

MASARYKOVA UNIVERZITA

Lékařská fakulta



VYŠETŘENÍ ZORNÉHO POLE

Bakalářská práce

Vedoucí: MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D.

Vypracovala: Barbora Šálová

Obor: Optika, optometrie

Brno, duben 2017

MASARYKOVA UNIVERZITA

Lékařská fakulta

Katedra optiky a optometrie

Jméno a příjmení autora:	Barbora Šálová
Název bakalářské práce:	Vyšetření zorného pole
Vedoucí bakalářské práce:	MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D.
Rok obhajoby bakalářské práce:	2017

Anotace:

Tato bakalářská práce se zabývá tématem zorného pole a perimetrie. Na začátku je krátce popsána anatomie zrakové dráhy, její funkce a princip vzniku zrakového vjemu. Dále je vysvětlen pojem zorné pole, popsán princip vyšetření zorného pole a jeho různé metody. Nejprve jsou popsány základní vyšetřovací metody, které nevyžadují využití speciálních přístrojů, jako například konfrontační vyšetření zorného pole nebo vyšetření pomocí Amslerovy mřížky. Následující části jsou věnovány kinetické perimetrii, statické perimetrii, semi-automatické perimetrii, moderním vyšetřovacím perimetrickým metodám a jako poslední jsou zde popsány metody kampimetrie a stereokampimetrie. Závěrem jsou v bakalářské práci uvedena onemocnění, jejichž diagnostika a sledování vyžaduje provedení perimetrie. Je to zejména glaukom, dále pak onemocnění zrakové dráhy či některá onemocnění sítnice.

Klíčová slova:

Zorné pole, Perimetrie, Kinetická perimetrie, Statická perimetrie, Semi-automatická perimetrie, Moderní metody vyšetřování zorného pole, Kampimetrie, Stereokampimetrie, Glaukom.

MASARYK UNIVERSITY

Faculty of Medicine

Department of Optometry and Orthoptics

Name of the author: Barbora Šálová
The title of the work: Vyšetření zorného pole
Leader of the work: MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D.
Year of the defense of the work: 2017

Annotation:

This bachelor thesis deals with the visual field and perimetry in general. At first there is a short description of the anatomy of the visual pathway, its function and principle of the visual perception formation. Then the work defines visual field, principles of its examination and various testing methods. First, simple methods which don't need any special equipment such as confrontational examination of visual field or examination by the Amsler grid. Further, kinetic perimetry, static perimetry, semi-automated perimetry, modern methods of perimetry and finally campimetry and stereocampimetry are described. At the end of the bachelor thesis diseases in which perimetry is important for the diagnosis and follow-up are mentioned and typical changes in the visual field classified. It is particularly glaucoma, then visual pathway diseases or some retinal diseases.

Keywords:

Visual field, Perimetry, Kinetic perimetry, Static perimetry, Semi-automated perimetry, Modern methods of visual field examination, Campimetry, Stereocampimetry, Glaucoma.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vyšetření zorného pole vypracovala samostatně pod vedením MUDr. Karolíny Skorkovské, Ph.D. a za pomoci odborných publikací uvedených v seznamu literatury na konci práce.

Souhlasím s uložením bakalářské práce v knihovně Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně a s jejím zpřístupněním ke studijním účelům.

Brno, duben 2017

.....
Barbora Šálová

Poděkování

Tímto chci poděkovat vedoucí mé bakalářské práce MUDr. Karolíně Skorkovské, Ph.D. za ochotu, cenné rady a připomínky, které mi poskytla při vzniku této bakalářské práce.

Brno, duben 2017

.....
Barbora Šálová

Obsah

Seznam zkratk	9
1. Úvod	10
2. Anatomie zrakové dráhy.....	11
2.1. Sítnice.....	11
2.1.1. Fotoreceptory	13
2.1.2. Bipolární buňky	15
2.1.3. Gangliové buňky.....	15
2.1.4. Amakrinní, horizontální a podpůrné buňky	15
2.2. Chiasma opticum.....	16
2.3. Optické trakty.....	16
2.4. Corpus geniculatum laterale.....	16
2.5. Optické radiace.....	17
2.6. Zraková kůra	17
3. Vyšetření zorného pole.....	18
3.1. Zorné pole	18
3.2. Princip perimetrie	18
3.3. Defekty v zorném poli.....	19
3.4. Indikace vyšetření zorného pole.....	21
3.5. Příprava pacienta k vyšetření	21
3.6. Nežádoucí defekty v zorném poli	22
4. Typy vyšetření zorného pole	24
4.1. Konfrontační vyšetření zorného pole	24
4.2. Amslerova mřížka	25
4.3. Kinetická perimetrie.....	26
4.3.1. Princip vyšetření	26
4.3.2. Interpretace výsledků kinetické perimetrie	26
4.3.3. Typy kinetických perimetrů.....	27
4.3.3.1. Goldmannův perimetr.....	27
4.3.3.2. Foersterův perimetr	27
4.3.3.3. Ruční perimetr	28
4.3.3.4. Maggioreho perimetr	28
4.4. Statická perimetrie	29
4.4.1. Princip vyšetření	29

4.4.2.	Typy počítačových perimetrů	29
4.4.3.	Interpretace výsledků statické perimetrie	31
4.5.	Semi-automatická kinetická perimetrie.....	35
4.6.	Moderní metody vyšetřování zorného pole.....	36
4.6.1.	Modrožlutá perimetrie (SWAP).....	36
4.6.2.	Frequency-doubling technology	37
4.6.3.	Flicker perimetrie.....	38
4.6.4.	Motion automated perimetrie.....	38
4.6.5.	SITA.....	39
4.6.6.	High-pass resolution perimetry (HPRP)	40
4.6.7.	Mikroperimetrie	41
4.7.	Kampimetrie a stereokampimetrie	43
4.7.1.	Bjerrumův kampimetr	43
4.7.2.	Damatův kampimetr	44
4.7.3.	Lloydův stereokampimetr	45
4.7.4.	Pupilární kampimetrie.....	46
5.	Nejčastější využití perimetrie v oftalmologii	47
5.1.	Glaukom.....	47
5.1.1.	Primární glaukom s otevřeným úhlem.....	47
5.1.2.	Primární glaukom s uzavřeným úhlem	48
5.1.3.	Sekundární glaukom	49
5.1.4.	Změny v zorném poli	49
5.2.	Onemocnění zrakové dráhy.....	50
5.2.1.	Postižení nervu optiku	50
5.2.1.1.	Změny na terči nervu optiku.....	50
5.2.1.2.	Choroby zrakového nervu	52
5.2.2.	Postižení chiasma opticum.....	53
5.2.3.	Retrochiasmatické léze zrakové dráhy	54
5.3.	Onemocnění sítnice	55
6.	Závěr.....	58
	Seznam obrázků.....	59
	Seznam použité literatury	61

Seznam zkratek

AIDS	acquired immune deficiency syndrome
cd/m ²	candela na metr čtvereční
cm	centimetr
D	dioptrie
dB	decibel
FDF	flicker defined form perimetry
FDT	frequency-doubling technology
GHT	glaucoma hemifield test
HPRP	high-pass resolution perimetry
Hz	hertz
LCD	liquid crystal display
LV	low variance
MAP	motion automated perimetry
MDI	mean deviation index
Mm	milimetr
mmHg	milimetr rtuťového sloupce
ms	milisekunda
OCT	optická koherenční tomografie
OD	oculus dextra (pravé oko)
OS	oculus sinistra (levé oko)
PSD	pattern standard deviation
SITA	swedish interactive threshold algorithm
SLO	skenovací laserový oftalmoskop
SWAP	short-wavelength automated perimetry
tzv.	takzvaný
VFI	visual field index
VPMD	věkem podmíněná makulární degenerace
ZP	zorné pole
3D	trojrozměrný
°	stupeň
%	procento

1. Úvod

Zorné pole je část prostoru, kterou člověk vnímá při přímém pohledu vpřed. Jeho omezení ve velké míře ovlivňuje běžné fungování člověka, a proto je vhodné zorné pole pravidelně kontrolovat. Ve své bakalářské práci se budu zabývat různými typy vyšetření zorného pole a patologickými stavy, při nichž dochází ke změnám v zorném poli.

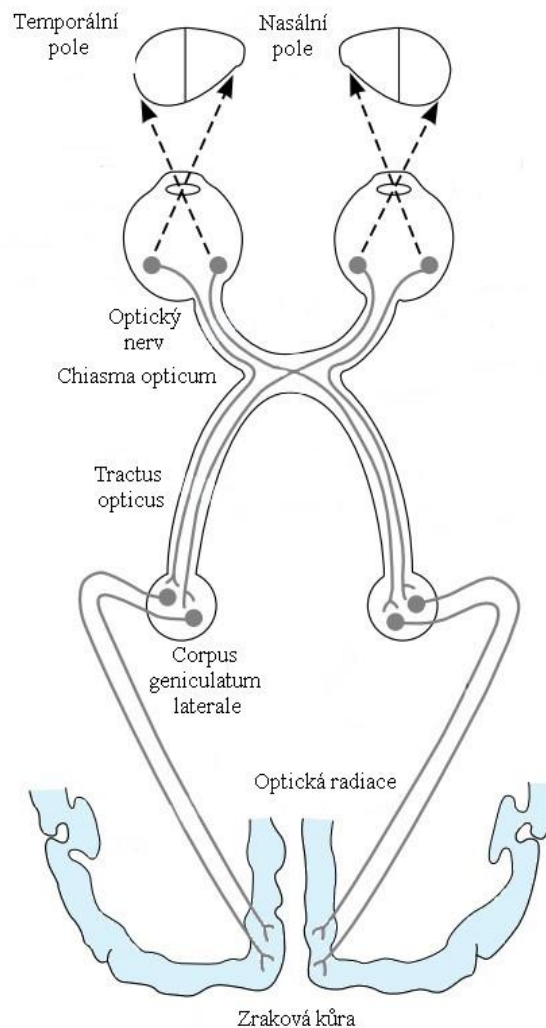
K poškození zorného pole dochází postižením některé části zrakové dráhy, od fotoreceptorů uložených v sítnici až po zraková centra v okcipitálním laloku mozku. Onemocnění způsobující poruchy zorného pole jsou většinou charakterizována specifickým typem výpadku.

Vyšetření zorného pole nazýváme perimetrie. Rozsah zorného pole můžeme jednoduše vyšetřit prakticky bez jakéhokoliv vybavení, pouze pomocí výrazného předmětu, který pacient bude při fixaci určitého bodu periferně vnímat. Existuje ale velká spousta specializovaných vyšetřovacích přístrojů, které zorné pole dokáží vyšetřit velmi podrobně. Tyto přístroje se nazývají perimetry. Dnes jsou nejpoužívanější perimetry kinetické a statické. Jejich rozdíl spočívá v tom, že u kinetického perimetru je testovací stimulus v pohybu a u statické perimetrie nikoliv. Zorné pole se v současné době vyšetřuje také pomocí specializovaných algoritmů, které jsou zaměřeny na konkrétní typ onemocnění.

Chtěla bych, aby tato práce dokázala pomoci zdravotním sestřám vykonávajícím perimetrická vyšetření, vysvětlila smysl perimetrie pacientům, kteří se chystají perimetrické vyšetření podstoupit, a samozřejmě aby posloužila i optometristům či studentům optometrie jako studijní materiál. V praxi se optometrista může s perimetrií setkat při práci na oftalmologických klinikách a ve spolupráci s očním lékařem, kdy je třeba umět vyšetření u pacienta správně provést, rozumět poruchám a výsledkům vyšetření zorného pole a poté správně rozhodnout, zda pacientovi může pomoci brýlová korekce.

2. Anatomie zrakové dráhy

Zrakovou dráhu tvoří 4 neurony, které vedou zrakové podněty ze sítnice přes optické nervy, chiasma opticum a optické trakty do zevních kolíkových těles a přes optické radiace až do korových center okcipitálního laloku, kde jsou zpracovány (obr. 1).

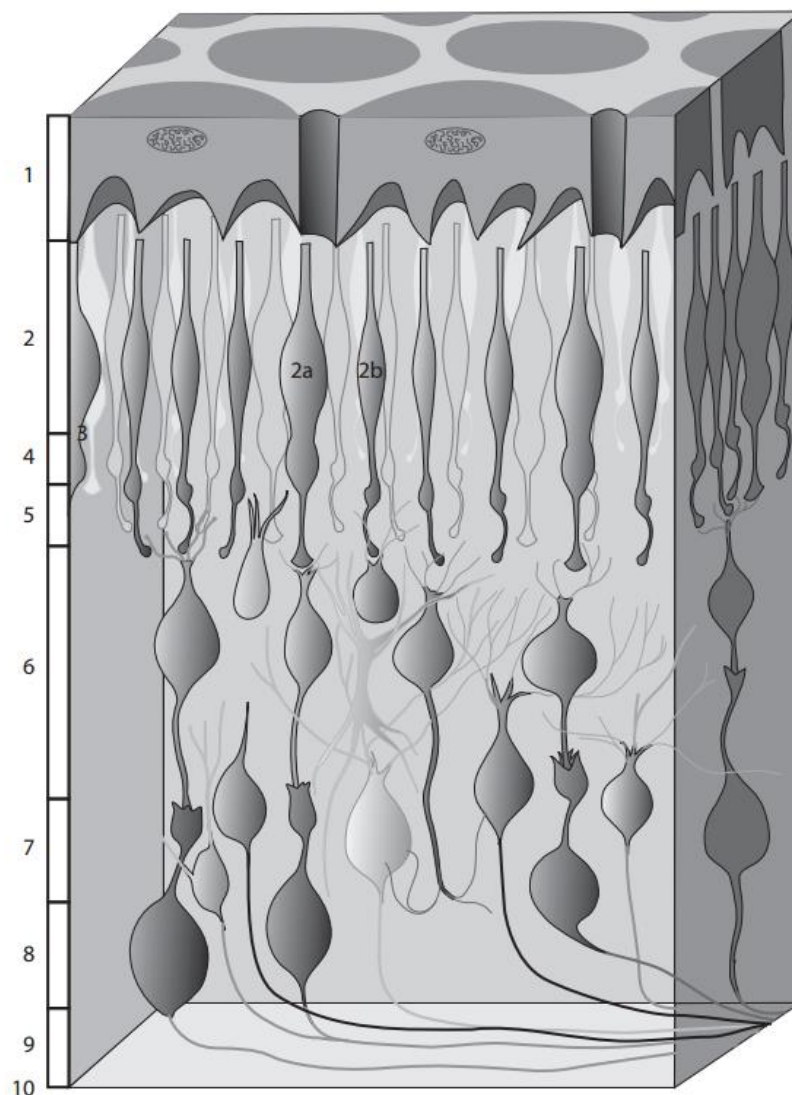


Obr. 1: Zraková dráha. [1] - upraveno

2.1. Sítnice

Sítnice je vnitřní vrstva oční koule. Dělíme ji na optickou část v oblasti zadního pólu a na část slepou, která se nachází v oblasti před ekvátorem a rozprostírá se až k okraji řasnatého tělesa. Tyto dvě části jsou odděleny klikatou čarou, zvanou ora serrata, kde je sítnice pevně připojena k cévnatce.

Sítnici dále dělíme na vnější a vnitřní. Vnější část tvoří pigmentový epitel, vnitřní část sítnice, neuroretina, je tvořena devíti vrstvami (obr. 2).

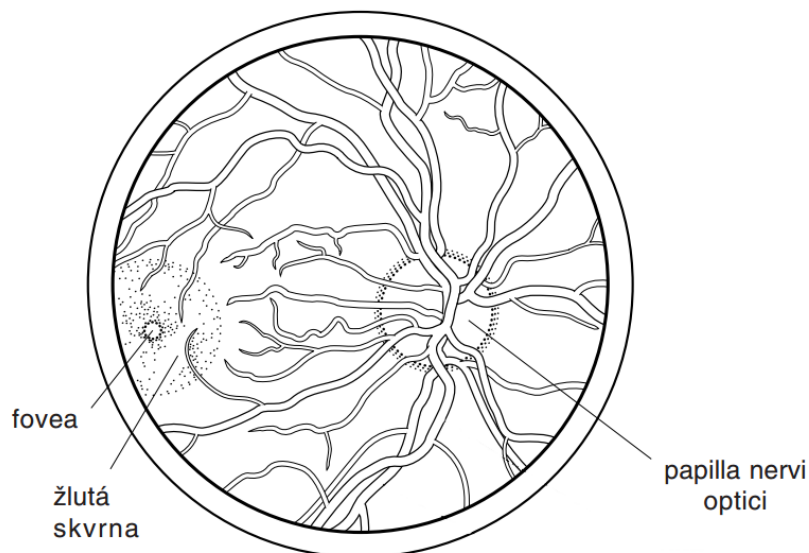


Obr. 2: Vrstvy sítnice, 1 – pigmentový epitel, 2 až 10 – vrstvy sítnice. [10]

První z nich je vrstva fotoreceptorů a naléhá na pigmentový epitel. Druhou vrstvu nazýváme membrana limitans externa neboli vnější hraniční membrána, která obsahuje výběžky fotoreceptorů a také výběžky Müllerových buněk. Zevní jádrová vrstva je tvořena jádry fotoreceptorů. V zevní plexiformní vrstvě se spojují výběžky fotoreceptorů s bipolárními buňkami a probíhá zde také propojení s buňkami horizontálními. Vnitřní jádrová vrstva sítnice obsahuje těla bipolárních buněk, mimo ně také těla horizontálních, amakrinních a Müllerových buněk. Další vrstvou je vnitřní plexiformní vrstva, kde se spojují axony bipolárních buněk s dendrity buněk gangliových. Následuje vrstva gangliových buněk. Ta je v celé sítnici tvořena jednou vrstvou těchto buněk, jen v oblasti nejostřejšího vidění je obsaženo více vrstev gangliových buněk. Axony gangliových buněk se sbíhají v nervové vrstvě. Ta naléhá na poslední vrstvu sítnice, membranu limitans interna, která odděluje sítnici od sklivce.

Na sítnici lze odlišit funkční okrsky, kterým říkáme receptivní pole. Podle toho, kam světlo dopadá, probíhá buď inhibice nebo excitace buněk. Nejdůležitější jsou z pohledu perimetrie receptivní pole gangliových buněk, která jsou kruhová a dělíme je do dvou tříd. U první kategorie jsou buňky aktivovány dopadem světla do centra receptivního pole, světlem z periferie jsou inhibovány. Druhá kategorie naopak reaguje na světlo dopadající na periferii a jsou inhibovány světlem dopadajícím do centra.

