

MASARYKOVA UNIVERZITA

LÉKAŘSKÁ FAKULTA



**VYŠETŘOVÁNÍ ZRAKOVÉ OSTROTI A STANOVENÍ OBJEKTIVNÍ A
SUBJEKTIVNÍ REFRAKCE**

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Bc. Libuše Nováková Knollová

Vypracovala:

Štěpánka Korbová

Studijní obor:

Optika a optometrie

Brno, duben 2020

MASARYKOVA UNIVERZITA

LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Katedra optometrie a ortoptiky

ANOTACE

Jméno: Štěpánka Korbová

Obor: Optika a optometrie

Téma práce: Vyšetřování zrakové ostrosti a stanovení objektivní a subjektivní refrakce

Vedoucí práce: Bc. Libuše Nováková Knollová

Rok obhajoby: 2020

Bakalářská práce se zabývá vyšetřováním zrakové ostrosti a metodami stanovení objektivní a subjektivní refrakce. Na začátku práce je popsán vízus, jeho možnosti vyjádření a vyšetření včetně metod hodnocení u dětí a zrakově postižených. Poté jsou uvedeny základní informace o optotypech a optotypových znacích, refrakci oka, fyziologických změnách v průběhu života a refrakčních vadách, včetně popisu vhodně zvolené korekce. Důležitou částí jsou kapitoly zabývající se metodami objektivního a subjektivního vyšetřování, které obsahují jak postupy, tak základní testy využívané během refrakce.

Klíčová slova: Zraková ostrost, optotypy, refrakce, refrakční vady, subjektivní vyšetření, objektivní vyšetření

MASARYK UNIVERSITY

FACULTY OF MEDICINE

Department of Optometry and Orthoptics

ANNOTATION

Name: Štěpánka Korbová

Specialization: Optics and optometry

Theme of the work: Examination of visual acuity and determination of objective and subjective refraction

Leader of the work: Bc. Libuše Nováková Knollová

Year of defense: 2020

The bachelor thesis deals with the examination of visual acuity and methods of determination of objective and subjective refraction. At the beginning of the thesis is described the visus, its expression and examination including methods of evaluation in children and visually impaired. Then are stated the basic information about optotypes and their symbols, eye refraction, physiological changes and refractive errors, including a description of an appropriately selected correction. An important part is the chapters dealing with methods of objective and subjective examination, which contain both procedures and basic tests used during refraction.

Key words: Visual acuity, optotypes, refraction, refractive errors, subjective examinations, objective examinations

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vyšetřování zrakové ostrosti a stanovení objektivní a subjektivní refrakce vypracovala samostatně s použitím literatury, která je uvedena na konci práce.

Souhlasím, aby práce byla zpřístupněna dalším studijním účelům.

V Brně, duben 2020

.....

Štěpánka Korbová

Poděkování:

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu Bc. Libuši Novákové Knollové za cenné rady, věcné připomínky, odborné vedení a pomoc při zpracování bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD	10
1. Zraková ostrost.....	11
1.1. Vyjádření zrakové ostrosti	12
1.2. Vyšetřování vízu.....	12
1.1.1. Vyšetřování vízu u dětí	12
1.1.2. Vyšetřování vízu u zrakově postižených.....	13
1.3. Hodnocení výsledků	14
2. Optotypy	15
2.1. Základní kritéria	15
2.2. Optotypové znaky.....	16
2.2.1. Landoltův kruh	16
2.2.2. Pflügerovy háky.....	17
2.2.3. Schoberovy optotypy	17
2.2.4. Obrázkové optotypy.....	17
2.3. ETDRS (Early Treatment Diabetic retinopathy Study) optotypy.....	18
2.4. Optotypové tabule na blízko	19
2.4.1. Jägerovy tabulky.....	19
2.4.2. Tabule logMAR ETDRS	19
2.4.3. Snellenova tabule.....	20
2.5. Typy provedení optotypů.....	20
2.5.1. Tištěné.....	21
2.5.2. Světelné.....	21
2.5.3. Projekční	21
2.5.4. Digitální.....	22
3. Refrakce oka	23
3.1. Refrakce rohovky	23
3.2. Refrakce čočky	24
3.3. Fyziologické změny refrakce	24
4. Refrakční vady.....	26
4.1. Hypermetropie.....	27
4.1.1. Korekce hypermetropie	28
4.2. Myopie.....	28
4.2.1. Korekce myopie.....	29
4.3. Astigmatismus.....	29
4.3.1. Korekce astigmatismu.....	30
5. Objektivní refrakce.....	32
5.1. Skiaskopie.....	32

5.2.	Retinoskopie.....	33
5.3.	Oftalmoskopie	35
5.3.1.	Přímá oftalmoskopie	35
5.3.2.	Nepřímá oftalmoskopie.....	35
5.4.	Refraktometrie.....	36
6.	Autorefraktometry	39
6.1.	Vývoj	39
6.2.	Metody výsledných měření	40
6.2.1.	Přímá metoda.....	41
6.2.2.	Scheinerova metoda	41
6.2.3.	Metoda s odklonem paprsků.....	41
6.2.4.	Metoda srovnávání velikosti obrazů	41
6.2.5.	Stínová metoda	42
6.2.6.	Metoda retinoskopie.....	42
6.3.	Modifikace autorefraktometrů.....	42
6.3.1.	Autorefrakto – keratometr	42
6.3.2.	Autorefrakto – kerato – tonometr	43
6.3.3.	Autorefrakto – topo – keratometr	44
6.3.4.	Autorefrakto – kerato – tono – pachymetr	44
6.3.5.	Autorefrakto – topo – abero – pupilometr.....	45
6.3.6.	Plusoptix.....	45
6.4.	Využití autorefraktometrů v optometrii	46
7.	Subjektivní refrakce	47
7.1.	Sada zkušebních čoček	47
7.1.1.	Zkušební obruba	48
7.2.	Foropter.....	49
7.2.1.	Výhody a nevýhody foropteru	50
8.	Postup při subjektivní refrakci	52
8.1.	Předběžná (nejlepší) sféra	52
8.1.1.	Korekce hypermetropie	53
8.1.2.	Korekce myopie.....	54
8.2.	Astigmatická korekce	54
8.2.1.	Metoda JZC	55
8.2.1.1.	Předběžná osa.....	56
8.2.1.2.	Definitivní osa.....	56
8.2.1.3.	Síla cylindru.....	57
8.2.2.	Zamlžovací metoda.....	58
8.3.	Jemné sférické dokorigování.....	59

8.3.1.	Duochromatický test	59
8.3.2.	Metoda max +/min -	61
8.4.	Binokulární vyvážení	61
8.4.1.	Bichromatické testy	62
8.4.1.1.	Cowenův test	62
8.4.2.	Zamlžovací metody	63
8.4.2.1.	Humphriss metoda	63
8.4.3.	Polarizované testy	63
8.4.3.1.	Dvouřádkový test (Schultzeho test)	63
8.4.3.2.	Osterbergův test	64
8.4.4.	Disociační vertikální prizma	64
8.5.	Binokulární nejlepší sféra	65
9.	Korekce do blízka	66
9.1.	Metoda subjektivně stanovené adice	66
9.2.	Tabulková metoda	67
9.3.	Výpočet adice	67
9.4.	Mřížkový test za pomoci zkříženého cylindru	68
9.5.	Ověřovací metody přidavku do blízka	68
9.5.1.	Červeno-zelený test	68
9.5.2.	Využití $\pm 0,25 D$	69
9.5.3.	Interval ostrosti	69
ZÁVĚR	.....	71
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	.....	72
Seznam obrázků	.....	72
Seznam tabulek	.....	74
SEZNAM LITERATURY	.....	75
INTERNETOVÉ ZDROJE	.....	76
ZDROJE POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK	.....	80
Zdroje použitých obrázků	.....	80
Zdroje použitých tabulek	.....	86

ÚVOD

Zrak je jedním z nejdůležitějších smyslů člověka, jehož správná funkce mu pomáhá prožít kvalitní a plný život. Zprostředkovává přes 80 % všech informací a podnětů z okolního prostředí, což dokazuje jeho význam. Na rozdíl od ostatních orgánů, které slouží bezprostředně hned po narození, dítě získává prostřednictvím zraku jen malé množství informací. Vývoj vidění je složitý a komplexní proces, který se upevňuje během několika let. Určující hodnoty pro refrakci oka jako například předozadní délka oka, lomivost čočky a rohovky, se významně mění v prvních měsících a letech vývoje dítěte a nezůstává konstantní ani po ukončení růstu těla kolem 20. roku života. Také zraková ostrost není konstantní. Nejprve narůstá, s nabývajícím věkem však postupně dochází ke snižování. Nelze opomenout fakt, že snížená zraková ostrost může být handicapem nejen v osobním, ale také v profesním životě. Proto je správná a včasná korekce důležitým úkolem, který může zkvalitnit mnoha lidem život. Je tedy důležité, aby optometrista měl jak teoretické, tak praktické znalosti a dovednosti a byl schopen určit správnou refrakci a následnou korekci, která odpovídá individuálním požadavkům klienta a nárokům na vidění.

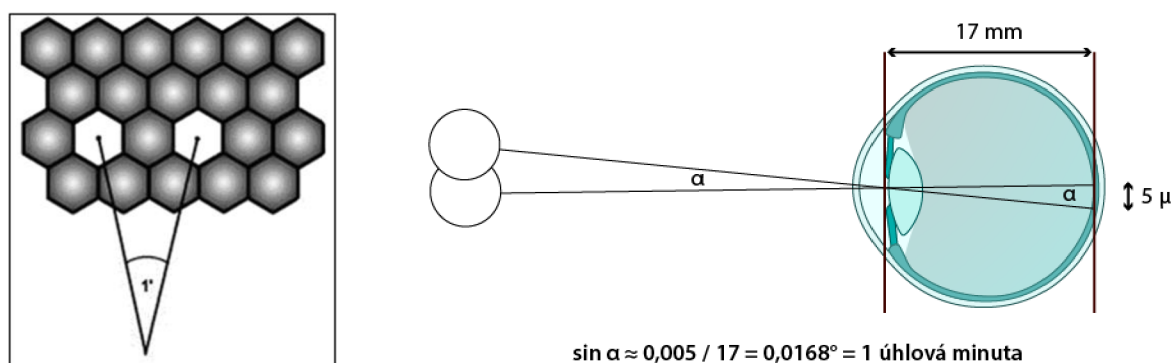
Cílem mé bakalářské práce je definovat zrakovou ostrost a představit možnosti vyjádření a vyšetření. Dále popsat metody objektivní a subjektivní refrakce, včetně postupů a základních testů využívaných během refrakce. Každá část je popsána a blíže představena v jednotlivých kapitolách společně s kapitolami souvisejícími s touto problematikou.

1. Zraková ostrost

Zrakovou ostrost neboli vízus lze definovat jako schopnost oka rozeznávat od sebe dva nejbližší ležící body dopadající na sítnici. Vízus je psychofyzikální veličina, kterou se zjišťuje rozlišovací schopnost oka a kvalifikuje se výkon zrakového aparátu. Zraková ostrost je určována jak stavem optického systému oka, tak i stavem sítnice, zrakové dráhy a zrakových center. Ovlivňována je faktory fyziologickými (adaptace, rozložení smyslových elementů), fyzikálními (vadami optického systému) a psychologickými (kontrast, pozornost). Na kvalitu zrakové ostrosti má vliv také intenzita osvětlení. Při zvyšování do 100 luxů kvalita stoupá, do 1000 luxů zůstává konstantní a při vyšší intenzitě vlivem oslnění klesá. [1,9,10,11]

Aby se dva objekty zobrazily odděleně musí paprsky dopadající na sítnici svírat úhel jedné minuty (minimum separabile). To znamená, že dva sblízkující se body jsou viděny jako dva, pokud se zobrazí ve žluté skvrně na dvou čípcích ob jeden, kdy čípek mezi zůstává nepodrážděn. Jedná se o tzv. rozlišovací schopnost oka. Průměr čípku ve žluté skvrně je 0,004 mm. Při vzdálenosti sítnice a obrazového uzlového bodu 17 mm odpovídá úhlová vzdálenost dvou ještě rozlišitelných bodů 0,0003 rad, což je přibližně 1' zorného úhlu. [1,9,12]

Zraková ostrost klesá směrem od centra k periférii. To je způsobeno větší vzdáleností mezi smyslovými elementy a difuzním přepojením tyčinek a čípků (na jedno odvodné vlákno je připojeno více smyslových buněk). V periférii je zraková ostrost až 20x nižší. U dětí a mladistvých je vidění lepší než 100 %. Věkem, fyziologickými a patologickými změnami v průhlednosti optických prostředí se vízus snižuje. [1]



Obr. 1 a 2 Minimum separabile

1.1. Vyjádření zrakové ostrosti

Jako první definoval pojem zraková ostrost v roce 1861 F. C. Donders jako schopnost zrakového systému rozeznávat drobné detaily objektů, a především jako schopnost číst drobná kontrastní písmena. Nejprve stanovil pro „standardní oko“ schopnost rozlišovat písmena vysoká 5'. Poté posuzoval oko pacienta podle velikosti znaků potřebné k rozeznání oproti „oku standardnímu“. Z toho vychází vztah $V = 1/$ nutné zvětšení.

Dnes se nejčastěji využívá matematického vyjádření ve tvaru zlomku, kdy v čitateli je uvedena základní vyšetřovací vzdálenost a ve jmenovateli vzdálenost, z níž se kritérium nejmenšího znaku, který přečte vyšetřovaný, jeví pod úhlem 1'. Nicméně se hodnota obvykle uvádí v desetinných číslech, nikoliv zlomkem. Stupně vízu jsou vyjadřovány na základě aritmetického nebo logaritmického odstupňování. [9,13,14]

1.2. Vyšetřování vízu

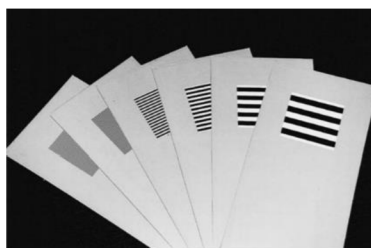
Vyšetření vízu je nedílnou součástí subjektivní refrakce, která vyšetřujícímu pomáhá stanovit správnou diagnózu refrakční vady a následnou optimální volbu sférocyklindrické korekce. Je třeba zjistit stupeň zrakové ostrosti jak naturálně, tak s vlastní korekcí pro zjištění, na jaké hodnoty vízu je pacient zvyklý a adaptovaný. Zhodnocení se provádí jak do dálky, tak do blízka. Subjektivní zjišťování zrakové ostrosti probíhá pomocí skupiny obrazců zvaných optotypy (viz. kapitola 2). Stanovení vízu se provádí do dálky monokulárně ze vzdálenosti 5–6 m, což je minimum k vyloučení akomodace. Zkouška vidění do blízka se provádí za pomoci optotypů do blízka, Jägerových čtecích tabulek nebo tabulí logMAR ETDRS na standardní vzdálenost 30, resp. 40 cm. S tímto souvisí konvenční zraková vzdálenost, což je vzdálenost, v níž lze pozorovat (číst, psát,) bez větší námahy. Konvenční zraková vzdálenost se označuje l a rovná se 25 cm, pod tuto hodnotu je vidění namáhavé a kvůli maximální akomodaci se oko brzy unaví, proto by měla být pracovní vzdálenost ve větší vzdálenosti. [2,9,10]

1.1.1. Vyšetřování vízu u dětí

Během vyšetřování vízu u dětí je velmi důležité zdůraznit a zajistit zakrytí nevyšetřovaného oka, nejlépe náplastovým okluzorem. Dětský pacient ve snaze potěšit a být pochválen se často uchyluje ke švindlování. Právě neochota zakrýt si jedno oko by mohla být prvním signálem, že něco není v pořádku. Vždy se vyšetřuje nejprve vízus bez korekce a poté i s korekcí v případě, že dítě již brýle nosí. Optotypové znaky se volí podle věku a schopností dítěte. Musí se brát v potaz, že děti jsou velmi vynalézavé a mají dobrou paměť, proto by se měly zvláště u dětí školního věku znaky na optotypech měnit, aby nedošlo k snadnému zapamatování. Dětský pacient by měl být

na vyšetření zrakové ostrosti dobře připraven, proto je dobré, pokud ho rodiče naučí pojmenovávat obrázky nebo směr otočení pomocného E (Pflügerovy háky).

Do 3 let je vyšetřování vízu pouze orientační. Avšak je zapotřebí i v tomto věku vyšetřovat každé oko zvlášť. Prvotně se nabízí barevné kuličky či hračky a pozoruje se reakce na nabízenou věc. U kojenců a batolat cca od třetího měsíce života se v dnešní době již využívá metody preferential looking, což je objektivní metoda vyšetřování zrakové ostrosti. Je to experimentální diagnostická metoda, která je založena na upřednostňování pohledu na zrakově zajímavější plochu. K těmto testům patří Tellerovy karty, Cardiffovy karty a Lea Gartings. Každý test má svoji stupnici kvality zrakové ostrosti a normy pro daný věk dítěte. [16,17]



Obr. 3 Tellerovy karty

Od třetího roku se využívají obrázkové optotypy, Pflügerovy háky nebo Landoltovy kruhy. Obvyklý vízus tříletého dítěte je 6/12 nebo 6/9 (velikost bulbu je jiná než v dospělosti, v tomto věku cca 22-22,5 mm). Až pětileté a starší dítě by mělo dosahovat vízu 6/6. U školních dětí se již mohou využít Snellenovy optotypy (čísllice, písmena).

Správné vyšetření zrakové ostrosti u dětí je velmi důležité. Může totiž dojít k rozpoznání amblyopie nebo jiných závažných onemocnění. [16,17]

1.1.2. Vyšetřování vízu u zrakově postižených

Vyšetřování vízu na běžných optotypech není u zrakově postižených osob vhodné. Proto byly zkonstruovány optotypy na vzdálenost 1–2 m, jejichž velikost znaků je této vzdálenosti přizpůsobena. Tyto optotypy jsou vyráběny firmami Zeiss a Eschenbach. Mají tvar stolního kalendáře a jsou tištěny černou barvou jako klasické optotypy na plastové bílé podložce. K binokulárním tabulkám jsou dodávány i polarizační brýle, které umožňují pozorování textu oběma očima. [2,3,18]

Pokud je vízus snížen natolik, že pacient nerozpozná ani největší optotypový znak, je nutné zvolit jinou vyšetřovací metodu:

- **Prstový test** – při tomto testu se zkouší rozeznávání prstů na tmavém pozadí, kdy musí pacient určit, kolik prstů vyšetřující ukazuje. Nejprve se vyšetřovací vzdálenost rovná 1 m, potom se pomalu zvyšuje. Nevidí-li pacient na 1 m, vzdálenost se naopak snižuje. Vízus se udává v metrech, například pacient počítá prsty na 1,5 metru.
- **Pohybový test** – pokud pacient nerozezná počet prstů, zkouší se vnímání pohybu ruky před okem
- **Světelný test** – nevnímá-li ani pohyb, vyšetřuje se reakce na světlo a tím i světelná projekce, která je důležitým ukazatelem funkčního stavu sítnice. Dochází k osvitu z různých úhlů a pacient musí určit směr, odkud paprsky přichází. Pokud nevnímá ani světlo, jedná se o úplnou slepotu. [2,3,18]

1.3. Hodnocení výsledků

Hodnocení výsledků měření je obvykle prováděno dvěma metodami: celořádkovou nebo prahovou interpolační metodou. Prahovou interpolační metodou se testuje tzv. prahový vízus, který ukazuje nejmenší zorný úhel kritického detailu optotypu, který pacient ještě přečte. Prahová veličina je určena takovou hodnotou, na které je v opakovaných pokusech získáno 50 % správných odpovědí. U Landoltových kruhů je obsaženo pouze 8 pozic, proto pravděpodobnost uhodnutí je asi 12,5 %. Správná hodnota prahového podnětu po použití vzorce $12,5 \% + (100 \% - 12,5 \%) / 2$ se rovná 56,25 %, po zaokrouhlení 60 %. Tedy výsledný vízus se rovná hodnotě řádku, kde bylo určeno 60% správných poloh. U celořádkové metody musí vyšetřovaný dosáhnout 100% úspěšnosti, což znamená přečíst celý řádek. Tato metoda není zcela správná, v praxi však častěji využívána.

Během korekce je snaha dosáhnout co nejlepšího vízu. Refrakce nikdy nekončí při dosažení vízu 6/6, pokud je potenciál k dosažení vyšší hodnoty. Je však nutno podotknout, že ne každému pacientovi vyhovuje zraková ostrost větší nebo rovna 1,0. U některých pacientů nelze požadované zrakové ostrosti ani s nejlepší subjektivní korekcí dosáhnout například z důvodu poruchy ve vývoji JBV končící tupozrakostí, zrakového postižení nebo degenerativních změn v oblasti makuly (např. VPMD). Příčinou mohou být také patologické stavy související s celkovými postiženími (diabetes, hypertenze) nebo sníženou transparentností optických médií. [9,10,15]

2. Optotypy

Jak již bylo řečeno zraková ostrost se subjektivně měří pomocí skupiny obrazců zvaných optotypy. Nejznámější a v současné době stále nejpoužívanější jsou Snellenovy optotypy, které jsou sestaveny z písmen a číslic. Jsou zhotoveny tak, že písmena (číslice či jiné znaky) jsou zakreslena do čtverce, který se z určité vzdálenosti zobrazí na sítnici pod zorným úhlem 5 úhlových minut. Tloušťka čar znaku se rovná jedné pětině strany čtverce a tím odpovídá 1 úhlové minutě. Každý ze segmentů se tedy zobrazí na sítnici pod úhlem jedné minuty. Tím odpovídá struktura Snellenových optotypů minimu separabile. Podle těchto zásad jsou v podstatě zkonstruovány i Landoltovy kruhy, Pflügerovy háky a obrázkové optotypy pro děti.

