozadní délka oka je větší (tzv. dlouhé oko).



Obr. 3. Myopie (1)

Do etiologie myopie lze zařadit nejen choroby, které mohou změnit indexy lomu nebo zakřivení ploch v oku, ale například i noční, přístrojovou myopii nebo myopii prázdného pole. [2]

Noční myopie

Fenomén zvýšené krátkozrakosti při nižších světelných podmínkách byl poprvé popsán již v roce 1789. Avšak vznik noční myopie ukazují až novější poznatky. Jednou z teorií je, že za noční myopii může zvýšená akomodační reakce (obvykle v řádu 0,50 D až 1,00 D), a to z důvodu zhoršených stimulačních podmínek, kdy nastává tzv. tonická (zbytková) akomodace.

Další teorie vzniku říká, že za změny refrakce může chromatická aberace spolu s Purkyněho jevem. Při průchodu polychromatického světla optickou soustavou dochází k disperzi. Modré světlo (o vlnové délce cca 430 nm – 500 nm) se z důvodu nižší vlnové délky láme blíže k optické soustavě, naopak světlo červené (o vlnové délce cca 625 nm – 740 nm) se láme dál od optické soustavy. Purkyněův jev udává, že se

při přechodu z fotopického vidění na skotopické přesouvá citlivost vidění směrem ke kratším vlnovým délkám. Přibližně z 555 nm až na 510 nm. Oko se tedy stává nejcitlivější na vlnové délky, které se více lámou, a proto se zdá být více myopické než při fotopických světelných podmínkách.

Další z možných příčin noční myopie je otvorová vada, která nastává při dilataci pupily. Neparaxiální paprsky se lámou do obrazového ohniska před sítnicí. Noční myopie většinou dosahuje kolem 1,5–2 D.

Myopie prázdného pole

Při delším pohledu na oblast bez akomodačních stimulů se projeví tzv. tonická (zbytková) akomodace a tím dochází k myopizaci. Jedná se o dočasnou záležitost. Tato myopie beze zbytku vymizí.

Přístrojová myopie

Může vzniknout při pohledu do optických přístrojů, jako například mikroskop, autorefraktometr apod. Přístroj, který se nachází blízko očí, může bezděčně aktivovat akomodačně-vergenční systém, což způsobí myopizaci 1 D – 1,5 D. Tím pádem u myopického oka může docházet k překorigování a naopak u hypermetropického oka k podkorigování. Výzkumná část této práce se zabývá tím, zda tato myopizace může zkreslit výsledky při měření subjektivní refrakce pomocí foropteru.

Klasifikace myopie podle počtu dioptrií:

- 1. lehká** do –3,0 D
- 2. střední** –3,0 až –6,0 D
- 3. vysoká** nad –6,0 D

Tyto formy se ustalují a dále se již téměř nemění.

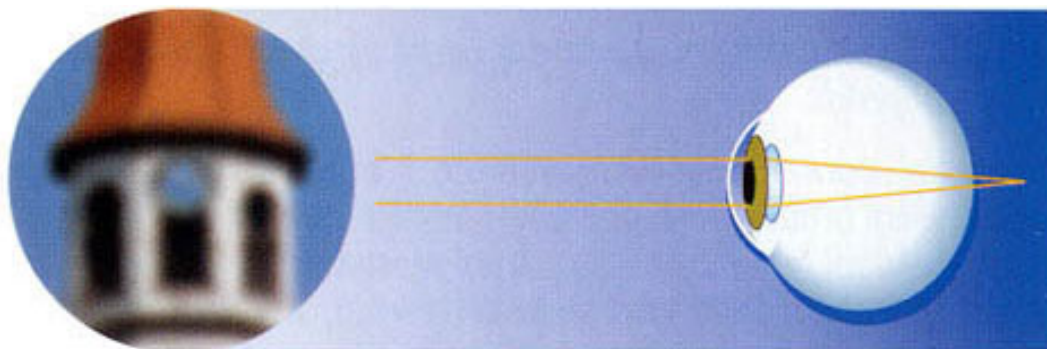
Těžká myopie nad 10 D je progresivní, dochází u ní k rychlému růstu dioptrií a ustaluje se až kolem 20.–30. roku života. Její konečné hodnoty mohou dosahovat i přes 20 D. U této formy se mohou vyskytovat patologické změny sítnice a sklivce.
[2, 3, 12]

Korekce

Myopie se koriguje nejslabšími rozptylnými čočkami, se kterými se dosahuje optimálního vizu. Při korekci se musí dbát na to, aby nedocházelo k překorigování u osob s myopií. V tom případě by byl člověk nucen akomodovat do dálky a to by vedlo k zatížení zrakového systému a z toho vyplývajících potíží. [2, 3, 12]

2.2.2 Hypermetropie

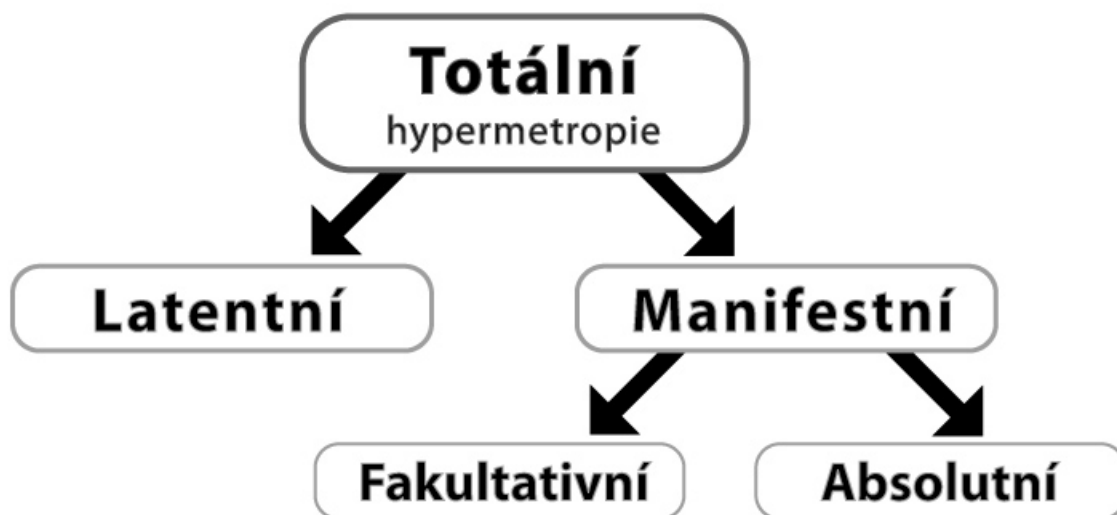
Slovo hypermetropie pochází z řeckého „hyper ops“ neboli za oko. U hypermetropického neakomodovaného oka leží obrazové ohnisko za sítnicí a daleký bod za okem. Člověk s vysokou hypermetropií nevidí dobře ani do dálky ani do blízka. Naopak slabou vadu je oko schopno částečně nebo úplně vykompenzovat akomodací. Nejčastější hypermetropie je axiální, kdy předozadní délka oka je menší (tzv. krátké oko).



Obr. 4. Hypermetropie (1)

Klasifikace hypermetropie

Totální (celkovou) hypermetropii lze rozdělit na latentní (skrytou) a manifestní (zjevnou). Manifestní se dále dělí na fakultativní a absolutní (viz obr. 5).



Obr. 5. Klasifikace hypermetropie (2)

Latentní hypermetropie je kompenzována tonusem ciliárního svalu, který nelze vědomě uvolnit. Vyšetření latentní hypermetropie lze pouze v cykloplegii, tedy po vyřazení akomodace.

Při měření refrakce se zjišťuje celá manifestní hypermetropie. Přičemž fakultativní část je ještě vykompenzována akomodací. Hypermetropie, která se projevuje zhoršeným viděním, je zbývající absolutní část – zbytek, který již akomodace nebyla schopna vykorigovat.

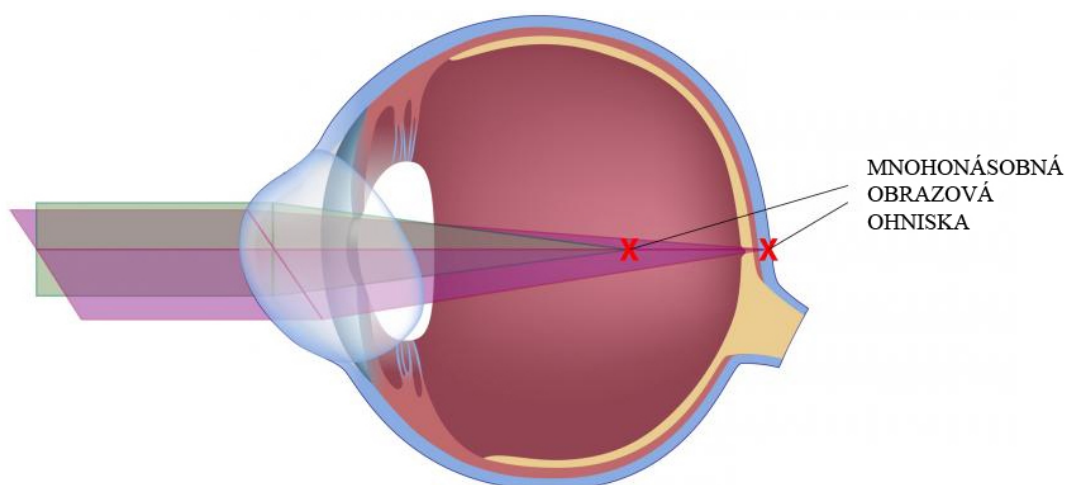
Korekce

Aby byla korigována celá manifestní část, je nutno předsadit nejsilnější spojnou čočku, se kterou hypermetropický člověk ještě vidí ostře. Při korekci se akomodace uvolňuje, proto je při vyšetřování důležité dodržovat tzv. „výměnný trik“. Nejprve tedy vložit novou hodnotu, poté vyndat původní tak, aby se nikdy nesnížila hodnota pod konečnou korekci, jinak hrozí navození akomodace. [2, 3]

2.2.3 Astigmatismus

Astigmatismus je asférická refrakční vada, při které má optický systém v různých meridiánech různé optické mohutnosti. To znamená, že paralelně vstupující paprsky do oka nemají v různých meridiánech obrazové ohnisko v téže rovině. Příčiny astigmatismu mohou být mimo jiné asférické optické plochy (rohovkový nebo čočkový astigmatismus), excentricita⁵, popřípadě může vznikat i následkem úrazů. Slabý astigmatismus do 1,0 D je velmi běžná refrakční vada, která se vyskytuje až u 95 % populace. Jen asi 3–10 % populace má astigmatismus vyšší než 2,0 D.

Astigmatismus se může vyskytovat i v kombinaci s refrakčními vadami (myopií a hypermetrií).



Obr. 6. Astigmatismus simplex (6)

Klasifikace astigmatismu

Astigmatismus klasifikujeme do dvou základních typů: regularis (pravidelný) a irregularis (nepravidelný).

U **astigmatismu regularis** jsou meridiány s maximální a minimální lomivostí na sebe kolmé a lomivost mezi nimi se mění monotónně. Lze ho korigovat jak brýlovými, tak i kontaktními čočkami. Rozdíl mezi tzv. vrcholovými lámavostmi v hlavních řezech se nazývá astigmatická difference. Je možné ho dále rozdělit:

⁵ EXENTRICITA – decentrovaná oční čočka

1. Rectus (podle pravidla) – vertikální meridián je více lomivý než horizontální, obvykle bývá rohovkový.

2. Inversus (proti pravidlu) – horizontální meridián je více lomivý než vertikální, bývá čočkový.

3. Obliquus (šikmý) – meridiány jsou na sebe kolmé, ale v šikmých osách. Nelze tedy určit, který meridián je horizontální a který vertikální.

