

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLMOUCI

KATEDRA OPTIKY

HODNOCENÍ KVALITY ZRAKOVÉHO VJEMU

Diplomová práce

VYPRACOVAL:

Karel Liška

Obor 5345T008 OPTOMETRIE

Studijní rok 2011/2012

VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:

RNDr. František Pluháček, Ph.D.

Čestné prohlášení

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

V Olomouci 3. 4. 2012

PODĚKOVÁNÍ

Na začátek bych chtěl velmi poděkovat RNDr. Františku Pluháčkovi, Ph.D. za konzultace, cenné rady a připomínky, které mi byly velkou oporou při psaní této práce. Dále bych chtěl vyjádřit své díky všem mým praktikantům, kteří mi byli k dispozici při vyšetřování.

Obsah

1. Úvod

2. Anatomie a histologie

- 2.1. Optický systém oka a optická prostředí
- 2.2. Anatomie sítnice
- 2.3. Popis zrakové dráhy

3. Zraková ostrost

- 3.1. Pojem zraková ostrost
- 3.2. Vývoj zrakové ostrosti
- 3.3. Centrální zraková ostrost
- 3.4. Periferní zraková ostrost
- 3.5. Zraková ostrost úhlová – angulární
- 3.6. Zrakové ostrost koincidenční – noniusová
- 3.7. Omezení zrakové ostrosti z optického hlediska

4. Vyšetřování zrakové ostrosti

- 4.1. Historie vyšetřování zrakové ostrosti
- 4.2. Objektivní zhodnocení refrakčního stavu oka
 - 4.2.1. Skiaskopie
 - 4.2.2. Automatický refraktometr
 - 4.2.3. Hartingerův koincidenční refraktometr
- 4.3. Subjektivní zjištění zrakové ostrosti
 - 4.3.1. Optotypové znaky
 - 4.3.1.1 Základní kritéria optotypů
 - 4.3.1.2. Jednotlivé druhy optotypů
 - 4.3.1.3. Rozdělení optotypů

5. Kontrastní citlivost

5.1. Základní charakteristika a obecné informace

5.2. Testování kontrastní citlivosti

6. Jednotlivé faktory ovlivňující kvalitu zrakového vjemu

6.1. Vliv zorného pole

6.2. Vlastnosti světla ovlivňující kvalitu vjemu

6.3. Lokalizace projekce obrazu na sítnici

6.4. Vliv refrakčních vad

7. Praktická část

8. Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

1. Úvod

Normální lidské oko je z mnoha pohledů velmi unikátní orgán. Současnými technologiemi je jako celek nenapodobitelný. Má velmi stabilní anatomickou stavbu, jedinečný optický systém a velmi složitou stavbu sítnice. Celá sítnice slouží ke zpracovávání zrakových vjemů a pomocí vláken v optickém zrakovém nervu, umožňuje přenos signálů až do týlní části mozku, do zrakového centra. Proto by mělo ke každému vyšetření zraku náležet rovněž vyšetření terče zrakového nervu a maculy. Kvalitnímu vyšetření zraku předchází objektivní zhodnocení refrakčního stavu oka za pomoci skiaskopie nebo autorefraktometru. Následné subjektivní zhodnocení vidění pomocí brýlové zkušební sady nebo foropteru. Tyto úkony jsou ukončeny zhodnocením binokulárního vidění a jemným dokorigováním. Důležitou roli v kvalitním vidění taky hraje vyšetření kontrastní citlivosti, které nám umožňuje rozlišení jemných detailů předmětů.

Práce obsahuje teoretickou a praktickou část. Cílem teoretické části je uvedení do problematiky zrakové ostrosti. Nedílnou součástí je na začátek zavedena kapitola anatomie a histologie zrakového systému, která nám blíže poskytuje informaci o zrakové dráze, anatomie oka a popisu zrakového aparátu obecně. Dále se zajímá o zrakovou ostrost a možnosti jejího vyšetřování a zhodnocení. Budou zde popsány metody vyšetřování; ať už se jedná o objektivní zhodnocení nebo subjektivní. Nedílnou součástí této podkapitoly je rovněž uvedení do problematiky optotypů a jejich konstrukce. Další část je věnována kontrastní citlivosti a možnosti jejího měření a zhodnocení. Poslední část teorie je věnována jednotlivým faktorům, které mohou ovlivnit zrakovou ostrost.

Za cíl své praktické části jsem zvolil zhodnocení zrakové ostrosti a budu sledovat vliv refrakční vady a věku na visus. Dalším sledovaným faktorem bude rozdíl visu v jednotlivých věkových kategoriích u mužů a žen. Dále bych chtěl znázornit vliv myopie na naturální visus.

2. Anatomie a histologie Oka

2.1. Optický systém oka a jeho prostředí

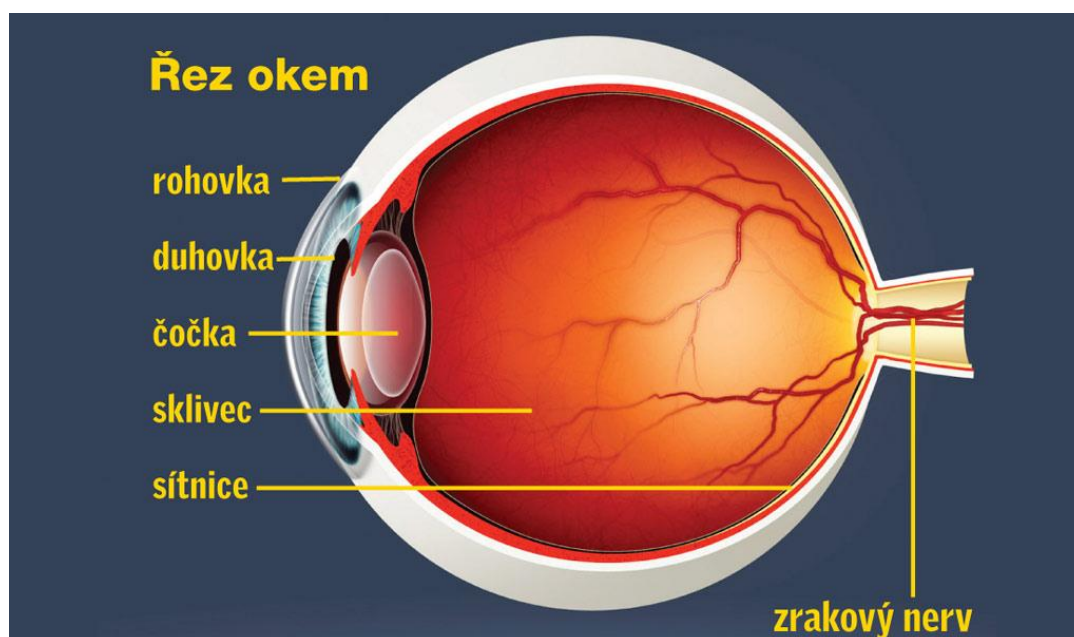
Při průniku světla přes optické prostředí oka (rohovka, komorová voda, čočka, sklivec) dochází k projekci obrázku pozorovaného předmětu na sítnici. Optická prostředí světelné paprsky nejen propouštějí, ale i lámou přes pravidelně zakřivené plochy rohovky a čočky. V určitém místě, kam dopadá světelný vzruch na sítnici, dochází k podráždění fotoreceptorů a vzniklý podnět je převeden zrakovou dráhou do centra zrakového vnímání. Podle lokalizace dopadeného paprsku můžeme hovořit o dvojím vidění: 1. centrální - paprsek dopadá přímo na žlutou skvrnu a 2. periferní - paprsky dopadají mimo oblast žluté skvrny. V případě, že dochází k podráždění mimo centrální část (v tzv. periférii), bezděčně pohneme očima ve směru vjemu tak, aby se obraz zobrazil v místě nejostřejšího vidění (žlutá skvrna). [1,2]

Pro představu se v dnešní době užívají různě modifikované modely oka, které nám umožňují přiblížit představu o reálném oku.

Gullstrandův model – představuje nejpropracovanější optický model průměrného oka v dnešní době. Slouží nám jako výchozí studijní materiál pro formulování očekávaných refrakčních vad oka. Model předpokládá, že plochy ohraničující jednotlivé prvky optické soustavy oka jsou kulové. Tento model obsahuje 6 lámavých optických ploch. Gullstrandův model oka prošel zjednodušenou modifikací a vzniklo **Gullstrandovo zjednodušené modifikované oko**. Kde přední a zadní plocha rohovky je nahrazena jednou plochou. Toto zjednodušené oko předpokládá homogenní čočku o poloměrech křivosti + 10 mm a -6 mm při uvolněné akomodaci s indexem lomu 1,413 a poloměru křivosti 5,33 mm a -5,33 mm při maximální akomodaci, při čemž se index lomu zvýší na 1,424. [13]

Emsleyův model - uvažuje Gullstrandovo zjednodušené oko, kde však u tohoto modelu je optická soustava poněkud kratší a má menší ohniskové vzdálenosti. Tento model je vhodný pro běžné výpočty a docela dobře kopíruje poměry v dioptrické soustavě skutečného oka.[13]

Redukované oko – jedná se o nejjednodušší model a zároveň však i nejméně přesný. Celou soustavu nahrazuje koule o průměru 24 mm. Vstupní částí je kulová výseč simulující rohovku o poloměru křivosti 6 mm. Index lomu je 1,333. Odpovídající optická mohutnost činí 56 D. [13]



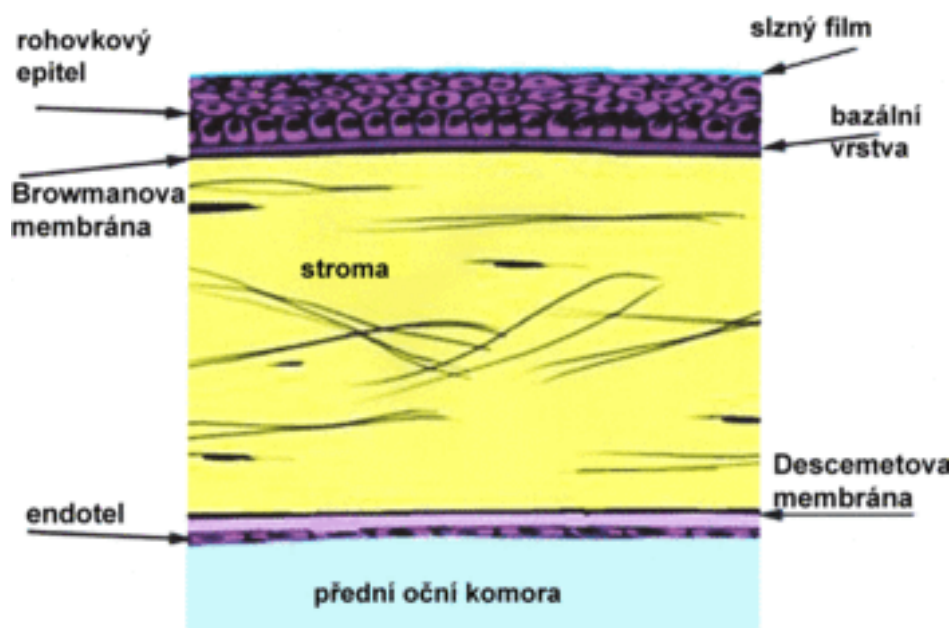
Obrázek č. 1 – Řez okem

2.1.1 Rohovka

Společně se sklérou tvoří vnější obal oka, podílí se na udržení jeho tvaru a ochraně vnitřních částí před mechanickým poškozením či vstupem infekce. Jedná se o přední, nejvíce zakřivenější, část vnější vazivové vrstvy oka. Z optického hlediska jde o jednu z nejdůležitějších složek optického systému, jelikož její mohutnost činí 43 dioptrií. Průměr rohovky je přibližně 11,5 mm na výšku a 12 mm horizontálně a její tloušťka dosahuje průměrných hodnot kolem 0,5 mm v centru. Směrem k limbu (okraji) se rohovka oplošťuje a ztlusťuje a přechází ve skléru. Povrch rohovky je pokryt slzným filmem, který plní funkci ochrannou a je velmi důležitý i z hlediska imunologie. [1,2]

Stavba rohovky

Skládá se z pěti vrstev. Nejsvrchnější část tvoří Epitel, který má vynikající regenerační schopnosti a díky četným nervovým zakončením se stává mimořádně citlivým. Další vrstvou je Bowmanova membrána tvořící přechod mezi epitelem a stromatem. Je tvořena převážně z kolagenních vláken. Pod membránou se nachází rohovkové stroma, které je považováno za její nejsilnější vrstvu. Tvoří 9/10 z její celkové tloušťky a skládá se ze svazků kolagenních vláken. Pod stromatem je Descementova membrána a poslední vrstvu tvoří rohovkový endotel. Endotel je tvořen tenkou vrstvou mitochondriálních buněk a odděluje rohovku od přední oční komory.[1,2]



Obrázek č. 2 – Stavba rohovky

2.1.2 Komorová voda

Popis

Jedná se o hustou tělní tekutinu vyplňující prostor mezi rohovkou a čočkou. Je složena převážně (z 99%) z vody, dále obsahuje některé proteiny, ionty, vitamín C, glukózu, kyselinu mléčnou a imunoglobuliny. Komorová voda je produkována ciliárním tělískem, přesněji nepigmentovou částí epitelu. Protéká úzkou trhlinou mezi přední částí rohovky a zadní částí duhovky, pokračuje skrz zornici do přední komory a odtéká z oka přes trabekulární síťovinu. Odtud odtéká do Schlemmova kanálu postupně dvěma cestami: přímou, přes vodnou žílu do episklerální žíly nebo nepřímou, přes sběrné kanálky do episklerálních vláken pomocí intrasklerální jámy a nakonec do žil v očnici. [1,2]

Funkce

Její hlavní funkcí je udržovat stabilní nitrooční tlak, odvádět odpadní produkty metabolismu a vyživovat rohovku a transportovat do ní vitamín C. Komorová voda rovněž obsahuje imunoglobuliny fungující taktéž v oblasti imunitní odpovědi.[1]

Produkce komorové vody

Filtrace: podobně jako krev, protéká v kapilárách ciliárního tělíska a je hrubě filtrována kapilárními endoteliálními buňkami. Protékající plasma je poté přefiltrována pigmentovými a nepigmentovými ciliárními epitelálními buňkami a vtéká do zadní komory oční jako komorová voda. [1]

Diamond-Bossert model: aktivní přenos nastává v nepigmentových ciliárních epitelálních buňkách vyvolávající malý osmotický tlak mezi buňkami. Vyšší koncentrace látek ve velmi blízké části mezibuněčného prostoru vytváří proudící tekutinu. Klesající koncentrace z blízké části ke vzdálenější části vypouští kapalinu do zadní komory. [1]

Odtokový systém

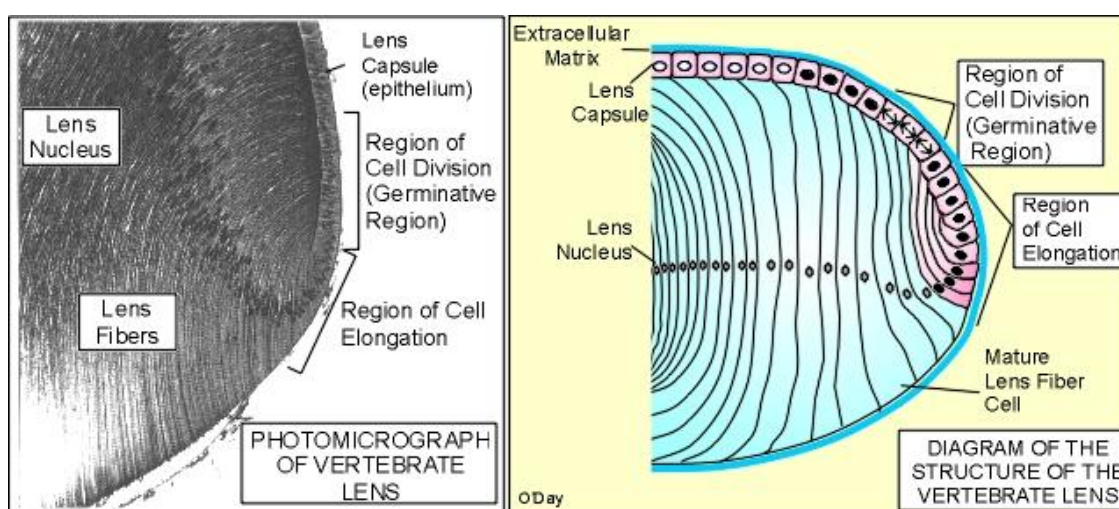
Komorová voda je neustále produkována ciliárními procesy a toto tempo produkce musí být uvedeno do rovnovážného stavu pomocí odtokového systému. Malá odchylka v produkci nebo v odtoku komorové tekutiny, může mít velký vliv na nitrooční tlak. Cesta odtoku komorové tekutiny vede nejprve přes zadní komoru oční poté úzkým prostorem mezi zadní částí duhovky a přední částí čočky (přispívá k nízkému odporu), skrze zornici vstupuje do přední komory oční. Odtud komorová tekutina opouští oko skrze trabekulární síťovinu do Schlemmova kanálu, protéká skrz 25- 30 sběrných kanálků do episklerálních vláken. Největší odpor k vodnému toku je poskytován skrz trabekulární síťovinu, a to je v místě, kde se většina vodného toku vyskytuje.[1,2]

2.1.3 Čočka

Popis a stavba čočky

Jedná se o bikonvexní strukturu v oku lámající světlo tak, aby mohlo být zaměřeno na sítnici. Optická mohutnost činí zhruba kolem 15 dioptrií, což je v celkovém součtu asi čtvrtina optické mohutnosti oka. Hlavní její funkcí je akomodace.[1]

U dospělého člověka má čočka v průměru kolem 10 mm a její tloušťka činí 4 mm. Je zavěšena na řasnatém tělísku pomocí zonulárních vláken. Je velmi pružná a její povrch je kryt elastickým pouzdem. Je vytvořena převážně z krystalinů, což jsou průhledné proteiny mající funkci zajišťování správné akomodace a propouštění většiny světla dovnitř oka. Krystaliny jsou uspořádány do 20 000 soustředných vrstev, s indexem lomu pro viditelné světlo 1,406 v centrální vrstvě 1,386 v řidších vrstvách okolo. Tento gradient ještě umocňuje optickou mohutnost čočky. Postupem času dochází ke ztrátě funkce akomodace a výsledkem je stařecká vetchozrakost. Tento děj je způsoben neustálým růstem čočky a to tak, že přes staré vrstvy buněk se pokládají nové a čočka tak postupně tuhne.[1,2]



Obrázek č. 3 – Stavba čočky

Akomodace

Hlavní funkcí čočky je upravit ohniskovou vzdálenost oka tak, aby bylo možné zaostření předmětů nacházejících se v různých vzdálenost od oka a díky tomu vytvořit ostrý obraz na sítnici. Tento jev je znám jako akomodace. Při potřebě zaostřit na bližší vzdálenost je senzorickými podněty drážděn tzv. ciliární sval, který se stáhne a tím uvolní závěsné vlákna a oční čočka změní svůj tvar. Při klidovém stavu je oční čočka plošší a má přibližně 19 D, povolením vláken, které ji drží je schopna se vyklenout, tak že zvýší dioptrie až na hodnotu 40 D. Kromě změny svého tvaru mění oční čočka také polohu, při akomodaci je posunuta lehce dopředu (směrem k duhovce). Míra akomodace je věkem proměnlivá. V útlém dětství hodnota akomodace činí okolo 20 D, postupně se tato schopnost snižuje. Kolem 35. roku života začíná být akomodace nedostačující a dalším postupem let se tento stav přesouvá do tzv. presbyopie (akomodace menší než 4D). Takové oko nedokáže zaostřit předmět, který je

blíže než 25cm. Pokles akomodace má za následek ztráta elasticity oční čočky, ta není již tak pružná jako v mládí a stále méně je schopna měnit svůj tvar. Tím nedochází k takovému vyklenutí jaké je pro zaostření potřebné a obraz nedopadá na sítnici, ale za ní.[1]

2.2. Anatomie sítnice

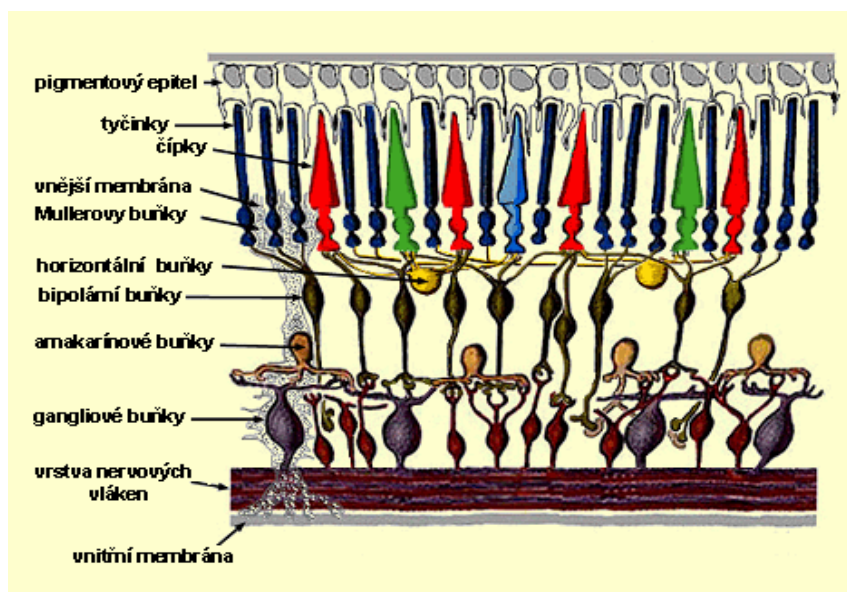
Sítnice se jeví jako průhledná blanka o síle asi 0,5 mm. Je volně přiložena ke spodině oka a fixována jen v okraji papily zrakového nervu a v ora serrata. Je tvořena vysoce diferencovanou křehkou nervovou tkání.[1]

Ze zevní stěny očního pohárku vznikl pigmentový epitel (RPE retinal pigment epithelium), který přináleží k sítnici. Jedná se o jednovrstevný list, který je pevně fixován k Bruchově membráně. Ta plní hlavní funkci tím, že odděluje sítnici a cévnatku. Na RPE naléhá křehká průhledná část sítnice, která je tvořena senzorickým epitelem, bipolárními a gangliovými buňkami. Kromě těchto nervových elementů jsou v sítnici buňky horizontální a amakrinní. Gliovou složku tvoří Müllerovy buňky. [1]

Nervovou část sítnice lze rozdělit do tří etází. První je tvořena senzorickým epitelem, to jsou tyčinky a čípky naléhající na RPE. Druhá etáž je tvořena bipolárními buňkami. Do třetí etáže jsou zařazeny gangliové buňky. Centrální oblast fundu je známá jako macula lutea. Toto označení je kvůli zbarvení pigmentem, který v této části sítnice zasahuje. Při oftalmoskopii je vidět typické žluté zbarvení. Macula má průměr asi 5mm a ve středu dochází k jejímu prohlubování. Tato jamka se nazývá fovea a dno tohoto vyhloubení se nazývá foveola. Zde se nachází nejtenčí místo sítnice. Foveola má průměr asi 350 mikrometrů a obsahuje asi 115 000 čípků, avšak centrální vidění s nejvyšší rozlišovací schopností je zajišťováno pouze centrálním svazkem s pouhými 2500 čípků. [1,2]

Sítnice je část mozku, která byla z něj oddělena na začátku vývoje, ale stále má spojení s mozkem skrz svazek vláken - optický nerv. Jako mnoho jiných struktur v centrálním nervovém systému má sítnice tvar talíře, tloušťky zhruba čtvrt milimetru. Skládá se ze tří vrstev buněčných těl nervu, oddělených dvěma vrstvami, obsahující synapse vytvořených axony a dendrity těchto buněk. Řada buněk v zadní části obsahuje světločivé receptory - tyčinky a čípky. Tyčinky, kterých je daleko víc než čípků, jsou zodpovědné za vidění za šera a přestávají fungovat při vidění v jasném světle. Čípky naopak nereagují za šera, ale jsou zodpovědné za naši schopnost vidět jemné detaily a barevné vjemy. Počet těchto elementů se

mění na povrchu sítnice. V centru, kde je naše schopnost rozeznávat jemné detaily největší, se nacházejí pouze čípky. Oblast totálně bez tyčinek, se nazývá fovea a její velikost je asi půl milimetru v průměru. Jelikož se tyčinky a čípky nacházejí na zadní stěně sítnice, musí přicházející světlo projít skrz další vrstvy, aby docházelo k jejich stimulaci. Zatím nedokážeme zcela porozumět tomu, proč se sítnice vyvíjí v tomto neobvykle zpětném tvaru. Jeden z možných důvodů je umístění za receptory buněk obsahující černé barvivo, melanin (můžeme ho najít stejně tak i v kůži). Melanin čistí světlo procházející skrz sítnici, brání tomu, aby se světlo odráželo zpět a rozptylovalo se uvnitř oka; plní to stejnou funkci jako černá barva uvnitř kamery. Buňky obsahující melanin také pomáhají chemicky obnovit fotocitlivý visuální pigment v receptorech potom, co zbělel díky světlu. Z důvodu plnění těchto dvou funkcí, se musí melanin nacházet poblíž receptorů. Pokud by se receptory nacházely v přední části sítnice, pak by mezi pigmentovými buňkami musela být ještě jedna vrstva nervových buněk, v oblasti se zhuštěnými axony, dendrity a synapsemi.[1,3,4]



Obrázek č. 4 – Anatomie sítnice

2.3. Popis zrakové dráhy

Zraková dráha je čtyř neuronová, sensitivní a patří mezi senzorické dráhy. Na sítnici se nacházejí první tři neurony. 1. Neuron jsou světločivé buňky, známé jako tyčinky a čípky. 2. Neuron se označuje jako ganglion retinae. 3. Neuron označován jako ganglion opticum má dlouhé axony probíhající skrz nervus opticus až do corpus geniculatum laterale. Poslední 4. Neuron se nachází v corpus geniculatum laterale a jeho axon probíhá jako tractus opticus ke

kůře okcipitálního laloku. Hlavní funkcí zrakové dráhy je řídit převod obrazu zachyceného světločivými buňkami.[1,3]

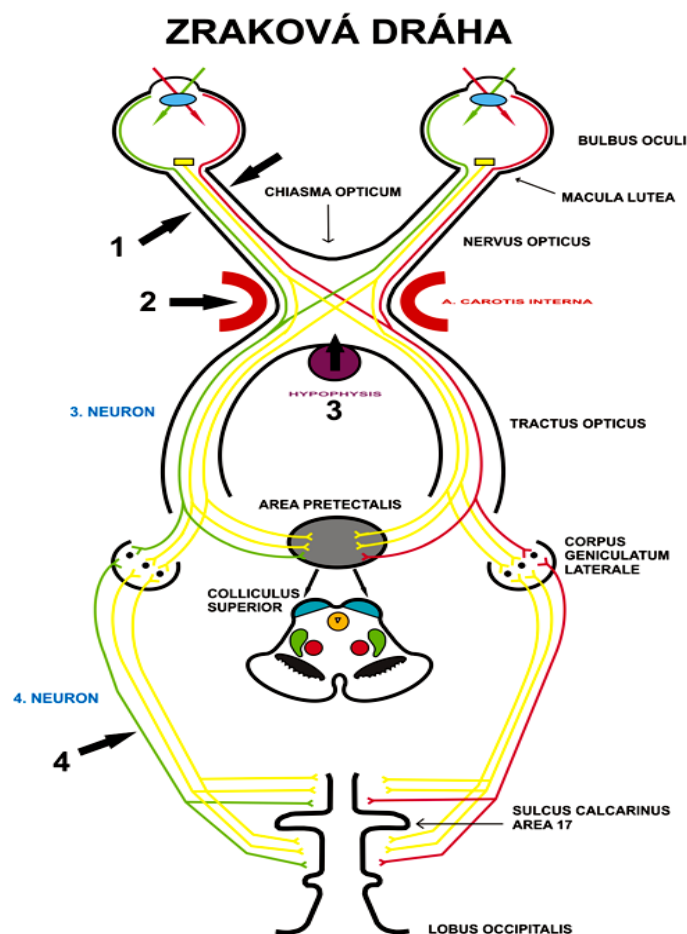
Průběh zrakové dráhy

První neurony jsou speciální světločivé buňky (tyčinky a čípky), jejichž dendritem je světločivý výběžek, který přeměňuje světelné podněty na nervové signály. Jsou lokalizovány v nejzevnější vrstvě sítnice a jejich axony míří směrem dovnitř, kde se napojují na dendrity bipolárních neuronů.[3]

Druhé neurony jsou bipolární buňky nazývané se ganglion retinae. Jejich dendrity jsou spojeny s axony světločivých buněk a axony vedou k dendritům gangliových buněk.

Třetí neurony jsou gangliové buňky označující se jako ganglion opticum. Jejich axony vedou po vnitřním obvodu bulbu a sbíhají se v discus nervi optici, kde prostupují stěnou bulbu. Po opuštění oka, získávají myelinovou pochvu a společně vytváří nervus opticus, který je na povrchu kryt mozkovými obaly. Po průchodu skrz canalis opticus se oba nervi optici spojují a vytvářejí chiasma opticum, kde dochází ke křížení axonů přicházejících z mediálních částí sítnice a ze žluté skvrny. Axony přicházející z dolních nasálních kvadrantů sítnice, vytvářejí v chiasma opticum tzv. Willbrandovu kličku, neboť při křížení nepatrně zahýbají do druhostranného nervus opticus. Z chiasma opticum pokračuje pravý a levý tractus opticus, jehož vlákna vedou do corpus geniculatum laterale. Tam končí v šesti vrstvách šedé hmoty.[3,4]

Čtvrtý neuron jsou buňky corpus geniculatum laterale. Jejich axony tvoří Gratioletův svazek. Při svém průběhu se dělí na horní a dolní část, přičemž dolní část probíhá v temporálním laloku a na začátku svého průběhu tvoří tzv. Meyerovu kličku. Horní část vláken běží v parietálním laloku. Všechna vlákna tedy ubíhají dozadu a mediálně ke kůře okcipitálního laloku, kde končí v area 17, jejíž neurony vytvářejí tzv. korový obraz vnějšího světa. Některá vlákna končí také v area 18 a area 19 a to ve 2., 3. a především 4. vrstvě mozkové kůry. [3,4]



Obrázek č. 5 – Popis zrakové dráhy

3. Zraková Ostrost

3.1. Pojem zraková ostrost

Tento pojem byl zaveden koncem 19. Století. Zásluhy jsou připočítány holandskému vědci, lékaři a jednomu ze zakladatelů oftalmologie jménem Franciscus Cornelius Donders. Definoval zrakovou ostrost jako schopnost zrakového systému rozeznávat drobné detaily předmětů a zvláště čist co nejdrobnější, kontrastní písmena. Zraková ostrost je ovlivněna mnoha faktory. Především se jedná o vlivy fyzikální (optické vady systému oka), fyziologické (adaptace, kontrast, hustota a rozložení smyslových elementů v daných oblastech sítnice) a vlivy psychologické (pozornost, únava).[5]

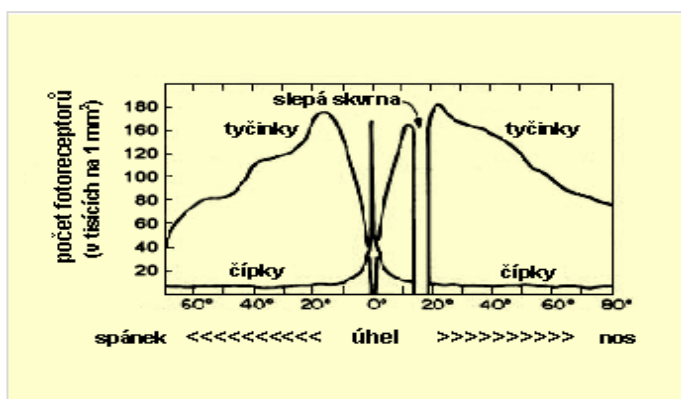
3.2. Vývoj zrakové ostrosti

S dokonalým viděním se dítě nerodí. Žlutá skvrna je ještě nezralá a čípky nejsou ještě zcela uspořádány a diferencovány, proto novorozenec zpočátku vnímá jen světlo a tmu a jednoduché tvary. Zdravý novorozenec má visus na úrovni světlocitu – vnímá světlo a tmu, v 5.6.týdnu začíná rozpoznávat pohyb, ve 2. měsíci vnímá jemu velmi blízké předměty každým okem zvlášť, ve 3. Měsíci rozlišuje bližší i vzdálenější objekty a v 6. měsíci fixuje okolní předměty oběma očima dohromady. V 9. – 12. měsíci dochází k vývoji prostorového a hloubkového vidění a až do 6 let se toto vidění zdokonaluje a upevňuje. Vývoj žluté skvrny je prakticky dokončen přibližně v šestém měsíci, definitivně až ve třetím roce života. Také zraková ostrost se u dítěte vyvíjí a hodnoty dospělých pak dosahuje kolem čtvrtého roku. Vývoj je pak zcela ukončen asi v osmém roce. Rozlišovací schopnost oka je při centrálním vidění značná, není však neomezená.[6]

3.3. Centrální zraková ostrost

Centrální vidění uplatňujeme při přímém pohledu vpřed, kdy dochází k podráždění nervových receptorů v centrální části sítnice (žlutá skvrna). V tomto místě má oko největší rozlišovací schopnost a dokáže rozeznávat jemné detaily pozorovaného předmětu.

Žlutá skvrna (macula lutea) dostala název podle svého žlutého zbarvení, které je způsobeno pigmentem žluté barvy xantofylinem. V této oblasti nenacházíme žádné cévy a je tvořena pouze čípkami. Uvnitř žluté skvrny se nachází fovea centralis o velikosti asi 1,5 mm a ve středu fovey se nachází malá jamka zvaná foveola. Zde je místo nejostřejšího vidění. Udává se, že větší množství čípků je obsaženo v dolní části fovey, čemuž odpovídá lepší kvalita zrakové ostrosti v horní části zorného pole.[5]



Obrázek č.6 – Hustota receptorů v různých částech sítnice

3.4. Periferní zraková ostrost

Periferní zraková ostrost má mnohem menší rozlišovací schopnost, než jeho centrální část, avšak je neméně důležitá. Je nezbytná pro orientaci v prostoru, ve tmě a slouží k rozlišování pohybu v našem blízkém okolí. Směrem od centrální části (macula lutea) do části periferní dochází ke snižování počtu čípků, poklesu jejich hustoty a pravidelnosti uspořádání. Na druhou stranu roste počet tyčinek. Čípky jsou odpovědné za tzv. fotopické vidění (barevné vidění) a naopak tyčinky odpovídají za tzv. skotopické vidění (černobílé vidění). Jak již bylo zmíněno, pro periferní vidění není důležitá vysoká rozlišovací schopnost, ale je podstatný jeho rozsah v oblasti vidění. Rozsah periferního vidění, je dán zorným polem, což je oblast prostoru, kterou je schopno oko vnímat při přímém pohledu vpřed. Tento rozsah je však limitován nosem, víčky a očními. Největší rozsah má jeho temporální část, kde dosahuje 90°- 100 °, dále jeho dolní část má rozsah 70° a nakonec nasální a horní část mají 60°. [5]

3.5. Zraková ostrost úhlová – angulární

Základní jednotka angulární zrakové ostrosti je hodnota jedné úhlové minuty 1'. Což znamená, že zdravé lidské oko by mělo rozlišit dva oddělené body, odpovídá-li rozteč těchto dvou bodů v pozorovací vzdálenosti tangente úhlu 1'. Tato hodnota je stanovena jako minimum separabile a má základní význam pro různé kvalitativní rozborů vidění. Toto ustanovení bylo přijato na mezinárodní oftalmologické konferenci v Haagu.[5]

Světločivé elementy mají na sítnici šestiboký tvar, což umožňuje optimálním způsobem vyplňovat velikost plochy sítnice. Má-li pak být dvojice bodů vnímána odděleně, musí se oba body na sítnici promítnout tak, aby došlo k podráždění dvou čípků v centrální jamce žluté skvrny, ale při tom musí zůstat alespoň jeden čípek mezi nimi nepodrážděný. V průběhu života dochází ke změnám v hodnotách zrakové ostrosti. Maximální stupeň ostrosti je dosažen v nejproduktivnějším věku člověka. [5]

3.6. Zraková ostrost koincidenční – noniusová

U koincidenční zrakové ostrosti se již nejedná o rozlišení dvou známých oddělených bodů, jelikož hlavním kritériem je koincidence. Pojmem koincidence rozumíme kvalitu stupně návaznosti, resp. pokračování dvou nebo více geometrických přímek v předmětovém prostoru, při vyhodnocování pouhým okem. Schopnost člověka vyhodnotit tento stav koincidence je 6x – 10x přesnější, než posoudit kvalitu obrazu na sítnici hodnoceného dle kritéria angulární zrakové ostrosti. Tento jev je způsobem faktem, že u koincidenční zrakové ostrosti se při vyhodnocování okamžité situace spolupodílí prakticky celé sloupce čípků. Bylo však zjištěno, že k porušení koincidence stačí, aby došlo k posunutí dvou přímek, původně na sebe navazujících, a jejich obraz je následně promítán v periferii jednoho čípku. [5]

3.7. Omezení zrakové ostrosti z optického hlediska

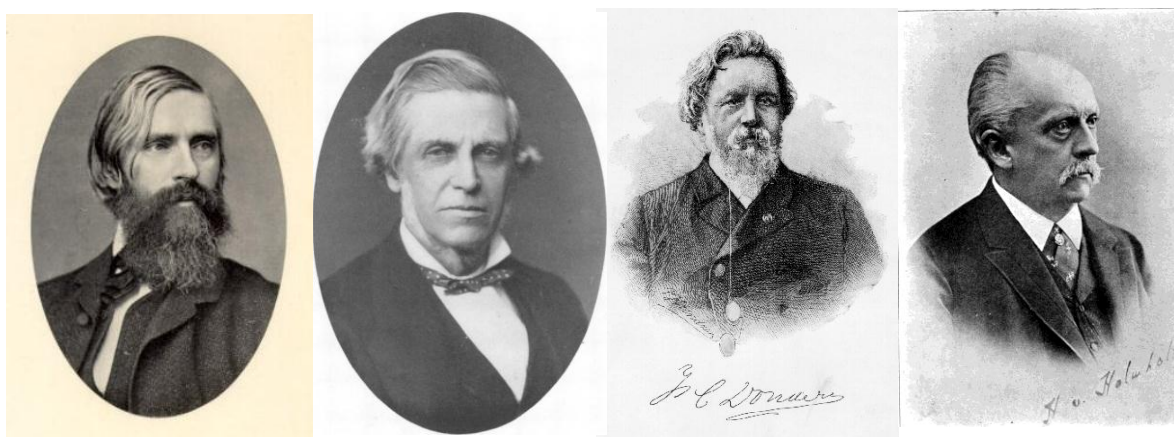
Difrakční omezení oka – oko jako optický systém, kde jeho rozlišovací mez je tak jako u ostatních optických přístrojů dána difrakcí. Difrakce neboli ohyb je projevem vlnových vlastností světla. Jejich důsledkem se světlo nešíří přímočaře, ale i za překážkami do oblasti tzv. geometrického stínu. Jelikož v oku plní zornice funkci clony, pak dochází ke vzniku difrakčního obrazce za zornicí. Hranice mezi světlem a stínem není ostrá a při vzniku difrakčního obrazce dochází k vytvoření tzv. Airyho disku. Tento obrazec je tvořen soustavou světlých a tmavých pruhů. Pro průchodu světla zornicí tedy nevzniká na sítnici bodové zobrazení obrazce, ale řada koncentrických pruhů.

Čím je zornice užší, tím je difrakce větší. Bylo vědecky prokázáno, že při průměru pupily 2mm je průměr centrální skvrny 0,01 mm. Za optimální šířku zornice, kdy je kvalita sítnicového zobrazení nejvyšší, lze považovat hodnotu kolem 3 mm. Z toho vyplývá, že difrakce je vlastnost světla, která určuje hranici pro přesnost sítnicového obrazu.

4. Vyšetřování zrakové ostrosti

4.1. Historie vyšetřování zrakové ostrosti

Období nejvýznamnějších změn je datováno kolem roku 1850. Kdy čtveřice nejvýznamnějších oftalmologů své doby (Albrecht von Graefe, William Bowmann, Franciscus Cornelis Donders a Hermann von Helmholtz) ovlivnila následující generace svými výzkumy a vynálezy. Později se tato éra označovala jako Zlatý věk oftalmologie.



Obrázek č.7 – Albrecht von Graefe, William Bowmann, Franciscus Cornelis Donders, Hermann von Helmholtz

Především Donders svými pracemi přinesl do oftalmologie řád na vědeckém základě. Jelikož vyrůstal v chudé rodině v holandské vesnici, byl silně ovlivněn původem. Jeho touhou po vědění v něm probudil jeho vesnický učitel, a tak se rozhodl jít na univerzitu, kde projevil zájem o studium fyziologie oka. Poté se rozhodl zasvětit svůj život práci na oční klinice a oftalmologii. V roce 1864 vydal knihu pod názvem „Refraction and Accommodation“ ve které shromáždil veškeré své poznatky ze studií. Zabýval se především hypermetropií a její korekcí na vědecké bázi a astenopií. V té době se pro vyšetření do blízký začali použít Jaegrový tabulky, vyznačující se výbornou kvalitou tisku. Jaeger se většinu času pohyboval ve Vídni a mohl tak využít služeb Státního tiskařského domu a proto byly jeho tabulky publikovány v několika světových jazycích.[7]

V roce 1861 Donders navrhl vzorec, který definuje zrakovou ostrost vidění. Proto požádal svého spolupracovníka Hermanna Snellena, aby mu pomohl určit současné světové standardy. Ten se posléze stal jeho nástupcem. Hermann Snellen, původem z Holandska, byl synem uznávaného oftalmologa F. A. Snellena. Vystudoval medicínu v Utrechtu, kde získal roku 1858 lékařství doktorát. Působil na oční klinice Nederlandsch Gasthuis voor Ooglijders, kde se stal v roce 1862 hlavním oftalmologem a o pár let později jejím ředitelem. Hlavní část své práce zasvětil oční chirurgii a hodně se věnoval také zajišťování správné

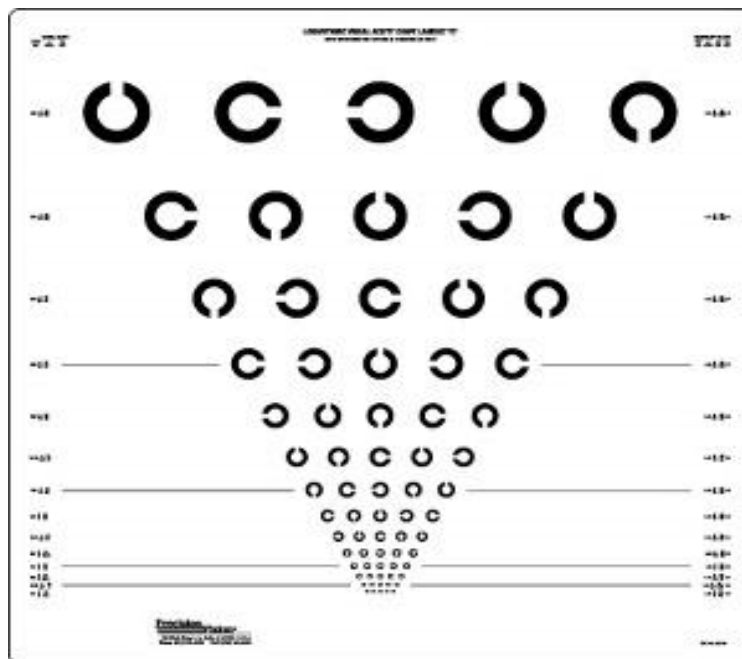


Obrázek č. 8 - Hermann

brýlové korekce. Napsal rozsáhlou komplexní práci zabývající se glaukomem, astigmatismem, záněty, onemocněním sítnice a pojivové tkáně. Z počátku Snellen experimentoval s různými abstraktivními tvary a znaky, avšak poté usoudil, že nejvhodnější bude použit klasické písmo. Vytvořil čtvercovou tabulku znaků, kterou určil pro účely měření ostrosti zraku a nazval je optotypy. Tyto kalibrované znaky se pak po dopadu obrazu na sítnici, jeví pod úhlem pěti úhlových minut. Podobně jako testy do dálky, zhotovil Snellen rovněž optotypy do blízka a vydával je jako brožury na čtení. Byly rovněž standardizovány jako texty pro vyšetření do dálky a vydávány v několika jazycích. Snellenovo jméno je dodnes nejvíce spojováno s vynálezem a objevením optotypů. Spolu s Dondersem byly vytvořeny standardizované tabulky pro měření zrakové ostrosti. Prvotní myšlenky pochází od Donderse, avšak Snellen provedl standardizovanou šablonu testů, o kterou ho požádal právě Donders, který to potřeboval pro svou výzkumnou práci.[7]

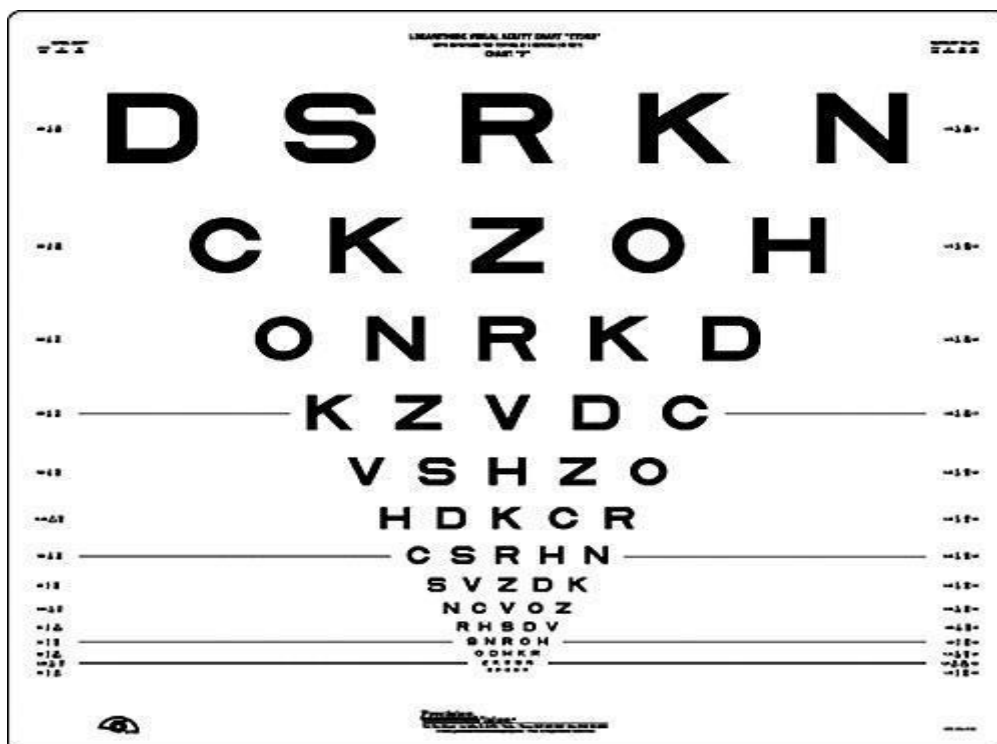
Dalším z významných jedinců z řad oftalmologů, který se zasloužil o rozvoj a zdokonalování optotypů, byl John Green. Navrhl konstrukci optotypů tak, že jeden jeho řádek obsahoval 11 znaků (písmen). Vyšetřovací tabule byla navržena s geometrickou progresí písmen a proporcionálními mezerami mezi jednotlivými znaky. Ve své době jeho práce nebyla uznávána, avšak o 100 let později byl jeho návrh začleněn do mezinárodních standardů.[7]

V roce 1888 Edmund Landolt navrhl nový symbol, který má pouze jeden detail a v řádku se opakuje, avšak se liší svou orientací. Tento znak, bylo písmeno C a bylo zapisováno v mřížce 5x5 jednotek. V roce 1923 sovětský oftalmolog Sergej Golovin ve spolupráci s D. A. Sivtsenem vyvinuli test, který nese jméno Golovin-Sivtsen test. [7]



Obrázek č. 9 – Landoltovy prstence

Další významná událost se stala v roce 1982, kdy Rick Ferris a kolektiv jeho spolupracovníků z Národního očního institutu vytvořili standardizovanou metodu měření zrakové ostrosti, sloužící ke včasnému odhalení diabetické retinopatie. Tato metoda dostala název ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study). Tyto optotypy jsou tvořeny souborem 3 testů a mají 14 řádků. Na každém řádku se nachází 5 písmen (C, D, H, K, N, O, R, S, V, Z) stejného kontrastu a stejné rozteče mezer mezi jednotlivými znaky. Tyto optotypy, vycházející ze Sloanovy studie, jsou dnes hojně klinicky využívány. Standardizovaná vyšetřovací vzdálenost činí 4 metry, avšak pokud je výrazně snížena zraková ostrost vyšetřované osoby, může být osoba přiblížena na 1 m.[7]



Obrázek č. 10 – ETDRS

4.2. Objektivní zhodnocení refrakčního stavu oka

Objektivní měření refrakce dostatečně nesplňuje požadavek přesnosti měření. Jsou vhodné při vyšetřování malých dětí, jelikož nevyžadují aktivní spolupráci vyšetřovaného. Jedná se pouze o orientační vyšetření a ke správné refrakci je nutné použít subjektivních postupů měření. Tzn. správně stanovené korekci předchází objektivní měření a následné subjektivní testování.[8]

4.2.1. Skiaskopie

Jedná se o klasickou metodu objektivního měření refrakčního stavu oka. Při vyšetřování je nutné vybavení červeného reflexu, který pozorujeme ve světleném poli v oku vyšetřovaného. Důležitý je směr a rychlost pohybu reflexu. Do oka přivádíme světelný impulz vyvolaný buď odrazem světla z jiného zdroje pomocí zrcátka, nebo retinoskopem. Při průchodu optickým systémem, dochází k odrazu světla od sítnice. Ve vhodně zvolené vzdálenosti od oka (50 – 100 cm) pozorujeme středovým otvorem zrcátka, kterým pomalu otáčíme, směr pohybu stínu. Pokud se stín pohybuje proti otáčení zrcátka, pak dochází k překřížení paprsků a daleký bod se nachází mezi vyšetřovaným a skiaskopickým zrcátkem. Tuto situaci je možné řešit za pomoci skiaskopické lišty nebo sklíčky ze zkušební sady a

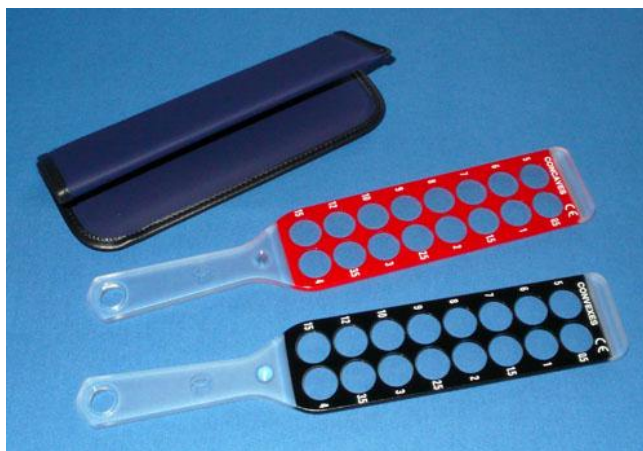
naším cílem je dosáhnout toho, abychom našli odpovídající optickou mohutnost čočky nutnou ke korekci. Poté se daleký bod nachází v rovině skiaskopického zrcátka. Tato metoda je popsána jako **statická skiaskopie** (vyšetřovací udržuje konstantní vzdálenost). Druhou metodou je **dynamická skiaskopie**, kdy se před oko předradí čočka o takové optické mohutnosti, aby daleký bod se nacházel mezi vyšetřovaným a zrcátkem. Poté se vyšetřující přibližuje do takové vzdálenosti, až dosáhne místa, kde se stín začne pohybovat souhlasně. [8]



Obrázek č. 11 – Skiaskopie

Pro skiaskopické vyšetření je tedy nutné oční zrcátko (skiaskopie) nebo retinoskop (retinoskopie) a skiaskopické lišty. Základním důležitým krokem je vyvolání červeného reflexu za pomoci očního zrcátka. Světelný paprsek při průchodu optickými médii dorazí až na sítnici, kde se odráží zpět. Odražený paprsek vstupuje přes otvor v zrcátku do oka vyšetřovaného, kde vyvolává dojem zářící zornice. Paprsky vycházející z hypermetropického oka jsou divergentní, jelikož daleký bod leží za okem. Naopak u myopického oka daleký bod leží v konečné vzdálenosti před okem a paprsky jsou konvergentní. U emetropického oka jsou vycházející paprsky rovnoběžné a daleký bod se nachází v nekonečné vzdálenosti. Po vyvolání červeného reflexu, pohybuje zrcátkem ze strany na stranu v horizontálním směru za současného pozorování reflexu. Na okraji okrouhlého terče se objeví srpkovitý stín, který se pohybuje buď souhlasně, nebo nesouhlasně s pohybem zrcátka. Pokud se stín pohybuje souhlasně, jedná se o oko hypermetropické, emetropické nebo mírně myopické. Pokud je pohyb nesouhlasný, pak oko je myopické. Poté zjistíme stupeň refrakční vady. Předkládáním

skiaskopické lišty před vyšetřované oko, se snažíme najít takovou dioptrickou hodnotu sklíčka, která by neutralizovala pohyb stínu, a vyskytoval by se pouze stacionární reflex. [8]



Obrázek č. 12 – Skiaskopické lišty

4.2.2. Automatický refraktometr

Tyto přístroje se staly nedílnou součástí každé vyšetřovací jednotky ať už očních klinik, optometristických či oftalmologických pracovišť. Jedná se o přístroje, které jsou určeny k měření refrakčního stavu oka. Umožňují rychlé, objektivní zhodnocení refrakční vady oka i u pacientů, kteří nejsou schopni „dokonale“ spolupracovat s vyšetřujícím. Např. děti. Všechny přístroje mají rovněž zabudovaný systém eliminující navození přístrojové myopie. Což je vyřešeno užitím fixačního obrázku jako vzdáleného cíle (balón na kopci k němuž vede silnice, plachetnice na moři, atd.). Měření můžeme do jisté míry přirovnat skiaskopii nebo k použití Hartingerova refraktometru. Při využití principu skiaskopie, dochází pomocí čtyř fotoelementů a infračerveného paprsku k vyhodnocování a stanovení refrakce oka. Dochází tak za pomoci měření rychlosti, kvality a směru červeného reflexu.[8,9]

Další možnosti stanovení refrakční vady je po vyhodnocení velikosti a formy sítnicového odrazu zachyceného filmovou kamerou. Např. u refraktometru SureSight je infračervený paprsek odražený od sítnice veden před zobrazením kamerou přes senzor, který tvoří mřížku z malých spojných čoček. Po vyhodnocení obrazu této mřížky poskytuje údaje o refrakčním stavu oka vyšetřovaného. [8,9]



Obrázek č. 13 – Automatický refraktometr

V dnešních moderních autorefraktometrech bývá zaveden systém na měření poloměru zakřivení rohovky. Tento postup je rovněž nezbytný např. při aplikaci kontaktních čoček a jiným orientačním vyšetřením. Tento přístroj je poté nazýván Auto-refrakto-keratometrem.

A u nejmodernějších přístrojů je rovněž zabudován systém na měření nitroočního tlaku. Poskytuje nám orientační výsledek, co se týká tlaku v očích. Proudem vzduchu dochází k aplanaci rohovky a následným zachycením senzorem, také k výsledku. Komplexní přístroj je poté nazýván Auto-refrakto-kerato-tonometr.

4.2.3. Hartingerův koincidenční refraktometr

Konstrukce tohoto přístroje je založena na Scheinerově principu. V 17. Století tento vědec zjistil, že oko snáze rozezná jemné rozdíly v koincidenci než na rozostření. Což znamená, že oko si spíše všimne nepatrného rozdvojení tenké úsečky, než jejího rozostření. Poznává, zda dvě úsečky leží na téže pomyslné přímce, nebo na dvou od sebe nepatrně vzdálených přímkách.[8]

Značka toho refraktometru se skládá z koincidenční dvojice a trojice úseček. Dvojice těchto úseček slouží k určení úhlové orientace hlavních řezů, zatímco trojice úseček stanovuje hodnoty axiální refrakce ve dvou hlavních řezech.[8]

Nejvíce chyb při tomto měření vzniká z důvodu nevyřazení akomodace. Avšak nepříjemné pro pacienta může být i osvětlení, které může působit subjektivní potíže.[8]

4.3. Subjektivní zjištění zrakové ostrosti

Pro zjištění optimálního výkonu zrakového systému je vždy nutné provádět subjektivní měření zrakové ostrosti. Probíhá za pomoci obrazců, které se nazývají optotypy. Avšak nesmíme zapomenout na objektivní měření (autorefraktometr, skioskopie), které by mělo právě subjektivnímu měření předcházet.

Vyšetření má probíhat napřed monokulárně, kdy zjistíme refrakční hodnotu každého oka zvlášť. Poté je důležité binokulární dokorigování, které nám odhalí, zda jsme pacienta nepřekorigovali a navržená korekce, bude vhodná a snášenlivá pro vyšetřovaného. K tomuto úkonu nám pomáhá sada zkušebních čoček (popř. foropter) a řada testů nutná ke zjištění zrakové ostrosti.

4.3.1. Optotypové znaky

Jednotlivé znaky optotypu se sestavují do tabulky podle pravidelného uspořádání od největšího znaku až po nejmenší. Toto seřazení nám umožňuje rozlišit kvalitu vidění pacienta. Každý řádek je označen veličinou zvanou visus. Ten se obecně vyjadřuje zlomkem, kde v čitateli je základní vyšetřovací vzdálenost v metrech, ze které se základní kritérium použitého znaku jeví pod úhlem jedné minuty. Např. 6/6 znamená, že vyšetřovaný viděl ze vzdálenosti šesti metrů řádek číslo 6. V dnešní době se mezinárodně užívá vyjádření visu v desetinných číslicích. Např. 1,0. Nebo 0,2, atd.[7,8,10]

U optotypů využíváme různé druhy odstupňování. Jednou z metod je užití Weber-Fechnerova zákona, který uvádí, že pokud má dojít k lineárnímu vjemu, tak musí poměr intenzity růst konstantně. Na tomto principu jsou založeny optotypy s uplatněním logaritmické řady, kde velikost znaků dvou sousedních řad se liší o kvocient $0,1 \log$ jednotky, tj. 1,2589. Odstupňování mezi řádky je tedy konstantní. Počet písmen na řádku je rovněž konstantní. Standardně je to počet 5-ti znaků. Vzdálenost mezi znaky je rovněž konstantní. Tento druh optotypů byl navržen v roce 1972 a jedná se nejpoužívanější odstupňování v dnešní době. Dříve užívané optotypy s uplatněním aritmetické řady nebyly založeny na Weber-Fechnerově

principu, ale užívaly odstupňování mezi řádky o rozdíl 0,1. Nevýhodou však bylo „přehuštění“ v oblasti normálního a vyššího vísu a naopak při velmi špatném vízu (např. u amblyopii) bylo dělení velmi hrubé. V České republice se dnes setkáváme s optotypy vycházející ze Snellenova odstupňování. Velikosti řádku vypadají asi takto: 5/50, 5/30, 5/20, 5/15, 5/7,5, 5/5, 5/4.[8,10]

4.3.1.1. Základní kritéria optotypů

Na základě rozlišovací schopnosti se daří zrakovému systému rozlišit určitou strukturu. Mezi nejznámější prahové hodnoty patří:

Minimum separabile – jedná se o mezní rozlišení dvou bodů ležících blízko u sebe. K oddělenému vnímání obou bodů, musí platit podmínka, že ve fovee musí dojít k podráždění dvou světločivých elementů, mezi nimiž se musí nacházet aspoň jeden čípek nepodrážděný.

Minimum cognibile – důležitá hraniční mez pro rozlišení znaků na optotypu. Jde o rozlišení známého znaku či tvaru.

Minimum visible – prahová hodnota pro rozlišení malého předmětu na základě kontrastu. Závisí na rozdílu jasů světlých a tmavých předmětů.

Minimum legibile – práh vnímání uplatňující se především u optotypů do blízka. Jedná se o prahovou hodnotu vnímání a pochopení smyslu pojmu či souvislého textu o minimální velikosti.

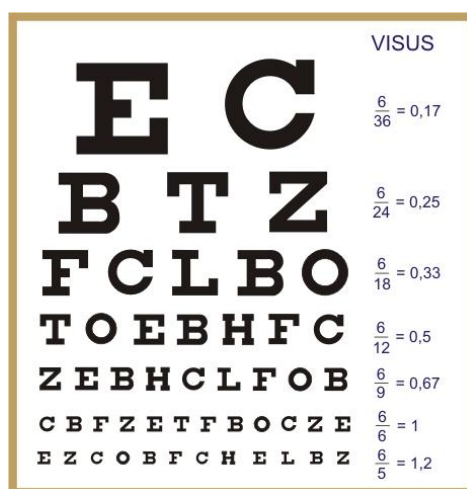
Minimum perceptible – jde o vnímání nejslabších světelných podmětů, které je závislé na stavu adaptace.[8,10]

4.3.1.2. Jednotlivé druhy optotypů

Snellenovy optotypy

Holandský oftalmolog Hermann Snellen se zasloužil o vytvoření nejznámějších optotypů, které se používají ke zjišťování zrakové ostrosti. Jedná se o tabulku znaků ve tvaru čtverce. Jsou sestaveny z písmen abecedy nebo číslic. Vyšetřovací vzdálenost je

standardizována na 6 m. Principem je zobrazení bodu na sítnici pod zorným úhlem 5 úhlových minut a tloušťky čáry pod úhlem 1'. Tento druh optotypů má však své nedostatky. Např. není zachováno minimum cognibile, což znamená, že jednotlivá písmena nejsou stejně snadno rozeznatelná a často dochází k jejich záměně a počet písmen na řádku není konstantní. Dále pak zde není pravidelná progrese změny velikosti písmen mezi jednotlivými řádky – není zohledněn Weber-Fechnerův zákon. A nakonec tabulky neobsahují písmena menší než znaky odpovídající visu 6/5, což znevýhodňuje mladší generaci, jelikož jejich zraková ostrost bývá vyšší a tudíž není možné ji přesně změřit.[7,8,10]

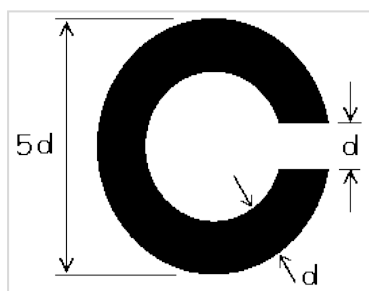


Obrázek č. 14 – Snellenovy optotypy

Landoltovy optotypy

Jedná se o neuzavřené kruhy, jejichž otevřená část odpovídá úhlu jedné minuty. Teoreticky by se dalo říct, že jsou to znaky podobné písmenu C nebo O, proto se občas nazývají Landoltovy kruhy. Tyto testy jsou mezinárodně uznávanou metodou pro vyšetření zrakové ostrosti, avšak jsou považovány za neobjektivnější vyšetřovací znaky. Při standardním visu 1 a při dodržení vyšetřovací vzdálenosti 5 m, se nám na sítnici promítne obraz znaku, kdy vnější průměr znaku je zobrazen pod úhlem 5' a jeho šířka i mezera pod úhlem 1'. Vzdálenost mezi dvěma znaky by se měla rovnat $2x\sqrt{2}d$, kde d je šířka štěrbin, resp. tloušťka znaku. Kruhy mohou být uspořádány v řádcích v 8 různých polohách. Tím pádem se nejedná pouze o horizontální a vertikální pozici, ale i o všechny šikmé pohledové směry. Avšak 50% těchto poloh na řádku se musí vyskytovat buď vertikálně, nebo horizontálně. Taktéž musí být dodržena vyšetřovací vzdálenost a rovněž je důležitý rovnoměrný kontrast pozadí optotypů. Osvědčená metoda při vyšetřování na Landoltových kruzích je taková situace, kdy se snažíme pacientovi navrhnout, aby se inspiroval číselnými hodinami a pootočení písmena C vnímal jako hodinový číselník. Předchází to různým

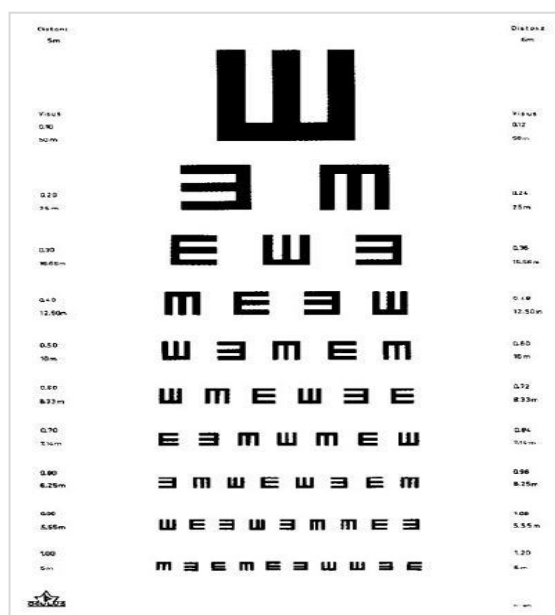
komplikacím. Obvyklé pozice jsou potom vnímány jako 3 vpravo, 6 dole, 9 vlevo a 12 – nahoře. Mezipolohy pak 1.30 vpravo nahoře, 4.30 vpravo dole, 7.30 vlevo dole a 10.30 vlevo nahoře.[8,10]



Obrázek č. 15– Landoltův prstenec

Pflügerovy háky

Jsou to znaky tvořené ze třech kratších čar a jedné čáry delší. Dalo by se tedy říct, že jsou velmi podobné písmenu E. V řádku mohou být uspořádány pouze do poloh horizontálně nebo vertikálně na rozdíl od Landoltových kruhů, které mají navíc ještě šikmou polohu. Tím pádem se můžou nacházet pouze ve 4 polohách. Z toho vyplývá, že člověk může náhodně uhodnout znak s 25% pravděpodobností. Výhoda použití těchto vyšetřovacích znaků je v tom, že se dají využít ke zjištění zrakové ostrosti u malých dětí, které neumí ještě správně pojmenovat obrázky, nebo neznají abecedu. Dále pak u analfabetů a cizinců. Vyšetřovaná osoba pak prakticky jenom určuje správnou polohu vyšetřovacího znaku. [8,10]



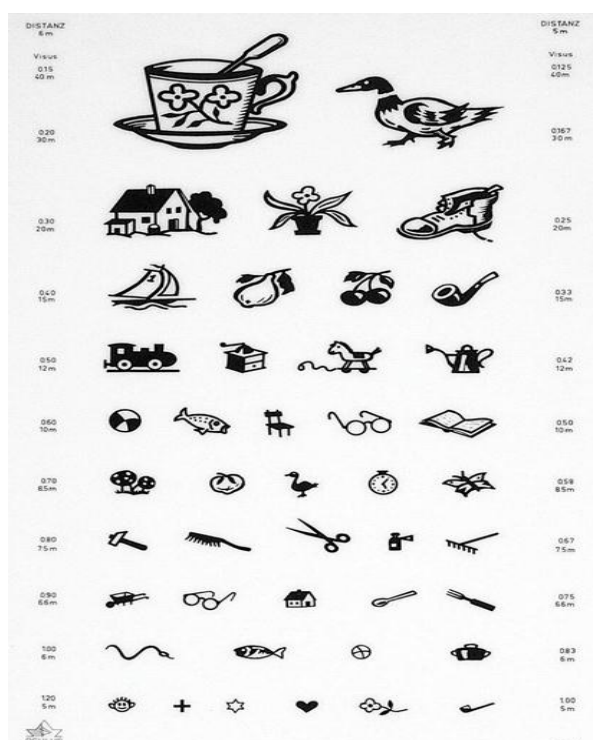
Obrázek č. 16 – Pflügerovy háky

Schoberovy optotypy

Začínají se prosazovat až v posledních letech a jsou tvořeny převážně písmeny a čísly. Vzájemné poměry výška x šířka x tloušťka jsou 7x5x1. Oproti klasickým znakům jsou o 6 – 10 % vyšší a o 24 – 27 % tenčí. Osvědčila se zejména tučně normovaná písmena, která se nejlépe blíží přirozenému kaligraficko-vizuálnímu vjemu. [10]

Obrázkové dětské optotypy

Vyšetření zrakové ostrosti u dětí je nelehkou záležitostí pro každého vyšetřujícího. První vyšetření zrakové ostrosti dítě absoluuje již ve třech letech. Je to složitý proces, jelikož dítě nezná písmena a číslice a hůře spolupracuje s vyšetřujícím a proto se používají obrázkové optotypy se znaky, které děti znají a umí je pojmenovat. Jako např. stoleček, srdíčko, domeček, autíčko. Bývá dobrým zvykem, že před prvotním vyšetřením, dají ortoptické sestry dětem obrázky znaků domů, aby se s nimi v klidném prostředí seznámily a naučily je správně pojmenovat.[10]



Obrázek č. 17 – Dětské optotypy

Aby byl dodržen a zachován charakteristický tvar těchto optotypů, nemůžou být zakresleny do čtvercové sítě, tak jako tomu bylo u předchozích typů optotypů. Výška pro jednotlivé vyšetřovací vzdálenosti odpovídá zornému úhlu pěti minut, tloušťka čar se rovná 1/7 výšky a šířka obrázků je podle jejich výšky volena tak, aby tvary byly úměrné skutečnému předmětu. Celkem se používá sedm různých druhů znaků: dům, čtverec, kolo, židle, srdíčko, stůl, houba.[10]

4.3.1.2. Rozdělení optotypů

Provedení optotypů do dálky

Pro současné účely je používáno několik forem provedení optotypů. Jedná se o optotypy projekční, digitální, tištěné a světelné. Jejich konstrukce je různá, avšak musí splňovat požadovanou vyšetřovací vzdálenost, která je pevně stanovena na 5 nebo 6 metrů. Tato vzdálenost nám zaručuje to, že oko nebude akomodovat.

Projekční optotypy

Jejich provedení se velmi podobá dnešnímu dataprojektoru. Hodnota osvětlení projekční stěny nepřesahuje 100lx. Od tištěných optotypů se liší pouze velikostí projekčního pole (kolem 4 – 5°) a uspořádáním promítaných znaků. Obvykle se používá soubor znaků zmenšených fotografickou cestou do účelových diapozitivů, které jsou uspořádány na revolverovém zásobníku. Povrch projekčního stínítka je ve většině případů metalický z toho důvodu, aby se na něm mohli provádět polarizované testy při vyšetřování binokulárních funkcí. [10]

Standardní vyšetřovací vzdálenost je tedy 5 – 6 metrů. Nicméně u menších vyšetřoven je možné tuto vzdálenost zkrátit na polovinu, za pomoci užití zrcadel. Důležité však je, aby nedocházelo ke zkreslení kontur. Kromě klasických testů na zjištění monokulární sférické refrakce zde nalezneme taky testy na zjištění astigmatismu, binokulární rovnováhy a v neposlední řadě taky testy pro vyhodnocení zrakových okohybných funkcí. Ke každému projekčnímu optotypu je přiřazen dálkový ovladač, nutný k manipulaci s testy a jejich snadnému přepínání. Pro jejich snadnou orientaci jsou na ovladači miniaturním písmem testy

natištěny a vyšetřující si pouze zmáčknutím tlačítka vybere, který test chce použít. Nevýhodou je to, že kontrast promítaných znaků je závislý na osvětlení místnosti a proto není vždy jednoduché zajistit ideální vyšetřovací podmínky.[10]



Obrázek č. 18 – Projekční optotyp

Digitální optotypy

Jedná se o nejmodernější a nejnovější verzi momentálně vyráběných optotypů. Počítač přímo vestavěný do LCD panelu umožňuje vyšetřujícím využít širokou škálu nabízených testů. Ať už se jedná o standardní testy pro vyšetření refrakce, nebo o binokulární sérii testů pro dokorigování. Součástí jsou rovněž polarizační testy, které nám umožňují vyšetřit skryté okohybné odchylky. A také testy pro vyšetření kontrastní citlivosti a barvocitu. Na rozdíl od projekčního optotypu má digitální výhodu v tom, že nemusí být dodrženo přirozené osvětlení a nezáleží na osvětlení místnosti.[10]

Tištěné optotypy

Nejstarší, nelevnější a nejjednodušší verzi všech optotypů. Prakticky jde o tabulky se znaky, vytištěnými na bílý karton nebo na plastovou desku. Jsou nabízeny buď samostatně, nebo jako soubor testů sepnutých dohromady. Nevýhodou je nesnadná manipulace, jelikož každý test je vytištěn zvlášť a musíme desky mezi sebou přehazovat. Nevýhodou je rovněž to, že časem můžou desky zežloutnout a klesne tak hodnota kontrastu. Pro vyšetření je nutné dodržet přirozené denní světlo, nebo difuzní osvětlení kolem 500 lx. [10]

Světelné optotypy

I po objevení se projekčních a digitálních optotypů se dají světelné zařadit jako jedny z nejrozšířenějších. Poskytují nám vysoký kontrast znaků s vyhovujícím jasnem textového pole, bez jakýchkoliv oslňujících účinků. Prakticky se nejčastěji jedná o světelnou skříň, kde jsou znaky zhotoveny fotografickou metodou na průhledných fóliích. Následně je fólie nalepena na mléčném skle, které je prosvíceno zezadu žárovkami. Nabízí kompletní sadu zkušebních znaků na jediném poli. V novějších verzích se jedná o tzv. řádkové optotypy. V tomto případě se jednotlivé řádky rozsvěcují, což je zajišťováno přes otočný spínač. Výhodou je to, že se pacient soustředí pouze na rozsvícený řádek.[10]

Tyto světelné optotypy bývají zhotoveny v několika provedeních. Jedná se o optotypy s vnitřním osvětlením, bočním osvětlením nebo s řádkovým osvětlením.[10]

5. Kontrastní citlivost

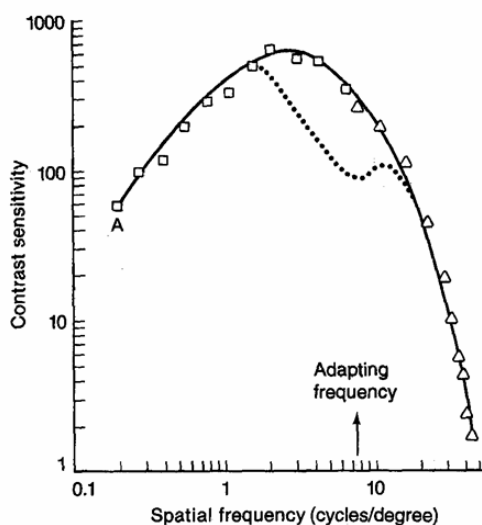
5.1. Základní charakteristika a obecné informace

V našem okolí mají předměty různé kontrasty. Bez kontrastu by nevznikal žádný zrakový vjem, jelikož by nedošlo k podráždění optických částí sítnice. V dnešní době jsme prakticky odkázáni na vnímání hloubky kontrastu u jednotlivých předmětů a rozeznávání jejich struktur (dopravní značení, rozeznávání obličejů...). Pokud by došlo ke snížení citlivosti kontrastu, může to vést k nebezpečným situacím, jelikož dochází k pomalejším reakcím na podněty. K tomuto stavu může dojít z různých příčin: krvácení do sklivce, znečištěné či poškrábané brýlové nebo kontaktní čočky, změny na rohovce nebo na čočce.[10,11]

Kontrastní citlivost můžeme definovat jako převrácenou hodnotu kontrastního prahu. Kontrastní práh nám určuje minimální hodnotu kontrastu nutnou k rozlišení dvou různých světelných částí předmětu. A k tomu, abychom byli schopni rozeznat i ty nejjemnější detaily předmětu, musíme znát ještě veličinou zvanou prostorová frekvence. Tato veličina nám definuje počet cyklů na jeden úhlový stupeň (c/st). Cyklus je vlastně úhlová šířka jednoho

tmavého a jednoho světlého proužku spolu sousedícího. Vysokým prostorovým frekvencím odpovídají úzké proužky a naopak nízké frekvence jsou znakem širokých proužků. Pro záznam kontrastních prahů pro rozdílné prostorové frekvence nám slouží křivka kontrastní citlivosti KC. Křivka nabývá zvonovitého tvaru při různých prostorových frekvencích, jelikož dochází i ke změnám kontrastní citlivosti. Kontrastní citlivost při nižších prostorových frekvencích nám udává schopnost pacienta rozlišovat velké tvary a písmena, kdežto při vyšších frekvencích nám ukazuje to, jak je pacient schopen rozlišovat jemné detaily znaků. Nejvyšší kontrastní citlivost lidského oka se nachází mezi 3 – 6 c/st. K progresi kontrastní citlivosti dochází v průběhu věku. K největším změnám dochází ve středních a vyšších prostorových frekvencích a největší pokles je zaznamenán u osob s vyšším věkem. K poklesu kontrastní citlivosti ve vysokých frekvencích dochází např. při onemocnění centrální části sítnice nebo u ametropií. Naopak k poklesu v nižších prostorových frekvencích dochází např. u katarakty nebo u poškození periferní části sítnice. U glaukomu a diabetu dojde k poklesu ve středních a nižších a k poklesu ve všech prostorových frekvencích dochází při zánětu zrakového nervu. [8,10,11]

Při standardním vyšetření zrakové ostrosti zjistíme pouze to, jak pacient je schopen číst znaky při nejvyšším kontrastu (černé znaky na bílém pozadí). Avšak v reálném životě se setkáváme s předměty, které mají vůči sobě rozdílné stupně šedi. Přesnější představu a kvalitu vidění pacienta získáme vyšetřením kontrastní citlivosti, kde dochází k rozeznávání právě odlišných odstínů šedi. Kontrastní citlivost se měří relativním rozložením světlých a tmavých částí zrakových podnětů.[10,11]



Obrázek č. 19 – křivka kontrastní citlivost

5.2. Testování kontrastní citlivosti

V praxi se setkáváme se dvěma základními druhy vyšetřovacích tabulí. Jedná se o testy, které využívají sinusovou mřížku a písmenové testy.

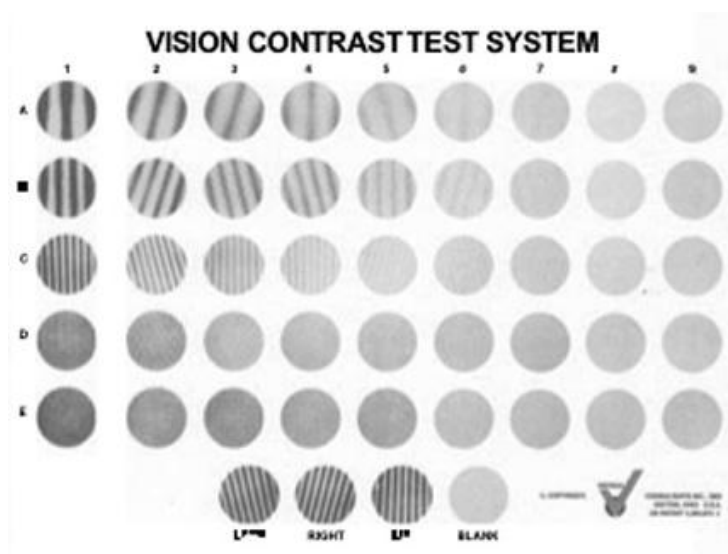
Sinusová mřížka

U této metody se kontrast definuje jako rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším jasnem děleným jejich součtem. Jedná se o tzv. Michelsonův kontrast:

$$K = (L_{\max} - L_{\min}) / (L_{\max} + L_{\min})$$

Kde $L_{\max}$ je hodnota nejvyššího jasu a $L_{\min}$ je hodnota nejnižšího jasu. Nejstarším a zároveň však nejpoužívanějším typem testovací tabule jsou Ardenovy tabule. Nebo tabulky konstruované dle Jacobsena nebo Ginsburga. V testu jsou použity svislé pruhy o prostorové frekvenci velikosti 1. Kontrast světlých a tmavých proužků klesá směrem dolů. Úkolem vyšetřovaného je rozlišit světlý či tmavý proužek od šedého pozadí. Test končí v době, kdy pacient nedokáže rozeznat proužek a vnímá pouze šedé pozadí.[11]

Mezi další zkušební testy patří test VCTS (Visual Contrast Test System) a FACT (Functional Acuity Contrast Test). Jedná se o fotografické tabule obsahující 5 řádků a 9 sloupcových kruhových terčů. V každém řádku postupně klesá kontrast a ve sloupcích roste prostorová frekvence. V každém kruhovém terči jsou vyšetřovací pruhy orientovány vertikálně nebo šikmo pod úhlem 15° vpravo nebo vlevo. Pacient má za úkol zjistit orientaci pruhů.[11]

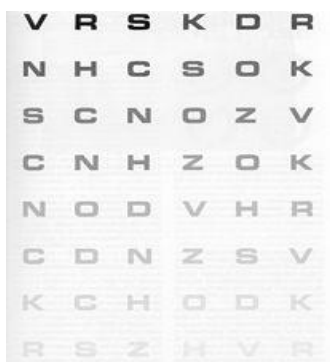


Obrázek č. 20 – VCTS

Písmenové testy

Jedná se o verzi testů, kde jsou písmena seskupena do trojic a v jedné řadě se nachází dvě trojice. Každá trojice písmen má jednotný kontrast a jejich kontrast se snižuje směrem dolů od jedné ke druhé. Standardní vyšetřovací vzdálenost je 1 metr.[11]

Mezi nejčastěji používané testy se považuje Pelli-Robsonův kontrastní test.



Obrázek č. 21 – Pelli-Robsonův kontrastní test

6. Jednotlivé faktory ovlivňující kvalitu zrakového vjemu

6.1. Vliv zorného pole

Pod pojmem zorné pole rozumíme tu část prostoru, která je viděna jedním okem aniž by se změnil směr pohledu. Můžeme říct, že je to tedy projekce všech bodů, které se zobrazují na sítnici jednoho oka. Při řešení problematiky zorného pole je nezbytné zmínit dva důležité body na sítnici. Prvních z nich je Marriotův bod (slepá skvrna) a druhým je macula lutea (žlutá skvrna). První místo by se dalo označit jako fyziologický výpadek v zorném poli. Ovšem při pohledu oběma očima, dochází k překrytí onoho slepého místa zorným pole druhého oka, takže výpadek není vnímán. Druhý bod je místo nejostřejšího vidění, kde má oko největší rozlišovací schopnost a je vnímána největší ostrost obrazu. Jedná se o tzv. centrální vidění. Směrem do periferie se rozlišovací schopnost oka snižuje a hloubka ostrosti jemných detailů předmětů klesá.

6.2. Vlastnosti světla ovlivňující kvalitu vjemu

Viditelné světlo je elektromagnetické záření o vlnové délce 380 - 760 nm. Standardní bílé světlo vzniká složením z barevného spektra o různých vlnových délkách. V optické soustavě oka, v souvislosti s povahou světla, je nezbytné brát v úvahu chromatické aberace optické soustavy oka. Aberaci můžeme považovat za barevnou vadou, vzniklou nestejným lomem světelných paprsků různé vlnové délky. Což znamená, že každá barevná složka se láme jinak. K největšímu lomu dochází u červeného světla (má největší vlnovou délku) a k nejmenšímu lomu u modrého světla (má nejmenší vlnovou délku). To znamená, že u zdravého lidského oka krátkovlnné paprsky vytvářejí menší obraz, který je lokalizován před sítnicí. Naopak dlouhovlnné paprsky vytvářejí větší obraz a jeho lokalizace je za sítnicí. V praxi se to obvykle projevuje většinou fialovou konturou při přechodu mezi vysokým jasnem a stínem.[10,11]

6.3. Lokalizace projekce obrazu na sítnici

Jestliže dopadne obraz pozorovaného předmětu do místa nejostřejšího vidění (macula lutea), pak je oko schopno rozlišit i ty nejjemnější detaily pozorovaného objektu. V tomto místě, jak již bylo řečeno, se nachází největší koncentrace čípků a proto má zde oko největší rozlišovací schopnost. Čípky v tomto místě mají zhruba o polovinu menší průměr než v periférii. Toto je vak kompenzováno jejich velmi hustým a těsným uspořádáním. Z toho vyplývá, že čím dál od žluté skvrny se obraz nachází, tím je horší jeho zraková ostrost a tím i rozlišovací schopnost.[10,11]

6.4. Vliv refrakčních vad

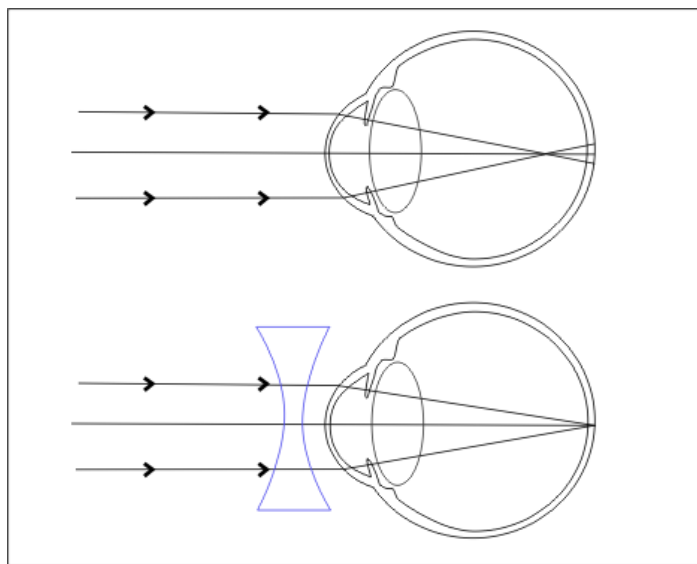
Refrakční vady oka jsou považovány za nejčastější příčinu snížení zrakové ostrosti a tím i následné zhoršení rozlišovací schopnosti. Zhruba za 90 % jde o vady axiální, což znamená to, že předozadní délka oka neodpovídá lomivosti optické soustavy. Pokud má oko předozadní délku větší než standard, poté se jedná o vadu zvanou myopie. Naopak pokud je délka oka menší, poté jde o hypermetropii. Zbýlých 10% vykazuje vadu indexovou, což

znamená změnu zakřivení opticky lámavých ploch. Čím se poloměr křivosti zmenšuje, tím se stává soustava více lomivá.[6]

Pokud je stav oka refrakčně v pořádku (paprsky vstupující do oka se sbíhají na sítnici), poté můžeme hovořit o emetropii. Pokud oko trápí refrakční vada (paprsky vstupující do oka, se sbíhají před nebo za sítnicí), hovoříme o ametropii. Rozlišujeme 3 základní ametropické vady: a) myopie, b) hypermetropie, c) astigmatismus.

Myopie

Českým ekvivalentem je slovo krátkozrakost. Bývá nejčastěji způsobena prodloužením předozadní délky oka. Vzácněji však může být způsobena vyšší lomivostí optických prostředí. Například vyšší zakřivení rohovky při keratokonu nebo větším zakřivením přední a zadní plochy čočky. Při myopii vzniká na sítnici neostří obraz pozorovaného předmětu, jelikož do oka vstupující rovnoběžné paprsky se sbíhají před sítnicí. Ostře jsou vnímány pouze předměty v blízké vzdálenosti. Proto myopické oko vidí dobře do blízky, do dálky však rozmazaně.[6,11]



Obrázek č. 22 – Průběh paprsků u myopie, v horní části bez korekce, ve spodní s korekcí

Podle dioptrií můžeme rozdělit myopii na: **lehkou** do -3,0 dioptrií

střední do -6,0 dioptrií

vyšší nad -6,0 dioptrií

Podle vývoje můžeme myopii rozdělit na 1) **stacionární**, 2) **progresivní**

Ad 1) Relativně stacionární je myopie školní. Její počátek je zhruba kolem 6.a 7.rokem a roste hlavně v období puberty. Její hodnota většinou nepřesahuje 5 – 6 dioptrií a její růst se většinou zastavuje se somatickým vývojem jedince, zhruba kolem 18. – 20. Let věku. Relativně stacionární je rovněž tzv. pozdní myopie, která vzniká až po 18. Roce a obvykle nepřesahuje hodnotu 3 dioptrií. [6,11]

Ad 2) Progresivní, také patologická nebo maligní myopie bývá často způsobena dědičnými dispozicemi. Za její příčinu bývá považována malá rezistence bělimy, která ustupuje nitroočnímu tlaku a rozpíná se hlavně u zadního pólu oka. Objevuje se často již u prvního roku života a později dosahuje vysokých hodnot až nad hranici – 20 dioptrií. Nadměrně myopické oko je dlouhé a budí dojem exoftalmu. Avšak skléra v zadní polovině oka je ztenčena na ¼ své normální tloušťky. Již kolem 20. Roku se začínají objevovat změny na očním pozadí. Často vznikají atrofie sítnice a cévnatky při zevním okraji papily, tzv. myopický konus, který může obklopit papilu i cirkulárně. V centrální krajině se objevují bělavé trhliny, dochází ke hromadění pigmentu. Dochází ke krvácení do sítnice a sklivce. Sítnice degeneruje a mohou vznikat trhliny a odchlípení sítnice.[6]

Myopii korigujeme rozptylkami. V zásadě korigujeme nejslabší rozptylkou, se kterou je myopovi zajištěno nejostřejší vidění. Musíme dbát na to, abychom ho nepřekorigovali! Což by mohlo mít za následek různé astenopické potíže. U krátkozrakých jedinců je nutné doporučit nosit brýle neustále. U vyšších myopií je dobré doporučit vysokoindexové plastové čočky, z důvodu tíhy materiálu a estetického hlediska.

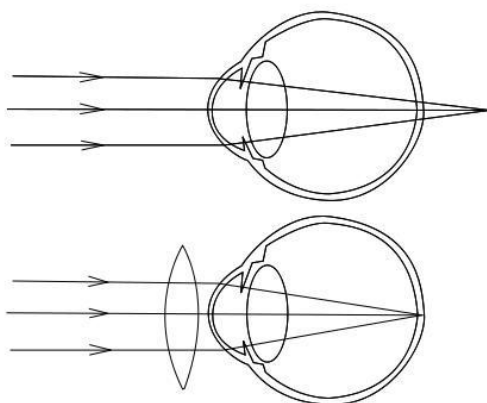
Následující stupňovací tabulka nám znázorňuje vliv nekorigované myopické vady na visus:

sph deficit (dpt)	visus
-0,25	1,00
-0,50	0,80
-1,00	0,50
-1,50	0,30
-2,00	0,15
-3,00	méně než 0,1

Tabulka č.1. - Vliv velikosti myopické vady na visus

Hypermetropie

Neboli česky řečeno dalekozrakost. Bývá nejčastěji způsobena zkrácením předozadní délky oka. Vzácněji však může být zapříčiněna zmenšenou lomivostí rohovky nebo čočky nebo chyběním čočky. Při hypermetropii vzniká na sítnici neostrý obraz pozorovaného předmětu, jelikož rovnoběžné paprsky vstupující do oka se sbíhají za sítnicí. Silně dalekozraké oko při malé akomodační šíři nevidí dobře ani do blízka ani do dálky.[6,11]



Obrázek č. 23 – Průběh paprsků u hypermetropie, v horní části bez korekce, ve spodní s korekcí

Hypermetropie bývá vadou vrozenou. Při narození prakticky všechny oči jsou dalekozraké. Avšak rovnoměrně s růstem celého těla, roste i oko. Z toho vyplývá, že všechny oči by se měli stát emetropickými. Ale zhruba u 50-ti % zůstává určitý stupeň hypermetropie. Příčina vzniku hypermetropie je neznámá. Říká se, že takové oko je nevyvinuté (nedorostlé) a jedinou prokázanou souvislostí jsou dědičné dispozice. U těžších forem hypermetropií mívá sítnice lesklý nádech, terč zrakového nervu může mít neostré hranice, zvláště v nazální části. Cévy bývají vinuté a mívají neobvyklé větvení.[6]

Celkovou hypermetropii dělíme na: 1) **latentní hypermetropii**

2) **manifestní hypermetropii**

Ad 1) Neboli skrytá, bývá kompenzována klidovým napětím ciliárního svalu. Zjistíme ji pouze při rozkapání oka (vyřazením akomodace) za pomoci např. atropinu. Prakticky ji nekorigujeme a zaměřujeme se pouze na manifestní.[6]

Ad 2) dále dělíme na: a) fakultativní – je člověk schopen vykorigovat akomodací

b) absolutní – musíme korigovat spojkami, je příčinou špatného vidění

Jestliže chce hypermetrop vidět ostře do dálky či do blízky, musí akomodovat více než emetrop. Tato nadměrná námaha může působit astenopické potíže, jako například bolesti hlavy, slzení očí nebo zarudnutí víček. Subjektivní potíže závisí na stupni hypermetropie a akomodační šíři. Fakultativní složka sama o sobě nepůsobí změnu visu, ale může být příčinou astenopických potíží. Naopak absolutní složka je již mimo rozsah akomodace pacienta a projevuje se zhoršeným viděním a rozostřeným obrazem. Vzhledem k tomu, že se akomodace v podstatě mění s věkem, nelze jednoznačně sestavit tabulku pro celkově korigovanou (manifestní) hypermetropii a změny visu, jak je tomu u myopie.[6,11]

Korekci provádíme spojkami. Korigujeme nejsilnější spojkou, se kterou ještě vidí ostře, jelikož musíme co nejvíce uvolnit akomodaci, ale zároveň nesmíme zhoršit zrakovou ostrost. Během vyšetření musíme dbát na to, abychom nenavodili akomodaci, takže musíme postupovat obezřetně. U dětí v předškolním věku korigujeme pouze vyšší dalekozrakost, pokud ale dítě šilhá, tak musíme korigovat jakoukoli vadu.

Astigmatismus

Jedná se o refrakční vadu, která je nejčastěji způsobena nepravidelným zakřivením rohovky. Vzácněji se může jednat o astigmatismus čočkový nebo očního pozadí. Optický aparát má v jednotlivých meridiánech různou optickou mohutnost, což znamená, že rovnoběžné paprsky vstupující do oka se spojují v různých rovinách.[6,11]

Můžeme ho rozdělit na: 1) **pravidelný**

2) **nepravidelný**

Ad 1) Má dva hlavní meridiány s největším a nejmenším zakřivením, které jsou na sebe kolmé. Při tom astigmatismus přímý, neboli podle pravidla, má vertikální meridián více lomivý, než horizontální. Naopak je tomu u astigmatismu nepřímého, neboli proti pravidlu.[6]

Pravidelný astigmatismus můžeme ještě dělit na:

- a) **Jednoduchý** – jeden meridián je emetropický a druhý myopický nebo hypermetropický
- b) **Složený** – oba meridiány jsou buď myopické nebo hypermetropické
- c) **Smíšený** – jeden meridián je buď myopický a druhý hypermetropický

Astigmatismus korigujeme cylindrickými skly, kterými se upravuje korekce pouze v jednom meridiánu. V závislosti na velikosti vady volíme vhodnou sílu korekce a doporučujeme trvalé nošení korekční pomůcky. I malá vada však působí snížení zrakové ostrosti. Není pravidlem, že pokud se na jednom oku astigmatismus vyskytuje, tak se bude nacházet i na druhém. Vada se může týkat tedy pouze jednoho oka. Pokud nebude astigmatismus korigován trvale, může vzniknout meridionální amblyopie.[6]

Ad 2) U nepravidelného astigmatismu nacházíme v různých meridiánech různou hodnotu refrakce. Nejčastěji vzniká po onemocnění rohovky, kdy povrch rohovky shledáváme nepravidelně zakřivený a často vyklenutý. Hodně často bývá přítomen při onemocnění zvaném keratokonus, tj. kuželovité vyklenování rohovky, podmíněné vrozenou méněcenností

rohovkové tkáně. Je obtížné ho korigovat. V rané fázi lze to řešit brýlemi, později pomáhá tvrdá kontaktní čočka a nakonec může být nutná i operace.[6]

Stejně jako u myopie, můžeme u astigmatismu sestavit podobnou stupňovací tabulku v závislosti velikosti vady na visu:

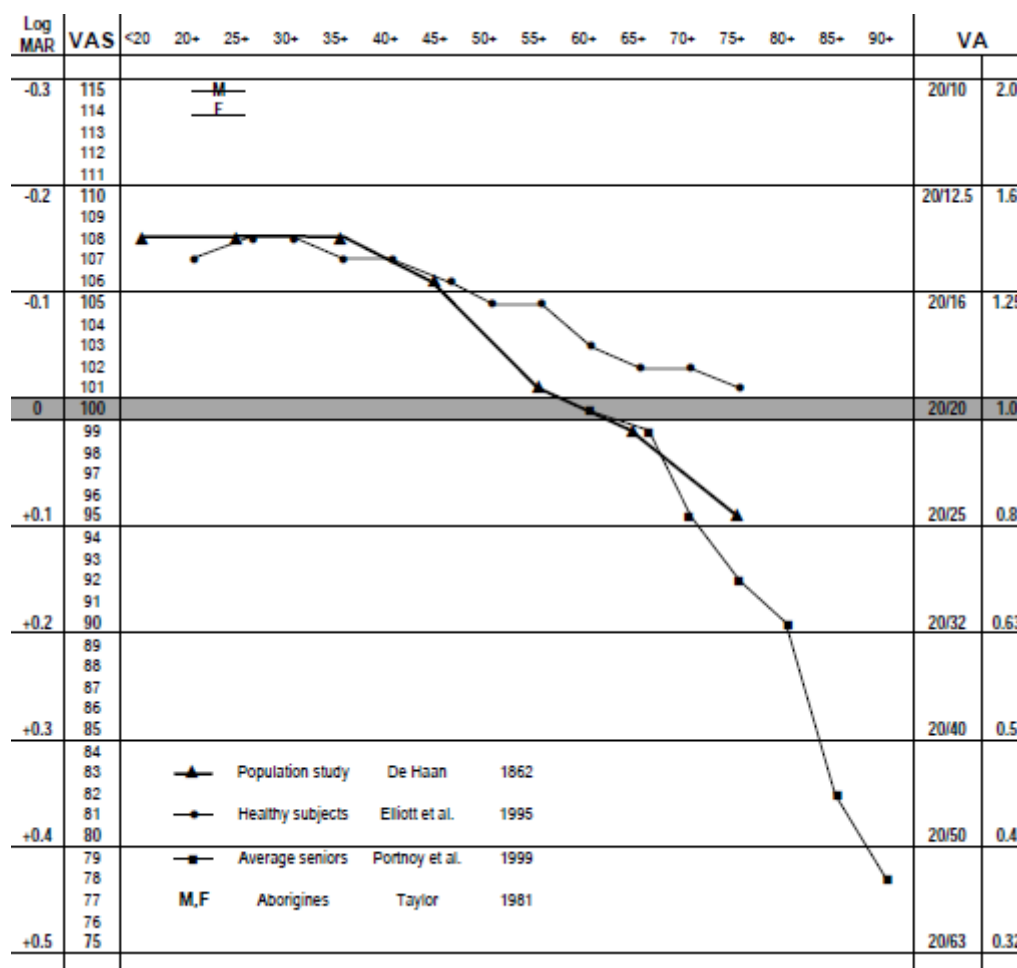
cyl deficit (D)	visus
0,25	1,20
0,50	1,00
1,00	0,65
1,50	0,50
2,00	0,40
3,00	0,20

Tabulka č.2. – Vliv velikosti astigmatismu na visus

6. Praktická část

Za cíl své praktické části jsem si určit provedl experimentální studii, ve které budu zkoumat vliv refrakční vady a věku na visus. Předpokládám, že bude docházet k poklesu zrakové ostrosti s věkem. Dalším cílem je samostatně sledovat rozdíly ve vízu mezi muži a ženami. V této části výzkumu se nepředpokládá, že by byl nějaký rozdíl. Část studie byla rovněž věnována vlivu velikosti myopické vady na naturální visus.

Závislost visu na věku již byla sledována v předchozích letech. Na základě předchozích měření bych chtěl vytvořit novou studii a porovnat ji s již zkoumanými výsledky. Výsledky a komentář k přechozí studii je znázorněn pod textem.



Obrázek č. 24 – Předchozí studie závislosti poklesu zrakové ostrosti s věkem

Roku 1862 pověřil Donders svého studenta De Haana, aby provedl studii poklesu zrakové ostrosti v závislosti na věku. Údaje jeho výzkumu jsou značeny symbolem „▲“. Křivka se symboly „●“ znázorňuje výzkum meta-analýzy osob proveden v roce 1995. U mladších osob

jsou viděny velké podobnosti výzkumu De Haana v porovnání s daty v roce 1995. U skupiny starších osob byl zjištěn vizení lepší, ale jen z toho důvodu, že součástí studie byli lidé se zdravýma očima, tj. s normálními zrakovými funkcemi a zrakovou ostrostí. Značky „■“ v grafu odpovídají výzkumu z roku 1999, kterého se zúčastnila pouze starší generace. A na grafu je opět vidět názorná shoda s měřením z roku 1862. Z toho plyne, že ani za uplynulou dobu 150-ti let nedošlo k výrazné změně průměrné zrakové ostrosti. [7]

Rovněž vliv velikost myopické vady na visus byl zkoumán již v dřívější době. Předchozí výsledky prezentuje následující tabulka.

Diopter D	Snellen chart, 20/ ...	Decimal	Visual acuity / efficiency ⁶²
- 0.50	20/25 to 20/30	0.8 to 0.7	95% to 90%
- 1.00	20/30 to 20/50	0.7 to 0.4	90% to 75%
- 3.00	20/300	0.07	15%
- 4.00	20/400	0.05	10%

Tabulka č. 3 – Znázorňuje vliv myopie na visu; v první sloupci je zaznamenána velikost vad a ve třetím je to hodnota visu při dané vadě

Testované osoby

Celkem bylo vyšetřeno 300 osob ve věkovém rozsahu 15 – 80 let. Z celkového počtu osob bylo 153 vyšetřovaných ženského pohlaví a 147 pohlaví mužského. Refrakční vada byla limitována v rozmezí ± 6 D ve sféře a ± 3 D v cylindru. Průměrný věk všech vyšetřovaných osob se pohyboval kolem 39 let se směrodatnou odchylkou 14. U žen se průměrný věk pohyboval kolem hodnoty 39 se směrodatnou odchylkou 15 a u mužů to se jednalo o věk rovněž 39 s odchylkou 13. Průměrná refrakce (hodnota sférického ekvivalentu) činila v případě myopie v průměru -1,60 D, u hypermetropie + 1,84 D, průměrná hodnota astigmatismu byla - 0,79 cyl D. U mužů byla zjištěna průměrná refrakce (sférický ekvivalent) u myopie -1,58 D v případě myopů, u hypermetropie + 1,76 D, průměrný astigmatismu činil – 0,85 cyl D. V případě žen byly zjištěny tyto průměrné hodnoty: sférický ekvivalent u myopie – 1,61 D a u hypermetropie + 1,91, u astigmatismu – 0,68 D cyl.

Metodika

Měření probíhalo na optometristickém pracovišti v GrandOptical v Olomouci. Nejprve byl stanoven monokulární naturální visus pravého i levého oka a následně binokulární naturální visus. Dalším krokem bylo stanovení objektivní refrakce pravého i levého oka za pomoci autorefraktometru. Následovalo zjištění subjektivní refrakce obou očí za pomoci brýlové skříně a Jacksonova zkříženého cylindru. Dalším krokem bylo stanovení visu s nejlepší sférocylindrickou korekcí pravého a levého oka. Měření bylo završeno jemným binokulárním dokorigováním za pomoci červeno-zeleného testu a stanovením visu obou očí.

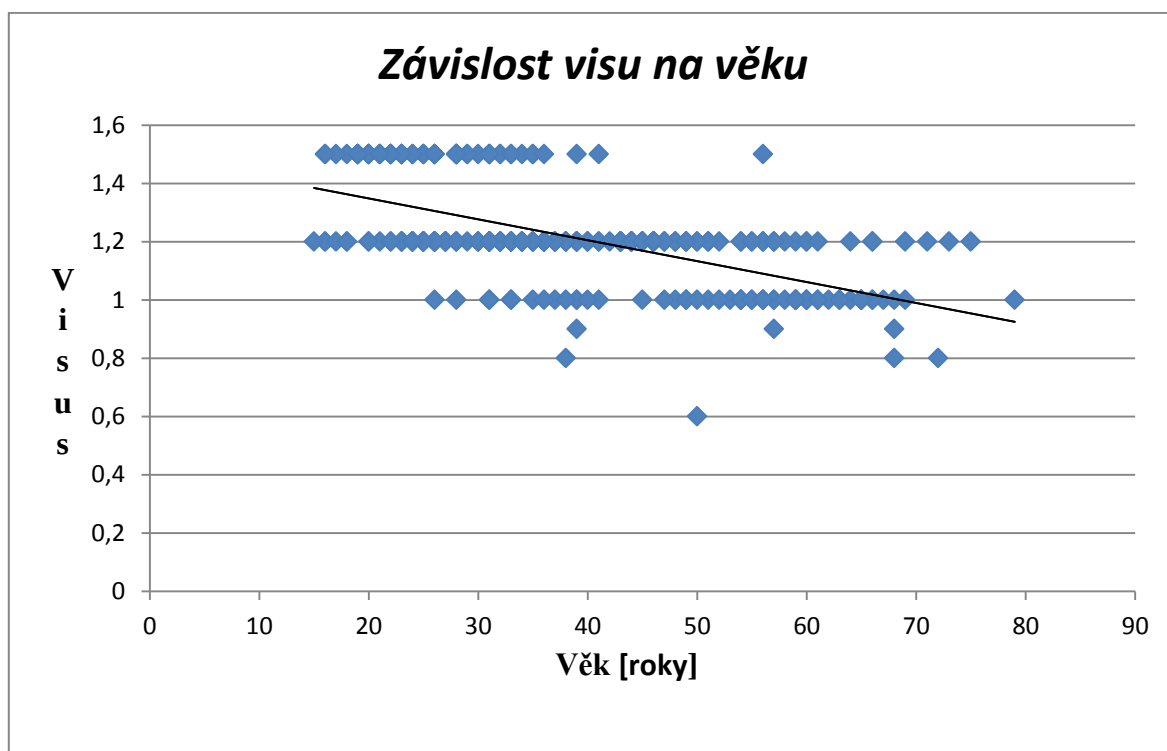
Ke zjištění subjektivní refrakce nám posloužil projekční optotyp se Snellovou posloupností znaků. Jako sada znaků byly použity písmena v rastru 4x5. Pro měření visu byla použita celořádková metoda, kdy byl celý řádek považován za přečtený, pokud testovaná osoba přečetla alespoň 3 z pěti znaků. Pro účely analýzy byly zpracovány pouze hodnoty z pravého oka každého vyšetřovaného subjektu. Závislost visu na věku byla hodnocena pomocí korelačního koeficientu r . Přitom hodnota 0 odpovídá nulové závislosti, hodnota 1 nebo -1 maximální pozitivní nebo negativní závislosti. Pro účely pozorování visu mezi muži a ženami byly obě pohlaví rozděleny na 3 věkové skupiny. U obou pohlaví byly skupiny rozděleny na stejné věkové kategorie, a to 15 – 30 let (první skupina), 31 – 50 let (druhá skupina) a 51 – 80 let (třetí skupina).

Pomocí nepárového testu pro každou věkovou skupinu byla testována nulová statistická hypotéza o rovnosti visů, testována na hladině významnosti 5%. Tj. v případě zamítnutí nulové hypotézy (rovnosti dat) byla přijata hypotéza alternativní (visy se v dané věkové skupině mezi pohlavími liší) s pravděpodobností 5% zamítnutí platné nulové hypotézy. U výsledků je vždy uvedena též mezní hladina významnosti p , při které by byla rovnost dat právě zamítnuta. Před aplikací t-testu byl proveden f-test na rovnost rozptylů – na jeho základě byl aplikován nepárový t-test s rovností či nerovností. Všechny uvedené statistické testy a výpočet korelačního koeficientu byly provedeny pomocí statistických nástrojů software Microsoft Excel.

Výsledky

Závislost visu na věku

Byla zjištěna statisticky významná závislost visu na věku s hodnotou korelačního koeficientu $r = 0,60$. Je zřejmé, že závislost má klesající charakter. Graficky je tato závislost modelována na obrázku č. 24, kde je aproximována regresní přímkou.



Obrázek č. 25 – Závislost visu na věku; čtverce reprezentují konkrétní naměřené údaje, data jsou proložena regresní přímkou (plná čára)

Rozdíl visu mezi pohlavími

V první věkové skupině (15-30 let) byl za pomoci F-testu zjištěn shodnost rozptylů ($p > 0,05$; konkrétně $p = 0,46$) a proto byl použit t-test s rovností rozptylů. Tento test prokázal mezi daty významný (signifikantní) rozdíl ($p < 0,0001$) – muži měli nižší visus.

V druhé věkové kategorii (31–50 let) bylo opět pomocí F-testu zjištěn shodnost rozptylů ($p > 0,05$; konkrétně $p = 0,29$) a na základě toho byl použit opět t-test s rovností rozptylů, který však neprokázal významný rozdíl.

V poslední věkové skupině (51–80 let) F-test prokázal rozdílné hodnoty rozptylů ($p < 0,05$; konkrétně $p = 0,00485$). Takže bylo potřeba užít t-test s nerovností rozptylů a byl prokázán statisticky významný rozdíl ($p < 0,025$) – muži měli visus vyšší.

Muži

Věkové skupiny	Průměrný věk	Směrodatná odchylka	Počet subjektů	Průměrný visus	Směrodatná odchylka
15 - 30	23,72	4,06	37	1,25	0,14
31 - 50	38,84	5,90	83	1,2	0,13
51 - 80	61,27	6,06	25	1,12	0,09

Tabulka č. 4 - Výsledky v různých věkových skupinách u mužů

Ženy

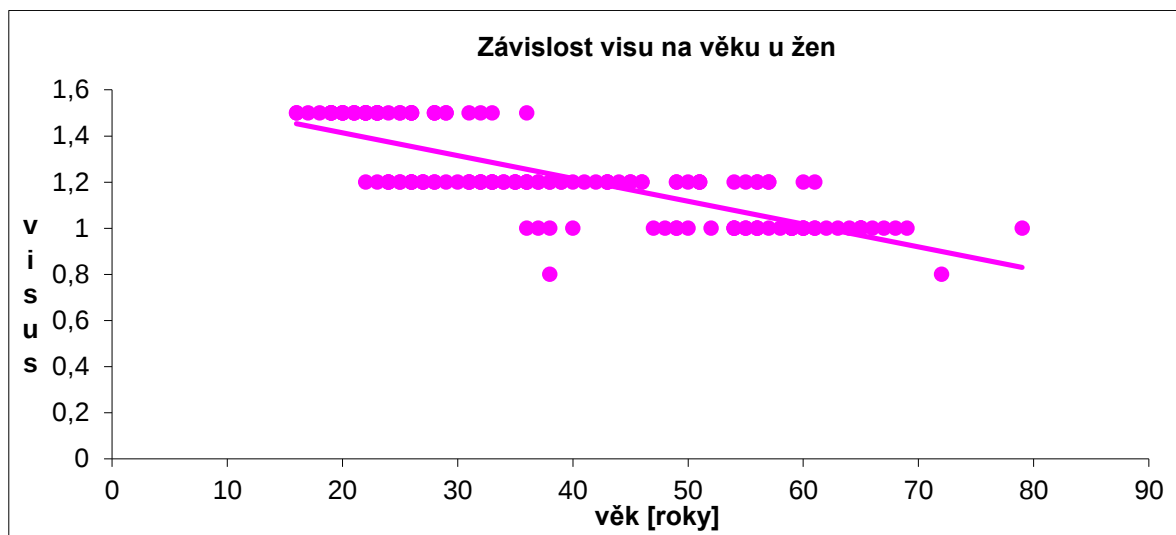
Věkové skupiny	Průměrný věk	Směrodatná odchylka	Počet subjektů	Průměrný visus	Směrodatná odchylka
15 – 30	23,51	3,53	56	1,4	0,14
31 – 50	38,84	5,09	51	1,18	0,14
51 – 80	61,27	5,78	44	1,04	0,14

Tabulka č. 5 - Výsledky v různých věkových skupinách u žen

Sledování závislosti visu na věku u obou pohlaví

Ženy

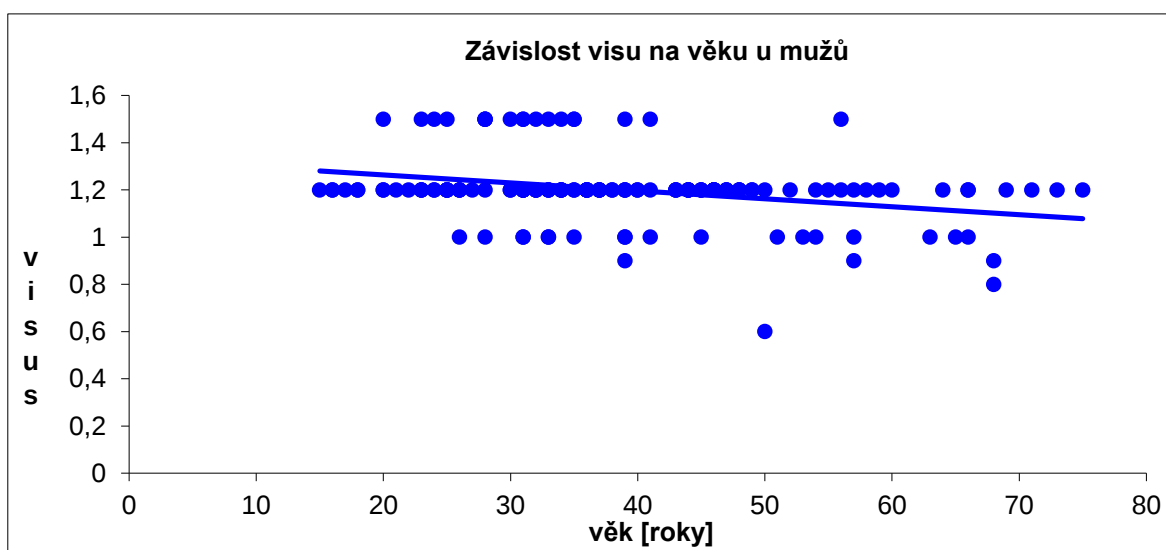
U žen byla zjištěna statisticky významná hodnota korelačního koeficientu $r = -0,793$. Tato hodnota má za následek klesající visus s věkem.



Obrázek č. 26 – Závislost visu na věku u žen

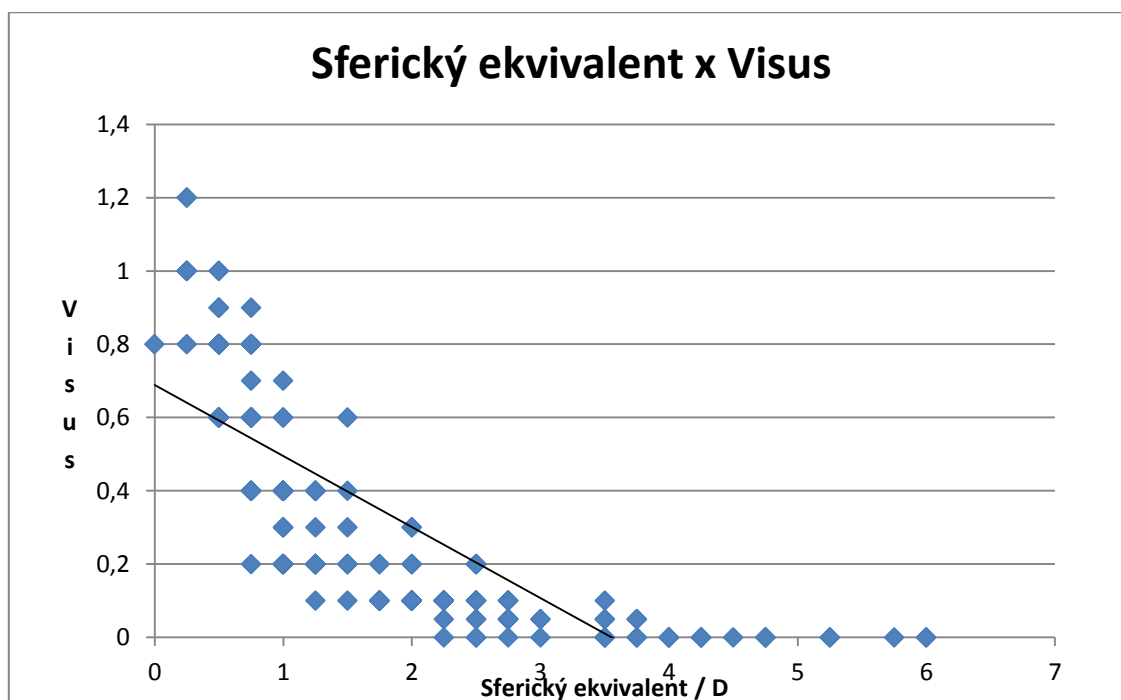
Muži

U mužů byla zjištěna rovněž statisticky významná hodnota. Korelační koeficient činil $r = -0,309$, což má za následek rovněž klesání visu s věkem.



Obrázek č.27 – Závislost visu na věku u mužů

Vliv závislosti myopie na naturální visus



Obrázek č. 28 – Vliv refrakce na visus

Následující tabulka znázorňuje průměrné hodnoty visu pro jednotlivé hodnoty myopické vady. Velikost refrakční vady je v záporných hodnotách, jelikož uvažujeme vliv myopie. Pro zjednodušení jsou v tabulce hodnoty bez znaménka minus. Hodnota refrakční vady je ukončena číslem velikostí 4 D, jelikož od této hodnoty jsou všechny výsledky konstantně nulové. Průměrná hodnota visu je zaokrouhlena na setiny.

Refrakční vada (D)	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,5	4
Průměrná hodnota visu	1,03	0,77	0,61	0,35	0,26	0,2	0,17	0,15	0,12	0,11	0,07	0,06	0,03	<0,01

Tabulka č. 6 – Znázorňuje vliv určité velikosti myopické vady na visus

Diskuze

Při testování závislosti visu na věku byla zjištěna klesající hodnota. Což potvrzuje prvotní hypotézu a zároveň se shoduje s výsledky z předchozích studií, které rovněž potvrdily klesající parametry.

Při zjišťování rozdílu výsledků mezi jednotlivými věkovými kategoriemi, byly zjištěny statisticky významné rozdíly u první a třetí skupiny. V první věkové kategorii dosahovali muži nižšího visu než ženy a u třetí věkové skupiny naopak ženy dosahovaly nižších výsledků. V druhé skupině se nejednalo o statisticky signifikantní rozdíl, tudíž naměřené hodnoty se výrazně nelišily.

U testování osob rozdílného pohlaví byla vyvrácena prvotní hypotéza, která hlásala neměnné rozdíly ve visu mezi pohlavími. Tato hypotéza však byla naměřenými výsledky vyloučena. Docházelo k rozdílu mezi muži a ženami s tím, že u zástupců mužského pohlaví visus s věkem klesá méně, než u ženského. Avšak ženy dosahovali vyšších výsledků v nižších věkových kategoriích a postupně se rozdíl vyrovnával, až u nejstarší kategorie ženy dosahovali nižších výsledků. Což značí více klesající závislost než u mužů.

Poslední část studie byla věnována závislosti sférického ekvivalentu na hodnotu visu. U této studie se předpokládala klesající hodnota visu s rostoucí sférickou vadou. Naměřené hodnoty pouze potvrdily hypotézu klesajícího visu a výsledné hodnoty byly srovnány s předchozí studií. Došlo k mírnému poklesu visu oproti dříve provedené studii.

Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo přiblížit čtenářům problematiku zrakové ostrosti, metody jejího hodnocení a vyzvednout její velký vliv na kvalitu vidění. Práce byla rozdělena na 4 části.

V první části jsem se zabýval anatomickému a fyziologickému popisu aparátu oka a jeho optických prostředí. Zmíněna byla rovněž zraková dráha a popsána byla sítnice. Tato kapitola je nezbytná pro pochopení funkce oka a vzniku zrakového vjemu.

Druhá část se zabývala zrakovou ostroší. Byl vymezen pojem zraková ostrost, popsán její vývoj a dělení. V podkapitole rozdělení jsem se věnoval základnímu rozčlenění na periferní a centrální zrakovou ostrost. Byla i zmíněna rozdělení na angulární a noniusovou. Nedílnou součástí této kapitoly tvoří samotné vyšetřování zrakové ostrosti. Kde byly zmíněny základní metody jejího hodnocení, rozdělení na subjektivní a objektivní hodnocení a v neposlední řadě také optotypy a jejich konstrukce.

V třetí části jsem se zabýval různým faktorům, které mohou ovlivnit kvalitu zrakového vjemu. V první řadě zde byla zmíněna, trochu bokem, kontrastní citlivost. Byla popsána její základní charakteristika a metody jejího hodnocení. Mezi další faktory bych zmínil např. vliv refrakčních vad nebo zorného pole.

Poslední část je zaměřena na praktický výzkum. V této kapitole jsem se věnoval závislosti zrakové ostrosti na vizu, věku a pohlaví. Výzkum byl prováděn v prostorách GrandOptical v Olomouci. Na relativně bohatém vzorku subjektů byly provedeny testy zjišťující zrakovou ostrost. Následně byly testované osoby rozděleny do různých kategorií a srovnávány mezi sebou. Zjištěné odchylky byly naměřeny a zakresleny do grafu nebo uvedeny do tabulek. Byly zjištěny rozdíly, které by se daly považovat za signifikantní, avšak je nutné neopomenout povahu vady a menší nepřesnosti, které mohli vzniknout během měření.

Kapitola měření zrakové ostrosti je jedna z nejdůležitějších, co se vyšetření zraku týče. Určitě stojí za to, se jí věnovat a zkoumat a přinášet nové poznatky do této oblasti. Jedná se o neustále se vyvíjející a zdokonalující část praktické optometrie a věřím, že do budoucna tento pokrok bude pokračovat. Věřím, že se mi alespoň trochu podařilo Vám přiblížit tuto problematiku a doufám, že i nadále budou pokračovat podobné výzkumy v této oblasti.

Seznam použité literatury

Seznam knižních a internetových zdrojů teoretické části

- 1) KRAUS, Hanuš, et al. *Kompendium očního lékařství*, první vydání, Praha: Grada Publishing, spol. s r.o., 1997, ISBN 80-7013-079-1
- 2) KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2000, ISBN 80-7013-313-9.
- 3) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3*. 2. Vydání. Praha: Grada Publishing, 2004, ISBN 978-80-247-1132-4
- 4) AMBLER, Zdeněk. *Klinická neurologie*. 2. Vydání. Praha: Triton, 2008, ISBN 978-80-7387-157-4
- 5) ANTON, Milan. *Nové poznatky o zrakové ostrosti*. Česká oční optika, 2006, ročník 47, ISSN 1211-233X
- 6) HROMÁDKOVÁ, Lada. *Šilhání*, druhé doplněné vydání, Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1995, ISBN 80-7013-207-8
- 7) http://www.ski.org/Colenbrander/Images/Measuring_Vis_Duane01.pdf
- 8) ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. 2. Přepřac. Vyd. Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993.
- 9) ANTON, Milan.; HOLOUŠOVÁ, M. *Autorefraktory a korekce refrakčních vad*. Česká oční optika. 1997,
- 10) RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika*, první vydání, Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2000, ISBN 80-7013-301-5.
- 11) VENTRUBA, Jakub. *Kontrastní citlivost, testování a příčiny jejího snížení*, Česká oční optika, 2008, ročník 49, ISSN 1211-233X
- 12) MUDr. Kateřina Špačková, MUDr. Jana Kalitová, *Přednáška fyziologie vidění I.*, Fakultní nemocnice Olomouc.
- 13) A.H. Tunnacliffe: *Introduction to Visual Optics*, The Gresham Press, London 1993

Seznam internetových zdrojů obrázků

- 1) http://www.ireceptar.cz/res/data/136/016457_02_105520.jpg
- 2) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Rez_lid_rohovkou.gif
- 3) <http://www.utm.utoronto.ca/~w3bio380/picts/lectures/lecture17/LensStructure1.jpg>

- 4) <http://www.paladix.cz/clanky/img.php?ido=13684>
- 5) <http://www.wikiskripta.eu/images/9/9f/Zrakovadraha.png>
- 6) <http://medicinman.cz/obsah/13.metody;/svetlo/.recsitnice.jpg>
- 7) <http://www.mrcophth.com/ophthalmologyhalloffame/vongraef.jpg>,
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/William_Bowman.jpg,
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Donders_1.gif,
<http://ub-fachinfo.uni-hd.de/math/edd/Helmholtz-Roscoe-g.jpg>
- 8) <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ae/Hermansnellen.jpg/220px-Hermansnellen.jpg>
- 9) <https://precision-vision.com/images/products/2210b-400.jpg>
- 10) <http://img.mf.cz/069/617/a.jpg>
- 11) <http://www.perfectvision.co.kr/files/2012/02/22/cc6b456282a2809098435442fcc22cc101456.gif>
- 12) http://www.oculus.pl/upload/obrazki/nasza_oferta/drobiazgi/linijkidoskiaskopline.jpg
- 13) <http://www.optivision2020.com/image-files/ark-tom-rt-7000.jpg>
- 14) <http://www.ekontaktnicocky.cz/testy/test-zrakove-ostrosti/snellen.jpg>
- 15) <http://homepage2.nifty.com/taki-forest/intelligence/intell-09.html>
- 16) <http://www.omniprax.cz/obr/o-46929.jpg>
- 17) <http://www.omniprax.cz/obr/o-46036.jpg>
- 18) <http://www.intercomoptic.com/attached/product/4d0df38089f26.jpg>
- 19) <http://www.cns.nyu.edu/~david/courses/perception/lecturenotes/channels/postadaptcsf.gif>
- 20) <http://www.pacificu.edu/optometry/ce/courses/16554/images/Fig13Rev.jpg>
- 21) <http://dev3.web-design-newcastle.co.uk/images/297.jpg>
- 22) <http://www.bryleopticke.cz/deploy/img/fck/Image/Myopia.png>
- 23) <http://www.sagitta-brno.cz/images/upload/hypermetropie.jpg>
- 24) http://www.ski.org/Colenbrander/Images/Measuring_Vis_Duane01.pdf

Seznam tabulek

- 1) <http://home.tiscali.cz/optometrie/visus.html>
- 2) <http://home.tiscali.cz/optometrie/visus.html>
- 3) <http://www.agingeye.net/myopia/1.11.php>