Optotypové znaky mají zpravidla sedm až devět řádků uspořádaných sestupně, tedy v nižším řádku je velikost znaků menší než v předchozím. Každý řádek je označen hodnotou, která určuje vzdálenost v metrech, ze které má emetropické oko rozeznat znaky. To tedy znamená, že pro každou vyšetřovací vzdálenost je velikost znaků jiná, odpovídá však stejnému zornému úhlu 5', resp. 1' pro šířku linií. [4,9]

Optotypy na dálku bývají zkonstruovány na 5 nebo 6 m. Znaky pro vzdálenost 6 m jsou vypočítány na 60, 36, 24, 18, 15, 12, 9, 6, 4 a na pětimetrovou vzdálenost na 50, 30, 15, 10, 7, 5, 4 a 3 metry. [4]

2.1. Základní kritéria

Minimum separabile

Minimum separabile je rozlišovací schopnost oka, která udává prahové rozlišení dvou bodů ležících vedle sebe. Předpokladem je, aby byl sítnicový obraz těchto bodů oddělen alespoň jedním světločivným elementem. [9,14]

Minimum cognibile

Jde o práh pro rozlišení symbolů. Má největší podíl na rozpoznání určitého znaku optotypu. [9,14]

Minimum legibile

Je práh pro schopnost číst tišení text a porozumět mu. Minimum legibile se uplatňuje hlavně u optotypů do blízka, kde je využívána především textová složka. [9,14]

Minimum visibile

Jde o prahovou hodnotu rozlišitelnosti předmětu v základním kontrastu. Kontrast jasu u optotypu je dán rozdílem mezi jasem plochy vlastního znaku a bezprostředního okolí optotypu dělený součtem jasů obou ploch. Kontrast by měl být větší než 0,8. [9,14]

Minimum perceptibile

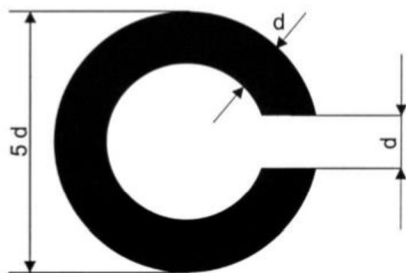
Minimum perceptibile je schopnost vnímat nejslabší světelné podněty okem. Je závislý na stavu adaptace. [9,14]

2.2. Optotypové znaky

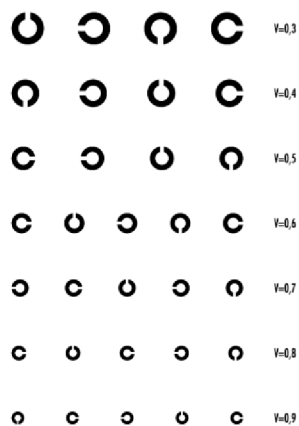
Kromě písmen a číslic se využívají Pflügerovy háky, Ladoltovy kruhy a obrázky pro děti. Všeobecné požadavky na koncepce optotypů vyžadují jednoduchost a obecnou srozumitelnost černých znaků na bílém podkladě. Jedním z velmi důležitých faktorů je samotný kontrast optotypů. [4,9,14]

2.2.1. Landoltův kruh

Je to znak připomínající písmeno C vepsané do čtvercové sítě o velikosti 5x5 jednotek. Tloušťka čar a šířka mezery je znázorněna jako 1/5 celkové velikosti znaku. Je tedy tvořen neuzavřeným mezikružím, jehož chybějící část odpovídá zornému úhlu jedné minuty. Znaky jsou uspořádané tak, že jejich výřez směřuje do pozic horizontálních, vertikálních i šikmých, tedy do 8 různých poloh. Polohy horizontální a vertikální by se měly vyskytovat minimálně v 50 %. Landoltův kruh lze považovat za neobjektivnější znak a je též uznán jako jediný normovaný znak předepsaný pro mezinárodně uznávané znalecké zkoušky. Aby plně odpovídal normě musí být dodržen i jas zkušebního prostředí, pozadí optotypů se musí jevit jako stejnoměrně jasné. [4,9,14]



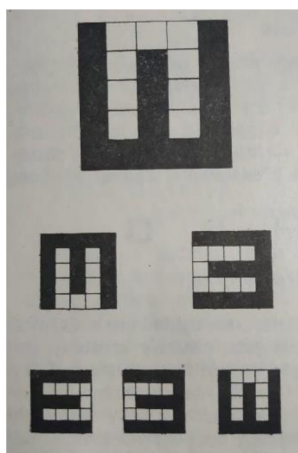
Obr. 4 Landoltův kruh



Obr. 5 Landoltovy kruhy

2.2.2. Pflügerovy háky

Pflügerovy háky jsou znaky podobné písmenu E. Jsou sestavené ze tří kratších čar a jedné delší a na optotypovém řádku jsou uspořádány do různých směrů. Pacient musí určit jejich polohu, to znamená, kam směřuje neuzavřená strana znaku. Nevýhodou Pflügerových háků je, že nabízejí pouze čtyři polohy, a tím je pravděpodobnost uhodnutí 25 %. Tento typ se používá hlavně u dětí, analfabetů a cizinců, kteří neovládají místní jazyk. Jako pomůcka může sloužit model znaku na plastovém držadle, který se dá natáčet dle směru znaku, nebo i prsty pacienta, které stáčí do příslušné polohy. [4,9,14]



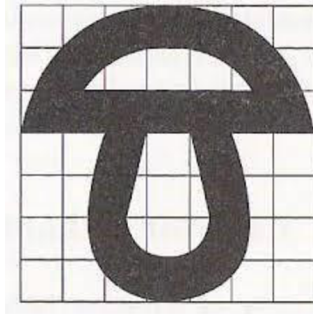
Obr. 6 Pflügerovy háky

2.2.3. Schoberovy optotypy

Tyto znaky patří v dnešní době mezi nejpoužívanější. Schoberovy znaky využívají jak písmen, tak i čísel, jejichž velikostní poměr výšky a šířky je 7:5 či 7:4. Tloušťka čar se rovná jedné sedmině výšky, jsou tedy vyšší a štíhlejší, oproti normovaným znakům jsou o 6-10% vyšší a tloušťka čáry o 24-27 % tenčí. Písmena a čísla zakreslená podle těchto zásad se nejvíce přibližují přirozenému kaligraficko-vizuálnímu vjemu. [4,9,14]

2.2.4. Obrázkové optotypy

Pro předškolní děti nejsou vhodné optotypy s číslicemi či písmeny, proto se využívá obrázků, které jsou pro ně dobře rozeznatelné. Je však obtížné přesně dodržet zásadu čtverce kvůli zachování charakteristického znaku. Proto jsou různými autory řešeny jinak. U optotypů naší výroby jsou znaky zakresleny obrysově (bez plné siluety). Výška pro jednotlivé vyšetřovací vzdálenosti odpovídá úhlu pěti minut; šířka obrázku je volena podle výšky tak, aby byly úměrné skutečnému předmětu a tloušťka čar je rovna jedné sedmině výšky. Celkem se využívá sedmi znaků: kolo, stůl, srdíčko, houba, židle, dům, čtverec. [4,9,14]



Obr. 7 Znak obrázkového optotypu

2.3. ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study) optotypy

Tabuli logMAR vyvinuli v roce 1976 Ian Baily a Jan Lovie. Obsahovala 5 znaků na jednom řádku a byla založena na logaritmické progresi. Oficiálně byla použita v roce 1982 v rámci Ferriseovy studie s názvem *Early Treatment Diabetic Retinopathy Study*, ze které je odvozen název *ETDRS*. Optotypy tohoto typu obsahují vždy 14 řádků po 5 znacích, tím pádem mají stejnou čitelnost. Jejich výhodou je, že jsou normované. Obvykle se používají Landoltovy znaky a tzv. Sloanovy znaky. Podle logaritmické progresse má každý znak hodnotu 0,02 logMAR (Minimal Angle of Resolution – minimální úhel rozlišení), díky tomu lze interpolovat jednotlivé znaky a tabule splňuje tzv. Weber-Fechnerův zákon¹.

Při subjektivní refrakci se většinou optotypy tohoto typu nevyužívají, svoje uplatnění nacházejí spíše při klinických studiích. Důvodem je pravděpodobně delší doba potřebná při vyšetření a složitější výpočet zrakové ostrosti.

Při logaritmickém zápisu odpovídá průměrné zrakové ostrosti tzv. standardního oka hodnota logMAR 0, tedy decimálně 1,0. Stanovení vízu se obvykle provádí tak, že pacient čte jednotlivé znaky od největších po nejmenší. Pokud se například zastaví na řádku 0,1, spočítají se ještě přečtené znaky na tomto řádku a odvodí se hodnota zrakové ostrosti (pokud přečetl pouze jeden, hodnota zrakové ostrosti je 0,18 logMAR; pokud dva, hodnota je 0,16 logMAR; atd.)

Jak již bylo řečeno, vyhodnocování hodnoty logMAR je složité, nepraktické a časově náročné, navíc se lze dostat do záporných hodnot. Proto se zavedl systém VAR (Visual Acuity Rating), kdy správně přečtený řádek 6/6 je VAR=100. jednotlivé znaky představují hodnotu 1. pokud tedy pacient přečte na řádku 6/6 špatně dvě písmena, pak je hodnota VAR= 100–2= 98,

¹ Weber-Fechnerův zákon říká, že změna subjektivního vjemu je úměrná relativní změně fyzikální veličiny, která subjektivní podnět způsobuje

přečte-li však tři znaky na následujícím řádku, hodnota VAR se rovná 103. Tímto se zabránilo možnému postupu do minusových hodnot, i přesto se však zachoval princip výsledků na bázi logMAR. [9,10,14]

V zlomkem	V des. č.	Log MAR	VAR
6/60	0,10	1,0	0
6/48	0,125	0,9	10
6/38	0,16	0,8	20
6/30	0,20	0,7	30
6/24	0,25	0,6	40
6/19	0,32	0,5	50
6/15	0,40	0,4	60
6/12	0,50	0,3	70
6/9,5	0,63	0,2	80
6/7,5	0,80	0,1	90
6/6	1,00	0,0	100
6/4,75	1,25	-0,1	110
6/3,75	1,60	-0,2	120
6/3	2,00	-0,3	130



Obr. 8 Odstupňování hodnot zrakové ostrosti

Obr. 9 Tabule ETDRS

2.4. Optotypové tabule na blízko

Vyšetřování vízu do blízka je nedílnou součástí subjektivní refrakce, zvláště při stanovování přídavku do blízka neboli adíce. Ke stanovení hodnoty velikosti čteného textu se kromě klasického decimálního a logaritmického vyjádření používá nejčastěji mezi odbornou veřejností Jägerův zápis.

Většina testů na blízko využívá text podobný novinám, knihám apod., často však bývá na optotypu kontrastnější. Při vyšetřování by měla být místnost dostatečně osvětlená. [9,14]

2.4.1. Jägerovy tabulky

Jägerovy tabulky jsou tištěné tabulky textu, které jsou členěny do jednotlivých odstavců různé velikosti. Každý odstavec je označen pořadovým číslem, zápis je uveden velkým písmenem J a číslem daného řádku, například J2 při 40 cm. [43]

2.4.2. Tabule logMAR ETDRS

V současné době je možné využít i optotypy s logaritmickou progresí přizpůsobené čtecí vzdálenosti, respektive pracovní. Zápis je shodný jako při vyšetřování zrakové ostrosti do dálka, je však důležité označit vyšetřovací vzdálenost neboli vzdálenost hlavního pracovního bodu. [10]

2.4.3. Snellenova tabule

Snellenova tabule obsahuje také odstavce různých textů, které se podobají novinovému textu. Jejich kritický detail sleduje požadavky na minimum separabile a velikost znaků je uváděna v decimálním vyjádření (například 0,5; 0,8; 1,0). [9,14]

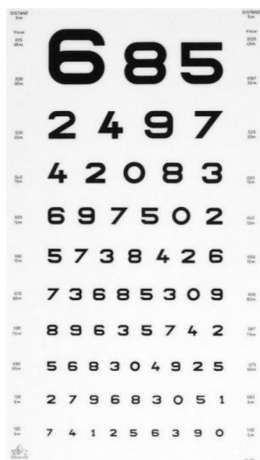
0.37 M	I walked up the street, going about, until near the market house I met a boy with bread I had made near a mill on bread and asked him where he got it, it being good as the others and asked for bread such as he had in Boston. I asked for a more pretty loaf and was told that they had none such, but something	J2
0.50 M	the difference of money and the greater cheapness I had him give the three penny worth of my coat. He gave me three penny worth. I was surprised at the quantity but I took it, and walked off with a mill under my arm. This I walked up Market Street as far as Fourth Street, passing by the house	J3
0.62 M	of Mr. Read, my future wife's father. She, standing at the door, saw me and thought I made a most awkward appearance, as I certainly did. Then I turned and went down Chestnut Street and a part of Walnut Street. Being filled with one of my rolls, I gave the other two to a woman	J4
0.75 M	and her child. By this time the street had many clean and well dressed people in it, all walking the same way. I joined them and was led into the great meeting house of the Quakers. I sat down among them and after looking around a while and hearing nothing said,	J5
1.00 M	I fell fast asleep. This was the first house I was in, or slept in, in Philadelphia. Looking in the faces of people, I met a young man whose countenance I liked, and asked	J7
1.25 M	if he would tell me where a stranger could get lodging. "Here", and he, "is one place that entertains strangers."	J8

Obr. 10 Čtecí tabulky – Snellenův a Jägerův zápis

2.5. Typy provedení optotypů

Existuje široká škála nabízených optotypů, je tedy nutné zvážit jejich dané přednosti, výhody i nevýhody. Je zřejmé, že je nutné brát ohled na prostředí při vyšetřování, ne každý druh optotypu se na každém místě hodí.

Optotypy lze rozdělit do tří hlavních skupin: tištěné, světelné a projekční. Dnes však do těchto kategorií zasahují i nejnovější digitální LCD optotypy. [4,9,14]



Obr. 11 Tištěný číselný optotyp

2.5.1. Tiskné

Tyto optotypy jsou nejjednodušší a také nejlevnější variantou optotypů. Používají se převážně na denním světle, v případě temné místnosti se využívá světelných zdrojů umístěných nejlépe po stranách tak, aby zajistily dostatečné difuzní osvětlení kolem 500 lx, kdy nedochází k oslňování. Jedná se o soubor natištěných tabulek na tvrdém papíru nebo na umělohmotných tabulích. Podklad je čistě bílý a je důležité, aby se takto zachoval. [4,9,14]

2.5.2. Světelné

Světelné optotypy jsou i po nástupu mladší varianty LCD optotypů stále velmi využívány. Ve vyšetřovacích místnostech se nejčastěji jedná o světelnou skříň, kde jsou znaky vytvořeny fotografickou metodou na průhledných fóliích, které jsou následně nalepeny na mléčné sklo, které je podsvíceno světelnými zdroji. Čelní deska poskytuje dostatečně vysoký kontrast znaků a jas testovaného pole bez nežádoucích oslňujících účinků. Nejvíce rozšířené jsou světelné optotypy, které nabízejí kompletní sadu zkušebních znaků na jediném neděleném světelném poli. V novějších verzích se setkáváme s tzv. řádkovými optotypy, kde se řádky rozsvěcují postupně, což zajišťuje, že se pacient soustředí pouze na daný řádek. Světelné optotypy mohou být zhotoveny v několika variantách: optotypy s bočním osvětlením, optotypy s vnitřním osvětlením, optotypy zrcadlové, které se užívají v kratších vyšetřovacích místnostech, a optotypy s řádkovým osvětlením. [4,9,14]

2.5.3. Projekční

Projekční optotypy jsou konstruovány jako běžné diaprojektory, které promítají na speciální stříbrnou plochu. Pacient musí sedět v úrovni projektoru.

Kontrast promítaných znaků závisí na osvětlení místnosti – nemělo by přesahovat 100 lx. K osvětlení testovacího pole je zapotřebí 400 lx, což je o 100 lx méně, než je požadováno u tiskných a o 200 lx méně než u světelných optotypů.

Projekční optotypy nabízejí různé druhy testů (např. polarizační, Worthova světla nebo různé bichromatické testy – červeno-zelený test apod.), které lze měnit pomocí dálkového ovládání, což nabízí pohodlné a jednoduché zacházení. [4,9,14]



Obr. 12 Světelný optotyp



Obr. 13 Projekční optotyp

2.5.4. Digitální

Jak již bylo zmíněno, jedná se o nejnovější verzi optotypů, která nepotřebuje žádný externí počítač ani jiné zařízení. Základem je LCD panel s velmi jemným rozlišením, který lze ovládat pomocí dálkového ovladače nebo přímo z foropteru. Umístění monitoru může být buď na stěně nebo na pracovní ploše stejně jako klasický počítačový. Vyšetřovací vzdálenost lze měnit, což je velkou výhodou u malých vyšetřovacích místností.

Digitální optotypy nejsou závislé na okolním osvětlení, a přesto mají velmi vysokou úroveň jasů, kontrastu a rozlišení. V porovnání s projekčními optotypy poskytují větší množství testů, například Landoltovy kruhy, Pflügerovy háky, ETDRS optotypy, Ishiharovy tabulky, obrázkové optotypy pro děti, Schoberův test, Worthův test, fixační bod atd. Výhodou je i možná instalace testů kontrastní citlivosti a barvocitu. [9,14]

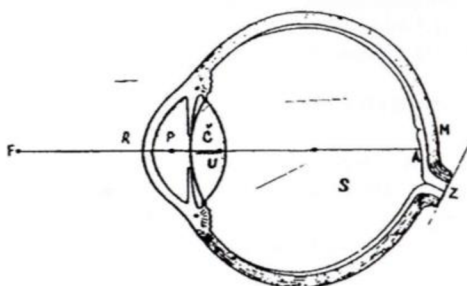


Obr. 14 LCD optotyp

3. Refrakce oka

Refrakci oka definujeme jako poměr mezi axiální délkou oka a lomivostí optických prostředí. Mezi struktury, jimiž proniká paprsek směrem k sítnici, patří přední plocha rohovky, hmota rohovky, zadní plocha rohovky, komorová voda, přední plocha čočky, hmota čočky, zadní plocha čočky a sklivec. Prakticky se však může považovat přední a zadní plocha rohovky za jednu a rohovková hmota může být zanedbána. Index lomu sklivce a komorové vody je přibližně stejný (1,33), proto je lze považovat za jedno prostředí. Tím pádem lze složitý optický systém změnit v jednoduchý, tvořený dvěma prvky: přední plochou rohovky, která je umístěna mezi vzduchem a komorovou vodou, a čočkou.

Podle Gullstrandova schématického modelu je délka oka 24 mm a celková optická mohutnost dosahuje při uvolněné akomodaci hodnoty 58,64 D. Musí se však brát ohled na to, že každé oko je individuální, takže jakékoliv hodnoty nelze vyjádřit exaktně. Například Gullstrandův model zobrazuje vzdálený bod o 0,378 za sítnici, tím pádem by každé „zcela normální“ oko bylo z přísně exaktního hlediska dalekozraké. Tento model se skládá ze šesti lámavých ploch – přední plochy rohovky, zadní plochy rohovky, přední povrchová vrstva čočky, ekvivalentního jádra čočky skládajícího se opět z přední a zadní vrstvy a konečně zadní plochy povrchové vrstvy čočky. [1,19]



Obr. 15 Průřez okem

R – rohovka, P – přední komora, Č – čočka, U – uzlový bod, M – makula, Z – zrakový nerv, FA – optická osa

3.1. Refrakce rohovky

Na rohovce dochází k největšímu lomu paprsků, je tedy nejvíce lomivým prostředím v optickém systému oka. Její optická mohutnost se pohybuje mezi +40 až +45 D. Tato převaha vlivu je způsobena větším rozdílem v indexu lomu vzduchu a komorové vody. Proto, pokud je oko

ponořeno například do vody, která má prakticky stejný index lomu, ostrost vidění se značně snižuje.

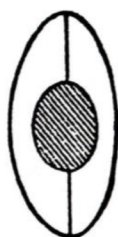
Ve skutečnosti není rohovka sférická, periferní oblasti jsou plošší než centrální. Avšak díky zornici, která omezuje rohovku pouze na centrální část, ji lze považovat za sféru o poloměru zakřivení 8 mm, v případě, že se zanedbá rozdíl v poloměrech křivosti způsobeným tlakem víček ve vertikálním směru, tzv. fyziologický astigmatismus. [1,21]

3.2. Refrakce čočky

Čočka má druhou největší optickou mohutnost v oku, dosahuje asi polovičních hodnot rohovky. Je to způsobeno hlavně tím, že čočka je zepředu obklopena komorovou vodou a vzadu sklivcem, které mají přibližně stejné hodnoty indexu lomu.

Refrakce čočky je komplikována tím, že nemá homogenní strukturu. Je tvořena několika vrstvami, kdy centrálnější vrstvy mají vyšší index lomu než vrstvy periferní. Navíc nejsou přesně koncentrické, čímž je lomivost dále zvyšována. Zevní vrstvy jsou méně zakřivené, centrálně uložené jádro je téměř kulovité, tím pádem platí, že každá vrstva uložená centrálněji působí postupně jako silnější čočka.

Poloměr křivosti přední plochy je asi 10 mm. Je plošší než poloměr zadní plochy, jehož hodnota dosahuje cca 6 mm. Podle Gullstrandova schématického oka je index lomu jádra čočky 1,406, zatímco index lomu periferních vrstev 1,386. Průměrná hodnota je tedy 1,396. Vlivem nehomogenní struktury čočky je refrakční hodnota vyšší. Její celková lomivost je udávána mezi +16 až +20 D. [1,19,20]



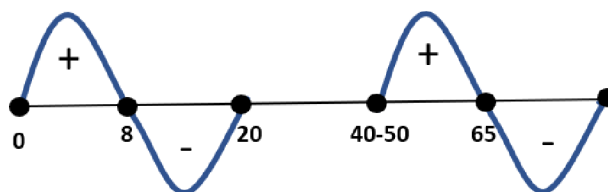
Obr. 16 Struktura čočky

3.3. Fyziologické změny refrakce

Refrakce nemá stálou hodnotu a v průběhu života dochází k jejím fyziologickým změnám. Oko novorozence je dlouhé asi 18 mm, což znamená, že prakticky všechny oči jsou při narození hypermetropické. V průběhu prvních tří let dochází k největšímu růstu. Po ukončení tohoto období

dosahuje délka 23 mm a růst se zpomaluje. Průměrný nárůst mezi 3 a 14 rokem je přibližně 0,1 mm za rok.