Další možné dělení astigmatismu regularis:

1. Simplex (jednoduchý) – vyznačuje se jedním meridiánem emetropickým a druhým ametropickým.

2. Compositus (složený) – oba meridiány u tohoto typu astigmatismu mají stejný druh ametropie.

3. Mixtus (smíšený) – v jednom meridiánu je optický systém oka hypermetropický a ve druhém myopický.

Astigmatismus irregularis

Jedná se o asymetricky lomivé oko. Tento druh astigmatismu nelze korigovat brýlovými čočkami. Lze ho korigovat tvrdými kontaktními čočkami nebo operativně. Nejčastěji je způsoben nepravidelnostmi rohovky, vzniklých především po úrazech, operacích, popřípadě onemocněních rohovky. [2,4]

3. AKOMODACE A VERGENCE

Vergence a akomodace jsou velice úzce spjaté procesy a jejich správné fungování je nezbytné pro zrakový komfort. Oba tyto systémy jsou mimo jiné stimulovány přiblížením předmětu před oko. Z toho důvodu může být akomodace stimulována při práci s optickými přístroji a při měření subjektivní refrakce do dálky může docházet k nežádoucímu zkreslení výsledků.

3.1 Akomodace

Akomodace je schopnost oka změnit svou optickou mohutnost a tím zaostřovat na všechny vzdálenosti mezi dalekým bodem⁶ a blízkým bodem⁷. Přibližná doba odezvy akomodace je 1 sekunda, ale je závislá i na faktorech jako je únava očí nebo celkový stav pozornosti člověka.

Účinnost akomodace je ovlivněna dvěma faktory, jednak elasticitou nitrooční čočky (fyzická část) a jednak činností ciliárního svalu (fyziologická část).

Akomodace může být mimo jiné stimulována i přiblížením předmětů (respektive přístrojů) k oku. A právě tento stimul může vyvolat nežádoucí přístrojovou myopii. [1, 2, 4]

3.1.1 Mechanismus akomodace

Akomodace je dynamický děj, při kterém se mění parametry nitrooční čočky. Názory na přesný průběh akomodace v dnešní době stále nejsou zcela jednotné. I přesto, že přesný mechanismus akomodace není znám, při zaostření do blízka nastávají některé pozorovatelné změny. Dochází ke kontrakci pupil (myóze), přední plocha oční čočky se posune směrem k rohovce, zatímco u zadní plochy dochází k pouze minimálnímu posunu. Dále, poloměr přední plochy čočky se zmenší a poloměr zadní plochy se téměř nemění. [2, 5, 6]

⁶DALEKÝ BOD punctum remotum R – bod, který leží na optické ose oka a zobrazí se na sítnici při minimální (nulové) akomodaci

⁷BLÍZKÝ BOD punctum proximum P – bod na optické ose, který se zobrazí ostře na sítnici při maximální akomodaci

3.1.2 Složky akomodace

Akomodace má různé složky. Mohou se dělit podle toho, čím je akomodace stimulovaná.

1. Tonická – zbytkový stav bez stimulu, pohybuje se v hodnotách okolo 1 D a je navozena tonickým napětím ciliárního svalu.

2. Konvergenční – navozena konvergencí. Počítá se s poměry AC/A (akomodační konvergence ku akomodaci) a CA/C (konvergenční akomodace ku konvergenci). Tyto dva faktory jsou sdružené. Akomodace navozuje konvergenci a konvergence částečně navozuje akomodaci.

3. Proximální – akomodace navozená odhadem vzdálenosti blízkého předmětu. Právě tato složka akomodace navozuje přístrojovou myopii.

4. Reflexní – stimulována rozmazaným obrazem. Slouží k jemnému doostření fixovaného předmětu.

5. Volní – akomodaci lze ovládat vůlí. [1, 17]

3.1.3 Souvislost akomodace s korekcí

V případě vykorigování ametropického oka se z něj stává oko pseudoemetropické. To znamená, že paralelní paprsky vstupující do oka vytváří obrazové ohnisko (F') na sítnici. Ovšem, když se při korekci navodí nežádoucí akomodace do dálky, způsobí to v případě myopického oka překorigování a u hypermetropického oka podkorigování. Pochopitelně to lze pojmout i opačně, když oční specialista z nějakého důvodu myopické oko překoriguje (resp. hypermetropické podkoriguje), navodí akomodaci a s ní spojenou konvergenci. V každém případě jsou tyto osoby nuceny akomodovat do dálky a mají i zvýšený požadavek na akomodaci do blízka. Tento stav může přivodit astenopické potíže. [1, 18]

3.2 Vergence

Jedná se o disjungované (protisměrné) pohyby očí, kdy se každé oko ubírá opačným směrem. V případě, že se fixační vzdálenost zmenšuje a osy fixace se sbíhají, jedná se o konvergenci. Divergence naopak nastává při zvětšování fixační vzdálenosti a rozbíhání fixačních os očí.

3.2.1 Složky vergence

Stejně jako akomodace, i vergence se skládá z několika dílčích složek. Je tedy možné rozdělit ji podle toho, čím je stimulována.

1. Tonická – je dána základním tonem okohybných svalů. Udržuje oči v přibližně rovnoběžné pozici, bez jakýchkoliv fúzních podmětů.

2. Proximální – navozena odhadem vzdálenosti sledovaného předmětu.

3. Akomodační – nejsilnější složka konvergence. Je navozena akomodací a lze ji vyjádřit poměrem AC/A. V průměru platí, že na 1 D akomodace odpovídá 3,5 pD až 4 pD. Hodnota je však individuální, myopové mají celkově AC/A vyšší než hypermetropové. Prozatím není známo, zda se jedná o vztah vrozený nebo získaný.

4. Fúzní – jedná se o vergenci navozenou sítnicovou disparitou. Zajišťuje dorovnání optických os očí do ideální pozice, a tím kompenzuje heteroforii (skryté šilhání) a zabraňuje diplopii (dvojité vidění). Fúzní vergence může být pozitivní (konvergentní) a negativní (divergentní).

5. Adaptační – projevuje se při déletrvajícím fixaci na danou vzdálenost a postupně nahrazuje složku akomodační a fúzní.

6. Volní – vědomě ovládaná vergence, lze ji získat cvikem.

V případě, že dojde k přerušení vlivu inervace (např. při anestezii), stočí se oči do tzv. anatomicky zbytkové pozice, což odpovídá přibližně 17 pD divergentně. [1, 17]

3.2.2 Souvislostvergence s korekcí

V případě správně vykorigované refrakční vady jsou při pohledu do dálky oči v ortoforickém postavení, neboli optické osy obou očí jsou rovnoběžné. Ovšem, je-li při korekci navozena proximální konvergence, dochází ke zvýšení napětí v okulomotorickém systému, který se může projevit zvýšenou esofoří⁸. Jak již bylo zmíněno, konvergence je impulsem pro akomodaci. Z toho vyplývá, že opět dojde k navození akomodace a tím pádem ke stanovení špatné korekce. [1, 18]

⁸ESOFORIE – skryté šilhání, při kterém se optické osy očí sbíhají

4. STANOVENÍ REFRAKCE

Stanovení refrakce předchází vždy kompletní anamnéza. V té by se vyšetřující měl dozvědět vše potřebné, aby porozuměl symptomům a mohl navrhnout optimální řešení korekce. To znamená zjišťovat nejen případné systémové či oční choroby, ale i takové záležitosti týkající se prodělaných úrazů nebo operací očí. A důležité jsou rovněž informace, za jakých podmínek a kde bude danou korekci používat.

Po anamnéze následuje stanovení refrakce. Refrakci dělíme, podle účasti pacienta na vyšetření:

1. Objektivní – zjišťuje objektivně optický stav oka, nevyžaduje spolupráci pacienta.

2. Subjektivní – přesné stanovení dioptrické korekce, vyžaduje spolupráci ze strany pacienta.

4.1 *Objektivní refrakce*

Spočívá ve fyzikálním měření lomivosti pomocí speciálních přístrojů. Její největší výhodou je rychlost a minimální požadavek na spolupráci pacienta. Díky tomu, že tato metoda rychle a relativně spolehlivě určuje refrakční hodnoty, celkový čas vyšetření se zkrátí a tím se snižuje zatěžování pacienta. Pro stanovení objektivní refrakce existuje více metod, uvedeny jsou zde tyto základní:

1. Skiaskopie – je založená na posuzování směru a rychlosti pohybu červeného reflexu⁹ při otáčení skiaskopem.

2. Refraktometrie – je více druhů, na kterých je založen princip měření autorefraktometrů. Jeden z nejpoužívanějších refraktometrů je založen na základě měření axiální refrakce pomocí infračervených paprsků.

⁹ČERVENÝ REFLEX – odraz světla od očního pozadí

3. Keratometrie – založená na základě měření zakřivení rohovky.

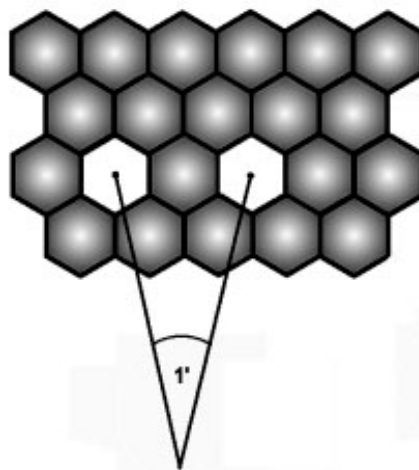
V dnešní době se na trhu nachází mnoho autorefraktometrů v kombinaci s topografií, aberometrií a dalšími.

4.2 Subjektivní refrakce

Jedná se o metodu, která vyžaduje spolupráci ze strany pacienta, jemuž jsou předloženy korekční čočky a on na základě subjektivních pocitů musí rozeznat a hlásit změny v ostrosti optotypových značek. Nejběžnějším postupem metody je určení sférické mohutnosti, cylindrické korekce včetně osy pro každé oko zvlášť a poté ověření binokulární vyváženosti. Dále mohou následovat testy ostrosti vidění do blízka, případně na posouzení binokulárního vidění. Kontrolním faktorem refrakce je zraková ostrost neboli vizus. [2, 18]

4.2.1 Zraková ostrost – vizus

Zjištění zrakové ostrosti patří mezi základní a nejdůležitější oční vyšetření. Jedná se o schopnost oka rozlišit nejjemnější detaily. Zdravé lidské oko dokáže rozlišit dva body, pokud se mezi jejich obrazy na sítnici nachází alespoň jeden neosvětlený cípek.



Obr. 7. Minimum separabile (3)

Vzhledem k velikosti čípků ve fovee centralis, která je asi 0,005 mm a přibližné vzdálenosti obrazového uzlového bodu¹⁰ od sítnice 17 mm, platí pro úhlovou rozlišovací mez (ψ_0) vztah:

$$\psi_0 = 0,005/17 \approx 0,0003 \text{ rad} \approx 1'$$

Lze říci, že průměrné lidské oko je schopno rozlišit dva body, které navzájem odděluje jedna úhlová minuta, neboli minimum separabile (úhlová rozlišovací mez). Vízus je definován vztahem:

$$V = \frac{1'}{\text{skutečné úhlové rozlišení oka}}$$

Skutečné úhlové rozlišení oka závisí na podmínkách měření (jas, kontrast, osvětlení). Při určování zrakové ostrosti se používají podmínky ideální, to znamená, že se měří při maximálním kontrastu a za dobrých světelných podmínek. [2, 4, 16]

Noniová rozlišovací mez oka udává schopnost rozlišit od sebe dvě úsečky, které na sebe zdánlivě navazují. Dosahuje hodnot přibližně 5 - 10''. [4]

4.2.2 Základní podmínky měření

Stanovování subjektivní korekce je možné pouze při zajištění vhodných podmínek. Mezi ty patří přirozené osvětlení, které se blíží denním podmínkám. Dále prostory s dostatečnou vyšetřovací vzdáleností, která činí 5–6m (respektive polovinu při použití zrcadla). Dále by vyšetřovací místnost měla zajišťovat udržení koncentrace pacienta. Toho docílíme odstraněním veškerých fixačních podnětů, které by mohly odvádět pozornost z okolí optotypu. Mezi nejnnutnější vybavení patří vyšetřovací křeslo,

¹⁰UZLOVÉ BODY – vzájemně sdružené body na optické ose, pro které je úhlové zvětšení rovno jedné

které zajistí přirozené držení těla a hlavy, sada brýlových skel včetně zkušební obruby, případně foropter a přístroj na měření objektivní refrakce.