Důležitým místem optické části sítnice je fovea centralis, což je jamka nejostřejšího vidění, a nachází se asi 15 stupňů temporálně od optického disku (obr. 3). Obklopuje ji macula lutea neboli žlutá skvrna o průměru asi 3 mm. Optická část sítnice obsahuje smyslové buňky, které jsou prvním neuronem zrakové dráhy. [10, 11, 21]



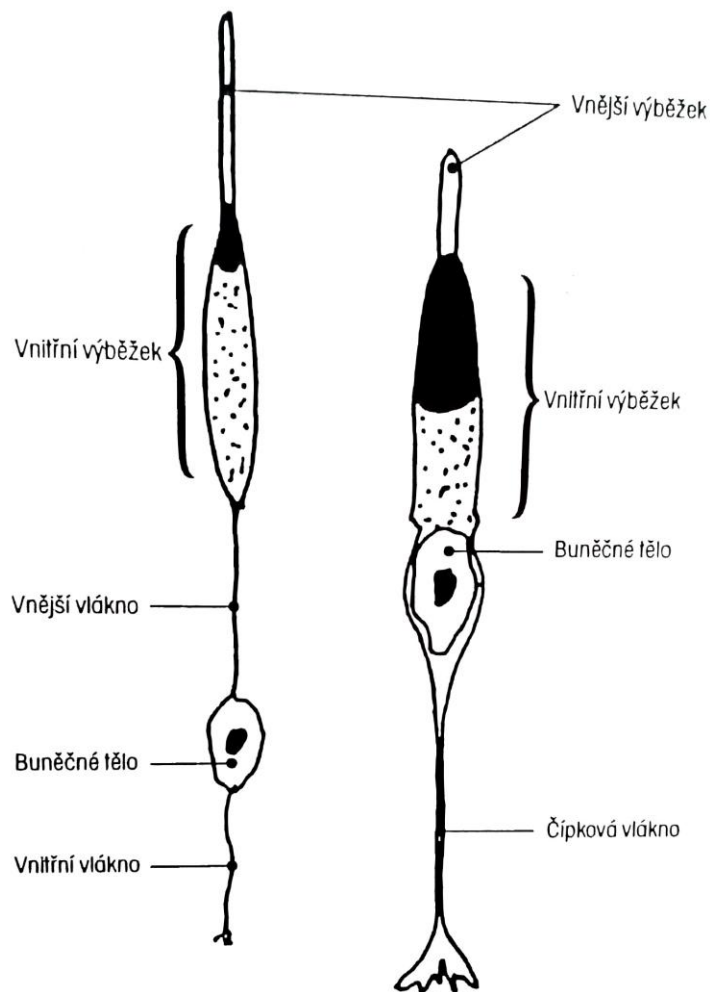
Obr. 3: Oční pozadí. [2] - upraveno

2.1.1. Fotoreceptory

Fotoreceptory tvoří první neuron zrakové dráhy. Nalézají se ve vnější vrstvě sítnice a přeměňují světelné impulsy na elektrochemické signály, a ty jsou potom dalšími buňkami přenášeny ke zrakovému nervu. Sítnice obsahuje asi 130 milionů smyslových buněk, které dělíme na tyčinky a čípky. Počet tyčinek je asi 120 milionů, počet čípků pouze 6 až 7 milionů. Čípky jsou v největší míře obsaženy ve fovei a zajišťují fotopické vidění, vidění za světla. Skotopické vidění, vidění za šera, zprostředkovávají tyčinky.

Čípky rozdělujeme podle toho, jakou část barevného spektra vnímají. Řadíme je do skupin S, M a L. Čípky s označením S vnímají dlouhovlnnou část barevného spektra, čili červenou barvu. M čípky vnímají středně dlouhé vlny spektra, a tedy zelenou barvu, L čípky vnímají krátké vlny, čili barvu modrou.

Tyčinky a čípky jsou tvořeny vnitřním a zevním segmentem (obr. 4). Zevní segment dělíme na vnější výběžek, který je tvořen kulovitými disky obsahujícími na světlo citlivou substanci, a na vnitřní výběžek obsahující mitochondrie. V zevním segmentu probíhá přeměna světelného signálu na signál elektrochemický. Vnitřní segment obsahuje jádra fotoreceptorů a jejich výběžky. Tyčinky a čípky se liší obsahem substance citlivé na světlo. Tyčinky jsou vybaveny zrakovým purpurem, rhodopsinem, čípky jodopsinem. Dále se fotoreceptory liší pozicí buněčného těla vůči vnitřnímu výběžku. Tělo čípku naléhá přímo na vnitřní výběžek, tělo tyčinek je s vnitřním výběžkem spojeno pomocí vlákna.



Obr. 4: Stavba tyčinky (vlevo) a čípku (vpravo). [11] – upraveno

2.1.2. Bipolární buňky

Bipolární buňky představují druhý neuron zrakové dráhy a jsou uloženy ve střední vrstvě sítnice. Tyto buňky jsou pomocí synapsí propojeny se smyslovými buňkami. Jedna bipolární buňka je spojena s více tyčinkami, ale v případě čípků je jedna bipolární buňka propojena pouze s jedním čípkem. To se nazývá individuální přepojení a nachází se jen v centru fovey. Tato propojení se souborně nazývají ganglion retinae.

2.1.3. Gangliové buňky

Gangliové buňky tvoří třetí neuron zrakové dráhy a jsou uloženy ve vnitřní vrstvě sítnice. Jedna gangliová buňka sbírá informace z více bipolárních buněk. Gangliové buňky dělíme na M-buňky, P-buňky a K-buňky. M-buňky (magnocelulární) mají větší receptivní pole než P-buňky (parvocelulární) a registrují pohyb a stimuly, podílejí se i na prostorovém vidění. P-buňky reagují na barvy, konkrétně na červenou a zelenou, na strukturu a tvar. K-buňky (koniocelulární) reagují na modrozlutou barvu. Axony gangliových buněk sítnice se sbíhají ve zrakovém nervu, prochází optickými kanálky, tvoří chiasma opticum a zasahují až do corpus geniculatum laterale. Zrakový nerv dělíme na intraokulární, intraorbitální, intrakanalikulární a intrakraniální část, celkem měří asi 35-55 mm.

2.1.4. Amakrinní, horizontální a podpůrné buňky

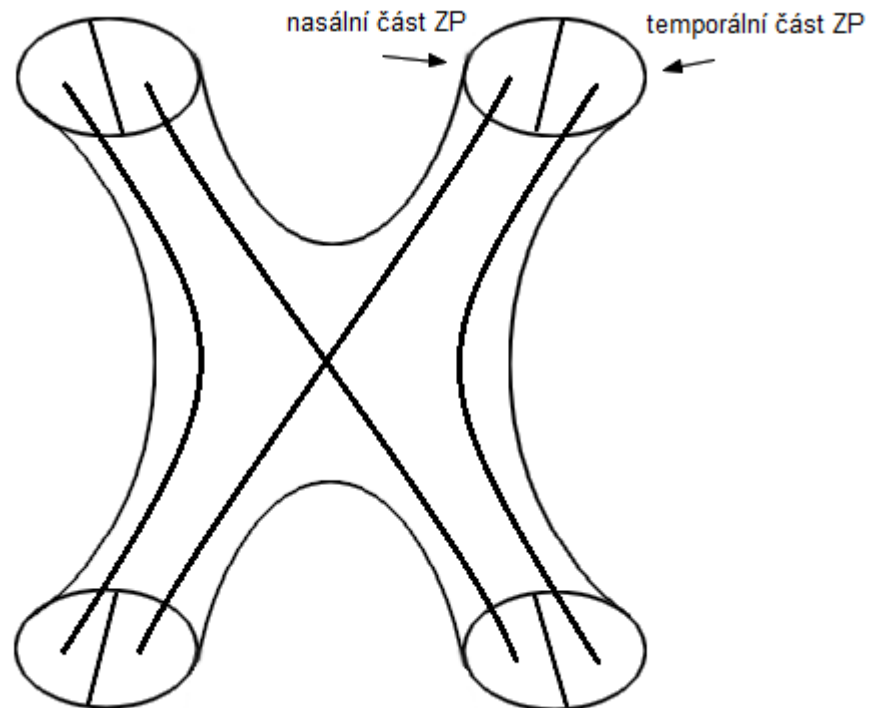
Amakrinní buňky propojují navzájem gangliové buňky. Dále mají nejspíš také podpůrnou úlohu.

Horizontální buňky tvoří synapse s neurity čípků. Vzruchy jsou vedeny horizontálně a jejich funkce zatím není prozkoumána. Je možné, že se účastní látkové výměny.

Z podpůrných buněk rozeznáváme Müllerovy podpůrné buňky, neuroglie, které oddělují nervovou a cévní tkáň, mikroglie schopné fagocytózy a astrocyty, ty zprostředkovávají látkovou výměnu tkání a cév. Podpůrné buňky mají také vyživovací úlohu. [2, 10, 11, 18, 19, 21]

2.2. Chiasma opticum

V chiasma opticum se setkává pravý a levý zrakový nerv, tedy vlastně axony gangliových buněk obou očí. Vlákná z nazálních částí sítnic se kříží, vlákna z temporálních částí zůstávají nepřekřížená a probíhají dále ipsilaterálně (obr. 5). Křížení vláken probíhá v poměru 60:40 ve prospěch vláken křížících se. Z chiasma opticum vystupuje pravý a levý tractus opticus. [10, 21]



Obr. 5: Chiasma opticum, křížení vláken. – vlastní zpracování podle [10]

2.3. Optické trakty

Oba optické trakty jsou tvořeny vlákny ze stejných (pravých nebo levých) polovin sítnic obou očí a jejich postižením tedy vznikají stejnostranné defekty zorného pole. Délka optických traktů je asi 20 mm a končí v corpus geniculatum laterale. [11]

2.4. Corpus geniculatum laterale

Neurony corpus geniculatum laterale představují čtvrtý neuron zrakové dráhy. Jsou primárním zrakovým centrem a tvoří je šest vrstev jader. Zkřížená vlákna prochází vrstvami 1, 4 a 6, nezkřížená vrstvami 2, 3 a 5. Vlákná z makuly zaujímají horní část geniculata, vlákna z periferie spíše dolní část. Neurity buněk zadních kolínkových těles dále pokračují jako optická radiace. [11]

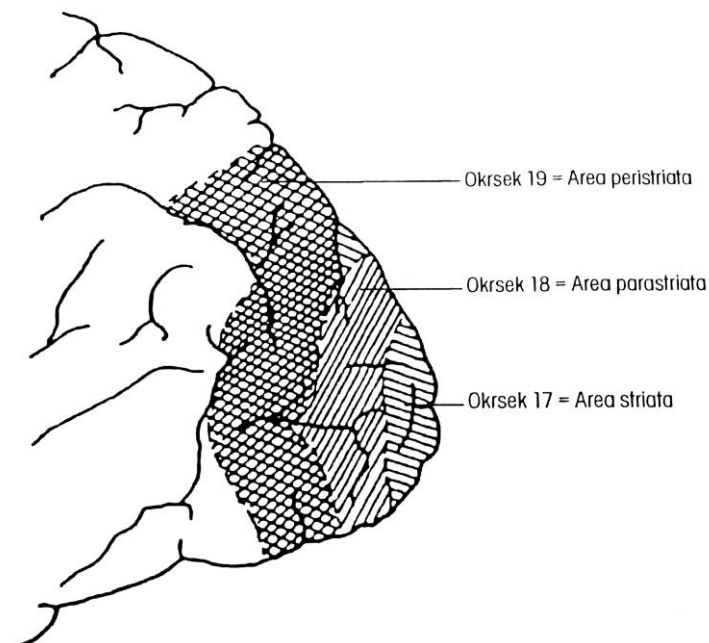
2.5. Optické radiace

Optická radiace (Gratioletův svazek) má dvě části – horní a dolní. Horní část probíhá v parietálním mozkovém laloku, dolní část zasahuje do laloku temporálního. Optická radiace vede informace z kontralaterální poloviny zorného pole. Optické radiace končí v primárním zrakovém kortexu. [10, 11]

2.6. Zraková kůra

Zrakovou kůru dělíme na tři oblasti, area striata, area parastriata a area peristriata (obr. 6). V area striata, primární zrakové kůře, dochází k základnímu zpracování zrakových vjemů. Zbylé dvě oblasti slouží ke komplexnímu zpracování zrakových vjemů, a to například pohybu nebo barev.

Zraková kůra se nachází v mozkové kůře okcipitálního laloku kolem fisura calcarina a ústí do ní vlákna Gratioletova svazku. Vlákna dolní části optické radiace končí pod fissura calcarina a vlákna horní části nad fissura calcarina. Horní část odpovídá druhostranným dolním kvadrantům zorného pole a naopak. Vlákna z periferie zaujímají přední část zrakového centra, vlákna z makuly jsou v zadní části a zabírají přibližně 50 % primární zrakové kůry. [10, 19]

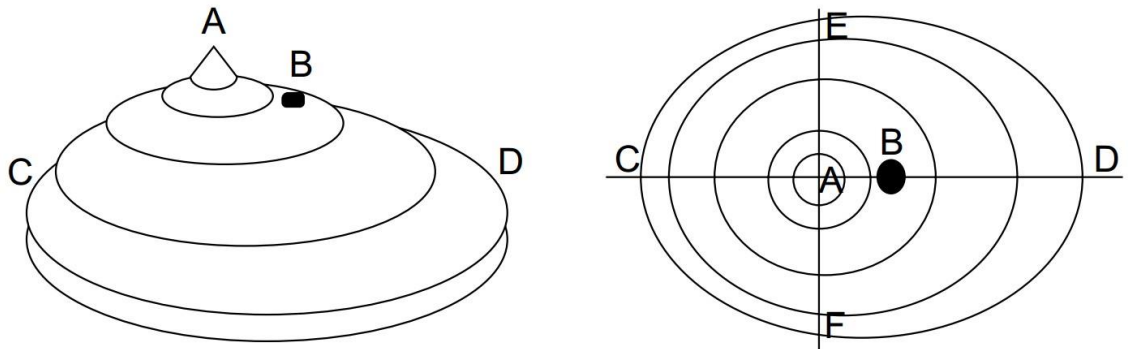


Obr. 6: Zraková kůra. [11]

3. Vyšetření zorného pole

3.1. Zorné pole

Zorné pole je část prostoru, kterou vnímáme při zaměření na fixační bod. Zorné pole u zdravého člověka je nejširší temporálně, a to asi 90° , nazálně a nahoře dosahuje $50\text{--}60^\circ$, dole 70° . Nejvyšší citlivost sítnice na osvit v zorném poli je v centru ZP a klesá směrem do periferie. To se v literatuře popisuje jako „hora“ vidění (obr. 7). Vyšetření zorného pole se nazývá perimetrie. [4, 10]



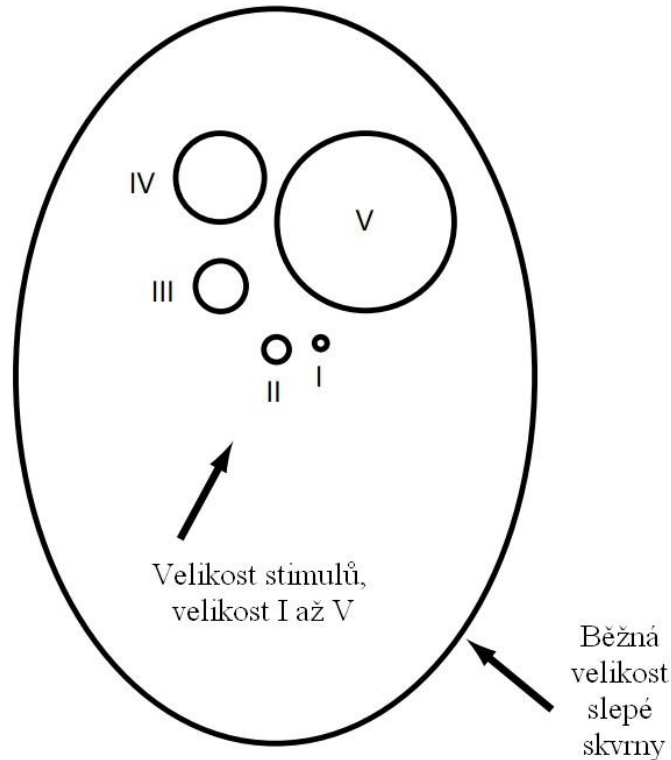
Obr. 7: Hora vidění, pohled zepředu (vlevo), pohled shora (vpravo). A – centrum ZP, B – slepá skvrna, C – nazální hranice, D – temporální hranice, E – horní hranice, F – dolní hranice. [19]

3.2. Princip perimetrie

Perimetrie je vyšetření zorného pole a v klinické diagnostice se využívá již více než 150 let. Její provedení a testové strategie se od té doby dramaticky změnily, základní princip vyšetření však zůstává stejný.

Citlivost sítnice v zorném poli měříme pro určitá místa zorného pole pomocí malého testovacího stimulu zobrazovaného na definovaném pozadí vyšetřovací polokoule. Velikost stimulu definoval Goldmann. Rozdělil stimuly do šesti skupin a označil je římskými číslicemi 0 až V (obr. 8). Jak u kinetické, tak u statické perimetrie se používá standardně stimulus o velikosti III, což je $25,7$ úhlových minut. U vážnějších výpadků zorného pole se používá stimulus o velikosti V, což je 103 úhlových minut. U kinetické perimetrie se používá stimulus IV k nalezení polohy slepé skvrny. Při většině perimetrických vyšetření fixuje pacient centrální testovou značku, což je jeden z nejdůležitějších předpokladů dobrého výsledku měření. Pokud pacient zaznamená světelný podnět, stiskne tlačítko. Perimetrie testují citlivost sítnice na osvit v zorném poli. Pokles citlivosti v různých částech zorného pole slouží jako ukazatel defektů v zorném poli.

Perimetrie se používá zejména pro diagnostiku a sledování pacientů s glaukomem, u nejasných poruch vidění, u neurooftalmologických onemocnění a pro posudkové účely. [1, 14, 19]

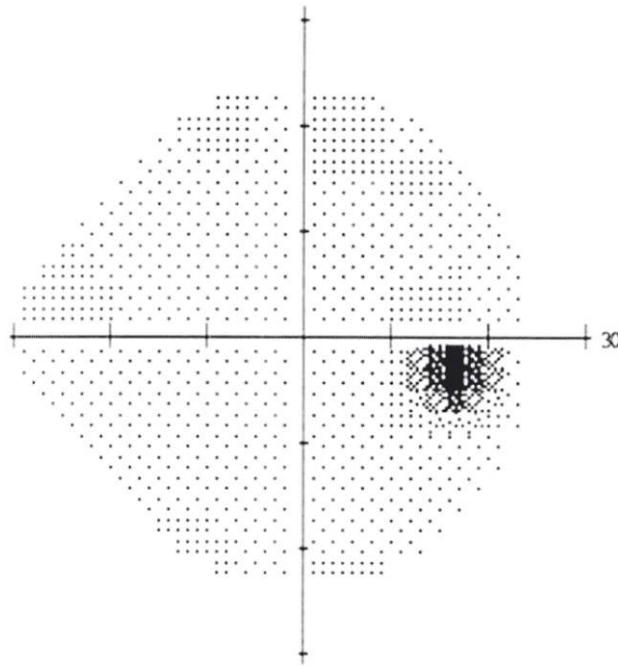


Obr. 8: Velikost stimulů dle Goldmanna v porovnání s velikostí slepé skvrny. [4] – upraveno

3.3. Defekty v zorném poli

Výpadky (defekty) zorného pole vznikají postižením oka a zrakové dráhy a nazýváme je skotomy. Poškození v různých místech zrakové dráhy se projevuje specifickým defektem části zorného pole (obr. 10) a můžeme podle něj často určit, o jaké onemocnění se jedná.