V průběhu života se zaznamenávají dvě fáze hypermetropizující a dvě myopizující. Mezi narozením a 8. rokem je první fáze hypermetropizující, po 8. roce dochází k fázi myopizace, která trvá přibližně do 20. roku života. Druhá fáze hypermetropizace nastává mezi 40–50. a 65. rokem a poté následuje opět myopizující fáze. [5,22]



Obr. 17 Fáze fyziologických změn

+ hypermetropizace, - myopizace

Mezi fyziologické změny refrakce řadíme:

- Změny od hypermetropie při narození k emetropii v rané dospělosti
- Absolutní nárůst hypermetropie po 40. roku v důsledku změny tvaru a indexu lomu čočky
- Zdánlivý nárůst hypermetropie spojený s klesající schopností akomodace
- Změna refrakce při vývoji prosté, fyziologické myopie
- Fyziologický astigmatismus se může zmenšovat a ve vyšším věku se měnit na astigmatismus proti pravidlu

K rychlým a značným změnám refrakce mohou vést i oční onemocnění, úrazy, podávání farmak, změny celkového stavu nebo i chirurgický zásah na oku, který může způsobit pooperační astigmatismus. [5,22]

4. Refrakční vady

Za emetropické oko se považuje to, které má vyvážený poměr mezi axiální (předozadní) délkou oka a lomivostí optických prostředí, tedy oko, které v akomodačním klidu spojuje rovnoběžné paprsky s optickou osou po průchodu optickými prostředími v co nejmenším kruhu difúze na sítnici. Podle Gullstranda se rovná optická mohutnost 58,64 D a délka oka 24 mm. V případě, že nejsou paprsky koncentrovány přímo na sítnici jedná se o ametropii. Dopadají-li paprsky za sítnici, jde o hypermetropii, pokud nastane stav, kdy jsou paprsky spojeny již před sítnicí, hovoříme o myopii. V případě, že se nejedná o koncentrický refrakční systém (optický systém nemá ve všech meridiánech stejnou optickou mohutnost) a nevzniká jednoduché ohnisko, refrakční vadou je astigmatismus. [1,3,6]

Refrakční vady lze rozdělit na malé a velké. Zatímco hlavním příznakem velkých očních vad je snížená zraková ostrost a oko již není schopné vadu samo vykompenzovat, u malých ametropií je obvykle dobrý vÍzus a oko samo o sobě je schopno do určité míry vadu vykorigovat. Velké oční vady není obtížné odhalit, klient má v důsledku snížené zrakové ostrosti zhoršené vidění, nedochází však k žádným astenopickým potížím (mohou být navozeny až nesprávnou korekcí – z velké vady se stane malá). Naopak u malých vad, kdy je obvykle vidění normální, je odhalení obtížné a velmi často jsou příčiny potíží hledány jinde. Tím, že je oko schopné malé vady do jisté míry vykompenzovat zvýšeným bezděčným akomodačním úsilím, dochází ke svalovému a nervovému vyčerpání, což způsobuje celou řadu průvodních symptomů. Tedy příčinou obtíží není vada sama o sobě, ale spíše trvalé úsilí, snažící se o korekci vady. Astenopické obtíže lze u malých vad rozdělit do tří kategorií:

- Zrakové
- Oční
- Přídavné

Zraková ostrost je díky kompenzačním mechanismům obvykle dobrá, může však dojít k mlhavému vidění za ztížených podmínek (dlouhodobá práce do blízka, špatné světelné podmínky, dlouhodobé řízení automobilu atd.) nebo dvojitému vidění (rozostření) způsobeném uvolněním napětí ciliárního svalu nebo při zvolnění napětí okoohybných svalů.

Mezi oční obtíže patří pocit tlaku, palčivosti, nepohodlí a pocit cizího tělíska pod víčky, která mohou připadat jako velmi těžká. Odpočinek nebo protření očí způsobuje úlevu, která je však pouze dočasná. Poté může dojít ke skutečné únavě až bolesti očí, zčervenání oka, zvláště

okraje víček bývají zarudlé, zduřelé a často dochází k zánětům okrajů víček a ke vzniku ječných zrn. Bývá přítomné slzení očí a překrvácené spojivky. Klienti mají často ospalý vzhled.

Přídavnými obtížemi bývají bolesti hlavy až migrény, které mohou být lokalizovány do očí, jejich okolí, do hloubky očnic, za oční bulbus, do temene nebo týlní oblasti, a může se šířit až k šíji a ramenům. Bolest přichází často po dlouhodobé práci, může se však objevit i po probuzení. Může být jak lehká a tupá tak prudká, řezavá a šlehavá. Někdy může být spojená s nevolností až zvracením. [1,6]

V případě velkých očních vad je korekce potřebná, malé refrakční vady se korigují pouze v případě, že dochází k obtížím. Korekce může totiž v tomto případě narušit rovnovážný stav a sama vést k astenopickým obtížím.

4.1. Hypermetropie

Hypermetropie neboli dalekozrakost je refrakční vada, u které paralelní paprsky tvoří ohnisko za sítnicí. Daleký bod se u hypermetropického oka nachází na optické ose v konečné vzdálenosti za okem. Blízký bod je na optické ose ve značné vzdálenosti za nebo před okem. Obraz vzniká zamlžený, nezřetelný a menší (z důvodu menší vzdálenosti uzlového bodu). Dalekozraké oko není schopno vidět do dálky ani do blízka bez akomodace.

Ve většině případů jde o vadu osovou, tedy je menší axiální délka oka. Změna délky o 0,34 mm znamená změnu refrakce o 1,0 D. Zkrácení předozadní délky oka málokdy přesahuje 2 mm, proto obvykle nedochází u axiální hypermetropie k hodnotám vyšším než 6,0 D.

Dalekozrakost může být způsobená i zmenšeným zakřivením některé refrakční plochy. Může mít formu vrozenou (cornea plana) i získanou (následek choroby či úrazu). Každá změna poloměru zakřivení rohovky o 1 mm znamená navýšení hypermetropie o 6,0 D.

Indexová hypermetropie vzniká v důsledku snížení indexu lomu čočkové tkáně. Přichází při léčbě diabetu a je příčinou fyziologické dalekozrakosti v presbyopickém věku. Hypermetropie vzniká také při afakii (chybění čočky) nebo při posunutí čočky směrem dozadu (vrozené nebo následek nemoci či úrazu).

Podle obecného rozdělení se totální hypermetropie dělí na latentní a manifestní. Latentní dalekozrakost je skrytá forma, která je vyrovnávána fyziologickým napětím ciliárního svalu. Tato část hypermetropie je odhalitelná v cykloplegii, tedy ve stavu, kdy oko neakomoduje. Cykloplegie je vždy nutná u dětí. Manifestní část se poté ještě dělí na fakultativní, která je zvládnutelná vlastním zvýšeným akomodačním úsilím, a na absolutní, kde již kompenzace bez korekčního skla

není možná. Absolutní hypermetropii určuje nejslabší spojka, se kterou vyšetřovaný vidí ostře do dálky. Rozdíl mezi nejslabší a nejsilnější spojkou, se kterou ještě vidí ostře do dálky, představuje hodnotu fakultativní. Fakultativní dalekozrakost se ve starším věku mění ve formu absolutní. [1,6]

4.1.1. Korekce hypermetropie

Korekce probíhá za pomoci spojných čoček. V případě předškolních dětí je korekce nutná pouze u vysoké vady či při strabismu. U školních dětí je korekce předepisována u vad nad +3,0 D, při astenopických potížích nebo snížené zrakové ostrosti. U vad nad +3,0 D je doporučeno kontinuální nošení. U dětí je důležitá pravidelná kontrola korekce minimálně jednou ročně z důvodu možné hyperkorekce při růstu oka. Mladí hypermetropové dospělého věku zpravidla korekci odmítají. Přibližně kolem 30. roku je vhodné předepsat korekci na blízko, případně i korekce na dálku na trvalé nošení. [6]

4.2. Myopie

Myopie neboli krátkozrakost je refrakční vada, u které se paralelní paprsky po průchodu relaxovaným optickým aparátem sbíhají v ohnisko před sítnicí. Daleký bod se u myopie nachází v konečné vzdálenosti před okem stejně jako blízký bod, který je však posunut vůči emetropickému oku směrem k oku.

Nejčastější příčinou vzniku je prodloužení předozadní délky oka, jedná se o tzv. axiální myopii. Změna axiální délky oka o 0,34 mm odpovídá 1 D. Vzácnější formou je tzv. rádiusová krátkozrakost, která je zapříčiněna větším zakřivením rohovky (keratokonus) nebo přední či zadní plochy čočky (přední a zadní lentikonus). Indexová myopie může vzniknout při diabetu (ze snížení indexu lomu korových čočkových hmot) nebo při kataraktě (při zvýšené lomivosti jádra). Změna indexu lomu komorové vody či sklivce výrazně neovlivňuje refrakci.

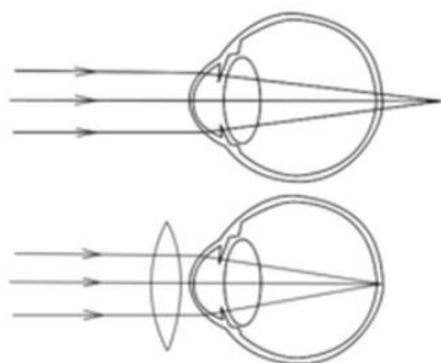
Podle počtu dioptrií se myopie dělí na myopia simplex (do -3 D), myopia modica (-3,25 D až -6 D), myopia gravis (nad -6 D) a těžkou myopii (nad -10 D).

Podle růstu se rozlišuje krátkozrakost stacionární a progresivní, která však představuje pouze malou část myopií. Progresivní forma je pravděpodobně určena dědičnými faktory a postnatálními činiteli a nabývá většinou vysokých hodnot. Vzniká velmi brzy, již kolem 1. roka života. Mezi představitele stacionární myopie patří tzv. školní myopie, která se objevuje kolem 6.-7. roku a většinou nepřesahuje 6,0 D. Do puberty bývá progrese pomalá a kolem 20. roku se stabilizuje. Tzv. pozdní krátkozrakost patří také mezi stacionární myopie. Vzniká až kolem 18. roku a nedosahuje vysokých hodnot (maximálně do 3 D). [1,6]

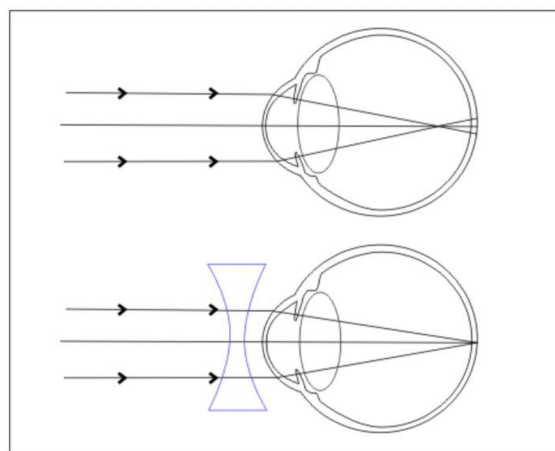
Zvláštní formou je tzv. noční myopie, u které dochází během snížených světelných podmínek (setmění) k posunu refrakce o 0,5 D až 4 D. Dochází k zhoršenému vidění do dálky za šera či za tmy. Je spojena s neadekvátní akomodací, kdy oko nemá dostatečný akomodační stimul, proto akomoduje preventivně více. Mezi základní příčiny vzniku patří sférická aberace a osová chromatické aberace. Dalšími činiteli, kteří se podílejí na vzniku, jsou Purkyňův jev a jak již bylo řečeno poruchy akomodace vznikající v tlumeném světle. [23]

4.2.1. Korekce myopie

Obecné pravidlo při korekci myopie je, že se koriguje nejslabší možnou rozptylnou čočkou, se kterou se dosáhne nejlepšího vízu. U nízkých a středních myopií se doporučuje plná korekce na trvalé nošení (na blízko navozuje správnou pracovní vzdálenost). U pacientů s vysokou myopií zpravidla nebývá plná korekce akceptována, proto je doporučeno podkorigování, které je plně individuální a je kompromisem mezi zrakovou ostroší a subjektivní snesitelností korekce. Zraková ostrost však není ani po optimální korekci normální, snižuje se se stupněm ametropie (do -4,0 D je po korekci normální, od -4,0 D do -12,0 D klesá průměrně s každou -2,0 D o $\frac{1}{4}$, nad -14,0 D je snížena nepravidelně). U dětí se předepisuje plná korekce včetně cylindrické. [6]



Obr. 18 Hypermetropie – průchod paprsků



Obr. 19 Myopie – průchod paprsků

4.3. Astigmatismus

Pokud nemá optický systém stejnou optickou mohutnost ve vše meridiánech, vzniká astigmatismus. Jedná se o asférickou refrakční vadu, kdy rovnoběžné paprsky nemají v těchto meridiánech své ohnisko v téže rovině, což vede k neostrému a pokřivenému vidění.

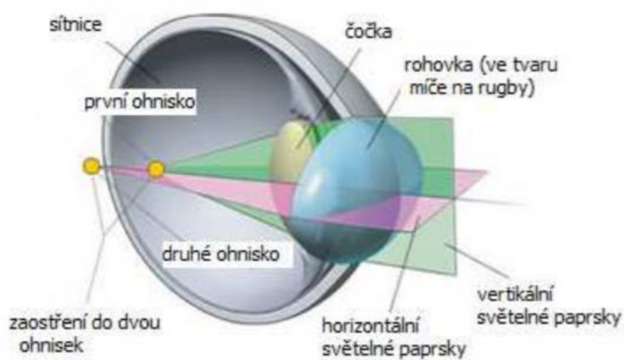
Tzv. fyziologický astigmatismus vzniká kvůli většímu zakřivení rohovky ve svislém meridiánu (až 1 D) a vysvětluje se jako následek tlaku horního víčka. Získané změny v zakřivení

rohovky jsou většinou způsobené úrazy, operacemi či onemocněním rohovky. Změna zakřivení přední plochy rohovky o 0,1 mm způsobuje astigmatismus 0,5 D. Vzácnější čočkový astigmatismus se může vyskytovat v důsledku lentikonu, subluxe nebo změny indexu lomu (např. počínající katarakta).

Astigmatismus, který má vzájemně kolmé meridiány s nejmenší a největší lomivostí, se nazývá pravidelný (regularis). Nejčastěji jsou osy hlavních meridiánů ve vertikální či horizontální rovině, pokud ne, jedná se o astigmatismus šikmý. Jestliže je více lomivý svislý meridián, jde o astigmatismus přímý (podle pravidla). V opačném případě, kdy je více lomivý horizontální, se jedná o astigmatismus nepřímý (proti pravidlu). Pravidelný astigmatismus lze rozdělit na:

- a) Jednoduchý (simplex) – jeden meridián je hypermetropický nebo myopický
- b) Složený (compositus) – oba meridiány jsou hypermetropické nebo myopické
- c) Smíšený (mixtus) – jeden meridián je myopický a druhý hypermetropický

Pokud na sebe osy nejsou kolmé a nelze zjistit meridián s největší a nejmenší lomivostí, astigmatismus se nazývá nepravidelným (irregularis). Vzniká například u keratokonu, po úrazech atd., a není možné ho korigovat brýlovou korekcí. Hlavní korekční pomůckou při nepravidelném astigmatismu bývají tvrdé kontaktní čočky. [1,6]



Obr. 20 Astigmatismus

4.3.1. Korekce astigmatismu

Ačkoli určitý stupeň sférické refrakční vady je oko za pomoci akomodace schopné vykompenzovat, u cylindrické složky tomu tak není. Proto je nutné plně astigmatickou diferenci vykorigovat za pomoci cylindrických skel. Malý astigmatismus do 0,5 D není nutné korigovat. Avšak přístup je přísně individuální, u některých osob i korekce malých astigmatických hodnot vede ke zlepšení zrakové ostrosti a ústupu subjektivních problémů. U dětí se vždy předepisuje plná

korekce. U dospělých záleží na subjektivní snášenlivosti plné korekce. Zvláště u prvonositelů cylindrické korekce bývá nutné začít se snesitelnou hodnotou korekce. Musí však dojít ke sférické kompenzaci, aby byl zachován sférický ekvivalent. Tato korekce je kompromisem mezi zrakovou ostrostí a binokulární snášenlivostí. [1,6]

5. Objektivní refrakce

Mezi metody objektivní refrakce řadíme ty, u kterých není nutná spolupráce pacienta. Oproti subjektivním metodám, které charakterizují a hodnotí celý zrakový systém na základě zrakové ostrosti nebo kontrastní citlivosti, metody objektivní refrakce určují pouze optické vlastnosti. Tyto metody mají velký význam při vyšetřování nespolupracujících osob, například u dětí či mentálně postižených.

Metody objektivní refrakce zpravidla předcházejí subjektivní fázi refrakce z důvodu urychlení celého měření. Jde však o krok, který lze při měření subjektivního stanovení refrakční vady a její následné korekce vynechat.

V dnešní době se většinou využívají autorefraktometry (autorefraktokeratometry v případě měření rohovkových parametrů). Jedná se o automaticky pracující refraktometry, kterými lze změřit refrakci pacienta. Principiálně se jedná o přístroje, které vycházejí ze zákonitosti optometru v kombinaci s dalšími metodami nebo skiaskopu. Využívají měřící světelný svazek paprsků, který je blízký vlnovým délkám v infračervené oblasti, tak, aby nebyla ovlivňována oční akomodace a měření probíhalo v neviditelném světelném spektru. Měření je rychlé a pro pacienta ani vyšetřujícího nijak náročné.

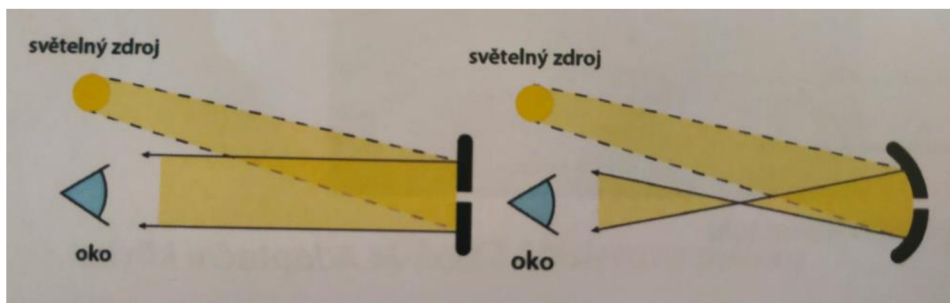
Dalšími metodami pro zjištění objektivní refrakce jsou retinoskopie, při které se využívá ruční přístroj zvaný retinoskop, skiaskopie a oftalmoskopie, která slouží k orientačnímu měření refrakčního stavu oka, především se však využívá v očním lékařství k pozorování zadního segmentu oka. [10,24]

5.1. Skiaskopie

Skiaskopie je poměrně lehká, zato relativně přesná objektivní metoda, kterou lze najít daleký bod oka. Základem této metody je posuzování pohybu stínů duhovky (uváděno také jako Foucaultův stín), které se poté využívají k určení ohniskové vzdálenosti optického systému oka. Cílem je nalézt tzv. bod neutralizace neboli bod zvratu.

Principem skiaskopie je posouzení směru pohybu stínu duhovky v červeném reflexu, který je vyvolaný skiaskopickým zrcátkem nebo za pomoci externího zdroje, například kloubové lampy či LED světla. Mimo zrcátka lze také využít elektrický skiaskop, který jako zdroj světla využívá halogenovou žárovku.

Skiaskopické zrcátko je většinou planární s malým otvorem uprostřed. Pokud se použije zrcátko konkávní, dostane se díky zakřivení plochy do oka více paprsků a červený reflex je jasnější a výraznější. Vyšetřující však musí dávat pozor na správné vyhodnocení refrakční vady, protože v tomto případě jdou fenomény opačným směrem. [7]



Obr. 21 chod paprsků planárním a konkávním zrcátkem

Lze provádět dva typy skiaskopie – statickou a labilní. Při statické je vyšetřovací vzdálenost konstantní, zpravidla na délku natažené paže (cca 50 cm). Naopak při labilní skiaskopii není dodržována stála vzdálenost. Technika skiaskopii poskytuje také informace o předním segmentu oka, tím pádem lze zjistit i případné vady jako například nepravidelnosti rohovky či kataraktu. [7]

5.2. Retinoskopie

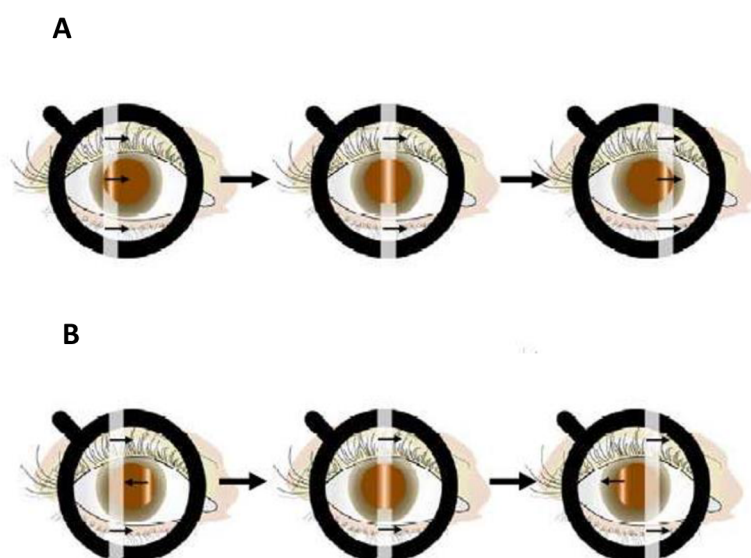
Retinoskopie je obdobou skiaskopie, která zlepšuje zobrazení červeného reflexu. Tato metoda využívá ruční bodový (svazek osvětlovacích paprsků má kruhový průřez) nebo pásový (světelný paprsek má tvar světelného pásu) retinoskop. Je to přístroj, který obsahuje světelný zdroj, jehož intenzitu a směr šíření svazku osvětlovacích paprsků lze regulovat. Retinoskop se umístí před pacienta v určité vzdálenosti, čímž se vybaví červené reflexy obou očí. Stejně jako u skiaskopie jde o posouzení směru fenoménů a cílem je opět nalezení tzv. bodu neutralizace.



Obr. 22 Retinoskop

Vezme-li se v potaz základní předpoklad, že u emetrie se světlo odražené ze sítnice šíří ven z oka rovnoběžně s optickou osou, lze z předem definované pozorovací vzdálenosti rozpoznat směr pohybujícího se červeného reflexu. Obvykle je volena vzdálenost 0,5 m od oka, protože je možné pouhým natažením paže manipulovat s předřazenými čočkami a současně s retinoskopem. Tato vzdálenost se musí brát v úvahu při stanovování korekce (vergence 0,5 m jsou -2 D). Vyšetření se provádí v temné místnosti, aby zornice pacienta byly co nejširší. Vyšetřující musí však zajistit vyřazení akomodace, proto pacient fixuje vzdálený bod, například optotypový znak či světelnou diodu ve vzdálenosti 5 nebo 6 m. Může se také využít mírného rozostření (předřazením plusové čočky) nevyšetřovaného oka při zachování vízu 0,1 decimálně, čímž se uvolní i poslední zbytky akomodace.