Dle vyhlášky č. 221/2010 Sb., (z 30. 6. 2010) o požadavcích na věcné a technické vybavení nestátních zdravotnických zařízení, musí být pro optometrii vybaveny takto:

Základní provozní prostory

- 1. Vyšetřovací místnost** – s minimální podlahovou plochou o rozměrech 13 m².
- 2. Čekárna** – o velikosti minimálně 7 m².
- 3. WC** – pro pacienty včetně umyvadla (WC může být společné pro pacienty a zaměstnance).

Vedlejší provozní prostory

- 1. Sanitární zařízení pro zaměstnance**
- 2. Skladovací prostory** – lze nahradit vhodnými skříněmi

Vyhláška dále upravuje povinné vybavení nestátních zdravotnických zařízení.

Pro optometrii je ve vyhlášce uvedeno:

1. Vyšetřovací křeslo s lampou
2. Brýlová skříň
3. Štěrbínová lampa
4. Optotypy
5. Vybavení k určení barvocitu
6. Zácvikový stůl se zrcadlem a osvětlení
7. Přístroj na měření zakřivení oční rohovky
8. Fokometr
9. Skiaskop nebo autorefraktometr
10. Zařízení k zatemnění oken, pokud je prováděna skiaskopie [7]

4.2.3 Optotypy

Zraková ostrost se v dnešní době většinou stanovuje na základě ostrosti rozpoznávání znaků nebo rozpoznávání obrazů. K posuzování momentálního zrakového výkonu slouží soubor znaků, seřazených do tabulek od největších po nejmenší. Tyto tabulky se nazývají optotypy a jsou k dostání v různých provedeních, s rozličnými testovacími znaky.

V běžné praxi je vizus udáván jako poměr vzdálenosti, ze které je znak optotypu ještě rozeznán, ke vzdálenosti, ze které musí být rozeznán při hodnotě vizu $V = 1,0$. Obě vzdálenosti jsou udávány v metrech, popřípadě ve stopách (dle standardu dané země).

Obvykle se zraková ostrost zapisuje do zlomku, kde čítec udává vyšetřovací vzdálenost (5 m, respektive 6 m) a ve jmenovateli se nachází vzdálenost (v tomto případě udaná též v metrech), ze které by se vyšetřovanému mělo jevit kritérium znaku pod zorným úhlem $1'$. To znamená, že v čitateli je 5 (respektive 6) a ve jmenovateli číslo nejmenšího řádku, který byl pacient schopen přečíst (př. $V = 5/5$). V dnešní době se asi nejvíce využívá záznamu v desetinném provedení (př. $V = 1,0$). Lze se setkat i se zápisem záporného vizu, a to při použití prahové interpolační metody logMAR (viz níže).

Pro hodnocení výsledků při měření vizu slouží více metod. Při **celořádkovém vizu** vyšetřovaný musí přečíst všechny znaky na řádku správně a zapisuje se např. $6/6 + 3$ (vyšetřovaný přečetl celý řádek číslo 6 plus 3 znaky z dalšího řádku). Pro splnění tzv. **normového vizu** stačí, když vyšetřovaný přečte 60 % znaků na řádku. **Prahový vizus** se měří na logaritmických optotypech.

Pojem naturální vizus udává zrakovou ostrost měřenou bez refrakční korekce.

[2, 8]

Konstrukce optotypů

Jak již bylo zmíněno, optotypových tabulek existuje více druhů s různými znaky a s použitím různých odstupňování velikostí znaků, založených na aritmetických, logaritmických nebo Snellenových matematických vzorcích.

Může se uvést, že u nás nejběžněji používané optotypy jsou konstruovány na vyšetřovací vzdálenost 5, respektive 6 metrů, aby byla vyloučena akomodace. Vzdálenost 5–6 metrů je považována za praktické nekonečno pro oko. V případě, že místnost tuto vzdálenost dostatečně nesplňuje, lze využít rovinného zrcadla a optotypů v převrácené (zrcadlové) verzi s poloviční vyšetřovací vzdáleností. Toto je možné využít u tištěných, světelných i projekčních optotypů. U projekčních je nutné, aby první odrazné „zrcadlo“ bylo povrchově pokovené, jinak by docházelo ke zdvojení kontury znaků. [2, 8]

Znaky používané na optotypech

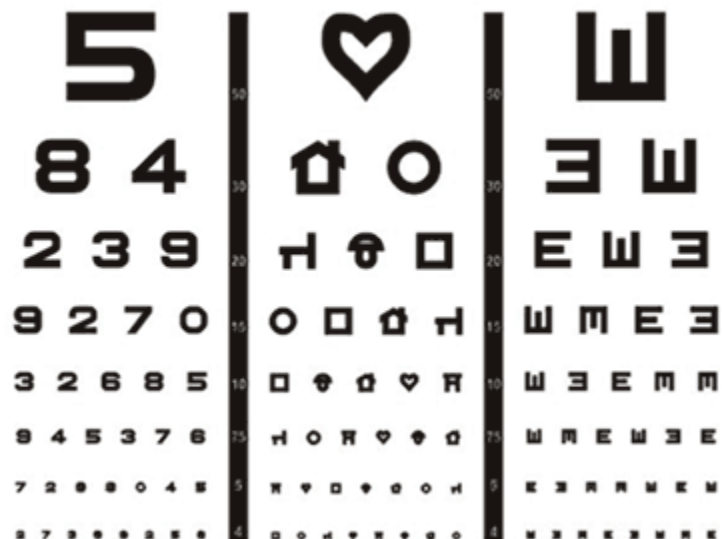
Znaky jsou většinou sestavovány do pomyslného čtverce 5 x 5 (popřípadě obdélníku 5 x 4) tak, aby se celý znak na danou vzdálenost zobrazil na sítnici pod zorným úhlem 5' a jednotlivé detaily znaku odpovídaly 1/5 čtverce neboli 1' (minimum separabile).

Nejpoužívanější jsou písmenné a číselné optotypy, ale není to jediná možnost. Dalšími jsou např. Landoltovy kruhy, Pflügerovy háky nebo obrázkové optotypy. Všechny tyto vyšetřovací znaky lze použít zejména k určení vizu analfabetů, cizinců a malých dětí.

Za nejobektivnější vyšetřovací znaky, které odpovídají normě ČSN EN ISO 9596 195002, lze označit **Landoltovy kruhy (prstence)**, připomínající písmeno C. Landoltův kruh lze též zapsat do pomyslné mřížky 5 x 5 tak, že mezera v prstenci odpovídá zornému úhlu 1'. Jedná se pouze o jeden znak prezentovaný v osmi polohách. Pravděpodobnost, že vyšetřovaný uhodne polohu mezery, místo toho, aby ji opravdu viděl, odpovídá 1/8, tj. 12,5 %. Základní polohy kruhu s mezerou procházejí nahoru, dolů, vpravo, vlevo a dále pak mezera v šikmých směrech nahoru – vpravo, nahoru – vlevo, dolů – vpravo a dolů – vlevo. S tím souvisí i hlavní nevýhoda optotypů s těmito znaky a možné komplikace při komunikaci se zkušenskou osobou.

Další možností jsou **Pflügerovy háky**, které se velmi nápadně podobají písmenu E. Na rozdíl od Landoltových kruhů jsou zde možné pouze čtyři základní polohy. Z toho vyplývá, že pravděpodobnost uhodnutí polohy znaku je v tomto případě již 25 %. Pro lepší komunikaci s vyšetřovaným lze jako pomůcku použít ukazovátko ve tvaru háku (písmene E), které vyšetřovaná osoba natáčí ve směru, který se jí jeví z optotypu.

Obrázkové optotypy využívající motivy z dětského světa se již nestavují do čtvercové sítě, protože by nemohl být dodržen jejich charakteristický tvar. Výška by však stále měla být viděna pod zorným úhlem 5'. Jedná se o jednoduché obrázky, které děti znají (domeček, srdíčko, židlička atd.). Obrázky použité na vyšetřovací tabuli si mohou děti také odnést domů, seznámit se s nimi a naučí se je správně pojmenovat. [2, 8]



Obr. 8. Optotyp zleva: číselný, obrázkový a Pflügerovy háky (4)

Provedení optotypů do dálky

V současné době je využívána spousta rozličných forem optotypů a lze je rozdělit do základních kategorií. Dle provedení se dělí na tištěné, světelné, projekční a digitální.

Tištěné optotypy jsou bezesporu nejjednodušší a nejlevnější variantou. Jedná se o papírovou nebo plastovou tabulku s čistě bílým podkladem a natištěnými optotypovými znaky.

Světelné optotypy poskytují optimální jas a vysoký kontrast znaků. Podsvícení může být na celé ploše optotypu nebo pouze po řádcích. Řádkové optotypy zajišťují lepší pozornost a koncentraci pacienta, který se více soustředí na právě nasvětlený řádek.

Projekční optotypy jsou moderní přístroje, které pracují na základě klasických diaprojektorů. Obsahují pestrou nabídku testů, clon, barevných i polarizačních filtrů využívaných u speciálních binokulárních testů. Dnešní moderní provedení těchto přístrojů má nezanedbatelné výhody, jako jsou například dálkové ovládání nebo možnost propojení s počítačem. Právě díky těmto možnostem lze říci, že projekční optotypy jsou lépe vybavené pro stanovení komplexní subjektivní refrakce než optotypy tištěné a světelné.

Digitální optotypy jsou nejmodernější verzí optotypů. Využívají LCD obrazovky, které jim zajišťují vysoký jas a kontrast. Mají velkou škálu testů na vyšetřování subjektivní refrakce včetně binokulárních testů, testů stereopse (hloubky prostorového vnímání), fixační disparity, kontrastní citlivosti, barvocitu a mnoho dalších. Vyznačují se tím, že využívají pozitivní polarizaci a obsahují škálu testů MKH¹¹. [8]

Design optotypů do dálky

Jak již bylo zmíněno, existují optotypy na dálku v různých verzích s použitím různých znaků. Nejznámější a u nás nejpoužívanější jsou **Snellenovy optotypy** s písmeny nebo čísly.

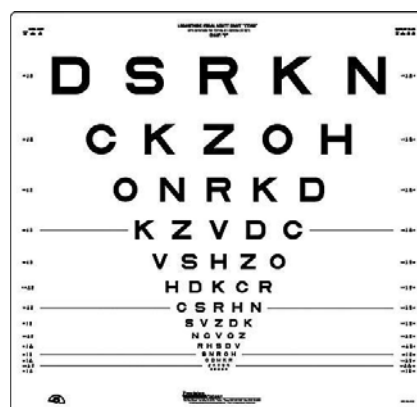
Původní Snellenovy optotypy měly sedm různých úrovní. První, největší bylo pouze jedno písmeno a s každým dalším řádkem se znaky zmenšovaly a jejich počet se zvětšoval na konečný počet znaků 8 na řádku. Čísla řádků (velikosti znaků na řádku) byla v provedení na šest metrů 60, 30, 21, 15, 12, 9, 6. Tyto optotypy prošly mnohočetnými úpravami, od změny designu písma, přes průběh různých velikostí, až ke změně počtu znaků na řádcích. V dnešní době se aplikuje název Snellenův optotyp na jakýkoliv písmenkový (číselný) optotyp, který má pouze jeden veliký znak v horní části a zmenšující se průběh.

¹¹MKH: „Mess und Korrektionsmetodik“ – ucelená metodika testů pro korekci motoricky a senzoricky kompenzovaných odchylek

Přesto, že jsou optotypy Snellenova typu nejpoužívanější, mají svá omezení. Optotypy dodržující směrnice, které vypracovali **Bailey a Levie**, jsou přesnější a citlivější. K zásadám patří:

1. Progrese úhlové velikosti optotypových znaků narůstají za použití logaritmické stupnice vždy po krocích 0,1 logMAR (minimálního úhlového rozlišení).
2. Stejný počet písmen na každé velikostní úrovni.
3. Mezery mezi písmeny a řádky – musí být úměrná velikosti písmen.
4. Použití znaků s rovnocennou nebo podobnou čitelností na každém řádku.