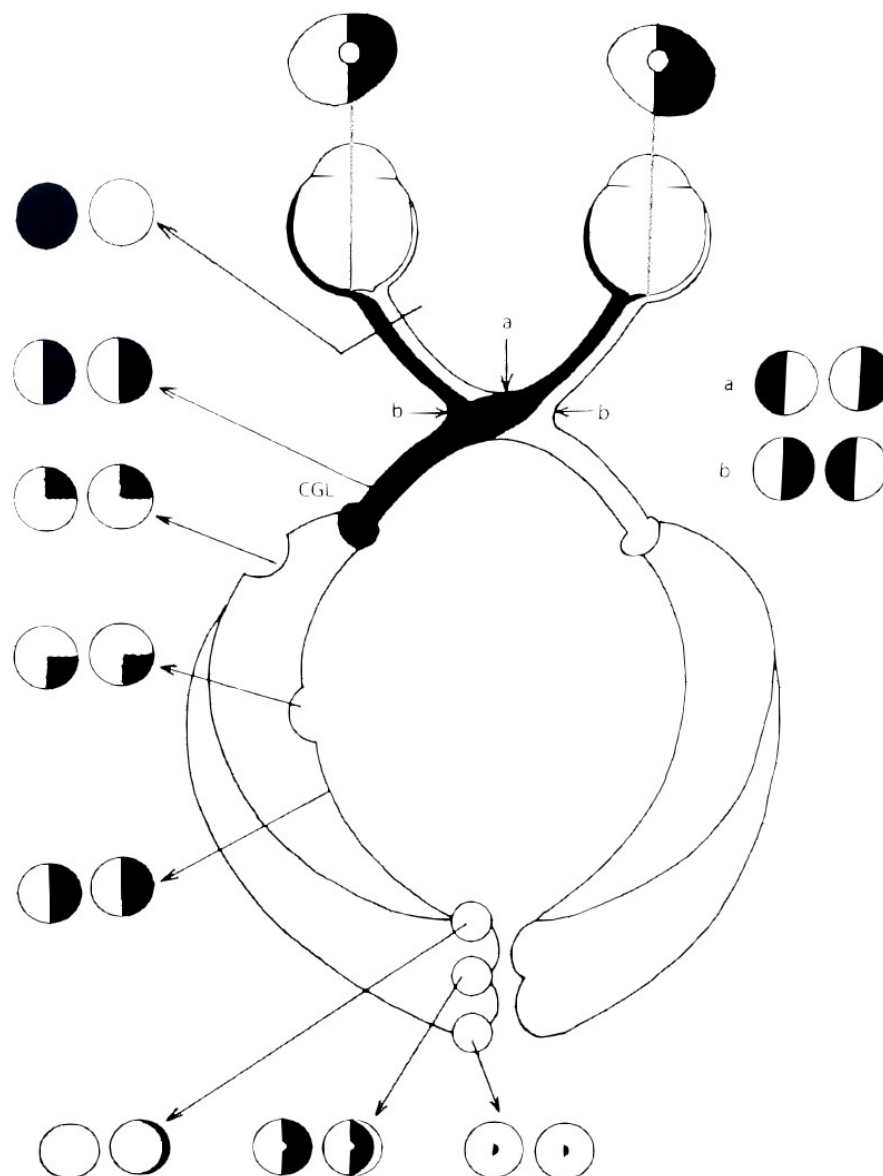
Defekty v zorném poli můžeme rozdělit na monokulární a binokulární, podle vnímání pacientem na pozitivní a negativní a podle hloubky defektů na relativní a absolutní. U relativního skotomu pacient při vyšetření některé stimuly registruje, ale jejich světelnost je vyšší oproti hodnotě očekávané pro danou lokalizaci v zorném poli a věk pacienta. V případě skotomu absolutního pacient nereaguje ani na ty nejjasnější stimuly, které je perimetr schopen nabídnout. Pozitivní skotomy si pacient plně uvědomuje a o negativních prakticky vůbec neví. K negativním se řadí například Marriotův bod neboli slepá skvrna, což je fyziologický skotom v oblasti terče zrakového nervu (Obr. 9).



Obr. 9: Marriotův bod (slepá skvrna). [33]

Monokulární defekty zorného pole bývají způsobeny poruchami sítnice nebo optického nervu. Mezi monokulární defekty patří skotomy centrální, centrocekální, arkuátní, altitudinální či sektorové, může se vyskytovat i koncentrické zúžení zorného pole. Centrální a centrocekální skotomy se vyskytují u zánětů sítnice nebo optického nervu. Centrocekální skotomy jsou výpadky zorného pole postihující centrum zorného pole, které přechází až ke slepé skvrně. Arkuátní skotomy mají obloukovitý tvar a vznikají často u pacientů s glaukomem. Altitudinální defekty jsou výpadky dolní nebo horní poloviny zorného pole a vznikají poškozením nervu optiku nebo v důsledku ischemie retinální arterie. Sektorové skotomy mají klínovitý tvar a můžeme je nalézt u pacientů s ischemií sítnice. Koncentrické zúžení zorné pole může doprovázet reakci na některé toxické látky, onemocnění sítnice a optického nervu.

Binokulární defekty zorného pole se mohou vyskytovat buď jako kombinace dvou monokulárních defektů nebo jsou důsledkem poškození chiasma a postchiasmatické části zrakové dráhy. Postižení v blízkosti spojení nervu optiku a chiasmatu je příčinou vzniku tzv. Traquairova syndromu, který je charakterizován částečným nebo úplným výpadkem zorného pole na straně léze, na nepostižené straně je výpadek temporálního horního kvadrantu zorného pole. Při postižení chiasma vznikají heteronymní defekty zorného pole, kdy defekty směřují na opačnou stranu. Léze zrakové dráhy za chiasmatem způsobují defekty homonymní, při kterých výpadky směřují na stejnou stranu – pravou či levou. [10, 12, 18, 19, 22]



Obr. 10: Defekty zorného pole podle jejich lokalizace ve zrakové dráze. [6] - upraveno

3.4. Indikace vyšetření zorného pole

Mezi indikace vyšetření zorného pole patří například nejasné poruchy vidění, výpadky zorného pole pociťované pacientem nebo kontroly již zjištěných onemocnění. [19]

3.5. Příprava pacienta k vyšetření

Vyšetření zorného pole je náročné na psychiku a pacientovi musí být dobře vysvětlen postup měření. Citlivost světelných stimulů může být snížena nekorigovanou refrakční vadou, proto je třeba u pacienta nejprve zjistit refrakční stav oka a provést případnou korekci. To je potřeba hlavně při testování centrálního zorného pole, periferní zorné pole se vyšetřuje

bez korekce, aby nebylo omezeno obrubami brýlí. Vyšetřovací vzdálenost při perimetrii je 30 cm, proto je potřeba pacienta na tuto vzdálenost vykorigovat.

Refrakci je možné stanovit objektivními metodami, což je skiaskopické vyšetření nebo měření na autorefraktometru. Tyto metody nestanoví hodnotu přesně a je třeba refrakci doladit pomocí subjektivní refrakce. Při té pacient čte znaky na optotypové tabuli a pomocí korekčních skel se vizus dokoriguje. Dále je potřebná korekce astigmatismu, a to buď pomocí Jacksonových cylindrů nebo zamlžovací metodou. Výsledná refrakce každého oka se může zkontrolovat červenozeleným testem. Pacient může vidět výrazněji znaky na zeleném podkladě, to značí, že jsme podkorigovali hypermetropa nebo překorigovali myopa. Když vidí výraznější znaky na červeném podkladě, může jít o překorigovaného hypermetropa nebo podkorigovaného myopa. Pomocí korekčních skel se snažíme sytost obou částí znaků vyrovnat.

Pacient by měl být před perimetrickým vyšetřením poučený, motivovaný, odpočatý a soustředěný. Únava, špatný zdravotní stav či nepohodlí při vyšetřování může výsledek vyšetření zkreslit. Je třeba také brát v úvahu pacientovy potřeby a v případě nutnosti udělat během vyšetření pauzu. Měření se provádí ve tmavé a pokud možno odhlučněné místnosti, aby se zbytečně nenarušovala pacientova koncentrace. Zorné pole se vyšetřuje monokulárně a pacient musí během vyšetření sledovat fixační bod. [4, 7, 19]

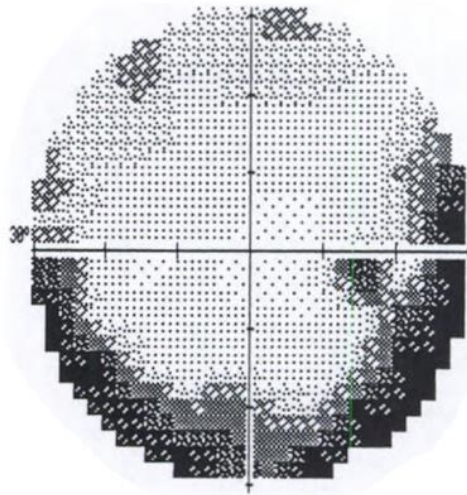
3.6. Nežádoucí defekty v zorném poli

Vyšetření zorného pole může být ovlivněno řadou chyb, které způsobí nižší validitu výsledků perimetrie. Takových chyb bychom se měli vyvarovat.

Mohou být způsobeny například špatnou instruktáží pacienta. Ten musí mít při vyšetření na perimetru opřenou bradu i čelo, aby byly oči v optimální vzdálenosti od testových značek, což mohou ovlivnit také extrémně vystupující nadočnicové oblouky. Pacient by se během vyšetření neměl hýbat a vyšetřující je povinen polohu hlavy pravidelně kontrolovat.

Okluze nevyšetřovaného oka by neměla zasahovat do pohybu víček a během vyšetření by měl pacient mít obě oči otevřené. Zavření jednoho oka by mohlo způsobit přivírání oka vyšetřovaného a tím tedy defekty zorného pole. Podobný problém nastává u pacientů s ptózou. U těch by se pokleslá víčka měla nějakým způsobem přidržet. Přivírání očí může být způsobeno také nadměrnou únavou pacienta nebo celkovým onemocněním.

Další nežádoucí defekt perimetrie vzniká u pacientů s vyšší hypermetropickou korekcí. Ta omezuje rozsah zorného pole, a pokud je navíc špatně centrovaná, pacient bude mít výpadky v oblasti brýlové obruby (obr. 11).



Obr. 11: Nežádoucí defekt perimetrie způsobený brýlovou obrubou. [8] - upraveno

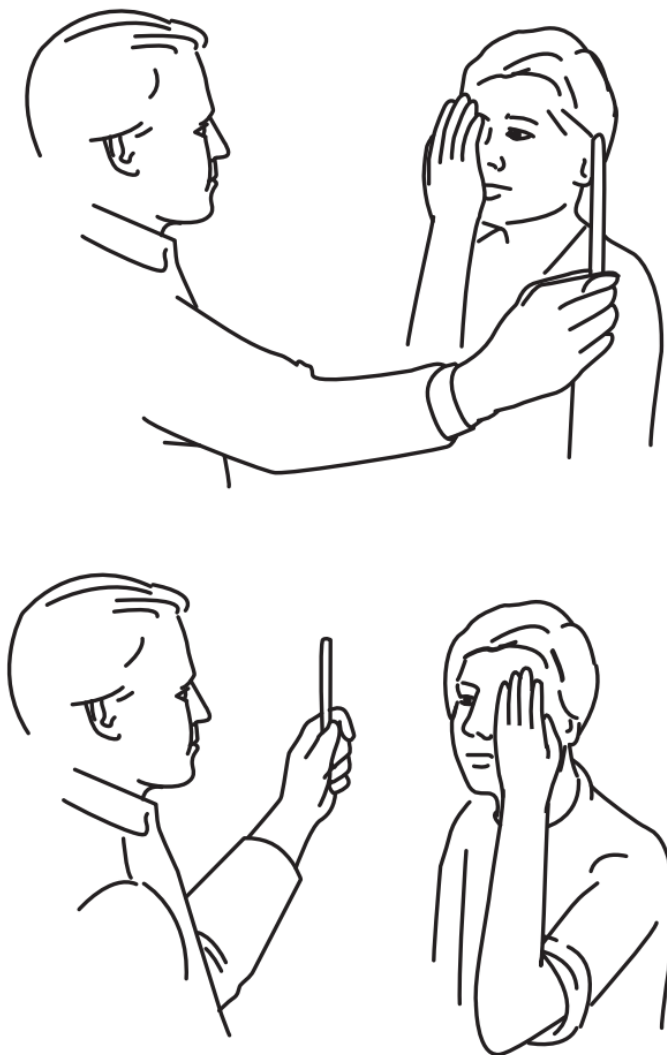
Strach pacienta z výsledků perimetrie v něm může podnítit podvádění během vyšetřování. Tyto pacienty je třeba zvýšeně kontrolovat. Pacient totiž stiskne tlačítko i v okamžiku, kdy žádná značka právě nesvítí. Takovým pacientům se přezdívá „trigger-happy“ pacienti a jejich výsledky jsou extrémně dobré.

Pozornost by se měla věnovat rovněž tomu, když se výsledky měření začnou zlepšovat. Pacient totiž při prvních měřeních nemusel úplně chápat, co přesně má dělat, a výsledky mohou simulovat poruchu zorného pole. S dalším měřením se ale tyto výpadky nepotvrdí, proto je dobré brát vážně výsledky druhého nebo až třetího měření. Hovoříme o tzv. učícím efektu. [4, 5, 19, 20]

4. Typy vyšetření zorného pole

4.1. Konfrontační vyšetření zorného pole

Konfrontační vyšetření zorného pole je základním vyšetřením, které používáme nejčastěji u malých dětí nebo u pacientů vázaných na lůžko. Konfrontační zkouška probíhá tak, že si pacient zakryje jedno (nevyšetřované) oko a vyšetřující je ve stejné výšce jako pacient ve vzdálenosti jednoho metru. Pacient si tedy zakryje oko pravé a vyšetřující zavře oko levé, aby věděl, jaké je přibližně zorné pole pacienta. Pacient fixuje zornici vyšetřujícího, který fixaci musí kontrolovat. Vyšetřující dále pohybuje testovou značkou, nejlépe výrazně barevnou, směrem z periferie zorného pole do jeho středu (obr. 12). Vyšetření se provádí nejlépe ve všech osmi meridiánech. V místě, kde pacient testovou značku nezaznamená, je pravděpodobně přítomen skotom. Konfrontační vyšetření zorného pole se používá k hrubému zhodnocení stavu a rozsahu zorného pole. [6, 13, 18, 19]



Obr. 12: Konfrontační vyšetření ZP. [10]

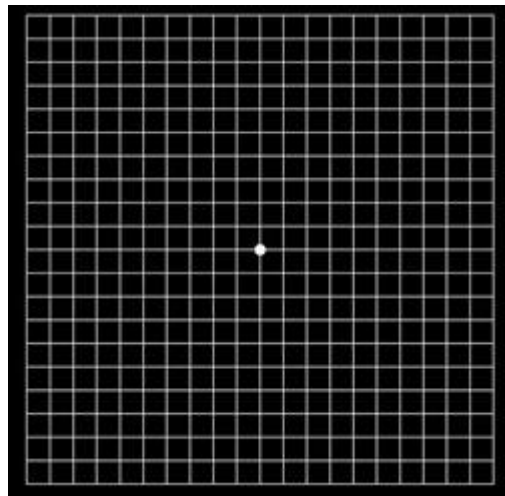
4.2. Amslerova mřížka

Vyšetření pomocí Amslerovy mřížky je velmi jednoduché a používá se ke zjištění malých centrálních výpadků zorného pole nebo tzv. metamorfopsií. Metamorfopsie jsou deformace a zkroucení linií mřížky.

Amslerovu mřížku tvoří tmavý čtverec a bílá čtvercová síť (obr. 13). Čtverec má velikost 10x10 cm, síť jej rozděluje po 0,5 cm. Síť tedy tvoří 20x20 čtverečků. Uprostřed mřížky je fixační značka o velikosti 3 mm. Vyšetření slouží k hodnocení zorného pole v rozsahu do 10 stupňů.

Vyšetření probíhá monokulárně. Pacient ve čtecí vzdálenosti (asi 30 cm) sleduje fixační značku uprostřed mřížky a oznámí vyšetřujícímu, zda je okolí fixační značky nějakým způsobem zdeformované nebo některé části mřížky chybí. Pacient musí mít adekvátní korekci do blízka a vyšetření by mělo probíhat za standardního osvětlení.

Vyšetření pomocí Amslerovy mřížky může pacient provádět i doma. Je možné tak zachytit nové počínající skotomy a zahájit jejich časnou léčbu. Nejčastěji se Amslerova mřížka používá při onemocnění makuly, zejména VPMD. [1, 9]



Obr. 13: Amslerova mřížka. [33] - upraveno

4.3. Kinetická perimetrie

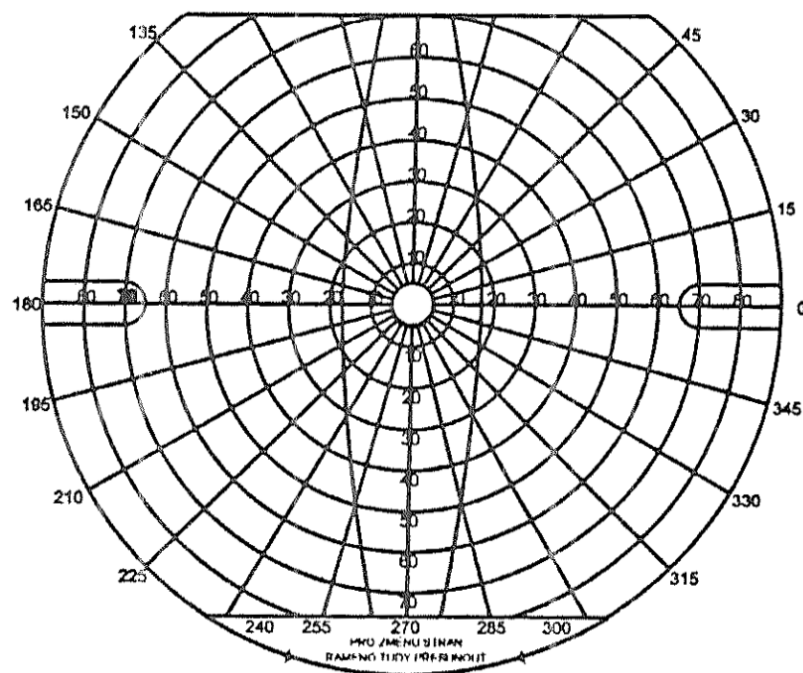
Kinetická perimetrie je nejstarší perimetrickou technikou. V dnešní době se kinetická perimetrie už téměř nepoužívá, přesto v některých situacích je stále vhodnější metodou než statická počítačová perimetrie.

4.3.1. Princip vyšetření

K měření se využívá polokoule o průměru 33 cm, ve které se objevují světelné stimuly. Vyšetřující pohybuje světelnými stimuly směrem z periferie do centra zorného pole zhruba v meridiánech po 15 stupních. Testovací stimuly mají různý jas, barvu a velikost. V centru polokoule používáme stimuly menší, méně kontrastní, naopak v periferii jsou větší a jasnější. Pacient fixuje nepohyblivý bod uprostřed polokoule a až světelný stimul zaregistruje, oznámí to vyšetřujícímu.

4.3.2. Interpretace výsledků kinetické perimetrie

Vyšetřující zaznačí polohu zaregistrovaného světelného stimulu do předtištěného grafu (obr. 14). Body se na konci vyšetření spojí do izopter, které udávají, jak vypadá hranice zorného pole daného pacienta. Jednotlivá měření vždy udávají tvar zorného pole pro konkrétní stimulus. [6, 18, 20, 22, 27, 28, 30]



Obr. 14: Schéma pro záznam vyšetření kinetické perimetrie. [18]

4.3.3. Typy kinetických perimetrů

4.3.3.1. Goldmannův perimetr

Goldmannův perimetr je stále nejpoužívanějším typem kinetického perimetru (obr. 15). Jeho fungování je prakticky shodné s výše popsaným principem kinetické perimetrie. Goldmannův perimetr je tvořen polokoulí a jeho součástí je dalekohledový systém, kterým vyšetřující kontroluje polohu fixačního kříže na pacientově zornici, a tedy hlídá správný průběh vyšetření. Přístroj je vybaven také pantografem, kterým se zaznamenávají výsledky měření na předtištěná schémata.



Obr. 15: Goldmannův perimetr. [33]

4.3.3.2. Foersterův perimetr

Foersterův perimetr je nejstarším typem perimetru (obr. 16). Je tvořen obloukovou destičkou, která se otáčí ve všech směrech. Její poloměr je 33 cm, šířka 5 cm a je na ní vyznačena stupnice pro natočení osy oblouku. Součástí Foersterova perimetru je i opěrka pro bradu, která je nastavitelná, a to tak, aby pacient měl střed perimetru ve středu svého zorného pole. Zajímavostí je, že Foersterův perimetr byl původně tvořen plochou destičkou. To bylo ale nevyhovující, protože body v periferii byly extrémně vzdáleny a vyšetření pak nebylo objektivní.



Obr. 16: Foersterův perimetr. [26]

4.3.3.3. *Ruční perimetr*

Ruční perimetr je modifikací Foersterova perimetru a je určen k použití u pacientů připoutaných na lůžko. Je vybaven rukojetí a jeho velikost je oproti Foersterovu perimetru menší.

4.3.3.4. *Maggioreho perimetr*

Maggioreho perimetr je modernějším typem Foersterova perimetru. Oblouková destička je elektricky osvětlena a jsou na ni promítány značky. Zapisování výsledků do schématu je automatické. Oblouk má opět průměr 33 cm a lze s ním otáčet, uprostřed je fixační kříž a ve stejné výšce opěrka brady. K perimetru jsou navíc šedé a barevné filtry nebo také clony pro změnu velikosti testových značek. Značky lze promítat do 100 stupňů od středu oblouku. Fixaci je možné kontrolovat dalekohledovým systémem. [1, 16, 26]

4.4. Statická perimetrie

Statická perimetrie je už přes 25 let standardním vyšetřením zorného pole a provádí se za pomoci počítače (proto také počítačová perimetrie). Je přesnější než perimetrie kinetická, protože dokáže zachytit i počínající pokles citlivosti v zorném poli. Kontrola pacienta vyšetřující osobou v průběhu vyšetření je však nadále nezbytná.

4.4.1. Princip vyšetření

Při vyšetření pacient opět sleduje fixační značku uprostřed osvětlené polokoule, ve které se objevují světelné stimuly. Stimuly jsou doprovázeny zvukovým signálem a na rozdíl od kinetické perimetrie jsou stimuly stacionární, mění se pouze jejich velikost a jas. Standardní velikost testové značky je stimul III podle Goldmanna, při špatné zrakové ostrosti lze použít stimul V. Polokoule obvykle mívá osvětlení 10 cd/m^2 a doba trvání stimulu je standardně 100 ms. Změna intenzity stimulů slouží ke zjištění prahové citlivosti sítnice v daných bodech. Jas se udává v apostilbech nebo v candelách na metr čtvereční (cd/m^2), prahová kontrastní citlivost je jeho logaritmickou funkcí a je tedy vyjádřena v decibelech. Opakováním a souhrnem těchto stimulů je určen tvar hory vidění.

Testy statické perimetrie dělíme na nadprahové a prahové. Nadprahové (screeningové) testy nám určují rozsah defektu zorného pole, jsou jednodušší a méně časově náročné. Prahové testy slouží k určení prahové citlivosti pro každý bod defektu. V každém místě testují nejnižší vnímanou intenzitu, kterou pak ukládají do paměti. [1, 4, 10, 22, 27, 30]

4.4.2. Typy počítačových perimetrů

Nejznámějšími typy statických perimetrů jsou Humphrey a Octopus, dále jsou to například perimetry firem Oculus nebo Rodenstock. Statické perimetry se liší počtem testových značek a rozsahem testovaného pole.

Perimetr Humphrey firmy Zeiss (obr. 17) má několik variant vyšetřovacích strategií. Varianta 24-2 testuje zorné pole pomocí 54 bodů v rozsahu 24 stupňů a varianta testu 30-2 vyšetřuje zorné pole pomocí 76 bodů v rozsahu 30 stupňů. Oba tyto testovací algoritmy jsou využívány pro diagnostiku a sledování glaukomu. Vyšetřovací strategie 10-2 (v rozsahu 10 stupňů) nebo 5-macular (v rozsahu 5 stupňů) se používají v diagnostice defektů makuly. U všech těchto vyšetřovacích strategií je potřeba korekce do blízka. Posledním vyšetřovacím testem perimetru Humphrey je Full Field strategie, jejíž měřicí rozsah je 120 stupňů, obsáhne

tedy celé zorné pole. Tento algoritmus se používá například u nejasných příčin ztráty zraku, u neurologických pacientů nebo při vyšetření zorného pole řidičů. U tohoto vyšetření není potřebná korekce do blízka.



Obr. 17: Perimetr Humphrey. [19]

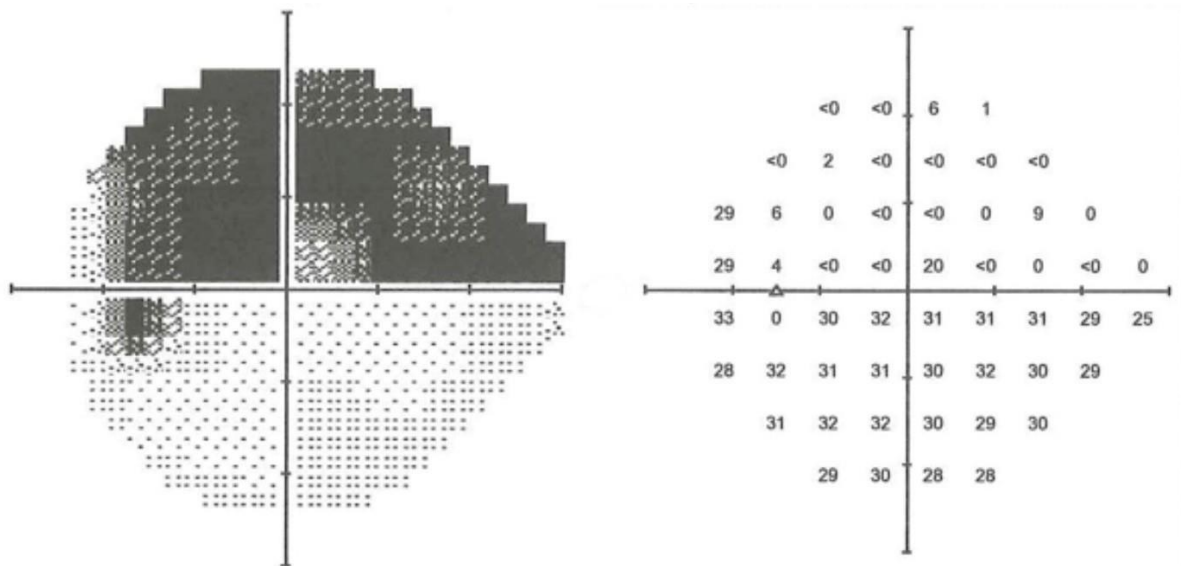
Perimetr Octopus (obr. 18) má podobné vyšetřovací programy. Program 32 testuje 76 bodů v rozsahu do 30 stupňů, program 08 testuje 56 bodů v oblasti do 10 stupňů, program 07 testuje 48 bodů do 30 stupňů a dalších 82 bodů od 30 do 75 stupňů. Brýlová korekce do blízka je potřeba pouze při testování v rozsahu do 30 stupňů. [9, 19]



Obr. 18: Perimetr Octopus. [19]

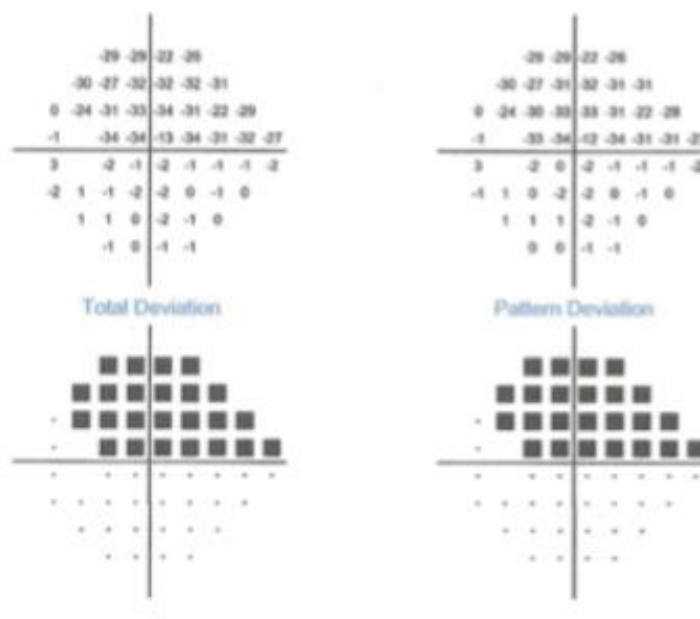
4.4.3. Interpretace výsledků statické perimetrie

Výsledky měření statické perimetrie jsou zaznamenávány v číselných hodnotách prahové citlivosti sítnice nebo graficky ve stupních šedi (obr. 19). Číselné hodnoty reprezentují hodnotu prahové citlivosti v decibelech. Ve fovei je hodnota citlivosti sítnice asi 35 dB. Pokud pacient zaznamená pouze stimuly nejvyšší intenzity osvětlení, ve výsledku je toto místo označeno číslicí 0. Pokud pacient nezaznamená stimulus ani o nejvyšší intenzitě, je toto místo zaznačeno jako „<0“. Snížení citlivosti o 5 dB může signalizovat změnu v zorném poli. V grafickém zobrazení světlejší barvy reprezentují vyšší prahovou citlivost, tmavší barvy udávají pokles citlivosti dané oblasti a úplně černá místa indikují absolutní výpadek zorného pole. Hodnoty prahové citlivosti jsou vyhodnoceny pomocí srovnání s normálními výsledky pro věk daného pacienta. Tato srovnání jsou prováděna odlišně na různých typech perimetrů.



Obr. 19: Výsledky perimetrie ve stupních šedi (vlevo) a numerické hodnoty (vpravo) pacienta s horním arkuátním skotomem. [32] - upraveno

Prahová citlivost se v rámci vyhodnocení srovnává s očekávanou hodnotou prahové citlivosti pro daný věk. Odchylka od očekávané hodnoty se u perimetru Humphrey označuje jako „total deviation“ (obr. 20). V číselném vyjádření bývá optimální hodnota nulová, záporné hodnoty poukazují na pokles citlivosti v daném místě sítnice, kladné hodnoty udávají vyšší než normální citlivost daného místa sítnice. Dále bývá zobrazován výsledek „pattern deviation“ (obr. 20), který ukazuje poruchu zorného pole s odflitovanými difuzními poklesy citlivosti (například u katarakty, která vede k rozptylu světla) a vyzdvihuje tak lokální pokles citlivosti v zorném poli, který může být způsoben například glaukomem.



Obr. 20: „Total deviation“ a „Pattern deviation“ u pacienta s horním arkuátním skotomem. [32] - upraveno

Ve výsledku měření jsou uvedeny také tzv. „indexy spolehlivosti“ (obr. 21). Během vyšetření přístroj zaznamenává ztráty fixace. Chybu fixace lze zjistit pomocí opakované projekce světelných stimulů v místě slepé skvrny. Pokud pacient tento stimul zaznamená, znamená to, že nesleduje fixační značku. Této technice říkáme Heijl-Krakauova metoda. Dalším indexem spolehlivosti je metoda zaznamenávající falešně pozitivní odpovědi. Falešně pozitivní odpověď vzniká, když pacient stiskne tlačítko i když nebyla promítnuta žádná světelná značka. Pacient slyšel pouze zvuk obvykle doprovázející světelný podnět, a tak stiskl tlačítko. Dále jsou zaznamenávány falešně negativní odpovědi. Falešně negativní odpověď vzniká, pokud pacient nezaznamenal značku silnější intenzity v místě, kde již dříve během vyšetření registroval stimulus slabší. Může to být způsobeno únavou pacienta. Posledním indexem spolehlivosti je čas vyšetření. Indexy spolehlivosti vyšetření může značně ovlivňovat délka vyšetření. Pokud vyšetření trvá příliš dlouho, pacient se nemusí dobře soustředit a nastávají chyby ve výsledcích měření, proto preferujeme vyšetřovací strategie s kratší vyšetřovací dobou.

Výsledky perimetrie také obsahují informace o typu vyšetření, tedy velikost stimulu, osvětlení pozadí a výběr vyšetřovací strategie. U některých typů perimetrů se zaznamenává i průměr zornice pacienta, dále by zde měla být uvedena zraková ostrost a hodnota vlastní brýlové korekce pacienta. Jsou zde uvedeny rovněž osobní údaje pacienta, datum a čas vyšetření.

Fixation Monitor:	Gaze/Blind Spot	Stimulus:	III, White	Date:	Aug 08, 2013
Fixation Target:	Central	Background:	31.5 asb	Time:	9:51 AM
Fixation Losses:	0/15	Strategy:	SITA-Standard	Age:	53
False POS Errors:	0%	Pupil Diameter:	6.2 mm *		
False NEG Errors:	0%	Visual Acuity:	20/25		
Test Duration:	05:33	Rc:	+1.00 DS +1.50 DC X 15		
Fovea:	35 dB				

Obr. 21: Část záznamu perimetrického vyšetření, indexy spolehlivosti, informace o vyšetření a o pacientovi. [32] - upraveno

Ve vyhodnocení měření jsou u některých typů přístrojů zobrazeny také globální indexy (obr. 22). Prvním z nich je GHT index (glaucoma hemifield test). GHT porovnává body nad horizontálou a pod horizontálou a zjišťuje, jestli je mezi nimi přítomen rozdíl. Výsledek může být v normálu („within normal limits“), dále může být přítomno obecné snížení citlivosti („generalized reduction in sensitivity“), vysoká citlivost („abnormally high sensitivity“), výsledek mimo normální hodnoty, kdy je velký rozdíl mezi horní a dolní polovinou zorného pole („outside normal limits“) nebo je výsledek hraniční („border line“). Index GHT má za úkol detektovat počínající glaukomové změny v zorném poli, protože glaukom často charakterizují asymetrické změny v horní a dolní polovině zorného pole.

Druhým indexem je MDI (the mean deviation) index, který ukazuje hodnotu odchylky střední ztráty citlivosti v zorném poli v porovnání s databází zdravých osob stejného věku. Normální hodnoty se obvykle pohybují od -2 dB do +2 dB. U perimetru Humphrey jsou patologické záporné hodnoty, u perimetru Octopus jsou patologické naopak kladné hodnoty. MDI je vhodný k sledování progese onemocnění.

Dále je u perimetru Humphrey ve výsledku zobrazen VFI index (visual field index), který stejně jako MDI sleduje progresi onemocnění. Na rozdíl od něj odfiltrovává difuzní pokles citlivosti, takže u pacientů s kataraktou je průkaznější. Normální výsledek je 100 %, při 0 % je přítomna kompletní ztráta zorného pole. Změny v zorném poli lze sledovat podle úbytku procent normálního zorného pole.