Pokud se červený reflex pohybuje společně s pohybem retinoskopu, jde o hypermetropii, emetrii či nízkou myopii. V případě, že jde reflex protichůdně, jedná se o určitý stupeň myopie. Při nalezení bodu neutralizace se reálně při přechodu světla retinoskopu přes zornici červený reflex objeví a posléze zhasne. Pokud si uvědomíme umístění dalekých bodů u obou refrakčních vad, pohyb fenoménů lze jednoduše vysvětlit. U myopie je tento bod v konečné vzdálenosti před okem, v případě hypermetropie je hodnota dalekého bodu kladná. Při určitém stupni myopie se nachází daleký bod mezi retinoskopem a okem pacienta a světlo se v případě výstupu z oka převrací. U hypermetropického oka se daleký bod nachází za vyšetřujícím/retinoskopem a červený reflex se v daném meridiánu nepřevrací. [7,10,24]



Obr. 23 Pohyby fenoménů

A-Souhlasný pohyb červeného reflexu, B-Protichůdný pohyb červeného reflexu

Při stanovování astigmatismu se postupuje podobně jako u sférické složky. V tomto případě by měl být použit pásový retinoskop. Při přechodu světelného svazku lze pozorovat odlišnou orientaci a pohyb červeného reflexu ve dvou na sebe kolmých meridiánech. Doporučuje se začít korigovat stejnoměrně se pohybující červený reflex, pokud se však pohybují stejným směrem, začíná se tím, který je méně hypermetropický, tzn. rychleji se pohybuje. Po dosažení bodu neutralizace se otočí světelný svazek do směru druhého meridiánu (v případě pravidelného astigmatismu se jedná o kolmý směr) a opět musí dojít k nalezení bodu neutralizace. Osu astigmatismu určuje poloha štěrbinu retinoskopu dle TABO-schématu. [7,10,24]

5.3. Oftalmoskopie

Oftalmoskopie je objektivní metoda pro orientační stanovení refrakčního stavu oka. Především se však využívá při vyšetřování zadního segmentu. Vyšetření se provádí pomocí oftalmoskopů, což jsou optické přístroje, kterými se pozoruje fundus. V rukojeti se nachází světelný zdroj, ze kterého jdou přes dělič, polopropustné zrcátko nebo odrazný hranol do vyšetřovaného oka světelné paprsky. V hlavě přístroje je otvor pro pozorování detailů sítnice. Také se zde nachází zásobník výměnných optických čoček v Rekossově kotouči v rozsahu od -35,0 D do +40,0 D. [7]

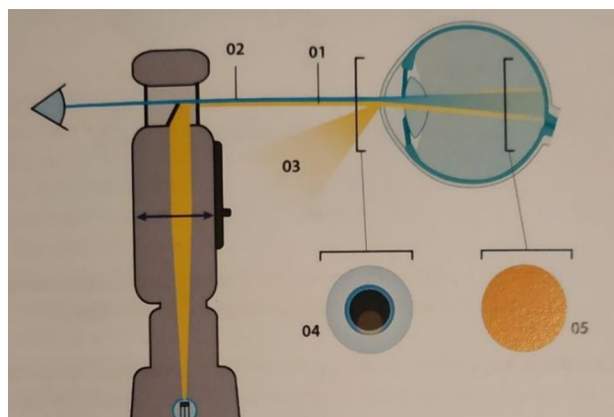
5.3.1. Přímá oftalmoskopie

U metody přímé oftalmoskopie je vyšetřovací vzdálenost poměrně malá, většinou 3-7 cm, a paprsky odražené v oku vstupují přímo do oka vyšetřujícího. V případě emetropie vytvoří paralelně vstupující paprsky ohnisko na sítnici. U hypermetropie jsou vstupující paprsky divergentní, u myopie konvergentní. Aby se vytvořilo ohnisko na sítnici, je nutné u myopie a hypermetropie předsunout příslušné korekční sklo. Tato metoda je však nepřesná z důvodu možnosti navození akomodace. [1,24]

5.3.2. Nepřímá oftalmoskopie

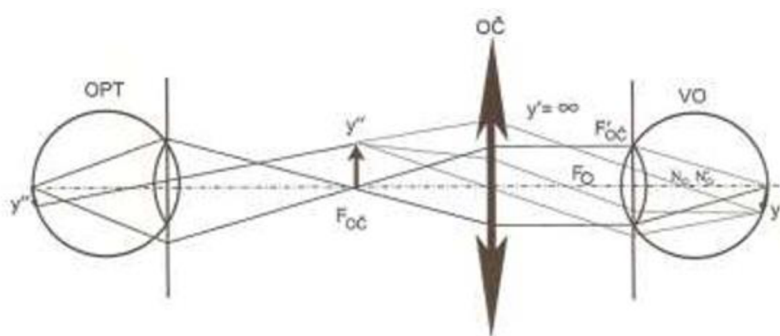
Nepřímá oftalmoskopie se využívá při vyšetřování očního pozadí. Za pomoci konvexní oftalmoskopické čočky se navodí silně myopický stav, čímž vznikne obrácený obraz očního pozadí ve vzduchu mezi předsunutou čočkou a pozorovatelem. Při použití spojky +13 D je obraz emetropického oka asi 5x zvětšený. Při vyšetřování sedí vyšetřující 1 m od pacienta. Po vyvolání červeného reflexu vsune do chodu paprsků čočku, se kterou pomalu pohybuje, dokud se nezaostří obraz očního pozadí. Pokud se nachází spojka v předním ohnisku oka (15,7 mm), jsou vystupující paprsky paralelní a velikost obrazu je stejná u emetropie, hypermetropie i myopie. Je-li ohnisko čočky blíže, je obraz hypermetropického oka větší než myopického. V případě, že je ohnisko čočky dále než přední ohnisko oka, paprsky konvergují a vznikne opačný stav. Pokud vyšetřující

oddaluje spojku, velikost papily se u emetrie nemění, u myopie se zvětšuje a u hypermetropie se zmenšuje. Tato metoda vyžaduje zručnost a určité zkušenosti vyšetřujícího. [1,24]



Obr. 24 Princip přímé oftalmoskopie

1 – úzký svazek paprsků, 2 – pozorovací paprsek, 3 – červený reflex v zornici a reflexy na rohovce, 4 – osvětlovací paprsek vstupující dolní částí rohovky, 5 - fundus



Obr. 25 Nepřímá oftalmoskopie

5.4. Refraktometrie

Refraktometrie se nejprve vyvíjela jako manuální a subjektivní metoda. Jedním z prvních přístrojů pro manuální měření byl optometr.

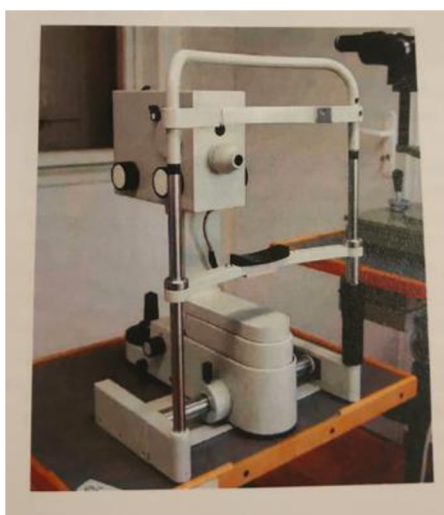
Optometr se skládá z vodící lišty se stupnicí, ke které je kolmo připevněná rukojeť. Nad ní je umístěna Badalova oftalmoskopická čočka o optické mohutnosti +10 D, v jejíž předmětové rovině se nachází testová značka. V případě emetrie vychází paprsky z oka s uvolněnou akomodací rovnoběžně a po průchodu oftalmoskopickou čočkou se lámou do jejího ohniska, u ametropií dopadají před (myopie) a za (hypermetropie) ohnisko čočky. Vyšetřovaný si sám posouvá destičkou s optotypovými znaky do doby zaostření. Na posuvném měřítku se poté

odečte výsledná ametropie v dioptriích. Nevýhodou tohoto měření je, že nelze vždy zajistit absolutní vyřazení akomodace. Další problém nastává při stanovování astigmatické korekce, kdy by se musely natočit fixační značky do poloh hlavních řezů. [7,10]

Hardy-astronův oční refraktometr, jehož základním prvkem je právě optometr, využívá principu bezreflexního pozorování. Do oka je odrážen osvětlovací paprsek přes zrcadlo, ve kterém je kruhový otvor pro pozorování. Vyšetřující předřazuje čočky na Rekossově kotouči, který je spřažen s posunem testované značky.

Principu zaostřování na sítnici využívá **Rodenstockův refraktometr**. Testová značka, která má statickou polohu, je promítána přes pohyblivé měřicí prizma a poté je oftalmoskopickou čočkou zobrazena do nekonečna. U emetropického oka se obraz zobrazí na sítnici. Při ametropii je pro vytvoření na sítnici nutný pohyb měřicího prizma.

Dalším, ve své době poměrně rozšířeným přístrojem pro objektivní vyšetřování, je **Hartingerův koincidenční refraktometr**. Tento přístroj obsahuje dvě oftalmoskopické čočky, které jsou od sebe v trojnásobné vzdálenosti, než je jejich ohnisková vzdálenost, Scheinerovou clonu a koincidenční značky pro stanovení hlavních lámavých řezů. Scheinerova štěrbina je umístěna v obrazovém ohnisku druhé čočky a je promítána do roviny duhovky. V případě, že testovaná značka nedopadne ostře na sítnici je nejen rozmazaná, ale je porušena i koincidence. Testovou značku tvoří dvě dvojice a trojice čar (dvojice slouží pro úhlovou orientaci, vyhledání hlavního řezu a trojice pro určení axiální refrakce v nalezených hlavních řezech). [10,24]



Obr. 26 Hartingerův refraktometr

V posledních desetiletích se na trhu hojně objevují **automatické refraktometry neboli autorefraktometry**, které umožňují rychlé objektivní měření pacientovy refrakce. Pokud obsahují zařízení pro měření základních rohovkových parametrů, nazývají se autorefraktokeratomy. Podobně jako Hartingerův koincidenční refraktometr oddělují od sebe měřicí a pozorovací světelný svazek. Pozorovací světlo je určeno k uvolnění akomodace pacienta, který může sledovat fixační značku, a tím nastavit stav tzv. statické refrakce. Měřicí svazek, který bývá určitým typem infračerveného světla, je využit pro vlastní měření. Autorefraktometry většinou vychází ze základních optometrických metod jako skiaskopie/retinoskopie nebo oftalmoskopie. Při měření pomocí automatických refraktometrů je pacient po správném usazení, opření čela a brady vyzván, aby pozoroval testovou značku/obrázek, který navozuje představu nekonečna, čímž dojde k vyloučení případného vlivu akomodace. Pomocí optických členů je značka posunuta do dalekého bodu a umístěna do optické osy osvětlovacího paprsku. Poté dojde k vytvoření reflexu fundu ve foveolární oblasti. Testovaná značka je díky čočce v optometru promítnuta na sítnici a reflex fundu je poté zobrazen oftalmoskopickou čočkou na detekční zařízení, které je umístěno v její obrazové rovině. V případě emetropického oka je testová značka zobrazena na sítnici, pokud je umístěna v rovině předmětového ohniska čočky optometru. Ametropické oko má značku umístěnou před nebo za touto rovinou a detektor vyhodnotí neostrý obraz. Díky zaostření v ose optické osy se obraz testové značky zaostří hned, jak je zobrazen na sítnici. [10,24]



Obr. 27 Autorefraktometr

6. Autorefraktometry

Objektivní automatické refraktometry jsou přístroje, které slouží k rychlému objektivnímu a bezkontaktnímu vyšetření refrakce pacienta, a jsou založeny na principu koincidence. Jsou to momentálně nejvyžívanější přístroje k určení objektivní refrakce. Využívají dvou druhů optických systémů – osvětlovací, který přes clonu osvětluje fundus vyšetřovaného oka, a detekčně pozorovací. Svazky osvětlovací a pozorovací jsou od sebe odděleny pomocí děliče světla a polarizátorů. Aby však nedocházelo k chybám při měření, musí být eliminovány rušivé odlesky od optických komponentů. [7,25]

6.1. Vývoj

Historicky prvním předchůdcem autorefraktometrů je oční manuální Hartingerův koincidenční refraktometr (viz kapitola 4.4.). Od té doby prodělaly autorefraktometry velký vývoj a poslední generace fungují na principu infračerveného záření (800–950 nm). Představují kombinaci počítačové techniky, optiky, mechaniky a elektroniky. [7,25]

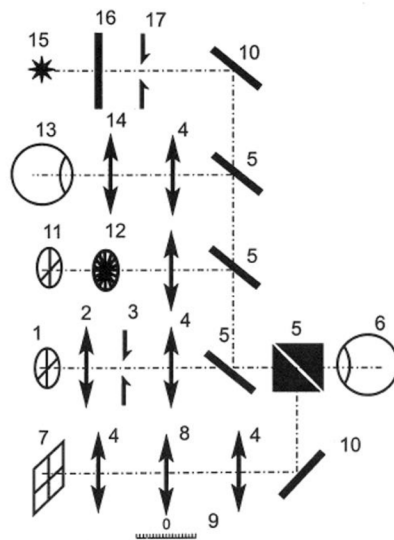
Autorefraktometry přišly na trh v 70. letech dvacátého století. Během vývoje docházelo ke zkracování doby vyšetření, zmenšování samotného přístroje a k uplatňování spojení s počítači. Firem zaměřujících se na vývoj a prodej autorefraktometrů je mnoho a své patenty si chrání. Jedno z mála dostupných schémat je z roku 1976 a to autorefraktometru 6600Auto od firmy Acuity Systems. Na svoji dobu byl velmi vyspělý. Obsahoval dva páry světelných diod, které osvětlovaly kruhovou clonu, která se zobrazovala na sítnici. Samotné měření probíhalo v době pod dvě vteřiny a jeho součástí bylo automatické navádění přístroje před vyšetřované oko. Na číselném displeji bylo možné odečíst hodnoty sféry, cylindru i jeho osy. Pokud byly naměřené hodnoty neobvyklé, rozsvítla se světelná kontrolka. Jako vzdálený fixační cíl byl použit zelený světelný bod. [26,27]

Z optometristického hlediska lze autorefraktometry dělit na tři vývojové stupně:

- **První generace** dokázala určit axiální refrakci oka včetně astigmatických parametrů.
- **Druhá generace** již zvládala vyřadit akomodaci, čímž se zpřesnily výsledky měření. Umožňovala vyjádřit změnu sférické složky z objektivních a subjektivních hodnot.
- **Třetí generace** umí subjektivně dokorigovat refrakční vadu po předchozím objektivním zjištění základních parametrů na základě zamlžovací cylindrické

metody, Jacksonových zkřížených cylindrů, nebo doplňkových (komplementárních) testů.

Z fyzikálně-optického hlediska sestavení přístrojů bylo použito principu skiaskopie, oftalmoskopie, Scheinerova pokusu, paralaxního uspořádání vyhodnocovacích a měřících prvků či principu proměňování obrazu. [25,27,28]



Obr. 28 Schéma 6600 Autorefractor, Acuity Systems

1 - čtyřkvadrantová světelná dioda 2 - kondenzor 3 - clona 4 - čočka 5 - paprskový dělič 6 - oko vyšetřované osoby 7 - čtyřsegmentový detektor 8 - oftalmoskopický systém 9 - dioptrická stupnice 10 - zrcadlo 11 - detektor citlivě automatické justáže na střed zornice 12 - rotující separátory 13 - oko vyšetřujícího 14 - okulár 15 - fixační světlo (značka) 16 - filtr 17 - otvůrková clona

V dnešní době jsou již autorefraktometry elektronické zařízení, využívající infračerveného záření v rozsahu 800-950 nm. Odraz fundu je v tomto spektru asi 10x vyšší než v oblasti viditelného světla. Také díky vyšším vlnovým délkám nedochází k oslnění klienta, čímž nedochází k pupilárním reakcím. Cílem je však zjistit refrakční stav v oblasti viditelného spektra, proto jsou přístroje doplněny o přídatná zařízení, které slouží ke kontrole akomodace a fixace klientova oka. [7]

6.2. Metody výsledných měření

Výsledná měření se provádí podle dlouhodobě využívaných metod a optických technologií. Automatické refraktometry se liší podle typu měřících metod a podle designu.

6.2.1. Přímá metoda

Přímá metoda využívá k analýze kontrast a tvar obrazu. Přístroj obsahuje Badalovu čočku, jejíž ohnisko leží v uzlovém bodu oka. [7]

6.2.2. Scheinerova metoda

Tato metoda je založena na principu dvou periferních úzkých svazků paprsků. Paprsky prochází přes dva otvory v dírkové neboli Scheinerově cloně. Svazky se po průchodu do oka lámou tak, že u emetropie dopadnou paprsky přímo na sítnici a vyvolají reflex fundu. U ametropií dopadnou buď před (myopie) nebo za (hypermetropie) sítnici. V těchto případech se tedy vytvoří dva rozostřené obrazy. Jestliže jsou otvory na dírkové cloně střídavě zakrývány, u myopie zmizí reflex fundu na opačné straně a u hypermetropie na straně stejné.

Osvětlení je zajištěno dvěma infračervenými diodami, které jsou odchýleny od optické osy a zaostřeny do ohniska kolimátoru. Poté paprsky prochází čočkou optometru do zornicové roviny a přes mřížku testové značky, která je shodná s clonou. Na sítnici se promítají ostré světelné body (u emetropie), které se odrážejí přes dělič svazků a oftalmoskopický subsystém na čtyři kvadrantové fotodetektory. Kvadrantový detektor má svoji orientaci paralelní s linií spojující světelné body. Po koincidenci obou paprsků je zapotřebí posunout testovou značku podél optické osy. Signál je po jejím zaostřении zaznamenán a vyhodnocen. Na principu Scheinerovy metody jsou založeny autorefraktometry firmy NIDEK. [7]

6.2.3. Metoda s odklonem paprsků

Při měření touto metodou je zajištěna nejvyšší možná hloubka pole fundu pomocí sekundárního bodového zdroje. Před opuštěním odražených paprsků z oka je světlo lomeno refrakčními optickými prostředími – u emetropie paralelně, u myopie konvergentně a u hypermetropie divergentně. Scheinerova clona propustí pouze dva paprsky, které jsou poté lomeny oftalmoskopickou čočkou do obrazové roviny a promítnuty na CCD fotodetektor. Výsledná data jsou zaznamenána na základě vzdálenosti neostrých obrazů. Na rozdíl od klasické Scheinerově metodě se neměří horizontální posun potřebný v případě koincidence. [7]

6.2.4. Metoda srovnávání velikosti obrazů

Při této metodě se využívá posouzení velikosti obrazů. Čočka optometru není v koincidenci s uzlovým bodem oka, ale s předmětovým ohniskem. Testová značka je zobrazena na fundu a v případě ametropického oka změní její velikost. [7]

6.2.5. Stínová metoda

Stínová metoda využívá speciální clonu, která hraje roli v chodu paprsků infračerveného světla. Obraz je za pomoci oftalmoskopické čočky posunut do roviny stínu clony, a tak se nachází ohnisko čočky v rovině pupily oka. Obraz dopadne na detektor, zatímco se stín clony nachází v dalekém bodě vyšetřovaného oka. Stín je vytvořen ze čtyř hranolů, které mají seříznuté hrany se zrcadlovou úpravou, jsou osvětlené LED diodami a uspořádány do párů. Odražené paprsky prochází přes středový otvor clony na čtyřkvadrantový detektor. Tento typ však dokáže měřit pouze sférické ametropie, pro měření astigmatismu je nutné přidat torické čočky. Stínovou metodu využívá například Humphrey HARK 999 od firmy Ziess. [7]

6.2.6. Metoda retinoskopie

Princip této metody je shodný s klasickou manuální retinoskopií. Výsledné hodnoty refrakce jsou závislé na rychlosti sítnicových reflexů. Tato metoda je velmi efektivní, a proto ji využívá většina současných automatických refraktometrů. Zásadní součástí přístroje je prstenec se štěrbinami, v jehož středu se nachází zdroj infračerveného světla. Zdroj je zobrazen pomocí oftalmoskopické čočky do předmětového ohniska vyšetřovaného oka a poté dopadá na sítnici, kde vytváří reflex. Paprsek je rozdělován prstencem konstantě rotujícím úhlovou rychlostí. Rychlost a směr reflexu lze pozorovat v pupilární rovině a po dopadu na čtyřkvadrantový fotodetektor je zjištěna hodnota refrakčního stavu. [7]

6.3. Modifikace autorefraktometrů

V dnešní době jsou na přístroje kladeny vysoké nároky a je vyžadováno, aby zvládaly co nejvíce úkonů. Proto se objevují různé modifikace, které umožňují kromě objektivní refrakce získat hodnoty např. předního segmentu oka či nitroočního tlaku.

6.3.1. Autorefrakto – keratometr

Autorefrakto – keratometr je přístroj, který umožňuje měřit jak objektivní refrakci, tak keratometrii, tedy metodu měření poloměrů zakřivení přední plochy rohovky v hlavních meridiánech. Tato funkce je důležitá například při aplikacích kontaktních čoček, dále se využívá při operačních zákrocích na rohovce, diagnostice keratokonu atd. Přístroj umožňuje výběr druhu měření – objektivní refrakci, keratometrii nebo obojí. Na rozdíl od některých autorefraktometrů nemusí být ovládání pouze za pomoci joysticku, ale i dotykové obrazovky. [25,27]



Obr. 29 Autorefrakto – keratometr ARKM-200

6.3.2. Autorefrakto – kerato – tonometr

Tento přístroj dokáže změřit nejen refrakci, keratometrii, ale i tonometrii. Tonometrie neboli měření nitroočního tlaku, je nedílnou součástí optometristické a oftalmologické praxe. Výši nitroočního tlaku je nutné pravidelně kontrolovat, aby se předešlo komplikacím či došlo k včasné diagnostice patologických stavů spojených s hypertenzí (například glaukom). Za normální nitrooční tlak se považuje hodnota od 10 do 20 mmHg.

