

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

VPLYV RUŠIVÝCH ZVUKOVÝCH EFEKTŮ NA VYŠETŘENÍ ZORNÉHO POLE

Diplomová práce

VYPRACOVALA:

Bc. Veronika Konečná

Obor 5345R0008 OPTOMETRIE

Študijný rok 2021/2022

VEDÚCI DIPLOMOVEJ PRÁCE:

doc. RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som diplomovú prácu vypracovala samostatne pod vedením doc. RNDr. Mgr. Františka Pluháčka, Ph.D. a s použitím literatúry uvedenej v závere práce.

V Olomouci dňa 26.04.2022

.....

Bc. Veronika Konečná

Pod'akovanie

Moje veľké pod'akovane patrí vedúcemu diplomovej práce doc. RNDr. Mgr. Františkovi Pluháčkovi, Ph.D. za ústretový prístup, ochotnú spoluprácu, cenné rady a čas, ktoré mi v priebehu písania mojej práce poskytol.

Táto práca bola podporená projektmi IGA PrF UP v Olomouci č. IGA_PrF_2021_012 a IGA_PrF_2022_010.

OBSAH

ÚVOD.....	6
1 ZORNÉ POLE.....	7
1.1 Monokulárne a binokulárne zorné pole.....	7
1.2 Poruchy zorného poľa.....	8
2 METÓDY ORIENTAČNÉHO VYŠETRENIA ZORNÉHO POĽA A KAMPIMETRIA.....	12
2.1.1 Skúška svetelnej projekcie.....	12
2.1.2 Test podania rúk.....	12
2.1.3 Konfrontačná skúška.....	12
2.1.4 Amslerova mriežka.....	13
2.1.5 Kampimetria.....	14
3 PERIMETRIA.....	16
3.1 História perimetrie.....	16
3.2 Indikácie k vyšetreniu zorného poľa.....	17
3.3 Príprava pacienta k vyšetreniu.....	18
3.4 Faktory ovplyvňujúce vyšetrenie.....	18
3.5 Kinetická perimetria.....	20
3.5.1 Typy kinetických perimetrov.....	22
3.6 Semi-automatická kinetická perimetria.....	24
4 STATICKÁ PERIMETRIA.....	26
4.1 Základné princípy merania.....	27
4.1.1 Statická nadprahová metóda.....	28
4.1.2 Statická prahová metóda.....	29
4.2 Možnosti zobrazenia výsledkov.....	30
4.3 Základné parametre zorného poľa a kvality vyšetrenia.....	32
4.3.1 Celkový defekt - OD.....	32
4.3.2 Pattern defekt - PD.....	32
4.3.3 Falošne pozitívne reakcie.....	32
4.3.4 Falošne negatívne reakcie.....	33
4.3.5 Strata fixácie.....	33
4.3.6 Spôľahlivosť testu.....	33
4.4 Typy počítačových perimetrov.....	34
4.5 Automatický perimeter Medmont M700.....	35

5	POKROČILÉ VYŠETROVACIE METÓDY PERIMETRIE	37
5.1	SITA	37
5.2	FDT perimetria – technológia zdvojenej frekvencie.....	38
5.3	Blikajúca perimetria	39
5.4	Perimetria detekcie pohybu	39
5.5	Modro žltá perimetria – SWAP	40
5.6	Mikroperimetria	41
5.7	High-pass resolution perimetria	42
6	VPLYV OKOLITÉHO RUCHU NA VYŠETRENIE ZORNÉHO POĽA.....	44
6.1	Súbor probandov a metodika	44
6.2	Výsledky	47
6.3	Diskusia.....	54
	ZÁVER	56
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	57

ÚVOD

Zrak je jedným z najdôležitejších zmyslov a starostlivosť oň by sme nemali podceňovať. Rozsah a kvalita zorného poľa predstavuje nezastupiteľnú úlohu v našom každodennom živote. Práve perimetrické vyšetrenie je jedno zo základných očných vyšetrení, ktoré je zamerané na zorné pole. Pomáha nám hodnotiť jeho rozsah, výpadky v zornom poli a sledovať ich prípadnú progresiu, no takisto pomáha odhaliť veľa očných a neurologických chorôb. Niekedy zmeny v zornom poli zaznamenáme tak, že si všimneme škvrny v obraze, no veľakrát o týchto problémoch ani sami nevieme. Najmä pri ochorení ako glaukóm, ktoré ovplyvňuje kvalitu zorného poľa a u ktorého hrozí dokonca úplná strata zraku je perimetrické vyšetrenie veľmi prínosné.

Vyšetrenie zorného poľa môže byť ovplyvnené radou faktorov, najmä ak nie je vykonávané za ideálnych podmienok. Cieľom experimentálnej časti tejto práce je konkrétne sledovať vplyv rušivých zvukových efektov z bežného okolitého prostredia na vybrané parametre vyšetrenia a ich opakovateľnosť v prípade normálnej mladej populácie. Cieľom teoretickej časti je zhrnúť základné informácie o zornom poli a jeho vyšetrení so zameraním na potreby experimentálnej časti. Najprv je popísané zorné pole obecné, jeho delenie a poruchy. Následne sú zhrnuté základné metódy vyšetrenia zorného poľa, a to metódy orientačné a kampimetrické a ďalej perimetria ako kľúčová vyšetrovacia metóda. Nakoľko je perimetria a najmä statická perimetria najčastejšou vyšetrovacou metódou zorného poľa a súčasne je študovaná v experimentálnej časti práce, bude týmto oblastiam venovaná zvýšená pozornosť vrátane popisu základných parametrov a rešerši súčasných znalostí rôznych vplyvov na vyšetrení. Spomenuté sú tiež ďalšie pokročilé metódy vyšetrenia zorného poľa, ktorých vyhodnotenie má lepšiu diagnostickú presnosť pre sledovanie zmien v zornom poli.

1 ZORNÉ POLE

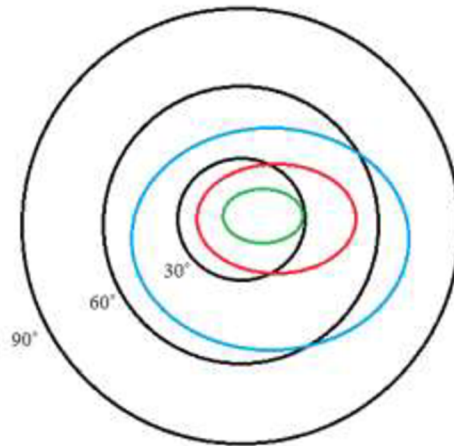
Zorné pole predstavuje časť priestoru, ktorú vidíme jedným okom pri priamom pohľade pred seba. Ide teda o projekciu všetkých bodov, ktoré sú zobrazované na sietnici priamym aj nepriamym videním pri fixácii jedného oka. Medzi základné parametre zorného poľa patrí jeho rozsah a jeho prípadné obmedzenia vplyvom rôznych defektov. Tieto parametre budú priblížené v nasledujúcom texte. Zorné pole je taktiež možné charakterizovať citlivosťou a ďalšími vlastnosťami, ktoré však úzko súvisia s konkrétnymi vyšetrovacími metódami a budú popísané v nasledujúcich kapitolách. [1, 2]

1.1 Monokulárne a binokulárne zorné pole

Monokulárnym zorným poľom sa rozumejú najlaterálnejšie oblasti, kde sa nemôžu polia prekrývať, ide asi o 1/6 plochy poľa. Hranice monokulárneho zorného poľa sú tvorené okrajmi očnice, vrátane nosa, tváre, viečok, nadočnicových oblúkov, prípadne obočia. Monokulárne zorné pole je tým menšie, čím máme hlbšie uložené oko. Fyziologicky je monokulárny rozsah zorného poľa 100° temporálne, 60° nazálne a nahor, 70° dolu. Približné 15° od fixačného bodu nájdeme slepú škvrnu. Keďže hranice zorného poľa môžu byť aj v prípade fyziologického zorného poľa výrazne ovplyvnené časťami tváre, z tohto pohľadu ešte rozlišujeme, tzv. absolútne a relatívne zorné pole. Relatívne zorné pole je ovplyvnené práve časťami tváre, pretože je merané s upriameným pohľadom na testovú značku. Naopak pri absolútnom zornom poli je vplyv častí tváre pri meraní odstránený pohybom hlavy. Môže byť až o 10° väčšie ako relatívne zorné pole. [1, 2, 3]

Zorné pole ďalej delíme na centrálnu a periférnu. Centrálnu zorné pole, ktorého hranice siahajú do 25°, slúži k ostrému videniu a videniu farieb. Periférnu zase k orientácii v priestore a v tme. Ak nastane výpadok periférneho zorného poľa, zostane tzv. trubicové videnie, kedy ostáva dobre zachovaná zraková ostrosť, avšak pacient sa nedokáže dobre orientovať v priestore, najmä za šera. Pri výpadku centrálnu zorného poľa ostáva zachovaná orientácia v priestore, aj keď je podstatne znížená zraková ostrosť. Pri vyšetrení centrálnu zorného poľa je nevyhnutné, aby pacient používal prípadnú korekciu. [1, 2, 3]

Pre jednotlivé farby je citlivosť v zornom poli rôzna. Najkvalitnejšia je v centre a smerom k periférii klesá. Smerom k centru najprv rozpoznávame modrú a žltú farbu, bližšie k centru potom červenú a zelenú (viď Obr. 1). Ktorú z dvojice farieb rozpoznáme skôr záleží na ich sýtosti a na osvetlení. Periférne videnie je čiernobiele. [1, 2, 3]



Obr. 1 - Zorné pole pre zelenú, červenú a modrú farbu; upravené podľa [3]

U obidvoch očí sa zorné polia prekrývajú v rozsahu asi 60° okolo fixačného bodu. Túto oblasť nazývame binokulárne zorné pole. Špecifické pre túto oblasť je tzv. pravé priestorové videnie (stereopsia), ktoré umožňuje posudzovať relatívnu hĺbku pozorovanej scény. V tejto oblasti taktiež dochádza vďaka súčasnému zapojeniu obidvoch očí k zlepšeniu niektorých zrakových parametrov, ako sú napr. zraková ostrosť a kontrastná citlivosť. Zjednotený rozsah zorného poľa obidvoch očí, ktorý je dôležitý napr. pri šoférovaní motorových vozidiel, môže byť vzhľadom k čiastkovému rozsahu zorných polí jednotlivých očí až $\pm 120^\circ$. [3]

1.2 Poruchy zorného poľa

Poruchami zorného poľa sú jeho výpadky, ktoré sú sprevádzané poruchami centrálného videnia vrátane zrakovej ostroti alebo výpadkami v periférii s poruchou periférneho videnia. V prípade ohraňovaných ostrovčekovitých výpadkov vo vnútri zorného poľa hovoríme o tzv. skotomoch, ak sa jedná o periférne obmedzenie rozsahu zorného poľa, hovoríme o tzv. zúžení. Zúženia môžu byť koncentrické, tj. približne

rovnomerne rozložené pozdĺž celej periférie alebo lokálne zúženie nastáva v jednom smere. [4, 5, 6, 7]

Skotomy a výpadky obecné delíme na absolútne a relatívne. Ak skotom obmedzuje všetky kvality videnia, kedy pacient nerozozná intenzitu, pohyb ani farbu nazývame ho absolútny skotom. Naopak pri relatívnom skotome sú obmedzené len niektoré aspekty videnia, výpadky nastávajú v oblasti vnímania farieb a vnímanie pohybu ostáva zachované. [4, 5, 6, 7]

Skotomy sa ďalej delia na pozitívne a negatívne. Ak si pacient výpadok uvedomuje ide o pozitívny skotom, kedy je výpadok v zornom poli vnímaný ako škvrna rôznej veľkosti a farby. Príkladom negatívneho skotomu je Marriotov bod, teda slepá škvrna, ktorú si pacient neuvedomuje dôsledkom prekrytia zorného poľa pravého a ľavého oka. Tvar, veľkosť, ako aj lokalizácia skotomov bývajú rozmanité. Ak by nastal difúzny pokles senzitivity v zornom poli bez lokalizovaného defektu, tak takýto nález môže byť spôsobený skalením optických médií alebo špatnou korekciou refrakčnej vady v priebehu vyšetrenia. Jednotlivé typy skotomov sú charakteristické pre ochorenia určitých úsekov zrakovej dráhy. Zrková dráha spája sietnicu s kôrovým zrkovým centrom v tylnom laloku. Ak sú medzi sietnicové receptory zahrnuté aj tyčinky a čapíky charakterizujeme ju ako trojneurónovú. Z klinického hľadiska ju môžeme rozdeliť na periférne a centrálné úseky. Periférny úsek vedie od sietnice po corpus geniculatum laterale a nazývame ho primárnou zrkovou dráhou. V tomto úseku, konkrétne v chiazma, dochádza ku kríženiu vlákien z oboch očí, takže jednostranné poškodenie zrakovej dráhy pred chiazmatom vedie k výpadkom v zornom poli jedného oka, jednostranné poškodenie za chiazmatom k výpadkom v zornom poli oboch očí. [4, 5, 6, 7, 8]

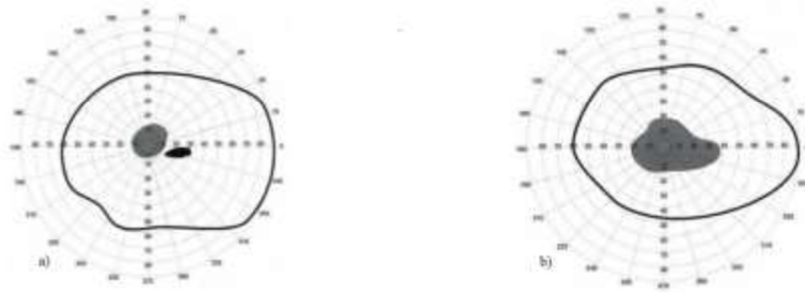
Podľa lokalizácie a tvaru rozoznávame rôzne typy skotomov:

- **centrálné** – postihujú fixáciu (viď Obr. 2),
- **centroekálne** – zaujímajú slepú škvrnu a centrum (viď Obr. 2),
- **pericentrálne** – zasahuje oblasť symetricky obkolesujúcu fixáciu, tá však ostáva zachovaná (viď Obr. 3),
- **paracentrálne** – zasahuje oblasť vedľa fixácie (viď Obr. 3),
- **arkuátne** – odpovedá strate zväzku nervových vlákien (viď Obr. 4),

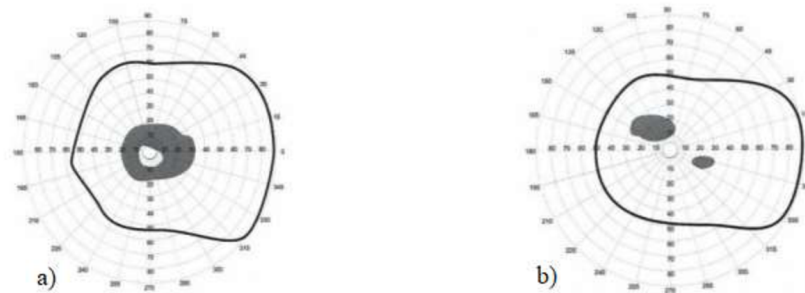
- **altitudinálne** – postihuje kvadranty buď v dolnej, alebo hornej polovici (viď Obr. 4),
- **kvadrantanopie** – postihuje jeden kvadrant zorného poľa (viď Obr. 5),
- **hemianopie** – postihnutá je temporálna alebo nazálna polovica zorného poľa (viď Obr. 5). [9]

Rozsah a lokalizáciu bilaterálnych defektov zorného poľa popisujú nasledujúce termíny:

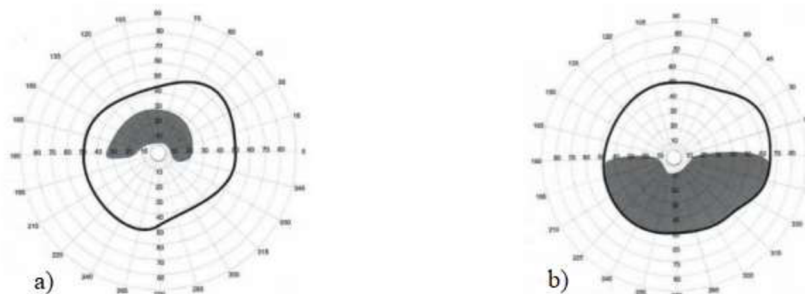
- **homonymné** – porucha je lokalizovaná na rovnakej strane zorného poľa u oboch očí,
- **heteronymné** – porucha je lokalizovaná na opačnej strane zorného poľa u oboch očí
- **kompletné** – výpadok celej oblasti zorného poľa,
- **nekompletné** – výpadok časti zorného poľa,
- **kongruentné** – homonymné poruchy zaujímajú rovnaký rozsah zorného poľa v rovnakej lokalizácii. [9]



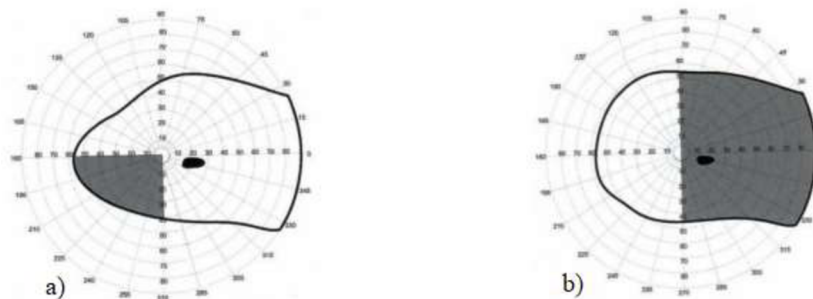
Obr. 2 - a) Centrálny skotom, b) Centrocekálny skotom [9]



Obr. 3 - a) Pericentrálny skotom, b) Paracentrálny skotom [9]



Obr. 4 - a) Horný arkuálny skotom, b) Dolný altitudiálny skotom [9]



Obr. 5 - a) Kvadrantanopie, b) Hemianopie [9]

2 METÓDY ORIENTAČNÉHO VYŠETRENIA ZORNÉHO POĽA A KAMPIMETRIA

Vyšetrenie zorného poľa je pomocnou metódou, ktorá vyžaduje dôslednú spoluprácu pacienta a vyšetrujúceho. Je veľmi dôležité pre diagnostiku a liečbu mnohých neurologických ochorení. Možno ho rozdeliť na orientačné metódy, kampimetriu a perimetriu. Medzi kľúčové metódy vyšetrenia zorného poľa patria metódy perimetrické, ktoré budú popísané v samostatných kapitolách 2 a 3. Nasledujúci text stručne zhrnie orientačné metódy, kam zaraďujeme skúšku svetelnej projekcie, test podania rúk, konfrontačnú skúšku, Amslerovu mriežku a kampimetriu.

2.1.1 Skúška svetelnej projekcie

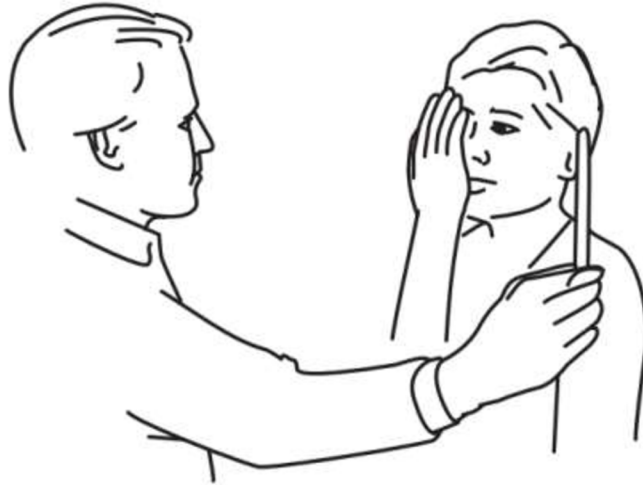
Vykonávame ju, ak je vízus znížený len na svetlocit alebo pohyb pred okom. V zatemnenej miestnosti oftalmoskopom posvietime pacientovi do oka a on nám udáva, v ktorom smere svetlo vníma. [4]

2.1.2 Test podania rúk

Tento test môžeme vykonávať monokulárne aj binokulárne. Test prebieha veľmi jednoducho, nastavíme pacientovi obidve dlane a požiadame ho, aby chytil našu ruku. Pacient bez poruchy v zornom poli si nebude istý, za ktorú ruku nás má chytiť na rozdiel od pacienta s výpadkom polovice zorného poľa, ktorý bez váhania uchopí ruku, ktorú vidí. [4]

2.1.3 Konfrontačná skúška

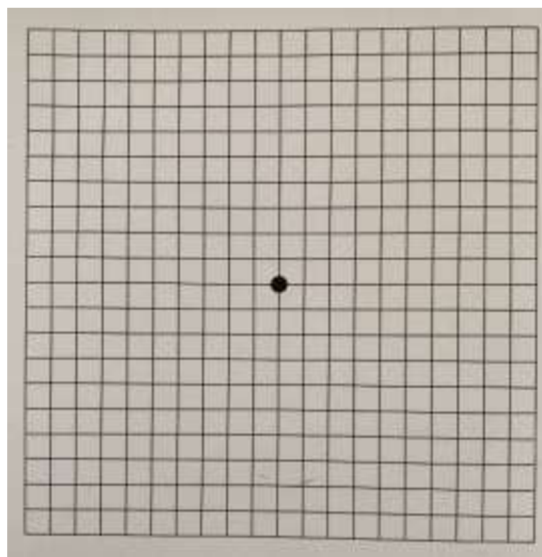
Vyšetrovaný porovnáva rozsah vlastného zorného poľa jedného a následne druhého oka so zorným poľom vyšetovaného. Jedno oko má zakryté a druhé fixuje na oko vyšetrujúceho. Najskôr je potrebné podľa vízu pacienta zvoliť, či budeme pohybovať prstom, celou rukou alebo nejakým predmetom. Pri dobrom víze pacienta stačí len prst vyšetovaného, prípadne len obyčajné pero, ktorým pohybujeme z periférie do centra (viď Obr. 6). Pacient nám zahlási moment, kedy zaregistruje pohyb. Je potrebné kontrolovať pacientovu fixáciu oka. Túto skúšku používame k vylúčeniu absolútneho výpadku, možno ju použiť aj u ležiacich a inak handicapovaných pacientov pre určenie výpadku. [5]



Obr. 6 - Konfrontačné vyšetrenie zorného poľa [5]

2.1.4 Amslerova mriežka

Amslerova mriežka slúži k hodnoteniu zmien drobných výpadkov v centrálnom zornom poli do 20 stupňov. Mriežku tvorí štvorec, ktorý obsahuje 20 riadkov a 20 stĺpcov menších štvorčekov. Vo vnútri sa nachádza centrálny fixačný bod. Pacient sa na mriežku pozerá zo vzdialenosti 30 cm a s nasadenou korekciou do blízka. Pacient drží mriežku sám v ruke a fixuje čiernu bodku v strede za normálneho osvetlenia. Vyšetrenie prebieha monokulárne. Pacienta sa následne pýtame, či vidí všetky 4 okraje. Ďalej zistujeme, či vidí celú mriežku, poprípade nám ukáže výpadky. Je dôležité tiež posúdiť, či pacient vidí mriežku bez deformácií alebo zvlnených línií. [10, 11]



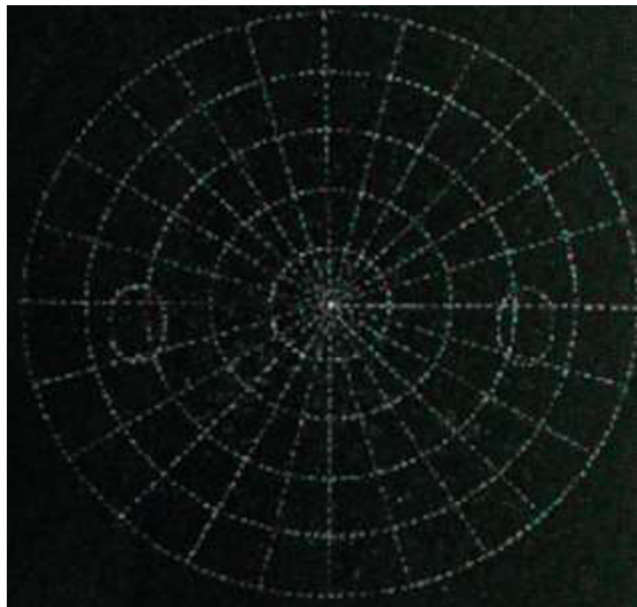
Obr. 7 - Amslerova mriežka

2.1.5 Kampimetria

Kampimetria nám slúži k registrácii drobných výpadkov v centrálnej oblasti zorného poľa do 30°. Využíva sa ako doplnkové vyšetrenie k perimetrii, pretože dokáže lepšie odhaliť malé centrálné skotomy, identifikovať ich tvar a veľkosť. Na rozdiel od perimetrie je vyšetrovacia plocha u kampimetrie rovinná. Ide o matné čierne plátno o veľkosti 2x2 m s centrálnym svetlom pre fixáciu. Okolo fixačného svetla sa nachádzajú sústredné kruhy vyšité čiernou niťou vo vzdialenostiach od 5° do 30°. Vyšetrovacia vzdialenosť je zvyčajne 1 m pre vyšetrenie centrálnych 30° alebo 2 m pre vyšetrenie zorného poľa do 16°. Vyšetrujúci pohybuje po plátne bielu značku umiestnenú na tenkej čiernej tyči. Výsledok sa zaznamenáva na plátno pomocou čiernych špendlíkov a následne sa zakreslí do vyšetrovacej schémy. [4, 12, 13]

Bjjerumov kampimeter

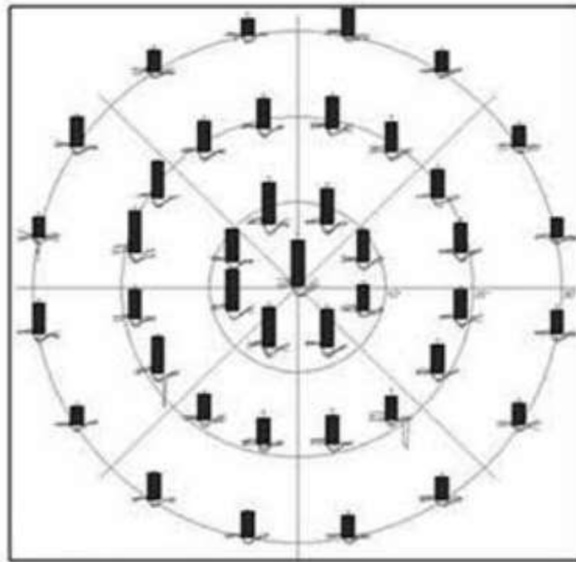
Bjjerumov kampimeter predstavuje typický príklad bežného kampimetra. Sústredné kružnice okolo fixačnej značky sú odstupňované v intervale 5°, a to od 0° do 30°. Fixačnú značku uprostred môže tvoriť červená žiarovka. Počas vyšetrenia má pacient bradu aj hlavu opretú v opierke a vyšetrenie prebieha vyššie popísaným spôsobom. [12, 13]



Obr. 8 - Bjjerumov kampimeter [14]

Pupilárna kampimetria

Je objektívna metóda vyšetrenia zorného poľa. Zorné pole vyšetrujeme pomocou pupilárnej reakcie na fokálne svetelné stimuly umiestnené v rôznych častiach vyšetrovacej tabule (viď Obr. 9). Pupilografický prístroj pozostáva z počítača, monitoru a malého displeja pre kontrolu fixácie. Vyšetrenie prebieha za mezopických podmienok. Pacient počas vyšetrenia fixuje centrálny bod a na obrazovke sa mu zobrazujú svetelné stimuly s danou hodnotou jasu. Pri ich zobrazení by sa mala zrenica zúžiť. Amplitúda pupilárnych reflexov, ktoré sú vyvolané svetelným stimulom sa meria pomocou infračervenej kamery. Na záver si zaznačíme niekoľko bodov a zníženie ich počtu udáva defekt v zornom poli. Výhoda pupilárnej kampimetrie je u nespolupracujúcich a starších osôb, ktorí ťažšie zvládajú klasickú perimetriu. [6, 15]



Obr. 9 – Výsledok vyšetrenia pupilárnej kampimetrie; veľkosti stĺpcov sú úmerné reakciám zrenice v danom bode; vyšetrujeme centrálnych 30° zorného poľa [6]

3 PERIMETRIA

Perimetria a testovanie zorného poľa sa používajú ako klinické diagnostické oftalmologické nástroje už mnoho rokov a považujeme ich za dôležitú funkčnú diagnostickú metódu v oftalmológii. Používajú sa najmä pre diagnostiku glaukomu, chorôb sietnice, či sledovaniu neurooftalmologických ochorení.

Dnes máme veľa rôznych foriem perimetrie prostredníctvom ktorých sme schopní vyhodnotiť zorné pole. Najpoužívanejšia metóda vykonávania perimetrie a testovania zorného poľa sa však nezmenila už viac ako 150 rokov. Spočíva v detekcii vhodných podnetov na rôznych miestach v rámci zorného poľa. Hoci základný vyšetrovací postup zostal po celé roky podobný, nastalo veľa pokrokov v štatistickom hodnotení, klinickej analýze, interpretácii a predikcii výsledkov na základe nálezov zorného poľa. Cieľom perimetrického vyšetrenia je odhaliť zmeny v zornom poli v počiatočnom štádiu a sledovať výsledky v priebehu času za účelom pomôcť oftalmológovi s plánom liečby pacienta. Oftalmológ pomocou tohto vyšetrenia dokáže určiť, ktorá časť zrakovej dráhy je poškodená, teda či skotom spôsobuje ochorenie zrakového nervu, sietnice alebo centrálnej nervovej sústavy. [8, 16, 17]

V súčasnosti sa využíva dvoch metód – kinetická perimetria a statická (automatická) perimetria. Statická perimetria je oproti kinetickej presnejšia a výsledky sú spracované počítačom. Avšak cieľom oboch typov vyšetrení je zaznamenať výpadky v zornom poli, tzv. skotomy. V tejto kapitole bude po krátkom zhrnutí histórie perimetrie uvedená indikácia k perimetrickému vyšetreniu a príprava pacienta na vyšetrenie, no najmä bude popísaná kinetická perimetria. Statickej perimetrii bude vzhľadom k jej významu a s ohľadom na to, že je tiež použitá v experimentálnej časti, venovaná celá samostatná kapitola. [8]

3.1 História perimetrie

O systematické používanie testovania zorného poľa ako základnej vyšetrovacej metódy v oftalmológii sa zaslúžil Albert von Graefe (1828 – 1870). V roku 1857 po tom, čo Albert von Graefe vydal svoju štúdiu sa nemecký oftalmológ Richard Förster a jeho asisten Hermann Aubert začali venovať problematike zorného poľa. Vykonávali vyšetrenia v zatemnenej miestnosti, pričom si uvedomili si, že je dôležité, aby sa značky

zobrazovali v rovnakej vzdialenosti od oka. Chceli dosiahnuť toho, aby vyšetrenie simulovalo skutočné zobrazovanie predmetov v zornom poli. Preto v roku 1869 prichádza do klinickej praxe Försterov periméter – prvý oblúkovitý periméter, ktorý bol nasledujúcich 15 rokov vôbec najpoužívanejším. Nasledoval vývoj oblúkovitého perimetra typu Maggiore. Dlhú dobu bol oblúkovitý periméter dostačujúci aj pre mapovanie defektov v centre zorného poľa, avšak neskôr sa zistilo, že je oveľa dôležitejšie mapovanie centrálnych 30° zorného poľa. [18, 19]

V roku 1945 vymyslel Hans Goldmann typ pologulovitého perimetra s vlastným osvetlením, navyše sa dala kontrolovať fixácia, veľkosť aj tvar stimulu. Prístroj sa dal pomerne ľahko ovládať a bolo možné zmapovať aj tvar defektu. Vývoj pokračoval ďalej a začala sa kombinovať statická a kinetická perimetria. Technológie a metódy modernej perimetrie sa začali rapídne vyvíjať počas 2. polovice 20. storočia. Nastáva nástup automatickej počítačovej perimetrie, ktorá je oveľa presnejšia. [18, 19]

3.2 Indikácie k vyšetreniu zorného poľa

Vyšetrenie zorného poľa je vhodné vykonávať až po riadnom posúdení indikácií. Za indikácie k vyšetreniu môžeme považovať defekty v aferentnej časti zrakovej dráhy, zníženie zrakovej ostrosti, ktoré nemožno zlepšiť stenopeickou štrbinou ani refrakčnou korekciou, vizuálne poruchy zníženia vnímania farieb a jasů, poruchy orientácie alebo vnímanie defektov v zornom poli pacientom. [18]

Voľba správnej metódy k vyšetreniu zorného poľa by mala brať ohľad na schopnosti pacienta spolupracovať a povahu poškodenia zraku. Pre pacientov, prípadne deti, ktoré nedokážu dobre spolupracovať pri vyšetrení je vhodné použiť konfrontačnú skúšku. Na poškodenie zorného poľa v periférii alebo u detí školského veku vyžívame kinetickú perimetriu. Ohraničené skotomy u pacientov, ktorý zvládnu spolupracovať vyšetrujeme statickou perimetriou. [18]

Sledovanie porúch zorného poľa závisí od mnohých faktorov a je potrebné k nemu pristupovať individuálne. U ochorení, ktoré majú stabilný charakter vyžívame opakované vyšetrenia aj za niekoľko rokov v závislosti od okolností, avšak u progresívnej straty zorného poľa s podozrením najmä na mozgové zranenie vyžívame opakované vyšetrenie v intervaloch týždňov alebo mesiacov. [18]

3.3 Príprava pacienta k vyšetreniu

Vyšetrenie na perimetri je náročné z hľadiska koncentrácie, pozornosti a spolupráci pacienta. Samotná vyšetrovacia miestnosť by mala byť zatemnená, aby nedopadalo svetlo z okolia do kupole perimetru a mala by byť dostatočne veľká. Vyšetrenie by malo prebiehať v klude bez hluku z okolitého prostredia. V miestnosti by mala byť príjemná teplota a pacient by mal byť oddýchnutý a v dobrom zdravotnom stave. Pred samotným vyšetrením by sme mali mať k dispozícii údaje o aktuálnej refrakcii, celkového stavu optických médií, prípadne aj predchádzajúce perimetrické nálezy. [6, 18]

Pacienta musíme informovať o podstate testu, ktorá spočíva v tom, že zaznamenávame jeho vlastnú reakciu pri upriamennom pohľade priamo pred seba na to, čo vidí periférnym videním. Počas vyšetrenie sa pacient pozerá priamo pred seba na zameriavací terč a hneď ako uvidí niekde na perimetri svetelný bod stlačí tlačidlo. [20]

Ďalej je dôležité pacienta upozorniť, že svetelný bod, ktorý na perimetri uvidí je rýchly záblesk, po ktorom vždy nasleduje krátka pauza. Mal by zareagovať aj na body menej zreteľné, avšak mal by si byť istý, pretože niekedy budú body pod jeho vizuálnym prahom alebo naopak bude perimeter len predstierať vysielanie svetelných signálov. Pacient by mal vedieť, že by mal zareagovať čo najrýchlejšie, no nemalo by to byť na úkor správnosti. Zareagovať môže aj po zhasnutí svetla, teda nevádi, keď nezareaguje pokiaľ svetlo ešte svieti. [20]

Ak pacient absolvuje perimetrické vyšetrenie po prvýkrát, lepšie je začať vyšetrovať oko, u ktorého nemáme žiadne podozrenie na vadu. Ak nemáme vedomosť o tom, či niektoré oko vadu má, začíname zvyčajne pravým okom. Netestované oko by malo byť zakryté očnou klapkou. [20]

3.4 Faktory ovplyvňujúce vyšetrenie

Vyšetrenie zorného poľa môže ovplyvniť hneď niekoľko faktorov, ktoré môžu súčasne ovplyvniť aj správnu interpretáciu výsledkov. Je potrebné rozlišovať skutočné výpadky zorného poľa od zdanlivých, ktoré môžu viesť k chybnéj interpretácii výsledkov. Zaraďujeme sem napr. dlhé riasy, previsnutá koža viečok, poklesnuté viečko, či priehľadnosť optických médií – rohovky, šošovky a sklovca. Medzi faktory, ktoré

priamo súvisia s pacientom a jeho stavom sú faktor únavy, faktor viečok, faktor korekčnej šošovky, faktor učenia, priemer zrenice, či tzv. trigger-happy pacienti. [6]

Faktor únavy

Faktor únavy nastáva najmä u dlhých vyšetrení, kde môže vyšetrenie jedného oka trvať až 20 minút. Následne klesá pacientova pozornosť a odpovede sú preto menej spoľahlivé. Obecne začne pacientova pozornosť klesať po 6-8 minútach. V čase pozornosti by sme sa preto mali zamerať na oblasť, ktorú potrebujeme vyšetriť. [6]

Faktor viečok

Ptóza, teda pokles horného viečka sa často vyskytuje aj u zdravých jedincov. Pri vyšetrení zorného poľa môže spôsobiť arteficiálne defekty, ktoré zapríčiňujú zníženie senzitivity v horných častiach zorného poľa. [6]

Faktor korekčnej šošovky

Ak nebude okuliarová šošovka správne umiestnená pred okom pacienta počas celej doby vyšetrenia, môže to mať za následok zúženie zorného poľa. To môže tiež nastať aj u pacientov so silnými plusovými korekčnými hodnotami. [6]

Faktor učenia

Pri opakovaných vyšetreniach na perimetri sa nemusia prejavovať výpadky, ktoré boli zaznamenané pri prvom vyšetrení približne u 10-20 % vyšetovaných. Naopak sa môžu parametre zorného poľa zlepšiť. Z toho dôvodu sa odporúča u glaukomu ako validný výsledok brať až výsledok tretieho merania, kedy pacient už chápe priebeh vyšetrenia. [6]

Priemer zrenice

Priemer zrenice nám určuje množstvo svetla vstupujúceho do oka. Vhodná veľkosť zrenice pri perimetrickom vyšetrení je aspoň 3 mm. Menší priemer zrenice môže spôsobiť difúzny pokles senzitivity v zornom poli, ktorý môže dosiahnuť až 4 dB. Výraznejší pokles môže nastať u pacientov s kataraktou, keďže samotné skalenie optických médií tiež vedie k difúznemu poklesu senzitivity. Pre správnu interpretáciu výsledkov je vhodné si zaznamenať priemer zrenice. [6]

„Trigger-happy“ pacienti

Ide o ľudí, ktorí trpia úzkosťou a budú sa snažiť zachytiť v priebehu vyšetrenia čo najviac stimulov tým, že budú stláčať často tlačidlo. Spôsobí to vysoké percento falošne pozitívnych odpovedí. Ak tento nežiadúci efekt nerozpoznáme, prípadne defekty nemusia byť vôbec zachytené. [6]

Obraz štvorlístka

Vyskytuje sa pomerne často ak pacienti prestanú v priebehu vyšetrenia spolupracovať. V štyroch primárne testovaných bodoch sú prahové hodnoty normálne, no v oblastiach zorného poľa, ktoré boli testované neskôr sú hodnoty senzitivity oveľa nižšie. Môže to byť spôsobené nesprávnym porozumením testu alebo nedostatočnej koncentrácii. [6]

Ďalšie možné faktory môžu súvisieť s prostredím, v ktorom je pacient vyšetrovaný a ktoré môžu ovplyvniť jeho pozornosť a sústredenosť (napr. rušivé zvukové efekty, na ktoré sa zameriava experimentálna časť práce). Ďalším vplyvom môže byť tiež prístup obsluhujúceho personálu, vhodnosť inštrukcií atď. Dôležité je správne poučenie pacienta o priebehu vyšetrenia. Ani samotné vyšetrenie nepredstavuje presné meranie, ale jedná sa o psychofyzikálny test s pravdepodobnosťou 50 %, že reakcia pacienta bude taká, akú metóda predpokladá. Toto taktiež môže ovplyvniť výsledok a jeho opakovateľnosť. Práve opakovateľnosť pri meraní niektorých parametrov je zahrnutá v experimentálnej časti práce. [5]

Vplyv niektorých z uvedených faktorov možno aspoň približne vyhodnotiť na základe určitých ukazovateľov, ktoré hodnotia kvalitu vyšetrenia. Tejto možnosti sa využíva predovšetkým u statickej perimetrie a príslušné ukazovatele sú popísané v kapitole 4.3.

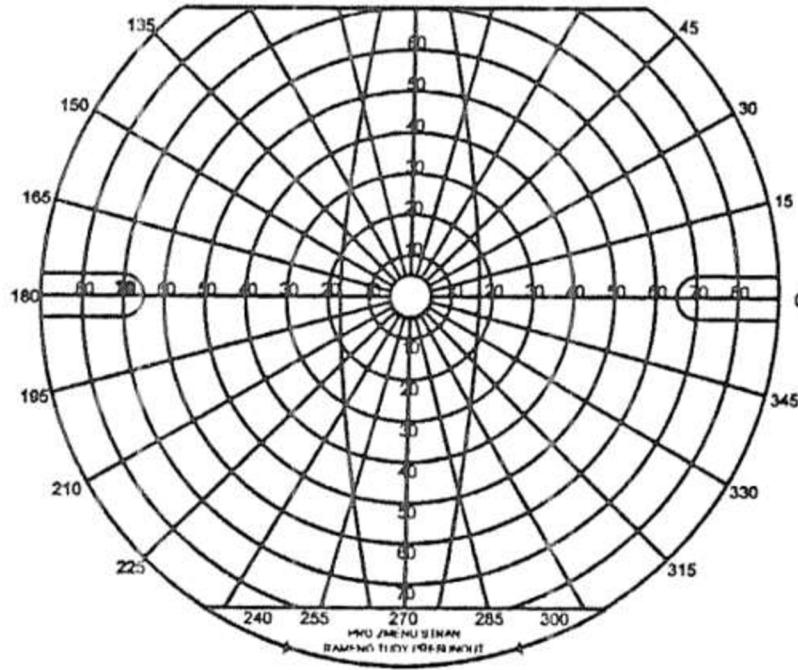
3.5 Kinetická perimetria

Charakteristické pri kinetickej perimetrii je pohybujúca sa testová značka premietaná na vnútornú stenu poglobule o priemere 33 cm. Pacient počas vyšetrenia fixuje stred poglobule a snaží sa bez pohybu oka zaregistrovať testovú značku pohybujúcu sa po poglobuli. Oblasti, kde nie je značka pacientom registrovaná ležia mimo rozsah zorného poľa alebo odpovedajú výpadkom zorného poľa. Vyšetrenie je zvyčajne monokulárne,

druhé oko je zakryté. Je možné meniť farbu, veľkosť a sýtosť testovej značky. Pacient alebo automatický počítačový program pohybuje stimulom z oblasti, kde stimul nebol zaznamenaný do oblasti, kde ho uvidí, pričom sa značka pohybuje radiálne. Čiže buď z periférie zorného poľa do centra alebo z oblasti postihnutého miesta do nepostihnutých častí zorného poľa. Zorné pole sa zvyčajne vyšetruje po 15 stupňoch. Dôležitá pri kinetickej perimetrii je rýchlosť pohybu stimulu. Rýchle pohybovanie sa stimulu môže značiť, že pacient nestihne včas zareagovať a výsledkom môže byť falošné zúženie zorného poľa. Naopak príliš pomalé pohybovanie stimulu zapríčini, že vyšetrenie trvá dlhšiu dobu, pacient sa rýchlejšie unaví a stratí koncentráciu. Rýchlosť pohybujúcich sa stimulov by ideálne mala byť konštantná, prispôsobená reakčnej rýchlosti pacienta, čiže dobou medzi registráciou stimulu a stlačením tlačidla. Uhlová rýchlosť stimulu by mala činiť asi 2-5 °/s. [6, 8, 18]

Pri kinetickej perimetrii stanovujeme tzv. izoptéry. Sú to línie, ktoré spájajú miesta s rovnakou prahovou citlivosťou pre stimul danej veľkosti, farby a jasú. Jednotlivým stimulom následne odpovedajú rôzne izoptéry. Zároveň sú hranicou medzi oblasťou, kde pacient daný stimul vidí a oblasťou, kde ho nerozpozná. Postupnosť testovania by mala byť náhodná, aby pacient netušil, kde má stimul očakávať. Stimuly na vyšetrenie zorného poľa by mali byť vybrané tak, aby výsledné izoptéry boli v zornom poli rovnomerne rozložené. Každé zorné pole by malo byť vyšetrené pomocou troch až štyroch stimulov rôznej veľkosti a jasú. Štandardné vyšetrenie prebieha bez korekcie do blízka, ak ale vyšetrujeme centrálnych 30°, predradíme potrebnú korekciu do blízka. [6, 8, 18]

V dnešnej dobe vďaka rozšíreniu statickej počítačovej perimetrie používanie kinetickej perimetrie upadá. Existujú však diagnózy, u ktorých je kinetická perimetria výhodou. Patria sem najmä rôzne neurologické postihnutia s dobre ohraničenými výpadkami zorného poľa, pokročilé výpadky zorného poľa u pigmentovej retinopatie alebo výrazne znížená zraková ostrosť. [6, 8, 18]



Obr. 10 - Schéma pre záznam vyšetrenia kinetickej perimetrie [9]

3.5.1 Typy kinetických perimetrov

V nasledujúcej kapitole sú uvedené a stručne zhrnuté tri typy kinetických perimetrov – Goldmannov perimeter, Föersterov a Maggioreho perimeter.

Goldmannov perimeter

Použitá technika u tohto typu perimetra sa v princípe zhoduje s vyššie popísanou kinetickou perimetriou. Vyžaduje si skúsenosti vyšetrovaného, ktorý manuálne mapuje zorné pole bez pomoci počítačového algoritmu. Značka je premietaná na statickú poglobu doplnenú ďalekohľadovou sústavou, vďaka ktorej sme schopní kontrolovať fixáciu. Pacient si robí značky v mieste, kde bol stimul videný. Na záver sú značky spojené čiarami, aby vytvorili hranice zorného poľa tzv. izoptéry. Veľkosti stimulov sú označené 0-V (viď Tab. 1), najčastejšie sa používa stimul o veľkosti III. Stimul s veľkosťou V sa využíva u pacientov so špatnou zrakovou ostrosťou, prípadne pri pokročilom náleze v zornom poli. [6, 21, 22]

Tab. 1 – Veľkosti stimulov; upravené podľa [22]

Veľkosť stimulu	Plocha stimulu (mm ²)
0	1/16
I	1/4
II	1
III	4
IV	16
V	64



Obr. 11 - Goldmannov perimeter [21]

Föersterov perimeter

Je tvorený oblúkovitou doskou, ktorej polomer je 33 cm a šírka 5 cm. Súčasťou tohto typu perimetra je aj opierka pre bradu, ktorú si vieme nastaviť tak, aby mal pacient stred perimetra v strede svojho zorného poľa. Ide o najstarší typ perimetra. Pôvodne bol tvorený plochou doštičkou, čo spôsobovalo príliš vzdialené body v periférii a z toho dôvodu sa vyšetrenie nedalo považovať za objektívne. [23]



Obr. 12 - Föersterov perimetr [23]

Maggioreho perimetr

Jedným z posledných oblúkovitých perimetrov pred nástupom guľových bol typ Maggioreho perimetra. Značky sú premietané na oblúkovitú dosku uprostred ktorej je fixačný kríž. Intenzita značiek sa dala ľahko meniť a výhodou bolo tiež používanie farebných filtrov alebo clony pre zmenu veľkosti testových značiek. Výsledky sú zapisované do schémy automaticky. [12, 23]

3.6 Semi-automatická kinetická perimetria

Tento typ perimetrie kombinuje automatickú statickú a manuálnu kinetickú perimetriu a môžeme ho vykonať na perimetry Octopus alebo Humphrey. Vyšetruje sa pomocou klasickej 90° sférickej kupole pri použití štandardných stimulov podľa Goldmanna. Algoritmy pre toto vyšetrenie boli vyvinuté kvôli nepresnosti štandardnej kinetickej perimetrie. [6, 24, 25, 26]

Vyšetrujúca osoba si zvolí začiatkový štartovný bod, smer a dĺžku vektoru popri ktorom sa pohybuje svetelný stimul vopred danou nemienciou sa rýchlosťou. Pohyb svetelného stimulu je z periférie do centra a zastaví sa až keď ho zaznamená pacient. Spojením týchto zaznamenaných bodov vzniká izoptéra. Najprv testujeme nadprahovú izoptéru, ktorá určí základný, hrubý obrys zorného poľa. Následne môžeme otestovať

rôzne intenzity stimulov pomocou až 10 izoptér na každom oku, tak nám vznikne 3D model, v ktorom jednotlivé izoptéry odpovedajú rôznej citlivosti (vynášané na osu z) v zornom poli. V prípade výskytu centrálnych a paracentrálnych skotomov sa môžu vyšetriť aj pomocou statickej perimetrie. [6, 24, 25, 26]

4 STATICKÁ PERIMETRIA

Statická perimetria zisťuje prahovú citlivosť sietnice na osvit na rôznych miestach v zornom poli. Výhodou je, že dokáže zmerať v ktoromkoľvek z preddefinovaných bodov hĺbku defektu. Najprv sa určí prah citlivosti väčšinou podľa štyroch bodov okolo centra. Následne podľa stratégie, ktorú si zvolíme sa porovná citlivosť v ďalších bodoch. Preddefinované programy riešia kompromis medzi rozsahom vyšetrovanej oblasti, dĺžkou vyšetrenia a požadovanou presnosťou. Súčasne je kontrolovaná spoľahlivosť vyšetrenia a počet strát fixácie. Vždy sa ale bude jednať o subjektívnu vyšetrovaciu metódu, čiže spracovanie dát prostredníctvom počítača, ktoré udá pacient. Ďalšou z výhod tohto vyšetrenia je, že si vieme porovnať predchádzajúce výsledky v databáze. [6, 17, 27, 28]

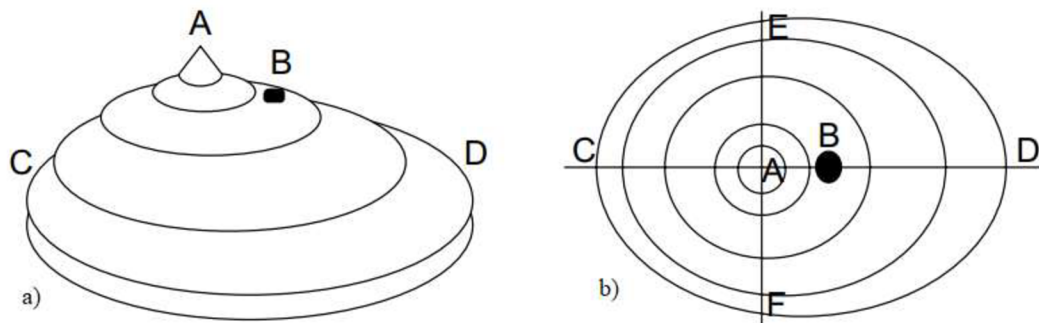
Cieľom tohto vyšetrenia je teda zachytiť odchýlky od hodnôt získaných zo súboru zdravých očí. Ide o optimálnu techniku na detekciu malých skotomov, pretože stimul pri testovaní pomocou statickej perimetrie ostáva vo fixnej polohe. Na posúdenie citlivosti na svetlo je potrebné meniť intenzitu stimulu, tak aby bolo možné stanoviť prah detekcie svetla. Veľkosť stimulu je konštantná a mení sa v intenzite, kým ho pacient nie je schopný zachytiť. Táto intenzita definovaná ako prahový jas L_p stimulu danej farby, veľkosti a trvania na pozadí o určitom jasne vnímaným s 50% pravdepodobnosťou. Vyjadrujeme ju v jednotkách jasu stimulu – cd/m^2 alebo asb. Ďalšou typicky používanou možnosťou je logaritmický popis pomocou diferenciálnej svetelnej citlivosti DLS definovanej vzťahom

$$DLS = -10\log(L_p/L_0),$$

kde L_0 predstavuje referenčný jas odpovedajúci maximálnemu možnému jas použitého stimulu, zvyčajne 10 000 asb. Hodnota DLS sa udáva v dB. Svetelný stimul prezentovaný pod prahovou hodnotou nebude s veľkou pravdepodobnosťou pozorovateľom detegovaný, kým stimul prezentovaný nad prahom detegovaný bude. [6, 17, 27, 28]

Citlivosť zorného poľa môžeme vyjadriť trojrozmerným diagramom, ktorý zachytáva závislosť citlivosti na pozícii v zornom poli. Najväčšia citlivosť sietnice je v centre zorného poľa a smerom k periférii sa znižuje. Výsledkom je tzv. „hill of vision“ – kopec videnia (viď Obr. 13). Jeho výška u zdravej osoby závisí na úrovni okolitého osvetlenia, veku, veľkosti stimulu a jeho trvania. S vekom výška hory klesá kvôli

postupnému strácaniu nervových elementov sietnice a skaleniu optických médií. V niektorých prípadoch je vhodné približne nasimulovať priebeh kopca videnia HoV pomocou niekoľko málo jednoduchých parametrov. Pre tieto účely sa kopec videnia zvyčajne aproximuje kužeľom, ktorý je charakterizovaný centrálnou citlivosťou DLS_{3° (citlivosťou vo vzdialenosti 3° , typické hodnoty sa pohybujú približne okolo 26 dB) a poklesom citlivosti udávaným v dB/10°. Takto vytvorený kužeľ odhaduje HoV pacienta bez väčšiny nedostatkov a môže slúžiť k odhaleniu lokálnych defektov. Akúkoľvek významnú odchýlku od normálnej hory videnia považujeme za výpadok zorného poľa (viď kapitola 1.2). Absolútny defekt v zornom poli znamená oblasť, kde pacient nevidí ani stimul o maximálnom jase. [3, 6, 20]



Obr. 13 - a) Kopec videnia - pohľad z boku, b) Kopec videnia - pohľad z hora: A – centrum zorného poľa, B – slepá škvrna, C – nazálna hranica zorného poľa, D – temporálna hranica zorného poľa, E – horná hranica zorného poľa, F – dolná hranica zorného poľa [6]

4.1 Základné princípy merania

Pri vlastnom meraní sa na pologuli o polomere 33 cm vždy krátko zobrazuje testová značka, pričom jej pozícia je volená náhodne. Pacient s hlavou opretou v opierke fixuje bod umiestnený uprostred pologule a snaží sa zaregistrovať zobrazované značky bez pohybu oka. Pri registrácii značky stlačí tlačidlo ovládača perimetra. Software následne zaznamená, že daná značka bola videná. [28]

Testované značky sa zobrazujú v schéme danej rastrom. Rozlišujeme adaptívny rastr, u ktorého v priebehu vyšetrení nastáva zjemnenie na miestach, ktoré vykazujú odchýlky od normy. Druhým typom je fixný rastr, u ktorého je rozloženie testovaných bodov dopredu dané. Tieto rastry sa ale v praxi príliš nepresadili, pretože predlžujú vyšetrovaciu dobu a sťažujú hodnotenie zmien v čase. Rozlišovacia schopnosť funkčného

rastru sa smerom k centru zorného poľa zvyšuje. Z toho vyplýva, že malé skotomy budú zachytené len v centrálnom zornom poli, kde môžu spôsobovať závažnejšie následky. Smerom k centru stúpa hustota testovaných bodov. V ekvidistantnom rastre majú body väčšinou štvorcový tvar a je medzi nimi rovnaká vzdialenosť. Špeciálne rastry majú zahustenie bodov v konkrétnych oblastiach. Týmto spôsobom môže byť centrálnych 10° vyšetrených hustým zoskupením testovacích bodov (makulárny rastr). Najvyššia hustota testovaných bodov by mala byť zaistená v rozsahu centrálnych 30°. Pri interpretácii nálezov v zornom poli je potreba zohľadniť charakteristiky rastru. U radiálnych rastrov budú mať skotomy skôr oblúkovitý tvar a štvorcové rastry povedú k hranatým tvarom, respektíve k horizontálne alebo vertikálne prebiehajúcim hraniciam skotomu. [6]

Vlastné meranie sa môže vykonávať niekoľkými rôznymi technikami, z ktorých najobvyklejšie sú statická nadprahová metóda používaná pre skrining alebo statická prahová metóda používaná pre detailné zmapovanie zorného poľa.

4.1.1 Statická nadprahová metóda

Nadprahové testovanie zisťuje, či je alebo nie je citlivosť abnormálne nízka v akomkoľvek mieste zorného poľa. Kopec videnia zorného poľa sa mapuje na úrovni stimulu, ktorý sa nachádza zvyčajne 4 až 6 dB nad predpokladanou prahovou hodnotou. Táto predpokladaná prahová hodnota môže odpovedať vekovému normálu alebo môže byť v danom mieste zorného poľa odhadnutá na základe predpokladaného priebehu citlivosti v zornom poli upraveného podľa meraní v niekoľkých bodoch zorného poľa pacienta. V prípade, že pacient značku neregistruje, je dané miesto vyhodnotené ako miesto s abnormálnou citlivosťou. Výsledok môže byť upresnený ďalším testovaním v tomto bode (napr. pomocou prahovej stratégie, viď nižšie). [17, 27, 28, 29]

Nadprahové testovanie je možné použiť u pacientov, ktorí nikdy predtým neboli testovaní, pretože je skvelou voľbou pre skrining. Tieto testy sú oveľa kratšie ako prahové a ponúkajú rýchle vyšetrenie veľkého množstva miest v zornom poli. Nevýhodou však je, že nie sú také citlivé na včasné zachytenie výpadkov v zornom poli. Keďže citlivosť kopca videnia klesá so zvyšujúcou sa excentricitou od fovey je preto možné, že nadprahový stimul na periférii zorného poľa môže viesť k vynechaniu malých defektov vo fovee alebo naopak. [17, 27, 28, 29]

4.1.2 Statická prahová metóda

Cieľom statickej prahovej perimetrie je určiť citlivosť v každom testovacom bode tak, že pacientovi sa premietne stimul 3 až 5krát pre každý testovaný bod. Keďže počet premietaných stimulov je oveľa väčší ako pri nadprahovom testovaní testovanie zaberie zvyčajne čas 5 až 20 minút pre jedno oko. Jas stimulu je v danom mieste merania postupne znižovaný o vopred stanovený krok a je hľadaná medzná hodnota, pri ktorej je stimul pacientom práve registrovaný (resp. je registrovaný s pravdepodobnosťou 50 %). Opakované testovanie daného miesta zorného poľa sa deje na striedačku s testovaním ďalších pozícií. [27, 28, 29]

Modifikáciou tejto techniky je rýchla prahová stratégia tzv. Fast Threshold. Princíp tejto stratégie spočíva v tom, že sa s pomocou vekového kritéria a pravdepodobnostnej funkcie hustoty výskytu vyhodnotí každý nový svetelný bod. Body sa vyhodnocujú buď na základe hodnôt susedných osvietených bodov alebo na základe predchádzajúcich výsledkov pacienta. Na upresnenie odhadu skutočných prahových hodnôt pacienta využívame Bayesových techník. Známe sú dve rozhodnutia:

- bod bol videný – ak pacient bod zaznamenal kdekoľvek nad hodnotou normálnej vekovej hranice mínus 4 dB, bod sa považuje za otestovaný,
- bod nebol videný - ak je úroveň 0 dB, bod je otestovaný.

Ak bod nebude pomocou týchto dvoch testov otestovaný, tak pre nasledujúce osvietenie sa vypočíta interval pravdepodobného výskytu. Bod bude považovaný za dokončený nezávisle na tom, či bol videný alebo nie, ak je interval menší alebo rovný 4 dB. [20]

Statická prahová perimetria sa na rozdiel od nadprahovej nepoužíva na rýchli skrining, ale je citlivejšia na detekciu skorých výpadkov v zornom poli. Výhodou je, že obsahuje dobré programy štatistickej analýzy na pomoc pri rozpoznávaní chýb a pri identifikácii zmien. Na druhú stranu nevýhodou môže byť častokrát zdĺhavé vyšetrenie, čo zapríčini únavu pacienta a tým môže klesnúť aj spoľahlivosť výsledkov. [28]

Dôležité je si uvedomiť, že ak pri prvom vyšetrení zaznamenáme zlý výsledok, môže to byť spôsobené nesprávnou spoluprácou pacienta s prístrojom. Je potreba poznať zrakovú ostrosť pri každom vyšetrení, pretože ak je zhoršená stanoví sa vyšší prah citlivosti, čo nám zdanlivo môže zlepšiť výsledok. Taktiež je potrebné si dávať pozor,

aby sme nezamenili pravé a ľavé oko. Výsledky by mali odpovedať anatómii zrakovej dráhy, preto pri zhoršenom náleze na perimetri treba vylúčiť fyzický aj psychický stres. [28]

4.2 Možnosti zobrazenia výsledkov

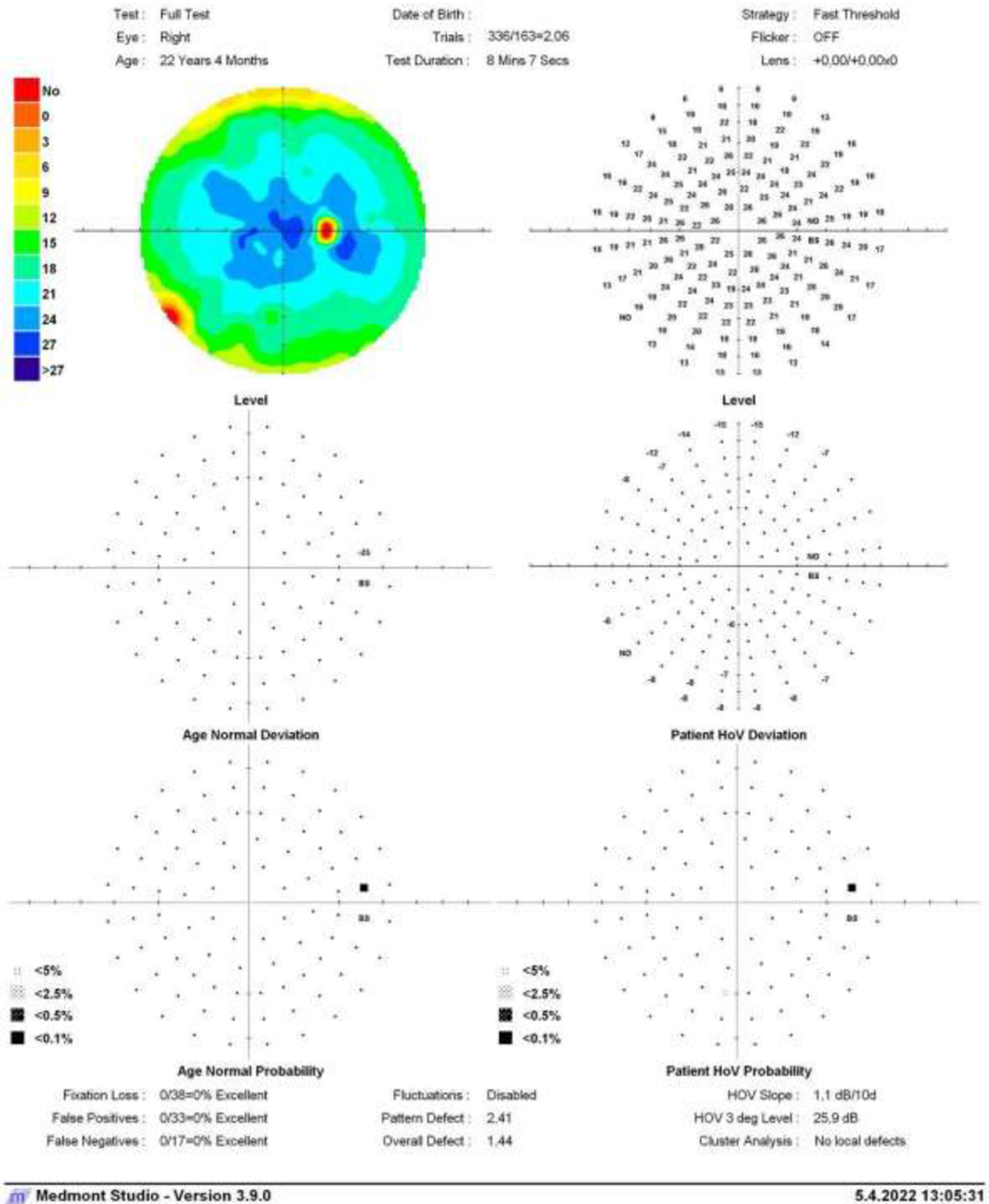
Ako výsledok statickej perimetrie máme k dispozícii diagram citlivosti, ktorý obsahuje základné údaje o pacientovi, typ vyšetrenia a najmä mapu citlivosti v závislosti na pozícii zorného poľa. Táto mapa môže byť buď v číselnej podobe alebo v podobe dvojrozsmernej farebnej mapy, prípadne trojrozsmerného diagramu. Ďalej obsahuje informácie o kvalite vyšetrenia, modernejší typ perimetru dokáže zhodnotiť fixáciu, prípadne určiť aj šírku zrenice. [10]

Najjednoduchšou formou zobrazenia údajov je pomocou číselných dát. Údaje znázorňujú prahové hodnoty v decibeloch usporiadaných v priestorových miestach testovacej mriežky. Najväčšia citlivosť sa nachádza v centrálnom zornom poli a smerom k periférii postupne klesá, čo nám znázorňuje kužeľ videnia. Hodnota 0 dB predstavuje hodnotu najjasnejšieho svetelného podnetu, ktorú je perimeter schopný vytvoriť. Ak je hodnota menšia ako 0 dB znamená to, že pacient nezaregistroval stimul o maximálnom jase, avšak nemusí to znamenať, že nevníma svetlo v danej oblasti zorného poľa. [27]

Aby sa dali hodnoty ľahšie interpretovať než pomocou číselných dát, zobrazujeme ich pomocou farebnej mapy. Rozsahy hodnôt citlivosti sú reprezentované rôznymi farbami, tmavé farby značia nízku citlivosť a svetlé vysokú citlivosť. Hodnoty citlivosti sa menia obyčajne po kroku 5 dB. Pre rýchle a prehľadné vyhodnotenie môže byť mapa prezentovaná tiež v stupňoch šedej, kde tmavšie miesta značia horšiu citlivosť. Čo môžeme považovať za nevýhodu, pretože aj miesta s dobrou citlivosťou môžu v skutočnosti obsahovať abnormality a naopak miesta s nižšou citlivosťou v porovnaní s okolím sa môžu strácať. [27]

Ďalšou formou prezentácie údajov zorného poľa je porovnanie citlivosti s normálnou citlivosťou zodpovedajúcou veku, popr. s predpokladanou citlivosťou u daného pacienta, odhadnutou na základe aproximácie kopca videnia kužeľom. Poskytujú výsledok, či dané miesto bude normálne alebo abnormálne. Výsledok tiež môže byť interpretovaný pravdepodobnostne, kedy je vyhodnotená pravdepodobnosť výskytu danej odchýlky v normálnej populácii. Jednotlivé vyšetrenia v rôznych časoch je

taktiež možné medzi sebou graficky porovnávať, zisťovať prípadné zmeny a je možné vykonať regresnú analýzu týchto zmien. [27]



Obr. 14 - Ukážka zobrazenia výsledkov z vyšetrenia na perimetri Medmont M700

4.3 Základné parametre zorného poľa a kvality vyšetrenia

Zorné pole možno okrem citlivosti v jednotlivých bodoch charakterizovať aj súhrnnými parametrami, ktoré možno napr. porovnávať v čase. Pre vyhodnotenie použiteľnosti vyšetrenia sú podstatné taktiež parametre, ktoré hodnotia kvalitu a spoľahlivosť tohto vyšetrenia, ako sú falošne pozitívne, či negatívne reakcie alebo strata fixácie. Nižšie je uvedený prehľad týchto kľúčových, ktoré sú použité v experimentálnej časti práce.

4.3.1 Celkový defekt - OD

Index OD, čiže celková porucha predstavuje priemerný rozdiel medzi HoV vekového normálu a priemernou odchýlkou HoV pacienta a jedná sa o jednu zo základných charakteristík. Toto číslo nám môže udávať aj záporné hodnoty v prípade, ak je HoV pacienta menšie než HoV vekového normálu. Závažnosť celkovej poruchy sa hodnotí aj z hľadiska veku. [10, 20]

4.3.2 Pattern defekt - PD

Index PD je založený na priestorovej korelácii a predstavuje stupeň zhlukovania a závažnosti porúch. Ide o priemernú hodnotu odchýlky HoV určitého bodu a jeho susedných bodov. V prípade, že sú odchýlky HoV pacienta v poli rozložené skôr náhodne, bude index PD malý. Ak sa budú odchýlky hromadiť, index sa zvýši. [10, 20]

4.3.3 Falošne pozitívne reakcie

Tento typ reakcií nám ukazuje, že pacient nereaguje na samotné osvetlenie, ale reaguje na rytmus osvetlenia. Tlačidlo stláča v tom prípade, keď očakáva, že príde k osvetleniu, bez ohľadu na to, či je stimul skutočne zobrazený. Pacienta by sme mali poučiť, že prístroj určitú dobu na odpoveď čaká, aj keď je osvetlenie veľmi krátke. Celkovo by mal reagovať rozvážnejšie a pomalšie. Test pozostáva v tom, že niekoľkokrát počas vyšetrenia, v okamihu, kedy by mal byť stimul prezentovaný, nepríde k jeho prezentácii. Pacient by teda nemal zareagovať. V prípade, že zareaguje sa zvýši o jednu počet nepravdivých kladných reakcií. Prekročenie nepravdivých záporných reakcií nad 33 % a viac znamená nízku spoľahlivosť pacienta. Výsledky sa zobrazujú v pomere videl/nevidel, napríklad $2/15 = 13\%$. [10, 20]

4.3.4 Falošne negatívne reakcie

Zo svetelných bodov, ktoré už boli otestované na úrovni 9 dB a vyššie bude následne vybraný náhodný svetelný bod osvietený na úrovni o 9 dB nižšej. To znamená jasnejšie, než je jeho otestovaná úroveň – stimul by teda mal byť určite vidieť. Ak pacient tento bod nezaznamená, počet nepravdivých záporných reakcií sa nám o jednu zvýši. Tieto záporné reakcie sa nám môžu vyskytovať v prípadoch, keď je pacient pomalší, klesne jeho pozornosť alebo si myslí, že je neskoro zareagovať, ak svetelný bod už zhasol. Taktiež môžu byť spôsobené chorobou v miestach so zníženou citlivosťou alebo cielenu simuláciou špatných odpovedí. Dôležité je vedieť rozlíšiť, či nepravdivé záporné reakcie boli spôsobené dôsledkom ochorenia alebo dôsledkom pozornosti pacienta. Prekročenie nepravdivých záporných reakcií podobne ako kladných nad 33 % znamená nízku spoľahlivosť. Aj v tomto prípade výsledky zapisujeme v pomere videl/nevidel. [10, 20]

4.3.5 Strata fixácie

V priebehu testu približne vo frekvencii každých desať osvetlení periméter osvieti slepú škvŕnu. Po správnosti by pacient slepú škvŕnu nemal zaznamenať, ak osvetlenie slepej škvŕny uvidí znamená to, že pacient správne nezameriava fixačnú značku. V prípade pozitívnej reakcie pacienta sa toto testovanie opakuje a v prípade opakovaných nežiaducich reakcií je navrhnutá oprava pozície predpokladanej slepej škvŕny v zornom poli. Výsledok je zaznamenaný počtom videných/zobrazených prezentácií slepej škvŕny, popr. v %. Ďalšou sofistikovanejšou možnosťou, ktorá je k dispozícii u drahších typov perimetrov, je kontrola fixácie pomocou kamery. [10, 20]

4.3.6 Spoľahlivosť testu

Bežne používané parametre na posúdenie kvality spoľahlivosti vyšetrenia sú strata fixácia, falošne pozitívne a falošne negatívne reakcie. V prípade straty fixácie vyššej než 20% sa hodnotí test ako nízko spoľahlivý, v prípade falošne pozitívnych a falošne negatívnych reakcií za nízku spoľahlivosť testu považujeme, ak počet reakcií dosiahne alebo dokonca presiahne 33 %. [20]

4.4 Typy počítačových perimetrov

Počítačové perimetry obsahujú programy, ktoré využívajú rôzne stratégie. Sledujú a zaznamenávajú prípadné chyby a správnu fixáciu. Rôzni výrobcovia používajú mierne odlišné parametre (napr. rôzne spôsoby kontroly fixácie, odlišné rozsahy meraného zorného poľa, špecifické prednastavené programy vyšetrenia atď.). V nasledujúcom texte budú zhrnuté parametre najčastejšie používaných prístrojov firiem Oculus a Zeiss a Haag-Streit. Ďalším rozšíreným perimetrom je perimeter firmy Medmont, ktorý bol tiež použitý v experimentálnej časti práce. [6]

Počítačový perimeter Centerfield od firmy Oculus (viď Obr. 15) je celozorný perimeter 0 - 70° vo vertikálnej aj horizontálnej rovine pre normálnu statickú perimetriu, automatickú kinetickú perimetriu a farebnú modro-žltú SWAP perimetriu. Je ovládaný pomocou notebooku alebo stolného počítača. Perimeter obsahuje veľa programov pre testovanie rôznych oblastí zorného poľa (napr. screeningový, glaukómový...). Maximálny počet vyšetovaných bodov je 249, v centrálnej oblasti (0 - 30°) maximálne 188. Stimulačné body sa zobrazujú pomocou projekčného systému zozadu, vďaka čomu je zachovaná rovnaká intenzita a veľkosť bodov. Namerané dáta si vieme uložiť do pamäti a následne si ich môžeme porovnať s novými výsledkami a vyhodnotiť tak zmeny pacientovho zorného poľa. [6, 30]

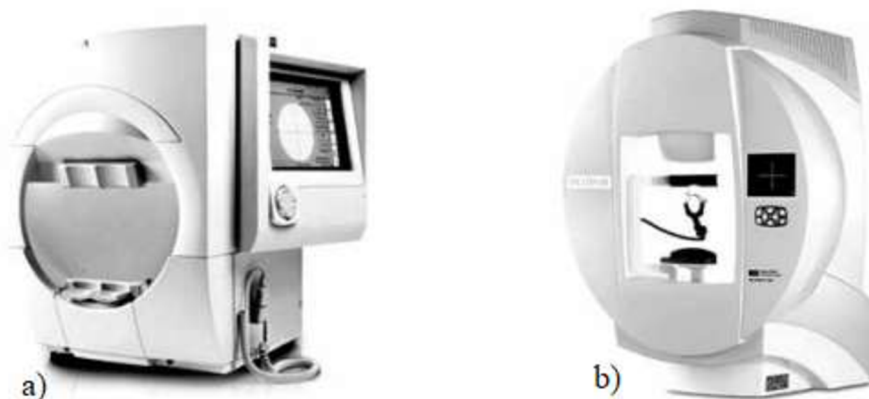


Obr. 15 - Počítačový perimeter firmy Oculus - Centerfield 2 [30]

Ďalšími príkladmi počítačových perimetrov sú perimeter Humphrey od firmy Zeiss a perimeter Octopus od firmy Haag-Streit (viď Obr. 16). Počítačový perimeter

Humphrey obsahuje viacero vyšetrovacích stratégií a je využívaný pre diagnostiku a sledovanie glaukómu a taktiež v diagnostike defektov makuly. Navyše obsahuje aj testovaciu stratégiu, ktorá meria rozsah celého zorného poľa 120°, čo je prínosné pri vyšetrení zorného poľa vodičov, nejasných príčin strát zraku alebo u neurologických pacientov. [22]

Aj perimeter Octopus vykonáva štandardné prahové testovanie v centrálnom aj periférnom zornom poli. Umožňuje nám vykonávať testy na princípe statickej aj kinetickej perimetrie a dokáže detegovať skoré glaukómové zmeny. [31]

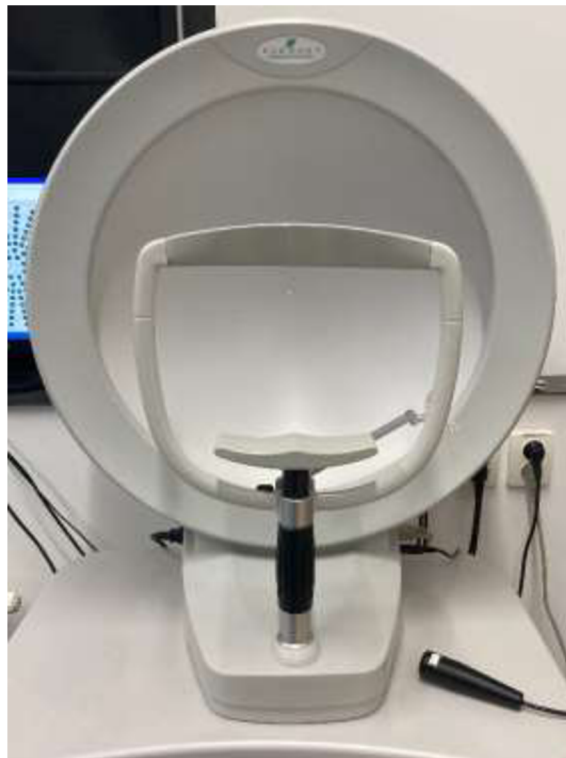


Obr. 16 - a) Počítačový perimeter firmy Zeiss - Humphrey, b) Počítačový perimeter firmy Haag-Streit – Octopus [6]

4.5 Automatický perimeter Medmont M700

Perimeter Medmont M700 poskytuje spoľahlivé zobrazenie rýchlych prahových testov zorných polí a podrobné údaje o ich priebehu. Testovanie zorného poľa sa vykonáva technikou statickej perimetrie. Správna fixáciu zraku pacienta sa kontroluje v priebehu celého vyšetrenia pomocou priebežne zobrazovaných podnetov v oblasti slepej škvrny, ktoré by pri správnej fixácii nemali byť videné. Testované stimuly sú tvorené LED diód, ktoré sú v pevnom raste pripevnené k zadnej strane poglobule perimetra. Farba podnetov je blede zelené LED svetlo o vlnovej dĺžke 565 nm. Intenzitu podnetov možno voliť v 16 úrovniach po $3 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$ v rozmedzí od 0 dB (maximálny jas) až do 46 dB (minimálny jas) a veľkosť podnetov predstavuje Goldmannovu veľkosť III, čiže $0,43^\circ$. [20, 32]

Program Medmont ponúka 15 šablón testov, ktoré sa dajú jednoducho upraviť (ide napr. o test dvojitého videnia, vodičský test, úplný test, test zeleného zákalu, neurologický test, test slepej škvrny alebo periférny test), prípadne je možné si vytvoriť vlastnú špecifickú šablónu. Pomocou tohto typu perimetra je možné vyšetriť centrálnu aj periférnu časť zorného poľa. Pri testovaní centrálného zorného poľa do 30° sa pacientovi premieta až 100 svetelných stimulov postupne po 3°. Periférne zorné pole sa vyhodnocuje v rozsahu 80°. Perimeter využíva techniku novej prahovej stratégie tzv. Fast Threshold, ktorá skraca dobu vyšetrenia testu oproti štandardnej prahovej stratégii takmer na polovicu (viď kapitola 4.1.2). Napríklad vyšetrenie centrálnych častí zorného poľa môže trvať len približne 3 minúty bez ohrozenia presnosti testovania. Čas odozvy pacienta je u všetkých testov nepretržite monitorovaný a podľa toho sa upraví rýchlosť prezentácie podnetov. [20, 32]



Obr. 17 - Automatický perimeter Medmont M700

5 POKROČILÉ VYŠETROVACIE METÓDY PERIMETRIE

Pre diagnostiku a sledovanie zmien v zornom poli je štandardom stimul na bielom pozadí. Tento stimul je odhaľovaný hlavnými skupinami gangliových buniek, a to magnocelulárnymi a pravocelulárnymi. Keďže sa receptívne polia týchto buniek prekrývajú, odhalenie začínajúcich patologických zmien je tak oveľa zložitejšie. Včasná detekcia defektov zorného poľa je však dôležitá pri diagnostike a liečbe. Dnes je nám známe, že defekty zorného poľa pri štandardnej perimetrii sa objavajú až pri strate väčšej časti nervových vlákien a navyše ak je poškodenie príliš lokalizované, nemusíme tak pomocou štandardnej automatickej perimetrie defekt zorného poľa v začínajúcich štádiách zachytiť. Z toho dôvodu sú stále hľadané nové perimetrické stratégie, ktoré by dokázali odhaliť zmeny v zornom poli čo najskôr použitím špeciálnych stimulov testujúcich konkrétnu podskupinu gangliových buniek sietnice. Zároveň sa očakáva, že nové metódy budú rýchlejšie, vyhodnotenie bude mať lepšiu diagnostickú presnosť a dokážu rozpoznať aj minimálny progres ochorenia. [6]

5.1 SITA

Ide o metódu, ktorá sa veľmi podobá štandardnej perimetrii, teda švédsky interaktívny prahový algoritmus. Vyšetrenie prebieha na Humphrey perimetrii a veľkou výhodou je krátka vyšetrovacia doba. V porovnaní so štandardnou perimetriou je vyšetrenie asi o polovicu kratšie, no presnosť je rovnako kvalitná. Vyšetrenia majú vyššiu prahovú citlivosť o 1 až 2 dB. [26, 33, 34]

Výhodami SITA metódy sú presnosť, kvôli kratšej dobe vyšetrenia je pacient menej unavený a väčšine pacientov táto metóda vyhovuje, pretože sa prispôsobuje ich reakčnému času. Chyby meraní prahových hodnôt odhalených v priebehu testu sa porovnávajú s dvomi modelmi zorného poľa, glaukómatóznym a normálnym modelom. Zabezpečuje to lepšie vyhodnotenie výsledkov. [26, 33, 34]

5.2 FDT perimetria – technológia zdvojenej frekvencie

FDT perimetria testuje funkciu gangliových buniek magnocelulárnej zrakovej dráhy, ktoré zaznamenávajú podnety o vysokej časovej frekvencii a nízkom kontraste, teda podnety, ktoré zaisťujú vnímanie pohybu. Táto metóda je schopná zachytiť zmeny v zornom poli skôr než klasická počítačová perimetria. Je založená na fenoméne tzv. frequency-doubling-illusion, pomocou ktorého zisťujeme prahovú citlivosť na kontrast svetelnými podnetmi. Stimuly u FDT perimetrie sú tvorené sínusovou mriežkou, ktorá sa s určitou frekvenciou mení (viď Obr. 18). Je zisťovaný kontrast, ktorý potrebujeme pre detekciu stimulu. Výsledok sa porovná s vekom korigovanými hodnotami kontrastnej citlivosti s normami v databáze prístroja. Vyšetrenie prebieha na podobnom princípe ako u klasickej perimetrie, pacient sa pozerá na čiernu bodku uprostred obrazovky a stláča tlačidlo, keď uvidí mriežku. Viaceré štúdie ukázali, že FDT perimetria je spoľahlivá metóda na detekciu glaukómu. [6, 35]

Prvú generáciu FDT perimetru tvorí štvorcová sínusová mriežka. Stimuly sú zobrazované maximálne 720 ms a prezentované na 18 testovaných miestach v centrálnom zornom poli o rozsahu 20-30°. Nakoľko veľké stimuly obmedzovali schopnosť monitorovať zmeny a defekty zorného poľa, prišla druhá generácia FDT perimetru, tzv. Humphrey Matrix. Začalo sa využívať menších a početnejších stimulov. Ich časová frekvencia je v porovnaní s pôvodnou verziou nižšia a priestorová vyššia. Za výhodu u tohto typu perimetrie považujeme krátku testovaciu dobu. Vyšetrenie jedného oka pomocou prahovej stratégie trvá asi 4 minúty. [6, 35]



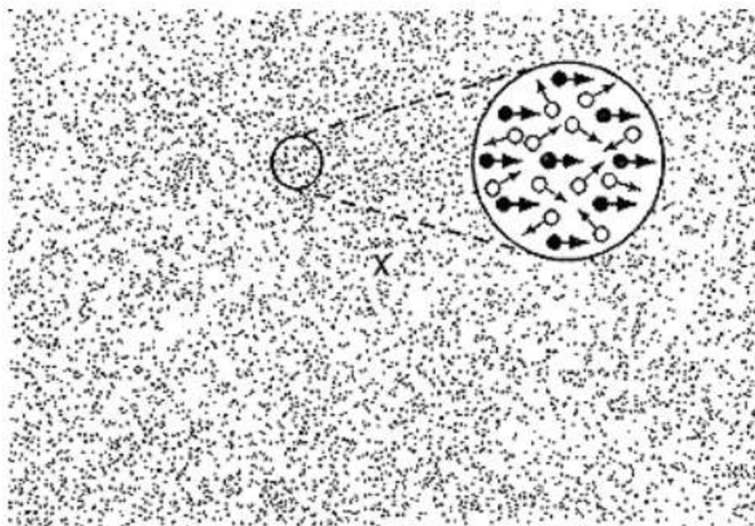
Obr. 18 - Stimul FDT perimetrie – sínusová mriežka s opačnou frekvenciou [33]

5.3 Blikajúca perimetria

Blikajúca (flicker) perimetria patrí medzi ďalšie metódy vyšetrenia zorného poľa. Tento typ perimetrie využíva k vyšetreniu blikajúci svetelný stimul, na ktorý pacient reaguje. Pacient by mal reagovať len v prípade, že svetelný stimul vníma ako blikanie. Ak pacient bod videl, ale blikanie nie je zrejmé, nemal by reagovať. Vďaka schopnosti pozorovať striedavo svetlý a tmavý stimul sa zorné pole testuje v rôznych miestach. V centrálnej časti zorného poľa rozlišujeme blikajúce podnety najlepšie a smerom do periférie sa táto schopnosť znižuje. Blikajúca perimetria sa sústreďuje na funkciu gangliových buniek sietnice, ktorých poškodenie sa prejaví poklesom vnímavosti blikajúcich stimulov. Týmto spôsobom môžeme včas odhaliť glaukóm, očnú hypertenziu, či ďalšie očné a neurologické poruchy. [20, 36]

5.4 Perimetria detekcie pohybu

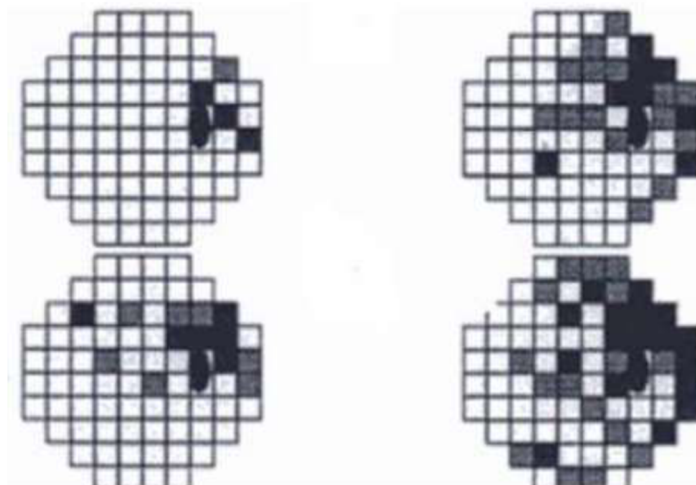
Perimetria detekcie pohybu je metóda, ktorá vyjadruje schopnosť pacienta zachytiť zmenu polohy bodov v kruhovej oblasti oproti nepohybujúcim sa bodom na pozadí. Informácie o pohybe sú predávané magnocelulárnymi bunkami zrakovej dráhy, ktoré zaznamenávajú pohyb a ich skorý výpadok môže poukazovať na glaukómové ochorenie. Testovacie pozadie sa skladá z 10 000 náhodne rozmiestnených značiek. Polovica testovaných stimulov sa pohybuje všetkými smermi a druhá polovica sa pohybuje odstredivo, kým kruhový terč zostáva stacionárny. Pacient vyberá zo 17 veľkostí vyšetrovaných bodov a jeho úlohou je ukázať a rozoznať smer pohybu testovacej značky pomocou svetelného pera. Vyšetrenie prebieha v zatemnenej miestnosti zo vzdialenosti 22 cm a k vyhodnoteniu používame databázu zdravých pacientov pre porovnanie výsledkov meraní. [37]



Obr. 19 - Perimetria detekcie pohybu [37]

5.5 Modro žltá perimetria – SWAP

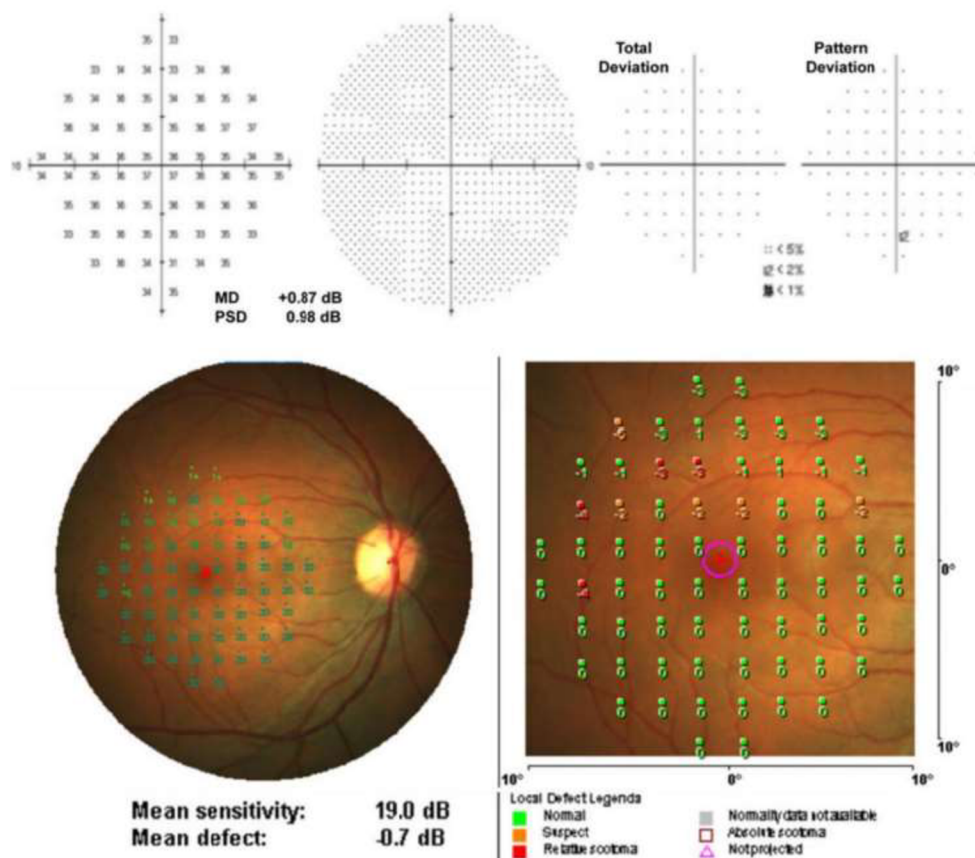
Modro žltá perimetria, teda SWAP pochádza z anglického slova short-wavelength automated perimetry, čo v preklade znamená krátkovlnná automatická perimetria. Využíva detekciu modrého stimulu na žltom pozadí pre zisťovanie citlivosti na svetlo o krátkych vlnových dĺžkach. Detekcia v oblasti krátkych vlnových dĺžok je sprostredkovaná koniocelulárnymi gangliovými bunkami. Testuje sa citlivosť čapíkov pre modrú oblasť a zároveň sa potláčajú ostatné čapíky a tyčinky adaptáciou na jasne žlté svetlo. Najskôr sa predpokladalo, že modro žltá perimetria by mohla zachytiť glaukómové zmeny v zornom poli skôr než klasická perimetria. Avšak neskôr sa preukázalo, že je pre pacientov náročnejšia, ovplyvňuje ju zakalenie šošovky, vyšetrenie trvá dlhšie, čo nám komplikuje hodnotenie progresie. Až neskoršie uvedenie modro žltej perimetrie v režime rýchlej prahovej stratégie prinieslo lepšiu využiteľnosť v praxi. [6, 38]



Obr. 20 - Ukážka vyšetrenia modrozľtej (SWAP) perimetrie [33]

5.6 Mikroperimetria

Mikroperimetria je špeciálna metóda vyšetrenia zorného poľa, ktorá umožňuje sledovať efekt terapie v čase. Predstavuje kombináciu subjektívnej počítačovej perimetrie v malej centrálnej oblasti a objektívneho vyobrazenia sietnice s premietnutými testovanými bodmi pomocou digitálnej fundus kamery. Pomocou tejto formy perimetrie sledujeme funkciu sietnice a zároveň aj jej morfológiu. Umožňuje nám vyhodnotiť nielen citlivosť sietnice v makulárnej oblasti, ale aj absolútne skotomy v jednotlivých miestach, falošne negatívne a pozitívne chyby a taktiež aj kontrolu fixácie pacienta. Výsledok vyšetrenia obsahuje mapu zorného poľa pacienta a obraz z fundus kamery. K interpretácii výsledkov sa používa decibelová stupnica, ktorej hodnoty sú farebne odlišené. Zelená farba predstavuje normálne hodnoty, žltá stredne závažné a červená farba značí ťažký stupeň poškodenia až absolútny skotom (viď Obr. 21). Mikroperimetria sa považuje za vhodnú a prínosnú metódu ku zhodnoteniu efektu terapie u makulárnych ochorení, ako napríklad u vlhkej formy VPMD. Považujeme ju za presnú, rýchlu a nezaťažuje príliš pacienta. [39, 40]



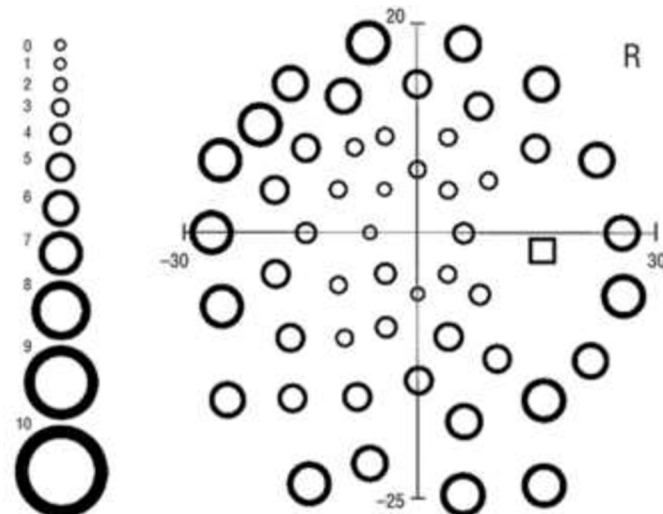
Obr. 21 - Mikroperimetria - na obrázku je vyobrazená mapa zo subjektívnej počítačovej perimetrie a obraz z fundus kamery [40]

5.7 High-pass resolution perimetria

Ide o metódu, ktorá zisťuje prah rozlíšenia, teda skúma schopnosť sietnice rozoznať stimuly stále menšej veľkosti. Od predchádzajúcich techník vyšetrovania zorného poľa sa líši najmä tým, že ako testovaciu značku používa sériu prstencových značiek. Generované sú na monitore a majú rôznu veľkosť. Prstencovú značku tvorí kruh so svetlým stredom a obklopený je tmavšími okrajmi (viď Obr. 22). [41, 42, 43]

Pomocou tohto typu perimetrie sa testuje 50 miest centrálného zorného poľa do 30°, testované sú gangliové bunky pravocelulárneho systému. Veľkosť najmenšieho kruhu, ktorý pacient uvidí udáva hodnotu jeho prahu rozlíšenia. Výsledok je tým lepší, čím menší kruh pacient uvidí. Medzi výhody patrí kratšia doba vyšetrenia, schopnosť dobre detegovať stratu zraku u glaukómu a schopnosť zaznamenať progresiu v zornom

poli skôr než klasická automatická perimetria. Táto metóda však k dnešnému dňu nie je veľmi preskúmaná. [41, 42, 43]



Obr. 22 - Ukážka merania pomocou HRP perimetrie (normálny nález na pravom oku) [44]

6 VPLYV OKOLITÉHO RUCHU NA VYŠETRENIE ZORNÉHO POĽA

V teoretickej časti práce bola popísaná perimetria obecné so zameraním sa na statickú perimetriu a parametre, ktoré môžeme vyhodnocovať po vyšetrení. Bolo tiež zhrnuté, že výsledky merania môžu byť ovplyvnené radou ďalších parametrov vrátane okolitých podmienok. V našom experimente sme sa zamerali predovšetkým na vplyv nežiaduceho okolitého zvuku. Nepodarilo sa dohľadať žiadne ďalšie publikácie, ktoré by sa touto problematikou bližšie zaoberali. Konkrétnym cieľom výskumnej časti práce bolo zistiť vplyv rušivých zvukových efektov na vyšetrení zorného poľa pomocou statického perimetra Medmont M700. Pozorované boli nasledovné parametre – čas trvania testu, strata fixácie, spoľahlivosť testu, falošne pozitívne a falošne negatívne reakcie, celkový defekt OD, pattern defekt PD a charakteristiky kužeľa videnia (DLS_{3° a strmosť HoV v dB/10°). Bolo predpokladané, že vyšetrenie pri rušivom zvuku zhorší fixáciu a tým pádom aj ovplyvní veľkosť defektov a výpadkov v zornom poli. Nakoľko sa perimetrické vyšetrenie vykonáva v zdravotníckych zariadeniach, kde pri bežnej prevádzke môžu pacienti znižovať pozornosť rôzne rušivé elementy z okolia a nemusí byť plne sústredený na vyšetrenie. Ďalším cieľom bolo zistiť opakovateľnosť merania sledovaných parametrov zorného poľa a vplyv rušivého zvuku na tieto parametre. Predpokladali sme, že rušivý zvuk zhorší opakovateľnosť meraní.

6.1 Súbor probandov a metodika

V rámci výskumu bolo zorné pole zmerané dokopy 30 ľuďom (5 mužov a 25 žien). Priemerný vek meraných osôb bol 22,3 so smerodajnou odchýlkou 1,7. Výskumu sa mohli zúčastniť osoby vo veku 18 – 35 rokov, ktorí zároveň mali nekorigovanú víziu do blízka 1,0. Nakoľko bol účastník výskumu vystavený blikajúcim podnetom, vylúčené boli preto osoby, u ktorých by takýto zrakový vnem mohol vyvolať negatívnu odozvu, popr. záchvat (v prípade epileptikov). Pred vlastným meraním bol každému účastníkovi vysvetlený postup a priebeh merania, na základe čoho každý účastník následne podpísal informovaný súhlas.

Meranie prebiehalo v laboratóriách optometrie na Katedre optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Každý proband sa výskumu zúčastnil vo

dvoch fázach, a to s rozstupom jedného týždňa, vždy približne v rovnakú dennú dobu, pričom jedna fáza merania zaberala účastníkovi asi 30 minút. Bolo požadované aby účastník bol pred každým meraním približne v rovnakej psychickej aj fyzickej kondícii. V priebehu každej fáze prebehli dve čiastkové merania (dĺžka jedného merania bola v priemere 10 minút), medzi meraniami bola 10 minútová prestávka.

Merania boli vykonávané na statickom perimetri, kde bolo účastníkovi merané zorné pole o rozsahu 50° pomocou úplného (full) testu pri použití rýchlej prahovej stratégie (Fast Threshold – vid' kapitola 4.1.2). Každý účastník sedel s hlavou opretou v špeciálnej opierke a jedným okom sledoval fixačné svetielko, druhé oko bolo prekryté klapkou. Vyšetrované bolo vždy len pravé oko. Úlohou vyšetrovaného bolo periférne registrovať svetelné podnety, na ktoré reagoval stlačením tlačidla.

Fáza 1

Každému účastníkovi bolo náhodne vybrané poradie pomocou hodu kockou (nepárne číslo – s rušivým zvukom, párne – v tichosti). Následne bolo realizované samotné vyšetrenie. Jedno čiastkové meranie v danom dni prebehlo za štandardných podmienok, tj. v zatemnenej miestnosti, v tichosti. Nasledovala pauza a pri druhom čiastkovom meraní v danom dni bola účastníkovi pomocou reproduktorov pustená nahrávka s rušivými zvukmi. Tieto zvuky predstavovali bežné rušivé podnety z okolia (zvuk budíka, dopravy, mobilného telefónu, rozhovor dvoch ľudí, hudba).

Fáza 2

Druhá fáza prebehla s rozstupom jedného týždňa, pričom vyšetrované bolo opäť len pravé oko, použitý rovnaký test a znova prebiehali dve čiastkové vyšetrenia. Rozdiel bol len v tom, že sa zámerne prehodilo poradie, to znamená, že ak počas prvej fáze absolvoval účastník prvé čiastkové meranie s rušivým zvukom, tak v druhej fáze prebehlo prvé čiastkové meranie v tichosti. Nasledovala pauza a posledné čiastkové meranie v druhej fáze.



Obr. 23 - Ukážka vyšetrenia na prístroji Medmont M700

Analýza dát

Namerané dáta boli súhrnne charakterizované pomocou priemerných hodnôt a smerodajných odchýlok. Porovnanie jednotlivých meraných hodnôt boli vzhľadom k nenormálnemu rozdeleniu veľkej časti originálnych dát vykonané Wilcoxonovým párovým neparametrickým testom.

Opakovateľnosť bola hodnotená pomocou Bland-Altmanovej analýzy, pričom číselne bola charakterizovaná koeficientom opakovateľnosti CoR , stanoveným ako 1,96násobok smerodajnej odchýlky rozdielových dát z prvého merania (testu) a druhého merania (retestu).

Vzájomné porovnanie sledovaných parametrov zistených za prítomnosti zvuku a v tichosti bolo mimo Wilcoxonovho párového testu podrobne vyhodnotené tiež pomocou Bland-Altmanovej analýzy. Hodnotené boli len parametre charakterizujúce hodnoty zorného poľa, nie spoľahlivosť testu. V rámci tejto analýzy boli vynesené

čiasťkové rozdiely sledovaných parametrov zistené za oboch sledovaných podmienok v závislosti na čiasťkových priemeroch. Ďalej bol vymedzený 95% konfidenčný interval rozdielových hodnôt, pričom jeho polo šírka bola stanovená ako 1,96 násobok smerodajnej odchýlky rozdielových dát.

Všetky štatistické testy prebehli na hladine významnosti 0,05. V texte sú tiež uvedené medzné hladiny významnosti p , pri ktorých by práve došlo k zamietnutiu rovnosti dát. Vzhľadom k opakovaným porovnaniam dát bola použitá Bonferroniho korekcia pre opakované porovnanie, tj. pre výslednú hladinu významnosti 0,05 bolo potrebné čiasťkové porovnanie hodnotiť na hladine významnosti $0,05/n$, kde n je počet vykonaných porovnaní (pre $n = 9$ je potrebné korigovať čiasťkovú hladinu významnosti na 0,0056). Štatistická analýza vykonaná Wilcoxonovým neparametrickým párovým testom bola vykonaná v programe Statistica 13, ostatné spracovanie dát metódou Bland-Altmanovej analýzy prebehlo v programe MS Excel.

6.2 Výsledky

Vplyv poradia merania v danom dni

Štatistické porovnanie hodnôt väčšiny sledovaných parametrov v prípade vyšetrenia bez rušivého zvuku nevykázalo žiadne signifikantné rozdiely medzi tým, či dané meranie bolo v príslušný deň vykonávané ako prvé alebo ako druhé (Wilcoxonov párový test, $p = 0,47$ pre stratu fixácie, $p = 0,94$ pre falošne pozitívne reakcie, $p = 0,86$ pre falošne negatívne reakcie, $p = 0,76$ pre spoľahlivosť testu, $p = 0,84$ pre celkový defekt OD, $p = 0,077$ pre pattern defekt PD, $p = 0,91$ pre DLS_3 a $p = 0,87$ pre strmosť HoV v $\text{dB}/10^\circ$). Výnimkou bola len doba trvania testu ($p = 0,0066$), kedy prvé meranie prebiehalo signifikantne dlhšiu dobu oproti druhému meraniu, ako vyplýva z tab. 2. Po Bonferroniho korekcii na opakované merania vykonané pre každú z podmienok (tj. bez zvuku a so zvukom) samostatne je pozorovaný rozdiel štatisticky tesne nevýznamný. Tento rozdiel je navyše relatívne malý a nie je ani tak podstatný z klinického hľadiska. Vzhľadom k tomu, že hodnoty popisujúce kvalitu vyšetrenia a vlastné defekty v zornom poli sa výrazne nelíšili, nie je braný ohľad v ďalšej analýze na poradie meranie v danom dni.

Tab. 2 – Priemerné hodnoty a smerodajné odchýlky (*SD*) sledovaných parametrov s ohľadom na poradie vyšetrenia v danom dni bez rušivého zvuku.

Bez rušivého zvuku - 1. meranie v danom dni									
	čas	strata fixácie	falošne pozitívne reakcie	falošne negatívne reakcie	spoľahlivosť testu	OD	PD	strmosť HoV (dB/10°)	DLS_3°
priemer	9,32	7,0	2,0	2,6	8,5	1,4	3,1	1,90	26,8
SD	0,94	9,7	4,2	3,5	1,5	1,2	1,0	0,52	1,3
Bez rušivého zvuku - 2. meranie v danom dni									
	čas	strata fixácie	falošne pozitívne reakcie	falošne negatívne reakcie	spoľahlivosť testu	OD	PD	strmosť HoV (dB/10°)	DLS_3°
priemer	8,96	7,8	1,6	2,2	8,4	1,4	2,74	1,92	26,8
SD	0,93	9,0	2,3	3,3	1,3	1,2	0,58	0,49	1,6

V prípade vyšetrenia pri prítomnosti rušivého zvuku nebol zistený žiadny významný rozdiel medzi poradím merania v daný deň (Wilcoxonov párový test, $p = 0,089$ pre trvanie testu, $p = 0,12$ pre stratu fixácie, $p = 0,68$ pre falošne pozitívne reakcie, $p = 0,074$ pre falošne negatívne reakcie, $p = 0,58$ pre spoľahlivosť testu, $p = 0,75$ pre celkový defekt OD, $p = 0,19$ pre pattern defekt PD, $p = 0,079$ pre DLS_3° a $p = 0,13$ pre strmosť HoV v dB/10°). Priemerné hodnoty a smerodajné odchýlky sú v tab. 3. Vzhľadom k tomu, že hodnoty popisujúce kvalitu vyšetrenia a vlastné defekty v zornom poli sa výrazne nelíšili, nie je braný ohľad v ďalšej analýze na poradie merania v danom dni.

Tab. 3 – Priemerné hodnoty a smerodajné odchýlky (*SD*) sledovaných parametrov s ohľadom na poradie vyšetrenia v danom dni s rušivým zvukom.

S rušivým zvukom - 1. meranie v danom dni									
	čas	strata fixácie	falošne pozitívne reakcie	falošne negatívne reakcie	spoľahlivosť testu	OD	PD	strmosť HoV (dB/10°)	<i>DLS</i> ₃
priemer	9,3	7,4	2,3	3,6	8,1	1,5	3,2	1,93	27,0
<i>SD</i>	1,2	8,8	3,5	4,6	1,4	1,4	1,1	0,45	1,8
S rušivým zvukom - 2. meranie v danom dni									
	čas	strata fixácie	falošne pozitívne reakcie	falošne negatívne reakcie	spoľahlivosť testu	OD	PD	strmosť HoV (dB/10°)	<i>DLS</i> ₃
priemer	9,00	10,0	2,6	1,7	7,9	1,5	2,95	1,71	26,7
<i>SD</i>	0,89	12,4	2,9	3,3	1,7	1,1	0,68	0,57	1,5

Opakovateľnosť merania a jej porovnanie bez a s rušivým zvukom

Priemerné hodnoty a smerodajné odchýlky jednotlivých sledovaných parametrov získané pri vyšetrení v prvom dni (test) a druhom dni (retest) sú v prípade dát získaných bez rušivého zvuku v tab. 4 a v prípade použitia rušivého zvuku v tab. 5. Štatistická analýza (Wilcoxonov párový test) preukázala v prípade vyšetrenia bez rušenia signifikantný rozdiel u celkového defektu ($p = 0,035$) a pre strmosť HoV v dB/10° ($p = 0,012$). Pri vyšetrení s rušivým zvukom sa medzi testom a retestom líšili čas testu ($p = 0,048$) a pattern defekt PD ($p = 0,022$). Po Bonferroniho korekcii však nie je žiadny z uvedených rozdielov štatisticky významný.

Tab. 4 – Priemerné hodnoty a smerodajné odchýlky (*SD*) sledovaných parametrov získané pri vyšetrení v prvom a druhom dni bez rušivého zvuku.

Bez rušivého zvuku - 1. deň									
	čas	strata fixácie	falošne pozitívne reakcie	falošne negatívne reakcie	spoľahlivosť testu	OD	PD	strmosť HoV (dB/10°)	<i>DLS</i> ₃ ^o
priemer	9,24	7,8	1,2	2,4	8,5	1,2	3,02	1,83	26,6
<i>SD</i>	0,87	10,2	1,6	3,8	1,5	1,1	0,88	0,49	1,3
Bez rušivého zvuku - 2. deň									
	čas	strata fixácie	falošne pozitívne reakcie	falošne negatívne reakcie	spoľahlivosť testu	OD	PD	strmosť HoV (dB/10°)	<i>DLS</i> ₃ ^o
priemer	9,0	6,9	2,5	2,3	8,4	1,6	2,85	1,99	27,1
<i>SD</i>	1,0	8,5	4,4	2,9	1,2	1,2	0,82	0,50	1,6

Tab. 5 – Priemerné hodnoty a smerodajné odchýlky (*SD*) sledovaných parametrov získané pri vyšetrení v prvom a druhom dni s rušivým zvukom.

S rušivým zvukom - 1. deň									
	čas	strata fixácie	falošne pozitívne reakcie	falošne negatívne reakcie	spoľahlivosť testu	OD	PD	strmosť HoV (dB/10°)	<i>DLS</i> ₃ ^o
priemer	9,3	8,1	2,0	2,7	8,2	1,4	3,3	1,74	26,6
<i>SD</i>	1,0	10,6	2,5	4,1	1,2	1,1	1,1	0,49	1,4
S rušivým zvukom - 2. deň									
	čas	strata fixácie	falošne pozitívne reakcie	falošne negatívne reakcie	spoľahlivosť testu	OD	PD	strmosť HoV (dB/10°)	<i>DLS</i> ₃ ^o
priemer	9,0	9,3	2,9	2,6	7,9	1,7	2,87	1,91	27,1
<i>SD</i>	1,1	11,1	3,7	4,2	1,8	1,4	0,66	0,55	1,9

Podrobná analýza výsledkov Bland-Altmanovou metódou je zhrnutá v tab. 6 a tab. 7. Z porovnania koeficientov opakovateľnosti *CoR* vyplýva, že miera opakovateľnosti merania pre jednotlivé sledované parametre v prípade merania s rušivým zvukom vykazuje mierne horšiu opakovateľnosť u všetkých sledovaných parametrov.

Tab. 6 – Hodnoty priemerného rozdielu, smerodajnej odchýlky (*SD*) rozdielových dát a odpovedajúci koeficient opakovateľnosti meraní (*CoR*) pre jednotlivé sledované parametre v prípade merania bez rušivého zvuku.

Bez rušivého zvuku				
	OD	PD	strmosť HoV (dB/10°)	<i>DLS</i> _{3°}
priemer	0,33	-0,18	0,17	0,51
<i>SD</i>	0,79	0,99	0,52	0,97
<i>CoR</i>	1,55	1,95	1,01	1,89

Tab. 7 – Hodnoty priemerného rozdielu, smerodajnej odchýlky (*SD*) rozdielových dát a odpovedajúci koeficient opakovateľnosti meraní (*CoR*) pre jednotlivé sledované parametre v prípade merania s rušivým zvukom.

S rušivým zvukom				
	OD	PD	strmosť HoV (dB/10°)	<i>DLS</i> _{3°}
priemer	0,26	-0,46	0,17	0,46
<i>SD</i>	0,91	1,05	0,67	1,35
<i>CoR</i>	1,79	2,05	1,32	2,65

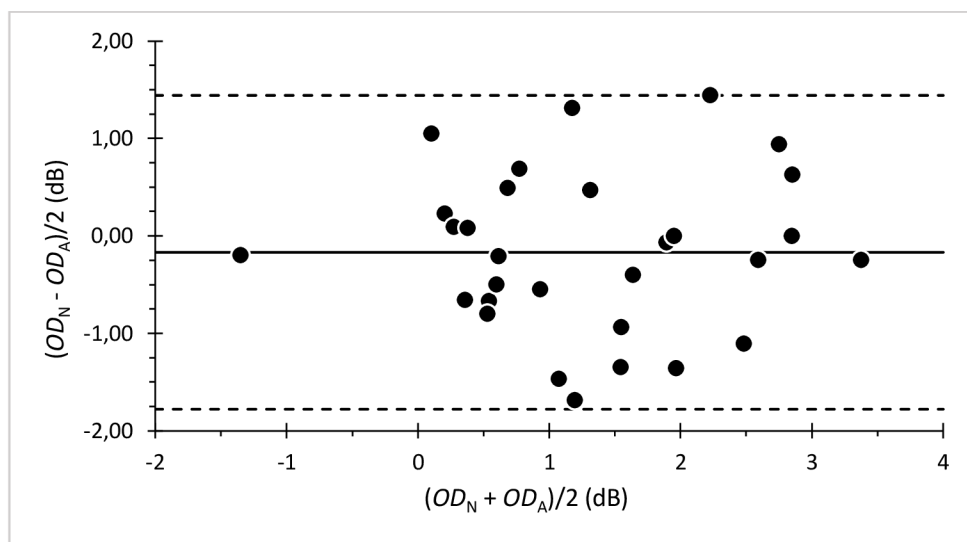
Porovnanie výsledkov bez a s rušivým zvukom

Pre porovnanie vplyvu rušivého zvuku na výsledky perimetrického vyšetrenia boli uvažované len merania z prvého dňa. Priemerné hodnoty a smerodajné odchýlky nameraných parametrov zhŕňajú tab. 3 a tab. 4 v predchádzajúcom odstavci. Štatistická analýza nepreukázala medzi hodnotami žiadne významné rozdiely ($p > 0,25$). Parametre

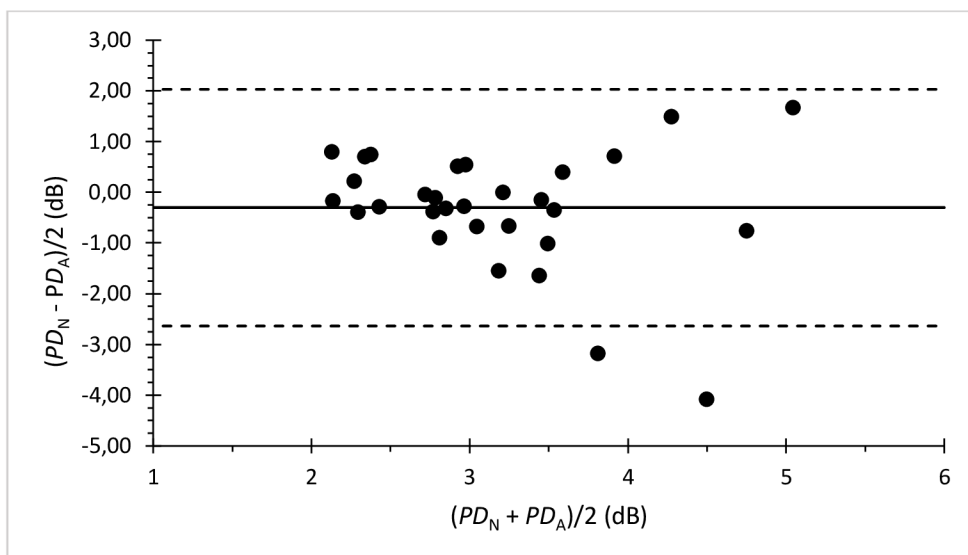
popisujúce zistené defekty v zornom poli boli ďalej podrobne porovnávané Bland-Altmanovou metódou. Priemerné rozdiely medzi oboma metódami, ich smerodajné odchýlky a pološírka 95% konfidenčného intervalu rozdielových dát zachytáva tab. 8. Čiastkové rozdiely a príslušné medze 95% konfidenčného intervalu sú spolu s priemernými hodnotami rozdielov vynesené v grafoch na Obr. 24 – 27. U parametra PD je v grafe naznačené zväčšenie individuálnych odchýlok bez a so zvukom s rastúcou veľkosťou PD. U ostatných parametrov nie je tento trend patrný.

Tab. 8 – Hodnoty priemerného rozdielu, smerodajnej odchýlky (SD) a pološírka 95% konfidenčného intervalu rozdielových dát.

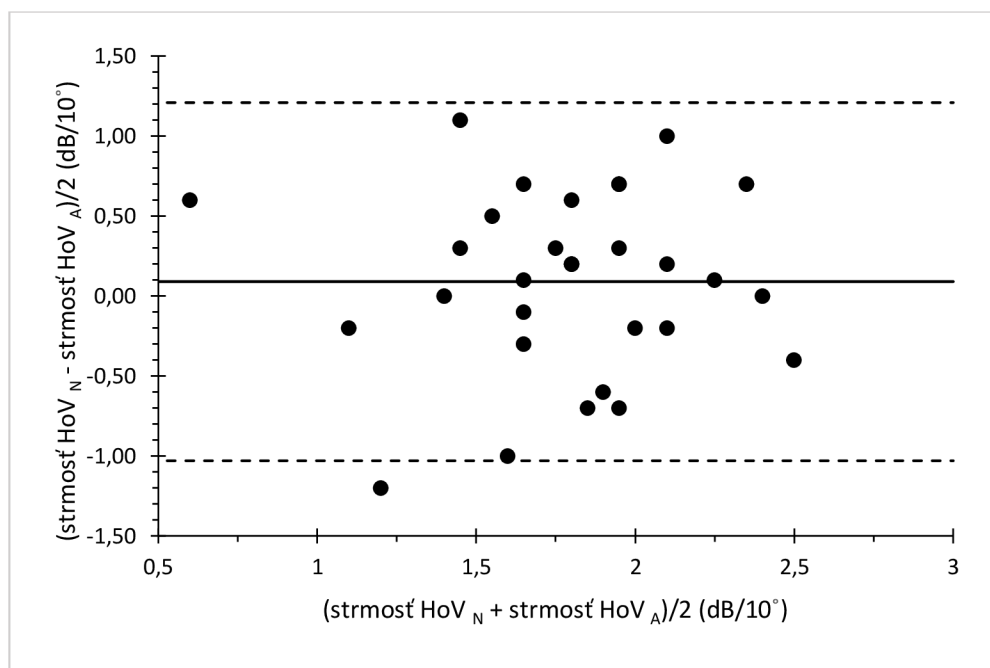
	OD	PD	strmosť HoV (dB/10°)	DLS_3^*
priemer	-0,17	-0,30	0,09	-0,06
SD	0,82	1,19	0,57	0,95
pološírka 95% CI	1,61	2,33	1,12	1,85



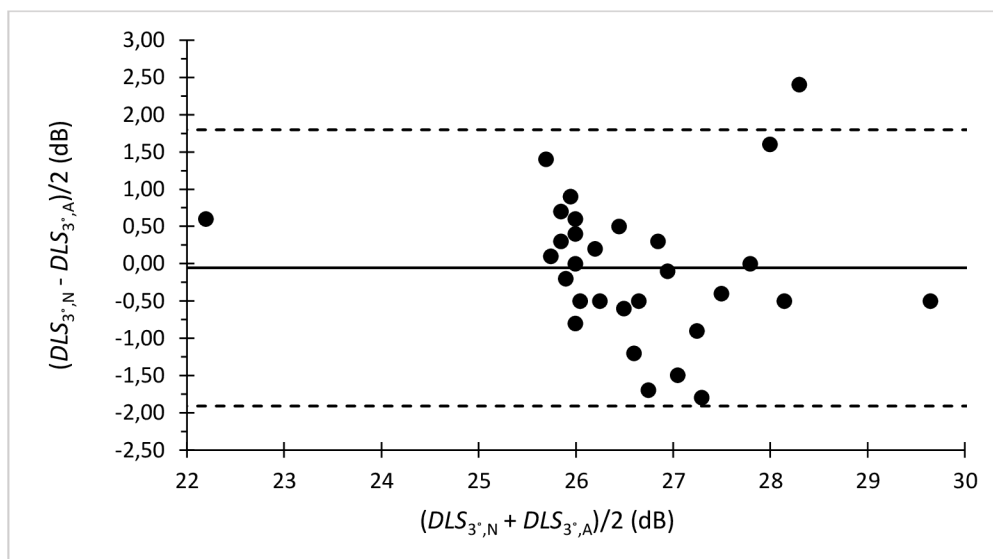
Obr. 24 – Graf závislosti rozdielu celkového defektu medzi meraniami bez OD_N a s OD_A rušivým zvukom na ich priemernej hodnote. Kruhy reprezentujú jednotlivé merania, plná čiara predstavuje priemerný rozdiel a čiarkované čiary vymedzujú hranice 95% konfidenčného intervalu. Kladné údaje predstavujú väčšiu hodnotu v prípade merania bez zvuku.



Obr. 25 – Graf závislosti rozdielu pattern defektu medzi meraniami bez PD_N a s PD_A rušivým zvukom na ich priemernej hodnote. Kruhy reprezentujú jednotlivé merania, plná čiara predstavuje priemerný rozdiel a čiarkované čiary vymedzujú hranice 95% konfidenčného intervalu.



Obr. 26 – Graf závislosti rozdielu poklesu citlivosti kopca videnia medzi meraniami bez $strmosť\ HoV_N$ a s $strmosť\ HoV_A$ rušivým zvukom na ich priemernej hodnote. Kruhy reprezentujú jednotlivé merania, plná čiara predstavuje priemerný rozdiel a čiarkované čiary vymedzujú hranice 95% konfidenčného intervalu.



Obr. 27 – Graf závislosti rozdielu centrálnej citlivosti medzi meraniami bez $DLS_{3;N}$ a s $DLS_{3;A}$ rušivým zvukom na ich priemernej hodnote. Kruhy reprezentujú jednotlivé merania, plná čiara predstavuje priemerný rozdiel a čiarkované čiary vymedzujú hranice 95% konfidenčného intervalu.

6.3 Diskusia

Hlavným cieľom experimentálnej časti tejto práce bolo zhodnotiť vplyv rušivého zvuku na vyšetrení zorného poľa. Ďalšou úlohou bolo zistiť opakovateľnosť meraní, ktorá bola hodnotená pre jednotlivé sledované parametre (celkový defekt, pattern defekt, falošne pozitívne a falošne negatívne reakcie, strata fixácie, spoľahlivosť testu, a charakteristiky kužeľa videnia (DLS_3° a strmosť HoV v dB/10°) v prípade merania bez rušivého zvuku, tak následne aj v prípade merania s rušivým zvukom. Nakoľko sa nepodarilo dohľadať žiadne ďalšie publikácie zaoberajúce sa touto problematikou nie je preto možné výsledky porovnať s inými štúdiami.

Z výsledkov tejto štúdie vyplýva, že priemerné rozdiely medzi vyšetrením bez a s rušivým zvukom nie sú štatisticky významné. V prípade porovnávania hodnôt sledovaných parametrov pri vyhodnocovaní vplyvu poradia meraní v danom dni sme zaznamenali náznak závislosti času vyšetrenia na poradí, kedy prvé meranie prebiehalo dlhšiu dobu oproti druhému meraniu. To si môžeme vysvetliť tým, že aj po dôkladnom oboznámení figuranta s priebehom testu pred samotným vyšetrením, figurant lepšie pochopil princíp testu až pri druhom čiastkovom meraní. U ostatných sledovaných parametrov výsledky nevykázali žiadne signifikantné rozdiely na vplyv poradia merania

v danom dni v prípade merania s rušivým zvukom aj v tichosti. U parametra PD je naznačená závislosť veľkosti individuálnych rozdielov medzi meraniami so zvukom a bez zvuku na veľkosti PD. Pre detailnejší rozbor tohto javu však študovaný súbor neobsahuje dostatok očí s vyššími hodnotami defektov, čo predstavuje limit tejto štúdie. Ďalej sme predpokladali, že vyšetrenie pri rušivom zvuku zhorší fixáciu, tým pádom ovplyvní aj veľkosť defektov, no to sa nám na základe výsledkov nepotvrdilo.

Avšak v prípade sledovania opakovateľnosti sa nám potvrdilo, že rušivý zvuk mierne zhorší opakovateľnosť meraní u všetkých sledovaných parametrov. Dôvodom môže byť zhoršená sústredenosť probanda a tým spôsobený nárast individuálnych odchýlok medzi jednotlivými meraniami. Horšia opakovateľnosť pri prítomnosti rušivého zvuku mohla ovplyvniť aj vzájomné porovnanie obidvoch metód - zapríčinila väčší rozptyl dát, a tým sa mohol prípadný rozdiel medzi výsledkami maskovať. Toto tvrdenie dokladá aj veľkosť pološírky konfidenčného intervalu pri porovnaní meraní bez zvuku a so zvukom – jej hodnoty mierne prekračujú *CoR* bez zvuku, ale sú menšie než *CoR* so zvukom, čo odpovedá tomu, že tieto rozdiely sú dané predovšetkým zhoršenou opakovateľnosťou meraní so zvukom. Zvuk má teda dopad predovšetkým na opakovateľnosť meraní než na priemerné rozdiely.

Hoci v našej štúdií neboli zistené podstatné rozdiely okrem mierneho zhoršenia opakovateľnosti pri vyšetrení s rušivým zvukom, v klinickej praxi môže byť situácia iná. Jednak môžu byť pacienti viacej vystavení stresu, čo môže zvyšovať ich citlivosť na vonkajšie podnety. Naš výskum sa zamerl na mladých, zdravých jedincov s relatívne malými fyziologickými defektmi v zornom poli. Je možné, že naznačené rozdiely najmä v opakovateľnosti by v prípade väčších defektov mohli byť viacej zreteľné. V praxi sú často perimetrii podrobovaní predovšetkým starší pacienti, u ktorých môže byť reakcia na vonkajšie stimuly a zvukové efekty odlišná, čo vyplýva zo štúdie [45] a naše výsledky teda nemožno priamo na túto skupinu zovšeobecniť.

ZÁVER

Diplomová práca bola napísaná s cieľom zistiť, či rušivé zvukové efekty pri vyšetrení zorného poľa môžu mať vplyv na parametre potrebné k jeho hodnoteniu akými sú celkový defekt, pattern defekt, falošne pozitívne a falošne negatívne reakcie, prípadne spoľahlivosť testu a fixáciu. Vyšetrenie zorného poľa bolo vykonávané pomocou statickej perimetrie na prístroji Medmont M700, kde bola na vyšetrenie vybraná rýchla prahová stratégia a testované bolo celé zorné pole pomocou úplného testu v rozsahu 50°. Súčasťou experimentálnej časti práce bolo tiež zhodnotiť opakovateľnosť merania sledovaných parametrov a vplyvu rušivých zvukových efektov na vybrané parametre.

Práca bola rozdelená na 2 hlavné celky, a to konkrétne teoretickú časť obsahujúcu 5 hlavných kapitol a experimentálnu časť obsahujúcu priebeh a výsledky výskumu. Prvá kapitola je zameraná na popis zorného poľa a jeho prípadné poruchy vplyvom rôznych defektov. Nakoľko je vyšetrenie zorného poľa dôležitou diagnostickou metódou pre liečbu mnohých neurologických ochorení, bola druhá kapitola venovaná orientačným vyšetrovacím metódam zorného poľa a kampimetrii. Tretia a štvrtá kapitola sa venovala perimetrii ako kľúčovej vyšetrovacej metóde so zameraním na statickú perimetriu. Spomenuté boli indikácie k vyšetreniu zorného poľa, príprava pacienta k vyšetreniu ako aj faktory, ktoré môžu ovplyvniť vyšetrenie. V krátkosti bol spomenutý princíp vyšetrenia kinetickej perimetrie, no keďže vyšetrenie na kinetickom perimetri v dnešnej dobe upadá, bola samostatná kapitola venovaná práve popisu statickej počítačovej perimetrii vrátane základných princípov merania a dvoch najobvyklejších techník, pomocou ktorých môžeme vlastné meranie vykonávať. Pre potreby experimentálnej časti práce boli ďalej objasnené základné parametre zorného poľa a kvality vyšetrenia. V neposlednej rade bol spomenutý prístroj Medmont M700 použitý v experimentálnej časti práce. Predposledná piata kapitola popisuje súhrn pokročilých vyšetrovacích metód perimetrie.

Experimentálna časť práce bola rozdelená na metodiku, analýzu a štatistické spracovanie dát a následne výsledky. Z výsledkov štatistickej analýzy vyplýva, že nie je v priemere podstatný rozdiel medzi hodnotami stanovenými so zvukom/bez zvuku. Rušivý zvuk však mierne zhoršuje opakovateľnosť meraní. Limitom tejto štúdie je zameranie na zdravú mladú populáciu. V prípade starších osôb je možné očakávať výraznejšie rozdiely a výsledky preto nie je možné jednoducho zovšeobecniť.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] KVAPILÍKOVÁ, K. *Anatomie a embryologie oka: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 8070133139.
- [2] AUTRATA, R., VANČUROVÁ, J. *Nauka o zraku*. V Brně: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. ISBN 80-7013-362-7.
- [3] TUNNACLIFFE, Alan H. *Introduction to visual optics*. 4th ed. Canterbury: Association of British Dispensing Opticians, 1993. ISBN 0-900099-28-3.
- [4] OTRADOVEC, J. *Klinická neurooftalmologie*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2003. ISBN 8024702800.
- [5] KUCHYNKA, P. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [6] SKORKOVSKÁ, K. *Perimetrie*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5282-2.
- [7] KVAPILÍKOVÁ, K. *Vyšetřování oka*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 8070131950.
- [8] VLKOVÁ, E., PITROVÁ, Š., VLK, F. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. 1. vyd. Brno: F. Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [9] ROZSÍVAL, P. *Oční lékařství*. Praha: Galén, 2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [10] ELLIOTT, David B. *Clinical procedures in primary eye care*. 3rd ed. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN 978-0-7506-8896-3.
- [11] KRAUS, H. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-716-9079-1.
- [12] POLÁŠEK, J. *Technický sborník oční optiky*. Praha: SNTL, 1974, 579 s.
- [13] BENEŠ, P. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [14] BROADWAY, David C. *Visual field testing for glaucoma – a practical guide*. Community eye health, Vol. 25, 2012, No. 79-80, pp. 66-70.

- [15] SCHMID, R., LUEDTKE, R., WILHELM, B. J., WILHELM H. *Pupil campimetry in patients with visual field loss*. European Journal of Neurology, Vol. 12, 2005, No. 8, pp. 602-608. ISSN 1351-5101.
- [16] JOHNSON, Chris A., WALL, M., THOMPSON, Stanley H. *A history of perimetry and visual field testing*. Optometry and vision science, Vol. 88, 2011, No. 1, pp. 8-15. ISSN 1040-5488.
- [17] WEIJLAND, A., FRANKHAUSE, F., BEBIE, H., FLAMMER, J. *Visual Field Digest*. 5th ed. Haag-Streit AG, 2004. ISBN 3-033-00108-4.
- [18] SCHIEFER, U., PÄTZOLD, J., ARTES P., DANHEIM, F. *Conventional Perimetry, Part I: Intruduction – Basic Terms*. Der Ophthalmologe, Vol. 102, 2005, No. 6, pp. 627–646. Doi: 10.1007/s00347-005-1189-3.
- [19] THOMPSON, H. S., WALL, M. *Imaging and Perimetry Society*. [online]. © 2008 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/ips/PerimetryHistory/8-references.htm>.
- [20] MEDMONT STUDIO PATIENT MANAGEMENT – příručka uživatele. Camberwell, Victoria, Australia, 2001.
- [21] CARROLL J. N., JOHNSON, CH. A. *Visual Field Testing: From One Medical Student to Another*. Ophthalmology and Visual Sciences. [online]. © 2013 [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: <https://eyerounds.org/tutorials/VF-testing/>.
- [22] KOLARČÍK, L., DEDEK, V., PTÁČEK, M. *Příručka pro sestry v oftalmologii*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5458-1.
- [23] GRZYBOWSKI, A., SOBOLEWSKA, B., *Carl Friedrich Richard Foerster (1825-1902) – the inventor of perimeter and photometer*. Acta Ophthalmologica, Vol. 93, 2015, No. 6, pp. 586-590. ISSN 1755-375X.
- [24] CHOPLIN, NEIL T., EDWARDS, RUSSELL P., *Visual Fields*. Thorofare NJ: Slack Incorporated, 1998. ISBN 1-55642-363-2.
- [25] STAMPER, Robert L., LIEBERMAN, Marc F., DRAKE Michael V. *Becker-Schaffer's diagnosis and therapy of the glaucomas*. 8th. ed. Edinburgh: Mosby/Elsevier, 2009. ISBN 978-0-323-02394-8.

- [26] HENSON, David B., WALL, M. *Perimetry update 2002/2003: proceedings of the XVth International Perimetric Society Meeting, Stratford-Upon-Avon, England, June 26-29, 2002*. The Hauge: Kugler Publications, 2004. ISBN 9062991998.
- [27] CUBBIDGE, R. *Visual fields*. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005, Eye essentials. ISBN 9780750688512.
- [28] BORISH, Irvin M., BENJAMIN, William J. *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. St. Louis, Missouri: Butterworth-Heinemann, 2006. ISBN 0-7506-7524-1.
- [29] HEIJL, A., PATELLA, Vincent M., BENGTTSSON, B. *The Field Analyzer Primer: Effective Perimetry*. 4th ed. Carl Zeiss Meditec Incorporated, 2012. ISBN 0-9884795-1-6.
- [30] OCULUS ®. *Centerfield 2*. [online]. © 2012 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <http://www.oculus.sk/?menu=cf>.
- [31] HAGG-STREIT DIAGNOSTICS. *Octopus 900*. [online]. [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: <https://www.haag-streit.com/haag-streit-diagnostics/products/perimetry/octopus-900/>.
- [32] CMI. *Automatický perimeter M700*. [online]. © 2017 [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: <https://www.cmi.sk/sk/automaticky-perimeter-m700-0>.
- [33] MILLER, Neil R., WALSH, Burton F., HOYT, Fletcher W. *Walsh and Hoyt's clinical neuro-ophthalmology*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. ISBN 0781748143.
- [34] BENGTTSSON, B., HEIJL, A., OLSSON, J. *Evaluation of a new threshold visual field strategy. SITA, in normal subjects*. Acta Ophthalmologica, Vol. 76, 1998, No. 2, pp. 165-169. Doi: 10.1034/j.1600-0420.1998.760208.x.
- [35] KOOK, S. M., YANG, SUNG J., KIM, S., CHUNG, J., KIM, SOON-TAE, TCHAH, H. *Effect of cataract extraction on frequency doubling technology perimetry*. American Journal of Ophthalmology, Vol. 138, 2004, No. 1, pp. 85-90. ISSN 0002-9394.
- [36] JOHNSON, CH. A. *Flicker Perimetry*. Imaging and Perimetry Society. [online]. © 2008 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/ips/perimetryhistory/flicker/index.htm>.

- [37] WALL, M. *Motion Detection Perimetry*. Imaging and Perimetry Society. [online]. © 2008 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/ips/perimetryhistory/Motion/>.
- [38] PEPRNÍKOVÁ, S., SKORKOVSKÁ, K., KVĚTON, P. *Modrožlutá perimetrie u pacientů s diabetem bez diabetické retinopatie*. Česká a slovenská oftalmologie, Vol. 77, 2021, No. 5, pp. 248-252. ISSN 1805-4447.
- [39] SOKOLOVÁ ŠIDLOVÁ, J., SYNEK, S., ŽAMPACHOVÁ, E., BENEŠ, P., MATUŠOVÁ, J. *Mikroperimetrie u vlhké formy věkem podmíněné makulární degenerace*. Česká a slovenská oftalmologie, Vol. 70, 2014, No. 1, pp. 15-20. ISSN 1805-4447.
- [40] ACTON, Jennifer H., GREENSTEIN, Vivienne C. *Fundus-driven perimetry (microperimetry) compared to conventional static automated perimetry: similarities, differences, and clinical applications*. Canadian Journal of Ophthalmology, Vol. 48, 2013, No. 5, pp. 358-363. ISSN 00084182.
- [41] SCHACKNOW, PAUL N., SAMPLES, JOHN R. *The Glaucoma Book*. Springer-Verlag New York Inc., 2010. ISBN 0387766995.
- [42] FRISÉN, L., *High-pass resolution perimetry*. Documenta Ophthalmologica, Vol. 83, 1993, No. 1. ISSN 1573-2622.
- [43] On High-pass Resolution & RareBit Perimetry. [online]. [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: <http://www.neuro-o.se/Perimetry/perimetry.html#HRP>.
- [44] CHAUHAN, Balwantray C., HOUSE, Philip H., McCORMICK, Terry A. *Comparison of Conventional and High-Pass Resolution Perimetry in a Prospective Study of Patients With Glaucoma and Healthy Controls*. Archives of ophthalmology, Vol. 117, 1999, No. 1, pp. 24-33. Doi: 10.1001/archopht.117.1.24.
- [45] HERRMANN, B., MAESS, B., JOHNSRUDE, Ingrid S. *Aging is associated with an over-sensitivity of brain responses to sounds*. Western BrainsCAN Transforming brain research, Research Summaries 1. [online]. © 2018 [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://ir.lib.uwo.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=1002&context=brainscanresearchsummaries>.