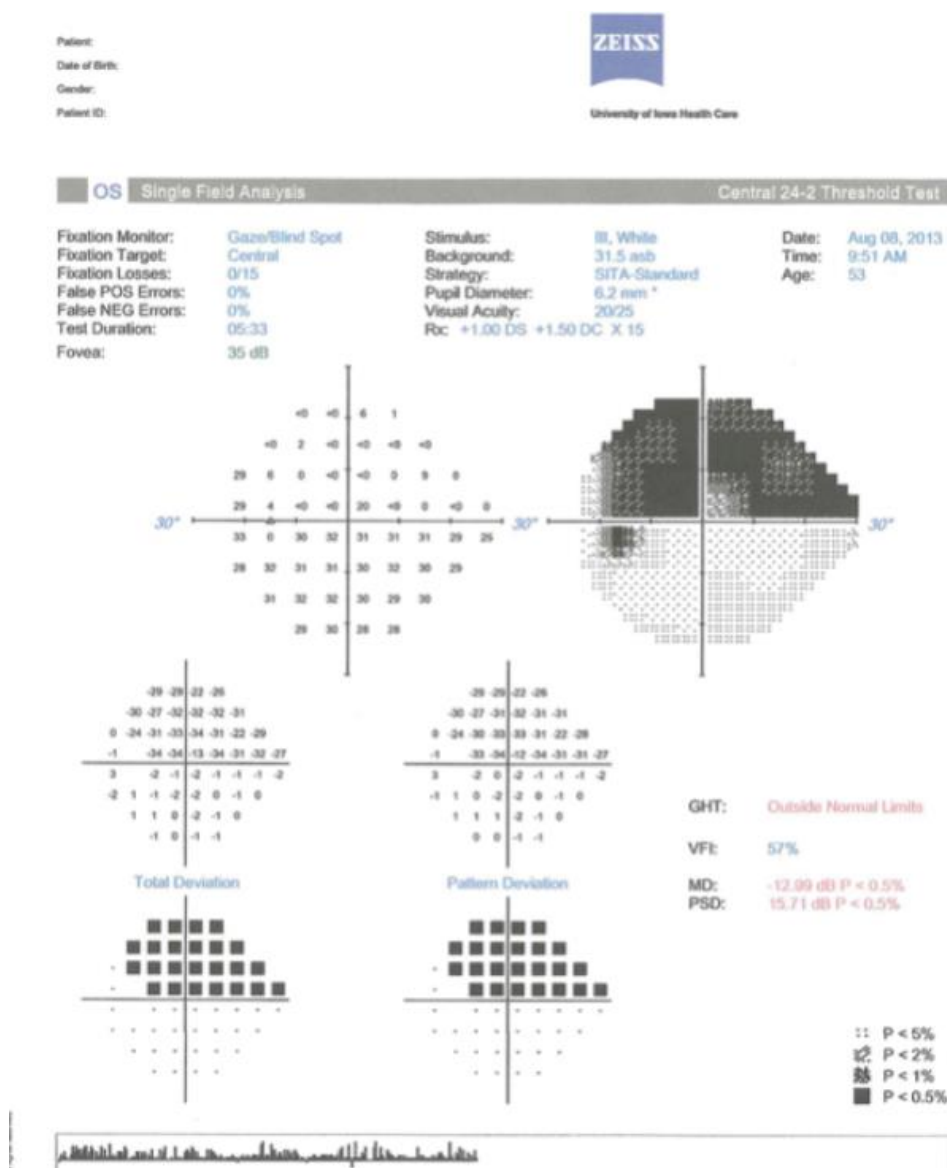
Posledním indexem je PSD index (the pattern standard deviation), který zjišťuje nepravidelnosti v zorném poli. Jeho normální hodnota je 0–6 dB, vyšší hodnoty signalizují progresi změn v zorném poli. PSD index je přítomen u perimetru Humphrey, u perimetru Octopus se tento index nazývá LV (loss variance).

GHT: Outside Normal Limits
 VFI: 57%
 MD: -12.99 dB P < 0.5%
 PSD: 15.71 dB P < 0.5%

Obr. 22: Globální indexy perimetrie. [32] - upraveno

Dále se hodnotí míra fluktuace, což je variabilita reakce pacienta na stejný podnět. Krátkodobá fluktuace se stanovuje pro jedno vyšetření, normální hodnoty jsou 0–2 dB. Dlouhodobá fluktuace je změna, která se projeví při vyšetření prováděném po několika dnech až měsíci. Standardní hodnoty nepřevyšují 2 dB.

V dolní části záznamu o vyšetření je zobrazen graf kontroly fixace (obr. 23).



Obr. 23: Kompletní záznam z perimetrického vyšetření na perimetru Humphrey. [32]

Vyšetření pomocí statické perimetrie bohužel bývá temporálně omezeno, a to do 60-70°. Výsledky jsou ovlivněny také velikostí zornice nebo přítomností šedého zákalu. Malý průměr zornice způsobuje pokles citlivosti ve výsledku měření.

Fyziologicky prahová citlivost s věkem klesá, a to asi o 0,065 dB za rok. Různé typy statických perimetrů se liší nastavením parametrů nabízených stimulů, proto nelze výsledky vyšetření z různých perimetrů mezi sebou srovnávat. [1, 6, 19, 22, 32]

4.5. Semi-automatická kinetická perimetrie

Semi-automatická kinetická perimetrie kombinuje automatickou statickou perimetrii a manuální kinetickou perimetrii. Algoritmy pro vyšetření byly vyvinuty kvůli nepřesnosti standardní kinetické perimetrie a toto vyšetření lze provést na statických perimetrech Octopus nebo Humphrey. Vyšetřuje se pomocí kupole s rozsahem 90 stupňů za použití standardních stimulů podle Goldmanna.

Vyšetřující zvolí startovní bod, směr a délku takzvaného vektoru, podél kterého se pohybuje daný světelný stimul předdefinovanou neměnnou rychlostí. Světelný stimul se pohybuje z periferie do centra a zastavuje se, když jej pacient zaznamená. Počítač tyto body ukládá a jejich spojením vzniká izoptera. Kromě pohybujících se stimulů, lze kdekoli využít také prezentaci statických stimulů.

Nejprve se testuje izoptera nadprahová, která určí základní obrys hory vidění. Dále pak lze testovat různé intenzity stimulů, a to pomocí až 10 izopter na každém oku. Tak vznikne 3 D model hory vidění. Případné centrální a paracentrální skotomy se detailně „dovyšetří“ statickou perimetrií. [5, 8, 19, 20]

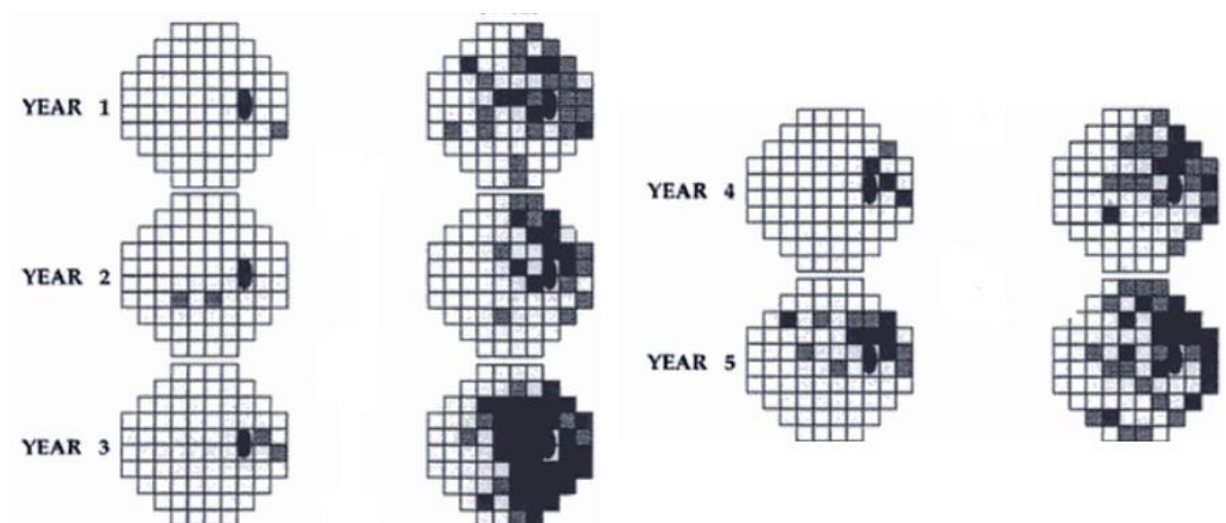
4.6. Moderní metody vyšetřování zorného pole

Statické perimetry bývají vybaveny spoustou specifických vyšetření. Ta byla vyvinuta kvůli časnější detekci některých onemocnění, zejména glaukomu. Dříve se tak odhalí snížená funkce skupiny gangliových buněk sítnice, které jsou u glaukomu přednostně poškozeny. Díky překrývání receptorových polí různých typů gangliových buněk nemusí být defekty zorného pole běžnou perimetrií (bílé světlo na bílém pozadí) včas detekovatelné.

4.6.1. Modrožlutá perimetrie (SWAP)

Modrožlutá perimetrie, jinak také SWAP (z anglického short-wavelength automated perimetry, tedy krátkovlnná automatická perimetrie), využívá úzkého svazku modrého světla v kombinaci se žlutým pozadím. Toto vyšetření je podobné jako klasická statická perimetrie a lze jej provádět na perimetru Humphrey.

Výsledky jsou zobrazeny jako mapa ve stupních šedi, stejně jako u klasické perimetrie, ale tyto výsledky mohou být zavádějící kvůli snížené citlivosti červených a zelených čípků. Mapa pak tedy může vykazovat patologii i u zdravých jedinců. Modrožlutá perimetrie je citlivější pro detekci časných funkčních deficitů způsobených glaukomem a pro detekci progresu glaukomu (obr. 24). Udává se, že oproti standardní automatické perimetrii mohou být defekty ZP detekovány až o 3 až 5 let dříve než pomocí bílé perimetrie. Proto se metoda SWAP často indikuje jako test k vyhodnocení zrakových funkcí u podezření glaukomu, a to zvláště u mladších pacientů. Žlutá barva čočky u některých začínajících jádrových katarakt totiž může fungovat jako modrý filtr a způsobovat významný pokles citlivosti. [1, 4, 22]

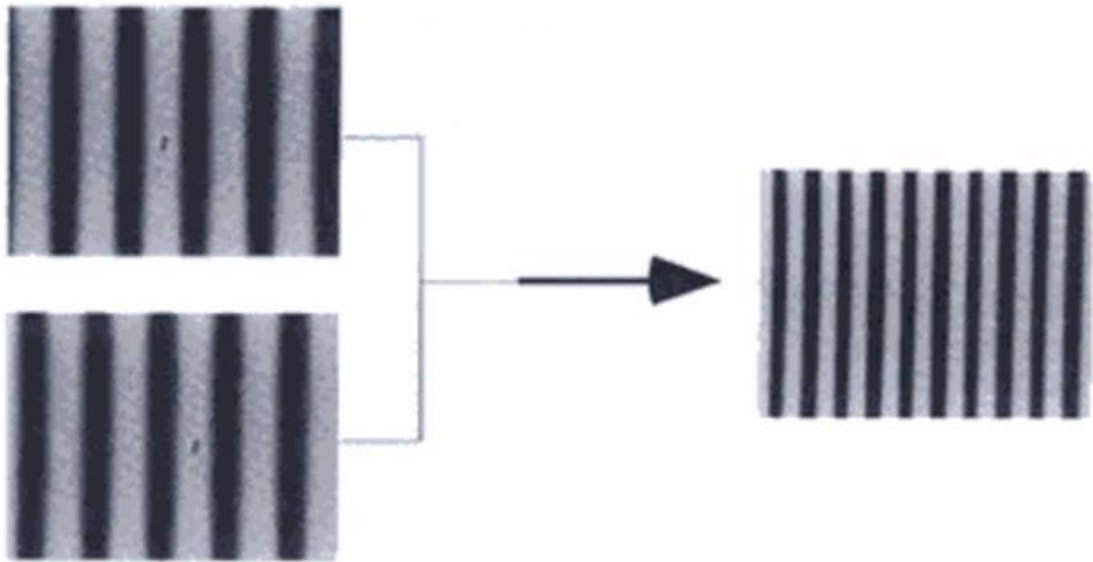


Obr. 24: Porovnání SWAP (vpravo) se standardní automatickou perimetrií (vlevo). [14] - upraveno

4.6.2. Frequency-doubling technology

Technologie zdvojené frekvence (dále jen FDT) je nová perimetrická metoda, která je efektivní k detekci změn zorného pole v důsledku glaukomu. Testuje funkci M-gangliových buněk sítnice.

Používání je velmi podobné jako u flicker perimetrie (popsáno dále). Pacient fixuje černý bod uprostřed perimetru a v periférii zaznamenává sinusovou mřížku. Mřížka je tvořena tmavými a světlými liniemi, jejichž pozice se pravidelně mění. To vytváří optickou iluzi a pacient vidí dvakrát více pruhů, než je zde ve skutečnosti (obr. 25). Vysvětluje se to tím, že sinusová mřížka má prostorovou frekvenci 0,25 – 0,5 cyklů/stupeň a frekvenci 25 Hz. Nízká prostorová frekvence a vysoká frekvence rychlosti tedy způsobují dvojitě zobrazení pruhů.



Obr. 25: FDT – dvojitě zobrazení pruhů mřížky. [14] - upraveno

Hlavní výhodou FDT perimetrie je její rychlost, takže vyšetření lze provést za pouhé 4 minuty. Pro FDT perimetrii se používá perimetr Humphrey Matrix, který je přenosný. Dalším kladem této metody je možnost vyšetřovat pacienty s refrakční vadou. Do ± 3 D není potřeba korekce, protože přístroj mřížku doostří. Pacient ale během vyšetření může používat vlastní brýlovou korekci, a to dokonce i bifokální, protože velikost stimulu je 10 x 10 stupňů.

Nevýhodou FDT perimetrie jsou nepřesné výsledky měření u starších osob s kataraktou, která snižuje kontrastní citlivost. [1, 5, 14, 19, 28]

4.6.3. Flicker perimetrie

Flicker perimetrie (blikající perimetrie) je podobná technologii zdvojené frekvence, ale na rozdíl od ní používá specifický stimulus, flicker defined form (FDF).

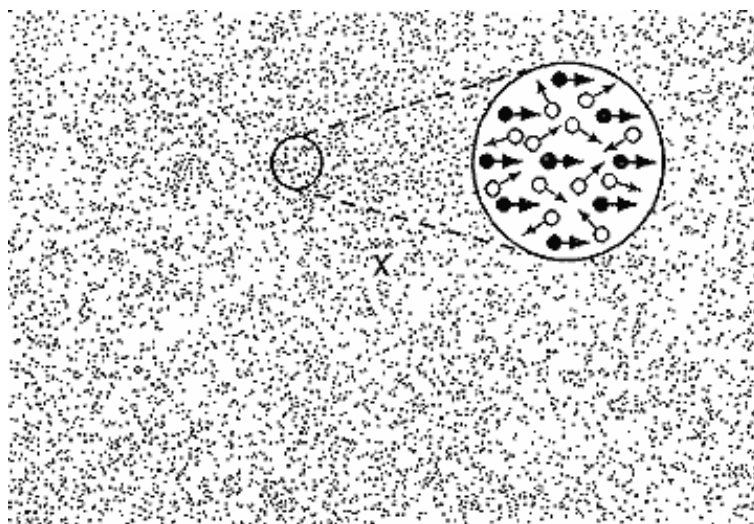
Stimul je vytvořen převrácením fáze blikajících černých a bílých bodů, čímž vzniká iluze obrysů. Test využívá oproti standardní automatické perimetrii náhodně blikajících bodů ve středním osvětlení 50 cd/m². To je během celého vyšetření neměnné. Testová značka se zobrazuje na dobu 400 ms s frekvencí 15 Hz. FDF může být používáno jak pro testování periferního zorného pole, tak pro testování centrálního zorného pole, a to v rozsahu 10°, 24°, 30° nebo 60°. Využívá dvou rozdílných stimulů. Pro testování 10° centrálního zorného pole má testová značka velikost 3°, pro testování 24°, 30° a 60° zorného pole se používá značka o velikosti 5°. Testové značky mají prahovou citlivost 0 až 28 dB. Vyšetření probíhá na perimetru HEP – Heidelberg edge perimeter.

Během vyšetření je důležitá stálá fixace pacienta na střed polokoule a také je třeba brát v úvahu falešně pozitivní a falešně negativní odpovědi. [28]

4.6.4. Motion automated perimetrie

Motion automated perimetrie, v překladu metoda detekce pohybu (dále MAP), měří schopnost pacienta zachytit pohyb nebo malé přemístění stimulu. Stejně jako u flicker perimetrie na stimul reagují magnocelulární gangliové buňky, které v tomto případě detekují pohyb a jejich časný výpadek může poukazovat na glaukomatózní onemocnění. Přínos této perimetrické metody pro diagnostiku glaukomu však zatím nebyl zcel prokázán.

K vyhodnocení citlivosti na pohyb v zorném poli se využívá malých testových značek (asi 10 000) na jednotném pozadí (obr. 26), které se pohybují v náhodných směrech. Body se pohybují ve skupinách, polovina z nich v náhodných směrech, polovina po kruhu. Posunutí se vyšetřuje v několika místech zorného pole podobně jako u statické automatické perimetrie. Pacientovým úkolem je rozeznat a ukázat směr pohybu bodu, což je mu umožněno pomocí světelného pera. Vyšetřovací vzdálenost je 22 cm, osvětlení pozadí je 50 cd/m².



Obr. 26: Vyšetření MAP. [34]

Vyšetření je možné provádět u pacientů s vyššími refrakčními vadami, přístroj koriguje vady do ± 6 D. Vyšetření MAP je také velmi odolné u katarakty nebo u některých dalších forem degradace obrazu. Vyšetření probíhá v zatemněné místnosti a k vyhodnocení se používá počítač s databází zdravých pacientů k porovnání výsledků měření. [14, 25, 34]

4.6.5. SITA

Swedish interactive threshold algorithm, v překladu švédský interaktivní prahový algoritmus, je metoda vyšetření zorného pole, která se velmi podobá standardní perimetrii. Vyšetření probíhá na perimetru Humphrey a používá se s výhodou při časně diagnostice glaukomu.

Největší výhodou SITA strategie je krátká vyšetřovací doba. Ta je oproti standardnímu vyšetření kratší asi o polovinu. Stimuly u SITA vyšetření mají také vyšší prahovou citlivost, a to o 1 až 2 dB. Přesnost by měla být v porovnání se standardní perimetrií stejně kvalitní. Podle statistik je však SITA metoda preciznější v prahové citlivosti a oproti tradičnímu testu přesnější. To je nejspíš způsobeno kratší dobou vyšetřování, pacient je totiž méně unavený. Další výhodou SITA metody, jak plyne z názvu, je její interaktivita. Přizpůsobuje se pacientovu reakčnímu času, a proto vyhovuje většině pacientů. U SITA zkušebních strategií se prahové hodnoty a chyby měření prahových hodnot odhalují průběžně během testu. Porovnávají se s modely zorného pole, které jsou přítomny dva, glaukomatózní a normální model. To pomáhá lepšímu vyhodnocení výsledků.

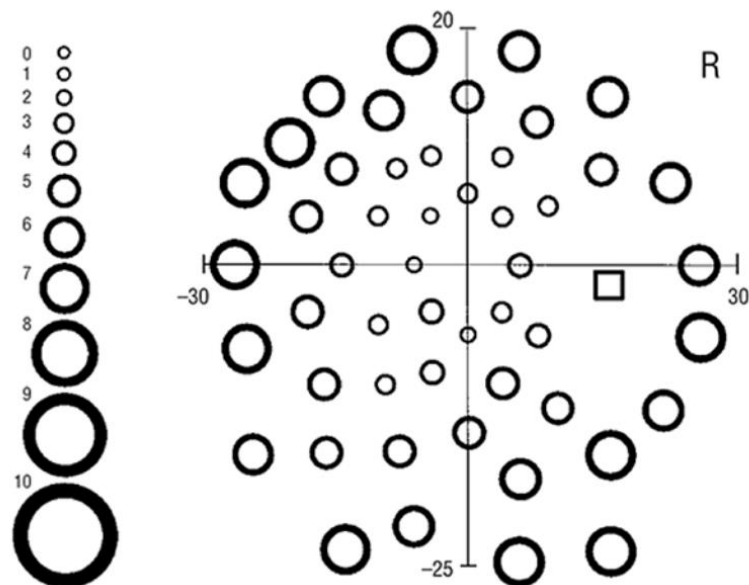
Testových algoritmů SITA existuje celá řada, dva základní jsou SITA standard a SITA fast. SITA standard má dobu trvání asi 4 až 8 minut u jednoho oka. SITA fast je velmi rychlý prahový test s vyšetřovací dobou jen 2 až 6 minut u jednoho oka. Světelný stimul je přerušen dříve než u standardní metody, což může mít dopad na kvalitu a přesnost. [4, 5, 14, 24]

4.6.6. *High-pass resolution perimetry (HPRP)*

HPRP je metodou vyšetření zorného pole, která jako stimulus využívá sérii prstencových značek. Ty jsou generovány na monitoru a jejich velikost je různá. Prstencová značka je tvořena světlým středem a tmavým okrajem (obr. 27).

Při vyšetření HPRP jsou testovány gangliové buňky parvocelulárního systému. Vyšetření probíhá v krátké vzdálenosti od monitoru a stimuly jsou promítány do centrální oblasti zorného pole (30 stupňů). Velikost nejmenšího viditelného kruhu udává hodnotu pacientova prahu rozlišení. Čím menší kruh pacient vidí, tím lepší je výsledek.

Pokles gangliových buněk může signalizovat riziko glaukomu, k jehož vyšetření se HPRP primárně využívá. Díky selektivnímu testování jedné podskupiny gangliových buněk by měla být HPRP perimetrie schopna zachytit počínající defekt zorného pole dříve než standardní bílá perimetrie. Vyšetření je poměrně rychlé, testování jednoho oka trvá asi 7 minut a je tak pro pacienta méně náročné. Metoda je však zatím málo prozkoumaná a výsledky studií jsou spíše rozporuplné. [9, 14, 19]



Obr. 27: HPRP, normální zorné pole. [19]

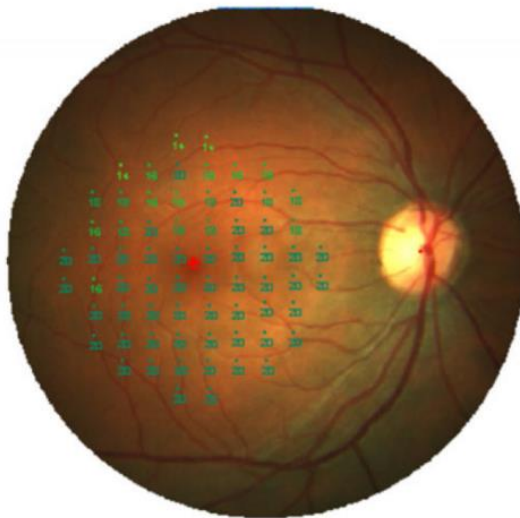
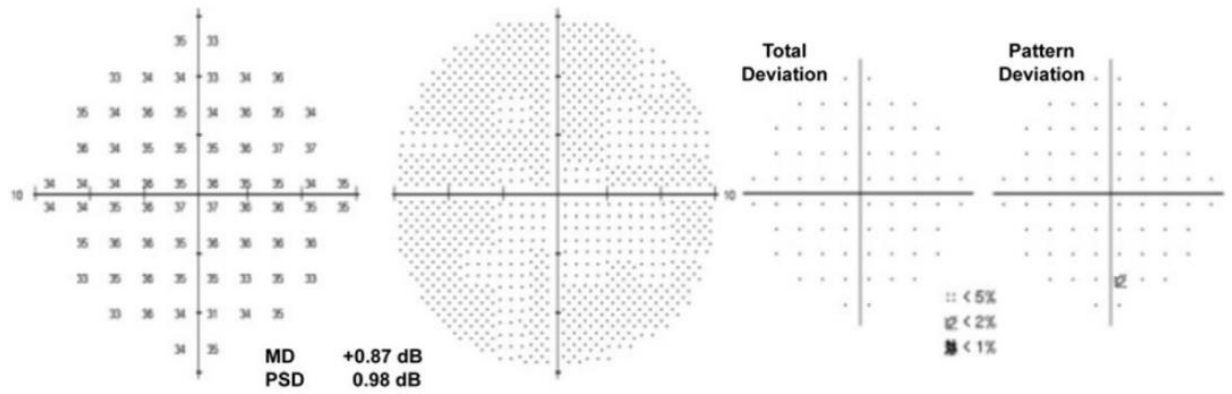
4.6.7. Mikroperimetrie

Mikroperimetrie, též fundus controlled nebo fundus-driven perimetrie je speciální metodou vyšetření zorného pole. Vyšetření zjišťuje funkci sítnice a zároveň sleduje její morfologii. Časné formy mikroperimetrie se poprvé objevily už v roce 1970. K zobrazení sítnice je využívána fundus kamera (OCT nebo SLO).

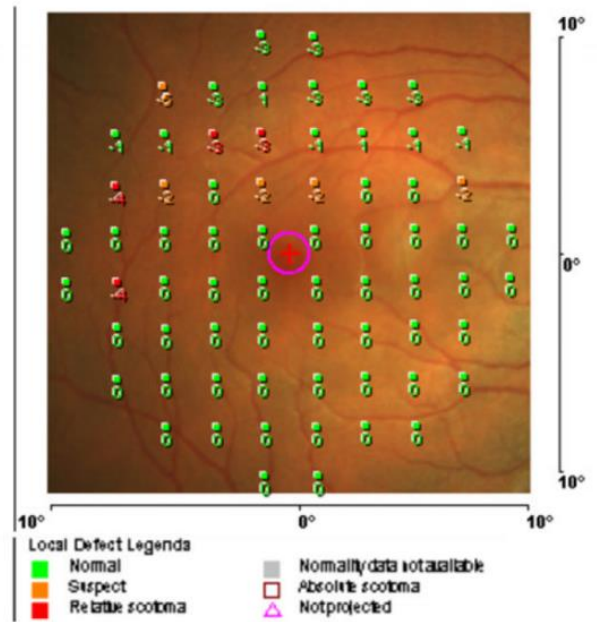
OCT (optická koherenční tomografie) je neinvazivní zobrazovací metoda, která využívá infračerveného paprsku. Zobrazuje příčný průřez tkáněmi, který má po vyhodnocení počítačem různé barevné provedení. SLO (skenovací laserová oftalmoskopie) umožňuje kvalitní zobrazení fundu a s její pomocí lze zjistit i retinální funkci dané oblasti sítnice. SLO využívá skenovacího laserového paprsku, který zaznamená každý bod všech vrstev sítnice. Současné mikroperimetrie využívají těchto metod.

Mikroperimetrie užívá světelných stimulů zobrazených na LCD displeji, jejichž pozici řídí vyšetřující. Osvětlení pozadí je $1,27 \text{ cd/m}^2$, využívá se stimulu III podle Goldmanna. Barva a osvětlení podnětů se mohou měnit, osvětlení stimulu může být až 127 cd/m^2 . Pacient opět sleduje fixační bod a stiskne tlačítko, když zaznamená stimulus. Velikost vyšetřovaného zorného pole může být až $45^\circ \times 36^\circ$.

Výsledek vyšetření obsahuje obraz fundu a mapu zorného pole daného pacienta (obr. 28). Měření je možné provádět i u pacientů s excentrickou fixací, umožňuje určit polohu excentrické fixace, její stabilitu, a také dokáže kompenzovat nestálou fixaci. Vyšetření udává zrakovou citlivost v daných bodech sítnice a je využíváno k posouzení účinku terapie u pacientů s retinálním onemocněním. K těm řadíme zejména věkem podmíněnou makulární degeneraci, dále pak je to Stargardtova choroba, diabetická retinopatie či retinitis pigmentosa. Mikroperimetrie je velmi přesná, rychlá a nezatěžuje pacienta. [1, 8, 10, 23]



Mean sensitivity: 19.0 dB
Mean defect: -0.7 dB



Obr. 28: Záznam vyšetření mikroperimetrie. [23]

4.7. Kampimetrie a stereokampimetrie

Kampimetrie je vyšetření zorného pole, které doplňuje vyšetření perimetrické. Dokáže totiž lépe odhalit malé centrální skotomy. Od perimetrie se liší tím, že vyšetřovací plochu netvoří polokoule, ale rovinná plocha. Na černém plátně je bílá síť tvořena meridiány a koncentrickými kružnicemi. Vyšetřovaný by neměl síť vidět, aby nebyl ovlivněn výsledek měření. Vyšetřovací vzdálenost je 1 metr pro vyšetření centrálních 30 stupňů zorného pole nebo 2 metry pro vyšetření zorného pole pouze 16 stupňů. Vyšetřující pohybuje po plátně bílou značkou umístěnou na tenké černé tyči. Velikost značek může dosahovat několika různých průměrů, a to 1, 2, 3, 5 nebo 10 mm. Značka je na sítnici zobrazena díky větší vyšetřovací vzdálenosti pod malým zorným úhlem, o mnoho menším, než jsou zobrazeny značky na perimetru o kratší vyšetřovací vzdálenosti. Je tak možné odhalit velmi drobné skotomy, identifikovat jejich tvar a velikost. Výsledek vyšetření se zaznamenává na plátno pomocí černých špendlíků a poté se zakreslí do vyšetřovacího schématu. [1, 16]

4.7.1. Bjerrumův kampimetr

Typickým příkladem běžného kampimetru je Bjerrumův kampimetr (obr. 29). Vyšetření probíhá výše zmíněným postupem. Koncentrické kružnice jsou odstupňovány v intervalu 5°, a to od 0 do 30 stupňů. Meridiány kolmé ke kružnici jsou odstupňovány po 15°. Fixační značka uprostřed plátna může být tvořena červenou žárovkou. Během vyšetření je hlava i brada pacienta opřena v opěrce. [1, 16]

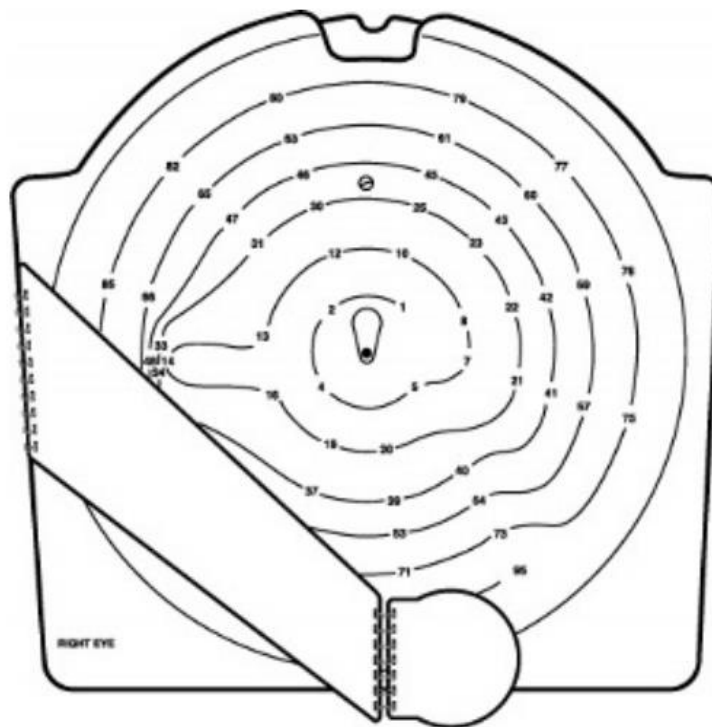


Obr. 29: Bjerrumův kampimetr. [37] - upraveno

4.7.2. *Damatův kampimetr*

Damatův kampimetr je přenosné zařízení k vyšetření zorného pole (obr. 30). Je tvořen oboustrannou deskou, na níž je vytištěna síť s centrálním stimulem. Pacient zařízení drží během vyšetření v rukou, pro větší pohodlí si jej může opřít o stůl. Damatův kampimetr vyšetřuje centrálních 30 stupňů zorného pole a na jeho ploše se nachází 60 očíslovaných stimulačních značek. Jejich očíslování je provedeno nejčastěji v modré barvě. Součástí přístroje je také ovladač, který umožňuje měnit nastavení kontrastu desky, který lze nastavit do pěti různých stupňů.

Vyšetřovací stimul se nachází uprostřed vyšetřovací desky. Pacient postupně fixuje očíslované fixační body. Netestované oko je během vyšetření zakryto. Na začátku vyšetření testujeme nejprve několik bodů spadajících do centra zorného pole. Po ujištění, že pacient chápe, co má dělat, a spolupracuje, vyšetříme polohu slepé skvrny. Pokud se slepá skvrna nachází v obvyklé poloze, je přítomna centrální fixace a je možné začít s měřením.



Obr. 30: Damatův kampimetr. [29]

Damatův kampimetr je vhodný k posouzení zorného pole, když právě nemáme k dispozici nákladnější a složitější přístroje k jeho vyšetření. Je možné jej využít u dětí asi od věku pěti let, kdy už dokáží rozeznat základní číslovky. [1, 3, 29]

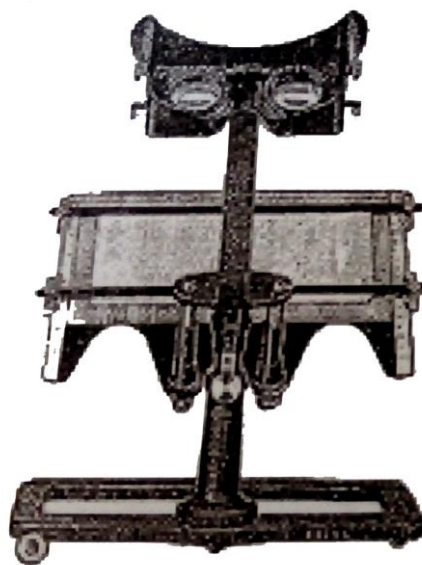
4.7.3. *Lloydův stereokampimetr*

Stereokampimetr (obr. 31) používáme rovněž k vyšetření centrálního zorného pole. Oproti klasickému kampimetru je vyšetření možné i v přítomnosti centrálního skotomu na jednom oku, protože vyšetření probíhá binokulárně a pacient může fixovat druhým zdravým okem.

Stereokampimetr je založen na principu Brewsterova-Holmesova stereoskopu. Ten má podobnou konstrukci a slouží k vyšetření, nácviku a upevňování binokulárního vidění. Zařízení je tvořeno základní deskou, na které je umístěn nosný sloupek. Na něm je opěrka pro bradu a stereoskopický okulár. Ty lze nastavit podle pacientových proporcí nebo jimi lze také posunovat po nosném sloupku a nastavit tak různou vzdálenost od vyšetřovací desky. Zorné pole je disociováno pomocí přepážky mezi okuláry pravého a levého oka. Nad okulárem je umístěno osvětlení.

Vzdálenost okuláru od vyšetřovací desky se upraví po vložení schématu na vyšetřovací plochu, tak, aby pacient viděl obrazy ostře. Pokud je pro pacienta obtížná fúze obrazů obou očí, vkládáme do okuláru prizmata, která fúzi napomohou. Pacient během vyšetření fixuje středovou fixační značku, která je pro každé oko umístěna mírně excentricky, a tak navozuje „fixaci do nekonečna“ a uvolňuje tedy akomodaci. Vyšetřováno je to oko, které není schopno fixace (je přítomen centrální skotom). Dále vyšetření probíhá obdobně jako u kampimetrie, pomocí vkládání bílých značek na černé tyčince do různých míst vyšetřovacího schématu.

Pomocí stereokampimetrie můžeme vyšetřit zorné pole nazálně do 10 stupňů, temporálně do 35 stupňů, nahoru a dolů do 25 stupňů. [1, 16]



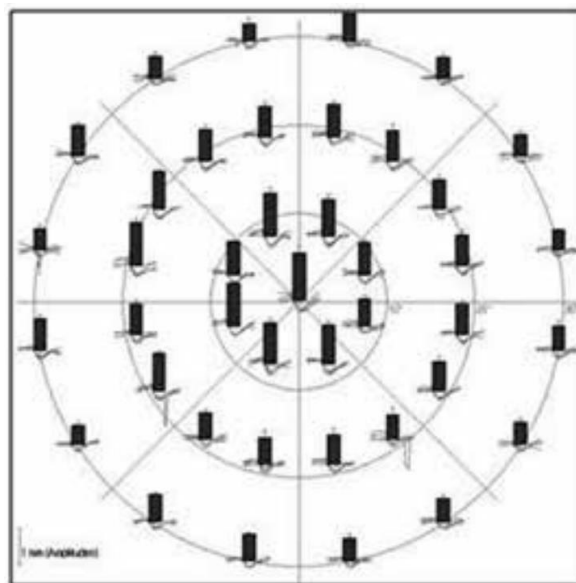
Obr. 31: *Lloydův stereokampimetr. [1] - upraveno*

4.7.4. Pupilární kampimetrie

Pupilární kampimetrie (perimetrie) je objektivní metoda vyšetření zorného pole. Při vyšetřování je vyvolán pupilární reflex pomocí světelného stimulu umístěného v různých částech vyšetřovací tabule. Studie prokázaly, že defekty pupilárního zorného pole jsou u řady onemocnění shodné s defekty normálního zorného pole.

Pacient během vyšetření fixuje centrální bod, na obrazovce se zobrazují světelné stimuly s danou hodnotou jasu. Zornice by se měla při jejich zobrazení zúžit. Amplituda odpovědi pupilárního reflexu vyvolaná malým světelným stimulem je měřena pomocí infračervené kamery. Ve výsledku je zaznačeno několik bodů (obr. 32), snížení jejich počtu udává defekt v zorném poli. Kvůli rozptylu světla kompletní ztráta pupilárního reflexu nikdy nenastane.

Vyšetření probíhá ve tmě. Pupilární kampimetrie může být přínosná u nespolupracujících či simulujících pacientů, nebo u starších osob nezvládající klasickou perimetrii. Bohužel není příliš rozšířena a vyskytuje se jen na několika lékařských pracovištích. [19, 31]



Obr. 32: Výsledek pupilární kampimetrie u zdravého pacienta, výška sloupců ukazuje velikost pupilární reakce v daném místě. [19] - upraveno

5. Nejčastější využití perimetrie v oftalmologii

5.1. Glaukom

Glaukom je druhou nejčastější příčinou slepoty na světě. Screening a časná diagnóza glaukomu je proto důležitou součástí očního vyšetření. U zdravého oka je rovnováha mezi odtokem a přítokem komorové vody vyrovnaná a tím je udržovaný normální nitrooční tlak. Zvýšený nitrooční tlak je hlavním rizikovým faktorem, který způsobuje poškození očního nervu. Tento stav se nazývá glaukom, u nás též známý jako zelený zákal.

Rozeznáváme dva typy glaukomu. Prvním typem je glaukom s otevřeným úhlem, druhým typem je glaukom s uzavřeným úhlem. Oba typy glaukomu můžeme dále rozdělit na primární a sekundární typ.

Zelený zákal se vyskytuje u 1-4 % dospělé populace nad 40 let věku. Glaukom s otevřeným úhlem se vyskytuje častěji než glaukom s uzavřeným úhlem u europoidní a negroidní rasy, glaukom s uzavřeným úhlem se vyskytuje častěji u mongoloidní rasy. [13, 19]

5.1.1. *Primární glaukom s otevřeným úhlem*

Primární glaukom s otevřeným úhlem je stav, který vede k pomalému a progresivnímu poškození optického nervu a k postupné ztrátě zorného pole. Komorový úhel je otevřený.

Diagnóza je dána charakteristickou ztrátou zorného pole a exkavací optického nervu. Navíc je obvykle přítomno zvýšení nitroočního tlaku. Když je nitrooční tlak nižší nebo normální, stav se nazývá „glaukom s nízkou či normální tenzí“. Je to zákeřná forma glaukomu, která nemusí být včas rozpoznána.

Hlavním rizikovým faktorem glaukomu je hodnota nitroočního tlaku nad 20 mmHg (milimetrů rtuťového sloupce). Zvýšenou hodnotu nitroočního tlaku je důležité zaznamenat i u pacientů, u kterých se nevyskytují žádné symptomy. Tento stav se nazývá oční hypertenze a obvykle nevyžaduje žádnou léčbu, jen pečlivé a pravidelné kontroly u lékaře.

Tloušťka rohovky je důležitým parametrem pro přesné měření nitroočního tlaku. Ztenčení rohovky je spojeno s falešně nižší hodnotou nitroočního tlaku a je rizikovým faktorem pro progresi glaukomu.

Prevenčí progresu glaukomu jsou pravidelná oční vyšetření a měření nitroočního tlaku nejlépe u všech pacientů nad 40 let věku. Důležitou roli hraje u primárního glaukomu s otevřeným úhlem také dědičnost. Všichni příbuzní pacientů s glaukomem by měli být pravidelně vyšetřováni. Léčba glaukomu může být farmakologická, laserová nebo chirurgická. [7, 13]

5.1.2. Primární glaukom s uzavřeným úhlem

Primární glaukom s uzavřeným úhlem probíhá obvykle akutní formou. Vyskytuje se hlavně u starších pacientů, častěji u žen než u mužů. Může se objevovat rovněž v chronické formě.

Tento typ glaukomu vzniká, když dojde k uzavěru komorového úhlu apozicí kořene duhovky při tzv. pupilárním bloku (zadní plocha duhovky přilne k přední ploše čočky). To zabraňuje odtoku komorové vody a vede ke zvýšení nitroočního tlaku.

Dochází k akutnímu a výraznému zvýšení nitroočního tlaku. Pacient pociťuje bolest, kvůli otoku epitelu rohovky může mít rohovka sníženou transparentnost a pacient má rozmazané vidění. Akutní glaukom s uzavřeným úhlem se také často prezentuje zčervenáním postiženého oka. Zornice je ve střední mydriáze a nereaguje na světlo (pupiloplegie). Přední komora je mělká. Pokud příznaky nepolevují, zvýšený nitrooční tlak může způsobit trvalé poškození oka. Výsledkem je vážné omezení zorného pole až úplná slepota.

Léčbu je nutno zahájit okamžitě. Pacient by měl být odeslán co nejdříve k oftalmologovi. Chirurgická léčba se provádí po farmakologickém snížení nitroočního tlaku. Primární glaukom s uzavřeným úhlem je nemoc postihující obě oči. Riziko vzniku glaukomu během pěti let na druhém oku je padesátiprocentní, proto se provádí laserová iridotomie rovnou na obou očích.

Chronický primární glaukom s uzavřeným úhlem vzniká opakovaným uzavíráním komorového úhlu. Symptomy jsou mírnější a nastupují později. Pacient si zpočátku může stěžovat na přechodné rozmazané vidění, haló efekty (rozptyl světla) a mírnou bolest hlavy. Chronický primární glaukom s otevřeným úhlem nemá vážnější symptomy, dokud se neobjeví vážná ztráta zorného pole v pokročilém stádiu onemocnění. [7, 13, 18]

5.1.3. Sekundární glaukom

Intraokulární tlak může být zvýšen také kvůli jinému onemocnění, které blokuje odtokový kanál komorového úhlu. U vážných zánětů duhovky mohou zánětlivé buňky nebo duhovkové srůsty blokovat odtokový kanál. U hyfémy (krvácení do přední komory) může být odtokový kanál ucpan krví. Někdy je glaukom komplikací vrozené katarakty nebo očních nádorů. [13]

5.1.4. Změny v zorném poli

Změny zorného pole se u pacientů s glaukomem manifestují většinou jako tzv. arkuátní skotomy (obr. 33). Arkuátní skotom, zvaný též Bjerrumův skotom, svým tvarem odpovídá průběhu nervových vláken na sítnici a může se vyskytovat buďto v horní nebo v dolní polovině sítnice, nepřekračuje však nikdy rhaps horizontalis (linie oddělující horní a dolní část sítnice). K pozdním změnám řadíme koncentrické zúžení zorného pole, ovšem někdy může mít pacient zachovány zbytky zraku v temporální části zorného pole. U glaukomu se bohužel mohou objevit i neurčité výpadky zorného pole.



Obr. 33: Zorné pole pacienta s glaukomem, typický Bjerrumův (arkuátní) skotom. [39]

K časně diagnostice a sledování průběhu onemocnění glaukomem se běžně využívá metoda standardní automatické perimetrie, a to programy využívané k vyšetření centrálního zorného pole do 30 stupňů. Využití mají u glaukomu rovněž nové typy vyšetřovacích metod, zejména SWAP (modrožlutá perimetrie), FDT, MAP, SITA či HPRP. Z nich se do praxe nejvíce rozšířila metoda FDT, jelikož je časově nenáročná, pacienty nezatěžuje a při vyšetření není potřeba korekce do blízka. [7, 13, 19]

5.2. Onemocnění zrakové dráhy

Onemocnění zrakové dráhy vedou k výpadkům v zorném poli. Můžeme je dělit podle toho, která část zrakové dráhy je postižena.

5.2.1. Postižení nervu optiku

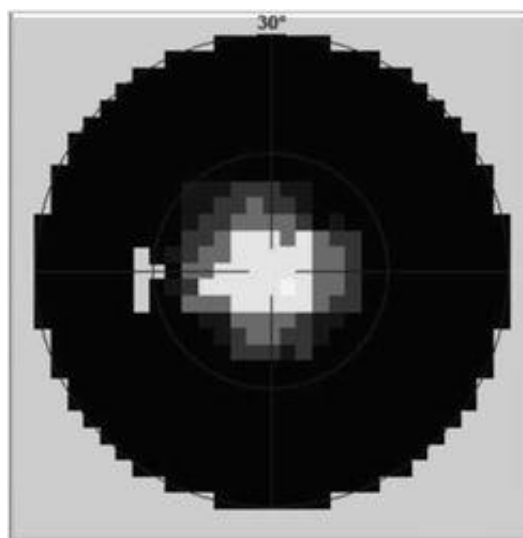
5.2.1.1. Změny na terči nervu optiku

Choroby a různá poškození optického nervu mohou být doprovázeny pro ně typickými změnami terče zrakového nervu. Ty, které mohou způsobit výpadky v zorném poli, si dále popíšeme. Změny terče nervu optiku můžeme rozdělit do tří skupin.

1. Vrozené a vývojové anomálie papily

K nejvýznamnějším vrozeným anomáliím papily řadíme kolobomy zrakového nervu. Ty vznikají v důsledku nedokonalého uzavření oční štěrbin v průběhu vývoje. Kolobomy se vyskytují nejčastěji v dolní polovině terče zrakového nervu, který může být zároveň zvětšený. Výpadky zorného pole mohou být nepatrné, ale může dojít i k těžké ztrátě části zorného pole, zejména v horní polovině.

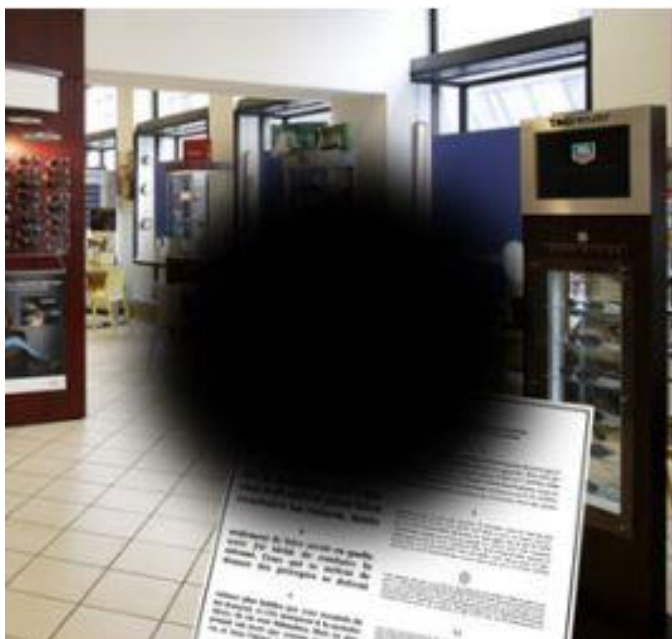
Dále můžeme zmínit drúzy zrakového nervu. Jsou to hyalinní depozita ukládána v různých částech nervu optiku. Jednak mohou být vrozené, ale vznikají i v důsledku chronických oběhových poruch papily. Povrchové drúzy jsou bez větších komplikací, problémové mohou být drúzy v hlubokých vrstvách nervu optiku. V jejich důsledku vznikají trvalé ztráty zorného pole, nejčastěji ve formě arkuátního skotomu až koncentrického zúžení zorného pole (obr. 34).



Obr. 34: Koncentrické zúžení zorného pole ve výsledku perimetrického vyšetření. [36]

2. *Atrofie zrakového nervu*

Atrofie zrakového nervu je stav, kdy dochází k odumření nervových vláken zrakového nervu a papila je extrémně bledá. Může vznikat ze spousty příčin, například u glaukomu, v důsledku nádorů, poranění nebo oběhových poruch nervu optiku. Atrofie zrakového nervu se projevuje formou centrálního skotomu (obr. 35).



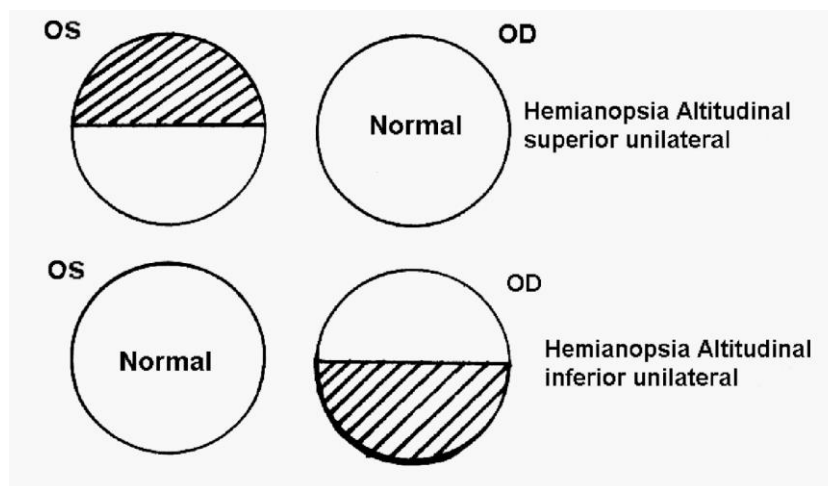
Obr. 35: Centrální skotom. [38]

3. *Zduřelá papila*

Termínem zduřelá papila obecně nazýváme stav, kdy je přítomen otok a hyperémie terče optického nervu. Neměli bychom zaměňovat termíny zduřelá papila a městnavá papila.

Městnavá papila označuje oboustranný otok zrakového nervu jako důsledek nitrolební hypertenze. Příznaky u neatrofujících stádií mohou být metamorfopsie, krátkodobá zamlžení obrazu či rozšíření slepé skvrny. U těžších atrofujících stádií dochází ke koncentrickému zúžení zorného pole, což může skončit až oboustrannou slepotou.

Ischemický edém papily optického nervu je náhle vzniklá porucha zraku, která byla způsobena uzávěrem (ischemií) některé větve zadních krátkých ciliárních arterií. Zraková ostrost je snížena a objevuje se také typický výpadek v dolní polovině zorného pole, což označujeme jako dolní altitudinální hemianopsii (obr. 36). [7, 13, 15]



Obr. 36: Altitudinální výpadek zorného pole (hemianopsie). [35]

5.2.1.2. Choroby zrkového nervu

Neuritida optiku je zánět očního nervu vznikající většinou u pacientů mezi 15. a 45. rokem věku. Hlavním příznakem je pokles zrakové ostrosti, dále to může být porucha kontrastní citlivosti, barvocitu či zorného pole. Nejčastěji se u pacientů s neuritidou optiku vyskytuje centrální skotom, ale mohou být přítomny i skotomy arkuátní či altitudinální. Neuritida optiku se většinou vyskytuje pouze na jednom oku a často je doprovodným příznakem roztroušené sklerózy. [7, 18]

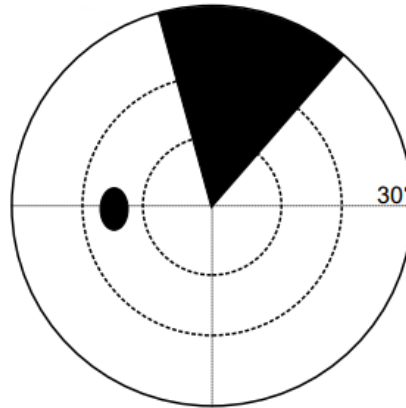
Toxické neuropatie optiku vznikají působením toxických látek. Způsobují poruchy centrálního nebo periferního zorného pole. Centrální zorné pole může být postiženo při nadměrném užívání alkoholu a tabákových výrobků. Tyto změny jsou ve většině případů částečně reverzibilní. K nevratným změnám v centrálním zorném poli může naopak dojít při otravě methyloalkoholem. Periferní zorné pole může být poškozeno například chininem.

Leberova hereditární neuropatie optiku je způsobena dědičnou atrofií vláken nervu optiku, která typicky postihuje mladé muže. Nejprve se objevuje ztráta zrakové ostrosti na jednom oku, postupně se rozšiřuje i na oko druhé. Dále se vyznačuje otokem papily zrkového nervu a poruchou centrálního zorného pole.

Nádory optiku, jako jsou gliomy či meningeomy, mohou způsobovat postupný úbytek zraku a změny v zorném poli v podobě centrálního a centrocekálního skotomu, nebo koncentrické zúžení zorného pole.

Poranění optiku může být způsobeno přímou cestou (střelné poranění, cizí těleso v oku, bodné rány) nebo nepřímou (kontuze). Přímá poranění se projevují edémem či atrofií

zrakového nervu, nepřímá poranění jsou charakterizována sektorovým výpadkem zorného pole (obr. 37). [15, 17]



Obr. 37: Sektorový výpadek zorného pole. [19]

5.2.2. *Postižení chiasma opticum*

Chiasma opticum může být nejčastěji postiženo útlakovými lézemi, může být však ovlivněno i poraněním či krvácením. Všechny tyto příčiny mají společný obraz poškození – chiasmatický syndrom. Útlakové léze dělíme podle směru útlaku. Vzhledem k tomu, že v chiasma opticum dochází ke křížení vláken obou očí, dochází k postižení zorného pole obou očí.

Útlak zdola bývá způsoben adenomem hypofýzy a vzniká tzv. dolní hypofyzární syndrom. Nejprve jsou přítomny skotomy v horních temporálních kvadrantech zorného pole obou očí, které nemusí být pacientem zaregistrovány. Ty se pak rozšiřují i do dolní části zorného pole a vzniká bitemporální hemianopsie.

Útlak shora může jednak způsobit aneurysma (výduť dutého orgánu) Willisova arteriálního okruhu v mozku (zajišťuje krevní zásobení zrakové dráhy), jednak hydrocefalus (hromadění mozkomíšního moku v dutinách mozku). Výpadek zorného pole se projevuje nejprve v dolních temporálních kvadrantech, později se rozšiřuje i do horního temporálního kvadrantu a vzniká horní chiasmatický syndrom.

Útlak zepředu je způsoben meningeomou a vede ke Traquairově junkčnímu skotomu. Utlačováno je spojení nervu optiku a chiasma. Junkční skotom se nejprve projevuje centrálním skotomem na straně léze a mírným úbytkem zorného pole v temporálním horním kvadrantu na straně zdravé. S pomalou, ale stálou progresí meningeomu může dojít až k amauróze na straně léze a ke skotomu temporální poloviny zorného pole na zdravé straně.

Útlak zezadu je charakterizován bitemporálním paracentrálním skotomem.

Vzácným typem útlaku je útlak v zevním úhlu. Bývá způsoben aneurysmatem vnitřní karotidy a je obvykle jednostranný. Skotom tedy postihuje temporální polovinu zorného pole postiženého oka, vzácně se může objevit oboustranně.

K primárním nádorům chiasma optiku řadíme pouze gliomy. Gliom chiasmatu může být benigní či maligní. Projevuje se centrálními skotomy, a to jednostrannými či oboustrannými, nebo výpadky hemianopického charakteru.

Nepřímá poranění chiasma opticum vznikají nejčastěji nárazem do čelní krajiny, typicky u automobilových nehod. Výpadek v zorném poli mívá bitemporální hemianopický charakter. [15]

5.2.3. *Retrochiasmatické léze zrakové dráhy*

Retrochiasmatické léze jsou charakterizovány výpadkem v zorném poli zvaným homonymní hemianopsií (obr. 38). Skotom zaujímá na obou očích stejné poloviny zorného pole, pravé nebo levé. Homonymní hemianopsie mohou být způsobeny poruchou optického traktu, optické radiace nebo zrakové kůry. Pacient často poruchu nemusí vnímat.



Obr. 38: Výpadek hemianopického charakteru. [17]

Poruchy zrakového traktu se vyznačují atrofií papil zrakového nervu a silnou inkongruencí (rozdílem) hemianopických skotomů na obou očích.

Léze corpus geniculatum laterale jsou spíše vzácné a jejich projevy jsou podobné projevům poruch zrakového traktu, typický je ale sektorovitý hemianopický defekt.

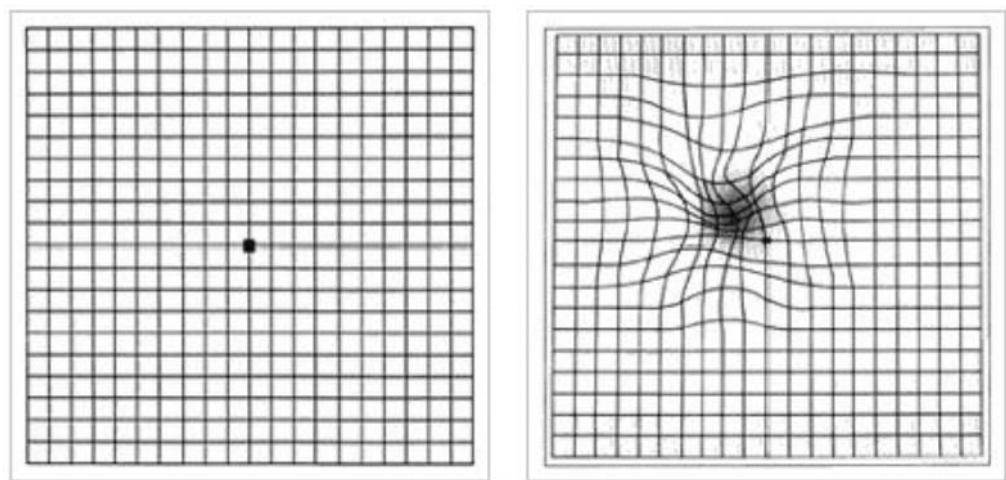
Poruchy zrakové radiace na rozdíl od poruch zrakového traktu nikdy nezpůsobují atrofii papil zrakových nervů, pupilární reflexy jsou zachovány, zraková ostrost není porušena a skotomy na obou očích jsou kongruentní (téměř stejné). Kongruence se zvyšuje směrem ke korovému centru. Poškození optické radiace v její dolní části (v temporálním laloku) vede ke vzniku horní kvadrantové hemianopsie. Poškození její horní části (v parietálním laloku) naopak způsobí dolní kvadrantovou hemianopsii.

Může dojít také k poruše obou optických radiací, což se projevuje vznikem oboustranné homonymní hemianopsie. [10, 15, 19]

5.3. Onemocnění sítnice

Onemocnění sítnice mohou způsobovat změny na očním pozadí, které mohou vést k výpadkům v zorném poli. Většinou však u těchto stavů není perimetrie nezbytnou vyšetřovací metodou.

Věkem podmíněná makulární degenerace (VPMD) je jedním z nejčastějších onemocnění makuly a postihuje pacienty ve věku okolo 75 let. Dělí se na dvě formy. Suchá forma VPMD je doprovázena atrofií pigmentového epitelu a fotoreceptorů v oblasti makuly. Vyvíjí se pomalu, dlouho jsou atrofie přítomny jen ve fovei, objevují se drúzy. Úbytek fotoreceptorů a pigmentového epitelu způsobuje zhoršení zrakových funkcí a rozvoj centrálního skotomu. Vlhká forma VPMD se rozvíjí pod pigmentovým epitelem, je doprovázena neovaskularizací a progreduje rychle. Neovaskularizace způsobují snížení zrakových funkcí a metamorfopsie (obr. 39). [17]



Obr. 39: Amslerova mřížka u zdravého pacienta (vlevo) a přítomnost metamorfopsií u pacienta s VPMD (vpravo). [38]

Stargardtova choroba je dědičnou makulární degenerací, která se projevuje snížením zrakové ostrosti mezi 7. a 15. rokem věku. Jsou poškozeny fotoreceptory a retinální pigmentový epitel. Při perimetrickém vyšetření se projevuje centrálním skotomem. [10]

Chorioretinitida je zánět cévnatky a sítnice. V případě, že je poškození v místě makuly, vzniká arkuátní skotom. Poškození v periférii mohou být pacientem nepocíťovaná a jejich přítomnost je zjištěna většinou náhodně při rutinním vyšetření. Vyskytuje se často u pacientů s toxoplazmózou, syfilidou nebo u pacientů s AIDS. [13, 19]

Pigmentová retinopatie je geneticky podmíněné onemocnění vedoucí ke změnám na sítnici. Nejprve jsou poškozeny tyčinky, poté teprve dochází k poškození čípků. To značí charakteristickou ztrátu zorného pole, které se postupně zužuje (koncentrické zúžení).

Diabetická retinopatie vzniká jako následek diabetu. Jsou poškozeny sítnicové kapiláry a vznikají drobná krvácení nebo makulární edém. Postižení zorného pole nebývá u diabetické retinopatie specifické a výrazné, většinou jsou to difúzní skotomy (obr. 40). [17]



Obr. 40: Difúzní skotom. [17]

Odchlípení sítnice je stav, kdy se oddělí neuroretina od pigmentového epitelu sítnice. Vzniká po úrazech oka, může se objevit u afakie, artefakie nebo u myopických pacientů. Způsobuje relativní defekty v periférii zorného pole.

Retinoschíza je stav, kdy dochází k rozštěpu jednotlivých vrstev neuroretiny. Může být vrozená nebo senilní. U retinoschízy jsou přítomny absolutní skotomy v periférii zorného pole. [7, 19]

U vysokých myopií může dojít k degeneraci sítnice. Bulbus se s růstem oka protahuje a mohou se objevit trhliny sítnice a cévnatky. Může nastat výpadek centrálního zorného pole. [17]

Cévní okluze mohou způsobovat změny v zorném poli, rozlišujeme arteriální a venózní okluze. Arteriální okluze vedou ke vzniku absolutních skotomů, venózní okluze nemusí být doprovázena žádnou změnou zorného pole. [19]

6. Závěr

Mým cílem bylo shrnout v bakalářské práci různé metody vyšetření zorného pole a popsat jejich využití v oftalmologické praxi. Charakterizovala jsem principy základních perimetrických metod, jako jsou kinetická a statická perimetrie. Snažila jsem se vysvětlit všechny moderní techniky vyšetření zorného pole, ale i základní metody vyšetření zorného pole, které mnohdy bývají prvním a důležitým indikátorem poškození zraku. U každého perimetrického vyšetření jsem se snažila vylíčit průběh vyšetření a způsob orientace v jeho výsledku. V závěru jsem uvedla stručný popis onemocnění vedoucích k typickým změnám zorného pole.

Myslím, že se perimetrie se bude v následujících letech vyvíjet stále kupředu, vzniknou nové specializované algoritmy pro testování různých onemocnění zorného pole nebo dojde k vylepšení algoritmů stávajících. Ke zlepšení kvality výsledků perimetrie by jistě přispěly programy s kratší dobou testování, jelikož pacienti, a to hlavně ti starší, mohou být ke konci vyšetření unavení a nesoustředění. Starší pacienti rovněž nemusí zvládat zaznamenávání registrovaných stimulů, neboť je pro ně náročné rychle stisknout tlačítko. Výsledky perimetrie bývají často nespecifické, s výskytem mnoha malých nejasných skotomů, což bývá způsobeno špatnou kontrolou pacientovy fixace, nedbalou instruktáží pacienta nebo jeho nesoustředěností, a pacient pak musí vyšetření podstoupit znovu.

Věřím, že tato práce v budoucnu nejen usnadní vzdělávání studentům optiky a optometrie, ale také pomůže rozšířit povědomí o perimetrii u oftalmologických pacientů, kteří se chystají perimetrické vyšetření podstoupit.

Seznam obrázků

Obr. 1: Zraková dráha.....	11
Obr. 2: Vrstvy sítnice, 1 – pigmentový epitel, 2 až 10 – vrstvy sítnice.....	12
Obr. 3: Oční pozadí.....	13
Obr. 4: Stavba tyčinky (vlevo) a čípku (vpravo).	14
Obr. 5: Chiasma opticum, křížení vláken.	16
Obr. 6: Zraková kůra.....	17
Obr. 7: Hora vidění, pohled zepředu (vlevo), pohled shora (vpravo). A – centrum ZP, B – slepá skvrna, C – nazální hranice, D – temporální hranice, E – horní hranice, F – dolní hranice.	18
Obr. 8: Velikost stimulů dle Goldmanna v porovnání s velikostí slepé skvrny.	19
Obr. 9: Marriotův bod (slepá skvrna).	20
Obr. 10: Defekty zorného pole podle jejich lokalizace ve zrakové dráze.	21
Obr. 11: Nežádoucí defekt perimetrie způsobený brýlovou obrubou.....	23
Obr. 12: Konfrontační vyšetření ZP.	24
Obr. 13: Amslerova mřížka.	25
Obr. 14: Schéma pro záznam vyšetření kinetické perimetrie.	26
Obr. 15: Goldmannův perimetr.....	27
Obr. 16: Foersterův perimetr.	28
Obr. 17: Perimetr Humphrey.	30
Obr. 18: Perimetr Octopus.	30
Obr. 19: Výsledky perimetrie ve stupních šedi (vlevo) a numerické hodnoty (vpravo) pacienta s horním arkuátním skotomem.....	31
Obr. 20: „Total deviation“ a „Pattern deviation“ u pacienta s horním arkuátním skotomem.	32
Obr. 21: Část záznamu perimetrického vyšetření, indexy spolehlivosti, informace o vyšetření a o pacientovi.....	33
Obr. 22: Globální indexy perimetrie.....	34
Obr. 23: Kompletní záznam z perimetrického vyšetření na perimetru Humphrey.....	34
Obr. 24: Porovnání SWAP (vpravo) se standardní automatickou perimetrií (vlevo).....	36
Obr. 25: FDT – dvojité zobrazení pruhů mřížky.	37
Obr. 26: Vyšetření MAP.....	39
Obr. 27: HPRP, normální zorné pole.....	40
Obr. 28: Záznam vyšetření mikroperimetrie.....	42
Obr. 29: Bjerrumův kampimetr.	43

Obr. 30: Damatův kampimetr.	44
Obr. 31: Lloydův stereokampimetr.	45
Obr. 32: Výsledek pupilární kampimetrie u zdravého pacienta, výška sloupců ukazuje velikost pupilární reakce v daném místě.	46
Obr. 33: Zorné pole pacienta s glaukomem, typický Bjerrumův (arkuátní) skotom.	49
Obr. 34: Koncentrické zúžení zorného pole ve výsledku perimetrického vyšetření.	50
Obr. 35: Centrální skotom.	51
Obr. 36: Altitudinální výpadek zorného pole (hemianopsie).....	52
Obr. 37: Sektorový výpadek zorného pole.	53
Obr. 38: Výpadek hemianopického charakteru.	54
Obr. 39: Amslerova mřížka u zdravého pacienta (vlevo) a přítomnost metamorfopsií u pacienta s VPMD (vpravo).	55
Obr. 40: Difúzní skotom.	56

Seznam použité literatury

Knižní publikace

- [1] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015, 250 s. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [2] GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie: dvacáté vydání*. Praha: Galén, c2005, 890 s. ISBN 80-726-2311-7.
- [3] HARTNETT, Mary Elizabeth, ed. *Pediatric retina*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, c2005, 559 s. ISBN 0-7817-4782-1.
- [4] HEIJL, Anders a Vincent Michael PATELLA. *Essential perimetry: the field analyzer primer*. 3rd ed. Dublin, Calif: Carl Zeiss Meditec, 2002, 163 s. ISBN 09-721-5600-3.
- [5] HENSON, David B. a Michael WALL. *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, 415 s. ISBN 9062991998.
- [6] HORNOVÁ, Jara. *Oční propedeutika*. Praha: Grada, 2011, 112 s. ISBN 978-80-247-4087-4.
- [7] HYCL, Josef a Lucie TRYBUČKOVÁ. *Atlas oftalmologie*. V Praze: Triton, 2003, 150 s. ISBN 80-725-4382-2.
- [8] CHOPLIN, Neil T. a Russell P. EDWARDS. *Visual fields*. Thorofare, NJ: Slack Incorporated, c1998, 272 s. ISBN 15-564-2363-2.
- [9] KOLARČÍK, Lukáš, Václav DEDEK a Michal PTÁČEK. *Příručka pro sestry v oftalmologii*. Praha: Grada Publishing, 2016, 160 s. ISBN 978-80-247-5458-1.
- [10] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007, 812 s. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [11] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, 206 s. ISBN 978-80-7013-313-2.
- [12] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Vyšetřování oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995, 87 s. ISBN 80-7013-195-0.
- [13] LIM, Arthur Siew Ming, Ian J. CONSTABLE a Tien Yin WONG. *Colour atlas of ophthalmology*. 5th ed. Hackensack, N.J.: World Scientific, c2008, 176 s. ISBN 978-981-277-155-1.

- [14] MILLER, Neil R., Frank Burton WALSH a William Fletcher HOYT. *Walsh and Hoyt's clinical neuro-ophthalmology*. 6th ed. /. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, c2005, 3752 s. ISBN 0781748143.
- [15] OTRADOVEC, Jiří. *Klinická neurooftalmologie*. Praha: Grada, 2003, 504 s. ISBN 80-247-0280-0.
- [16] POLÁŠEK, Jaroslav (ed.). *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974, 579 s.
- [17] PRÉVOST, Geneviève a Pavel BENEŠ. *Praktická příručka o slabozrakosti*. Paris: Essilor Academy Europe, 2013, 63 s. ISBN 979-1-09-067830-9.
- [18] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, 2006, 373 s. ISBN 80-7262-404-0.
- [19] SKORKOVSKÁ, Karolína. *Perimetrie*. Praha: Grada, 2015, 116 s. ISBN 978-80-247-5282-2.
- [20] STAMPER, Robert L., Marc F. LIEBERMAN a Michael V. DRAKE. *Becker-Shaffer's diagnosis and therapy of the glaucomas*. 8th ed. Edinburgh: Mosby/Elsevier, c2009, 592 s. ISBN 978-0-323-02394-8.
- [21] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., doplněné a přepracované vydání. Praha: Grada, 2014, 108 s. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [22] VÝBORNÝ, Petr. *Glaukom - vybrané kapitoly*. Hradec Králové: Nucleus HK, 2008. Oftalmologie, 240 s. ISBN 978-80-87009-35-2.

Články

- [23] ACTON, Jennifer H. a Vivienne C. GREENSTEIN. Fundus-driven perimetry (microperimetry) compared to conventional static automated perimetry: similarities, differences, and clinical applications. *Canadian Journal of Ophthalmology / Journal Canadien d'Ophthalmologie* [online]. 2013, **48**(5), 358-363 [cit. 2017-02-03]. DOI: 10.1016/j.jcjo.2013.03.021. ISSN 00084182. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008418213001774>
- [24] BENGTTSSON, Boel, Anders HEIJL a Jonny OLSSON. Evaluation of a new threshold visual field strategy, SITA, in normal subjects. *Acta ophthalmologica*. 1998, **76**(2), 165-169. DOI: 10.1034/j.1600-0420.1998.760208.x. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1034/j.1600-0420.1998.760208.x>

- [25] BOSWORTH, Charles F. Motion Automated Perimetry Identifies Early Glaucomatous Field Defects. *Archives of Ophthalmology* [online]. 1998, **116**(9), 1153- [cit. 2016-12-01]. DOI: 10.1001/archopht.116.9.1153. ISSN 0003-9950. Dostupné z: <http://archopht.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/archopht.116.9.1153>
- [26] GRZYBOWSKI, Andrzej a Bianka SOBOLEWSKA. Carl Friedrich Richard Foerster (1825-1902) - the inventor of perimeter and photometer. *Acta Ophthalmologica* [online]. 2015, **93**(6), 586-590 [cit. 2016-11-17]. DOI: 10.1111/aos.12713. ISSN 1755375x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/aos.12713>
- [27] JOHNSON, Chris A. Psychophysical factors that have been applied to clinical perimetry. *Vision Research* [online]. 2013, **90**, 25-31 [cit. 2016-11-17]. DOI: 10.1016/j.visres.2013.07.005. ISSN 00426989. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0042698913001715>
- [28] KACZOROWSKI, Kamil, Małgorzata MULAK, Dorota SZUMNY a Marta MISIUK-HOJŁO. Heidelberg Edge Perimeter: The New Method of Perimetry. *Advances in Clinical and Experimental Medicine* [online]. 2015, **24**(6), 1105-1112 [cit. 2016-11-17]. DOI: 10.17219/acem/43834. ISSN 1899-5276. Dostupné z: <http://www.advances.umed.wroc.pl/en/article/2015/24/6/1105/>
- [29] ROWE, F. J., H. SUEKE a S. D. GAWLEY. Comparison of Damato campimetry and Humphrey automated perimetry results in a clinical population. *British Journal of Ophthalmology* [online]. 2010, **94**(6), 757-762 [cit. 2017-02-04]. DOI: 10.1136/bjo.2009.161240. ISSN 0007-1161. Dostupné z: <http://bjo.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bjo.2009.161240>
- [30] SCHIEFER, U., J. PÄTZOLD a F. DANNHEIM. Konventionelle Perimetrie. *Der Ophthalmologe* [online]. 2005, **102**(6), 627-646 [cit. 2016-11-17]. DOI: 10.1007/s00347-005-1189-3. ISSN 0941-293x. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00347-005-1189-3>
- [31] SCHMID, R., H. LUEDTKE, B. J. WILHELM a H. WILHELM. Pupil campimetry in patients with visual field loss. *European Journal of Neurology* [online]. 2005, **12**(8), 602-608 [cit. 2017-02-06]. DOI: 10.1111/j.1468-1331.2005.01048.x. ISSN 1351-5101. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1468-1331.2005.01048.x>

Elektronické články

- [32] ALWARD, Wallace L.M. *Iowa Glaucoma Curriculum* [online]. 2016, 356 s. [cit. 2017-03-03]. Dostupné z: <https://itunes.apple.com/cz/book/iowa-glaucoma-curriculum/id1111693478?l=cs&mt=11>
- [33] CARROL, Joy N. a Chris A. JOHNSON. *Visual Field Testing: From One Medical Student to Another* [online]. [cit. 2017-03-03]. Dostupné z: <http://www.eyerounds.org/tutorials/VF-testing/index.html>
- [34] WALL, Michael. Motion Detection Perimetry. In: *Imaging and perimetry society* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/ips/perimetryhistory/Motion/>

Internetové zdroje

- [35] Campo visual patologico. In: *Libros de autores Cubanos* [online]. [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://gsdl.bvs.sld.cu/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0oftalmol--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-hr-50---20-preferences---10-0-1-00-0-0-11-1-0windowsZz-1250-00&a=d&cl=CL1&d=HASH01ba7531807770841e356b86.7.1.2>
- [36] Funkční poruchy zorného pole. In: *MUDr. Tomáš Kuběna, oční ordinace* [online]. [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://www.kubena.cz/text/ocni-onemocneni/funkcni-poruchy-zorneho-pole.php>
- [37] Visual field testing for glaucoma – a practical guide. In: *Community eye health journal* [online]. [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://www.amconlabs.com/product/6982/301/Tangent-Screen-Complete-Kit/>
- [38] VPMD. In: *MUDr. Soňa Kolocová* [online]. [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: http://www.ocni-mb.cz/?page_id=158
- [39] Zelený zákal. In: *Optika Pleyerová* [online]. [cit. 2017-03-13]. Dostupné z: <http://www.ocnioptik.eu/oko-a-videni/zeleny-zakal/>