V případě Autorefrakto – kerato – tonometru se tonometrie měří bezkontaktní metodou. Při měření nitroočního tlaku dochází k automatické výměně nástavce. Po výměně dojde k předřazení pár milimetrů před rohovku a k fouknutí rázu vzduchu z trysky v nástavci, k čemuž dochází buď automaticky nebo za pomoci joysticku. Samotné měření probíhá pár milisekund. Některé přístroje již dokáží regulovat ráz vzduchu, tj. podle provedení prvního měření nebo při prvním měření lze regulovat intenzitu a sílu rázu. Nevýhodou bezkontaktní metody je možnost naměření vyšších hodnot u pacientů se silnější rohovkou, než udává norma, tj 555 mikronů. [25,27]



Obr. 30 Autorefrakto – kerato – tonometr Nidek Tomoref II

6.3.3. Autorefrakto – topo – keratometr

Tento typ přístroje je podobný jako výše uvedené, avšak poskytuje navíc informace o topografii rohovky. Výsledky jsou vyhodnoceny v podobě barevných topografických map přední plochy rohovky. Topografie je velmi důležitým vyšetřením, díky němuž může vyšetřující získat cenné informace o stavu rohovky a případně včasné zjistit patologické stavy jako je například keratokonus. Topografie poskytuje hodnoty zakřivení a optické mohutnosti v celém rozsahu rohovky. [25,27]



Obr.31 Autorefrakto – topo – keratometr RT-7000

6.3.4. Autorefrakto – kerato – tono – pachymetr

Součástí Autorefrakto – kerato – tono – pachymetru je pachymetr, který slouží k měření tloušťky rohovky. Tím převyšuje již zmíněný autorefrakto – kerato – tonometr, protože díky pachymetrii může vyšetřující při zjištění vyššího nitroočního tlaku okamžitě zkontrolovat hodnoty tloušťky. Tloušťka rohovky se také využívá při vyhodnocování stavu oka nositelů kontaktních čoček, při edému rohovky, před laserovou operací, keratoplastikou atd. Jde o bezkontaktní metodu měření založenou na optickém principu. [25,27]

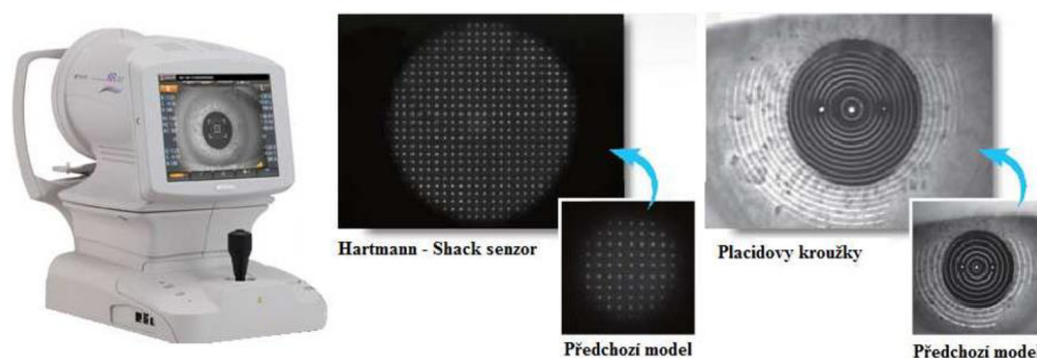


Obr. 32 Autorefrakto – kerato – tono – pachymetr Topcon TRK-1P

6.3.5. Autorefrakto – topo – abero – pupilometr

Autorefrakto – topo – abero – pupilometr je schopen změřit objektivní refrakci, vytvořit topografickou mapu, změřit pupilární distanci a provést aberometrii. U tohoto přístroje lze měřit obě oči zároveň.

Aberometrie neboli wave front analýza slouží k objektivizaci aberací nižších i vyšších řádů optického systému oka, a tím ke stanovení přesné refrakce pacienta. Hlavní využití nalézá před laserovými zákroky nebo operacemi katarakty. Měření probíhá zcela automaticky. Při získávání hodnot se používá prosvětlovací testová značka např. ve formě Placidova kotouče nebo Hartmann – Shack senzoru. [25,27]



Obr. 33 autorefrakto – topo – abero – pupilometr Topcon KR – 1 W

6.3.6. Plusoptix

Plusoptix je v podstatě ruční binokulární autorefraktometr. Je určen především ke zjišťování orientačních hodnot objektivní refrakce u dětí. Jeho funkce je podobná videokameře, kdy během neinvazivního měření jsou současně měřeny obě oči zároveň bez využití cykloplegik. Vyšetřovací vzdálenost je 1 m a doba měření odpovídá pár vteřinám. Vyšetření probíhá při běžném osvětlení vyšetřovací místnosti. Výhodou tohoto přístroje je možnost měřit refrakční stav, pupilometrie, měření hodnot PD a pohledový směr v reálném čase. Snímač je ovládán pouze jedním spínačem. Také lze nastavit prahové hodnoty, které jsou poté porovnávány s „normativními“ hodnotami databáze. Aby se podpořila fixace dítěte, je přístroj vybaven i zvukovým signálem. [7]



Obr. 34 Plusoptix

6.4. Využití autorefraktometrů v optometrii

Jak již bylo několikrát řečeno, autorefraktometry se využívají pro zjišťování objektivní refrakce oka. Vyšetření je jednoduché, velmi rychlé a pro pacienta ani vyšetřujícího nijak náročné. Důležité je správné usazení pacienta, zahrnující upravení výšky sedadla/přístroje, opěrky brady a čela. Je podstatné informovat pacienta o prováděném vyšetření a tím zajistit fixování značky po dobu měření. Objektivní měření by nikdy nemělo být při určování korekce posledním krokem, vždy je nutné provést subjektivní vyšetření. [27]

7. Subjektivní refrakce

Na rozdíl od objektivní refrakce je během subjektivní nutné spolupráce vyšetřovaného. Při stanovování refrakce je snaha nalézt kombinaci korekčních skel, s níž dosáhne vyšetřovaný nejlepšího možného vízu. Dochází k porovnávání jedné kombinace zkušebních skel s kombinací jinou a hodnotí se za a) schopnost vyšetřovaného přečíst optotypový řádek a za b) subjektivní popis, která kombinace je pro pacienta lepší. [8]

7.1. Sada zkušebních čoček

Sada zkušebních čoček neboli skel je základní pomůckou při subjektivní refrakci. Je to soubor dioptrických čoček, které jsou většinou uloženy v kufru nebo v brýlové skříni. Základní sada obsahuje soubor sférických čoček, tj. 68 párů spojných a rozptylných čoček, poté 40 párů torických čoček v kladných i záporných hodnotách a sadu patnácti prizmatických čoček. Zkušební refrakční sada obvykle obsahuje také okluzní clonu – matnou i tmavou (využívá se při monokulární refrakci pro plné krytí vjemu nevyšetřovaného oka), centrovací nitkový kříž (slouží pro správné vycentrování kulových očí na střed zornic), dva filtry – červený a zelený (jsou vkládány při použití bichromatických testů), stenopeické kruhové clony o průměru 1 mm, 2 mm a 3 mm (využívají se pro zúžení paprsků a odhalení např. amblyopie), Jacksonovy zkřížené cylindry (používají se při zjišťování astigmatismu), Maddoxův cylindr (spolu s Maddoxovým křížem slouží ke zjišťování fórií a tropií) a polarizační filtry (mohou být v klasických objímkách, v podobě klipu nebo předsádek a používají se v kombinaci s polarizačními testy).



Obr. 35 Sada zkušebních čoček

Běžné rozsahy sférických čoček jsou $\pm 20,0$ D – odstupňované od $\pm 0,25$ D do $\pm 4,0$ D po $0,25$ D krocích, do $\pm 8,0$ D po $0,5$ D krocích a do $\pm 20,0$ D po $1,0$ D kroku. Torické jsou

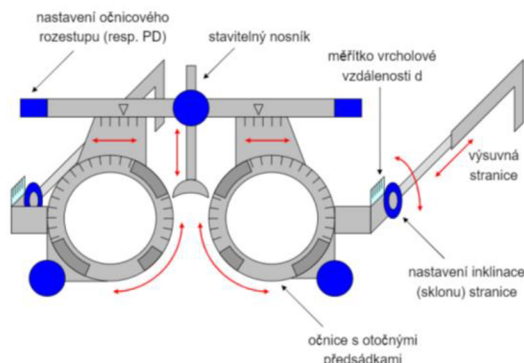
v rozsahu $\pm 6,0 D$ – od $\pm 0,25 D$ do $\pm 4,0 D$ po $0,25 D$ krocích, do $\pm 6,0 D$ po $0,5 D$ krocích. A prizmata od $0,5 pD$ do $16 pD$ – $0,5 pD$ je 1 kus, od $1 pD$ do $6 pD$ po $1,0 pD$, do $16,0 pD$ po $2 pD$. [7,29]

7.1.1. Zkušební obruba

Zkušební obruba je nepostradatelnou součástí subjektivní refrakce. Jedná se o nosič zkušebních skel a v průběhu měření je nasazena na obličej vyšetřovaného.

Skládá se ze dvou očnic, které jsou z přední strany opatřeny třemi pérovými úchytkami, kterými je možno otáčet kolem osy, a ze zadní strany mají dvě drážky pro vkládání zkušebních skel. Pomocí diferenciálních šroubů lze měnit vzájemnou polohu očnic, a tím nastavit správné PD klienta. Mezi očnicemi se nachází výškově nastavitelný nosník, který lze vyklápět podle velikosti kořene nosu.

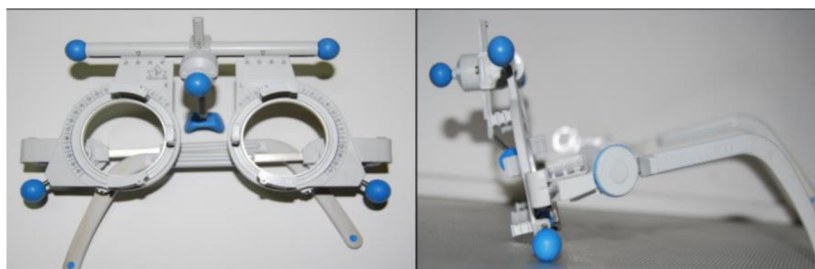
Obrubu lze nastavit podle anatomických propozic. Délku straníc (teleskopické stranice s flexem) je možné nastavit dle potřeby, navíc se dá změnit jejich inklinaci. Předozadní polohu vložených zkušebních skel lze odečíst na milimetrové stupnici, která je umístěna na boku straníc (vzdálenost by měla být 12 mm). [7,29]



Obr. 36 Zkušební obruba

Výhod zkušební obruby je hned několik. Na rozdíl od foropteru je při použití obruby přirozené držení hlavy i těla a je plně odkrytá mimika, která může vyšetřujícímu pomoci v komunikaci s klientem i při postupu během refrakce. Velkou výhodou je možnost projít se s nově navrženou korekcí ve volném prostoru či přenosnou zkušební obrubu využít při vyšetření imobilních klientů či lidí na vozíčku. Navíc lze demonstrovat rozdíl mezi žádnou/vlastní korekcí a novou nebo prezentovat budoucí podmínky s brýlemi.

Naopak nevýhodami jsou horší manipulace a pomalejší refrakce. [30,31]



Obr. 37 Plastová obruba Oculus UB4

7.2. Foropter

Foropter je součástí vyšetřovací jednotky a je obdobou sady zkušebních čoček. Jedná se o opticko – mechanický či opticko – digitální přístroj, který umožňuje testovat velmi rychle celou řadu zrakových funkcí za dodržení standartních postupů subjektivní refrakce.

Foropter se umísťuje před hlavu pacienta, který si opře čelo o opěrku v horní části a dívá se přes průzory před sebe. Tzv. „hlava“ přístroje je tvořena několika pouzdry, čímž lze vyhovět rozsahu pupilární distance klientů. Každé pouzdro obsahuje několik Rekossových kotoučů se zkušebními čočkami, clonami a filtry. Každý kotouč se otáčí kolem společné osy, čímž je zajištěna rychlá výměna předřazovaných korekčních prvků. Mimo pouzder s kotouči obsahuje „hlava“ vybavení potřebné pro další testy, například Jacksonovy zkřížené cylindry, které jsou propojeny s osami cylindrických čoček foropteru, či Maddoxův cylindr. Pro korekci do blízka je foropter opatřen držákem s testy.



Obr. 38 Digitální foropter Topcon CV 5000

Momentálně se na trhu objevují foroptery manuální, digitální či přístroje pro celkové vyšetření zraku obsahující mimo jiné i foropter. Na rozdíl od manuálního foropteru, kde jsou

korekční cylindry umístěny vně přístroje, u digitálního je vše umístěno v přístroji. Digitální zařízení lze ovládat pomocí ovládacího, které komunikuje i s LCD optotypem, nebo pomocí tabletu. [7,30]

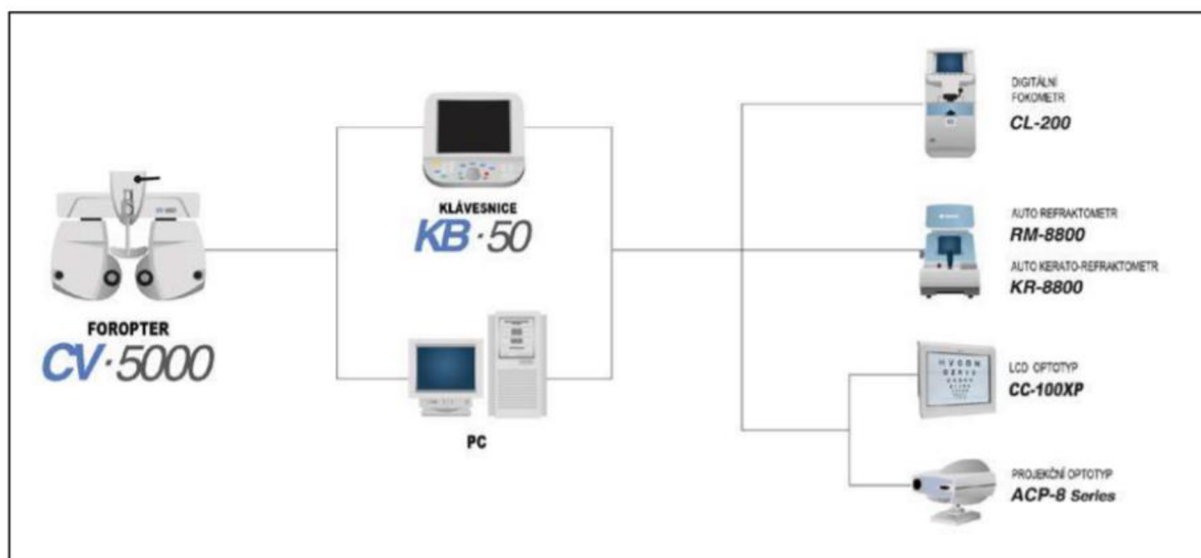
7.2.1. Výhody a nevýhody foropteru

Foropter je často mnoha odborníky zavrhováný, zvláště z důvodu spekulací ohledně validity vyšetření. Má však mnoho nesporných výhod:

- Rychlejší refrakce – vzhledem k tomu, že jsou všechny čočky obsaženy ve foropteru, změna čoček je rychlejší. Navíc může znamenat menší zátěž pro vyšetřující i pro klienta, který lépe detekuje změnu.
- Jednoduchá manipulace s Jacksonovým cylindrem při měření astigmatismu
- Komfort – zkušební obruha může být často pro klienta velmi nepříjemná a těžká
- Zachování osobního prostoru
- Žádné znečištění čoček – na zkušebních čočkách může být například otisk prstu či jiné znečištění, které může ovlivnit zrakový vjem
- High-tech – někteří klienti mohou upřednostňovat high-tech, což může mít potenciál pro lepší marketing
- Možnost automatizace procesu – možnost propojení s PC či dalším vybavením [30,32,33]

Nicméně, jak již bylo řečeno, foropter má i mnoho nevýhod, kvůli kterým je často nevyužívaný:

- Nepřirozené postavení hlavy a těla vyšetřovaného
- Není vidět klientova mimika
- Korekci nelze ověřit mimo vyšetřovnu
- Neustálá kontrola centrace – při každém pohybu vyšetřovaného by měla být zkontrolována centrace, aby nedošlo ke zkreslení výsledku
- Nelze zohlednit výškovou asymetrii pravého a levého oka
- Možné navození přístrojová myopie
- Při vyšetřování heterofórií nelze využít MKH metodu [31,34]



Obr. 39 Možnosti synchronizace foropteru CV- 5000 s dalšími přístroji

8. Postup při subjektivní refrakci

Celá refrakce začíná správným vycentrováním zkušební obruby a poté dochází k zakrytí jednoho oka (obvykle nejprve levého) clonou. Během monokulární refrakce může vyšetřující vycházet z hodnot předchozí objektivní refrakce, vlastní korekce či začít subjektivní refrakci od začátku, kde se dodržuje postup:

1. Předběžná (nejlepší) sféra
2. Astigmatická korekce
3. Jemné sférické dokorigování

Po stanovení monokulární refrakce musí následovat vyšetření binokulárního vidění, kde je důležité zajistit vyváženost výsledné refrakce. [24,30]

Předtím, než vyšetřující přistoupí k vlastnímu vyšetření zraku, by měly být zjištěny důvody klientovi návštěvy, jeho představy o korekci a anamnéza, jak rodinná, tak osobní. Zjištění anamnézy je nedílnou součástí subjektivní refrakce a měla by vždy předcházet samotnému měření. Nejprve je nutné zjistit potřebné osobní údaje klienta (jméno, příjmení, datum narození atd.) a subjektivní symptomatický popis včetně podrobné specifikace (doba trvání, tendence progresu, denní doba vzniku, astenopické potíže atd.). Během oční anamnézy by měly být zjištěny oční projevy, jako je například pálení, bolest, slzivost, únava, a přítomnost onemocnění, úrazů či operací očí současných i z minulosti. Poté by měla následovat celková osobní anamnéza, kde je důležité zjistit onemocnění ovlivňující refrakci, jako je například diabetes, krevní tlak či dysfunkce štítné žlázy, a užívaná léčiva. Oční i celkové údaje by měly být zjištěny i v rámci rodinné anamnézy. Velmi důležitou částí je speciální anamnéza, kam se řadí osobní profil klienta (požadavky na korekci, zájmy, životní styl atd.) a anamnéza binokulárního vidění – výskyt šilhání, amblyopie, anizometropie, binokulární poruchy, orientace v prostoru, astenopické potíže, presbyopické obtíže u mladých pacientů a informace o první korekci, zda měl klient v minulosti okluzi či zrakový trénink.

8.1. Předběžná (nejlepší) sféra

Prvotním krokem je zjištění vizu naturálního i s vlastní korekcí, binokulárního i monokulárního. Poté dochází k určení nejlepší sférické korekce, u které se vždy dodržuje zásadní pravidlo: *Hypermetropovi (myopovi) dát co nejsilnější (nejslabší) korekční sklo, s nímž ještě vidí*

ostře do dálky. Cílem je posunout kroužek nejmenšího rozptylu na sítnici a u hypermetropů uvolnit akomodaci. [4,29]

SPH deficit podle úrovně vízu		
Vízus	SPH deficit	Vložte vrcholovou lámavost
1,0	0,25	0,25
0,80	0,50	0,25
0,50	1,00	0,50
0,30	1,50	0,75
0,15	2,00	1,00
0,10	3,00	2,00

Tabulka č.1 Sférický deficit podle úrovně vízu

Při samotném stanovování sférické korekce je nutné zjistit, zda jde o oko myopické či hypermetropické. Proto dochází nejprve k předřazení plusové čočky dle naturálního vízu. V případě, že je $ZO \leq 0,8$, předkládá se jako první silné plusové sklo, např. +1,5 D. Pokud se vyšetřovanému zdá obraz stejný či lepší, jedná se o hypermetropa a čočka se předkládá. Nastane-li druhá varianta a vyšetřovaný odpoví, že obraz je horší, jde o myopa či slabšího hypermetropa. Pro ověření se předloží +0,5 D nebo +0,25 D. Je-li s plusovou čočkou vidění lepší nebo stejné opět dojde k předložení, v opačném případě následuje předřazení minusové čočky dle vízu. [24]

8.1.1. Korekce hypermetropie

Hypermetrop se vždy koriguje nejsilnější možnou plusovou čočkou, proto otázka po předložení čočky zní: „*Je obraz s vloženou čočkou horší nebo stejný?*“. Hodnota čočky se volí podle dosaženého vízu, který je v průběhu refrakce neustále kontrolován. V případě, že se obraz ještě vylepší nebo zůstává stejný, čočka se předkládá a postupuje se ve zvyšování do doby, než nedojde ke zhoršení. V opačném případě, kdy hned na poprvé dojde ke zhoršení, se čočka nepředkládá. Při korekci hypermetropie musí vždy vyšetřující provést tzv. výměnný trik, aby nedošlo k aktivaci akomodace. Nejprve se předradí silnější čočka před obrubu, slabší čočka se vyndá a předradí se před silnější, poté se silnější vsadí do obruby. [24]

U hypermetropie se často využívá také zamlžovací metody. Hypermetropové jsou zvyklí permanentně využívat akomodaci, proto je složité ji při vyšetření plně vyřadit a dosáhnout řádného

vykorigování. Proto je zvláště u vysokých hypermetropií vhodné tuto metodu využít. Klientovi je předržena spojka o takové hodnotě, že dojde k úplnému zamlžení optotypu nebo minimálně několika řádků, čímž je navozena arteficiální myopie, a tím plně uvolněna akomodace. Následuje snižování hodnot za pomoci rozptylné čočky o hodnotě $-0,25$ D do chvíle, kdy se vízus přestane zlepšovat a vidění bude horší nebo stejné. Nevýhody této metody jsou horší manipulace s čočkami (více čoček v obrubě) a zamlžení, které může být pro vyšetřovaného nepříjemné.

Správnost sférické korekce lze ověřit metodou „nejsilnější spojky/nejslabší rozptylky“ či pomocí červeno – zeleného testu. [30,31]

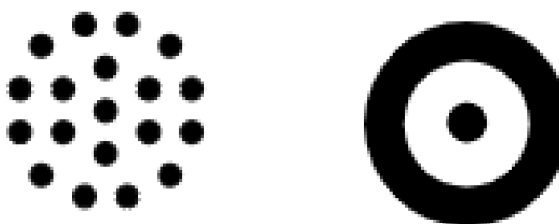
8.1.2. Korekce myopie

Na rozdíl od hypermetropie myopie se koriguje vždy nejnížší mínusovou čočkou. Vyšetřující musí dávat pozor na překorigování, protože překorigovaný myop je nucen akomodovat bez konvergence. Po předržení vhodné rozptylné čočky se pokládá otázka: „*Je obraz s vloženou čočkou lepší nebo stejný?*“ Hodnoty mínusových čoček se zvyšují pouze v případě, když je vidění lepší. Nastane-li situace, že se písmena optotypu již nezlepšují, jsou pouze menší, černější, ostřejší, jde o překorigování a čočka se do obruby nekládá.