Spolu s těmito principy designu optotypu navrhli i vyhodnocování zrakové ostrosti za použití logMAR. Tato hodnota se s rostoucí zrakovou ostroostí zmenšuje (klesá k nule a záporným hodnotám). Existují verze s čínskými znaky, abstraktními LH symboly nebo i Landoltovými kruhy. Právě ze zásad popsaných výše vychází například i prahová interpolační metoda logMAR (Logarithm of Minimal Angle of Resolution) prováděná na optotypové tabuli ETDRS (Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study). Jedná se o optotyp s charakteristickým tvarem invertované pyramidy, který má celkem 14 řad vždy po pěti písmenech a standardizovaný jas. Vyšetřovací vzdálenost u tohoto testu jsou 4 metry. Umožňuje měřit zrakovou ostroost od hodnot $V = 0,1$ (logMAR 1,0) až do $V = 2,0$ (logMAR $-0,3$) a momentálně se využívá především v klinické praxi pro včasnou diagnostiku a klasifikaci diabetické retinopatie. [2, 3, 8, 9]



Obr. 9. Optotyp ETDRS (5)

Provedení optotypů do blízka

Nejrozšířenější a nejlevnější variantou jsou **tištěné Jägerovy čtecí tabulky** v různých provedeních, obohaceny například o ukázky obrázků map, jízdních řádů nebo s amslerovou mřížkou.

Do této kategorie lze zařadit i testy na čtení u foropterů, které ovšem vyšetřovaný nedrží v ruce, ale jsou připevněny na přístroji pomocí lišty, která zároveň slouží jako pravítko.

Světelné optotypy do blízka mají daleko větší možnost variability používaných testů a u některých lze nalézt i testy na vyšetřování binokulárních funkcí. Tyto optotypy jsou většinou ve tvaru skříňky s rukojetí a s vnitřním podsvícením znaků. [8]

Design optotypů do blízka

Testy zrakové ostrosti do blízka probíhaly ve vzdálenosti 30 cm. V dnešní době jsou již většinou upraveny na vzdálenost 40–45 cm. Nicméně při měření je vždy nutno zohlednit individuální pracovní vzdálenost daného pacienta, aby výsledná korekční pomůcka byla zhotovena dle jeho konkrétních potřeb.

Metod na stanovení presbyopického přídatku do blízka existuje více. Mezi nejznámější patří například stanovení dle tabulky: adice/věk, numerický odhad/adice, anebo nejspolehlivější subjektivní stanovení pomocí optotypových tabulek na čtení.

Optotypy do blízka jsou většinou, na rozdíl od těch do dálky, řešeny pomocí částí souvislých textů seřazených dle velikosti od největšího po nejmenší. Z toho vyplývá, že se ověřuje především minimum legibile, což je práh schopnosti pochopit smysl pojmu, který se skládá z více symbolů. Použité typy písma a odstupňování velikostí se liší dle autorů. [8]

4.2.4 Vyšetřovací sada

Jedná se o soubor zkušebních čoček, který vždy obsahuje sadu spojných a rozptylných čoček v páru, dále cylindrické čočky v provedení s kladným a záporným cylindrickým účinkem, základní prizmatické čočky, červený a zelený filtr, centrovací kříž, stenopeickou a okluzní clonu. Sadu lze rozšířit dokupováním dalšího příslušenství dle konkrétních potřeb vyšetřujícího, jako jsou například prizmatická lišta, polarizační filtry nebo Maddoxův cylindr¹². Nepostradatelným doplňkem sady je astigmatická zkušební obruba. [18]



Obr. 10. vyšetřovací sada (2)

Astigmatická zkušební obruba – popis, centrování

Zkušební obruby existují v různém provedení dle výrobců, nicméně jejich princip je stále stejný, jedná se o nosič, do kterého jsou vkládány zkušební čočky. Lze ji přizpůsobit tvaru obličejce, tak aby bylo možné dodržet správnou centraci čočky, pupilární distanci, vzdálenost od vrcholu rohovky, inklinaci a výšku nosníku. Zkušební obruba od firmy Zeiss umožňuje i výškově nesymetrickou centraci. Jsou i speciální zkušební obruby, používané například při práci s dětmi, které mají místo nastavitelných stran gumový pásek, který drží lépe na hlavě. [8, 13]

Centrovat zkušební obrubu (popřípadě foropter) lze za pomoci stenopeických clon

¹²MADDOXŮV CYLINDR – několik silně lámavých plancylindrů, nejčastěji v červené barvě v kulaté objímce, slouží k vyšetřování okohybných odchylek

nebo pomocí běžněji používaných centrovacích křížů. Centrování zkušební obruby (foropteru) pomocí křížů je stejné jako u klasických brýlí. To znamená, že pacient a vyšetřující sedí naproti sobě tak, aby měli oči ve stejné výšce, a centruje se na střed rohovky. Centrování do dálky probíhá při pohledu „z oka do oka“, kdy druhé oko vyšetřujícího je zavřené a protilehlé pacientovo oko vyšetřující zakryje. Do blízka je to hodně podobné, ale pacient se dívá na kořen nosu vyšetřujícího.

Při centrování zkušební obruby (popřípadě foropteru) pomocí stenopeických clon je lepší si nejdříve předběžně stanovit pupilární distanci (např. pomocí PD-metru, hodnoty z autorefraktometru atd.). Následně se do obruby (foropteru) vloží binokulárně stenopeické clony a vyšetřovaný sleduje jeden velký znak na optotypu. Daný znak musí být vidět v jednom „kolečku“. Jelikož toto centrování probíhá současně na obou očích (ani jedno oko není úplně zakryté), nelze ho využít při manifestním (zjevném) strabismu. [18]

Výhody a nevýhody zkušební obruby

Hlavní výhody této metody spočívají v přirozeném držení hlavy a těla pacienta, vyšetřující vidí pacientovu mimiku a výslednou korekci lze vyzkoušet při chůzi. Naopak je poněkud pracnější manipulace s korekčními čočkami. Vyšetření je celkově časově náročnější než při použití foropteru.

4.2.5 Foropter

Jedná se o opticko-mechanické nebo opticko-digitální zařízení, které taktéž umožňuje předkládání korekční čočky. Foropter má rychlou a tichou mechaniku, která umožňuje velkou řadu vyšetřovacích testů – polarizační, balanční, Worthova světla, červeno-zelený test atd. Samotná „hlava“ foropteru je poněkud robustní, a tak je umístěna na ovládací výkyvné a rotační konzoli, která bývá ukotvena do centrální vyšetřovací jednotky nebo na zeď.

Foropter je tvořen více pouzdry, která obsahují několik Rekossových kotoučů¹³, otáčejících se kolem společné osy. Hlava foropteru dále obsahuje Jacksonovy zkřížené cylindry, anaglyfní a polarizační filtry sloužící k disociaci zrakových vjemů a většinou

¹³REKOSŮV KOTOUČ – otočný kotouč, který obsahuje několik korekčních čoček

i Maddoxův cylindr a Herschelovo prizma¹⁴. Korekční čočky jsou opatřeny antireflexní vrstvou tak, aby se minimalizovaly světelné ztráty z odrazů.

Pro stanovení potřebného přídatku na blízko (adice) je na foropterech umístěna posuvná lišta s tištěnými testy na blízko.

Starší modely foropterů jsou vyrobeny tak, aby zadní vrcholová vzdálenost korekční čočky byla od vrcholu rohovky 18 mm. Při změně zadní vrcholové vzdálenosti korekční čočky by měla být upravena i její zadní vrcholová lámavost (korekční hodnota). Z toho vyplývá potřeba přepočítat výslednou zadní vrcholovou lámavost na lámavost vztahující se ke vzdálenosti použité v korekční pomůcce, dle vzorce:

$$S'_{B2} = S'_{B1} / (1 - \Delta S'_{B1}), \Delta = d_1 - d_2$$

S'_{B1} – zadní vrcholová lámavost korekční čočky, při vzdálenosti d_1 (naměřená)

S'_{B2} – zadní vrcholová lámavost korekční čočky, při vzdálenosti d_2 (upravená)

d_1 – zadní vrcholová vzdálenost korekční čočky od vrcholu rohovky (v tomto případě korekční čočky u foropteru)

d_2 – zadní vrcholová vzdálenost korekční čočky od vrcholu rohovky (nová - upravená)

Foroptery lze rozdělit podle provedení na manuální a počítačové. Jako příklad manuálního foropteru je v kapitole 6.1.2 popsán foropter Topcon VT-10, který byl použit v praktické části této práce. Počítačové foroptery jsou uvedeny v kapitole 5.3. [4, 8].

¹⁴HERSCHELLOVO PRIZMA – prizmatický kompenzátor (proměnné prizma), tvořen dvojicí klínových čoček v otočných objímkách

Výhody a nevýhody foropteru

Foropter má své určité výhody, ale i nevýhody. Mezi jeho největší výhody patří rychlost a jednoduchost výměny korekčních čoček, dále není zapotřebí skiaskopických lišt při vyšetřování pomocí skiaskopu, změna prizmatických dioptrií probíhá rychle a plynule, odpadá čištění brýlových čoček a v neposlední řadě pacient nepocítuje žádný mechanický tlak na kořenu nosu ani uších.

Nicméně pacientovo držení hlavy a těla není úplně přirozené, vyšetřující nevidí jeho mimiku, nelze si korekci ověřit mimo vyšetřovnu (v „reálu“), při každém odklonění a opětovném navrácení pacienta je potřeba zkontrolovat centraci, nelze zohlednit případnou výraznou výškovou asymetrii mezi pravým a levým okem a existuje tu také možnost vyvolání akomodace (respektive přístrojové myopie). Další nevýhoda se vztahuje jen na oční odborníky, kteří při vyšetřování heterofobií využívají metodu MKH, jelikož ta použití foropteru přímo zakazuje. [13, 18]

4.2.6 Postup vyšetření

Pro urychlení stanovení subjektivní refrakce je vhodné určit výchozí hodnoty. K tomu lze použít výsledky objektivní refrakce, stávající korekci, popřípadě odhad na základě naturálního vizu (zraková ostrost naměřená bez korekce). Samotné testování začíná nejdříve monokulárním stanovením nejlepší sférické části, poté korekcí astigmatismu a jemného sférického dokorigování. Součástí je vždy ověření binokulární rovnováhy a jemné binokulární sférické dokorigování. Následují testy pro zjištění binokulárních odchylek a jejich případná korekce.

Stanovení nejlepší sférické korekce

Cílem je posunutí ohniska (kroužku nejmenšího rozptylu) na sítnici, což v praxi znamená, že se myopům předsadí nejslabší rozptylná čočka, se kterou vidí ostře a naopak hypermetropům se uvolňuje akomodace nejsilnější spojnou čočkou, se kterou se obraz ještě nerozmazává.

Níže popsany postup je osvědčený, nicméně je pouze jednou z mnoha možných metod subjektivní refrakce. Standardně se začíná pravým okem a pokračuje levým. Někteří odborníci začínají nedominantním okem, aby se pacient naučil techniku vyšetření a u korekce oka dominantního již podával přesné odpovědi.

Pacientovi je dána výchozí (původní) korekce a následně se předřazuje +0,25 D. Pokud je vidění stejné nebo lepší, je čočka vložena do zkušební obruby a dále se pokračuje ve vkládání plusových čoček, dokud se vidění nezhorší. V případě, že je vidění s plusovou čočkou horší, předřadí se na -0,25 D. Když se vidění zlepší, mínusová čočka se opět ponechá ve zkušební obrubě a pokračuje se, dokud se vizus zlepšuje. Výsledná korekce se pozná tak, že vidění je s předřazenou +0,25 D horší a s předřazenou -0,25 D stejné nebo horší. Konečný vizus se již nezlepšuje. Při nejistých reakcích pacienta na začátku měření lze používat $\pm 0,5$ D a více. [1, 18]

Vyšetření astigmatismu

Astigmatismus lze vyšetřovat pomocí zamlžovací metody (vhodná hlavně při korekci astigmatismu s hodnotami cylindru $\pm 2,0$ D a vyšší), nebo pomocí Jacksonova zkříženého cylindru. Tato metoda je běžnější, a proto byla použita v praktické části této práce a je níže podrobně popsána.

Jacksonův zkřížený cylindr (JZC)

Jacksonův zkřížený cylindr (obr. 10) tvoří čočka složená ze dvou navzájem na sebe kolmých plancylindrů o hodnotách $\pm 0,25$ D (popřípadě $\pm 0,5$ D), která je uložena v kulaté objímce s držátkem. Na objímce je označeno, nejčastěji barevnou tečkou, místo maximálního lámavého účinku záporného (na obr. 11 – červené tečky) a kladného cylindru (na obr. 11 – bílé tečky). [1, 8, 18]



Obr. 11. Jacksonův zkřížený cylindr (2)

Základní pravidla vyšetřování s JZC

V následném popisu práce s JZC se uvažuje s vyšetřováním záporných cylindrů, tudíž veškerá orientace bude směřována, vzhledem k maximálnímu lámavému účinku záporného cylindru, na objímce většinou znázorněnou pomocí znaménka mínus nebo červené tečky.

Dále je potřeba dodržet následující pravidla pro změnu síly cylindrické korekce:

- při změně cylindru o $-0,5$ D (respektive $+0,5$ D) je potřeba upravit sférickou korekci o $+0,25$ D (respektive $-0,25$ D), aby byla zachována astigmatická diference,

- jestliže se hodnota cylindrické korekce mění o $-0,5$ D, nejdříve se upravuje sférická hodnota a teprve poté se mění hodnota cylindrická,

- naopak v případě změny korekce o $+0,5$ D se upraví nejdříve cylindrická čočka a teprve poté sférická korekce.

Vyšetření astigmatismu pomocí JZC

K finální hodnotě cylindrické korekce se dospěje postupně v opakovaných krocích. Pacient pozoruje kulatý znak (např. písmena C, O, D, G) nebo speciální obrazec složený z kulatých bodů na optotypu. Porovnává obrazy a vybírá si „lepší“ (ostřejší, jasnější, kulatější). Je potřeba nejdříve najít přibližnou osu cylindrické korekce. To znamená, že se držadlo JZC natočí tak, aby maximální lámavý účinek záporného cylindru byl v ose 90° (poloha 1) a po rychlém otočení držadla (podél osy cyl.) následně v ose 180° (poloha 2). Pacient má za úkol vyhodnotit tyto dvě možnosti a říci, jestli byl lepší obraz v poloze 1, 2 nebo byly tyto obrazy stejné. Poté se celý proces opakuje s natočením držadla JZC tak, aby se hodnotily obrazy v poloze 45° a 135° . Tam, kde měl pacient obraz nejlepší, se nachází přibližná osa cylindrické korekce. Pokud byly v obou případech odpovědi „stejně“, lze z toho vyvodit, že pacient nemá astigmatismus.

Pokud je astigmatismus přítomen, do zjištěné předběžné osy se vloží korekční cylindrická čočka (přibližnou hodnotu lze opět zjistit pomocí objektivního měření, nebo odhadem podle vizu s nejlepší sférickou hodnotou) a zjišťuje se přesná osa cylindrické korekce. JZC se předloží tak, aby držátko bylo v ose vložené korekční čočky a opět, pomocí rychlého otáčení držátka, pacient posuzuje polohu 1 a 2. Následně se osa korekčního cylindru natočí o pár stupňů dle směru polohy „lepšího“ obrazu, vzhledem k pozici maximálního záporného účinku JZC. Toto se opakuje do té doby, než pacient zhodnotí oba obrazy „stejně“ nebo alespoň hodně podobné, což znamená, že se korekční čočka nachází v ideální ose.

Následně se JZC předloží tak, aby maximální lámavý účinek zkříženého cylindru byl v ose korekční cylindrické čočky, a opět se otáčí kolem držátka. Posuzuje se obraz polohy 1 a 2 s tím, že tentokrát se zjišťuje velikost astigmatismu. Jestliže pacient upřednostňuje pozici s překrytím záporného maximálního účinku JZC, korekční cylindr je potřeba navýšit a naopak.

Při úpravě síly cylindrické korekce je potřeba překontrolovat i osu. Poté, co je změřena nejlepší cylindrická korekce, se zkontroluje ještě sférická a v případě změny se opět přejde ke kontrole cylindrické korekce. [18]

Jemné sférické dokorigování

Cílem jemného sférického dokorigování je co nejpřesnější doladění sférické části korekce. Za tímto účelem lze použít například čeveno-zelený test. Ten je založen na principu chromatické (barevné) aberace oka. Barvy o různých vlnových délkách se sbíhají v různých vzdálenostech od sítnice. U emetropického (respektive pseudoemetropického) oka má své obrazové ohnisko (F') zelená barva o vlnové délce 520–565 nm před sítnicí a barva červená o vlnové délce 625–800 nm za sítnicí. V tomto případě se znaky na testu jeví stejně kontrastní jak v červené, tak v zelené barvě. V případě nedokorigovaného myopického (překorigovaného hypermetropického) oka se obrazové ohnisko červené barvy posouvá blíže sítnici a znaky v červeném poli jsou viditelné s větším kontrastem. Naopak v případě nedokorigovaného hypermetropického (překorigovaného myopického) oka se blíže k sítnici posouvá obrazové ohnisko zelené barvy a kontrastněji se jeví znaky v zeleném poli. Z toho vyplývá vyhodnocení testu. V případě, že jsou kontrastnější znaky v červeném poli, předradí se $-0,25$ D a naopak, jsou-li kontrastnější v poli zeleném, předradí se $+0,25$ D.

Vnímání barev je subjektivní záležitostí, a proto je tento test pouze orientační. [18, 21]

4.2.5 Testy na binokulární rovnováhu

Aby výsledná korekce byla pohodlná a příjemná, je potřeba zajistit rovnovážný akomodační stav obou očí. Binokulárního vyvážení lze dosáhnout monokulárním upravením sférické části korekce za binokulárních podmínek. Až na pár výjimek (velký rozdíl vizu obou očí, strabismus, monokulus, minimální nebo žádná akomodace, výrazně snížená zraková ostrost) se vyvážení očí zohledňuje při každé refrakci. Nejdříve je nutno disociovat vjemy očí při binokulárních podmínkách. Toho lze dosáhnout předložením 3 pD před každé oko (před jedno oko bází v 90°, před druhé bází ve 270°) nebo pomocí polarizace.

Dvouřádkový test

Kontrast znaků by měl být v obou řádcích stejný. V případě, že tomu tak není, se korekce oka s větším kontrastem upravuje v krocích po +0,25 D.

Dvouřádkový anaglyfní (červeno-zelený) test

Využitím pravidla: pokud jsou kontrastnější znaky v zeleném poli – předsazuje se před dané oko +0,25 D, je nutno dosáhnout toho, aby všechna mezikruží byla stejně kontrastní, popřípadě kontrastnější obě v červeném poli.

Třířádkový polarizační test

Jak již název napovídá, tento test využívá k oddělení vjemů očí polarizací. Jedná se o tři řádky písmen s tím, že horní řádek je viděn pouze pravým okem, spodní řádek pouze levým a prostřední řádek oběma očima. Opět se srovnává kontrast znaků a v případě nutnosti se předsazuje +0,25 D před oko s větším kontrastem znaků. Tento test byl využíván při měření praktické části diplomové práce. [8, 18]

Testů na binokulární vyvážení existuje více druhů. Zde jsou uvedeny pouze základní, nejběžnější. U všech testů je potřeba zdůraznit, že se vyšetřující ptá na kontrast (tmavost) znaků a nikoliv na jas polí.

V případě, že nelze dosáhnout úplné akomodační rovnováhy, se upřednostňuje dominantní oko¹⁵.

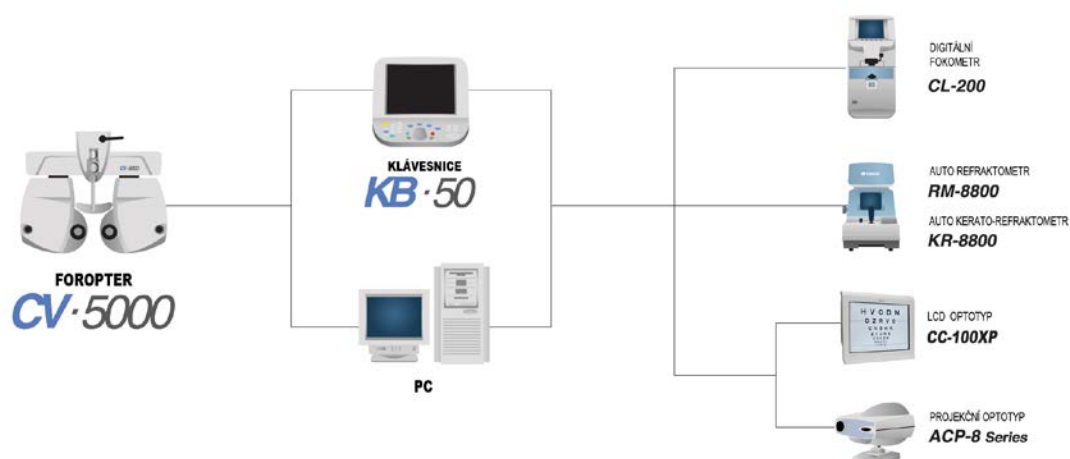
Při odlišném vizu na obou očích je možné využít tzv. **Humphrisovu metodu** (monokulární zamlžení při binokulárním vidění). Jedno oko se zamlží předřazením +0,75 D a na druhém oku se, při pozorování nejmenšího přečteného řádku, provede jemné sférické dokorigování pomocí $\pm 0,25$ D. Následně se celý postup opakuje se zamlžením druhého oka. [18]

¹⁵OČNÍ DOMINANCE – upřednostňování jednoho oka v určitých situacích při binokulárním vidění

5. MODERNÍ PŘÍSTROJE A JEJICH MOŽNOSTI PROPOJENÍ

Tak jako vše i optometrie se postupně vyvíjí a s tím přichází i nové technologie. Do této kapitoly jsou zařazeny počítačové foroptery, LCD optotypy a další přístroje, které zrychlují nebo zpřesňují práci očních odborníků.

Možnost efektivního propojení přístrojů je názorně předvedena na obr. 12, v zastoupení výrobků *Topcon*, které umožňují bezdrátové propojení, a tím zjednodušují a zrychlují samotný proces vyšetření. Mimo to nabízejí možnost exportovat a importovat data do databázového softwaru *IMAGeNet i-base*, který slouží ke katalogizaci pacientů a je možné do něj importovat data z více přístrojů *Topcon*.



Obr. 12. Ukázka propojení přístrojů TOPCON – počítačový foropter, dotyková klávesnice pro ovládání foropteru, PC, digitální fokometr, autorefraktometr (resp. autokeratorefraktometr), LCD optotyp, projekční optotyp. (10)

Na začátek je zde uveden přístroj, který je již natolik automatizovaný, že je téměř soběstačný.

5.1 Systém pro vyšetření subjektivní refrakce Topcon BV-1000

Automatizovaný systém pro vyšetření subjektivní refrakce na blízko i na dálku. Vzhledem k tomu, že systém pracuje interaktivně a na pacienty „mluví“, k vyšetření není potřebný oční specialista, ale stačí pouze asistent, který přístroj ovládá na 14“ barevném dotykovém LCD monitoru. Pomocí joysticku pacient reaguje na to, co vidí. Přístroj BV-1000 má integrované jazyky, a tak je možná komunikace v češtině, němčině, angličtině a francouzštině. Přístroj nejdříve provede objektivní měření, včetně keratometrie, na jehož základě začne měření subjektivní.



Obr. 13. BV-1000 (9)

Technické specifikace

Přístroj umožňuje změřit objektivní refrakci v rozsahu od $-25,0$ D až do $+22,0$ D s krokem po $\pm 0,25$ D u sférické části a u astigmatismu $0,25$ D až $8,0$ D opět s krokem po $0,25$ D v ose $1-180^\circ$ (krok po 1°).

Rozsah subjektivní refrakce, který je přístroj schopen změřit, je u sférické korekce od $-18,0$ D do $+18,0$ D a u astigmatismu opět v rozsahu $\pm 0,25$ D až $\pm 8,0$ D s krokem po $0,25$ D v ose $1-180^\circ$ (krok po 1°).

Na změření všech parametrů je dána minimální velikost pupily 2 mm a pupilární distance v rozsahu 50 mm až 80 mm.

BV-1000 má integrovanou sadu optotypů s měřením vizu v krocích $0,1$; $0,13$; $0,16$; $0,2$; $0,25$; $0,32$; $0,5$; $0,63$; $0,8$; $1,0$; $1,25$ a $1,53$ nebo s použitím logMAR

posloupnosti. Dále obsahuje optotyp na blízko, bodový optotyp na měření astigmatismu, červeno-zelený test a screeningové testy na zjištění heteroforií. [10]

5.2 Screeningový systém Thomson

Dalším zajímavým moderním přístrojem je screeningový systém od firmy *Thomson Software Solutions*. Prozatím se používá ve Spojených státech amerických a momentálně ho zkoušejí i ve Velké Británii, v České republice se dosud neobjevil. Jedná se o stánek mySight s počítačovým systémem využívající dotykovou LCD obrazovku (obr. 14). Smysl při vyzkoušení tohoto přístroje spočívá v tom, že si každý může orientačně přezkoušet své vidění do dálky i do blízka a v případě zjištění nějaké refrakční vady následně navštívit svého očního specialistu. Stánek je umístěn ve veřejných prostorech a do budoucna se počítá s rozšířením funkcí i mimo screening vidění na celkové zdraví. [19]



Obr. 14. MySight (7)

5.3 Počítačové foroptery

Vyznačují se svojí rychlostí změny korekčních čoček a mají tu výhodu, že je možné je propojit s fokometrem, autorefraktometrem, projekčními (respektive digitálními LCD) optotypy a PC. Výrobci si uvědomují, že jeden ze základních nedostatků foropterů je přílišná velikost hlavy foropteru. Proto se snaží nabídnout co nejkompaktnější systém korekčních čoček, filtrů a clon v co nejmenším provedení. V dnešní době již foroptery standardně obsahují polarizační filtry, Jacksonovy zkřížené cylindry, červeno-zelené filtry a pochopitelně sadu sférických, cylindrických a prizmatických čoček. Součástí foropteru bývá i posuvná lišta, na kterou se připojí tištěné variabilní optotypové tabulky na blízko. Pro komfortní čtení někteří výrobci nabízejí přisvětlovací diody. Pro ovládání počítačových foropterů většinou slouží speciální klávesnice nebo výrobce nabízí řešení pomocí softwaru na PC. Firma *BiB Ophthalmic Instruments* umožňuje ovládání svého počítačového foropteru pomocí klávesnice, která je integrovaná přímo na hlavě foropteru. [14, 15]

5.4 LCD optotypy

Jedná se o moderní LCD optotypy s integrovaným PC, což umožňuje doplnění nahrávání testů dle potřeb vyšetřujícího. Obsahují širokou nabídku testů včetně vyšetření kontrastní citlivosti a barvocitu. Pro názorný příklad zde mohou být uvedeny přístroje Polatest od firmy *Carl Zeiss Vision* nebo CC-100XP od firmy *Topcon Europe Medical B.V.*

Největší výhodou těchto přístrojů je obsah binokulárních testů na principu pozitivní polarizace a tím možnost měření a korekce motorických odchylek pomocí metodiky MKH. Není ovšem pravidlem, že všechny LCD optotypy mají integrovanou sadu MKH, některé využívají binokulárních testů na principu červeno-zelené separace obrazů. [8, 20]

6. PRAKTICKÁ ČÁST

Každý oční specialista časem začne preferovat určitý styl vyšetřování, včetně přístrojů které používá. V odvětví subjektivní refrakce jsou těmi přístroji foropter a vyšetřovací obruba, která je u nás přece jen rozšířenější. Následně pak zastánci jednotlivých vyšetřovacích pomůcek obhajují proč právě používání toho „jejich“ přístroje je lepší a naopak vytýkají všechny nedostatky přístroje konkurenčního.

Prvním impulsem, jenž vedl k výzkumu předkládané práce byl argument zastánců vyšetřovací obruby, že foropter svými většími rozměry a přiblížením k obličejí pacienta vyvolává přístrojovou myopii. Stěžejním cílem níže popsané výzkumné práce je tedy zjištění, zda se opravdu statisticky významně liší, výsledky naměřené pomocí vyšetřovací obruby a foropteru či nikoliv. Pro klinické zhodnocení vlivu přístrojové myopie při měření subjektivní refrakce na foropteru nebyla nalezena žádná studie. Nicméně Elizabeth Casillas srovnávala vyšetření heteroforií s použitím foropteru a zkušební obruby. Vyšetřování probíhalo do dálky i do blízka za použití více zkušebních testů a byla zkoumána i jejich variabilita. Casillas zjistila statisticky významný rozdíl mezi vyšetřováním heteroforií pomocí foropteru a zkušební obruby do dálky i blízka. Nicméně sama uvedla, že průměrné odchylky byly tak malé, že je lze považovat za klinicky nevýznamné změny, které se též dají popsat jako odchylky v měření. Tuto studii zde uvádím z toho důvodu, že na vzniku přístrojové myopie se podílí proximální akomodace a proximálnívergence, které by se měli projevit i při měření heteroforií a zkreslovat výsledky. [26]

Dále byla studována dosažená zraková ostrost pomocí písmenného a číselného optotypu. Vizus byl měřen vždy za stejných podmínek, pomocí projekčního optotypu Topcon ACP-8. Na začátku studie jsem předpokládala, že písmenný a číselný optotyp budou uvádět stejné hodnoty vizu.

6.1 Soubor testovaných osob

Věkový limit byl stanoven od 15 do 35 let. Požadavek na věkový rozsah byl dán možným vlivem počínající presbyopie na akomodaci.

Data byla získána vyšetřením souboru třiatřiceti testovaných osob ve věkovém rozsahu 18 až 35 let. Průměrný věk probandů byl 27,4 let se směrodatnou odchylkou 4,32 roku. Výzkumu se účastnilo celkem 23 mužů a 11 žen. Jeden z vyšetřovaných byl z výzkumu vyloučen z důvodu amblyopie na jednom oku.

6.2 Metodika

Získávání a zpracovávání dat probíhalo v období od ledna 2013 do června 2013. Měření probíhalo v optometristické vyšetřovací místnosti firmy GrandOptical v Praze, pomocí přístrojů níže uvedených. Všichni probandi byli nejprve informováni o průběhu vyšetřování a podepsali informovaný souhlas. Testování jednoho probanda proběhlo vždy v jeden den, již nebylo opakováno a trvalo přibližně 25 minut.

Každému probandovi byla nejdříve stanovena objektivní refrakce pomocí autokefraktometru. Následně proběhlo měření subjektivní refrakce pomocí manuálního foropteru Topcon VT-10 a poté dokorigování s použitím zkušební obruby Oculus UB-4. Vyšetření mělo vždy stejný průběh, nejdříve se zjistil naturální vizus, následovalo měření subjektivní refrakce, včetně jemné sférické dokorekce pomocí červeno-zeleného testu a kontrola binokulární rovnováhy za použití polarizačního třířádkového testu. Zraková ostrost se zjišťovala na písmenných a následně číselných optotypových tabulkách, za použití projekčního optotypu Topcon ACP-8. Byl akceptován normový vizus. Výsledné hodnoty byly zaznamenány do protokolu (viz příloha č. 1).

Jak již bylo zmíněno, celkový počet probandů činil 33, tzn. 66 očí. Srovnávána byla hodnota sféry, cylindru, osy cylindru. Dále vizus měřený nejdříve na písmenném a poté na číselném optotypu. Vzhledem k předpokládanému účinku přístrojové myopie, která by způsobila překorigování u myopického oka a podkorigování u oka hypermetropického, byly sférické hodnoty rozděleny na 56 očí myopických a

10 hypermetropických (byla uvažována záporná cylindrická hodnota).

Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí párového t-testu na střední hodnotu na hladině významnosti $p = 5 \%$. Nulová hypotéza předpokládala, že zkoumané parametry se budou rovnat. Alternativní hypotéza předpokládala nárůst či pokles měřených veličin.

6.2.1 Projekční optotyp Topcon ACP-8

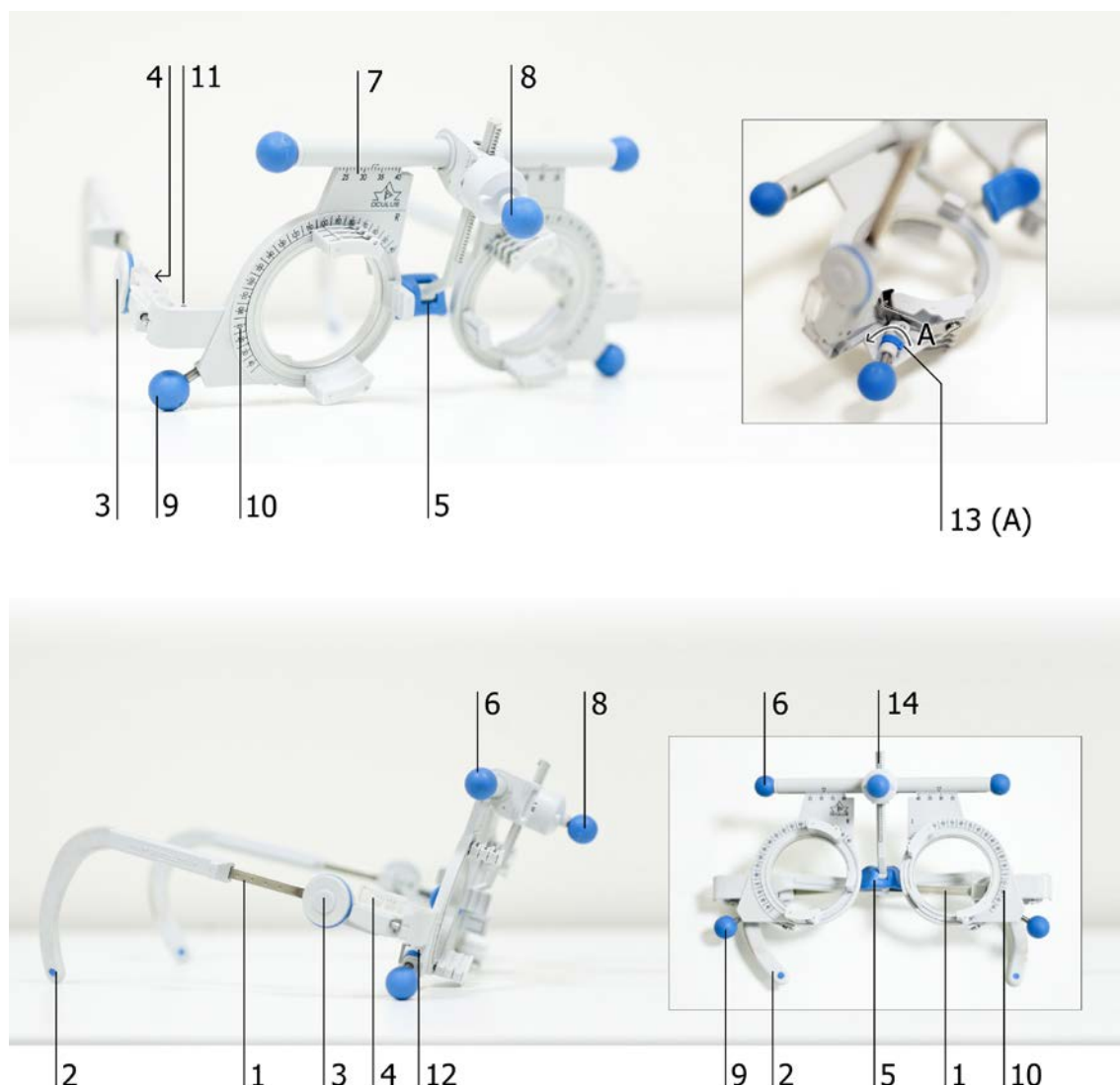
Obsahuje celkem třicet optotypových tabulek včetně písmenných, číselných, obrázkových optotypů a Pflügerových háků. Dále tabulky na vyšetřování astigmatismu (vějíř i bodový test), červeno-zelený test na monokulární korekci, třířádkový balanční test a Osterbergův test¹⁶. Pro vyšetřování binokulárních funkcí jsou zde testy: křížový, křížový s centrálním fúzním bodem, hákový horizontální i vertikální, Worthova světla a test na stereopsi. Též disponuje funkcí, která umožňuje naprogramovat si posloupnost testů. Jeho další funkce *mask selector* umožňuje ukazovat optotypy po řádcích, sloupcích nebo pouze po jednotlivých znacích, což umožňuje lepší komunikaci s pacientem a jeho větší soustředěnost na dané znaky.

Pro účel výzkumu byly využity písmenné a číselné optotypy, bodový optotyp pro vyšetření astigmatismu, dále červeno-zelený test pro jemnou sférickou dokorekci a třířádkový polarizační test binokulární rovnováhy. [11]

¹⁶OSTERBERGŮV TEST – polarizační test na vyšetřování refrakční rovnováhy

6.1.2 Zkušební obruba Oculus UB4

Na obr. 15 je astigmatická zkušební obruba Oculus UB4, která vyhovuje mezinárodním standardům, odpovídá normě DIN EN ISO 12867 a byla použita v rámci praktické části této práce s podrobným popisem.



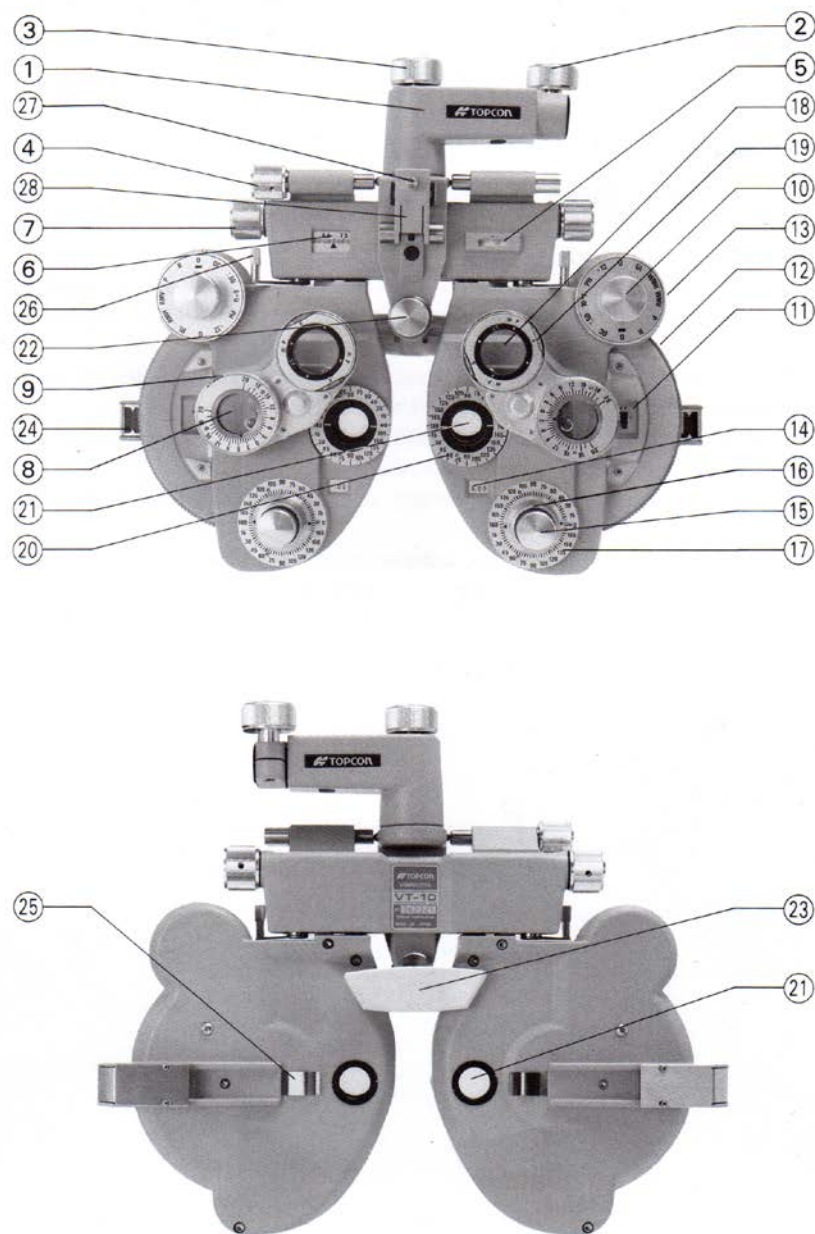
Obr. 15. Zkušební obruba Oculus UB4 (2)

1. Stranice s upravitelnou délkou. 2. Flexibilní koncovky. 3. Vroubkované kolečko pro nastavení skonu rámu. 4. Stupnice pro měření vzdálenosti od rohovky. 5. Vyměnitelný nosník. 6. Vyměnitelné kolečko pro přizpůsobení pupilární distanci. 7. Stupnice pro měření pupilární distance. 8. Kolečko pro přizpůsobení výšky nosníku. 9. Vyměnitelné polohovadla os 10. stupnice pro určení osy. 11. Otvory pro přidělení předsádek. 12. Aretace polohovadel os 13. čep aretace. A. Zvýšení odolnosti proti otáčení. 14. Polarizační předsádky (fakultativní příslušenství). 15. Kolečko pro rotaci předsádek. 16. Křížový šroub pro nastavení odporu nosníku proti protáčení. 17. Šroub k upnutí předsádek.

Technické specifikace

Zkušební obruba Oculus UB-4 je adaptabilní na většinu tvarů hlav s nastavitelnou pupilární distancí 38–80 mm. Délku stran lze upravit v rozmezí 88–124 mm i jejich sklon (nahoru nebo dolů) $14,5^\circ/8^\circ$. Je uzpůsobena pro vkládání standardních zkušebních čoček s průměrem 38 mm, a to v celkovém počtu 5 ks na každé oko (3 ks na přední části brýlové obruby a 2 ks v zadní – obličejové části). Přední část pro vkládání čoček je otočná v 360° se stupnicí, která odpovídá TABO-schématu a je členěna po 5° pro určení osy (cyl, prizma). [5]

6.1.3 Manuální foropter VT-10



Obr. 16. Manuální foropter Topcon VT-10 (11)

1. Montážní konzole. 2. Utahovací knoflík. 3. Kolečko pro nastavení rotace. 4. Vyrovnávací kolečko. 5. Vodováha. 6. Stupnice pupilární distance. 7. Kolečko pro upravení pupilární distance. 8. Proměnné prizma. 9. Kolečko na ovládání proměnného prizmatu. 10. Pomocný otočný regulátor. 11. Stupnice sférické síly. 12. Regulátor sférické síly (po 0,25 D). 13. Regulátor sférické síly (po 3,0 D). 14. Stupnice cylindrické síly. 15. Kolečko na úpravu cylindrické síly. 16. Kolečko na úpravu osy cylindru. 17. Stupnice osy cylindru. 18. Jacksonovy zkřížené cylindry. 19. Otočné kolečko. 20. Referenční stupnice cylindru. 21. Vyšetřovací otvory. 22. Kolečko na přizpůsobení opěrky čela. 23. Opěrka čela. 24. Průzory na kontrolu vzdálenosti od vrcholu rohovky. 25. Přichytka obličejového štítu (příslušenství). 26. Páka k nastavenívergence. 27. Upínací šroub pro lištu na optotypy do blízka. 28. Držák lišty optotypů do blízka.

Umožňuje měření subjektivní refrakce i vyšetřování binokulárních funkcí očí. Pupilární distanci lze nastavit v rozpětí 48–75 mm. Vzdálenost před okem je v ideálním případě 13,75 mm a lze ji zkontrolovat pomocí průzorů na přední straně hlavy foropteru (na obrázku pod č. 24), popřípadě lehce upravit nastavením opěrky čela. V případě, že je i nadále vzdálenost větší, je nutné výslednou korekci přepočítat pomocí přepočtových tabulek nebo již zmíněného vzorce (viz kap. 4.2.6).

VT-10 je vybaven Jacksonovými zkříženými cylindry, které jsou propojeny s osami cylindrických čoček ve foropteru, což automaticky synchronizuje rotaci cylindrů pokaždé, když se změní osa. Umožňují měřit cylindrické hodnoty do $-6,0$ D (s přidavnými čočkami až do $-8,0$ D) s krokem po $\pm 0,25$ D. Sférickou část lze měřit v rozmezí $-19,0$ D až $+16,75$ D v krocích $\pm 0,25$ D nebo $\pm 3,0$ D. Při měření sféry i cylindru lze nastavit kroky po $\pm 0,12$ D, ale v ČR se běžně využívají kroky po čtvrt dioptriích. Na přední části hlavy foropteru jsou umístěna proměnná prizmata s rozsahem do 20 pD (s krokem po 1 pD), které lze natočit BI/BO/BU/BD (bází nasálně, temporálně, nahoru, dolů). Prizma je před pravým i levým okem, z čehož vyplývá, že lze měřit v celkovém rozsahu 40 pD.

Pomocí otočných regulátorů (na obr. pod číslem 10) lze nastavovat před oči tyto přidavné čočky a filtry:

Q – otevřený průzor

OC – okluze

R – retinoskopická čočka – sférická čočka $+1,5$ D

P – polarizační filtry

RMV – červený vertikální Maddoxův cylindr (pouze před pravým okem)

RMH – červený horizontální Maddoxův cylindr (pouze před pravým okem)

WMV – bezbarvý vertikální Maddoxův cylindr (pouze před levým okem)

WMH – bezbarvý horizontální Maddoxův cylindr (pouze před levým okem)

RL – červený filtr (pouze před pravým okem)

GL – zelený filtr (pouze před levým okem)

+0.12 – nastavení kroků sférického členu po $\pm 0,12$ D

PH – stenopeická clona s průměrem 1 mm

6ΔU – 6 pD s bází nahoru (pouze na pravém oku)

10ΔI – 10 pD s bází nasálně (pouze na levém oku)

± 0.50 – $\pm 0,50$ D zkřížených cylindrů s horizontální osou (využitelné při presbyopickém testu)

Manuální foropter je též vybaven posuvnou lištou, na kterou se připojí tištěné optotypové tabulky na blízko. [22]

6.3 Výsledky

V tabulce 2. jsou porovnány sférické hodnoty, myopické sférické hodnoty, hypermetropické sférické hodnoty dále cylindrické hodnoty a osy cylindrů, měřených pomocí foropteru a vyšetřovací obruby. Jsou zde uvedeny průměrné hodnoty (\varnothing) a směrodatné odchylky (σ) měřených parametrů. Červeně zvýrazněny jsou hodnoty, kde byly prokázány signifikantní změny. Ty nastaly u vyšetření sférických hodnot. Poté co jsem rozdělila sférické hodnoty na myopické a hypermetropické, byla prokázána signifikantní změna též u sférických myopických hodnot. Z tabulky vyplývá, že při měření pomocí foropteru je tendence měřit vyšší hodnoty tohoto parametru. Ovšem průměrná změna 0,033 D (respektive 0,038 D) je menší než standardně používaný krok korekční čočky 0,25 D, lze na to tedy pohlížet jako na běžnou odchylku v měření. Tuto změnu tedy můžeme považovat za klinicky nevýznamnou. U ostatních zkoumaných veličin nedošlo ke statisticky významným změnám.

	FOROPTER		VYŠ. OBRUBA		p [%]
	\varnothing	σ	\varnothing	σ	
Sph [D]	- 1,068	2,438	- 1,03	2,428	4,9
Sph myop [D]	- 1,801	1,747	- 1,763	1,747	4,9
Sph hypermetr op [D]	3,05	1,433	3,075	1,37	67,8
Cyl [D]	- 0,561	0,659	-0,595	0,637	14
AX [°]	102,095	61,179	106,452	60,774	31,7

Tab. 2 výsledné hodnoty (2)

Následující tabulka (tab. 3) prezentuje hodnoty zrakové ostrosti naměřené s výslednou nejlepší korekcí, stanovenou pomocí foropteru a vyšetřovací obruby. Jsou zde vidět signifikantní rozdíly, ale pouze u monokulárního vizu. Z naměřených hodnot je patrné, že zraková ostrost naměřena pomocí vyšetřovací obruby dosahuje vyšších hodnot než zraková ostrost naměřena pomocí foropteru. Při binokulárním pohledu již nejsou znatelné významné odchylky.

	FOROPTER		VYŠ. OBRUBA		<i>p</i> [%]
	\emptyset	σ	\emptyset	σ	
V mono písmena	1,141	0,12	1,174	0,13	0,3
V mono čísla	1,014	0,084	1,039	0,086	0,4
V bino písmena	1,267	0,169	1,3	0,173	11,7
V bino čísla	1,121	0,099	1,118	0,121	81,3

Tab. 3 výsledné hodnoty vízu (2)

Dalším sledovaným parametrem byla dosažená zrková ostrost pomocí písmenného a číselného optotypu. Vízy byly porovnávány mezi sebou, což je v tabulce (tab. 4) znázorněné po řádcích. Jak vyplývá z tabulky, došlo zde k statisticky významným změnám na všech zkoumaných parametrech.

	PÍSMENNÝ OPTOTYP		ČÍSELNÝ OPTOTYP		<i>p</i> [%]
	ø	σ	ø	σ	
V foropter mono	1,141	0,12	1,014	0,084	1,26 x 10⁻¹³
V foropter bino	1,27	0,169	1,121	0,099	4,49 x 10⁻⁵
V vyš. obruba mono	1,174	0,13	1,039	0,086	2,31 x 10⁻¹⁰
V vyš. obruba bino	1,3	0,173	1,12	0,121	1,31 x 10⁻⁵

Tab. 4 srovnání výsledných hodnot vízu (2)

6.4 Diskuze

Z výsledků výzkumné části této diplomové práce vyplývá, že při měření pomocí foropteru je tendence měřit vyšší hodnoty u myopické korekce a jsou tam i náznaky měření nižší korekce u hypermetropie. Což by odpovídalo předpokladu, že foropter způsobuje myopizaci. Avšak tyto „náznaky“ jsou tak drobné, že nedošlo k žádné klinicky významné změně. Lze tedy říci, že foropter nemá významný negativní vliv na korekci ani na výsledný binokulární vizus.

Naopak u porovnávání vizu naměřených na číselném a písmenném optotypu, došlo ke statisticky významným změnám. Je zajímavé, že pomocí písmenného optotypu jsou naměřeny výrazně vyšší hodnoty zrakové ostrosti, než při použití optotypu číselného. Tento fakt je překvapující, vzhledem k tomu, že provedení optotypů je naprosto shodné a byly užity stejné vyšetřovací podmínky (kontrast, jas, osvětlení). Liší se jen použitými znaky. Odlišné výsledky měření lze zdůvodnit tím, že při vyšetřování zrakové ostrosti nezáleží pouze na minimu separabile, ale i na minimu cognobile, což je prahová hodnota pro rozlišitelnost známého symbolu či znaku. [8]

7. Závěr

Základem předložené diplomové práce je výzkum zaměřený na vyšetřování subjektivní refrakce za použití foropteru a vyšetřovací obruby. Teoretická část práce nám poskytla komplexní přehled informací z dané problematiky včetně popisu refrakčních vad oka, přístrojů používaných při vyšetřování subjektivní refrakce a pochopitelně též popisu samotného vyšetření.

Cílem výzkumné části bylo zjistit, zda má foropter vlivem přístrojové myopie tendence negativně ovlivnit výslednou korekci či nikoli. Výzkum spočíval v porovnávání subjektivní refrakce stanovené pomocí foropteru a vyšetřovací brýlové obruby.

Po zhodnocení vyšetření třiatřiceti probandů, vyplynulo, že nedochází k žádné klinicky významné změně. Závěrem lze tedy říci, že foropter nemá nepříznivý vliv na výslednou korekci. Je, ale nutné podotknout, že jsem při vyšetřování vždy používala červeno-zelený test (orientačně) na jemnou monokulární dokorekci a poté ještě třířádkový polarizační balanční test. Tyto dva faktory mě nejednou upozornily na hrozící překorigování, kterého by si nepozorný popřípadě nezkušený oční specialista nemusel všimnout. Je tedy nutné vždy dodržovat správné zásady používané při vyšetřování subjektivní refrakce. Nicméně to by mělo být samozřejmostí.

Naopak u doplňujícího výzkumu, který porovnával hodnotu vízu stanovené na písmenném a číselném optotypu, došlo k signifikantním změnám. Ze kterých vyplývá, že při měření na písmenném optotypu získáváme vyšší hodnoty vízu než při měření za pomoci číselné optotypové tabule. Z čehož lze usoudit, že úhlová rozlišovací mez oka není jediným parametrem, který nám ovlivňuje vidění a vnímání světa kolem nás.

Svojí diplomovou prací jsem se snažila podat ucelený pohled na vyšetřování subjektivní refrakce. Doufám, že výsledky této práce pomohou vyvrátit „předsudky“, které mají někteří oční specialisté proti foropterům. Jelikož se jedná o přístroje, které mohou zjednodušit a zrychlit stanovení subjektivní refrakce. Tím nám mohou poskytnout větší prostor i pro další testy, které povedou k získání komplexnějších informací o vizuálním systému pacienta.

ZDROJE

Použitá literatura:

[1] ANTON, Milan: *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*, Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2004, ISBN 80-7013-402-X

[2] PLUHÁČEK, František: *Fyziologická optika*, studijní materiály UP

[3] Benjamin, William: *Borish's clinical refraction second edition*, Butterworth-Heinemann 2006, ISBN-13: 978-0-7506-7524-6

[4] KUCHYNKA, Pavel: *Oční lékařství*, 1. vyd. Praha, Grada 2007, ISBN 978-80-247-1163-8

[5] OCULUS: Instruction Manual pro zkušební obrubu Oculus UB4

[6] [online], [cit. 2013-02-04] dostupné z:
http://en.wikipedia.org/wiki/Accommodation_%28eye%29

[7] SBÍRKA ZÁKONŮ 100/2012 [online], [cit. 2013-02-04]
http://scoo.cz/wp-content/uploads/2011/07/Sbirka-zakonu-c.-100_2012.pdf

[8] RUTRLE, Miloš: *Přístrojová optika*, NCO NZO (IDV PZ), 2000, ISBN10: 80-7013-301-5

[9] [online], [cit. 2013-04-15] dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/LogMAR_chart

[10] TOPCON [online], [cit. 2013-04-17] dostupné z: <http://obchod.geodis.cz/file/146/>

[11] TOPCON: instruction manual pro projekční optotyp Topcon ACP-8

[12] EFRON, Nathan: *Optometry A - Z*, 1. vydání, Butterworth-Heinemann, 2007, ISBN 10: 0750649135

[13] Haberand, Tomáš: [online], [cit. 2013-04-20] dostupné z:
http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2009_04.pdf

[14] [online], [cit. 2013-05-25] dostupné z: <http://www.bibonline.co.uk/wp-content/uploads/2011/09/BiB-Refraction-Equipment-Catalogue.pdf>

[15] TOPCON: instruction manual [online], [cit. 2013-05-22], dostupné z:
<http://obchod.geodis.cz/file/147/>

[16] [online], [cit. 2013-06-12] dostupné z:
<http://www.aldebaran.cz/studium/fyzika/optika.html>

- [17] PLUHÁČEK, František: *Normální binokulární videní*, studijní materiály UP
- [18] PLUHÁČEK, František: *Korekce zraku I., II.*, studijní materiály UP
- [19] [online], [cit. 2013-06-15] dostupné z:
<http://www.opticianonline.net/assets/getAsset.aspx?ItemID=6229>
- [20] TOPCON [online], [cit. 2013-06-16], dostupné z: <http://obchod.geodis.cz/file/724/>
- [21] [online], [cit. 2013-06-20] dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Barva>
- [22] TOPCON: instruction manual pro manuální foropter VT-10
- [23] VANČUROVÁ, J., AUTRATA, R.: *Nauka o zraku*, 1. vyd., Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví 2002, ISBN 80-7013-362-7
- [24] KVAPILÍKOVÁ, Květa: *Anatomie a embryologie oka*, Vydal:Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, ISBN 80-7013-313-9
- [25] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3*. Praha : Grada, 2004. 692 s. ISBN 80-247-1132-X
- [26] CASILLAS, Elizabeth: Comparison of Subjective Heterophoria Testing With a Phoropter and Trial Frame [online], [cit. 2013-06-26]dostupné z http://journals.lww.com/optvissci/Fulltext/2006/04000/Comparison_of_Subjective_Heterophoria_Testing_With.10.aspx

Obrázky:

- (1) [online], [cit. 2013-04-06] dostupné z:
<http://www.billert.onlinehome.de/fehlsichtigkeiten.htm>
- (2) vlastní tvorba
- (3) [online], [cit. 2013-05-08] dostupné z:
http://www.karmen.20m.com/Slike/Minimum_separabile.jpg
- (4) [online], [cit. 2013-05-09] dostupné z: <http://jablkon.eu/jbl/wp-content/gallery/prodej-optotypy/complete.gif>
- (5) [online], [cit. 2013-05-09] dostupné z: <http://img.mf.cz/069/617/a.jpg>
- (6) [online], [cit. 2013-05-29] dostupné z: <http://www.wisegeek.org/what-is-high-astigmatism.htm#>
- (7) [online], [cit. 2013-06-15] dostupné z:
<http://www.opticianonline.net/assets/getAsset.aspx?ItemID=6229>
- (8) [online], [cit. 2013-06-22] dostupné z: http://leccos.com/pics/pic/oko-_schema_.jpg
- (9) [online], [cit. 2013-06-25] dostupné z:
<http://obchod.geodis.cz/uploads/gallery/detail/1404.jpg>
- (10) vlastní tvorba s využitím zdroje [online], [cit. 2013-06-20] dostupné z:
http://www.calcoastophthalmic.com/images/topcon_CVsystem.jpg
- (11) TOPCON: instruction manual pro manuální foropter VT-10

Tabulky:

- (1) vlastní tvorba s využitím: KUCHYNKA, Pavel: *Oční lékařství*, 1. vyd. Praha, Grada 2007, ISBN 978-80-247
- (2) vlastní tvorba

Protokol pro záznam z vyšetření

Pacient č.	Příjmení, jméno:			
věk:				
anamnéza:				
současná korekce:	PO:	SPH:	CYL:	AX:
	LO:	SPH:	CYL:	AX:
nová korekce foropter:	PO:	SPH:	CYL:	AX:
	LO:	SPH:	CYL:	AX:
nová korekce vyš. obruba:	PO:	SPH:	CYL:	AX:
	LO:	SPH:	CYL:	AX:

$V_{\text{naturální}}$:	PO:
	LO:
	BINO:
V_{foropter} :	PO:
	LO:
	BINO:
$V_{\text{vyš. obruba}}$:	PO:
	LO:
	BINO:
$V_{\text{foropter č.}}$:	PO:
	LO:
	BINO:
$V_{\text{vyš. obruba č.}}$:	PO:
	LO:
	BINO: