

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO

V OLOMOUCI

KATEDRA OPTIKY

**VYŠETŘENÍ ZORNÉHO POLE S DŮRAZEM NA
STATICKOU PERIMETRII**

Bakalářská práce

VYPRACOVAL:

Daniel Balada

Obor 5345R008 Optometrie

Studijní rok 2016/2017

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Mgr. Renáta Heinzová

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr.
Renáty Heinzové za použití zdrojů, které jsou uvedeny v závěru práce.

V Olomouci dne

.....

Daniel Balada

.....

Poděkování

Rád bych paní magistře Renatě Heinzové poděkoval za čas, který věnovala konzultacím, návrhům a důsledným připomínkám. Také bych rád ocenil její pozitivní přístup a zájem o mé téma, ačkoli je v rámci optometrie spíše specifické.

Děkuji také katedře Optiky Přírodovědecké fakulty UP a Oční klinice FNOL za možnost přístupu k jednotlivým typům perimetrů a MUDr. Juraji Šimičákovi za odborné rady k poslední kapitole.

Dále uvádím, že tato práce byla vytvořena za podpory projektu IGA PrF UP v Olomouci s názvem "Optometrie a její aplikace", č. IGA_PrF_2017_003, jelikož jsem čerpal z fondu oborové knihovny katedry Optiky Přírodovědecké fakulty UP.

Obsah

Úvod	5
1. Zorné pole	6
1.1 Barvocit a binokulární zorné pole	7
1.2 Průběh citlivosti zorného pole	8
1.3 Skotomy.....	9
2. Statická perimetrie	11
2.1 Fyzika v perimetrii	11
2.2 Komerční typy perimetrů	12
2.3 Průběh vyšetření	15
2.4 Vyšetření dětí.....	16
3. Diagram citlivosti ZP a jeho vyhodnocení	17
3.1 Modely a grafy	19
3.2 Indexy diagramu	19
3.3 GHT Glaucoma hemifield test.....	21
3.4 Artefakty.....	22
4. Pokročilé vyšetřovací metody	23
4.1 SITA Swedish Interactive Threshold Algorithm.....	23
4.2 FDT Frequency Doubling Technology	24
4.3 MERG Multifokální elektroretinografie.....	25
4.4 SWAP Modrožlutá perimetrie	27
5. Alternativní postupy kontroly zorného pole	28
5.1 Amslerova mřížka	28
5.2 Konfrontační vyšetření	29
5.3 Kinetická perimetrie	29
6. Vybrané choroby v zorném poli	31
6.1 Glaukom	31
6.2 Postižení zrakového nervu.....	32
6.3 Diagnostická tabulka chorob ZP	33
Závěr	34
Použité zdroje	36
Seznam obrázků a tabulek	39

Úvod

Perimetrie je v dnešní době důležitou disciplínou, s kterou jsou optometristé v častém kontaktu. Ať už jde o pouhé konfrontační vyšetření zorného pole, nebo práce s Amslerovou mřížkou, veškeré informace a znalosti o zorném poli až k nejpokročilejším moderním perimetrům jsou propojeny a v problematice je vhodné se orientovat.

Cílem práce je popsat praktickou stránku týkající se samotných vyšetření na různých perimetrech, informovaně zhodnotit stav konkrétního zorného pole a poukázat na nejnovější změny v oboru – přístrojových i softwarových. Na začátku každé kapitoly se snažím odpovědět na základní otázky daných témat a snažím se je popsat srozumitelně, protože obor je vysoce specializovaný.

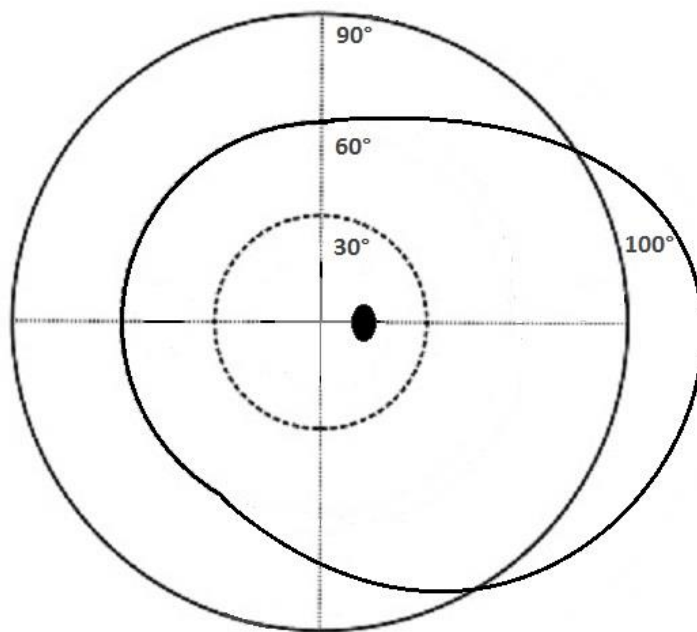
Stěžejní část práce je popis výsledného diagramu zorného pole, jelikož tuto oblast je potřeba nastudovat, obecné vzdělání ke správné interpretaci perimetrických výsledků nestačí. Leží zde nástrahy v podobě artefaktů zorného pole, které mohou způsobit špatnou diagnózu. Pokročilá analýza jednotlivých hodnot citlivosti sítnice a následně vypočtené statistické indexy jsou tím nejužitečnějším ukazatelem v situacích, kdy jsou výsledky nejednoznačné.

Vyšetření na perimetru nemělo v minulosti velkou oblibu kvůli zdlouhavému průběhu v délce až 15 minut nebo nedostatečné instruktáži od vyšetřujícího. Tyto nedostatky by bylo vhodné změnit pomocí lepší informovanosti, s kterou začala MUDr. Karolína Skorkovská, Ph. D. vydáním své knihy Perimetrie v roce 2015. Také jednotlivé firmy vyvíjející perimetry pracují na aktualizacích svých zařízení, jenž pomohly zkrátit vyšetřovací dobu až k 5 minutám a přizpůsobují testy potřebám dnešní doby.

Motivem k sepsání práce bylo prohloubení vlastních znalostí v perimetrii a souvisejících chorobách, jelikož je to složitější problematika než se na první pohled zdá a chtěl jsem si udělat vlastní představu o budoucnosti, trendech a hranicích oboru.

1. Zorné pole

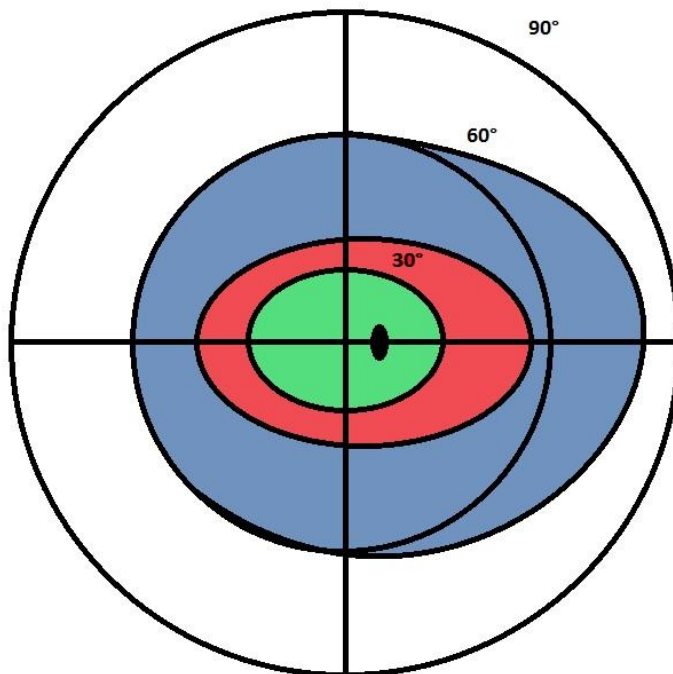
Zorné pole (ZP) lidského oka je možno definovat dvěma způsoby, jeho rozsahem z hlediska geometrie, nebo jeho citlivostí pro různé barvy. Je to množina všech bodů v prostoru, které se zobrazí na sítnici. Pokud ho měříme od přímé linie pohledu monokulárně, je jeho velikost přibližně 100° temporálně, 60° nazálně, 60° směrem nahoru a 70° dolů. Toto pole je relativní (Obr. 1), protože existuje poloha, v které vhodným nastavením osy fixace oka odstraníme překážející části tváře (nos a okraje orbity) a zvětšíme ho o dalších 10° . Toto následné největší možné pole je absolutní. Vnější části tváře nejsou jediným ovlivňujícím faktorem, retina (sítnice) je jim také anatomicky přizpůsobena a proto je její nazální část více rozšířena než temporální, jelikož oko vytváří převrácený obraz a důsledkem je širší temporální ZP. Důležitými oblastmi jsou místa, která jsou projekcí makuly (žluté skvrny) a terče zrakového nervu. Projekce makuly zaujímá přibližně 15° rozsahu pole a obsahuje foveu centralis, místo s největší hustotou čípků a úplnou absencí tyčinek, které je středem obrázku č. 1. Slepá skvrna je znázorněna černou tečkou s velikostí 5° , jenž je projekcí optického disku. [1,2]



Obr. 1 Relativní zorné pole pravého oka (kružnice 90° je ilustrační)

1.1 Barvocit a binokulární zorné pole

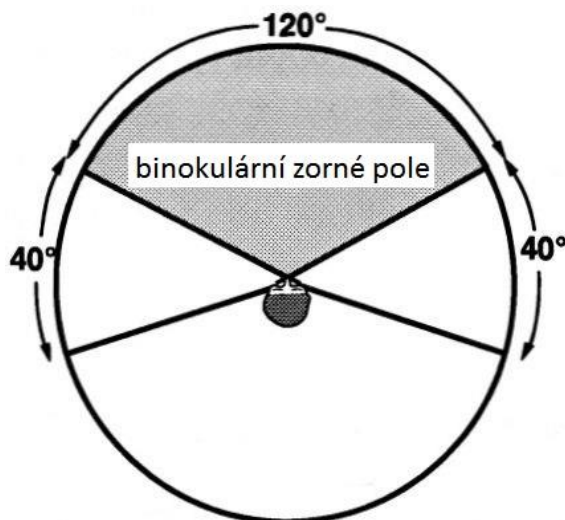
Citlivost pro barvy a osvětlení se mění napříč zorným polem. Nejvyšší je v centru a klesá k periférii. V centru je citlivost nejvyšší pro zelenou barvu, červená barva dosáhne až ke střednímu rozsahu a modrá barva přes celé pole. Tento fakt je možné si experimentálně ověřit při testování barevného podnětu menšího než 5 mm v průměru. Předpokládá se, že je to způsobeno zvětšujícími se receptivními poli v periférii a náhodnému výskytu dlouhých a středních M a L typů čípků v této části retiny. Obecně se vnímání barev řídí mechanismy popsány v Heringově teorii protibarev a ani v nejperifernějších částech retiny úplně nevymizí. [1,3]



Obr. 2 Citlivost barev v zorném poli pravého oka

Binokulární ZP je maximálním možným zorným polem, za předpokladu že obě oči fixují daleký bod ležící na optické ose. Měření binokulárního ZP není důležité klinicky, ale spíše fyziologicky, protože toto pole definuje existenci stereopse, což je binokulární schopnost rozeznávání vzájemné pozice objektů v hloubce pole vůči sobě i pozorovateli. Například u zvířat, predátoři potřebují kvalitnější stereoskopické vidění kvůli odhadu vzdáleností, než lovená zvířata mající oči umístěna laterálněji, čímž získají širší ZP, ale menší stereopsi kterou také méně využívají. Tento příklad je jen zjednodušující, protože většina živočichů potřebuje kvalitně vyhodnocovat prostorové vztahy předmětů. Lidské

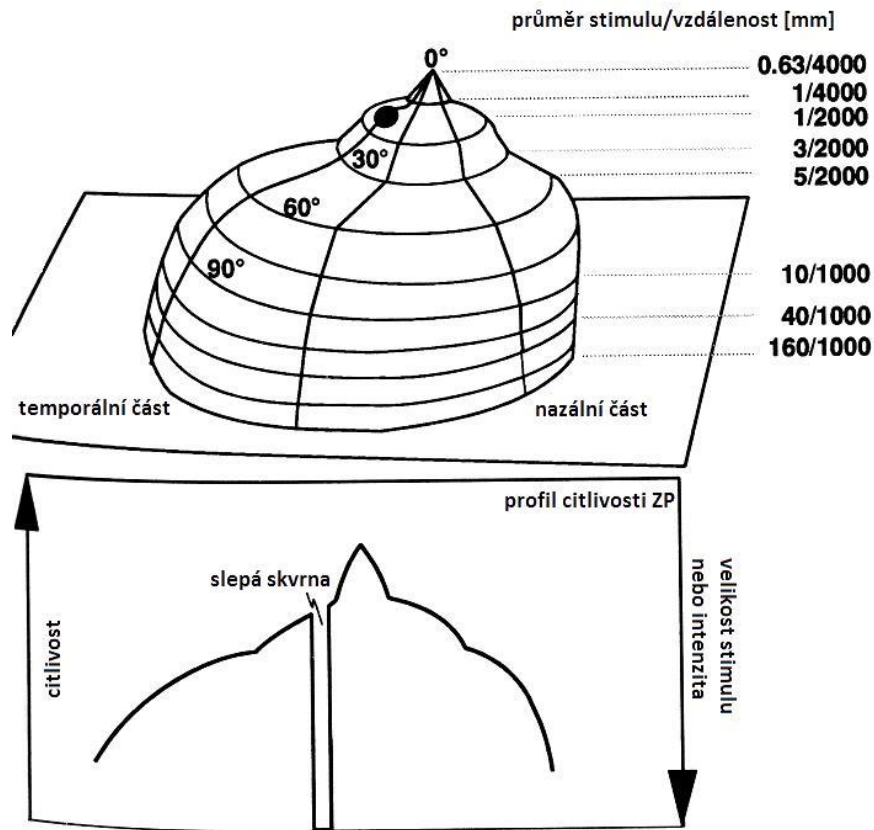
ZP má v celkovém rozsahu přibližně 200° s binokulární částí 120° a tvarem znázorněným na Obr. 3, kde zbývajících 40° tvoří monokulární temporální části. [1]



Obr. 3 Binokulární zorné pole [1]

1.2 Průběh citlivosti zorného pole

Autorem matematického popisu schopnosti vidění je Harry Moss Traquair (1875–1954). *Hill of vision*, přeloženo jako „kopec vidění“ je prostorovým grafem znázorňujícím schopnost retiny vnímat světelný podnět v různých částech prostoru, nebo formulováno přesněji jako rozdělení prahové citlivosti na osvit na různých místech ZP. Vezmeme-li bod, který by byl detekován makulou, je pravděpodobné, že v periferii by zachycen nebyl a bylo by potřeba většího stimulu, za podmínek stejné intenzity a kontrastu, aby byl detekován. Pokud ovšem velikost stimulů zůstane stejná a jejich intenzitu světla budeme měnit, můžeme stimulací v různých částech ZP graf citlivosti sestavit.

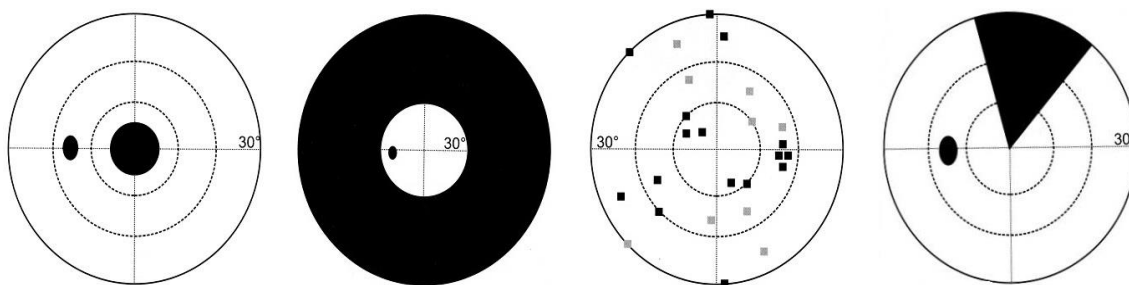


Obr. 4 Hill of vision a jeho profil [1]

Na Obr. 4 maximální možná retinální citlivost v daném bodě odpovídá hodnotě na ose y, zatímco na ose x je zaznamenána vzdálenost ve stupních. Za fotopických podmínek je vrcholkem kopce foveola, protože je maximálně sensitivní. Směrem k periférii klesá s každým stupněm ZP jeho citlivost přibližně lineárně. Výška Hill of vision s věkem testované osoby klesá přibližně o 1 dB za dekádu (počínaje 25. rokem) a závisí i na okolním osvětlení a parametrech stimulu. [1,4,5]

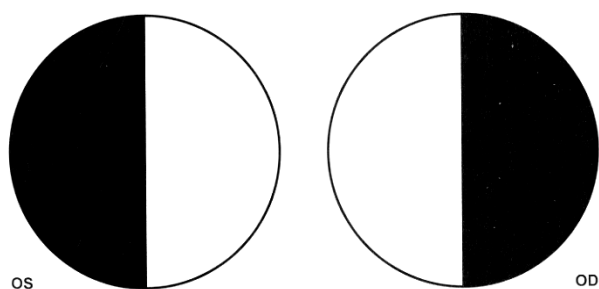
1.3 Skotomy

Skotom je výpadek ZP, který vznikl postižením zrakové dráhy. Od zúžení ZP se liší tím, že nedosahuje na úplný okraj. Typicky je oválný nebo obloukovitý co se týče morfologie, ale důslednější je funkční dělení na monokulární a binokulární. Monokulární skotomy jsou rozděleny na centrální, periferní, difuzní a sektorový (Obr. 5). Binokulární dělíme na asymetrický (např. monokulární na obou očích) a hemianopický. Defekty jsou relativní, pokud pacient stimuly vnímá se sníženou citlivostí a absolutní když nevidí ani stimul maximálního jasů. [5]

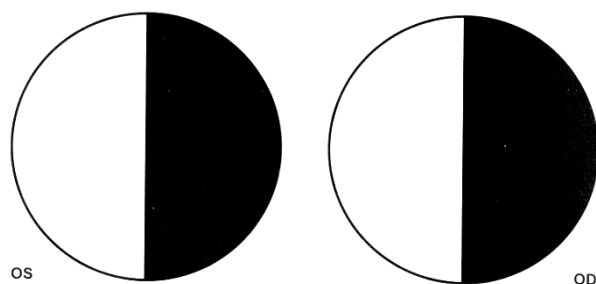


Obr. 5 Monokulární skotomy – zleva doprava: centrální, periferní, difuzní, sektorový [5]

Choroby u kterých se dané skotomy vyskytují jsou zmíněny v kapitole 6.3 Diagnostická tabulka chorob ZP. Chiasma je nejčastěji utlačováno okolními strukturami. Typicky je takový skotom ostře ohraničen a rozděluje ZP na poloviny (hemianopsie) nebo čtvrtiny (kvadrantopsie). Podle toho jak pacient subjektivně udává polohu skotomů je dále značíme jako homonymní (jednostranný) nebo heteronymní (bitemporální, binazální) viz obr. 6 a 7. Skotomy jsou relativní, pokud pacient stimuly vnímá se sníženou citlivostí a absolutní když nevidí ani stimul maximálního jas. [5,6]



Obr. 6 Bitemporální hemianopsie



Obr. 7 Pravostranná homonymní hemianopsie

2. Statická perimetrie

Perimetrie je diagnostická metoda určená k vyšetření ZP, která má klíčovou roli u sítnicových, neurooftalmologických onemocnění. Perimetrie jsou přístroje prezentující stimuly určitého jasu a velikosti na přesně definovaném pozadí. V praxi pomocí klasické perimetrie zjišťujeme individuální Hill of vision vyšetřovaných osob. Statisticky nebo klinicky významná odchylka od normálního Hill of vision je výpadkem ZP. Difuzní pokles citlivosti skrz celé ZP nemusí znamenat špatnou kvalitu ZP, ale může být způsoben špatnou refrakcí, miózou nebo netransparentností optických médií. [4]

U statické perimetrie (též počítačové nebo automatické, *SAP*) platí, že se nezdokonaluje pouze technická stránka přístroje, ale ještě důležitější jsou strategie programů, které se zlepšují s pokrokem a znalostmi fyziologie procesů vidění. Principem základní strategie je nalezení nejslabšího stimulu a na jeho základě pokračovat ve zkoušení dalších předem určených míst ZP. Ačkoli v perimetrii počítač přebírá vyšetřující úlohu, jde o subjektivní vyšetření založené na spolupráci pacienta, proto výsledek testování není definitivní a je potřeba ho ověřit v kontextu dalších vyšetření. Rozhodnout o výsledku by tedy měl kvalifikovaný odborník na základě vyšetření, dalších okolností a svých zkušeností. Počítač tedy nemůže stanovit diagnózu. [5]

2.1 Fyzika v perimetrii

Znalost fyzikálních zákonů a retinální fyziologie nám pomáhá efektivně nastavovat parametry vyšetření a vlastnosti perimetrů. Například subjektivní vnímání jasu bývá zkreslené – pokud například rozsvítíme v místnosti deset žárovek, a budeme číst knihu, rozsvícení dalších pěti se bude jevit jako mnohem menší nárůst osvětlení než skutečných 50%. Tento jev popisuje *Weber-Fechnerův zákon*, který říká „Mění-li se fyzikální podněty působící na naše smysly řadou geometrickou, vnímáme jejich změnu v řadě aritmetické“ [7]. [5]

$$\frac{\Delta L}{L} = c$$

kde ΔL je intenzita právě rozlišitelného jasu, L intenzita převládajícího jasu a c je konstanta.

V perimetrii jde o poměr mezi jasem stimulu a jasem pozadí, který lze okem právě rozlišit. Používanou jednotkou je bezrozměrný decibel *dB*. Poměr jasů bude konstantní jen za fotopických podmínek. V mezopických až skotopických podmínkách bude potřeba mnohem větších rozdílů dvou jasů (kontrastu) aby byly rozeznány, což je ověřitelné zkušenostmi z denního života. [1,5]

Mezi jednotlivými perimetry různých výrobců nelze srovnávat hodnoty *dB*, protože přístroje mívají různou hodnotu maximálního jasu stimulu a nulového bodu logaritmické stupnice. Například jas o velikosti 100 *cd* bude mít na různých perimetrech jinou hodnotu *dB*. Ovšem výsledky perimetrických vyšetření jsou srovnatelné. Pokud popíšeme prahovou citlivost sítnice, říkáme že je stimul s 50% pravděpodobností rozlišen. „Intenzitu silnějších stimulů označujeme jako nadprahovou, stimuly slabší jsou naopak poprahové“ [5]. Velikost stimulu rozdělil Hans Goldmann na 6 typů a označil římskými číslicemi. V perimetrii se standartně používá Goldmannův stimulus III s průměrem 0,432°. Jsou na něm založeny všechny prahové strategie. [5]

Dalšími psychofyzikálními jevy jsou sumace v čase a prostoru, které jsou řízeny naším mozkem a zajišťují, že i velmi krátké podněty (100 ms) které by bylo obtížné registrovat, jsou uměle prodlouženy. Naopak časově delší podněty nad 200 ms jsou nežádoucí, protože navozují sakadické pohyby oka, které mohou způsobit změnu testovaného místa na sítnici. Sumace v prostoru funguje na principu receptivních polí gangliových buněk a zjednodušeně popisuje vztahy, jak se mění potřebný jas, pokud se mění velikost stimulů a obráceně, aby byl stimul vnímán. I zde existují určité podmínky týkající se velikosti zmíněných receptivních polí, kde sumace nemusí platit, například pokud je stimul tak malý že se nachází uvnitř zóny jedné gangliové buňky. [5]

2.2 Komerční typy perimetrů

Za posledních 20 let prošly perimetry větším pokrokem než za celou svou historii. Nejrozšířenějším výrobcem celosvětově je firma Zeiss s přístrojem Humphrey Field Analyzer (HFA, Obr. 8), početně užívaný ve vědeckých studiích, jehož hlavní odlišností je, že perimetr je pevně spjat s ovládacím a zobrazovacím panelem, kdežto ostatní typy jsou obvykle v konfiguraci s PC a perimetr je zde externím zařízením.



Obr. 8 Zeiss Humphrey Field Analyser 2 [8]

V rámci tvorby této kvalifikační práce jsem popsal následující typy perimetrů: (Obr. 9) výrobce Haag-Streit v poslední verzi 900 schopný i kinetické perimetrie a importu dat z HFA.



Obr. 9 Haag-Streit Octopus 900

Na katedře optiky Přírodovědecké fakultě UP je perimetr M700 (Obr. 10) od firmy Medmont s hlavní předností vytváření vlastních testů a binokulárního testu pro řidiče (zde je potřeba ověřit nastavení testu s podmínkami pro řidičské oprávnění v dané zemi).



Obr. 10 Medmont M700

Posledním perimetrem zmíněným v dostupné literatuře je Oculus s modely Centerfield, Easyfield a Twinfield (Obr. 11), které se liší svým testovacím rozsahem.



Obr. 11 Oculus Easyfield, Centerfield a Twinfield [22]

2.3 Průběh vyšetření

Nejprve je důležité vědět, kdy je vhodné perimetr využít, důležité jsou informace z anamnézy. Hlavními indikacemi jsou poruchy zornicových reakcí, jakékoli postižení zrakové dráhy, nejasné problémy s viděním a podezření na glaukom. Na jejím základě je nutno předem rozhodnout jestli vyšetření bude relevantní. Převažujícím typem je vyšetření centrálních 30° ZP. [5]

Pacienta před vyšetřením je potřeba instruovat - co má očekávat a tím dopomoci k tomu aby pro něj vyšetření bylo pozitivní zkušeností, zejména objasnit:

- co má sledovat, jak budou stimuly vypadat a kde se budou objevovat
- že princip stimulů je nastaven tak, že jsou občas stěží zachytitelné i pro perfektně zdravého člověka
- správné usazení pacienta
- jaká bude délka vyšetření
- může bez problémů mrkat
- že zvukovým efektům přístroje v průběhu nemá věnovat pozornost
- je možnost udělat přestávku [5]

Následující podmínky jsou pro vyšetření také stěžejní: v místnosti musí být dostatečné zatmění, pacient musí být dostatečně odpočat a zdravotně v pořádku. Nezbytná je korekce refrakční vady, používáme brýlovou obrubu s tenkými skly kvůli možnému ovlivnění periferie ZP, která je součástí vybavení perimetru. Kontaktní čočky jsou ideální, nechávají se nasazeny. Vyšetřovací vzdálenost bývá 30 cm, proto je nutno vzít v úvahu presbyopickou korekci. Pokud perimetr nemá automatickou kontrolu fixace, měl by být pacient po celou dobu pod kontrolou vyšetřujícího. [5]

Vyšetření probíhá monokulárně. Je potřeba ověřit ostrost stimulu a průměr zornice, měla by mít alespoň 3mm, abychom předešli difuznímu poklesu citlivosti. Miotika a cykloplegika mají na vyšetření nežádoucí vliv. Doporučované je v nastavení programu používat zrychlený a kvalitní algoritmus SITA, následně popsány v kapitole Pokročilé vyšetřovací metody. Při výběru testovací strategie je vhodné upřednostnit prahovou (Threshold) díky její přesnosti, ale měla by být ve zrychlené variantě (SITA).

Na výběr jsou obvykle testy:

- rychlý centrální test (používaný jako screeningový rutinní test, kde neočekáváme žádný defekt)
- centrální (makulární, který je alternativou měření zrakové ostrosti, která ale neposkytuje moc informací o diferenciální diagnóze)
- úplný
- flicker (blikající stimul, alternativní klasickému), binokulární (vyžadující speciální nastavení pacienta)
- neurologický (hemianopické defekty, problémy s motilitou)
- glaukomový
- periferní (hlavně u choroby retinitis pigmentosa) [9,10]

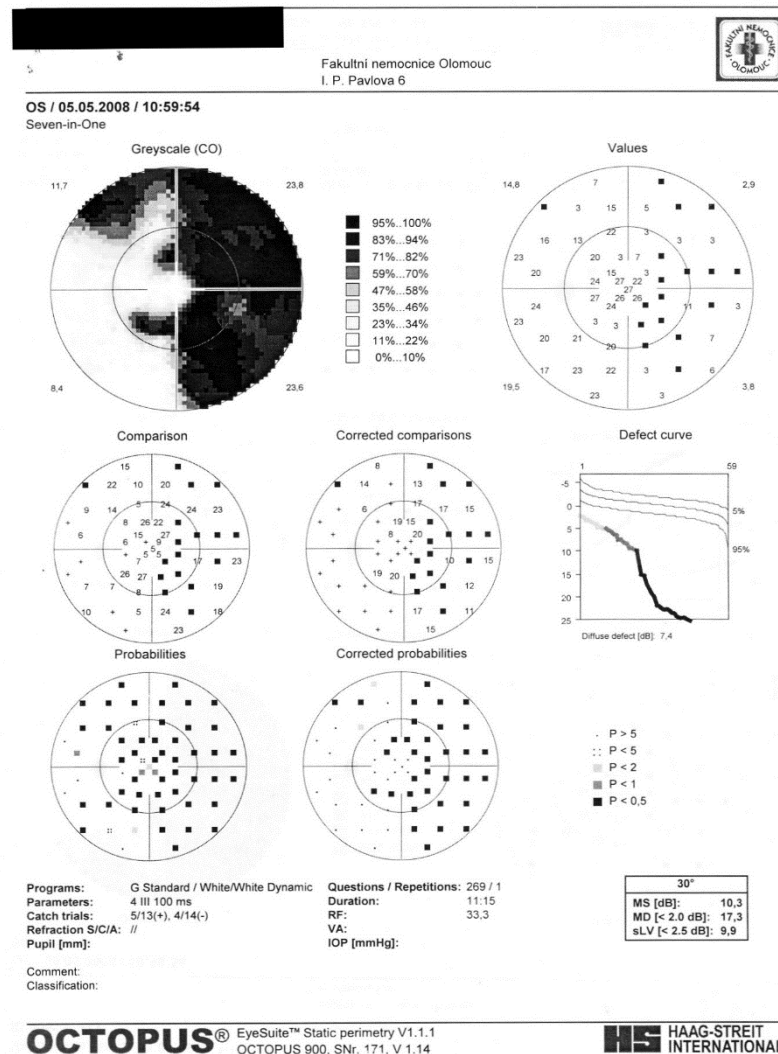
Pokud je test označován např. jako 30-2 Threshold, znamená to, že jeho rozsah je 30° a -2 značí druhou generaci systému pro umístění stimulu, která inteligentněji ohraničuje skotomy, místo toho aby postupovala přímo po ose. Nadprahové testy se staly postupně zbytečnými s příchodem rychlých prahových testů.

2.4 Vyšetření dětí

Děti lze na automatickém perimetru vyšetřovat nejdříve od 7 let, zároveň platí, že hlavním kritériem je psychická vyzrálость dítěte, protože při vyšetření jde hlavně o spolupráci a koncentraci. U dětí mladších 5 let se omezíme na konfrontační zkoušku a u starších dětí je vhodnější Goldmannův kinetický perimetr za předpokladu dobrých zkušeností vyšetřujícího. U dětí je největším problémem udržení koncentrace, proto se snažíme nastavit vyšetřovací strategii co nejkratší. Optimální věková hranice je ale kolem 13 let, kdy lze použít běžná vyšetření a očekávat spolehlivý výsledek. „Obecně lze očekávat, že děti se zrakovým postižením budou mít větší potíže než děti zdravé, na toto téma však neexistují žádné exaktní studie“ [5]. Problémy s kterými se při testování setkáváme, jsou neschopnost fixovat střed a zároveň věnovat pozornost stimulům, a vysoké procento falešně pozitivních odpovědí. [5]

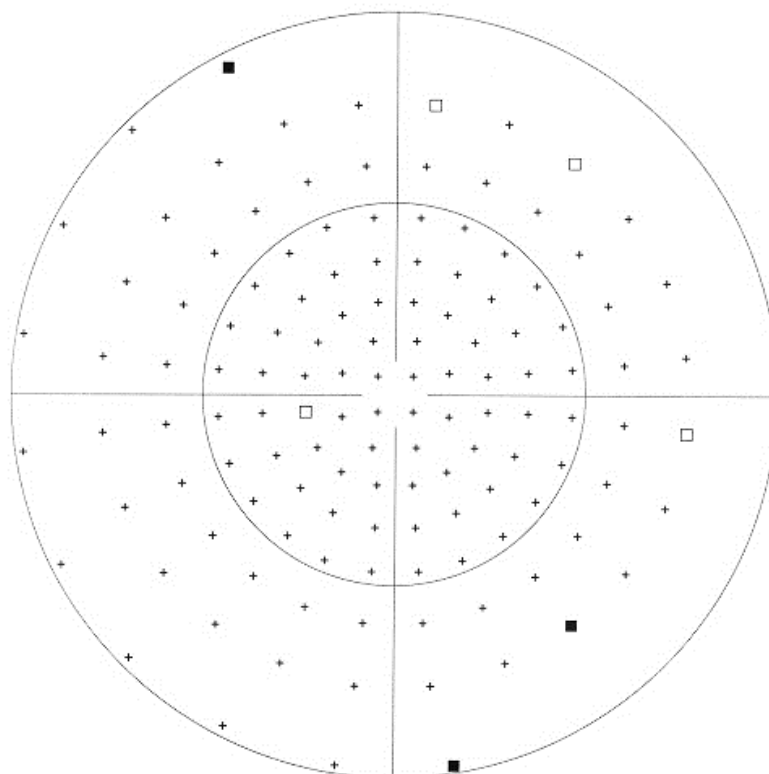
3. Diagram citlivosti ZP a jeho vyhodnocení

Výsledkem statického perimetrického vyšetření obvykle bývá diagram citlivosti, výtisk papíru formátu A4 (příklad na Obr. 12 a Obr. 13), obsahující vždy základní údaje o pacientovi, typu vyšetření, dále spousta numerických hodnot a barevná mapa zorného pole vyjádřena v tónech šedé barvy pro rychlou orientaci o kvalitě zorného pole a přítomných skotomech. Součástí jsou také informace o kvalitě vyšetření, modernější perimetr sám zhodnotí, jestli člověk dodržuje fixaci oka a určí šířku zornice. U různých perimetrů mohou být informace označovány různými zkratkami, ale standardně bývají velmi podobné. [10]



Obr. 12 Diagram citlivosti centrálního ZP

OS / 21.04.2011 / 09:57:43
Symbols/CO



Programs: 07 Standard / White/White 2LT/Dynamic Questions / Repetitions: 137 / 0
 Parameters: 31.4 III 100 ms Duration: 04.24
 Catch trials: 0/7(+), 0/7(-) RF: 0,0
 Refraction S/C/A: // VA:
 Pupil (mm): IOP [mmHg]:

Comment:
Classification:

70°
 + Normal: 123 / 130
 □ Relative defect: 4 / 130
 ■ Absolute defect: 3 / 130

OCTOPUS® EyeSuite™ Static perimetry V1.2.2
 OCTOPUS 900, SNr. 171, V 1.17

HS HAAG-STREIT
 INTERNATIONAL

Obr. 13 Diagram citlivosti 70° ZP

Barevná mapa je první věcí, kterou sledujeme, jelikož je na první pohled srozumitelnější než numerický model. Odstíny šedé barvy značí rozdíly v citlivosti v jednotlivých částech ZP, kde tmavší odstín znamená nižší senzitivitu a světlejší odstín vyšší. Odstíny se mění s krokem 5 dB. Nevýhodou tohoto zobrazení je že místa s nižší senzitivitou ve vztahu k okolí se mohou ztrácet kvůli kroku oněch 5 dB a naopak místa s dobrou citlivostí mohou ve skutečnosti obsahovat abnormality. [11]

3.1 Modely a grafy

Numerický model je nejjednodušší prezentací čistých dat a obsahuje prahové hodnoty v daných místech pole. Některé algoritmy jedno místo testují dvakrát, poté se zde horší hodnota objeví v závorce. Vysoké decibelové hodnoty představují vysokou senzitivitu a naopak. Tyto hodnoty tvoří dříve zmiňovaný Hill of vision. Hodnota < 0 dB značí, že pacient neregistroval stimul maximálního jasu. Zároveň to neznamena, že je pacient v daném místě slepý. [11]

Nejpokročilejšími a nejvýznamnějšími grafy jsou pravděpodobnostní rozdělení založená na statistických srovnáních, které jsou ve 2 variantách. Total deviation zvýrazňuje difuzní pokles ZP, a tedy ukáže o kolik dB poklesla citlivost pacienta oproti normální populaci. Nejužitečnější je ovšem Pattern deviation, který zvýrazňuje místní defekty očištěny od difuzního poklesu. Tyto grafy používají symboly jejichž význam je určen na spodní straně diagramu. „Například symbol pro 5% indikuje, že méně než 5% normální populace má tak nízkou nebo nižší prahovou citlivost sítnice v dané lokalitě“. [5,11]

3.2 Indexy diagramu

Grafická interpretace vyšetření má i svoje nevýhody, někdy je potřeba porovnat hodnoty exaktně, například při vyšetřeních, která na sebe časově navazují, nebo porovnání jednotlivých pacientů na daném perimetru. Tyto informace obsahují globální indexy zorného pole, které jsou jednoduše popsitelné jedním číslem a shrnují celková data každého vyšetření. Tyto hodnoty se na diagramu umísťují hned za pravděpodobnostními grafy a jejich několik typů. [11]

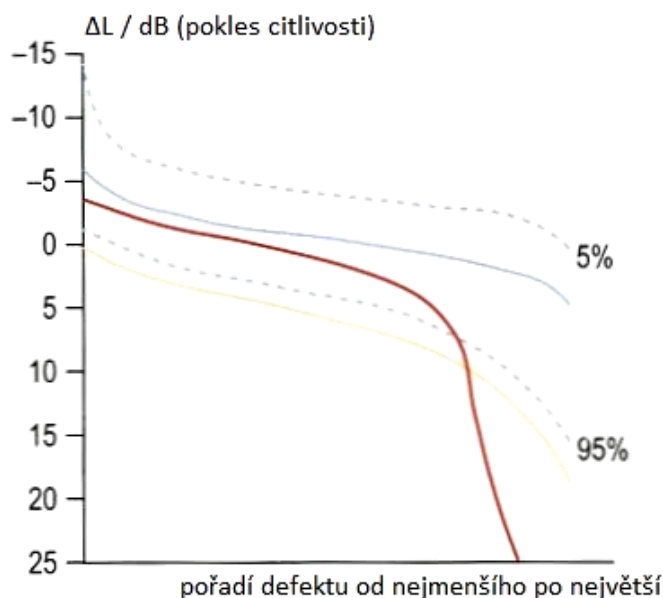
Tab. 1 Indexy zorného pole

Perimetr	Index	Zkratka	Definice
obecně	Průměrná citlivost	MS	Aritmetický průměr citlivostí
Octopus	Průměrný pokles	MD	MS vztažený k věku – kladná hodnota je ztrátou citlivosti
	Rozptyl ztrát	LV	Směrodatná odchylka lokálních defektů
	Korigovaný rozptyl ztrát	CLV	Citlivější verze LV
Humphrey Field Analyzer	Průměrný pokles	MD	MS vztažený k věku – záporná hodnota je ztrátou citlivosti
	Odchylka od normálu	PSD	Směrodatná odchylka lokálních defektů
	Korigovaná odchylka od normálu	CPSD	Citlivější verze PSD
Obecně	Krátkodobé kolísání	SF	Míra rozptylu citlivosti 1 místa ZP během vyšetření
	Dlouhodobé kolísání	LF	Míra rozptylu citlivosti dvou vyšetření 1 místa ZP s časovým odstupem

- *Mean sensitivity* (MS, průměrná citlivost) je aritmetický průměr všech měřených citlivostí.
- *Mean defect* (MD, průměrný pokles) je aritmetický průměr citlivostí vztažený k věku, jeho hodnota kolísá kolem ± 2 dB. MD je citlivý pro difuzní změny citlivosti a je to nejdůležitější sledovaný index.
- *Loss variance* (LV, rozptyl ztrát) je analogický k *Pattern standard deviation* (PSD, odchylka od normálu). Jeho norma je $0-6 \text{ dB}^2$ a je vhodný sledovat kvůli progresi defektů.
- *Short-term fluctuation* (SF, krátkodobé kolísání) a *Long-term fluctuation* (LF, dlouhodobé kolísání) se objevují, jen pokud program testoval dané místo sítnice vícekrát. Jejich vyšší hodnota indikuje patologii. [5,11]

Monitorování progresu změn mezi jednotlivými vyšetřeními je problematické, ne vždy musí změna indexu MD ($>2 \text{ dB}$) opravdu znamenat zhoršení kvality ZP. Pokud je na perimetru přítomen, lze použít index VFI (visual field index), který hodnotí pole procentuálně a je citlivější než index MD, ale pouze při hodnocení progresu. Zároveň je nutné porovnávat stejné strategie mezi sebou, určit si výchozí bod. Indexy jsou ale samy o sobě spolehlivé. [5]

Posledním grafem, který se může na diagramu objevit je *Bebieho křivka* (Obr. 14), která má sestupnou tendenci, je definovaná hodnotami nalezených defektů od nejslabšího po nejhlubší. Ke křivce má vztah tzv. normální zóna, která reprezentuje 90% podobnost hodnot s normálním populačním vzorkem. Lokalizovaný defekt způsobí strmý pokles křivky, zatímco difuzní pokles ovlivní její směrnici. [11]



Obr. 14 Bebieho křivka [11]

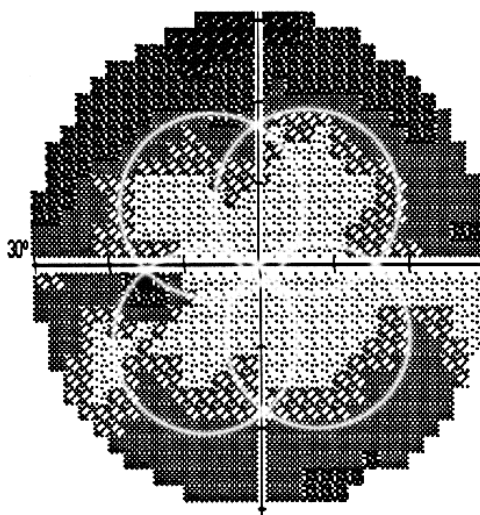
3.3 GHT Glaucoma hemifield test

GHT je komplexním indexem, nebo také analýzou hodnot vyšetření. Je navržen pro Humphrey Field Analyzer za účelem stanovení existence glaukomu. Analyzuje místa sítnice a průběh nervových vláken typicky zasažených glaukomem a srovnává asymetrii citlivosti. Jeho název je odvozen ze systému hodnocení míst, kdy se sítnice rozdělí na pět sektorů v dolní a horní polovině. Výsledkem GHT jsou tři varianty. *Within normal limits* jako normální. *Borderline*, pokud je překročen percentil hodnot normální populace (nastaven na 97%). *Outside normal limits* je zaznamenán, pokud jsou korespondující

hodnoty překročeny u více než 99.5% normální populace a to už značí počínající změny. Alternativy tohoto testu bývají i u nejnovějších verzí ostatních výrobců (Octopus - *trend analysis*). [11,12]

3.4 Artefakty

Jelikož perimetrie není objektivní nelze její výsledky hodnotit zběžně a automaticky. Při analýze diagramu citlivosti je potřeba mít na paměti několik typů artefaktů ZP, které jsou vytvořeny uměle a je potřeba je rozpoznat. Nejčastějším artefaktem je difuzní pokles citlivosti, který může značit kataraktu (jenž není artefaktem) nebo špatnou korekci refrakce. U vysokých plusových dioptrií je z jejich podstaty zorné pole zúžené artefakt bude mít tvar kruhového lemu. Tento artefakt se také objeví při decentraci např. +3 D už o 6mm. Typickým tvarem grafu, kdy pacient spolupracoval na začátku vyšetření a v jeho zbytku přestal, je *cloverleaf* (čtyřlístek, Obr. 15). [5]



Obr. 15 Cloverleaf artefakt [13]

Pacienti, kteří přesáhnou hranici okolo 20% u falešně pozitivních odpovědí (stimul neviděli, ale přesto stiskli oznamovací tlačítko - *Trigger-happy patienti*) nebo falešně negativních odpovědí (situace kdy pacient neodpoví na stimul, který už jednou zaznamenal a měl ho tedy vidět) také vytváří automaticky artefakty. [13,14]

4. Pokročilé vyšetřovací metody

Dnes je stále standartem stimul na bílém pozadí. Takový stimul je detekován hlavními skupinami gangliových buněk – magnocelulárními a parvocelulárními. Receptivní pole těchto buněk se překrývají, což ztěžuje odhalení počínajících patologických změn. Na základě této teorie jsou hledány takové vyšetřovací strategie, které selektivně testují jednotlivé skupiny buněk pod podmínkou, že budou rychlejší, přesnější a reprodukovatelnější než standartní achromatická perimetrie (SAP). Tato oblast je stále předmětem výzkumu a její klinická aplikovatelnost je nejistá, jednotlivé níže uvedené typy proto budou seřazeny z hlediska možnosti jejich uplatnění. [5]

4.1 SITA Swedish Interactive Threshold Algorithm

Švédský algoritmus z roku 1997 je vylepšením perimetrických vyšetření, vyskytující se ve dvou verzích: SITA Standard (SS) a SITA Fast (SF) a je integrovatelný do většiny strategií, ve studiích byl testován hlavně spolu se SWAP. Je prokázáno, že verze SS zkracuje potřebnou dobu o vyšetření o $53\% \pm 10\%$ a SF ještě více a to o $71\% \pm 9\%$, bez negativního vlivu na kvalitu a reprodukovatelnost výsledků. SITA funguje na principu předpokládaného rozložení retinální prahové citlivosti v populaci, tedy je velmi důležité zadat do programu správný věk. Každá odpověď pacienta na stimul aktualizuje další průběh vyšetření a to se týká hlavně parametrů jasu stimulu a jeho pozice. Kvalitní výsledky strategie SITA jsou dány tím, že takto výrazně zkracuje vyšetření, což je v perimetrii největší problém. Ačkoliv se může zdát, že od publikování strategie uběhla dlouhá doba a tím pádem by mohla být přítomna ve všech soudobých perimetrech, její aplikace ale byla pozvolná a ani dnes není přítomna úplně všude, ačkoli je to žádoucí. [15,16,17]

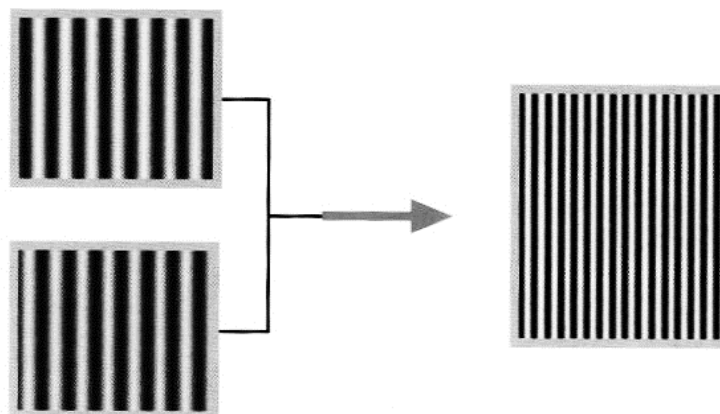
4.2 FDT Frequency Doubling Technology

FDT je jiným typem perimetrie než SAP, je to vyšetřovací strategie která vyžaduje specifický přístroj - Humphrey Matrix (Obr. 16). Je to relativně malý a přenosný perimetr, který je schopen testovat prahovou citlivost a hlavně glaukomatózní změny stejně, nebo rychleji než SAP.



Obr. 16 Humphrey Matrix 715 FDT perimetr [18]

Založen je na principu centrálního testování M-gangliových buněk zrakové dráhy a *iluzi zdvojení frekvence*. Tato psychofyzikální iluze je navozena při zobrazení více kontrastních podnětů blízko u sebe, jejichž kontrast se v průběhu cyklicky fázově střídá a pacient registruje zdvojení všech (Obr. 17). Nejnovější studie ovšem naznačují, že taková vrstva retiny vůbec nemusí existovat a že tato iluze zdvojení tmavých a světlých proužků je utvářena ve zrakové kůře [White AJR et al., An examination of physiological mechanisms underlying the frequency-doubling illusion, 2002]. Stimulem je zde mřížka o variabilní prostorové frekvenci, která onu iluzi vytvoří kdykoli dojde k výměně barvy proužků (s frekvencí 12-18 Hz). [17,19]

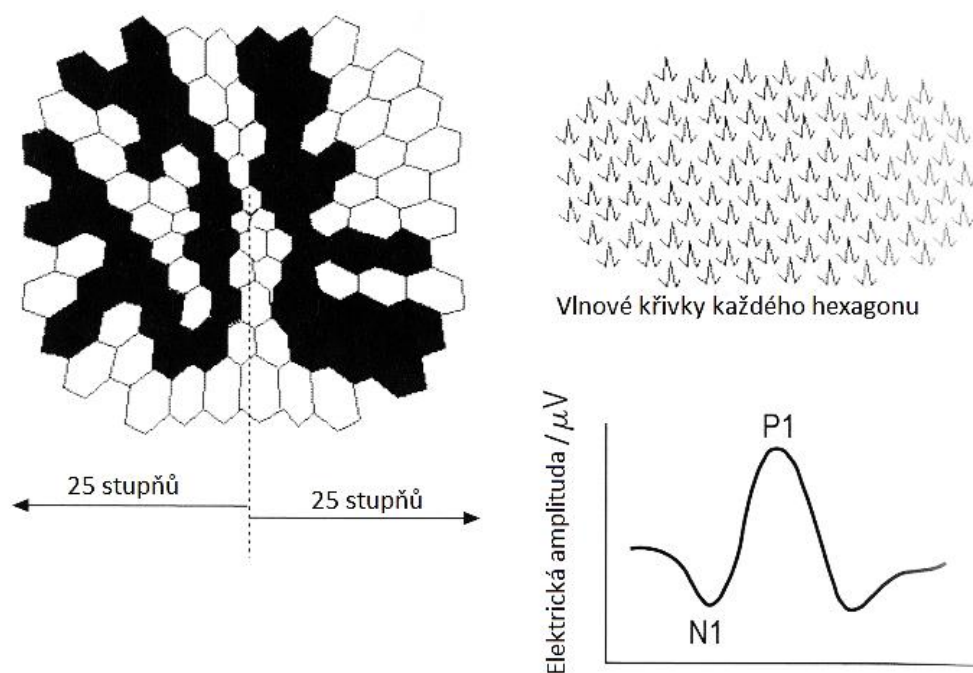


Obr. 17 Iluze zdvojení frekvence (staticky obtížněji představitelná) [11]

Velikost mřížky je 2°, 5° nebo 10°. Pacient fixuje černou tečku a mačká tlačítko pokaždé, kdy registruje mřížku. Dalšími výhodami FDT je vysoká rychlost vyšetření 2-5 minut a volnost v korekci refrakce až do ± 7 D. Některé studie navrhují, že by FDT mohlo být u diabetické retinopatie stejně využitelné jako u glaukomu (Parikh. R). Není zde potřeba zatemnění jako u SAP a pacienti ji také preferují. [5,19]

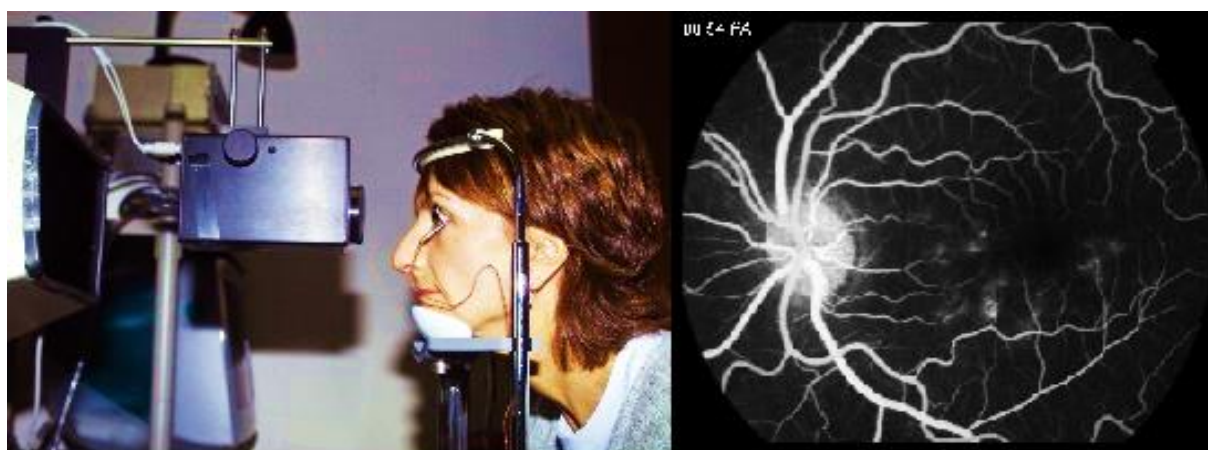
4.3 MERG Multifokální elektroretinografie

Nedávný pokrok na poli biofyziky přinesl novou metodu Multifokální elektroretinografie, komerčně dostupné jako VERIS (zobrazovací software) který zaznamenává aktivitu 100 míst na sítnici, každého oka přibližně 7 minut. *Tento postup přináší první objektivní měření zorného pole.* Měření sleduje rozdíl evokovaných potenciálů retiny měřených dvěma elektrodami – aktivní, umístěné blízko rohovky a referenční, umístěné blízko vnějšího koutku oka. Při měření je potřebná mydriáza zornic a korekce do blízka (na 30 cm, Obr. 19). Stimulem je síť hexagonálních obrazců, které zvětšují svoji velikost v periferii (podle úbytku tyčinek v periferii sítnice, za účelem porovnatelné amplitudy potenciálů po celé ploše) na CRT monitoru. Pacient pozoruje hexagonální obrazec, který střídavě o náhodné frekvenci mění barvu jednotlivých šestiúhelníků. Na Obr. 18 je N1 prvotní negativní odraz a P1 pozitivní peak. [11]



Obr. 18 MERG stimul [11]

Hlavní využití metody spočívá ve vyšetření pacientů s idiopatickým poklesem vidění a na první pohled fyziologickou retinou a dále rozlišením patologie retina/optický nerv. *Je pravděpodobné že MERG posune naše chápání příčin glaukomu, ale prozatím je složité na provedení a kvůli vysoké komplexnosti a náročnosti na spolupráci se zatím bude vyskytovat pravděpodobně jen v největších nemocnicích. [11,20]*



Obr. 19 Průběh vyšetření, Fluorescenční angiogram (Stargardtova choroba) [20]

4.4 SWAP Modrožlutá perimetrie

Short wave length automated perimetry (SWAP) je barevná strategie založená na principu testování čípků citlivých na modré spektrum světla. Pacient pozoruje modrý stimul na žlutém pozadí. SWAP poskytuje včasnější odhalení glaukomových změn až o 5 let a kvalitnější nález, což dokládá vysoký počet studií. Naproti tomuto tvrzení existují studie, z nichž jedna konkrétně stanovuje, že u 90% pacientů metoda SWAP nebyla účinnější než SAP [van der Schoot et al., The ability of short-wavelength automated perimetry to predict conversion to glaucoma, 2010]. *Tento rozpor je vysvětlován nízkými počty probandů dřívějších studií, jejich rozdílnými populacemi a etniky, systematickými rozdíly v metodice, rozdílnými kritérii která stanovují „abnormalitu (glaukom)“ a tyto pozitivní nálezy by také vždy měly být znovu ověřeny, což ne vždy je možné.* [Ioannis Havvas et al., Comparison of SWAP and SAP on the point of glaucoma conversion, 2013]. [5]

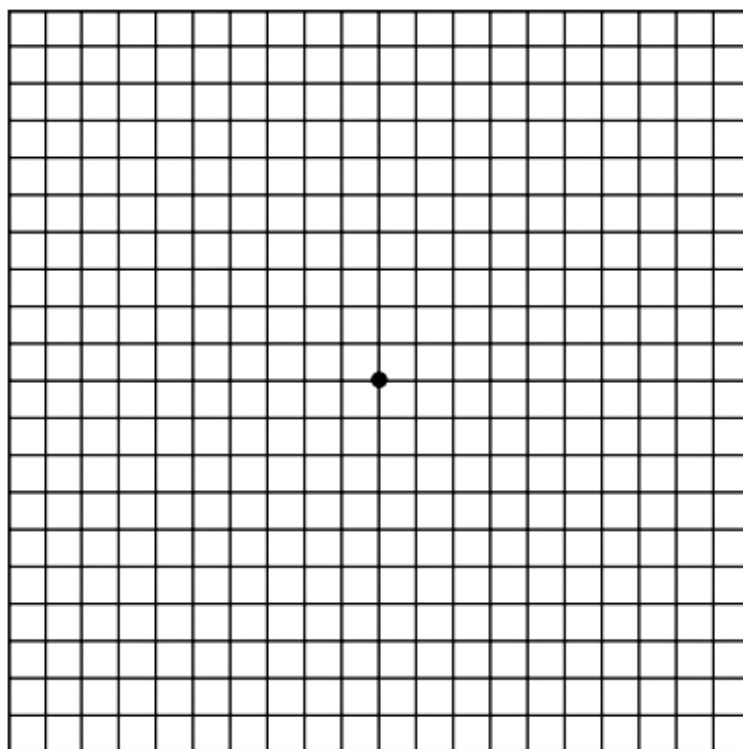
Tato strategie se potýká s problémy, kdy glaukom je suspektní převážně u starší populace, kde je problém s propustností modrého světla skrz oční čočku. Další překážkou je, že modrá a žlutá barva není obecně tolik kontrastní a existuje zde vyšší fluktuakce výsledků. V principu by tedy měla být kvalitnější při detekci glaukomu než SAP, ale její provedení klinicky selhává. SWAP je stále využívána ve vědeckém výzkumu a práce na její inovaci pokračují. [5]

5. Alternativní postupy kontroly zorného pole

Zorné pole se dříve testovalo manuálně, pomocí ukazovátka na Bjerrumově plátně. Následně se wyšetřování zdokonalilo Goldmannovým kinetickým perimetrem, u kterého platí, že kvalita wyšetření velmi závisí na zkušenostech wyšetřujícího.

5.1 Amslerova mřížka

Amslerova mřížka (Obr. 20) je rychlou alternativou k makulárnímu testování perimetru. Její hlavní přínos je při diagnostice *metamorfopsie* nebo zkreslení obrazu. Centrální ZP by takto mělo být testováno pravidelně u starších pacientů. Varianta bílé mřížky na černém pozadí by měla být citlivější než klasická verze [Roper-Hall M. J.]. Její vyhodnocení je vysoce subjektivní, parametry wyšetřovací vzdálenosti jsou 30 cm s případnou jednoohniskovou presbyopickou korekcí. Wyšetření probíhá monokulárně. Pacientovi je třeba popsat, jak mřížka vypadá a poté ji drží sám, fixuje černou tečku na středu (pozn. pacienti s centrálním skotomem fixují excentricky), za normálního osvětlení. Ptáme se, jestli pacient vidí všechny 4 okraje, všechny menší čtverce a jestli některé linie nejsou zvlněné nebo deformované. Metamorfopsie je projevem makulárního edému a entopické fenomény zde mohou způsobovat artefakty. [10]



Obr. 20 Amslerova mřížka 10x10 cm [21]

5.2 Konfrontační wyšetření

Konfrontační wyšetření je hrubým odhadem zorného pole porovnáním ZP wyšetřujícího a pacienta za použití jednoduchých stimulů jako je červené ukazovátko, propiska nebo prsty wyšetřujícího (Obr. 21). Tento typ wyšetření se používá, pokud nejsou k dispozici jiné varianty, nebo je zorné pole velmi silně poškozeno. Je doporučováno poslat pacienty, kteří jsou podezřelí na defekt v ZP na wyšetření statickou perimetrií, raději než spoléhat na výsledek konfrontačního wyšetření. Při postupu je potřeba vysvětlit pacientovi že nemusí rozlišit detail stimulu, stačí pokud ho vidí. Provádí se za normálního osvětlení na vzdálenost 1 metru, bez korekce a při okluzi oka (vlastní rukou) a ve všech 8 meridiánech ZP. [10]

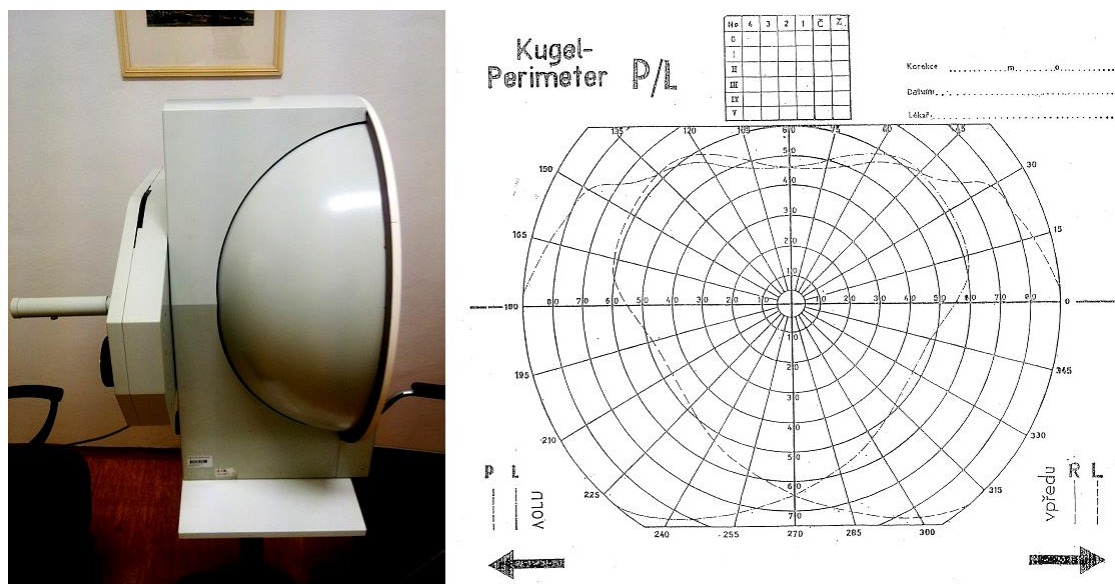


Obr. 21 Konfrontační wyšetření [11]

5.3 Kinetická perimetrie

Kinetická perimetrie je starší technikou než statická, ale i dnes je používána u dětí a starších pacientů. Pacient zde také fixuje centrální bod a světelný stimul se pomalu blíží z periferie do místa kde je poprvé zachycen, wyšetřující zaznamená pozici a opakuje postup z dalších pozic. Ze zaznamenaných bodů potom vytvoří křivku, která se nazývá izoptera (Obr. 22). Wyšetřující musí mít na paměti pozici slepé skvrny, aby ji nezaměnil

za skotom. Jiné nastavení velikosti a jasu stimulu poté vytvoří další izoptery, které se snažíme vykreslit podobně jako vrstevnice na mapách.



Obr. 22 Kinetický perimetr z profilu, zápisový diagram ZP

Kinetická perimetrie má ve svém porovnání se statickou několik nevýhod, pohybující se stimul je snáze zachytitelný než statický. Z principu toho že se stimul pohybuje existuje možnost, že lokální relativní defekty nebudou zachyceny. Omezuje nás i reakční doba pacienta a vyšetřujícího. Některé nevýhody vyvažuje semiautomatická kinetická perimetrie, která se v tomhle smyslu zdá být lepší variantou. Jejimi výhodami jsou vysoká rychlost vyšetření v rámci minuty až dvou.

6. Vybrané choroby v zorném poli

Celosvětově patří mezi hlavní příčiny slepoty katarakta (51 %), glaukom (8 %), Věkem podmíněná makulární degenerace (VMPD, 5 %) a diabetická retinopatie (1 %). V ekonomicky nejvyspělejších zemích, které představuje EU, je hlavní příčinou slepoty VPMD (50 %), glaukom (18 %), diabetická retinopatie (17 %) a katarakta (5 %). Celosvětová statistika je platná pro rok 2010, evropská je o několik let starší. [23,24]

6.1 Glaukom

Glaukom je neurodegenerativní, progresivní onemocnění optického disku, které je celosvětově druhou nejčastější příčinou slepoty. Je to skupina stavů v naprosté většině spojená se zvýšeným nitroočním tlakem. Glaukom je charakterizován postupným úbytkem ZP typicky podle průběhu nervů sítnice (Bjerrumovy skotomy). Nitrooční tlak ovlivňuje zejména množství komorové vody. Projevy se liší podle toho, zda jde o typ s otevřeným nebo uzavřeným iridokorneálním úhlem. Glaukom s otevřeným úhlem je asymptomatický, zatímco uzavřený úhel způsobuje typickou bolest hlavy a pocit zvracení. Existuje i sekundární glaukom vzniklý příčinou jiného onemocnění. Vyšetření je možné provádět několika metodami: šterbinovou lampou, gonioskopií, tonometrií, oftalmoskopií, analýzou očního pozadí a perimetrií. Terapie je prováděna primárně medikamenty, poté Nd:YAG laserem nebo chirurgicky. [6]

I		jen relativní defekty
II		absolutní defekty bez spojení se slepou skvrnou
III		absolutní defekty ve spojení se slepou skvrnou
IV		absolutní defekty - postihující > 1 kvadrant
V		zachovaný pouze temporální ostrůvek

Obr. 23 Klasifikace glaukomu podle prof. Aulhornové [5]

Na SAP se glaukom objeví až při ztrátě alespoň 40% axonů optického nervu. Pro test glaukomu se hodí rychlá prahová strategie centrálního ZP. Hlavním znakem glaukomu jsou paracentrální skotomy (kolem 30°). Dalším znakem glaukomu je kombinace fokálních a difuzních výpadků. Diagnóza je často komplikována artefakty a kombinacemi dalších onemocnění. Glaukom nelze stanovovat na základě jednoho vyšetření na perimetrii, potvrzuje ho fluktuace výsledků nad 2 dB. Evropská glaukomová společnost doporučuje při podezření provést vyšetření perimetrem alespoň 3x do roka. [5]

6.2 Postižení zrakového nervu

Zrakový nerv může být postižen skupinou onemocnění od zánětu a edému až k degeneraci vláken samotného nervu. Jednostranné poruchy označujeme jako neuritidy, oboustranné jako neuropatie. Dále se klasifikují podle místa postižení vláken, podle časového hlediska i etiologie. Za zmínku stojí termín městnavá papila, onemocnění charakteristické edémem, jehož příčinou je zvýšený nitrolebeční tlak, s vysoce pravděpodobně přítomným nádorem. Prvním příznakem je edém horního a dolního okraje optického nervu. Další rozsáhlou skupinou jsou toxické neuropatie zapříčiněné intoxikací z okolního nebo vnitřního prostředí organismu, například methylalkoholem. [6]

6.3 Diagnostická tabulka chorob ZP

Tab. 2 Diagnostická tabulka chorob zorného pole

Onemocnění	Skotom	Subjektivní znak	Objektivní znak	Oční pozadí	Prvotní vyšetření
Katarakta	difuzní	snížený vizus	zkalení čočky	fyziologické	biomikroskopie
Glaukom (s otevřeným úhlem)	obloukovitý	zúžení ZP (pacient neregistruje)	zvýšený nitrooční tlak	exkavace optického nervu	perimetrie
VPMD	relativní a centrální	metamorfopsie	unilaterálnost	drůzy nebo edém makuly	amslerova mřížka
Diabetická retinopatie	početné a rozptýlené	snížený vizus	přítomnost další celkové choroby	vaskulopatické	fundus kamera
Retinitis pigmentosa	koncentrické zúžení ZP	hluchota (přibližně u 30%)	dědičnost	pigmentové změny z periferie	fundus kamera
Hemianopsie	binokulární	skotom poloviny ZP	předchozí úraz hlavy	v pořádku	perimetrie
Amoce retiny	náhodně umístěný	clona nebo "padající saze"	trhlina sítnice	typicky světle zbarvené	fundus kamera
Venózní okluze	difuzní	snížený vizus	věk nad 65 let	hemoragie a edém makuly	angiografie
Neuritida optiku	centrální	bolest při pohybu oka	roztroušená skleróza	nevýrazný terč zrak. nervu	biomikroskopie fundu
AION Přední ischemická optická neuropatie	dolní a sektorový (altitudinální)	snížený vizus	věk nad 45 let	hemoragie a edém terče zr. nervu	biomikroskopie fundu

Pozn. Tab. 2 je orientační, choroby byly vybrány dle významu v oboru. Každá choroba má své specifické dělení a škálu projevů a nelze ji jednoduše zobecnit. Proto se v tabulce objeví jen ty nejtypičtější znaky za účelem přehlednosti. V rámci prvotního vyšetření je často zaměnitelná nonmydriatická fundus kamera za biomikroskopii fundu (s mydriázou) dle možností.

Závěr

Zabýval jsem se nejpoužívanějšími způsoby vyšetření zorného pole, z nichž největší jsem věnoval statické perimetrii. Snažil jsem je vždy porovnat, definovat a zhodnotit jejich přínos. Mým cílem bylo statickou perimetrii komplexně popsat, vyjasnit její problematiku a naznačit jakou by mohla mít roli v budoucnosti optometrie a oftalmologie. Statická perimetrie dosud nebyla ve své kvalitě překonána žádnou jinou metodou, prozatím je nenahraditelná a ačkoli se vyvíjejí nové metody testování zorného pole, v dohledné době zůstane první volbou. Softwarové nastavení perimetrů také naplno nevyčerpalo svůj potenciál – nové varianty testů a strategií přichází každoročně. Za použití anglické i české literatury jsem popisoval pokročilou problematiku vyhodnocování výsledků měření statické perimetrie. Po prostudování dostupné literatury jsem vytvořil stručný přehled očních chorob zorného pole ve formě tabulky. Glaukom je zmiňován napříč prací jako hlavní choroba spjatá s perimetrií ve 21. století, která musí být v populaci aktivně vyhledávána, protože je často asymptotická a hlavně je to druhá nejčastější příčina slepoty na světě.

Práce se dělí do šesti kapitol, které na sebe strukturálně navazují. První kapitola shrnuje zorné pole člověka v jeho parametrech i výpalcích a poté následuje statická perimetrie jako hlavní téma, kde jsou rozebrány její principy a základní charakteristiky, její praxe ve smyslu správného používání a přehled známých typů perimetrů. Následná interpretace a posouzení výsledků je kapitola, která vyžaduje důkladné prostudování a jistou dávku praxe. Některé věci se zde mohou zdát abstraktní jako třeba indexy diagramu zorného pole, ty jsou ale ve správné diagnostice nakonec tou nejdůležitější znalostí.

Z mého pohledu nejzajímavější kapitolou byly pokročilé vyšetřovací metody, kde jsem očekával převratné poznatky, které se dostavily ve formě objektivního testování zorného pole pomocí metody MERG, která sice není perimetrií jak ji dnes chápeme, ale v širším slova smyslu. Dále FDT perimetr, který je dle dostupných informací lepší variantou v diagnostice glaukomu než klasický standartní perimetr. Navzdory všem nejnovějším metodám dnes zůstává achromatická statická perimetrie “zlatým vyšetřovacím standartem“. Aby téma práce zůstalo ucelené, věnuje se kapitola č. 5 alternativním postupům kontroly ZP dalším praktickým testům, jejichž kvalita byla

ověřena časem. V zorném poli se mohou objevit desítky různých chorob, proto jsem vybral ty nejtypičtější a nejrelevantnější.

Použité zdroje

- [1] TUNNACLIFFE, A. H. Introduction to visual optics. 4th ed. Godmersham Park: Association of British Dispensing Opticians, 1993. ISBN 978-0-90009-928-1
- [2] PLUHÁČEK, F. Oftalmologické a optometrické přístroje II [přednášky]. Olomouc: Univerzita Palackého, 2016
- [3] HANSEN, T., L. PRACEJUS a K. R. GEGENFURTNER. Color perception in the intermediate periphery of the visual field. *Journal of Vision*. 2009, 9(4), 1-12. DOI: 10.1167/9.4.26.
- [4] American academy of Ophtalmology: *The Visual Field*. [online].[cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://www.aaopt.org/bcscsnippetdetail.aspx?id=231d723d-e80f-4254-b3f0-1f4fa3e9421e>
- [5] SKORKOVSKÁ, K. Perimetrie. Vyd. 1. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5282-2.
- [6] KRAUS, H. Kompendium očního lékařství. Vyd. 1. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
- [7] Encyklopedie fyziky: *Weber - Fechnerův psychofyzikální zákon* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/210-weber-fechneruv-psychofyzikalni-zakon>
- [8] Laserlocators: *Equipment* [online]. [cit. 2017-02-10]. Dostupné z: <https://www.laserlocators.com/equipment/zeiss-humphrey-730-hfa-ii-visual-field-analyzer-perimeter/>
- [9] Medmont Automated Perimeter: *User manual Models M700* [online]. 2015 [cit. 2017-04-6]. Dostupné z: <http://www.medmont.com/files/ms6/manuals/M700.pdf>

- [10] ELLIOTT, D. B. *Clinical procedures in primary eye care*. 3rd ed. New York: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2007. ISBN 978-0-7506-8896-3.
- [11] CUBBIDGE, R. P. *Visual fields*. New York: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. ISBN 9780750688512.
- [12] Optometry Times: *Glaucoma: Visual field interpretation for the busy practitioner* [online]. Danica J. Marrelli, 2009 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://optometrytimes.modernmedicine.com/optometrytimes/news/modernmedicine/modern-medicine-feature-articles/glaucoma-visual-field-interpretation>
- [13] ANDERSON, MD., Douglas R. *Ophthalmology Management* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.ophtalmologymanagement.com/issues/2011/february-2011/visual-field-exam-analysis-how-reliable-are-the-r/>
- [14] American academy of ophtalmology: *Artifacts* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <https://www.aao.org/bcscsnippetdetail.aspx?id=ef56b282-ba04-409e-bf6e-7cb8cceb9877>
- [15] SEKHAR, G. Chandra et al. Sensitivity of Swedish Interactive Threshold Algorithm in Humphrey visual field testing. *Ophtalmology* [online]. 2000, 107(7), 1303-8 [cit. 2017-01-24]. DOI: 10.1016/S0161-6420(00)00140-8. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/12430235_Sensitivity_of_Swedish_Interactive_Threshold_Algorithm_in_Humphrey_visual_field_testing
- [16] American academy of Ophtalmology: *Eyewiki* [online]. Pradeep Ramulu, MD., Sarwat Salim MD., FACS [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: http://eyewiki.aao.org/Standard_Automated_Perimetry

- [17] MINNA, NG et al. Comparing the Full-Threshold and Swedish Interactive Thresholding Algorithms for Short-Wavelength Automated Perimetry. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* [online]. 2009, (7), 1726-1733 [cit. 2017-01-24]. DOI: 10.1167/iovs.08-2718. Dostupné z: <http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2126058>
- [18] Autor neuveden. *Dotmed* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <https://www.dotmed.com/virtual-trade-show/category/Ophthalmology/Visual-Field-Analyzer/Models/Carl-Zeiss/Humphrey-Matrix-715/16361>
- [19] American academy of Ophthalmology: *Eyewiki* [online]. Helen Jiang, MD., Reena Garg, MD., Helen Jiang, MD., and John Davis Akkara [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: http://eyewiki.aao.org/Frequency_Doubling_Technology
- [20] Review of ophthalmology: *Multifocal ERG in Practice* [online]. Raj K. Maturi, MD., Lori Bleau [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/multifocal-erg-in-practice>
- [21] Autor neuveden. *American Macular Degeneration Foundation* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://www.macular.org/wp-content/uploads/2016/05/amslerchart.pdf>
- [22] Autor neuveden. *Oculus, Inc.* [online]. [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.oculus.de/us/products/perimetry/easyfield/highlights/>. Dostupné z: <http://www.oculus.de/us/products/perimetry/centerfield-2/highlights/>. Dostupné z: <http://www.oculus.de/us/products/perimetry/twinfield-2/highlights/>
- [23] World Health Organisation: GLOBAL DATA ON VISUAL IMPAIRMENTS 2010. [online]. [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.who.int/blindness/GLOBALDATAFINALforweb.pdf>
- [24] MUSILOVÁ, L. Speciální optické pomůcky [přednášky]. Olomouc: Univerzita Palackého, 2017

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1 Relativní zorné pole pravého oka (kružnice 90° je ilustrační)	6
Obr. 2 Citlivost barev v zorném poli pravého oka	7
Obr. 3 Binokulární zorné pole [1]	8
Obr. 4 Hill of vision a jeho profil [1]	9
Obr. 5 Monokulární skotomy – zleva doprava: centrální, periferní, difuzní, sektorový [5]	10
Obr. 6 Bitemporální hemianopsie	10
Obr. 7 Pravostranná homonymní hemianopsie	10
Obr. 8 Zeiss Humphrey Field Analyser 2 [8]	13
Obr. 9 Haag-Streit Octopus 900	13
Obr. 10 Medmont M700	14
Obr. 11 Oculus Easyfield, Centerfield a Twinfield [22]	14
Obr. 12 Diagram citlivosti centrálního ZP	17
Obr. 13 Diagram citlivosti 70° ZP	18
Tab. 1 Indexy zorného pole	20
Obr. 14 Bebieho křivka [11]	21
Obr. 15 Cloverleaf artefakt [13]	22
Obr. 16 Humphrey Matrix 715 FDT perimetr [18]	24
Obr. 17 Iluze zdvojení frekvence (staticky obtížněji představitelná) [11]	25
Obr. 18 MERG stimul [11]	26
Obr. 19 Průběh vyšetření, Fluorescenční angiogram (Stargardtova choroba) [20]	26
Obr. 20 Amslerova mřížka 10x10 cm [21]	28
Obr. 21 Konfrontační vyšetření [11]	29
Obr. 22 Kinetický perimetr z profilu, zápisový diagram ZP	30
Obr. 23 Klasifikace glaukomu podle prof. Aulhornové [5]	31