Opět se může výsledek překontrolovat metodou „nejsilnější spojky/nejslabší rozptylky“ či pomocí červeno – zeleného testu jako u hypermetropie. [30,31]

8.2. Astigmatická korekce

V případě, že vyšetřující dospěje do bodu, kdy se ostrost vidění již s předkládáním sférické čočky nelepší, je třeba přikročit k měření astigmatické vady. Předpokladem pro korekci astigmatismu je, že kroužek minimálního rozptylu je na sítnici, tj. je stanovena nejlepší sféra. Astigmatismus se vyšetřuje za pomoci Jacksonových zkřížených cylindrů (dále pouze JZC). U vyšších cylindrů (>2 D) nebo nepravidelného astigmatismu (subjektivní stanovení pravidelné složky pro brýlovou korekci) lze využít i zamlžovací metodu. Měla by však sloužit jako podpůrná metoda pro odhad síly a osy. [30,31]



Obr. 40 Dots (tečkovým) testem a Zeissova figura

CYL deficit podle úrovně vízu		
Vízus	CYL deficit	Vložte vrcholovou lámavost
1,20	0,25	0,12
1,00	0,50	0,25
0,65	1,00	0,50
0,50	1,50	0,50
0,40	2,00	0,50
0,20	3,00	1,00

Tabulka č.2 Cylindrický deficit podle úrovně vízu

8.2.1. Metoda JZC

Metoda JZC je díky přesnosti, rychlosti a minimální náročnosti na vybavení jednou z nejvíce využívaných subjektivních metod při korekci astigmatismu. Za pomoci Jacksonových cylindrů může být stanovena jak osa, tak síla cylindru. Tato metoda probíhá v kombinaci s Dots (tečkovým) testem, Zeissovou figurou či Landoltovým kruhem. [10,35]

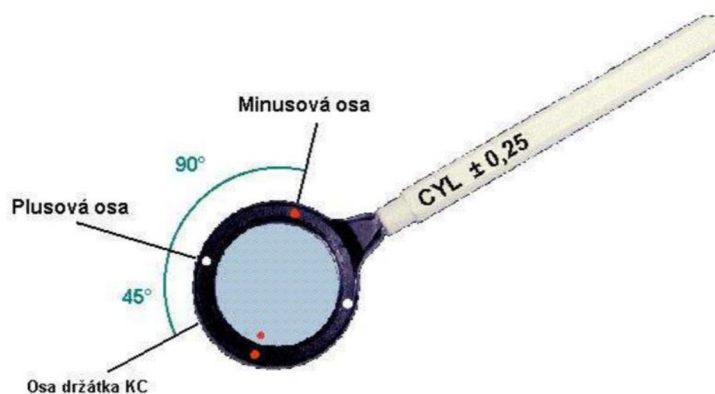
JZC byl v roce 1887 uveden Edwardem Jacksonem nejprve jako optický nástroj pro určení optické mohutnosti korekčního cylindru, až později se začal používat i při určování osy. Tato metoda historicky vychází z tzv. Stokesovy čočky, kterou tvořila kombinace rotačního plankonvexního a plankonkávního cylindru s plynulým nárůstem účinku. Rozdílem oproti Stokesově čočce je fixní kolmé uspořádání os cylindrů. JZC se tedy skládá z dvou vzájemně kolmých plancylindrů, které mají opačný účinek (spojný a rozptylný plancylindr). Jsou vloženy do kulaté objímky s držátkem (kulaté nebo čtyřhranné), který je vůči osám v úhlu 45°. Umístění držátka zajišťuje rychlou a přesnou výměnu orientace os obou cylindrů při otočení o 180°. Osy korekčních účinků obou cylindrů jsou znázorněny pomocí znamének + a -, popř. pomocí barevných značek, které jsou obvykle shodné s barvami plancylindrů ze sady zkušebních čoček. Jacksonovy cylindry se nejčastěji využívají v hodnotách $\pm 0,25$ D (korekční hodnota je 0,5 D), $\pm 0,5$ D (korekční hodnota je 1,0 D) a $\pm 1,0$ D (korekční hodnota je 2,0 D) podle výšky astigmatismu. [10,24,36]

Cylindricko-cylindrický zápis pro Jacksonův zkřížený cylindr $\pm 0,25$ D:

- cyl +0,25 D ax 90° komb. cyl -0,25 D ax 180°
- cyl -0,25 D ax 180° komb. cyl +0,25 D ax 90°

Sféricko-cylindrický zápis s rozptylnou hodnotou cylindru orientovanou ve 180° pro Jacksonův zkřížený cylindr $\pm 0,25 D$:

- sph $+0,25 D$ komb. cyl $-0,5 D$ ax 180°
- sph $-0,25 D$ komb. cyl $+0,5 D$ ax 90°



Obr. 41 Jacksonův zkřížený cylindr

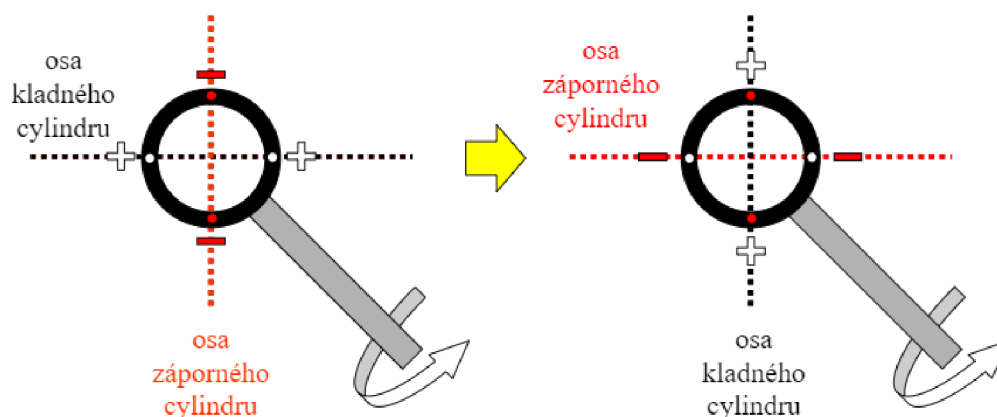
8.2.1.1. Předběžná osa

Nejprve se začíná měřením předběžné osy. Prvně se tedy předkládá JZC do hlavních os 0° a 90° , čehož se docílí otočením držátka v prstech o 180° , a poté do šikmých os 45° a 135° . Je důležité zvolit pozici držátka tak, aby vyšetřující mohl pohodlně pracovat, ale zároveň nezaclánil vlastní rukou a pro vyšetřovanou osobu nevytvářel situace, které by byly v rozporu s hygienickými normami. V obou případech se vyšetřující ptá, zda pacient vidí lépe variantu jedna nebo dvě. Nastane-li situace, že vyšetřovaný nevidí ani v jednom případě rozdíl v obrazech, astigmatismus není přítomen. Jestliže si však vybere jednu z možností, nahradí se právě v této ose zkřížený cylindr cylindrickou čočkou. V případě, že si vyšetřovaný vybere hlavní i šikmou osu, například mezi 90° a 135° , osa cylindru se nachází někde mezi, v tomto případě tedy v rozmezí 90° a 135° (přibližně 110°). [29,37]

8.2.1.2. Definitivní osa

Po určení předběžné osy cylindru se musí nalézt definitivní osa. Vyšetřující předkládá JZC tak, aby držátko bylo rovnoběžné s předběžnou osou. Poté dochází k opětovnému otáčení držátka o 180° spolu s otázkou, zda je lepší varianta 1 nebo varianta 2. V případě, že se zdají vyšetřovanému obě varianty stejné, dosáhlo se definitivní osy. Pokud však vidí astigmatický test s jednou variantou lépe, natáčí se osa vloženého planocylindru v příslušném směru odpovídajícímu

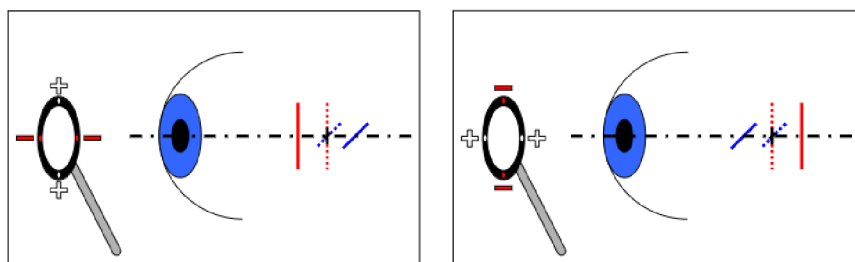
směru záporné osy cylindru JZC při „lepší variantě“. Určování osy v tomto smyslu se provádí do doby, dokud se vjem testu nejví s oběma variantami stejně dobrý/špatný. [29,37]



Obr. 42 Osy kladného a záporného cylindru po otočení o 180°

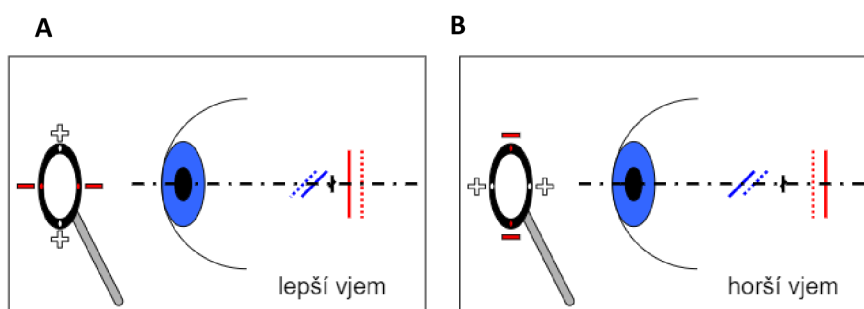
8.2.1.3. Síla cylindru

Po určení osy korekčního účinku cylindru budoucí korekce, následuje zjištění hodnoty vrcholové lámavosti neboli síly korekčního cylindru. Tento krok se jako předchozí provádí na tečkovém testu, popřípadě kulatých znacích optotypu o takové velikosti, která odpovídá o dva řádky slabšímu vízu, který byl dosažen s nejlepší sférickou korekcí, tedy pokud byl vízus 0,8, použije se znak o velikosti 0,6. Nejprve se předkládá rovnoběžně s definitivní osou použitého záporného plancylindru kladný zkřížený cylindr, aby síla cylindru byla ve shodě s korekční podmínkou nejnižší možné rozptylné hodnoty při zachování akomodačního klidu. Opět dochází k otočení JZC o 180° společně s otázkou, zda je lepší varianta 1 nebo 2. Pokud je lepší varianta 1, dochází ke snížení, v opačném případě je nutné zvýšit hodnotu záporným plancylindrem. Celý postup se opakuje do té doby, kdy pacient nepozná rozdíl mezi nabízenými variantami, popř. kdy se nedokáže pro jednu z nich rozhodnout. Při zjišťování síly je nutné upravovat i sférickou korekci – na každou -0,5 D cyl se předkládá +0,25 D, tj. myopická sférická hodnota se sníží, hypermetropická zvýší. I v tomto případě se dodržuje výměnný trik, proto při zesílení záporného cylindru se nejprve upravuje sféra, až pak cylindr, při zeslabení záporného cylindru se nejprve upravuje cylindr, pak sféra. Po každé změně síly musí být kontrolována znovu osa. [29,31]



Obr. 43 Jak JZC působí na zobrazení v oku bez astigmatismu

-navodí astigmatismus; stejný vjem v obou pozicích



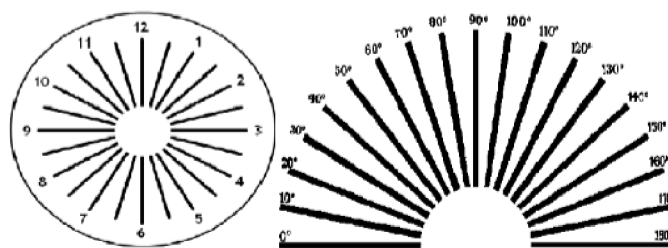
Obr. 44 Jak JZC působí na zobrazení v oku s astigmatismem

A) zmenší vzdálenost fokál, B) zvětší vzdálenost fokál

8.2.2. Zamlžovací metoda

Při vyšetření astigmatismu pomocí zamlžovací metody se využívá tzv. astigmatická růžice/astigmatický vějíř. Jak již bylo řečeno, tato metoda se hodí v případě vyšších astigmatismů, kdy je výchozí vízus velmi nízký a klient není schopen rozeznat rozdíly při měření zkříženým cylindrem. I při tomto měření je předpokladem kroužek minimální rozptylu na sítnici, tedy je určena nejlepší sféra. Podstatou tohoto testu je, že oko bez astigmatismu vidí všechny čáry astigmatické růžice/vějíře stejně sytě. V případě, že je však astigmatismus přítomen, některé čáry se jeví ostřeji než ostatní. [24,35]

Prvním krokem je předřazení vhodné spojné čočky tak, aby došlo k zamlžení astigmatického oka. Tím dochází k navození složeného myopického astigmatismu, respektive k posunutí obou fokál před sítnici, a k vyloučení akomodace, čímž se očekává akomodačně nezkreslená astigmatická korekce. Je však nutné navodit správné zamlžení, nevhodně zvolená úroveň může být pro klienty z hlediska nalezení ostřejší části astigmatického testu matoucí. [10,24]



Obr. 45 astigmatická růžice a astigmatický vějíř

Po zamlžení se vyšetřovaný dívá na astigmatický test ze vzdálenosti 5–6 metrů. Poté dochází k postupnému odmlžování rozptylnými čočkami do doby, než se nezaostří jeden směr astigmatického testu. V tomto momentě došlo k posunutí jedné fokály na sítnici, částečnému zlepšení zrakové ostrosti a získání orientace jednoho hlavního astigmatického řezu. Korekční záporný cylindr se vkládá kolmo k nejlépe viděné čáře, čímž dochází k posunutí druhé fokály směrem k sítnici. V tomto případě mohou nastat čtyři situace:

1. Původně viděný směr je stále ostřejší – dochází k zesílení korekčního cylindru
2. Všechny čáry jsou viděny stejně ostře – osa i síla jsou v pořádku (mělo by dojít ke kontrole síly a dokorigování osy)
3. Kolmý směr k původní čáře se jeví ostřejší – dochází k zeslabení
4. Jiné rameno je vidět lépe – musí se dokorigovat osa

Kontrola síly se provádí za pomoci záporného cylindru – 0,25 D, který se předloží ve stejné ose jako již vložená cylindrická čočka. Předchozí lépe viděná čára by měla zešednout a čára kolmá by měla být viděna lépe. Během dokorigování osy vyšetřovaný pozoruje kulatý optotypový znak. Vyšetřující otáčí cylindrem na jednu a na druhou stranu, dokud se obraz nerozmaže. Správná poloha leží uprostřed krajních poloh. Poté dochází k postupnému odmlžování, zatímco vyšetřovaný sleduje běžný optotyp. [24,31]

8.3. Jemné sférické dokorigování

Mezi základní postupy jemného sférického dokorigování patří duochromatický test a metoda max+/min-.

8.3.1. Duochromatický test

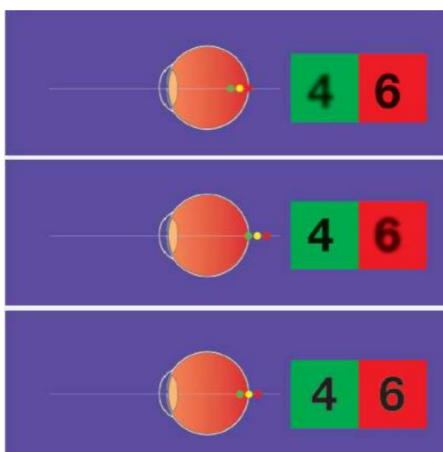
Duochromatický test neboli červeno – zelený test využívá přirozené chromatické aberace oka, tj. je založen na barevné vadě oka. Delší vlnové délky se lámou v optické soustavě oka méně než kratší, tedy červené paprsky se lámou nejméně, žluté více atd. až fialové nejvíce. Správně

zaostřené oko je takové, kdy středový bod (žluté světlo) dopadá na sítnici. Teoreticky by bylo nejvýhodnější, kdyby se použily barvy, které jsou v rámci viditelného spektra nejrozdílnější (červené a fialové), v praxi se však využívá červené a zelené barvy (vnímavost lidského oka krátkovlnných paprsků, tj. fialovým a modrým, je nízká). U emetropického oka dochází po průchodu bílého světla (≈ 560 nm) k rozkladu na jednotlivé barevné složky, kdy se zelená složka láme před sítnicí a červená za sítnicí, kde vytvoří fokály (vzdálenost činí 1,0 – 1,5 D). [4,10,35]

Test obsahuje červené a zelené pole s černými optotypovými znaky, jejichž velikost by měla být dostatečně velká z důvodu sníženého procentuálního obsahu bílé barvy, čímž dojde k poklesu kontrastu optotypových znaků. Vyšetřovaný sleduje znaky a porovnává, které pole je výraznější. V případě, že klient vidí ostřeji znaky na červeném poli, středový bod zaostření leží před sítnicí a je nutné předřadit $-0,25$ D do okamžiku, kdy bude vjem na obou polích stejný. Tato situace nastává v případě podkorigovaného myopa nebo překorigovaného hypermetropa. Pokud jsou černé znaky výraznější na zeleném poli, jedná se o překorigovaného myopa nebo podkorigovaného hypermetropa, středový bod zaostření leží tedy za sítnicí a je nutné předřadit $+0,25$ D opět do doby, než budou oba vjemy shodné.

Tento test lze využít společně s alternativami zamlžovací metody, kdy se před vyšetřované oko předloží spojná čočka $+0,50$ D nebo $+0,75$ D, díky čemuž dochází k zamlžení. V tento okamžik dojde k posunu červené (zelené) ohniskové roviny blíže k sítnici (dále od sítnice). Pokud během korekce nedošlo k pochybení měl by vyšetřovaný ostřeji vnímat znaky na červeném poli. Poté dochází k postupnému odmlžování, dokud není stav rovnovážný.

Mezi velké výhody této metody patří rychlost a jednoduchost. U některých pacientů však může převážít preference některé z barev bez ohledu na změny ve sférické refrakci, navíc někteří autoři uvádějí, že výpovědní hodnotu může snižovat psychologické hledisko. [10,24]



Obr. 46 Červeno-zelený test

8.3.2. Metoda max +/-min -

Druhou metodou využívanou u jemného sférického dokorigování je metoda max+/-min-, kterou lze využít například v případě, že nelze uplatnit červenou – zelený test, kupříkladu u poruch barvocitu. V zásadě se postupuje dle tradičního principu – nejsilnější kladná korekce nebo nejnižší hodnota záporné korekce.

Nejprve se předřadí, společně s dotazem „*je to horší?*“, plusová čočka o hodnotě +0,25 D. V případě, že vjem je lepší nebo stejný, vyšetřující předkládá plusové čočky do doby, než nedojde ke zhoršení. Poslední čočku, se kterou došlo již ke zhoršení obrazu, je nutné vyjmout. V tento okamžik je monokulární zkouška u konce.

Pokud dojde hned napoprvé po předřazení +0,25 D ke zhoršení, předkládá se záporná čočka o hodnotě – 0,25 D. Otázka v tomto případě zní: „*Je to lepší, nebo pouze menší, černější, ostřejší?*“. Zlepší-li se vjem, čočka se ponechá a postup se opakuje, dokud vyšetřovaný neudá, že nedošlo ke změně nebo optotypový znak je menší a černější. Opět dojde k vyjmutí poslední čočky, se kterou se vjem již nezlepšil. [31]

8.4. Binokulární vyvážení

Po monokulární refrakci dochází k odkrytí naposledy vyšetřovaného oka a k tzv. binokulární rovnováze, kdy je důležité zajistit akomodační vyvážení. Kvůli cloně, která představuje možný podnět pro akomodaci, může dojít během monokulární refrakce k navození proximální a vergenční akomodace v zakrytém a následně i vyšetřovaném oku (možné monokulární/binokulární překorigování u myopa, podkorigování u hypermetropa). Cílem je však dosáhnout korekce, kdy při pohledu do dálky je akomodace nulová a při pohledu do blízka obě oči vykazují stejnou akomodaci. V případě, že nastane nevyvážený stav akomodace, může dojít k astenopickým potížím. Obvykle se jedná o monokulární úpravu sférické korekce za binokulárních podmínek. Zásadami binokulárního vyvážení jsou binokulární podmínky (snaha očí akomodovat stejně), oddělení vjemů obou očí (možnost sledovat odděleně vjem každého oka), výsledný vízus nesmí být horší než monokulární a respektování dominance oka (nejde-li dosáhnout úplné rovnováhy upřednostňuje se dominantní oko). Binokulární vyvážení se neprovádí u klientů s velkým rozdílem vízu obou očí (> 1 řádek), s monokulem, s minimální nebo žádnou akomodací (> 60 let, afakie, pseudofakie), s výraznou oční dominancí, s výrazně sníženou zrakovou ostrostí (<6/18, tj. <0,3). Mezi kontraindikace patří také amblyopie, silná suprese či cykloplegie. V případě heterofórií by mělo binokulární vyvážení probíhat až po jejich měření. [24,31]

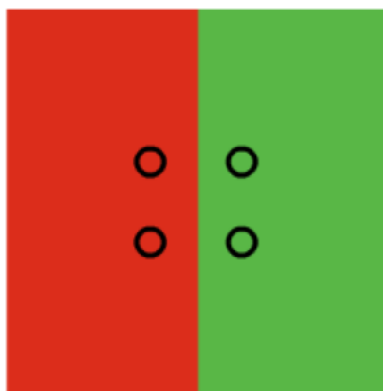
8.4.1. Bichromatické testy

8.4.1.1. Cowenův test

Cowenův test je jeden z nejčastěji využívaných testů na zhodnocení akomodační rovnováhy na blízko i na dálku. Jedná se o kombinaci polarizačního testu a červeno-zeleného testu. Je tvořen dvěma poli červené a zelené barvy se čtyřmi kruhy, jejichž tloušťka a průměr odpovídá velikosti Shellenových znaků. Po předložení polarizačních filtrů v jejich základním postavení jsou horní kruhy viděny pravým okem a dolní okem levým. Může nastat několik variant:

- Oba kroužky se jeví v červeném poli kontrastnější než v zeleném – předřazení $-0,25$ D binokulárně
- Oba kroužky v zeleném poli se jeví kontrastnější než v červeném – předřazení $+0,25$ D binokulárně
- Kroužek je kontrastnější nahoře v červeném a dole v zeleném (nahore v zeleném a dole v červeném poli) – předložení $-0,25$ D před pravé oko a na levé $+0,25$ D (vpravo spojku a vlevo rozptylku)
- 3 kroužky jsou vnímány stejně – předložení $+0,25$ D na lépe vidoucí oko, pokud nedojde k dorovnání 4. kroužku, předsadí se $-0,25$ D na hůře vidoucí oko
- Pouze 1 ze 4 kroužků je vnímán kontrastněji – jedná se o nerovnováhu vyššího stupně (doporučuje se přezkoušet korekci nejprve monokulárně)

V případě, že levé (pravé) oko vykazuje dokorigování do minusových hodnot, předkládá se $+0,25$ D na pravé (levé) oko kvůli pravidlu, které zní: *vždy se začíná plusovými hodnotami na lépe vidoucím oku*. [10,24,36]



Obr. 47 Cowenův test

8.4.2. Zamlžovací metody

8.4.2.1. Humphriss metoda

Během Humphriss metody dochází k monokulárnímu zamlžení při binokulárním vidění. Nejprve se před nevyšetřované oko vloží plusová čočka o hodnotě $+0,75$ D a vyšetřovaný sleduje nejmenší přečtený řádek. Před nezamlžené oko se předloží po dobu 1 s $+0,25$ D, poté se ihned vystřídá za čočku $-0,25$ D, která by měla být předložena pouze na poloviční dobu. Během toho se vyšetřující ptá: „S jakým sklem je obraz ostřejší?“. Pokud je vjem lepší s hodnotou $-0,25$ D – oko neakomoduje. V případě, že je však vjem lepší s $+0,25$ D, s oběma skly je obraz stejný (nevidí rozdíl) nebo $-0,25$ D je lepší, ale znaky optotypu jsou menší a černější, oko akomoduje a je nutné vložit $+0,25$ D. Postup se opakuje do doby, než vyšetřovaný nepreferuje $-0,25$ D.

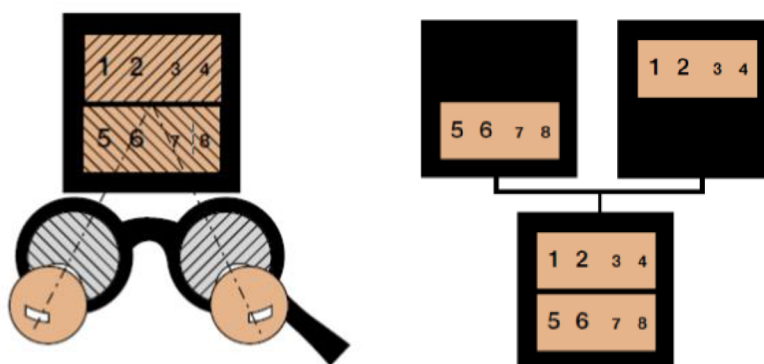
Tuto metodu lze využít i v případě odlišného vízu obou očí. [31,38]

8.4.3. Polarizované testy

8.4.3.1. Dvouřádkový test (Schultzeho test)

Dvouřádkový test funguje na principu negativní polarizace. Jedná se o jeden z mnoha dostupných polarizačních testů, Schultzeho test je jeden z nejvyužívanějších. Test obsahuje dva řádky, které ve standardní verzi mají 3 až 4 Snellenovy znaky, které se postupně zmenšují. Po předsazení polarizačních filtrů vidí pravé oko pouze horní řádek testu a levé pouze spodní. V případě změny orientace analyzátoru z polohy „V“ do polohy „A“ otočením o 180° se vjemy obrátí. Test může být také třířádkový, kdy je prostřední řádek nepolarizovaný a slouží jako centrální fúzní podnět.

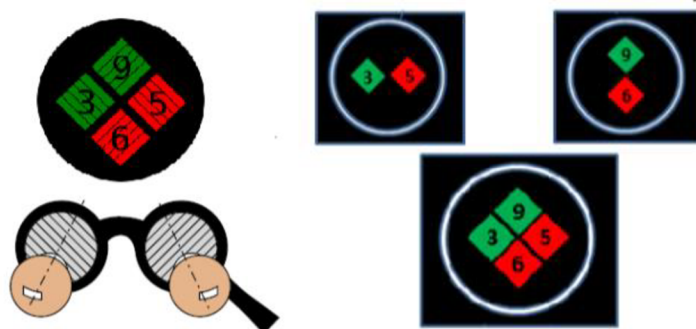
Pokud je akomodační i refrakční rovnováha, vyšetřovaný vnímá znaky obou řádků stejně kontrastně. Jestliže je jeden z řádků vnímán méně tmavý, před „lepší“ oko se předřazuje $+0,25$ D. Někteří odborníci doporučují pro lepší uvolnění akomodace lehce zamlžit předsazením $+0,25$ D binokulárně. [10,36]



Obr. 48 Dvouřádkový test (Schultzeho test)

8.4.3.2. *Osterbergův test*

Tento test využívá negativní polarizace. Skládá se ze čtyř komplementárně zbarvených kosočtverců, dvou červených a dvou zelených, které dohromady tvoří jeden větší kosočtverec. Uprostřed každého kosočtverce je černé číslo, 9 a 6, které mají stejný polarizační směr, a 3 a 5, které mají polarizační směr otočený o 90°. Díky polarizační separaci dochází k disociaci vjemů a každé oko vnímá dvě pole. Pravé oko vnímá svislé s číslicemi 9 a 6 a levé horizontální s 3 a 5. Nejprve vyšetřovaný porovnává číslice ve svislých kosočtvercích. V případě, že vidí lépe 9 na zeleném poli předsazuje se +0,25 D před pravé oko. Pokud je ostřeji viděna číslice 6, vloží se před pravé oko -0,25D. Stejný postup následuje u levého oka.



Obr. 49 Osterbergův test

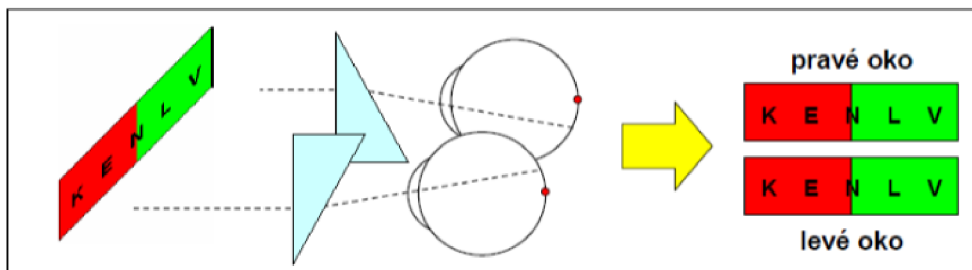
Může dojít k situaci, kdy je zhoršený vjem pouze v jednom zeleném poli, v tento okamžik se opět řídí pravidlem: *vždy se začíná plusovými hodnotami na lépe vidoucím oku*, proto se předkládá +0,25 D na oko, které vnímá obě číslice vyrovnaně. [36]

8.4.4. *Disociační vertikální prizma*

U této metody se separace provádí pomocí čoček s účinností 3 pD, které se předřazují před obě oči opačnou bází, před pravé oko báze 270° a před levé oko báze 90°. Po předřazení jednoduchého optotypového horizontálního řádku dojde k rozdvojení, kdy pravé oko vidí obraz nahoře a levé oko obraz dole. Vyšetřovaný posuzuje kontrast znaků, který v případě binokulárního vyvážení bude stejný. Je-li horní (dolní) řádek viděný méně ostře, před levé (pravé) oko se předsadí +0,25 D, obraz by se měl vyrovnat. Pokud však k vyrovnání nedojde, vkládá se -0,25 D před pravé (levé) oko.

Nevýhodou této metody je nepříjemný diplopický vjem pro vyšetřovaného a eventuální manifestovaná heterofórie.

Disociační vertikální prizma lze také kombinovat s červeno-zeleným testem. [10,31]



Obr. 50 Prizmatem disociovaný červeno-zelený test

8.5. Binokulární nejlepší sféra

Posledním krokem korekce do dálky je tzv. binokulární nejlepší sféra. Binokulárně se předkládá +0,25 D. V případě, že je vidění lepší nebo stejné, pokračuje se v přidávání plusové korekce, dokud nedojde ke zhoršení. Pokud se vidění zhoršilo hned napoprvé, předloží se binokulárně -0,25 D. Korekce se snižuje, zlepšují-li předložené čočky vidění, až do doby, než poslední mínusové čočky vidění nezlepšily nebo způsobily menší a ostřejší obraz. [31]

9. Korekce do blízka

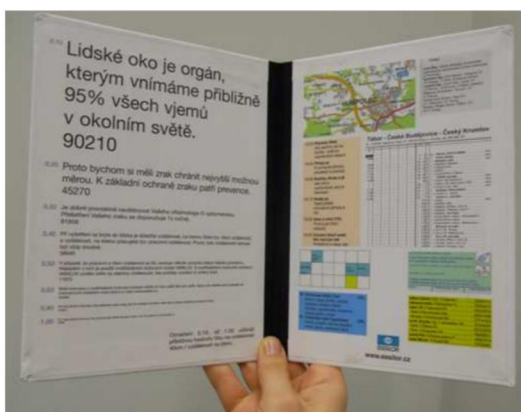
Na konci refrakce by měl být zkontrolován vízus do blízka a v případě presbyopa stanoven správný přídavek neboli adice. Přídavek do blízka nahrazuje úbytek akomodační šíře a pomáhá klientů opět zaostřit blízké předměty.

Určení adekvátního přídavku je možné několika způsoby: Metoda subjektivně stanovené adice, tabulková metoda, výpočet adice nebo mřížkový test za pomoci zkřížených cylindrů. Na ověření či úpravu přídavku se využívá červeno-zelený test, interval ostrosti či $\pm 0,25$ D. [10,39]

Mezi obecné zásady při stanovování adice patří:

- Dodržování pracovních podmínek vyšetřovaného
- Přidávání adice k aktuální korekci do dálky
- Měření binokulárně
- Volba nejnižší adice, která pomáhá (zachování maximálního rozsahu ostrého vidění)
- Přídavek by neměl přesáhnout hodnotu +2,5 D

Před samotným měřením korekce do blízka by měly být zjištěny vstupní informace jako například věk, konkrétní pracovní vzdálenost nebo specifické klientovy požadavky či podmínky na novou korekci. [40]



Obr. 51 Čtecí tabulky

9.1. Metoda subjektivně stanovené adice

Tato metoda se provádí za pomoci spojných čoček a čtecí (Jägerovy) tabulky. Klient by se měl usadit do jeho pohodlné pozice a tabulku držet v obvyklé komfortní vzdálenosti na čtení

(pracovní vzdálenost). Pacient, který není v presbyopickém věku a do dálky má zrakovou ostrost 6/6, by měl přečíst text s hodnotou vízu 1. Presbyopický klient pozoruje optotyp do blízka s korekcí do dálky, zatímco mu vyšetřující binokulárně předkládá spojné čočky. Hodnota přídavku do blízka se zvyšuje (po +0,25 D) do chvíle, kdy korekce zlepšuje zrakovou ostrost, tedy poslední spojka je ta, která ještě zlepšila ostrost. Posledním krokem je kontrola správné adice za pomoci -0,25 D. Po předložení této čočky by mělo dojít ke zhoršení, je-li však vidění stejné, adice je příliš silná. [39]

9.2. Tabulková metoda

Tabulková metoda je nejrychlejší a nejjednodušší metodou pro stanovení přídavku do blízka. Tabulka, která udává hodnoty adice dle věku, je jak optometry, tak lékaři velmi často využívanou pomůckou. Mělo by se však jednat pouze o orientační hodnotu stanovené adice, například v případě, že nejsou dostupná předchozí měření/korekce do blízka nebo se jedná o prvositele, protože tabulka nezohledňuje individuální parametry jako je například pracovní vzdálenost. [39,41]

Věk / roky	Adice / D	
	pro 33 cm	pro 40 cm
45	+1,25	+0,75
50	+1,75	+1,25
55	+2,25	+1,75
60+	+2,50	+2,00

Tabulka č.3 Tabulka hodnot adice/věk na pracovní vzdálenost 33 cm a 40 cm

9.3. Výpočet adice

Přídavek lze stanovit také za pomoci matematického vzorce dle Rutrleho (1993). Jedná se o přesnou metodu, v praxi však minimálně využívá. Přídavek na blízko se vypočítá tak, že odvergence hlavního pracovního bodu se odečtou $\frac{2}{3}$ akomodační šíře:

$$ADD[D] = -HPB[m] - \frac{2}{3}AŠ[D]$$

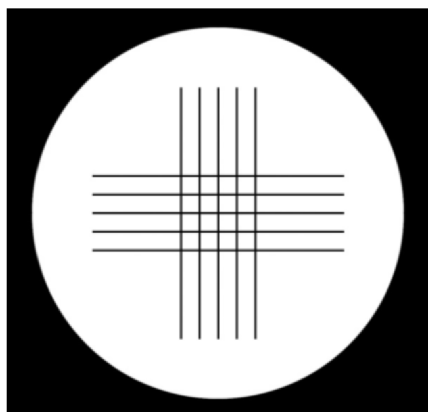
HPB se rovná $\frac{1}{hpb}$, kde hpb je vzdálenost hlavního pracovního bodu v metrech, který má podle znaménkové konvence zápornou hodnotu. Hlavní pracovní bod je bod nacházející se před okem, ve kterém se požaduje ostré vidění (většinou 30 až 50 cm). Tato vzdálenost je u každého pacienta individuální, záleží například na pracovních potřebách, pracovních

podmínkách, délce rukou atd. Odečtením pouze $\frac{2}{3}$ akomodační šíře je zajištěna $\frac{1}{3}$ akomodační rezervy. [10,39]

9.4. Mřížkový test za pomoci zkříženého cylindru

Touto metodou se stanovuje hodnota adice za pomoci dvou Jacksonových zkřížených cylindrů a mřížkového testu do blízka. Manuálně je tato metoda náročnější, proto je vhodnější využít foropter. Nejprve se nastaví na foropteru PD do blízka a do pracovní vzdálenosti se umístí kříž z vertikálních a horizontálních linií. Binokulárně je pacientovy předřazen cylindr $\pm 0,5$ D, tak aby osa korekčního účinku záporného cylindru směřovala do 90° . V případě presbyopického pacienta jsou horizontální linie křížového testu ostřejší a černější než vertikální. Postupným předkládáním plusových čoček s hodnotou $+0,25$ D by mělo dojít k vyrovnání vjemu, tedy horizontální i vertikální linie by měly být stejně syté a ostré. Adice je určena vždy první korekční čočkou, se kterou se vjem vyrovnal. V praxi je však často volena hodnota adice, kdy jsou vodorovné linie mírně tmavší. Přídavek do blízka by měl být následně zkontrolován na čteném textu a případně dopraven.

Tento test může být využit i jako ověřovací metoda adice. Pokud vidí pacient vertikální linie ostřeji je třeba adici snížit, v opačném případě, kdy jsou výraznější linie horizontální, je třeba adici navýšit. [10,39,41]



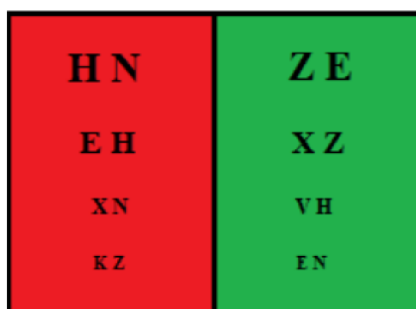
Obr. 52 Mřížkový test

9.5. Ověřovací metody přídavku do blízka

9.5.1. Červeno-zelený test

Červeno-zelený test slouží k ověření adice, zda není příliš silná či slabá. Funguje na stejném principu jako červeno-zelený test do dálky. Test se provádí v definované pracovní

vzdálenosti (*HPB*). Vyšetřovanému se předloží text na úrovni čteného textu (2,5násobek minimum separabile) na červeném a zeleném podkladu. Vyšetřovaný pozoruje text a určí, na kterém pozadí je text ostřejší a černější. V případě správně určené adice by měl být text na obou polích vyrovnaný. Pokud klient udává, že je kontrast na červeném poli výraznější, adice se sníží o $-0,25$ D binokulárně. Je-li text ostřejší na poli zeleném, předkládá se binokulárně $+0,25$ D. U mladých presbyopů by však měl být preferován text na zeleném poli. [10]



Obr. 53 Červeno-zelený test

9.5.2. Využití $\pm 0,25$ D

Při této metodě se pacient dívá na nejmenší viděný řádek a vyšetřující mu binokulárně předkládá $\pm 0,25$ D. Pokud vyšetřovaný uvede po předložení spojných čoček, že je vidění lepší, hodnota se navyšuje a pokračuje se v kontrole do doby, než je obraz stejný nebo horší. Je-li vjem hned napoprvé stejný nebo horší, předkládají se čočky minusové. Adice se zeslabuje v případě, že se vyšetřovanému zdá text stejný nebo lepší. V opačném případě, kdy se obraz zhorší, $-0,25$ D se nepředkládá. Při konečné kontrole by se neměl vjem po předřazení $+0,25$ D zlepšit a po předsazení $-0,25$ by se měl mírně zhoršit. [40]

9.5.3. Interval ostrosti

Velikost intervalu ostrého vidění se mění v závislosti na velikosti akomodační šíře a na velikosti adice. Čím je vyšší adice, tím se rozmezí pohodlného vidění snižuje, proto je nutné zkontrolovat rozsah klientova ostrého vidění a případně adici dopravit tak, aby byly splněny individuální požadavky klienta a nároky na vidění. Interval ostrosti se zjistí za pomoci stanovení dalekého a blízkého bodu. Vyšetřující posouvá čtecí tabulkou směrem ke klientovi, který pozoruje nejmenší přečtený řádek. Blízký bod je nalezen tehdy, kdy dojde ke zhoršení vidění tohoto řádku. U dalekého bodu je postup stejný, pouze vyšetřující hýbe tabulkou směrem od klienta, který pozoruje řádek o stupeň větší. V případě zhoršení tohoto řádku je daleký bod nalezen. Interval ostrého vidění je rozsah mezi nimi. Hlavní pracovní bod by se měl nacházet v tomto rozsahu.

Nachází-li se pracovní bod příliš blízko nebo interval ostrosti je nedostačující, adice se sníží. V opačném případě, kdy je pracovní bod příliš vzdálený, dojde k navýšení.

Při určování adice by mělo být dodrženo, že jsou využívány pouze $\frac{2}{3}$ akomodační šíře, kde dochází k pohodlnému vidění. Zbylá $\frac{1}{3}$ by měla být zachována jako rezerva. [40,42]

Věk / roky	Adice / D	Rozsah ostrého vidění / cm	
		blízký bod	daleký bod
45	+0,75	24	133
50	+1,25	27	80
55	+1,75	31	57
60+	+2,00	33	50

Tabulka č.4 Interval ostrého vidění pro pracovní vzdálenost 40 cm

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo definovat zrakovou ostrost a představit možnosti vyšetření, včetně objektivních způsobů, které se využívají u dětí, a alternativních testů, využívaných v případě osob se zrakovým postižením. Dále popsat metody objektivní a subjektivní refrakce, včetně postupů a testů, které se v dnešní době využívají.

Na úplném začátku své bakalářské práce jsem se věnovala vízu, který je nedílnou součástí každé refrakce. Nejprve jsem zrakovou ostrost definovala, poté jsem popsala možné vyjádření, a nakonec jsem se zabývala samotným vyšetřováním. Druhá kapitola velmi úzce souvisí právě se zhodnocením zrakové ostrosti, jsou zde popsány jednotlivé typy optotypů a využívané optotypové symboly. V bakalářské práci jsem se také krátce zabývala refrakcí oka, včetně dvou nejvíce lomivých optických prostředí – rohovka, čočka, fyziologickými změnami v průběhu života a refrakčními vadami. Ve zkratce jsem popsala 3 základní vady optického systému – myopii, hypermetropii a astigmatismus a vysvětlila, jakým způsobem a kdy přistoupit ke korekci. V posledních kapitolách jsem se již věnovala objektivním a subjektivním vyšetřením. V rámci objektivní refrakce jsem představila různé typy refraktometrů a popsala metody jako je retinoskopie, skiaskopie a oftalmoskopie. U subjektivní refrakce jsem uvedla postup vyšetření a jednotlivé testy využívané při korekci myopie, hypermetropie a astigmatismu. Závěr mé bakalářské práce patřil postupům při binokulárním akomodačním vyvážení, které by mělo následovat po každé monokulární refrakci s výjimkou několika případů, a možnostem korekce na blízko.

V této práci jsem se snažila, co nejlépe popsat základní informace, postupy a metody, které jsou nedílnou součástí profesního života optometristy. Správně zvolená korekce může mnohým klientům zkvalitnit život. Proto je důležité, aby každý odborník měl znalosti a dovednosti, které potřebuje ke správnému stanovení refrakce.

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků

Obr. 1 Minimum separabile	11
Obr. 2 Minimum separabile	11
Obr. 3 Tellerovy karty	13
Obr. 4 Landoltův kruh	16
Obr. 5 Landoltovy kruhy	16
Obr. 6 Pflügerovy háky	17
Obr. 7 Znak obrázkového optotypu	18
Obr. 8 Odstupňování hodnot zrakové ostrosti	19
Obr. 9 Tabule ETDRS	19
Obr. 10 Čtecí tabulky– Snellenův a Jägerův zápis	20
Obr. 11 Tištěný číselný optotyp	20
Obr. 12 Světelný optotyp	22
Obr. 13 Projekční optotyp	22
Obr. 14 LCD optotyp	22
Obr. 15 Průřez okem	23
Obr. 16 Struktura čočky	24
Obr. 17 Fáze fyziologických změn	25
Obr. 18 Hypermetropie – průchod paprsků	29
Obr. 19 Myopie – průchod paprsků	29
Obr. 20 Astigmatismus	30
Obr. 21 Chod paprsků planárním a konkávním zrcátkem	33
Obr. 22 Retinoskop	33

Obr. 23 Pohyby fenoménů	34
Obr. 24 Princip přímé oftalmoskopie	36
Obr. 25 Nepřímá oftalmoskopie	36
Obr. 26 Hartingerův refraktometr	37
Obr. 27 Autorefraktometr	38
Obr. 28 Schéma 6600 Autorefractor, Acuity Systems	40
Obr. 29 Autorefrakto – keratometr ARKM-200	43
Obr. 30 Autorefrakto – kerato – tonometr Nidek Tomoref II	43
Obr.31 Autorefrakto – topo – keratometr RT-7000	44
Obr. 32 Autorefrakto – kerato – tono – pachymetr Topcon TRK-1P-	44
Obr. 33 autorefrakto – topo – abero – pupilometr Topcon KR – 1 W	45
Obr. 34 Plusoptix	46
Obr. 35 Sada zkušebních čoček	47
Obr. 36 Zkušební obruba	48
Obr. 37 Plastová obruba Oculus UB4	49
Obr. 38 Digitální foropter Topcon CV 5000	49
Obr. 39 Možnosti synchronizace foropteru CV- 5000 s dalšími přístroji	51
Obr. 40 Dots (tečkovým) testem a Zeissova figura	54
Obr. 41 Jacksonův zkřížený cylindr	56
Obr. 42 Osy kladného a záporného cylindru po otočení o 180°	57
Obr. 43 Jak JZC působí na zobrazení v oku bez astigmatismu	58
Obr. 44 Jak JZC působí na zobrazení v oku s astigmatismem	58
Obr. 45 astigmatická růžice a astigmatický vějíř	59
Obr. 46 Červeno-zelený test	60
Obr. 47 Cowenův test	62

Obr. 48 Dvouřádkový test (Schultzeho test)	63
Obr. 49 Osterbergův test	64
Obr. 50 Prizmatem disociovaný červeno-zelený test	65
Obr. 51 Čtecí tabulky	66
Obr. 52 Mřížkový test	68
Obr. 53 Červeno-zelený test	69

Seznam tabulek

Tabulka č.1 Sférický deficit podle úrovně vízu	53
Tabulka č.2 Cylindrický deficit podle úrovně vízu	55
Tabulka č.3 Tabulka hodnot adice/věk na pracovní vzdálenost 33 cm a 40 cm	67
Tabulka č.4 Interval ostrého vidění pro pracovní vzdálenost 40 cm	70

SEZNAM LITERATURY

1. ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-x.
2. BENEŠ, Pavel a Sylvie PETROVÁ. *Praktická výuka v oblasti péče o slabozraké*. Brno: Katedra optometrie a ortoptiky, LF MU, 2017.
3. KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Vyšetřování oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 80-7013-195-0.
4. POLÁŠEK, Jaroslav, ed. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974.
5. KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
6. AUTRATA, Rudolf. *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7.
7. BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013577-8.
8. HYCL, Josef. *Oftalmologie: minimum pro praxi*. 2. vyd. Praha: Triton, 2006. Levou zadní. ISBN 80-7254-827-1.

INTERNETOVÉ ZDROJE

9. KŘÍŽ, Pavel. *Zraková ostrost* [online]. Brno, 2007 [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/gkqtl/Bakalarka-Zrak.Ostrost.pdf>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
10. SEVERA, David, Petr VESELÝ a Pavel BENEŠ. *Základy metod korekce refrakčních vad*. 1. vydání. Brno, 2016. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/index.html. Masarykova univerzita, ISBN 978-80-210-8289-2.
11. PANICOVÁ, Petra. *Vyšetřování optických vad oka* [online]. Olomouc, 2012 [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: https://theses.cz/id/dxflpn/Vyetovn_optickch_vad_oka.pdf. Diplomová práce. PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO.
12. TOMEČKOVÁ, Jana. *Metodika vyšetření zrakové ostrosti pro potřeby klinického výzkumu* [online]. Brno, 2008 [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/zij3c/bakalar_3_8i9w0.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
13. *Zraková ostrost, vizus, optotypy* [online]. Brno [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1411/jaro2011/BOBO0221p/um/23949692/BO_03_Anatomie_vizus_ametropie.pdf. Prezentace. VUT Ústav fyzikálního inženýrství.
14. MENCÁK, Jiří. *Zraková ostrost* [online]. Brno, 2009 [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/214908/lf_b/bakalarska_prace_fin.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
15. TOMEČKOVÁ, Jana. *Metodika vyšetření zrakové ostrosti pro potřeby klinického výzkumu* [online]. Brno, 2008 [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/zij3c/bakalar_3_8i9w0.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
16. DOLEJŠKOVÁ, Iva. *Oční vyšetřovací metody u dětí* [online]. Olomouc, 2013 [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/0p9hfq/00178939-220207482.txt>. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.
17. JANČÁROVÁ, Helena. *Vyšetření zrakové ostrosti – visu u dětí. Pediatrie pro praxi* [online]. 2004, 2004, (3), 155-156 [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: <https://www.pediatriepropraxi.cz/pdfs/ped/2004/03/11.pdf>

18. POSPÍŠILOVÁ, René. *Používání lup a jiných pomůcek pro zrakově postižené* [online]. Praha, 2011 [cit. 2020-04-01]. Absolventská práce. Vyšší odborná škola zdravotnická a Střední zdravotnická škola.
19. MALINOVÁ, Regina. *Porovnání výsledků subjektivní a objektivní refrakce* [online]. Brno, 2007 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/zv2o9/dukument_diplomka.pdf. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
20. *Gullstrandovo schématické oko* [online]. Brno [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/1411/jaro2013/BOBO0221p/um/39819553/39819951/>. Prezentace. VUT Ústav fyzikálního inženýrství.
21. BURYÁNOVÁ, Veronika. *Výskyt refrakčních vad a způsoby jejich korekce v populaci studentů optometrie* [online]. Brno, 2008 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/f1rjy/Diplomova_prace_-_Veronika_Buryanova10.pdf. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
22. *Změny vidění během života. Kontaktní čočka.cz* [online]. Chrudim, 2005 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://www.kontaktnicocka.cz/clanky-zmeny-videni-behem-zivota.html>
23. CHYTIL, David. *Noční myopie* [online]. Olomouc, 2014 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://theses.cz/id/d4pula/Non_myopie.pdf. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.
24. PILÁTOVÁ, Kateřina. *Vyšetření refrakce, subjektivní a objektivní postupy* [online]. Brno, 2016 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/j5a2d/Vysetreni_refrakce__subjektivni_a_objektivni_postupy.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
25. BARTUNĚK, Jaroslav. *Fyzikální principy přístrojů v optometrii* [online]. Olomouc, 2014 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://theses.cz/id/19lg4i/Bakalsk_prce.pdf. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.
26. JANKEJECHOVÁ, Eva. *Design přístroje na vyšetření zraku* [online]. Brno, 2015 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=104720. Diplomová práce. VUT.
27. NEVŘIVÁ, Hana. *Typy refraktometrů* [online]. Brno, 2011 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/fy9ce/Typy_refraktometru.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.

28. ŠEBESTOVÁ, Michaela. *Vývoj metod pro stanovení objektivní refrakce* [online]. Brno, 2011 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/qyzen/Michaela_Sebestova__Vyvoj_metod_pro_stanoveni_objektivni_refrakce.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
29. NOVÁKOVÁ, Michaela. *Objektivní a subjektivní vyšetření refrakce oka* [online]. Brno, 2004 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/auth/th/chgs6/text.pdf>. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
30. ŠKRABALOVÁ, Soňa. *Foropter versus astigmatická zkušební brýlová obruba* [online]. Brno, 2015 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/qbufv/Diplomova_prace_Sona_Skrabalova.pdf. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
31. PLUHÁČEK, František. *Základní postupy subjektivní refrakce* [online]. Olomouc, 2015 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/74106611-Zakladni-postupy-subjektivni-refrakce.html>. Prezentace. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.
32. ELLIOTT, David B. *Clinical Procedures in Primary Eye Care* [online]. 3. UK: Butterworth-Heinemann, 2007 [cit. 2020-04-02]. ISBN 978-0-7506-8896-3. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/book/9780750688963/clinical-procedures-in-primary-eye-care>
33. STRELINGEROVÁ, Tereza. *Porovnání subjektivní refrakce na foropteru a s pomocí zkušební obruby* [online]. Kladno, 2018 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/79595/FBMI-BP-2018-Strelingerova-Tereza-2017_2018_LS_f_bc_441121_10463_strelter_1526435381.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. ČVUT.
34. KULHAVÁ, Lada. *Metody subjektivního vyšetřování refrakce* [online]. Olomouc, 2013 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://theses.cz/id/fi5xlw/Diplomov_prce_Kulhav_Lada.pdf. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.
35. JEŘÁBKOVÁ, Martina. *Objektivní a subjektivní vyšetření refrakce* [online]. Brno, 2008 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/s3gej/7toend.pdf>. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
36. ŠILHANOVÁ, Iva. *Srovnání výsledků vyšetření polarizačními a bichromatickými testy* [online]. Brno, 2012 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/27191554-Masarykova-univerzita-lekarska-fakulta.html>. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

37. SCHWARTZ, Gary S. *The eye exam: a complete guide* [online]. USA: Slack Incorporated, 2006 [cit. 2020-04-03]. ISBN 1-55642-755-7. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=vNwHSXEXYmkC&pg=PA58&lpg=PA58&dq=jackson+%CC%81s+cross+cylinder&source=bl&ots=2TgADFO_Ul&sig=ACfU3U1xuGKG0m0CxM3f6i__iyM4fNYwFw&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwioxSPO-q7oAhVD4qQKHezBBCEQ6AEwHHoECAsQAQ#v=onepage&q=jackson%20%CC%81s%20cross%20cylinder&f=fa
38. TOMEK, Vladimír. *Porovnání objektivních a subjektivních metod stanovení refrakce oka* [online]. Kladno, 2016 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/67500/FBMI-BP-2016-Tomek-Vladimir-prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. ČVUT.
39. MIKANOVÁ, Jana. *Metody stanovení presbyopické adice* [online]. Olomouc, 2012 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: https://theses.cz/id/92rqz7/Mikanov_2012_diplomov_prce_Metody_stanoven_presbyopick_ad.pdf. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.
40. PLUHÁČEK, František. *Presbyopie a související vergenční potíže* [online]. Olomouc, 2015 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10340538-Presbyopie-a-souvisejici.html>. Prezentace. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.
41. JANÍČKOVÁ, Jana. *Presbyopie a přídavek do blízka* [online]. Olomouc, 2012 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <http://www.optikavahala.cz/PDFZdroje/%C5%99e%C5%A1en%C3%AD-dioptrick%C3%BDch-vad-do-bl%C3%ADzka.pdf>. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.
42. JUNGOVÁ, Irena. *Vliv presbyopie při používání současných mobilních zařízení* [online]. Brno, 2018 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/c4k9b/DP_Jungova.pdf. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
43. ŘEZŇÍKOVÁ, Lenka. *Zraková ostrost na blízko po implantaci monofokální nitrooční čočky* [online]. Kladno, 2018 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/79479/FBMI-BP-2018-Reznikova-Lenka-prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. ČVUT.

ZDROJE POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK

Zdroje použitých obrázků

Obr. 1 Minimum separabile – *Minimum separabile*: <http://www.karmen.20m.com/> [online], [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: http://www.karmen.20m.com/Slike/Minimum_separabile.jpg

Obr. 2 Minimum separabile – *Minimum separabile*. In: *Základy metod korekce refrakčních vad* [online]. Brno, 2016 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/index.html

Obr. 3 Tellerovy karty – *Tellerovy karty*. In: *Zraková ostrost – vyšetření, stanovení objektivní a subjektivní refrakce* [online]. Brno, 2019 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/rymec/Baklarska_prace_Michaela_Sebelova.pdf

Obr. 4 Landoltův kruh – *Landoltovo „C“* In: *Zraková ostrost, vizus* [online]. In: Brno [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1411/jaro2015/BOBO0221p/um/56140008/BO03_vizus.pdf

Obr. 5 Landoltovy kruhy – *Landoltovy kruhy* In: *Zraková ostrost* [online]. In: Brno, 2007 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/gkqtl/Bakalarka-Zrak.Ostrost.pdf>

Obr. 6 Pflügerovy háky – *Pflügerovy háky* In: *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974.

Obr. 7 Znak obrázkového optotypu – *Obrázkové optotypy pro děti* In: *POLÁŠEK, Jaroslav*, ed. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974.

Obr. 8 Odstupňování hodnot zrakové ostrosti – *Logaritmické odstupňování* In: *Zraková ostrost, vizus* [online]. In: Brno [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1411/jaro2015/BOBO0221p/um/56140008/BO03_vizus.pdf

Obr. 9 Tabule ETDRS – *Tabule ETDRS* In: *Zraková ostrost, vizus* [online]. In: Brno [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1411/jaro2015/BOBO0221p/um/56140008/BO03_vizus.pdf

Obr. 10 Čtecí tabulky – *Snellenův a Jägerův zápis* – *Příklad Jaegerovy tabulky* In: *Základy metod korekce refrakčních vad* [online]. Brno, 2016 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/index.html

Obr. 11 Tištěný číselný optotyp –Tištěný číselný optotyp. In: *Srovnání kvality vyšetření vízu na různých typech optotypů při odlišné kvalitě osvětlení a různé vyšetřovací vzdálenosti* [online]. Brno [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/idm8x/Diplomova_prace_-_Zavrelova_Lenka.pdf

Obr. 12 Světelný optotyp –Optotyp s osvětlením. In: *Novoretro* [online]. Brno [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <http://www.novoretro.net/cs/optotyp-s-osvetlenim>

Obr. 13 Projekční optotyp – Projekční optotyp In: *Zraková ostrost* [online]. Brno, 2007 [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/gkqtl/Bakalarka-Zrak.Ostrost.pdf>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.

Obr. 14 LCD optotyp – LCD optotyp In: *Zraková ostrost* [online]. Brno, 2009 [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/214908/lf_b/bakalarska_prace_fin.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.

Obr. 15 Průřez okem –Průřez okem In: *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-x.

Obr. 16 Struktura čočky – Struktura čočky In: *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-x.

Obr. 17 Fáze fyziologických změn – zdroj: vlastní

Obr. 18 Hypermetropie – průchod paprsků – Oko dalekovidza ze szkłem korygującym. In: *Fizyka w Wicku* [online]. Brno, 2013 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://obcym.wixsite.com/fizyka/5-soczewki>

Obr. 19 Myopie – průchod paprsků – Myopia. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Myopia.png>

Obr. 20 Astigmatismus – Astigmatismus. In: *Astigmatismus a jeho korekce* [online]. Olomouc, 2009 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/663kp1/72942-541066912.pdf>

Obr. 21 Chod paprsků planárním a konkávním zrcátkem – Chod paprsků planárním a konkávním zrcátkem In: *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013577-8.

- Obr. 22 Retinoskop** – Retinoskop In: *Vyšetření refrakce, subjektivní a objektivní postupy* [online]. Brno, 2016 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/j5a2d/Vysetreni_refrakce__subjektivni_a_objektivni_postupy.pdf.
Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- Obr. 23 Pohyby fenoménů** – Pohyb červeného reflexu In: *Vyšetření refrakce, subjektivní a objektivní postupy* [online]. Brno, 2016 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/j5a2d/Vysetreni_refrakce__subjektivni_a_objektivni_postupy.pdf.
Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- Obr. 24 Princip přímé oftalmoskopie** Princip přímé oftalmoskopie In: *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013577-8.
- Obr. 25 Nepřímá oftalmoskopie** – Nepřímá oftalmoskopie In: *Vyšetření refrakce, subjektivní a objektivní postupy* [online]. Brno, 2016 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/j5a2d/Vysetreni_refrakce__subjektivni_a_objektivni_postupy.pdf.
Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- Obr. 26 Hartingerův refraktometr** – Hartingerův refraktometr In: *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013577-8.
- Obr. 27 Autorefraktometr** – Autorefraktometr In: *Vyšetření refrakce, subjektivní a objektivní postupy* [online]. Brno, 2016 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/j5a2d/Vysetreni_refrakce__subjektivni_a_objektivni_postupy.pdf.
Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- Obr. 28 Schéma 6600 Autorefractor, Acuity Systems** – schéma 6600 Autorefractor, Acuity systems In: *Typy refraktometrů* [online]. Brno, 2011 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/fy9ce/Typy_refraktometru.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- Obr. 29 Autorefrakto – keratometr ARKM-200** - Autorefrakto – keratometr ARKM-200 In: *Fyzikální principy přístrojů v optometrii* [online]. Olomouc, 2014 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://theses.cz/id/19lg4i/Bakalsk_prce.pdf. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.
- Obr. 30 Autorefrakto – kerato – tonometr Nidek Tomoref II** – Autorefrakto – kerato – tonometr Nidek Tomoref II In: *Fyzikální principy přístrojů v optometrii* [online]. Olomouc, 2014 [cit.

2020-04-02]. Dostupné z: https://theses.cz/id/19lg4i/Bakalsk_prce.pdf. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

Obr.31 Autorefrakto – topo – keratometr RT-7000 - Autorefrakto – topo – keratometr RT-7000 In: *Fyzikální principy přístrojů v optometrii* [online]. Olomouc, 2014 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://theses.cz/id/19lg4i/Bakalsk_prce.pdf. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

Obr. 32 Autorefrakto – kerato – tono – pachymetr Topcon TRK-1P – Autorefrakto – kerato – tono – pachymetr Topcon TRK-1P In: *Fyzikální principy přístrojů v optometrii* [online]. Olomouc, 2014 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://theses.cz/id/19lg4i/Bakalsk_prce.pdf. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

Obr. 33 autorefrakto – topo – abero – pupilometr Topcon KR – 1 W – autorefrakto – topo – abero – pupilometr Topcon KR In: *Typy refraktometrů* [online]. Brno, 2011 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/fy9ce/Typy_refraktometru.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.

Obr. 34 Plusoptix – Plusoptix In: *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013577-8.

Obr. 35 Sada zkušebních čoček-Sada zkušebních čoček. In: *Historie a metodika měření zrakové ostrosti pomocí optotypů* [online]. Brno, 2011 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/yo6m2/Historie_a_metodika_mereni_zrakove_ostrosti_pomoci_optotypu.pdf

Obr. 36 Zkušební obruba – Zkušební obruba In: *Základní postupy subjektivní refrakce* [online]. Olomouc, 2015 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/74106611-Zakladni-postupy-subjektivni-refrakce.html>. Prezentace. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

Obr. 37 Plastová obruba Oculus UB4 – Plastová obruba Oculus UB4 In: *Foropter versus astigmatická zkušební brýlová obruba* [online]. Brno, 2015 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/qbufv/Diplomova_prace_Sona_Skrabalova.pdf. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

Obr. 38 Digitální foropter Topcon CV 5000 - Digitální foropter Topcon CV 5000 In: *Foropter versus astigmatická zkušební brýlová obruba* [online]. Brno, 2015 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/qbufv/Diplomova_prace_Sona_Skrabalova.pdf. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

Obr. 39 Možnosti synchronizace foropteru CV- 5000 s dalšími přístroji – Možnosti synchronizace foropteru CV- 5000 s dalšími přístroji In: *Foropter versus astigmatická zkušební brýlová obruha* [online]. Brno, 2015 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z:

https://is.muni.cz/th/qbufv/Diplomova_prace_Sona_Skrabalova.pdf. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

Obr. 40 Dots (tečkovým) testem a Zeissova figura – Speciální znaky In: *Základní postupy subjektivní refrakce* [online]. Olomouc, 2015 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z:

<https://docplayer.cz/74106611-Zakladni-postupy-subjektivni-refrakce.html>. Prezentace. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

Obr. 41 Jacksonův zkřížený cylindr – Jacksonův zkřížený cylindr In: *Vyšetření refrakce, subjektivní a objektivní postupy* [online]. Brno, 2016 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z:

https://is.muni.cz/th/j5a2d/Vysetreni_refrakce__subjektivni_a_objektivni_postupy.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.

Obr. 42 Osy kladného a záporného cylindru po otočení o 180° - Jacksonovy zkřížené cylindry In: *Základní postupy subjektivní refrakce* [online]. Olomouc, 2015 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z:

<https://docplayer.cz/74106611-Zakladni-postupy-subjektivni-refrakce.html>. Prezentace. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

Obr. 43 Jak JZC působí na zobrazení v oku bez astigmatismu – Jak JZC působí na zobrazení v oku bez astigmatismu In: *Základní postupy subjektivní refrakce* [online]. Olomouc, 2015 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/74106611-Zakladni-postupy-subjektivni-refrakce.html>. Prezentace. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

<https://docplayer.cz/74106611-Zakladni-postupy-subjektivni-refrakce.html>. Prezentace. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

Obr. 44 Jak JZC působí na zobrazení v oku s astigmatismem – Jak JZC působí na zobrazení v oku s astigmatismem In: *Základní postupy subjektivní refrakce* [online]. Olomouc, 2015 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/74106611-Zakladni-postupy-subjektivni-refrakce.html>. Prezentace. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

<https://docplayer.cz/74106611-Zakladni-postupy-subjektivni-refrakce.html>. Prezentace. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

Obr. 45 astigmatická růžice a astigmatický vějíř – Astigmatický ciferník a astigmatický vějíř In: *Srovnání výsledků vyšetření polarizačními a bichromatickými testy* [online]. Brno, 2012 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/27191554-Masarykova-univerzita-lekarska-fakulta.html>. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

<https://docplayer.cz/27191554-Masarykova-univerzita-lekarska-fakulta.html>. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

Obr. 46 Červeno-zelený test – Červeno-zelený test In: *Vyšetření refrakce, subjektivní a objektivní postupy* [online]. Brno, 2016 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z:

https://is.muni.cz/th/j5a2d/Vysetreni_refrakce__subjektivni_a_objektivni_postupy.pdf.

Bakalářská práce. Masarykova univerzita.

Obr. 47 Cowenův test – Cowenův test In: *Základy metod korekce refrakčních vad*. 1. vydání.

Brno, 2016. Dostupné z:

https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/index.html. Masarykova univerzita, ISBN 978-80-210-8289-2.

Obr. 48 Dvouřádkový test (Schultzeho test) - Dvouřádkový test (Schultzeho test) In: *Srovnání výsledků vyšetření polarizačními a bichromatickými testy* [online]. Brno, 2012 [cit. 2020-04-03].

Dostupné z: <https://docplayer.cz/27191554-Masarykova-univerzita-lekarska-fakulta.html>.

Diplomová práce. Masarykova univerzita.

Obr. 49 Osterbergův test – Osterbergův test In: *Srovnání výsledků vyšetření polarizačními a bichromatickými testy* [online]. Brno, 2012 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z:

<https://docplayer.cz/27191554-Masarykova-univerzita-lekarska-fakulta.html>. Diplomová práce.

Masarykova univerzita.

Obr. 50 Prizmatem disociovaný červeno-zelený test – Oddělení vjemů očí při binokulárních podmínkách pomocí prizmat In: *Srovnání výsledků vyšetření polarizačními a bichromatickými testy* [online]. Brno, 2012 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: [https://docplayer.cz/27191554-](https://docplayer.cz/27191554-Masarykova-univerzita-lekarska-fakulta.html)

[Masarykova-univerzita-lekarska-fakulta.html](https://docplayer.cz/27191554-Masarykova-univerzita-lekarska-fakulta.html). Diplomová práce. Masarykova univerzita.

Obr. 51 Čtecí tabulky – Čtecí tabulky In: *Metody stanovení presbyopické adice* [online].

Olomouc, 2012 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z:

https://theses.cz/id/92rqz7/Mikanov_2012_diplomov_prce_Metody_stanoven_presbyopick_ad.pdf. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

Obr. 52 Mřížkový test – Mřížkový test k ověření hodnoty adice In: *Základy metod korekce refrakčních vad*. 1. vydání. Brno, 2016. Dostupné z:

https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/index.html. Masarykova univerzita, ISBN 978-80-210-8289-2.

Obr. 53 Červeno-zelený test – Červeno-zelený test In: *Metody stanovení presbyopické adice* [online]. Olomouc, 2012 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z:

https://theses.cz/id/92rqz7/Mikanov_2012_diplomov_prce_Metody_stanoven_presbyopick_ad.pdf. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

Zdroje použitých tabulek

Tabulka č.1 Sférický deficit podle úrovně vízu – Sférický deficit podle úrovně vízu In: *Základy metod korekce refrakčních vad*. 1. vydání. Brno, 2016. Dostupné z:

https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/index.html. Masarykova univerzita, ISBN 978-80-210-8289-2.

Tabulka č.2 Cylindrický deficit podle úrovně vízu – Cylindrický deficit podle úrovně vízu In: *Základy metod korekce refrakčních vad*. 1. vydání. Brno, 2016. Dostupné z:

https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/index.html. Masarykova univerzita, ISBN 978-80-210-8289-2

Tabulka č.3 Tabulka hodnot adice/věk na pracovní vzdálenost 33 cm a 40 cm – Odhad adice In: *Presbyopie a související vergenční potíže* [online]. Olomouc, 2015 [cit. 2020-04-03].

Dostupné z: <https://docplayer.cz/10340538-Presbyopie-a-souvisejici.html>. Prezentace. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.

Tabulka č.4 Interval ostrého vidění pro pracovní vzdálenost 40 cm – Interval ostrého vidění adice In: *Presbyopie a související vergenční potíže* [online]. Olomouc, 2015 [cit. 2020-04-03].

Dostupné z: <https://docplayer.cz/10340538-Presbyopie-a-souvisejici.html>. Prezentace. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého.