

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být re-produkována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D.

PERIMETRIE

Recenze:

Doc. MUDr. Eva Růžicková, CSc.

MUDr. Pavel Diblík, MBA

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

© Grada Publishing, a.s., 2015

Cover Photo © allphoto, 2015

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 5813. publikaci

Odpovědná redaktorka Mgr. Tamara Kajznerová

Obrázky dodala autorka.

Sazba a zlom Milan Vokál

Počet stran 112 + 4 strany barevné přílohy

Vydání první, Praha 2015

Vytiskla Tiskárna PROTISK, s.r.o., České Budějovice

Autoři a nakladatelství děkují společností Carl Zeiss spol. s r.o., GLIM CARE s.r.o. a Oculus, spol. s r.o. za podporu, která umožnila vydání publikace.

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.

Postupy a příklady v této knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění však pro autory ani pro nakladatelství nevyplývají žádné právní důsledky.

ISBN 978-80-247-5282-2

ELEKTRONICKÉ PUBLIKACE:

ISBN 978-80-247-9039-8 (pro formát PDF)

ISBN 978-80-247-9040-4 (pro formát EPUB)

OBSAH

Předmluva	9
Seznam použitých zkratk	10
Úvod	12
1 Psychofyzikální pojmy	15
1.1 Weberův zákon	15
1.2 Blochův zákon – sumace v čase	17
1.3 Riccův a Piperův zákon – sumace v prostoru	17
2 Statická perimetrie	19
2.1 Rastr	20
2.2 Jas pozadí	21
2.3 Velikost a jas stimulu	21
2.4 Trvání stimulu	22
2.5 Interval mezi stimuly	23
2.6 Kontrola fixace	23
2.7 Vyšetřovací strategie statické perimetrie	23
3 Indikace perimetrie	26
3.1 Výběr rastru	26
3.2 Vyšetření centrálního nebo periferního zorného pole	27
3.3 Výběr velikosti stimulu	27
3.4 Výběr vyšetřovací strategie	27
4 Příprava pacienta k perimetrickému vyšetření	28
4.1 Vyšetřující osoba a pacient	28
4.2 Korekce refrakční vady	29
4.3 Průměr zornice	30
5 Interpretace výsledků perimetrického vyšetření	31
5.1 Údaje o pacientovi	31
5.2 Údaje o vyšetření	31
5.3 Zobrazení prahové citlivosti sítnice v zorném poli	32
5.4 Globální indexy zorného pole	35
5.5 Hodnocení progresu změn v zorném poli	40

6	Artefakty při vyšetření zorného pole	43
6.1	Učící efekt	43
6.2	Fatigue effect	44
6.3	Artefakty z víceč	44
6.4	Artefakty z korekčních skel	46
6.5	Zorné pole s obrazem čtyřlístku	46
6.6	Trigger-happy patients	46
6.7	Psychosomatické poruchy zorného pole a simulace	48
7	Konfrontační vyšetření zorného pole	49
8	Kinetická perimetrie	51
9	Semiautomatická kinetická perimetrie	54
9.1	Statokinetická disociace (Riddochův fenomén)	54
10	Nové metody vyšetření zorného pole	55
10.1	Modrozlutá perimetrie (short wavelength automated perimetry, SWAP)	56
10.2	Frequency doubling technology perimetry (FDT)	58
10.3	High-pass resolution perimetry (HPRP)	61
10.4	Motion automated perimetry (MAP)	62
10.5	Swedish interactive threshold algorithm (SITA)	63
10.6	Pupilární kampimetrie	63
11	Perimetrie u dětí	65
12	Anatomie zrakové dráhy	66
13	Změny zorného pole u očních onemocnění	68
13.1	Glaukom	70
13.2	Postižení zrakového nervu	73
13.3	Onemocnění chiasma opticum	74
13.4	Postižení zrakové dráhy za chiasmatem	75
13.5	Zorné pole při onemocnění sítnice	76
	Literatura	78

KOMPENDIUM ZMĚN V ZORNÉM POLI

0	Normální nález	82
1	Změny v periferii zorného pole	83
1.1	Koncentrické zúžení zorného pole	83
1.2	Prstencový skotom	84
1.3	Artefakty	85
1.4	Výpadek temporálního srpku	85
2	Difuzní pokles senzitivity	87
3	Centrální skotom	88
4	Paracentrální skotom	90
5	Difuzní (rozptýlené) skotomy	91
6	Sektorové (klínovité) skotomy	92
7	Slepá skvrna	93
8	Výpadky svazků nervových vláken	97
9	Výpadky hemianopického charakteru	100
9.1	Monokulární výpadky hemianopického charakteru	100
9.2	Bitemporální hemianopsie	101
9.3	Anterior junction syndrome (junkční skotom)	102
9.4	Binazální defekty	103
9.5	Refrakční skotom	104
9.6	Homonymní výpadky zorného pole	104
9.7	Bilaterální homonymní defekty	109
	Rejstřík	110
	Souhrn	112
	Summary	112

PŘEDMLUVA

Vážení kolegové,

dovoluji si vám předložit knihu na téma perimetrie, která na našem trhu v současnosti chybí, přestože je perimetrie důležitou vyšetřovací metodou nejen v oftalmologii, ale i neurologii či neurochirurgii. Schopnost vyšetření správně indikovat, provést a interpretovat je přitom rozhodující pro maximální využití všech informací, které může perimetrie nabídnout. V knize jsou popsány principy perimetrie s důrazem na nejrozšířenější statickou perimetrii, postupy při vyšetření a analýze nálezů v zorném poli, moderní perimetrické metody používané zejména pro časnou diagnostiku glaukomu a také typické nálezy v zorném poli u různých očních onemocnění. Věřím, že se publikace bude těšit zájmu odborné veřejnosti.

Ráda bych poděkovala nakladatelství Grada Publishing za důvěru, recenzentům za cenné podněty a inzerentům za vložené finanční prostředky, bez kterých by se vydání knihy neobešlo. Poděkování patří také Barbaře a Helmutovi Wilhelmovým, profesorům očního lékařství v Tübingenu v Německu, kteří mi umožnili věnovat se pod jejich vedením experimentálnímu využití perimetrie. Mé rodině děkuji za trpělivost a podporu při práci na knize.

Knihu věnuji Martinovi a mým rodičům – Šárce a Mikimu.

MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

A	plocha stimulu
AION	anterior ischemic optic neuropathy (přední ischemická neuropatie optiku)
asb	apostilb
c/st	počet cyklů na úhlový stupeň
cd/m ²	kandela na metr čtverečný
CLV	corrected loss variance (korigovaný rozptyl ztrát prahové citlivosti)
CPSD	corrected pattern standard deviation (vzorová směrodatná odchylka korigovaná pomocí hodnoty krátkodobé fluktuace)
CT	computed tomography (počítačová tomografie)
dB	decibel
Dcyl	dioptrie cylindrická
Dsf	dioptrie sférická
ERG	elektroretinografie
FAG	fluorescenční angiografie
FDT	frequency doubling technology perimetry
GHT	Glaucoma hemifield test
HFA	Humphrey field analyzer (perimetr Humphrey)
HPRP	high-pass resolution perimetry
Hz	hertz
L	jas stimulu
LF	long-term fluctuation (dlouhodobá fluktuace)
LV	loss variance (rozptyl ztrát citlivosti v zorném poli)
MAP	motion automated perimetry
MD	mean defect (střední ztráta citlivosti v zorném poli)
MR	magnetická rezonance
ms	milisekunda
MS	mean sensitivity (střední citlivost sítnice v zorném poli)
MŽ	modrožlutá (perimetrie)
PSD	pattern standard deviation (vzorová směrodatná odchylka ztrát citlivosti v zorném poli)
RAPD	relativní aferentní pupilární defekt

SF	short-term fluctuation (krátkodobá fluktuace)
SITA	Swedish interactive threshold algorithm
T	trvání nabídnutého stimulu
TAB	Tübinger Automatik Perimeter
VEP	visual evoked potentials (zrakové evokované potenciály)
VFI	visual field index (index zorného pole)
ZP	zorné pole

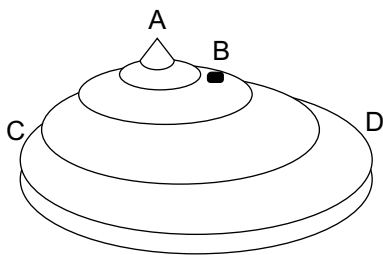
Úvod

Perimetrie – vyšetření zorného pole – je důležitou funkční diagnostickou metodou v oftalmologii. Zastává velmi důležitou úlohu u glaukomu, používá se pro diagnostiku a sledování neurooftalmologických onemocnění i chorob sítnice. Samostatnou kapitolou je využití perimetrie pro posudkové účely.

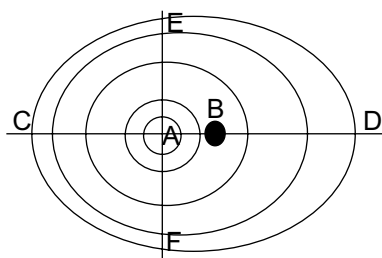
Zorné pole je definováno jako souhrn všech zrakových podnětů vnímaných při fixaci hlavy a těla a zaměření oka na fixační bod. Rozsah normálního zorného pole sahá k více než 90 stupňům temporálně, k 60 stupňům nazálně a nahoře a asi k 70 stupňům dole. Většina diagnostických vyšetření zorného pole se však soustředí na oblast centrálních 30 stupňů kolem bodu fixace. Perimetr může být charakterizován jako přístroj, který prezentuje stimulus dané velikosti, jasu, barvy a trvání na určeném místě v zorném poli a na definovaném pozadí.

Standardní perimetrie zjišťuje individuální rozdělení prahové citlivosti sítnice na osvit na různých testovaných místech v zorném poli. Největší citlivost sítnice je v centru zorného pole, které reprezentuje foveu na sítnici, a směrem k periferii se snižuje. Rozdělení prahové citlivosti sítnice v zorném poli bývá označováno jako „hill of vision“, tedy něco jako hora vidění (obr. 1a,b). Výška této hory závisí u zdravé osoby na věku, úrovni okolního osvětlení, velikosti stimulu a jeho trvání. Výška hory s věkem klesá v důsledku postupné ztráty nervových elementů sítnice a zkalení optických médií.

Výpadek zorného pole je jakákoli statisticky a klinicky významná odchylka od normální hory vidění. Výpadky zorného pole mohou být lokalizované nebo kombinované s difúzním poklesem senzitivity v celém zorném poli. Lokalizované defekty zorného pole charakterizuje jejich velikost a hloubka. Oblast v zorném poli, kde pacient některé stimuly vnímá, ale prahová citlivost je oproti normálním hodnotám snižena, označujeme jako relativní defekt. Absolutní defekt je oblast v zorném poli, kde pacient nevidí ani stimulus o maximálním jasu (obr. 2). Difúzní pokles senzitivity v zorném poli bez lokalizovaného defektu je nespecifický nález způsobený nejčastěji zkalením optických médií, miózou nebo špatnou korekcí refrakční vady během vyšetření.



Obr. 1a Hora vidění – pohled z boku:
A – centrum zorného pole (ZP),
B – slepá skvrna, C – nazální hranice
ZP, D – temporální hranice ZP



Obr. 1b Hora vidění – pohled shora:
A – centrum ZP, B – slepá skvrna,
C – nazální hranice ZP, D – tempo-
rální hranice ZP, E – hranice ZP na-
hoře, F – hranice ZP dole

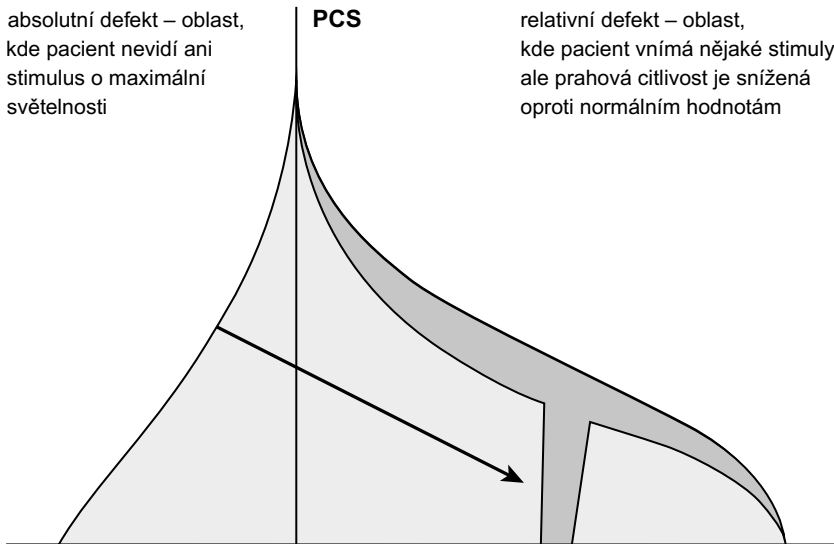
Před zavedením automatické počítačové statické perimetrie se zorné pole vyšetřovalo manuálně. Nejjednodušším způsobem kinetického vyšetření zorného pole byla práce s ukazovátkem na Bjerrumově neboli tangenciálním plátně. Goldmannův kinetický perimetr poskytoval již přesnější výsledky. Kinetická perimetrie je i dnes u některých diagnóz vhodnější než perimetrie statická, přičemž platí, že výsledek kinetické perimetrie velmi záleží na dovednostech a zkušenostech vyšetřující osoby.

Klinickým standardem je v posledních letech automatická statická perimetrie. Neustále se vyvíjí a na trhu se objevují nové přístroje i vyšetřovací strategie. Principem automatické statické perimetrie je nalezení nejslabšího stimulu, který pacient ještě vidí, na mnoha předem daných testovaných místech v zorném poli. I když je počítač schopen převzít řadu úloh vyšetřující osoby, jedná se stále o subjektivní vyšetřovací metodu, protože výsledek závisí na spolupráci pacienta a přesnosti, s jakou odpovídá na otázky přístroje – zda světelný stimulus vidí či nikoli. Údaje o zorném poli jsou tedy spolehlivé do té míry, nakolik je pacient schopen vyšetření zvládnout. Perimetrii je proto potřeba chápat jen jako jednu z mnoha vyšetřovacích metod a její výsledky musí zapadat do kontextu dalších vyšetření. Nikdy nelze stavět diagnózu jen na výsledku perimetru.

absolutní defekt – oblast,
kde pacient nevidí ani
stimulus o maximální
světelnosti

PCS

relativní defekt – oblast,
kde pacient vnímá nějaké stimuly,
ale prahová citlivost je snižena
oproti normálním hodnotám



Obr. 2 Rozlišení absolutního a relativního defektu v zorném poli podle změn v citlivosti sítnice; PCS – prahová citlivost sítnice na osvit v zorném poli

1 PSYCHOFYZIKÁLNÍ POJMY

Tato kapitola vysvětluje základy perimetrie a pojmy, které se v souvislosti s perimetrií používají.

Celkové množství světla, které určitý objekt vysílá za sekundu, označujeme jako světelný tok (Φ). Jeho jednotkou je lumen (lm). Svítivost (I) je proud světla vyzářený daným objektem určitým směrem ($I = \Phi/\Omega$), kde Ω je prostorový úhel proudu světla. Svítivost se udává v candelách (cd). Abychom mohli vyjádřit jas určitého objektu, musí být svítivost vztažena na viditelnou plochu objektu (A). Jednotkou jasu ($L = I/A$) je cd/m^2 . Občas se ještě používá starší jednotka apostilb ($1 \text{ cd}/\text{m}^2 = \pi \cdot \text{asb} = 3,14 \text{ asb}$).

Oblast nočního vidění (hodnoty jasu pod $0,01 \text{ cd}/\text{m}^2$) se označuje jako skotopická. Oblast fotopického (denního) vidění začíná u $1,0 \text{ cd}/\text{m}^2$. Přechodné podmínky vidění za šera představují oblast mezopickou.

1.1 Weberův zákon

Vztah mezi subjektivním vnímáním jasu určitého podnětu a jeho fyzikálně měřitelným jasnem není vždy tak jednoduchý jako u veličin typu tělesná výška, váha nebo rychlost. Když například postavíme k jedné svíčke další, poznáme jasně, že se zdvojnásobil jas objektu. Pokud ale jednu svíčku přidáme k tisíci dalších svíček, není změna v jasu rozpoznatelná.

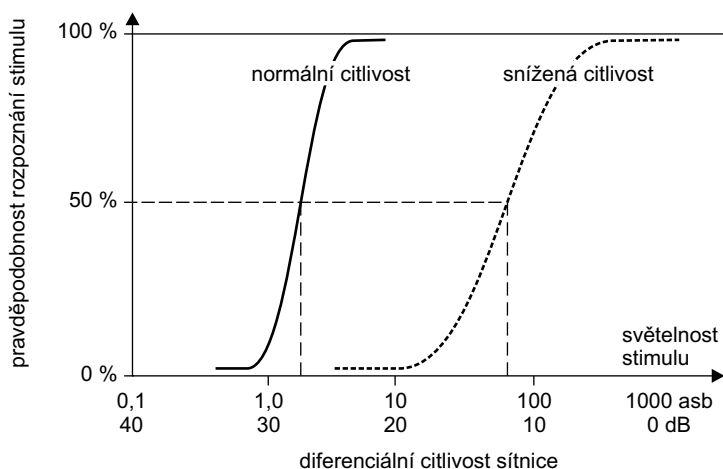
Tento jev popisuje Weberův zákon, který staví kontrast, resp. rozdíl v jasu (ΔL), který lze právě ještě rozpoznat, do poměru s okolním osvětlením (L): $\Delta L / L = \text{konstanta}$. Převáděno do perimetrie, jde o rozdíl mezi jasnem stimulu a jasnem pozadí, který oko ještě rozpozná.

Pro vyjádření ΔL se používá logaritmická stupnice, která umožní směřovat velký rozsah možných hodnot jasu do několika logaritmických jednotek. Používanou jednotkou této logaritmické stupnice je decibel (dB). Jedná se o bezrozměrnou veličinu, která je obecně poměrem dvou veličin, v případě perimetrie tedy jasu stimulu a jasu pozadí polokoule perimetru. Je zvykem používat jako referenční hodnotu maximální jas stimulu, který je perimetr schopen nabídnout. Té je přiřazena hodnota 0 dB. Vyšší dB hodnoty pak

představují tlumení, tedy menší jas stimulů. Negativní dB hodnoty nepřípadají při takové volbě referenční hodnoty v úvahu, protože vyšší než maximální hodnoty nejsou možné.

Přesný přepočít decibelových hodnot mezi různými perimetry není prakticky možný. Přístroje se liší v nastavení nulového bodu logaritmické stupnice, protože umožňují jiné hodnoty maximálního jasu stimulu. Jinými slovy určité hodnotě ΔL (v cd/m^2 nebo asb) bude u různých perimetrů přiřazena jiná hodnota v dB. Údaj 20 dB na jednom typu perimetru tedy nelze srovnávat se stejnou dB hodnotou na perimetru od jiného výrobce, nicméně hodnoty lokálních ztrát citlivosti sítnice v zorném poli jsou na různých přístrojích srovnatelné.

Při perimetrii zjišťujeme jas podnětu, při kterém je tento právě rozpoznán. Pravděpodobnost rozpoznání stimulu v závislosti na jeho jasu popisuje tzv. frequency-of-seeing curve (obr. 3). Jako prahovou citlivost sítnice v zorném poli označujeme takový jas stimulu, při kterém je tento rozpoznán s 50% pravděpodobností. Intenzitu silnějších stimulů označujeme jako nadprahovou, stimuly slabší jsou naopak podprahové.



Obr. 3 „Frequency-of-seeing curve“ popisuje pravděpodobnost zachycení stimulu jako funkci jeho jasu

1.2 Blochův zákon – sumace v čase

Je-li stimulus prezentován po dobu kratší než 100 ms, provede zrakový systém tzv. časovou sumaci. To znamená, že krátké světelné podněty se srovnatelným jasnem jsou vnímány stejně jako déletrvající podněty o slabším jasu. Tento vztah popisuje Blochův zákon:

$$T \times L = \text{konstanta} \quad (T - \text{trvání nabídnutého stimulu, } L - \text{jas stimulu})$$

Taková časová sumace je však při statické perimetrii nežádoucí, proto jsou stimuly prezentovány po delší dobu (100–200 ms). Stimuly trvající déle než 200 ms by rovněž neměly být používány, protože způsobují nežádoucí zaměření pozornosti (sakády).

1.3 Riccův a Piperův zákon – sumace v prostoru

Parametry stimulů používaných v perimetrii se do značné míry odvozují ze znalostí o receptivních polích sítnice. Receptivní pole gangliové buňky sítnice, která dostává informace z mnoha tyčinek a čípků, sestává z centrální a periferní oblasti. Každá oblast reaguje na světelný podnět jinak. Zjednodušeně, stimulace centra receptivního pole buňky světlem způsobí depolarizaci a výboj gangliové buňky, stimulace periferie způsobí hyperpolarizaci a sníží se aktivita gangliové buňky. Stimulace obou zón uvnitř receptivního pole bude mít za následek mírnou odpověď v důsledku vzájemného tlumení centra a periferie.

Existence receptivních polí vysvětluje efekt tzv. prostorové sumace. Zákon, které popisují prostorovou sumaci, tedy změnu prahového jasu stimulu (L) jako funkci jeho plochy (A), se nazývají Riccův a Piperův zákon. Stimuly s průměrem menším než $10'$ (Goldmannův stimulus I nebo menší) se nachází zcela uvnitř receptivního pole příslušné gangliové buňky sítnice a platí pro ně Riccův zákon, kde prahový jas stimulu je nepřímě úměrný jeho ploše. Tedy snížení jasu stimulu o polovinu vyžaduje zdvojnásobení jeho plochy, aby bylo jeho vnímání identické. Platí následující vztah pro kompletní sumaci:

$$L \times A = \text{konstanta} \quad (A - \text{plocha stimulu, } L - \text{jas stimulu})$$

Stimuly s průměrem větším než 10' (Goldmannův stimulus II–V) přesahují hranici receptivního pole jedné gangliové buňky sítnice a vyvolávají tak tlumivý efekt okolních neuronů. Dochází jen k částečné prostorové sumaci a začíná náhle platit nepřímý vztah mezi jasnem a průměrem stimulu (odmocninou plochy), tedy tzv. Piperův zákon:

$$L \times \sqrt{A} = \text{konstanta}$$

Všechny zmíněné zákony a znalosti retinální fyziologie umožňují co nejlépe definovat vhodné vlastnosti stimulů používaných při perimetrii.

2 STATICKÁ PERIMETRIE

Statická perimetrie zjišťuje prahovou (v anglické literatuře „diferenciální“) citlivost sítnice na osvit na různých místech v zorném poli s cílem zachytit odchylky od hodnot získaných ze souboru zdravých očí. Prahová (diferenciální) citlivost sítnice v zorném poli je definována jako takový jas stimulu dané velikosti, barvy a trvání na pozadí o určitém jasu, který je vnímán s 50% pravděpodobností. Prahová citlivost může být vyjádřena v jednotkách jasu stimulu – cd/m^2 nebo asb.

Pro vyjádření kontrastu stimulu se však používá logaritmická stupnice, takže i prahovou citlivost sítnice v zorném poli vyjadřujeme v decibelech. Jak již bylo popsáno, srovnání decibelových hodnot mezi různými perimetry není možné. Nicméně hodnoty lokálních ztrát citlivosti sítnice v zorném poli jsou na různých přístrojích srovnatelné. Například defekt zorného pole o hloubce 10 dB bude vždy znamenat, že hodnota prahového jasu stimulu je zde zvýšena 10krát oproti normě. Pokles citlivosti o 3 dB bude znamenat zesílení prahového jasu stimulu v daném místě v zorném poli o polovinu. Defekt o hloubce 6 dB bude vždy znamenat, že individuální hodnota prahového jasu stimulu je zvýšena 4krát atd.

Trojrozměrnou distribuci prahové citlivosti sítnice na osvit v zorném poli znázorňuje již zmíněný „hill of vision“. Změny ve výšce hory v porovnání s normálními hodnotami získanými z populace zdravých očí odpovídají lokální ztrátě citlivosti sítnice v zorném poli. Fyziologický pokles diferenciální citlivosti sítnice začíná již ve dvaceti letech života a činí až 0,065 dB za rok.

Statické perimetry prošly za poslední dvě desetiletí velkým vývojem. Mezi nejčastěji používané přístroje dnes patří perimetry Humphrey (firma Zeiss) (obr. 4) a Octopus (firma Haag-Streit) (obr. 5). Na trhu jsou dále k dispozici perimetry od německé firmy Oculus (starší Tübinger Automatik Perimeter – TAP, a novější modely Centerfield, Easyfield a Twinfield), perimetry Peristat a Perimat od německé firmy Rodenstock nebo různé perimetry Medmont od stejnojmenné australské firmy.



Obr. 4 Perimetr Humphrey HFA II-i
(firma Zeiss, Německo;
www.meditec.zeiss.com)



Obr. 5 Perimetr Octopus
(firma Haag-Streit, Švýcarsko;
www.haag-streit.ch)

2.1 Rastr

Při vyšetřování zorného pole je naším cílem mít co nejvyšší rozlišení, tedy co nejvíce testovaných bodů co nejbližší u sebe. Vysoký počet testovaných míst však prodlužuje vyšetřovací dobu. Aby nebyl pacient přetěžován, musí být východiskem kompromis, který zaručí přijatelnost vyšetření na straně jedné a dostatečnou kvalitu nálezu a vysokou pravděpodobnost odhalení patologie na straně druhé.

Rozložení testovaných bodů v zorném poli označujeme jako „rastr“. Standardní perimetrické programy dnes většinou testují na 60–80 místech v zorném poli. Rozlišujeme fixní rastr, u kterého je rozložení testovaných bodů dopředu dané, a rastr adaptivní, u něhož dochází v průběhu vyšetření ke zjemnění na těch místech, která vykazují odchylky od normy. Tyto adaptivní rastry se ale v praxi příliš neprosadily, protože prodlužují vyšetřovací dobu a také ztěžují hodnocení změn v čase.

V ekvidistantním rastru je mezi všemi testovanými body stejná vzdálenost a mají většinou čtvercový tvar. Pravděpodobnost zachycení skotomu určité velikosti je v celé vyšetřované oblasti stejná.

Rozlišovací schopnost tzv. funkčního rastru se směrem k centru zorného pole zvyšuje, tak jak nabývá na významu z hlediska postižení funkce. To znamená, že malé skotomy budou k zachycení pouze v centrálním zorném

poli, kde budou mít případně závažnější následky. U tohoto rastru směrem k centru stoupá hustota testovaných bodů.

Speciální rastry představují zahuštění bodů v konkrétních oblastech („regions of interest“). Takto může být například centrálních 10° vyšetřeno hustým seskupením testovacích bodů (makulární rastr). Podle uspořádání a lokálního zahuštění testovaných bodů existuje řada dalších rastrů, o jejichž smyslu by se však dalo diskutovat.

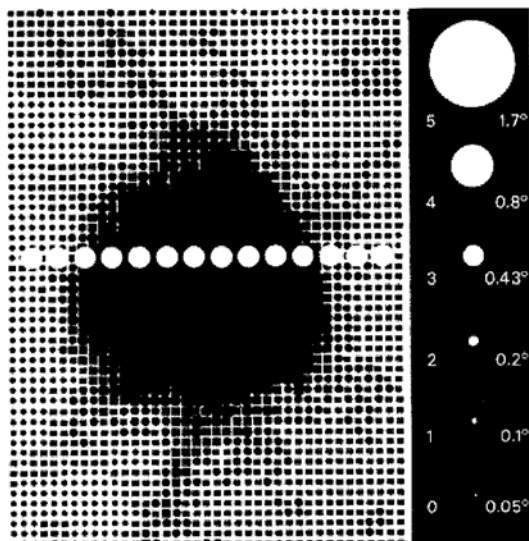
Obecně by měla být co nejvyšší hustota testovaných bodů zajištěna v rozsahu centrálních 30°. Charakteristiky rastru je potřeba zohlednit i při interpretaci nálezu v zorném poli. Zatímco čtvercové rastry povedou k hranatým, resp. horizontálně nebo vertikálně probíhajícím hranicím skotomů, u radiálních rastrů budou mít skotomy spíše obloukovitý tvar.

2.2 Jas pozadí

U většiny perimetrů se jas pozadí pohybuje mezi 1 a 100 asb. Goldmann pro svůj perimetr použil jas pozadí 10 cd/m² (31,5 asb), který byl v roce 1979 přijat Mezinárodní perimetrickou společností (International Perimetric Society) jako standard. Tato úroveň adaptace představuje mezopické podmínky, při kterých jsou testovány tyčinky i čípky.

2.3 Velikost a jas stimulu

Goldmann rozdělil stimuly podle velikosti do šesti tříd, označených římskými čísly 0 až V (obr. 6). Mezi jednotlivými třídami se stimuly násobily faktorem 2 v případě průměru a faktorem 4 u plochy. Postupem času se pro jakékoli perimetrické vyšetření stal standardem Goldmannův stimulus III o průměru 0,432°. Všechny normální hodnoty prahové citlivosti sítnice jsou vztaženy právě k této velikosti stimulu. Jen u pokročilých výpadků zorného pole a špatné zrakové ostrosti se někdy používá stimulus o velikosti V a v kinetické perimetrii se stimulus I4e používá k vymapování slepé skvrny. Prahová citlivost sítnice v zorném poli je u počítačové statické perimetrie určována obměňováním jasu stimulu, nikoli jeho velikosti.



Obr. 6 Standardní velikosti Goldmannových stimulů. V perimetrii je nej-používanější Goldmannův stimulus III, který lze bez problémů použít i pro vymapování slepé skvrny.

2.4 Trvání stimulu

Trvání stimulu výrazně ovlivňuje jeho viditelnost. Stimulus trvající 0,002 sekundy je zhruba dvakrát tak dobře viditelný jako stimulus trvající pouze 0,001 sekundy. Na druhou stranu stimulus prezentovaný po dobu dvou sekund je vidět stejně dobře jako stimulus, který se objeví jen na jednu sekundu. Tuto skutečnost vysvětluje princip časové sumace, podle něhož platí, že u velmi krátkých stimulů (pod 100 ms) se jejich viditelnost zlepšuje s prodlužováním stimulu. Tento efekt je v perimetrii nežádoucí, proto se používají stimuly většinou o délce 100 ms, u některých programů až 200 ms. U stimulů větších než 200 ms by naopak mohlo dojít k ovlivnění fixace.

2.5 Interval mezi stimuly

Když pacient během vyšetření odpoví zmáčknutím knoflíku, znamená to, že stimulus vidí a další stimulus může být prezentován velmi rychle. Pokud ovšem pacient neodpovídá, program musí vyčkat určitou dobu, než vyhodnotí odpověď jako NE, aby se zohlednila reakční doba pacienta, a teprve potom může být nabídnut další stimulus. U pacientů starších, pomalejších, náročnějších na spolupráci může být možnost prodloužení intervalů výhodou.

2.6 Kontrola fixace

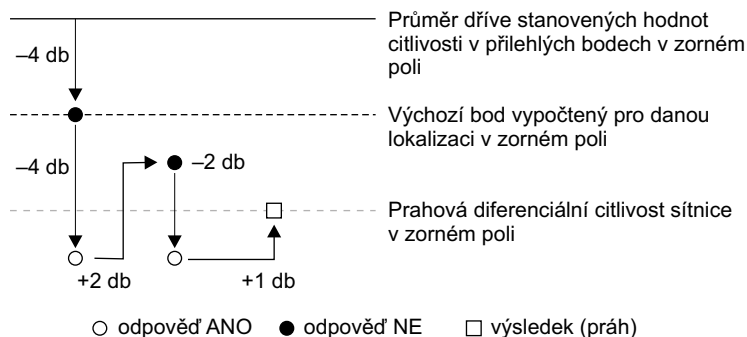
Předpokladem pro zajištění správné projekce stimulů na sítnici je správná fixace pacienta. Jednou z technik umožňujících kontrolu fixace je Heijl-Krakauova metoda, která kontroluje fixaci periodickou prezentací stimulů v místě slepé skvrny. Pozitivní odpovědi ukazují na špatnou fixaci. Podobně mohou být stimuly opakovaně prezentovány v centru zorného pole. Druhou možností je tzv. eye-tracking systém. S velkou přesností zaznamenává jakoukoli změnu ve směru pohledu vyšetřované osoby po prezentaci každého stimulu. Výsledky eye-trackingu se zobrazují průběžně na obrazovce během vyšetření.

2.7 Vyšetřovací strategie statické perimetrie

Cílem statické perimetrie je identifikovat nejslabší stimulus, který ještě pacient v testovaném místě v zorném poli vidí. Takové vyšetření je však vždy zdrojem určité variability, protože pacienti se mohou zmýlit a sám zrakový systém je předmětem jisté variability. S touto variabilitou se snaží vyrovnat různé testovací strategie.

Prahová strategie je přesnější, ale i časově náročnější než strategie nadprahová. Vyšetření jednoho oka trvá 15–20 minut. Cílem této strategie je zjistit přesnou prahovou citlivost sítnice v zorném poli pacienta v každém testovaném bodě. Většinou se používá posloupnost 4-2-1 dB. Je-li stimulus pacientem rozpoznán, je následující stimulus opakovaně zeslaben o 4 dB, dokud jej pacient již nerozpozná. Naopak nevidí-li pacient počáteční stimulus, jas dalších stimulů se po 4 dB opakovaně zvyšuje, dokud není stimulus spatřen. U některých perimetrů pak ještě probíhá testování v opačném směru

v polovičních krocích, tedy po 2 dB, dokud opět není dosažena změna v odpovědi, eventuálně je provedeno ještě jemnější odstupňování po 1 dB (obr. 7).



Obr. 7 Schéma prahové testovací strategie 4-2-1 dB

Práh citlivosti je tedy zjišťován opakovanou prezentací nadprahových a podprahových podnětů na určitém testovaném místě v zorném poli a jas po sobě jdoucích stimulů je průběžně odvozován od odpovědi pacienta. Pro zjištění citlivosti v jednom místě v zorném poli je při této strategii potřeba pět nabídnutých stimulů. Umožňuje to přesné určení hloubky defektu, nicméně na úkor počtu prezentovaných stimulů.

Menší zátěž pro pacienta, díky kratší vyšetřovací době, představuje strategie nadprahová. Někdy se také označuje jako metoda screeningová. Má za úkol zjistit, zda je u vyšetřované osoby citlivost na různých místech v zorném poli abnormálně nízká či nikoli. Vzhledem k tomu, že nadprahové testy používají natolik jasných stimulů, že by měly být vyšetřovanou osobou zachyceny, je-li vidění normální, je jejich použití výhodné a jednoduché i u osob, které nemají s perimetrickým vyšetřením ještě žádné zkušenosti. U nadprahové strategie je na testovaném místě v zorném poli nabídnut stimulus, jehož jas je o něco málo větší, než jaká je na daném místě očekávaná normální citlivost. Jestliže vyšetřovaná osoba na stimulus zareaguje, je v tomto místě vyšetření ukončeno. V opačném případě následuje minimálně jedna kontrola tohoto místa stimulem o maximálním jasu. Tato tzv. dvoufázová strategie umožňuje rozdělení defektů na normální oblasti zorného pole, relativní a absolutní defekty. V rámci tzv. třífázové strategie mohou být relativní defekty dále zpřesněny buď přímou kvantifikací prahové citlivosti jako u prahové strategie, nebo orientačním měřením hloubky defektu testovacími

váním konkrétními hladinami jasu stimulu se vzestupnou nebo sestupnou tendencí. Nevýhodou nadprahové strategie je, že může dojít k přehlédnutí počínajícího poklesu lokální citlivosti. Tento způsob vyšetření není například vhodný pro diagnostiku glaukomu, protože není dostatečně citlivý zejména u počínajícího poškození zorného pole.

Široké využití dnes nacházejí zejména tzv. rychlé prahové strategie, které kombinují výhodu kratší vyšetřovací doby, menší zátěže a únavy pacienta s dostatečnou přesností nálezu.

SITA

U rychlé prahové strategie jsou prahové hodnoty citlivosti v určitém testovacím bodě v zorném poli během vyšetření odvozovány z hodnot měřených v sousedních oblastech a předem vypočítaného statistického modelu. Vyšetřovací doba je díky tomu asi o 30 % kratší než u klasické prahové strategie. Jednu z moderních metod rychlé prahové strategie představuje program SITA (Swedish Interactive Threshold Algorithm) vyvinutý pro perimetr Humphrey. Využívá moderní matematické metody za účelem výrazného zkrácení vyšetřovací doby, nikoli však na úkor přesnosti vyšetření. Na základě komplexního modelu zorného pole dokáže lépe vybrat počáteční jas nabídnutého stimulu a při výpočtu prahové citlivosti plně využít získávaná data. Nový matematický model SITA rovněž umožňuje lépe vyhodnotit reakční čas pacienta, takže rytmus vyšetření je díky tomu zcela individuální a může dojít i k dalšímu zkrácení vyšetřovací doby.

3 INDIKACE PERIMETRIE

Vyšetření zorného pole je složité a časově náročné, proto by se mělo provádět jen po pečlivém zvážení. Je indikováno při přítomnosti relativního aferentního pupilárního defektu či anamnestických nebo oftalmoskopických příznaků postižení zrakové dráhy, při nejasných poruchách vidění, při vnímání výpadku zorného pole samotným pacientem, při sestavování posudků nebo k průběžným kontrolám při známém funkčním postižení. Důvodů k vyšetření zorného pole je tedy celá řada, vždy je ale nutné zvážit, s ohledem na daného pacienta a předpokládaný výpadek zorného pole, jakou vyšetřovací strategii zvolíme. Různé typy perimetrů nabízí různé typy vyšetřovacích programů, známé jsou zejména speciální programy po detekci glaukomových změn. U vlastního perimetru je vhodné všechny tyto možnosti znát a umět je správně využívat, případně dát přednost jedné strategii. Zároveň je ale potřeba vědět, že není možné mezi sebou různé strategie srovnávat.

U dětí v předškolním věku nebo i u dospělých pacientů s výrazně zhoršenou schopností spolupráce s téměř úplnou ztrátou zorného pole si lékař vystačí s konfrontačním vyšetřením zorného pole. Ve školním věku, u hůře kooperujících pacientů nebo v případech pokročilých změn v zorném poli se většinou přistupuje k metodě kinetické perimetrie. Ta má také rozhodující slovo v posudkových řízeních. Ohraničené skotomy vyšetřujeme v případě dobré spolupráce pacienta nejlépe automatickou statickou perimetrií, která není závislá na vyšetřující osobě a umožňuje dobrou kontrolu průběhu onemocnění.

3.1 Výběr rastru

Současné perimetry nabízí většinou 60–80 testovaných bodů v rozsahu centrálních 30 stupňů. Čím řidší je hustota testovaných bodů, tím menší bude diagnostická přesnost vyšetření. Více testovaných bodů naopak vyšetření prodlužuje. Výhodné jsou proto opět nové vyšetřovací algoritmy, jako je rychlá prahová strategie, které umožňují zkrátit vyšetřovací dobu natolik, že není potřeba snižovat počet testovaných bodů.

3.2 Vyšetření centrálního nebo periferního zorného pole

Většina vyšetření zorného pole je indikována v souvislosti s diagnostikou a sledováním pacientů s glaukomem. Standardem by u glaukomu mělo být vyšetření centrálních 30 stupňů, kde se glaukomové změny zorného pole objevují nejčastěji. I u neurologických onemocnění je většina diagnostických informací obsažena v centrálních 30 stupních, vyšetření periferie je však přesto vhodné. Spíše výjimečně se vyšetření periferie zorného pole provádí u odchlípení sítnice nebo retinoschízy, ani u jednoho onemocnění však perimetrie nepatří mezi základní vyšetření.

3.3 Výběr velikosti stimulu

Počítačová statická perimetrie ustanovila jako standard Goldmannův stimulus velikosti III ($0,43^\circ$). Je to stimulus dostatečně malý na to, aby mohl být používán pro detailní vyšetření a zároveň dost velký na to, aby byl vidět, i když by korekce pacientovy refrakce nebyla dokonalá. Normativní databáze a statistické analýzy pro standardní perimetrii jsou založeny na vyšetřeních právě s Goldmannovým stimulem III. Při pokročilých změnách v zorném poli nebo špatné zrakové ostrosti je možné použít Goldmannův stimulus V a provádět tak i veškerá následná vyšetření pro zajištění srovnání.

3.4 Výběr vyšetřovací strategie

Prahové testovací strategie poskytují více informací než testy nadprahové. Jejich nevýhodou je však dlouhá vyšetřovací doba. K výraznému zkvalitnění přispěly až rychlé prahové strategie typu SITA, které umožnily zkrátit vyšetřovací dobu, aniž by znehodnotily získávané informace. Zmíněná strategie SITA je zabudovaná v perimetru Humphrey a má několik verzí. Například SITA standard zkrátí vyšetřovací dobu jednoho oka z původních 14 minut u prahového testu na 8 minut. SITA Fast umožňuje další zkrácení vyšetření až na 5,5 minuty. Tyto rychlé programy jsou vhodnější pro mladší pacienty nebo pro ty, kteří již mají s perimetrií zkušenosti. V každém případě by měly být moderní rychlé prahové strategie použity, kdykoli je to možné.

4 PŘÍPRAVA PACIENTA K PERIMETRICKÉMU VYŠETŘENÍ

4.1 Vyšetřující osoba a pacient

Perimetrie klade vysoké nároky na bdělost, koncentraci a spolupráci pacienta. Před začátkem vyšetření by měly být k dispozici údaje o aktuální refrakci, vizu, stavu optických médií, fundu a pravděpodobné diagnóze, eventuálně i předchozí perimetrické nálezy. Vyšetřovací místnost by měla být dostatečně velká a zatemněná tak, aby do kupole perimetru nedopadalo světlo z okolí. Pacient by měl být odpočínutý, v dobrém zdravotním stavu, neměl by být rušen hlukem z okolního prostředí, v místnosti by měla být příjemná teplota a jeho pozice u perimetru by měla být přizpůsobena individuálním potřebám.

Perimetrie v minulosti vyžadovala zkušeného vyšetřujícího, protože perimetrista musel chápat a provádět veškeré úkony během vyšetření sám, bez asistence přístroje. To stejné platí i pro současnou kinetickou perimetrii. Dnešní počítačové automatické perimetry jsou sice naprogramovány a většina vyšetření je v režii počítače, nicméně vyšetřující osoba nadále hraje důležitou roli. Bez náležitého poučení pacienta před začátkem vyšetření mohou být totiž výsledky často nevalidní.

Je obzvlášť důležité pacientovi vysvětlit, co ho během testu čeká. Perimetrista, který si test sám vyzkoušel, bude lépe schopen vyličit pacientovi průběh vyšetření. Pacient by měl být poučen, co má během vyšetření sledovat, měl by se zejména u kinetické perimetrie seznámit s tím, jak bude stimulus vypadat, kde se stimulus může objevit, jak dlouho bude vyšetření trvat, jak by si měl správně sednout, jak by měl upozornit na to, že by chtěl během vyšetření přestávku atd. Je potřeba vyšetřovanému zdůraznit, jak důležité je pro výpovědní hodnotu testu, aby trvale sledoval fixační bod. Pacienti často považují perimetrické vyšetření za obtížné a stěžují si, že jistě spoustu stimulů přehlédli. Proto je vhodné pacienty dopředu poučit o charakteru stimulů používaných v perimetrii, tedy že až polovina stimulů

nabídnutých během prahového testu bude tak slabých, že by je neviděla ani zdravá osoba, a že i stimuly, které uvidí, budou různé intenzity. Je také na místě zdůraznit, že pacient může během vyšetření mrkat, aby neosychala rohovka a nevznikal tak zrakový diskomfort. Perimetrista by měl opakovaně, ne-li po celou dobu vyšetření, pacienta kontrolovat, ujistit ho, že vše probíhá dobře a upravit případně jeho pozici. Správně poučení pacienti, o které pečuje kvalifikovaný personál, nebudou mít s moderními přístroji žádné problémy. Pacient musí chápat přínos vyšetření zorného pole. Je důležité vytvořit u pacientů pozitivní vztah k perimetrickému vyšetření a motivovat je tak, aby byli ochotni absolvovat toto vyšetření opakovaně.

Vyšetřujeme každé oko zvlášť, druhé oko je zakryté klapkou. Výška židle i přístroje by měla být upravena k maximálnímu pohodlí pacienta. Volba vhodného okluzoru je obtížná. Úplně tmavé okluzory sice zabraňují vnímání silnějších stimulů zakrytým okem, na druhou stranu však dojde k adaptaci zakrytého oka na tmu a k posunu prahových hodnot, následuje-li ihned vyšetření tohoto oka. Okluze by ale neměla být ani příliš průhledná, aby nemohly být zakrytým okem vnímány intenzivnější stimuly. Gumička okluzoru v žádném případě nesmí přecházet přes horní víčko vyšetřovaného oka.

Během perimetrie by měl být pacient pokud možno pod neustálým dozorem vyšetřované osoby, která by měla kontrolovat fixaci, nabídnout pacientovi přestávku a upozornit na případné chyby. Jakékoli pozoruhodnosti (špatná spolupráce, únava...) by měly být vyšetřující osobou dokumentovány a konzultovány s ošetřujícím lékařem.

4.2 Korekce refrakční vady

Kromě toho, že musí být pacient o průběhu vyšetření dostatečně poučen, je nutné zajistit další předpoklady pro zdárný průběh vyšetření. Jedním z nich je korekce refrakční vady pacienta. Ta je nutná pouze při vyšetřování centrálních 30° zorného pole, při testování periferie zorného pole se korekční skla nepoužívají, protože by okraje brýlových skel a obruby omezovaly periferní vidění a způsobovaly by arteficiální výpadky zorného pole. Výjimkou jsou nositelé kontaktních čoček, kteří si pro vyšetření periferie nemusí čočky sundávat. Při zaměření na centrálních 30° zorného pole se korekce provádí pomocí skel s tenkým okrajem zasazených do brýlové obruby, která je součástí přístroje. Standardní vyšetřovací vzdálenost u dnešních perimetrů je

asi 30 cm. Presbyopické pacienty od věku 35–40 let je proto nutné na tuto vzdálenost vykorigovat. Lze využít následujícího pravidla:

35–50 let	adice +1,0 Dsf
50–60 let	adice +2,0 Dsf
60 let a více	adice +3,0 Dsf

Nezbytná je vždy otázka, zda pacient s nastavenou korekcí vidí fixační bod ostře.

Korekce astigmatismu je vhodná od $\pm 1,0$ Dcyl. O potřebnou presbyopickou korekci upravíme také hodnoty dioptrií u pacientů s myopií. Nedostatečná korekce u pacientů s myopií může vést ke vzniku refrakčního skotomu. Při kombinaci sférické a cylindrické vady lze přepočtením cylindru a jeho osy vypočítat potřebné dioptrie tak, aby korekční skla byla co nejtenčí.

4.3 Průměr zornice

Množství světla vstupujícího do oka určuje průměr zornice. Při průměru zornice 3 a více mm, budou výsledky vyšetření zorného pole zapadat do normálního rozmezí. Zmenšení průměru zornice způsobí difuzní pokles senzitivity v zorném poli, který může dosáhnout až 3–4 dB u zornice o průměru 1,5 mm. Tento efekt může být ještě výraznější u pacientů s kataraktou, protože zkalení optických médií rovněž vede k difuznímu poklesu senzitivity. Proto je vhodné zaznamenat na výtisku vyšetření průměr zornice, aby mohly být výsledky správně interpretovány.

5 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ PERIMETRICKÉHO VYŠETŘENÍ

Před interpretací výsledku vyšetření zorného pole je nutné si všimnout všech informací na výtisku a do společného vyhodnocení zahrnout veškeré ukazatele. Výsledkem perimetrického vyšetření je soubor čísel reprezentujících prahovou citlivost sítnice ve všech testovaných bodech. Z těchto hodnot vychází statistické analýzy, jejichž výsledky jsou znázorněny v tabulkách, grafech a obrázcích.

5.1 Údaje o pacientovi

Na žádném výtisku by nemělo chybět jméno, datum narození a věk pacienta. Je nutné zkontrolovat hodnotu použité korekce a zjistit, zda souhlasí s předchozím vyšetřením.

5.2 Údaje o vyšetření

Na výtisku je vždy uvedeno, které oko bylo vyšetřováno. Bohužel ne každý perimetr během vyšetření zaznamenává průměr zornice. Je-li tato informace k dispozici, měla by být rovněž srovnána s předchozími testy. Dále bývá uvedeno datum a hodina vyšetření, jeho délka a samozřejmě vybraná vyšetřovací metoda, program a strategie. Někdy je zaznamenán i celkový počet nabídnutých podnětů a jejich opakování. Zopakování stimulu je nutné, když pacient mrkne nebo ztratí fixaci v okamžiku, kdy je nabídnut stimulus. Větší počet opakování ukazuje na to, že pacient byl při vyšetření nervózní. Neovlivňuje to ale kvalitu získaných dat, tu posuzujeme podle jiných údajů.

5.3 Zobrazení prahové citlivosti sítnice v zorném poli

Nejdůležitější informace o zorném poli pacienta tvoří změřené hodnoty prahové (diferenciální) citlivosti sítnice na osvit v testovaných bodech. Další grafy a obrázky jsou získány pomocí výpočtů a statistických analýz těchto číselných údajů. Normální prahová citlivost sítnice na osvit s věkem klesá, proto je pro odhalení patologických hodnot potřebné zejména jejich srovnání s normálními hodnotami očekávanými pro daný věk.

Pro rychlejší přehled zobrazuje většina perimetrů rozložení hodnot prahové citlivosti ve stupních šedi (obr. 8). Čím světlejší jsou barvy, tím vyšší je prahová citlivost. Tmavší oblasti indikují pokles senzitivity a černé oblasti znamenají absolutní výpadek zorného pole. Hodnoty prahové citlivosti sítnice v zorném poli mohou být ve stupních šedi zakódovány buď v absolutních hodnotách, nebo až po jejich porovnání s hodnotami citlivosti očekávanými pro daný věk.

Srovnání prahové citlivosti sítnice s hodnotami očekávanými pro daný věk je u různých perimetrů označováno různě. U perimetru Octopus je to například tzv. Comparison table. U perimetru Humphrey najdeme tzv. Total deviation decibel plot, kde je prahová citlivost v každém vyšetřovaném místě porovnána s hodnotou očekávanou pro daný věk a výsledná odchylka je uvedena v decibelech (obr. 8). Negativní hodnoty indikují citlivost menší než očekávanou, pozitivní hodnoty naopak vyšší než normální. Důležité je však hodnocení významnosti zjištěné odchylky. Pokles senzitivity o 5 dB pod hodnotu očekávanou pro daný věk totiž může být významná změna v centru zorného pole, v periférii však může být ještě zcela v normě. Statistická významnost zjištěných odchylek citlivosti sítnice je u perimetru Humphrey znázorněna pomocí tzv. Total deviation probability plot (obr. 8). Naměřené prahové citlivosti sítnice horší než ty, které nacházíme u 5 %, 2 %, 1 % a 0,5 % normální populace stejného věku, jsou vyznačeny odpovídajícími symboly. Například symbol pro 5 % indikuje, že méně než 5 % normální populace má tak nízkou nebo nižší prahovou citlivost sítnice v dané lokalitě. Vysvětlivky k jednotlivým symbolům jsou uvedeny na každém výtisku vyšetření a tato analýza je opět dostupná na většině perimetrů.

EYE: RIGHT

ID:

DOB: 04-19-1931

Patient data

DATE: 11-27-1995

TIME: 8:27 AM

AGE: 65

TEST DURATION: 08:49

FOVER: OFF



MD -5.68 DB P < 0.5%

PSD 10.81 DB P < 0.5%

PATTERN
DEVIATION

TOTAL
DEVIATION

F

E

:: P < 5%
 ■ P < 2%
 ■ P < 1%
 ■ P < 0.5%

Obr. 8 Výstup jednoho vyšetření zorného pole na perimetru Humphrey (STATPAC): A – číselné hodnoty lokální prahové citlivosti sítnice v zorném

poli (dB); B – prahová citlivost sítnice v zorném poli zobrazená ve stupních šedi; C – Total deviation decibel plot; číselné zobrazení odchylky naměřených prahových citlivostí od normativních, k věku korigovaných hodnot prahové citlivosti (dB); D – Pattern deviation decibel plot; korigované hodnoty odchylky prahové citlivosti od normy po odfiltrování difuzního poklesu citlivosti v zorném poli; E – nekorigované znázornění statistické významnosti odchylky (pravděpodobnostní diagram); F – Pattern deviation probability plot; korigované znázornění statistické významnosti naměřené odchylky (pravděpodobnostní diagram)

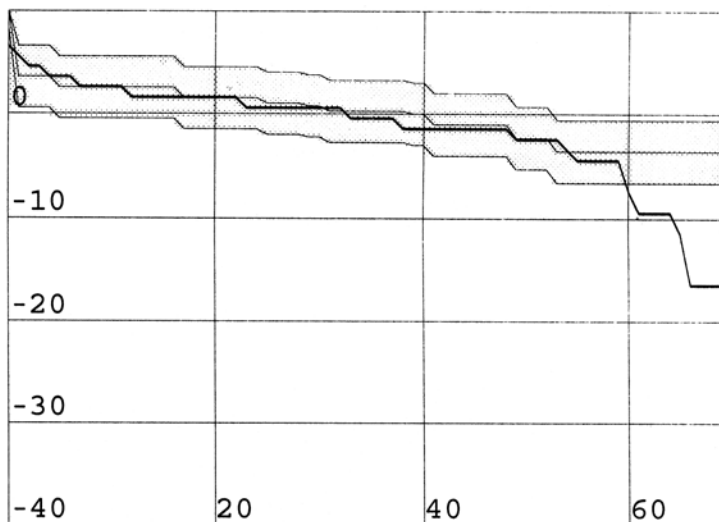
Nejužitečnější pro vyhodnocení je ovšem tzv. Pattern deviation probability plot (obr. 8). Analýza „pattern deviation“ prezentuje zjištěné odchylky poté, co byl automaticky odfiltrován difuzní pokles prahové citlivosti v zorném poli. K odlišení významnosti patologie používá stejné symboly jako „total deviation plot“. „Pattern deviation decibel plot“ (v decibelech) nebo „pattern deviation probability plot“ (pomocí symbolů pro pravděpodobnost) tedy vyzdvihují významné lokalizované výpadky zorného pole.

Výhoda pravděpodobnostních grafů spočívá v tom, že ignorují kolísání nálezu v rozsahu normálního rozmezí a naopak vyzdvihují diskrétní, ale významné změny, které by mohly uniknout pozornosti. Počínající defekty zorného pole se většinou objeví dříve na pravděpodobnostních schématech než ve stupních šedi v grafickém zobrazení. Pravděpodobnostní schémata navíc dokáží odstínit časté arteficiální výpadky zorného pole, jako je například pokles senzitivity v horních částech zorného pole v důsledku poklesu víčka, které se zdají být ve stupních šedi mnohem závažnější. Pravděpodobnostní schémata selhávají jen u pokročilých defektů zorného pole.

Je užitečné porovnat grafy „total“ a „pattern“ odchylky. Vypadají-li grafy velmi podobně, nevyskytl se v daném zorném poli difuzní pokles senzitivity. Rovnoměrně snížený graf celkové odchylky (total deviation) a zároveň normální graf vzorové odchylky (pattern deviation) pravděpodobně ukazuje na kataraktu. Opačný případ, tedy normální graf celkové odchylky a abnormální graf vzorové odchylky, se nachází u pacienta, který mačká knoflík, i když žádný stimulus neviděl.

Křivka kumulativního defektu, neboli Bebieho křivka, je svažující se křivka, která vzniká seřazením všech hodnot prahové citlivosti sítnice v zorném poli od nejméně abnormálních k nejhlubším defektům (obr. 9). Tento způsob zobrazení umožňuje rychlé zhodnocení charakteristiky a hloubky defektů zorného pole. Křivku hodnotíme i ve vztahu ke dvěma pásům, které ohraničují zónu normality (± 2 dB) reprezentující 90% konfidenční inter-

val v normální populaci. Rovnoměrný pokles celé křivky dolů je výrazem difuzní ztráty senzitivity v zorném poli, jako je tomu například u katarakty. Lokalizovaný defekt způsobí náhlý zlom v křivce. Může být přítomna i kombinace obou tvarů.



Obr. 9 Bebieho křivka (Tübinger Automatik Perimeter, firma Oculus, Německo). Osa x vyjadřuje pořadí (rank) defektu od nejmenšího po největší. Osa y reprezentuje hloubku defektu (dB).

5.4 Globální indexy zorného pole

Všechna vyšetření zorného pole primárně zjišťují lokální prahovou citlivost sítnice v zorném poli. Tyto informace jsou důležité pro detekci a lokalizaci odchylky od normálního zorného pole. Indexy zorného pole jsou statistické veličiny, které popisují zorné pole jako celek bez ohledu na lokalizaci defektů. Jejich hodnota je průměrem všech vyšetřovaných bodů. Sledovat jejich změny v čase je snadné a pro každý index zorného pole je známo normální rozpětí hodnot. Odchylky indexů signalizují možnou patologii v zorném poli. Statistické indexy zorného pole se často používají v odborných studiích, protože umožňují snadno analyzovat informace o zorném poli (tab. 1).

Tab. 1 Přehled globálních indexů zorného pole. Některé indexy jsou specifické pro konkrétní perimetr (zde uvedeny Octopus 101 a HFA – Humphrey Field Analyzer). Podobně jsou normativní hodnoty jednotlivých indexů závislé většinou na nastavení daných přístrojů.

Index	Zkratka	Vysvětlení
Mean sensitivity	MS	Průměrná výška „hory vidění“; s věkem fyziologicky klesá.
Mean defect (Octopus 101)	MD	Průměrná odchylka individuální „hory vidění“ od normální „hory vidění“ korigované k věku. Pozitivní hodnoty MD znamenají horší nález v zorném poli než očekáváno.
Mean defect (HFA)	MD	Průměrná odchylka individuální „hory vidění“ od normální „hory vidění“ korigované k věku. Negativní hodnoty MD znamenají horší nález v zorném poli než očekáváno.
Loss variance (Octopus 101)	LV	„Nerovnosti“ na hoře vidění.
Pattern standard deviation (HFA)	PSD	„Nerovnosti“ na hoře vidění; vzorová směrodatná odchylka.
Short-term fluctuation	SF	Rozptyl citlivosti na jednom místě v zorném poli v rámci jednoho vyšetření.
Long-term fluctuation	LF	Rozptyl citlivosti na jednom místě v zorném poli mezi dvěma vyšetřeními s odstupem týdnů nebo měsíců.
Corrected loss variance (Octopus 101)	CLV	LV korigovaná hodnotou SF; vyzdvihuje lokalizované defekty.
Corrected pattern standard deviation (HFA)	CPSD	PSD korigovaná o hodnotu SF.

Mean sensitivity

„Mean sensitivity“ (střední citlivost sítnice v zorném poli) se vypočítá jako průměr všech hodnot prahové citlivosti sítnice všech bodů ve vyšetřeném zorném poli. Jednotkou je decibel. Normální střední citlivost závisí na věku pacienta, proto univerzální normální rozpětí střední citlivosti neexistuje.

Mean defect

„Mean defect“ (střední ztráta citlivosti v zorném poli) je průměr odchylek prahové citlivosti všech měřených bodů v zorném poli po srovnání s normální prahovou citlivostí pro daný věk. Střední ztráta citlivosti je nezávislá na věku. Průměrná normální MD se rovná nule, u 90 % normálních zorných polí se hodnota MD pohybuje od -2 do $+2$ dB. Je-li například u perimetru Humphrey zjištěna střední citlivost sítnice lepší než normální hodnota pro daný věk, má hodnota MD znaménko plus a patologické hodnoty jsou označeny znaménkem mínus. U perimetrů Octopus (firma Haag-Streit) nebo TAP (Tübingen Automatik Perimeter, firma Oculus) je to naopak a hodnoty prahové citlivosti sítnice, které jsou nižší než normální, mají znaménko plus. MD je nejdůležitější index popisující celkové poškození zorného pole. Trend změn v zorném poli lze nejlépe analyzovat právě sledováním indexu MD.

Loss variance (LV)

„Loss variance“ se vypočítá jako čtverec směrodatné odchylky lokálních defektů zorného pole a udává se v dB^2 . Označuje se také jako rozptyl ztrát. Je mírou heterogenity střední ztráty citlivosti v zorném poli.

„Loss variance“ je index citlivý na nepravidelnosti v zorném poli a je časným indikátorem lokalizovaného poškození zorného pole. S progresí nálezu v zorném poli se hodnota „loss variance“ zvyšuje, norma se pohybuje mezi $0-6 \text{ dB}^2$. Při hodnocení změn v zorném poli je vhodné sledovat hodnotu „loss variance“ i „mean defect“.

Short-term fluctuation (SF), Long-term fluctuation (LF)

„Short-term fluctuation“ (krátkodobá fluktuace) je míra rozptylu prahové citlivosti během jednoho vyšetření. Na některých místech v zorném poli jsou stimuly během jednoho vyšetření zopakovány a je změřena standardní odchylka prahové citlivosti v konkrétním testovaném bodě v zorném poli. Krátkodobá fluktuace je pak průměrem standardních odchylek z různých míst v zorném poli. Je mírou pro posouzení spolehlivosti daného zorného pole. Za normální jsou považovány hodnoty krátkodobé fluktuace mezi $0-2 \text{ dB}$. U pacientů s poškozeným zorným polem se hodnota krátkodobé fluktuace zvyšuje. „Long-term fluctuation“ (dlouhodobá fluktuace) udává míru rozptylu citlivosti na určitém testovaném místě v zorném poli mezi dvěma vyšetřeními s odstupem několika týdnů nebo měsíců. Norma se udává v průměru do 2 dB .

Corrected loss variance (CLV)

„Corrected loss variance“ (korigovaný rozptyl ztrát prahové citlivosti) je míra pro heterogenitu odchylek prahové citlivosti v zorném poli bez ohledu na krátkodobou fluktuaci. Hodnotu indexu „corrected loss variance“ získáme odečtením čtverce krátkodobé fluktuace od „loss variance“. Získaný index je ještě citlivější při detekci lokálních defektů. Jednotkou „corrected loss variance“ je opět dB^2 a normální hodnoty se pohybují většinou pod $2,5 \text{ dB}^2$.

Registrace falešně pozitivních odpovědí

Vysoké skóre falešně pozitivních odpovědí vyjadřuje tendenci pacienta mačkat knoflík i tehdy, když žádný stimulus neviděl. Vyjadřuje se jako procento nebo zlomek všech pozitivních pokusů. Falešně pozitivní odpovědi se zjišťují dvěma způsoby. Některé programy (např. SITA) počítají pozitivní odpovědi pacienta (zmáčknutí knoflíku) v okamžiku, kdy odpověď pacienta není očekávaná. Jiné programy zaznamenávají pacientovy odpovědi tehdy, když přístroj provede všechny pohyby a zvuky jako při normální prezentaci stimulu, aniž by došlo k nabídnutí stimulu. Míra falešně pozitivních odpovědí vyšší než 15 % ukazuje na nespolehlivé vyšetření. Výsledky vyšetření zorného pole pak vykazují abnormálně vysoké hodnoty prahové citlivosti. Defekty zorného pole mohou být rozsahem i hloubkou podhodnoceny nebo nemusí být vůbec zachyceny. Vysoké procento falešně pozitivních odpovědí nalezneme u tzv. „trigger-happy patients“, tedy u pacientů, kteří mačkají, i když nevidí žádný stimulus, dále u nervózních pacientů nebo těch, kteří nebyli před začátkem vyšetření správně poučeni.

Registrace falešně negativních odpovědí

Falešně negativní odpovědi se rozumí negativní odpověď pacienta po prezentaci nejjasnějšího možného stimulu v oblasti, kde pacient již dříve v průběhu vyšetření reagoval pozitivně. Falešně negativní odpovědi se opět vyjadřují jako procento nebo zlomek všech testovaných pokusů. Pacienti s procentem falešně negativních odpovědí vyšším než 15 % vyžadují buď pečlivější dozor během vyšetření, nebo se jedná o pacienty ve špatné kondici.

V případech pokročilého poškození zorného pole je interpretace falešně negativních odpovědí obtížná. Procento falešně negativních odpovědí může přes kvalitní spolupráci pacienta dosáhnout až 50 %. Jde o důsledek větší fluktuace, tedy snížené reprodukovatelnosti zorného pole. Typicky se jedná například o pacienty s pokročilým glaukomem, u nichž musí být výpovědní hodnota registrace falešně negativních odpovědí považována za omezenou.

Reliability factor

„Reliability factor“ neboli faktor spolehlivosti informuje o spolupráci pacienta. Vypočítá se jako podíl součtu falešně pozitivních a negativních odpovědí a celkového počtu nabídnutých podnětů. Hodnota faktoru spolehlivosti by za normálních okolností neměla být vyšší než 15 %.

Kontrola fixace

Kvalita stabilní fixace se udává buď pomocí skóre ztráty fixace, nebo u některých přístrojů zhodnocením záznamu „eye-tracking“ (stopování, sledování očí). Způsoby kontroly fixace byly popsány v kapitole 2.6. Ztráta fixace přesahující 20 % může opět znamenat nespolehlivý výsledek vyšetření. Například perimetr Octopus (fa Haag-Streit) signalizuje vyšetřující osobě špatnou fixaci pacienta. Systém kontroly fixace u tohoto perimetru zajišťuje, že mohou být stimuly pacientem potvrzovány jen při správné fixaci.

5.4.1 Komplexní metody analýzy změn v zorném poli

Glaucoma hemifield test (GHT)

Za účelem odhalení specifických změn v zorném poli byla vyvinuta řada metod. Některé se při hodnocení nálezu nesoustředí jen na jednotlivé testované body v zorném poli, nýbrž zahrnou do analýzy celou skupinu („cluster“) sousedících bodů. Jiné metody zase sledují horizontální nebo vertikální asymetrii v zorném poli.

Z podobných metod se v praxi etabloval pouze „Glaucoma hemifield test“, který využívá jak hodnocení asymetrie změn v zorném poli, tak zmíněnou „clusterovou“ analýzu. Hodnocení sousedících bodů má význam pro odhalení výpadků typu svazků nervových vláken nebo pro detekci asymetrie v oblasti nazálního horizontálního meridiánu (nazální skok).

5.5 Hodnocení progresu změn v zorném poli

Prahová citlivost sítnice v zorném poli není konstantní veličina. Provází ji reverzibilní, fyziologické výkyvy v čase. Lze je zaznamenat i u normálního zorného pole, v mnohem větší míře se ale uplatňují u patologicky změněného zorného pole. Právě odlišení fluktuace od skutečných změn je výzvou při hodnocení progresu nálezů v zorném poli. I u pacienta se stabilním nálezem v zorném poli může až u 5 % testovaných bodů dojít ke zlepšení a u 5 % ke zhoršení oproti minulému vyšetření. Zorné pole se skutečně zhoršuje, jestliže několik bodů v zorném poli vykazuje reprodukovatelné a významné zhoršení proti výchozímu vyšetření. Pro ověření změny je vhodné provést vyšetření zorného pole opakovaně a potvrdit tak reprodukovatelnost případného defektu.

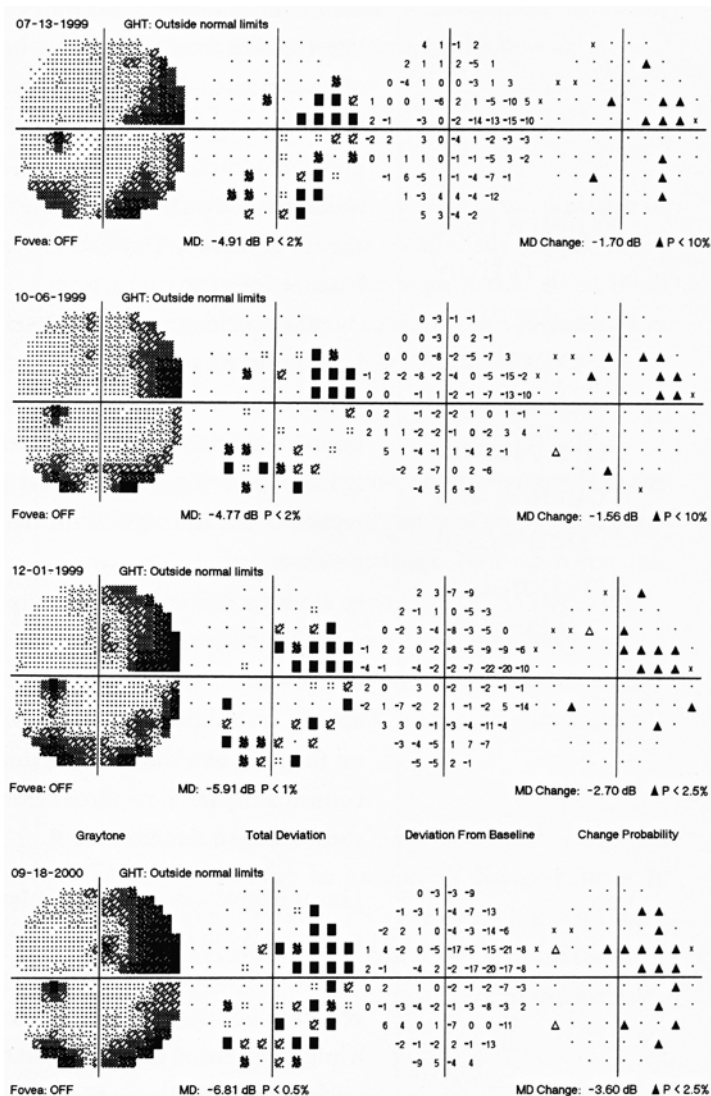
Je velmi obtížné posoudit významnost lokálních změn mezi jednotlivými vyšetřeními. Zda bude změna v indexu MD považována za významnou či nikoli výrazně závisí na počtu provedených vyšetření. Se zvyšujícím se počtem vyšetření může být změna MD menší, aby byla významná. Obecně ale platí, že s výjimkou dramatické změny v zorném poli mezi dvěma následnými vyšetřeními, je při menším počtu vyšetření šance zachytit progresi jen velmi malá.

Při analýze změn v čase je důležité stanovit výchozí vyšetření a porovnávat vždy stejné vyšetřovací strategie. Při změně přístroje nebo strategie je nutné stanovit nový výchozí bod. Ideální pro hodnocení změn v zorném poli jsou statistické indexy, které představují průměr všech testovaných míst v zorném poli. Většinou se zaměřujeme na střední odchylku (mean defect, MD) a loss variance (LV). MD a MS nesou v podstatě stejnou informaci, MD je ale nezávislé na věku pacienta a je proto praktičtější. Normální zorné pole má typicky velmi stabilní hodnotu MD, kolísá jen v rozmezí asi 0,3 dB. Například ale u glaukomového zorného pole dosahují výkyvy střední odchylky až 1,2 dB nebo i více. V takovém případě může být těžké odhadnout, kdy už je změna hodnoty MD patologická.

Proto nyní většina perimetrů obsahuje různé způsoby hodnocení progresu, ať už je to „Glaucoma Change Probability“ klasifikace u perimetru Humphrey nebo „Trend Analysis“ u perimetru Octopus. Například „Glaucoma Change Probability Plot“ (obr. 10) u perimetru Humphrey vyzdvihuje změny v prahové citlivosti na jednotlivých místech v zorném poli, které přesahují obvyklou variabilitu mezi jednotlivými testy u glaukomových pacientů se zkušenostmi s vyšetřováním zorného pole a významnost odchylky je opět znázorněna příslušným symbolem pravděpodobnosti.

Optimální je však provést tzv. regresní analýzu indexů zorného pole. Například na perimetru Humphrey je to možné buď pomocí indexu MD, kde se změna v zorném poli udává v dB za rok, nebo pomocí indexu VFI (visual field index). Index VFI je novým souhrnným indexem zorného pole, který pacientovo zorné pole vyjadřuje jako procento normálního, k věku očekávaného zorného pole. Zorné pole s indexem VFI 100 % tedy zcela odpovídá fyziologickému zornému poli u osoby daného věku. Při hodnocení progresu pomocí indexu VFI je i trend udáván v procentech ztráty zorného pole za rok (obr. 10). Na rozdíl od indexu MD je při výpočtu indexu VFI odfiltrován difuzní pokles senzitivity v zorném poli, proto je pro hodnocení progresu tato metoda lepší, protože vyzdvihuje lokální poklesy prahové citlivosti v zorném poli. Navíc tato metoda umožňuje předpovědět, v jakém stavu se bude nacházet zorné pole pacienta za tři nebo pět let, bude-li započatý trend změn v zorném poli pokračovat.

Výše zmíněné programy jsou určeny zejména pro pacienty s glaukomem. Pro analýzu progresu glaukomových změn v zorném poli je nutné mít k dispozici více perimetrických vyšetření. Evropská glaukomová společnost doporučuje provést u nově diagnostikovaných pacientů s glaukomem během prvních dvou let tři perimetrická vyšetření za rok, aby mohl být co nejdříve stanoven trend progresu změn v zorném poli a mohli být včas zachyceni rychle progredující pacienti.



Obr. 10 Hodnocení progrese změn v zorném poli na perimetru Humphrey pomocí Glaucoma Change Probability Plot. Graf „Deviation from baseline“ ukazuje odchylku naměřené prahové citlivosti od výchozího vyšetření, graf „Change probability“ zobrazuje statistickou významnost této odchylky.

6 ARTEFAKTY PŘI VYŠETŘENÍ ZORNÉHO POLE

Při klinickém hodnocení zorného pole je nutné odlišit skutečné výpadky zorného pole od zdánlivých defektů způsobených překážkou před okem, špatnou spoluprací pacienta nebo jinými faktory. Prominující nos, velké obočí nebo dlouhé řasy mohou způsobit artefakty vedoucí k chybné interpretaci zorného pole. Podobně převislá kůže víček (dermatochaláza) nebo pokleslé víčko (ptóza) mohou vést k umělým defektům zorného pole. Artefakty v zorném poli může způsobit i špatná pozice pacienta vedoucí k decentraci oka.

Na vzhled zorného pole má vliv také transparence optických médií, tedy rohovky, čočky a sklivce. Opacity jako katarakta nebo hemoftalmus povedou k absorpci a rozptylu světla a způsobí nejčastěji difuzní pokles senzitivity v zorném poli, méně často pak lokalizované defekty.

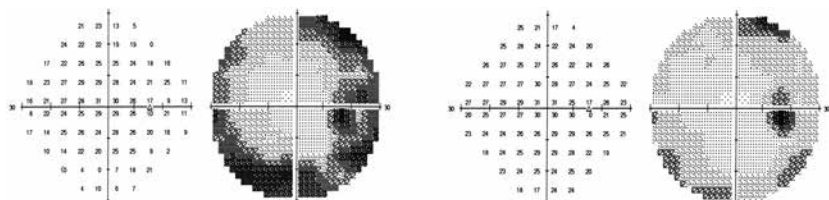
Falešný pokles prahové citlivosti může způsobit také úzká zornice. Při srovnávání následných vyšetření je tedy nutné zohlednit i šířku zornice.

Pacienti ne vždy vyprodukují spolehlivý výsledek perimetrického vyšetření. Nepravdivé výsledky mohou vznikat pacientovou neznalostí vyšetření, padajícími víčky nebo prominujícím obočím, špatně umístěnými korekčními skly, nedostatečným úvodním poučením nebo dohledem vyšetřující osoby a úzkostí pacienta.

6.1 Učící efekt

Při prvním vyšetření má 10–20 % vyšetřovaných výpady, které se při opakovaných vyšetřeních nepotvrdí. Naopak se při následných testech parametry jejich zorného pole zlepší, projeví se u nich totiž tzv. učící efekt (obr. 11). Taková zorná pole typicky vykazují pokles senzitivity ve střední periférii, centrální zorné pole bývá v pořádku. Kvůli existenci učícího efektu se konkrétně u glaukomu doporučuje brát jako validní výsledek až třetího perime-

trického vyšetření, poté co se ho pacient naučil správně provádět a pochopil jeho průběh. Delší a větší učící efekt provází modrozlutou perimetrii.



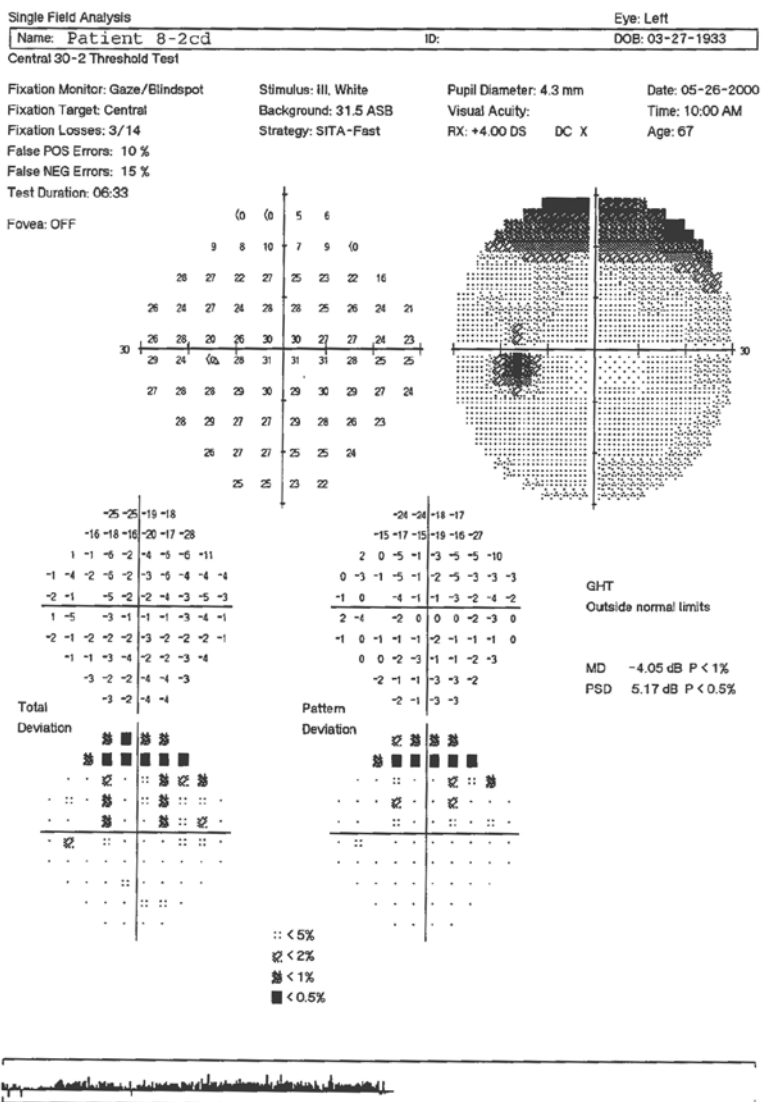
Obr. 11 První a druhé vyšetření zorného pole u zdravé osoby – je patrný učící efekt (TAP Perimetr)

6.2 Fatigue effect

Vliv rostoucí únavy pacienta můžeme pozorovat u dlouhých vyšetření, zejména na testů s prahovou strategií. Někdy může vyšetření jednoho oka trvat až 20 minut. Jakmile se pacient unaví, jeho pozornost klesá a odpovědi jsou méně spolehlivé. Vyšetření je možné přerušit přestávkou, lepší je ale použít již zmíněných testů s kratší vyšetřovací dobou.

6.3 Artefakty z víček

Diskrétní ptóza je častá i u zdravých jedinců a může způsobit arteficiální defekty zorného pole. Takové defekty jsou patrné zejména na zobrazeních ve stupních šedi, protože vedou ke snížení senzitivity v horní části zorného pole (obr. 12).



Obr. 12 Artefakt na perimetru v důsledku ptózy horního víčka, který se projevuje i na pravděpodobnostním grafu.

6.4 Artefakty z korekčních skel

U pacientů se silnými plusovými korekčními skly může být zorné pole cirkulárně zúžené. Tento efekt bude ještě výraznější, jestliže korekční skla nebudou správně centrována a jejich pozice zajištěna po celou dobu vyšetření. Decentrace 6 mm bude mít za následek tento artefakt při použití skla o hodnotě +3 Dsf, při hodnotě čočky +10 Dsf se artefakt objeví již při decentraci o pouhé 3 mm. U skel s vyšší plusovou korekcí je tedy jejich správná pozice velmi důležitá.

6.5 Zorné pole s obrazem čtyřlístku

Obraz čtyřlístku je velmi častým typem artefaktu (obr. 13). Prahové hodnoty jsou normální v oblasti čtyř primárně testovaných bodů při vyšetření na perimetru Humphrey. V jiných oblastech, kde byl práh testován později, jsou však hodnoty senzitivity mnohem nižší. Tento artefakt se objevuje tehdy, když pacient spolupracoval správně v první části vyšetření a pak to vzdal. Většinou je to důsledkem nepochopení testu nebo nedostatečné koncentrace či motivace. Může nastat i v situacích, kdy se pacient snažil komunikovat s vyšetřující osobou, která však v místnosti nebyla, takže pacient nevěděl co dělat, a proto raději nedělal nic.

6.6 Trigger-happy patients

Někteří pacienti, zejména jsou-li úzkostní, se budou snažit zaznamenat v průběhu vyšetření co nejvíce stimulů. Proto budou mačkat knoflík co nejčastěji, přestože žádný stimulus neviděli, a výsledkem bude vysoké procento falešně pozitivních odpovědí. Kromě toho se naměřené prahové hodnoty v některých oblastech dostanou k nadprůměrně vysokým hodnotám. Hovoříme o „trigger-happy patients“, tedy o pacientech, kteří rádi mačkají spoušť. Výsledkem je úplně bílé zorné pole, jinými slovy chybí stupně šedi. Nebezpečí tohoto artefaktu spočívá v tom, že zůstane-li nerozpoznán, mohou být případné defekty podhodnoceny, nebo nemusí být vůbec zachyceny.

6.7 Psychosomatické poruchy zorného pole a simulace

Psychogenní nebo simulované poruchy zorného pole mohou být pro oftalmology často diagnostickým problémem. Základem je zejména vyloučení možné organické příčiny. Především pro posudkové účely by však bylo ideální vyšetřit zorné pole ještě objektivní metodou. Jistou pomocí může být multifokální elektroretinografie nebo tzv. pupilární kampimetrie, která ale není v praxi běžně dostupná. Nejčastějším úmyslně předstíraným defektem zorného pole je koncentrické zúžení nebo hemianopické výpadky. K průkazu simulace lze použít speciální testy jako je tunelové vidění nebo „chytáků“ v podobě binokulárního vyšetření zorného pole či kinetické perimetrie, kdy vyšetřované osoby často vyprodukují obraz křížících se nebo spirálovitých izopter.

7 KONFRONTAČNÍ VYŠETŘENÍ ZORNÉHO POLE

Toto jednoduché vyšetření zorného pole je potřeba například při konziálních vyšetřeních, u špatně spolupracujících pacientů a u malých dětí (obr. 14). Vyšetřující osoba sedí naproti pacientovi, aby mohla dobře sledovat jeho fixaci.



Obr. 14 Konfrontační vyšetření zorného pole u malého dítěte
(zdroj: www.medunigraz.at)

Konfrontační perimetrie může být provedena mono- nebo binokulárně, v prvním případě je potřeba, aby i vyšetřující zavřel jedno oko, aby aspoň orientačně mohl srovnat hranice zorného pole pacienta se svým vlastním. Jako stimulus může vyšetřující osoba použít například prst, kterým pohybuje podél hlavního horizontálního, vertikálního a šikmého meridiánu do centra zorného pole. Je vhodné používat střídavě obě ruce, aby pacient

nemohl podle pohybu paže dopředu odhadnout, která oblast zorného pole bude testována. Test je citlivější, jestliže místo prstu použijeme jako stimulus malé barevné (nejlépe červené) objekty. Tato metoda může odhalit závažné a rozsáhlé hemianopické nebo altitudinální defekty. Při podezření na hemianopsii můžeme vyšetření modifikovat tak, že pacientovi řekneme, aby sečetl prsty nabízené nalevo a napravo od vertikálního meridiánu.

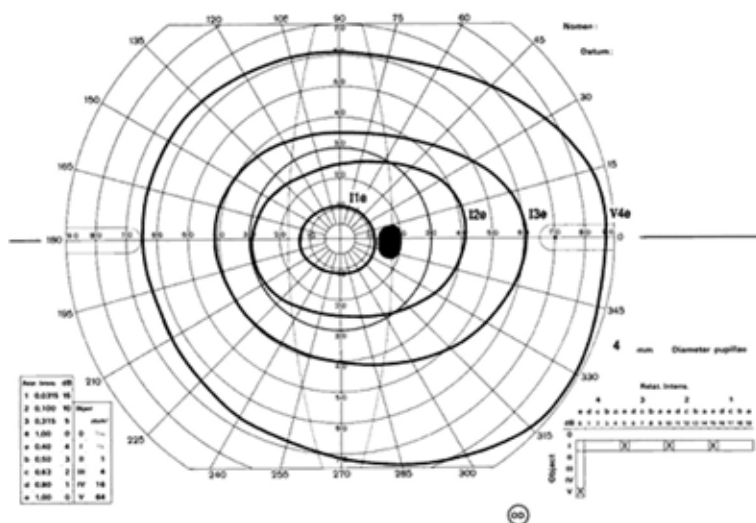
8 KINETICKÁ PERIMETRIE

Představitelem kinetické perimetrie je Goldmannův perimetr (obr. 15). Při kinetické perimetrii pohybuje vyšetřující osoba stimulem o definované velikosti, jasů a barvě konstantní rychlostí z oblasti, kde pacient stimulus nevidí, tam, kde jej vidí. Tedy buď z periferie zorného pole do centra, nebo z oblasti defektu do nepostížených částí zorného pole. Pohybuje-li se stimulus příliš rychle a pacient nestačí včas reagovat, může být výsledkem falešné zúžení zorného pole. Pohybuje-li se stimulus naopak příliš pomalu, trvá vyšetření dlouho, pacient se unaví a ztratí koncentraci. Rychlost pohybujících se stimulů by tedy měla být pokud možno konstantní, uzpůsobená reakční rychlosti pacienta, tedy době mezi registrací stimulu a zmáčknutím knoflíku. Podle různých studií by měla úhlová rychlost stimulu činit asi 2–5 °/s, což při klasickém manuálním provedení nejde odhadnout. Moderní metoda, která zajistí konstantní úhlovou rychlost i její korekci k reakční době pacienta, se nazývá semiautomatická kinetická perimetrie (kapitola 9).



Obr. 15 Goldmannův perimetr
z roku 1946

Při kinetické perimetrii se stanovují tzv. izoptery, linie spojující místa se stejnou prahovou citlivostí sítnice pro stimulus dané velikosti, jasu a barvy (obr. 16). Izoptery jsou hranicí mezi oblastí, kde pacient daný stimulus vidí a oblastí, kde jej nerozpozná. Stimulus by měl být při vyšetření veden vždy z oblasti vidoucí do oblasti postižené, kolmo k očekávané hranici defektu nebo zorného pole. Zjištění jedné izoptery by mělo být provedeno minimálně na 8, lépe však na 12 místech (meridiánech). Posloupnost testování by měla být náhodná, aby pacient netušil, kde má stimulus očekávat. Každé zorné pole by mělo být vyšetřeno pomocí tří, lépe pak čtyř stimulů různé velikosti a jasu. Měly by být vybrány tak, aby byly výsledné izoptery v zorném poli rovnoměrně rozloženy. Povinností je však vždy použít stimulus IIIe. Kinetickou perimetrii provádíme bez korekce do blízka, přejdeme-li ale k vyšetření centrálních 30°, vždy předsadíme potřebnou korekci do blízka.



Obr. 16 Standardní rozložení izopter pro jednotlivé Goldmannovy stimuly při vyšetření pravého oka zdravé osoby. Římská číslice označuje velikost stimulu, arabské číslo a písmeno vyjadřuje jeho jas.

(zdroj: <http://oculist.net/downatton502/prof/ebook/duanes/pages/v3/v3c049.html>)

Slepá skvrna se nachází mezi 12–18° temporálně od místa fixace, vertikálně sahá 2° nad a 8° pod horizontální meridián. Je tedy zhruba 6° široká a 10° vysoká. Pacient by měl být poučen, že každý člověk má místo, kde nic nevidí, že je slepá skvrna zcela normální. K vymapování slepé skvrny používáme stimulus I4e. Stimulus umístíme do oblasti slepé skvrny a pohybujeme jím opakovaně směrem ven.

Kinetická perimetrie díky rozšíření statické počítačové perimetrie v dnešní době bohužel upadá v zapomnění a mladí lékaři často s kinetickým perimetrem vůbec neumějí pracovat. Přestože si většinou se statickou perimetrií vystačíme, existují diagnózy, u kterých je kinetická perimetrie výhodou. Patří k nim zejména stavy s dobře ohraničenými výpadky zorného pole, jako jsou různá neurologická postižení (hemianopické a kvadrantanopické defekty), výrazně snížená zraková ostrost nebo pokročilé výpadky zorného pole, se kterými se setkáváme třeba u pigmentové retinopatie (retinitis pigmentosa). U glaukomu kinetická perimetrie obecně není vhodná, protože nezachytí drobné poklesy v senzitivitě. Výjimkou jsou pokročilé formy onemocnění s koncentrickým zúžením zorného pole.

9 SEMIAUTOMATICKÁ KINETICKÁ PERIMETRIE

Semiautomatická kinetická perimetrie funguje na perimetru Octopus firmy Haag-Streit. Tato metoda využívá klasickou 90° sférickou kupoli perimetru a kombinuje automatickou statickou a manuální kinetickou perimetrii. Vyšetřující osoba vybere požadovaný stimulus a na interaktivním displeji načrtne tzv. vektor (startovací bod, směr a vzdálenost). Po tomto vektoru pak přístroj sám vybraným stimulem pohybuje konstantní rychlostí. Na začátku vyšetření přístroj zobrazí normální hodnoty izopter korigovaných k věku jako orientaci při začátku testování a sám pak dokáže v průběhu testu kvantifikovat reakční čas pacienta. Používá stejné standardní Goldmannovy stimuly. Pro usnadnění analýzy progresu přístroj také vypočítá plochu uvnitř izopter ve stupních (obr. 17 v barevné příloze).

9.1 Statokinetická disociace (Riddochův fenomén)

Riddoch v roce 1917 pozoroval u pacienta se střelným poraněním týlního laloku, že tento při vyšetření zorného pole registroval v oblasti skotomu pohybující se stimuly, statické stimuly však neviděl. Riddoch přisoudil tomuto fenoménu, který označil jako stato-kinetickou disociaci, topodiagnostický a prognostický význam, což bylo časem poněkud zpochybněno. Existence tohoto jevu však přetrvává a je předmětem diskuzí.

Ideálním přístrojem pro průkaz stato-kinetické disociace je právě semiautomatická kinetická perimetrie, která umožňuje stanovení kinetických prahových hodnot a následně testování statickými stimuly na několika místech podél jednotlivých vektorů. Nejkratší vzdálenost mezi oběma izopterami (pro statické a kinetické stimuly) pak udává pro každý vyšetřovaný bod v zorném poli místní stato-kinetickou disociaci.

10 NOVÉ METODY VYŠETŘENÍ ZORNÉHO POLE

Standardem pro diagnostiku a sledování změn v zorném poli u glaukomu je stále bílá perimetrie. Dnes však již víme, že se defekty zorného pole na standardní bílé perimetrii objeví až při ztrátě velké části (40 %) axonů nervových vláken. Časná detekce defektů zorného pole je přitom důležitým cílem, má-li být glaukom diagnostikován a léčen včas. Proto jsou hledány stále nové perimetrické strategie, které by dokázaly odhalit počínající glaukomové změny v zorném poli co nejdříve. Především pro tento účel byly vyvinuty „nové perimetrické metody“, jejichž přínos a využití v běžné klinické praxi je stále ještě předmětem diskuzí.

Schematicky můžeme proces vidění popsat jako systém, ve kterém tyčinky a čípky předávají zrakové podněty sérii gangliových buněk sítnice. Je známo, že rozdílné populace retinálních gangliových buněk reagují selektivně na specifické zrakové podněty. Asi 80 % gangliových buněk tvoří buňky parvocelulární citlivé na červenou a zelenou barvu a kontrast, 5 % buňky koniocelulární registrující modrožlutou barvu a 15% představují buňky magnocelulární přenášející informace o pohybu.

Většina našich znalostí o změnách v centrální nervové soustavě u glaukomu pochází z experimentů na primátech, jejichž centrální zraková dráha je velmi podobná lidské. Víme, že u glaukomu dochází ke změnám v dráze magnocelulární, parvocelulární a podle nejnovějších studií i v dráze koniocelulární. Jedná se například o změnu v expresi cytoskeletálních proteinů, různých presynaptických molekul a sníženou metabolickou aktivitu buněk. Spolu s poškozením axonů retinálních gangliových buněk dochází také k úbytku magnocelulárních a parvocelulárních přepojovacích neuronů v corpus geniculatum laterale.

Standardní achromatická perimetrie využívá statický, bílý stimulus na bílém pozadí. Takový stimulus neselektivně testuje dvě hlavní skupiny gangliových buněk zrakového nervu – buňky magnocelulární a parvocelulární. Vzhledem k tomu, že v sítnici dochází k velkému překrývání receptivních polí gangliových buněk, test s neselektivním stimulem nemusí být dosta-

tečně senzitivní pro zjištění počínající ztráty gangliových buněk, protože pokrytí určitého místa sítnice zajišťují axony gangliových buněk z různých skupin. Jestliže je poškození velmi lokalizované, standardní automatická perimetrie nemusí defekt zorného pole v počínajících stádiích zjistit.

Studie však ukázaly, že použitím speciálních stimulů testujících konkrétní podskupinu gangliových buněk sítnice jsme schopni detekovat glaukomové změny v ranějších stádiích. Cílem současného výzkumu je proto vyvinout rychlejší metody a způsoby vyhodnocení, které by měly stejnou nebo dokonce lepší diagnostickou přesnost a reprodukovatelnost než standardní achromatická perimetrie, které by pomohly zjistit glaukom v časných stádiích a rozpoznaly by i minimální progresi onemocnění. K doposud vyvinutým moderním metodám vyšetření zorného pole patří:

- modrožlutá perimetrie – testuje koniocelulární buňky
- frequency doubling perimetrie, motion automated perimetrie – testuje magnocelulární systém
- high-pass resolution perimetrie – testuje parvocelulární systém

10.1 Modrožlutá perimetrie (short wave-length automated perimetry, SWAP)

10.1.1 Změny barevného vidění u glaukomu a princip modrožluté perimetrie

Přítomnost tritanopického defektu u pacientů s glaukomem byla prokázána v několika studiích. Rovněž bylo zjištěno, že u pacientů s oční hypertenzí a defekty barvocitu v modrožluté oblasti byla vyšší incidence glaukomových defektů zorného pole do pěti let od prvotního vyšetření ve srovnání s pacienty s oční hypertenzí a normálním barevným viděním.

Barevná perimetrie byla předmětem bádání již mnoho let. Ale až dvoubarevná prahová metoda Stilese z roku 1959 vedla k jejímu rozvoji. Tato metoda vychází z poznatku, že jednotlivé komponenty barevného vidění mohou být izolovány selektivním snížením senzitivity (nebo vlivu) kompetitivních mechanismů.

Modrožlutá (MŽ) perimetrie testuje selektivně citlivost čípků pro modrou oblast za současného potlačení citlivosti ostatních čípkových systémů

adaptací na žluté pozadí. Při MŽ perimetrii používáme modrý stimulus o vlnové délce 440 nm a žluté barvy pozadí docílíme použitím filtru, který propouští vlnové délky nad 500 nm. Čím jasnější je žluté pozadí, tím výraznější je izolace modrých čípků. Standardně ale používáme jas pozadí 100 cd/m^2 (315 asb). Veškeré další aspekty vyšetření se shodují se standardní prahovou automatickou perimetrií.

MŽ perimetrie tedy detekuje postižení v oblasti krátkých vlnových délek, které je zprostředkováno koniocelulárními gangliovými buňkami. Bylo prokázáno, že v časných stádiích glaukomu je změněna právě modrožlutá funkce a že MŽ perimetrie umožňuje odhalení časných glaukomových defektů dříve než standardní bílá perimetrie, protože testuje selektivně funkci podskupiny gangliových buněk.

10.1.2 Modrožlutá versus bílá perimetrie

V literatuře se objevila spousta důkazů, že je MŽ perimetrie v současné době nejcitlivějším indikátorem časného funkčního glaukomového poškození. Umožňuje údajně odhalit defekty zorného pole u pacientů s oční hypertenzí a suspektním glaukomem až o tři roky dříve než bílá perimetrie. U očí s glaukomem MŽ perimetrie navíc zjistí rozsáhlejší poškození než standardní vyšetření zorného pole.

Na druhou stranu má tato metoda i své nedostatky, které limitují její využití v běžné praxi a rezervují ji spíše pro vědecké účely:

1. Zkalení optických médií, nejčastěji katarakta, selektivně absorbuje modré světlo a dochází tak k redukci jeho množství dopadajícího na sítnici. Výsledky vyšetření jsou tímto zkresleny. Ideálně by měla být pro vyšetření modrožlutou perimetrií čočka čirá. Jedině zjištěním propustnosti čočky pro světlo zajistíme oddělení optických a nervových zdrojů ztráty citlivosti v krátkovlnné oblasti spektra. Transparenci čočky lze změřit fluorometrem, což ale není v praxi běžně dostupná metoda.
2. Modrožlutou perimetrii provází ve srovnání se standardní bílou perimetrií výrazná krátkodobá i dlouhodobá fluktuace výsledků, což ztěžuje hodnocení nálezů v zorném poli.
3. Žluté pozadí je dosti jasné a modré stimuly naopak velmi slabé a obtížně viditelné. Vyšetření je tak pro pacienta namáhavější než klasická perimetrie.
4. Vyšetření modrožlutou perimetrií trvá déle než standardní perimetrie.
5. Modrožlutou perimetrii provází výraznější učící efekt.

Přestože tedy je MŽ perimetrie označována některými studiemi za metodu citlivější než standardní achromatická perimetrie, její vlastnosti jako vysoká variabilita, náročnost a závislost na transparentních optických médiích ji z běžného klinického použití nadále spíše vylučují. Širšího využití by se v budoucnosti mohla dočkat snad jen v podobě SWAP SITA, kde je vyšetření oproti prahové strategii výrazně kratší. Studie srovnávající prahovou a SITA verzi MŽ perimetrie prokázaly srovnatelnou senzitivitu obou metod, což dále mluví ve prospěch SITA SWAP.

10.2 Frequency doubling technology perimetry (FDT)

FDT perimetrie testuje selektivně funkci gangliových buněk magnocelulární zrakové dráhy, které registrují podněty o nízkém kontrastu a vysoké časové frekvenci, tedy jinými slovy zajišťují vnímání pohybu. Podle některých prací oslovuje FDT perimetrie tzv. My-buňky (nelineární M-buňky), které tvoří třetinu až polovinu buněk magnocelulární dráhy a u glaukomu odumírají mezi prvními. Při FDT perimetrii je zjišťována prahová citlivost na kontrast pomocí komplexních stimulů, které využívají tzv. frequency-doubling-illusion fenoménu. Ten spočívá v tom, že když u sinusové mřížky sestávající z černých a světlých pruhů o nízké prostorové frekvenci dojde k rychlé výměně pruhů (černé pruhy se změní na bílé a naopak), vzniká dojem, že obrazec má dvakrát tolik světlých a tmavých pruhů, tedy prostorová frekvence je zdánlivě zdvojená (obr. 18). Zrakové podněty spojené s touto iluzí přenášejí pravděpodobně právě nelineární M-buňky.



Obr. 18 Vysoká frekvence (20–30 Hz) střídání tmavých a světlých pruhů zobrazených na prvních dvou čtvercích vyvolá dojem zdvojení, což je patrné v pravé části obrázku. (zdroj: <http://www.cyberounds.com>)

Stimuly u FDT perimetrie tvoří tedy sinusová mřížka o dané prostorové frekvenci, která se s určitou frekvencí mění. FDT zjišťuje kontrast potřebný pro detekci stimulu a výsledek pacienta srovnává s věkem korigovanými hodnotami kontrastní citlivosti v normativní databázi přístroje. Před vyšetřením pacienta instruujeme, aby se díval na černou tečku uprostřed obrazovky a zmáčkl knoflík vždy, když uvidí mřížku.

FDT perimetrie se ukázala být přínosem při detekci výpadků zorného pole způsobených glaukomem i jinými chorobami a měla by být schopna odhalit glaukomové změny zorného pole dříve než standardní bílá perimetrie. Pro její prokazatelný klinický přínos byla vyvinuta další, vylepšená generace přístroje – Humphrey Matrix, který je komerčně dostupný od roku 2005. Výrobce obou přístrojů je firma Zeiss. Jedná se o přenosný přístroj, databáze pacientů i celé menu pro nastavení vyšetření je uloženo přímo v perimetru, takže není nutné zapojení externího počítače (obr. 19).



Obr. 19 Humphrey Matrix (výrobce firma Zeiss, Německo)
(zdroj: www.meditec.zeiss.com)

Stimuly u FDT perimetru první generace tvoří čtvercová sinusová mřížka o průměru 10° a prostorové frekvenci 0,25 c/st, která se mění s frekvencí 25 Hz. Stimuly jsou prezentovány po dobu maximálně 720 ms a jsou během vyšetření nabídnuty na 18 testovaných místech v centrálním zorném poli o rozsahu 20–30° podle zvoleného programu.

Poměrně velké stimuly o průměru 10° u FDT perimetru však poněkud omezují schopnost metody dobře skotomy ohraničit, monitorovat progresi změn a klasifikovat defekty ZP neurologického původu. Druhá generace FDT perimetru, tzv. Humphrey matrix, proto využívá menších a početnějších stimulů. Čtvercové stimuly mají průměr 2° , 5° nebo 10° , jejich prostorová frekvence je ve srovnání s původní verzí vyšší (0,5 c/st) a časová frekvence naopak nižší (12 nebo 18 Hz).

Výhodou FDT perimetrie je určité krátká testovací doba. Na FDT perimetru trvá vyšetření jednoho oka prahovou strategií průměrně 4 minuty.

Potřeba korekce do dálky při vyšetření na FDT perimetru je udávána až od ± 7 Dsf. Bylo zjištěno, že optický defokus až od ± 7 Dsf má efekt na senzitivitu FDT perimetrie. Nicméně zvýšení prostorové frekvence u Humphrey Matrix tuto odolnost k defokusu snížilo, takže výrobce doporučuje korigovat refrakční vadu od $\pm 3,0$ Dsf. Používá se většinou vlastní korekce pacienta.

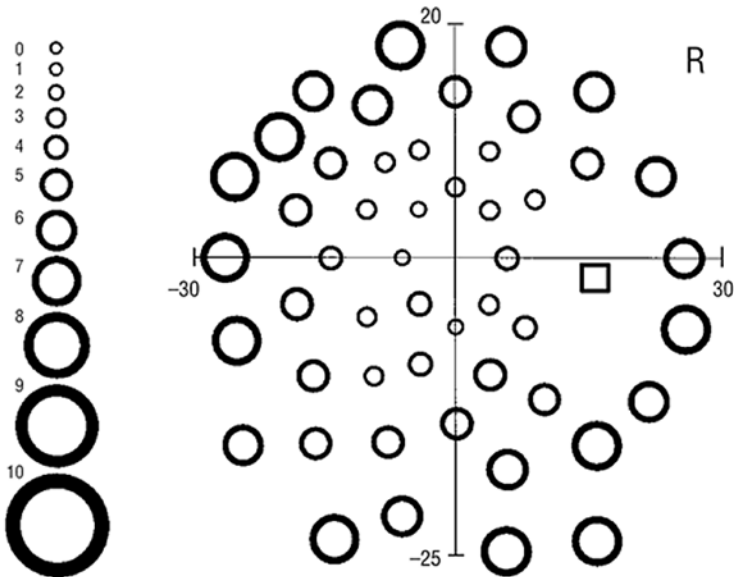
Řada studií prokázala dobrou senzitivitu a specifitu FDT perimetrie při detekci glaukomových změn ZP. Podle některých prací navíc předpokládají funkční změny zjištěné pomocí FDT perimetru budoucí přítomnost a lokalizaci defektů ZP u pacientů se suspektním glaukomem.

Na rozdíl od glaukomu není přínos FDT perimetrie u výpadků ZP neurologického původu zatím jednoznačný. Zejména používání stimulů o průměru 10° zhoršovalo schopnost vymapování defektů, které respektují vertikální meridián. Tento nedostatek byl odstraněn v druhé generaci přístrojů a schopnost klasifikovat výpadky ZP respektující vertikální nebo horizontální meridián by tedy měla být lepší, studií na toto téma je však zatím málo.

Zdá se, že z nových perimetrických metod je na nejlepší cestě k širšímu použití v běžné klinické praxi právě FDT perimetrie pro svou opakovaně vysokou senzitivitu v různých studiích, krátkou vyšetřovací dobu i snadný průběh. Zatím bychom ji však měli chápat jen jako doplňkovou metodu standardní automatické perimetrie, která mezi perimetrickými metodami nadále zůstává zlatým standardem.

10.3 High-pass resolution perimetry (HPRP)

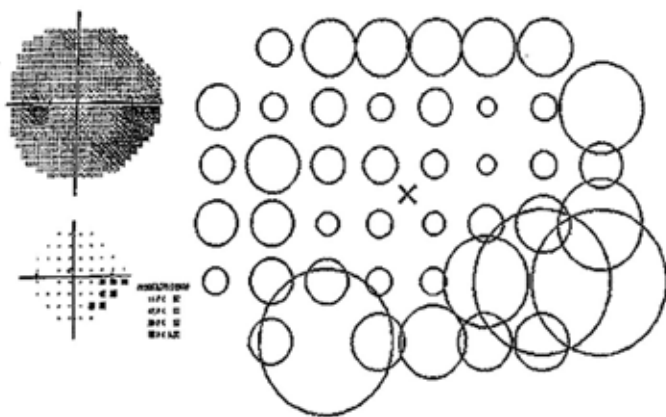
HPRP testuje selektivně parvocelulární systém a využívá jako stimuly prstence o různé velikosti (obr. 20). Na rozdíl od předchozích metod zjišťuje práh rozlišení, tedy schopnost sítnice rozeznat prstence o stále menší velikosti. V oblastech, kde je gangliových buněk hodně, by měla být rozlišovací schopnost velká a měly by být detekovány i malé stimuly. V místech, kde je gangliových buněk méně, jsou rozpoznány pouze stimuly větší. Dojde-li, tak jako u glaukomu, ke ztrátě gangliových buněk, klesne rozlišovací schopnost sítnice. HPRP se zatím věnovalo jen málo studií, které po srovnání se standardní perimetrií přinesly spíše rozporuplné výsledky. Tato metoda dokáže vzhledem k charakteru stimulů jen obtížně zobrazit defekty lineárního charakteru, jako je hemianopsie. Rovněž není možné vymapovat slepou skvrnu nebo malý izolovaný skotom.



Obr. 20 Normální zorné pole (pravé oko) vyšetřené pomocí high-pass resolution perimetrie (zdroj: <http://archophth.jamanetwork.com>; Chauhan BC, House P, McCormick T et al. Comparison of conventional and high-pass resolution perimetry in a prospective study of patients with glaucoma and healthy controls, Arch Ophthalmol. 1999; 117(1): 24–33)

10.4 Motion automated perimetry (MAP)

Informace o pohybu je vedena magnocelulární zrakovou dráhou. U pacientů s glaukomem byly zjištěny defekty ve vnímání pohybu, prodloužení reakčního času a méně přesná lokalizace pohybujících se stimulů. Během vyšetření na MAP pacient verbálně udává vnímaný směr, kterým se stimuly pohybují. U pacientů s glaukomem bylo v různých studiích skutečně prokázáno prodloužení reakčního času a větší prahové hodnoty velikosti pohybujících se stimulů oproti kontrolní skupině zdravých osob. Tyto studie rovněž prokázaly, že se defekty zorného pole na MAP u pacientů s glaukomem nacházely většinou ve stejné lokalizaci jako defekty na standardní perimetrii, takže k postižení systému pro vnímání pohybu a světla dochází pravděpodobně simultánně. Zdá se tedy, že u pacientů s glaukomem se skutečně vyvíjí abnormální percepce pohybu, zvyšuje se chyba v lokalizaci a MAP se jeví jako senzitivní metoda ke zjištění defektů zorného pole u glaukomu (obr. 21). Zhodnocení přínosu této metody bude však vyžadovat ještě další pozorování.



Obr. 21 Konvenční a motion automated perimetrie detekují výpadek zorného pole u pacienta s glaukomem s podobnou přesností (zdroj: <http://webeye.ophth.uiowa.edu>)

10.5 Swedish interactive threshold algorithm (SITA)

Metoda byla popsána v roce 1997 a jejím smyslem a hlavní předností je zkrácení vyšetřovací doby. Využívá pravděpodobnostního modelu prahových hodnot citlivosti sítnice vytvořeného na základě znalostí normálního a glaukomového zorného pole. U každého pacienta se používá stejný model, provede se jen korekce k věku. V průběhu vyšetření je model opakovaně aktualizován a upravován podle odpovědi pacienta. Hodnoty prahové citlivosti v určitém místě jsou použity pro výpočet výchozích parametrů stimulů prezentovaných v sousedním místě. Strategie SITA vykazuje v porovnání se standardní perimetrií stejnou senzitivitu, vyšší střední citlivost v zorném poli, menší variabilitu vyšetření a zkrácení vyšetřovací doby téměř na polovinu. Reprodukovatelnost vyšetření je stejná nebo dokonce vyšší ve srovnání se standardní perimetrií. Skutečnost, že průměrná prahová citlivost sítnice v zorném poli je při vyšetření pomocí SITA obvykle vyšší, vysvětlují autoři metody tím, že kratší vyšetření způsobuje menší únavu, což vede k lepším výsledkům. SITA strategie je součástí perimetru Humphrey od firmy Zeiss a je v praxi běžně používána, zejména u pacientů s glaukomem.

10.6 Pupilární kampimetrie

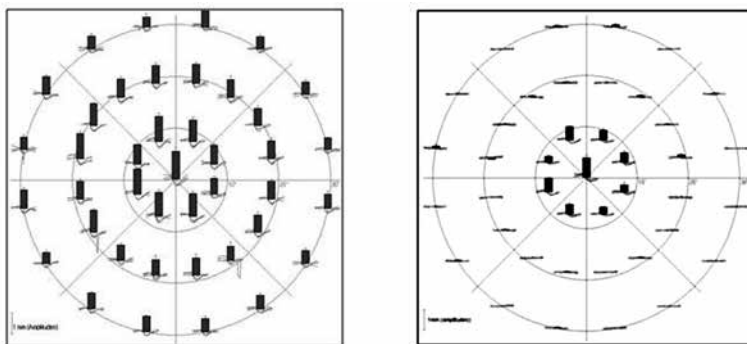
Kampimetrie je označení pro vyšetření zorného pole na tangenciální ploše, tedy nikoli v polokouli. U pupilární kampimetrie vyšetřujeme zorné pole pomocí pupilární reakce na fokální světelné stimuly nabídnuté na různých místech v zorném poli. Pupilografický přístroj sestává z počítače, monitoru a malého displeje pro kontrolu fixace. Vyšetření se provádí za mezopických podmínek. Jako u klasické perimetrie má pacient hlavu položenou na opěrce a fixuje centrální bod. Na obrazovce o konstantním jasu se objevují fokální stimuly z bílého světla o daném jasu, na které zornice reaguje zúžením. Pohyby zornice jsou registrovány infračervenou kamerou. Jednotlivé pupilografické křivky jsou zaznamenány počítačem a po skončení testu vyhodnoceny. Pupilární kampimetrie reprezentuje objektivní vyšetření zorného pole, které je v klinické praxi velmi žádoucí. Bohužel je ale k dispozici pouze na několika pracovištích ve světě. Používá se k posudkovým účelům a také ve výzkumu k objasnění anatomie a patofyziologie pupilárního reflexu.

Studie zabývající se klinickým využitím pupilární kampimetrie prokázaly, že většina onemocnění sítnice a zrakové dráhy způsobuje defekty

pupilárního pole, které odpovídají defektům ZP na standardní perimetrii. Defekty ZP se při pupilární kampimetrii projeví sníženou nebo chybějící reakcí zornice v této oblasti.

Protože je pupilární kampimetrie objektivní metodou vyšetření ZP, nabízí se její využití u pacientů simulujících nebo agravujících změny v ZP. Přínosem by mohla být zejména u pacientů s retrogenikulární lézí zrakové dráhy, kde jiné objektivní známky doprovázející změny zorného pole (RAPD, atrofie optiku) chybí. Ideálním případem pro využití pupilární kampimetrie je předstírané koncentrické zúžení ZP, které je zároveň nejčastějším typem simulovaného funkčního postižení ZP. Zatímco u pacientů s pigmentovou degenerací sítnice je zornicová reakce zachována pouze v rozsahu zbylého ZP kolem centra (obr. 22), bude u simulantů zornicová reakce na všech testovaných místech v zorném poli zcela normální a srovnatelná s výsledkem zdravých osob.

Pupilární kampimetrie představuje objektivní a novou metodu vyšetření zorného pole, která může ještě hodně nabídnout jak v oblasti pupilárního výzkumu, tak v běžné klinické praxi.



Obr. 22 Pupilární kampimetrie u zdravé osoby (vlevo) a u pacienta s pigmentovou degenerací sítnice (vpravo). Výška sloupců udává intenzitu pupilární reakce na testovaném místě v zorném poli, vyšetřováno je centrálních 30° zorného pole.

11 PERIMETRIE U DĚTÍ

Vyšetření zorného pole u dětí může být kvůli únavě, špatné koncentraci a nedostatku porozumění obtížné. Navíc v této věkové skupině nejsou k dispozici studie o rozložení normálních hodnot citlivosti sítnice v zorném poli.

U dětí mladších 5 let přichází v úvahu pouze konfrontační metoda. U dětí starších 5 let můžeme pomocí kinetické perimetrie určit vnější hranice zorného pole. Vyšetření lze provést například na Goldmannově perimetru, protože umožňuje přímé vedení pacienta a udržení jeho pozornosti během testu. Je možné metodu modifikovat. Dítě je instruováno, aby se dívalo na fixační bod, a stimuly se pohybují zvenku dovnitř. Jakmile dítě stimulus uvidí, má za úkol se na něj ihned podívat. Při vyšetřování centrálního zorného pole pomocí slabších stimulů dělají děti v tomto věku ještě často chyby. Alternativou ke standardní kinetické perimetrii je semiautomatická kinetická perimetrie, která zajišťuje konstantní úhlovou rychlost pohybujícího se stimulu.

Upotřebitelný výsledek i v oblasti centrálních izopter je po určitém tréninku kinetickou perimetrií dosažitelný od 7. roku věku. To je také nejnižší věková hranice pro automatickou statickou perimetrii, pokud možno by ale měly být použity programy s co nejkratší testovací dobou. Největším problémem v této věkové skupině je neschopnost rozdělit pozornost mezi fixační bod a excentrický testující stimulus, výsledkem je nízká kontrola fixace a také procento falešně pozitivních odpovědí je vyšší než u dospělých.

Asi od 13 let je možné vyšetřit běžnými strategiemi pro dospělé většinu dětí. Výsledek vyšetření a jeho spolehlivost není u dětí podmíněn jen jejich věkem, nýbrž také jejich zralostí, výdrží a schopností koncentrace. Obecně lze očekávat, že děti se zrakovým postižením budou mít při vyšetření větší potíže než děti zdravé, na toto téma však neexistují žádné exaktní studie.

12 ANATOMIE ZRAKOVÉ DRÁHY

Zraková dráha začíná fotoreceptory (120 miliónů tyčinek a 6 miliónů čípků) v zevní jádrové vrstvě sítnice. Informace z fotoreceptorů je předána bipolárními buňkami ve vnitřní jádrové vrstvě gangliovým buňkám sítnice. Axony gangliových buněk probíhají po vnitřním povrchu sítnice, tvoří vrstvu nervových vláken sítnice a opouští oko ve zrakovém nervu. V chiasma opticum se setkávají s axony gangliových buněk z druhého oka. Vlákná z nazálních polovin sítnic obou očí přechází v chiasma opticum na opačnou stranu, axony z temporálních polovin sítnic se nekříží. Nepřekřížená vlákna temporální a překřížená nazální pak pokračují společně v tractus opticus do corpus geniculatum laterale, kde dochází k přepojení na poslední, čtvrtý neuron zrakové dráhy. Axony těchto neuronů tvoří radiatio optica a končí ve zrakové kůře v okcipitálním laloku (obr. 23 v barevné příloze).

Více než polovina nervových vláken sítnice tvoří tzv. papilomakulární svazek spojující gangliové buňky makuly s temporálním okrajem papily. Zbýlá nervová vlákna přichází ke zrakovému nervu z periferních gangliových buněk sítnice a tvoří oblouk temporálně nahoře a dole a také nazálně od papily. Zrakový nerv obsahuje asi 1,1 milionů axonů nervových vláken. Uspořádání nervových vláken ve zrakovém nervu má svá pravidla, například vlákna z papilomakulárního svazku jsou uložena v přední části zrakového nervu vždy laterálně, později se dostávají více axiálně.

Chiasma se nachází nad zadní částí tureckého sedla kosti klínové, ve kterém je uložena hypofýza. Chiasma leží asi 10 mm nad hypofýzou, proto až zvětšení hypofýzy směrem nahoru o více než 10 mm bude mít odpovídající obraz v zorném poli. Nad chiasmatem se nachází třetí mozková komora a po stranách sinus cavernosus – venózní sinus, kterým probíhá arteria carotis interna, tři okohybné nervy, první a druhá větev n. trigeminus (n. ophthalmicus a n. maxillaris) a vlákna sympatiku (obr. 24 v barevné příloze). Vztah chiasmatu k okolním strukturám je velmi významný pro pochopení patologií zrakové dráhy.

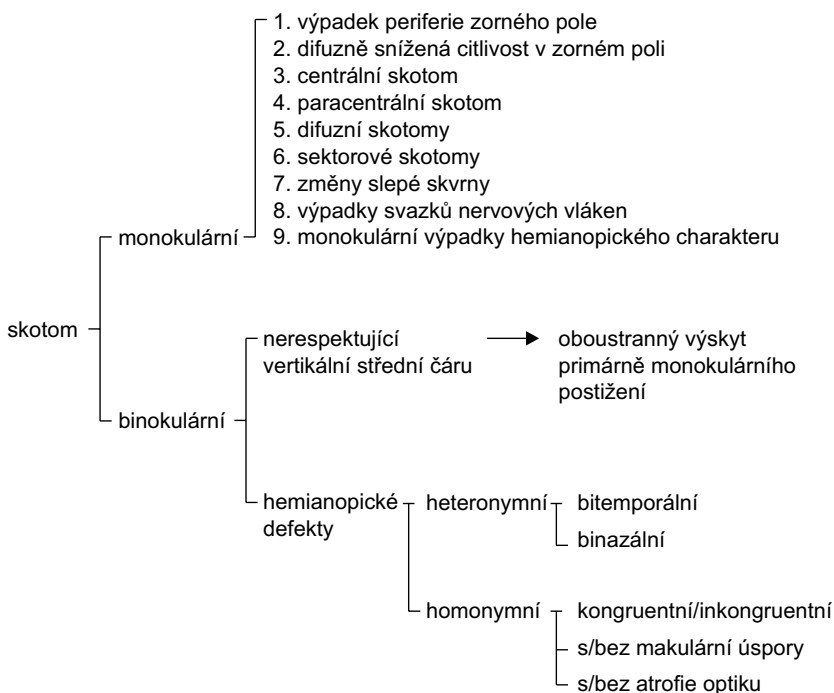
V tractus opticus se setkávají vlákna z temporální poloviny sítnice ipsilaterálního oka s vlákny z nazální poloviny sítnice kontralaterálního oka (tedy z pravých nebo levých polovin sítnic obou očí), poměr křížících a ne-

křížících se vláken je 53:47. Léze tractus opticus mají v zorném poli také typický obraz, v klinice ale nejsou velmi časté. V corpus geniculatum laterale jsou neurony zrakové dráhy uloženy v šesti vrstvách. Z corpus geniculatum laterale vychází radiatio optica (zraková radiace), jejíž horní část probíhá v laloku parietálním a vede impulsy z horních kvadrantů sítnice, dolní polovina v laloku temporálním a vede informace z dolních kvadrantů sítnice.

Zraková kůra (area striata, Brodmannova area 17) leží především na mediální straně okcipitálního laloku při sulcus calcarinus (obr. 25 v barevné příloze). Do horního rtu sulcus calcarinus ústí horní část radiatio optica, do dolního rtu část dolní. V důsledku obrácení obrazu v oku odpovídá horní část radiatio optica a horní část sulcus calcarinus kontralaterálním dolním kvadrantům zorného pole a naopak. Periferie zorného pole je reprezentována v přední části zrakového centra, centrální partie zorného pole zabírají mnohem větší oblast v jeho zadní části. Každá část zorného pole má tedy ve zrakovém centru svou jasnou reprezentaci.

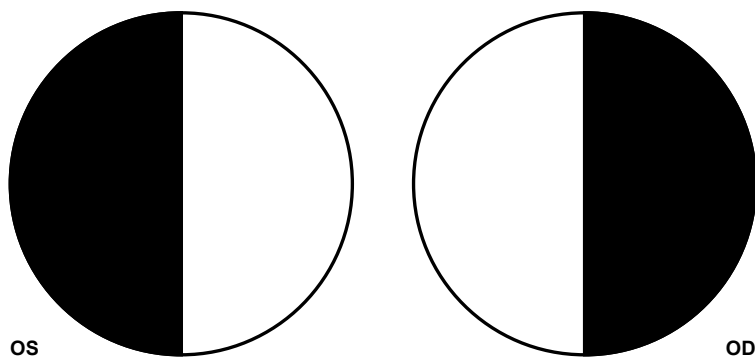
13 ZMĚNY ZORNÉHO POLE U OČNÍCH ONEMOCNĚNÍ

Výpadky zorného pole (skotomy) vznikají postižením zrakové dráhy. Jejich vzhled je pro jednotlivé úseky zrakové dráhy natolik specifický, že umožňuje poměrně přesnou fokální diagnostiku. Výpadky zorného pole lze klasifikovat následovně:



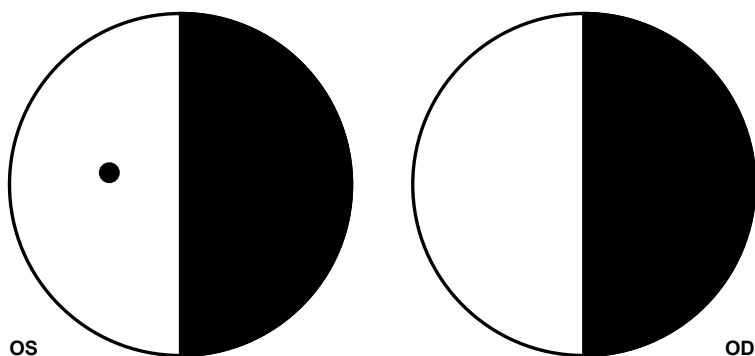
Poškození sítnice nebo zrakového nervu jednoho oka vede k postižení ipsilaterálního zorného pole. Takový výpadek buď nedosahuje vertikální linie, nebo ji naopak překračuje a může mít různé podoby. Koncentrické zúžení zorného pole nacházíme například u pigmentové retinopatie. Typické jednostranné defekty vznikají také u glaukomu.

Při postižení chiasmatu se objeví defekty v zorném poli obou očí. Defekty jsou typické tím, že respektují vertikální střední čáru. Jsou-li omezeny pouze na jeden kvadrant zorného pole, označujeme je jako kvadrantanopsie, postihují-li polovinu zorného pole, jedná se o hemianopsii. Jestliže léze leží uprostřed chiasmatu a jsou poškozena zejména křížící se vlákna z nazálních polovin sítnic obou očí, vznikne tzv. bitemporální hemianopsie (obr. 26).



Obr. 26 Bitemporální hemianopsie

Postižení tractus opticus, corpus geniculatum laterale, radiatio optica nebo zrakového centra se projeví druhostranným výpadem zorného pole. Protože defekty směřují na stejnou stranu, nazýváme je homonymní hemianopsie pravostranná nebo levostranná (obr. 27).



Obr. 27 *Pravostranná homonymní hemianopsie*

13.1 Glaukom

Glaukom je v celosvětovém měřítku druhou nejčastější příčinou slepoty. Je definován jako progresivní, ireverzibilní neuropatie zrakového nervu. U většiny pacientů je spojen s vyšším nitroočním tlakem. Vede k typickým strukturálním změnám na papile a posléze i funkčním změnám v zorném poli. Posouzení zorného pole je proto standardní součástí vyšetření pacienta s glaukomem. Dnes již víme, že se defekty zorného pole na standardní bílé perimetrii objeví až při ztrátě velké části (40 %) axonů nervových vláken. Vyšetření zorného pole tedy nemůže být jediným měřítkem v rozhodovacím procesu, nicméně k diagnostice i sledování pacientů s glaukomem ho s výhodou využíváme.

Glaukom musí být v populaci aktivně vyhledáván. Při pozdě diagnostikovaném glaukomu může být zorné pole již značně poškozené. Centrum zorného pole totiž bývá u pacientů s glaukomem dlouho zachováno, a dokud není postižena centrální zraková ostrost, nemusí si nemocní defekty zorného pole uvědomovat.

Vyšetření zorného pole se u glaukomatika provádí většinou společně se změřením nitroočního tlaku, biomikroskopií, gonioskopií, případně fotografií fundu nebo zobrazovacími metodami analyzujícími zrakový nerv. Je-li vyšetření zorného pole rozhodující pro diagnózu a léčbu, volíme prahové strategie, nejlépe opět rychlé prahové strategie, kdy výsledek nebude tolik ovlivněn únavou pacienta. U glaukomu je spíše výjimkou, že by se změny

v prahové citlivosti objevily nejdříve v periférii zorného pole. Vyšetření zorného pole by se proto mělo soustředit na centrálních 30°.

K vyšetření zorného pole u pacienta s glaukomem v běžné klinické praxi zcela stačí standardní, achromatická, bílá perimetrie. Z nových perimetrických metod se větší senzitivita u glaukomu v minulosti připisovala zejména modrožluté perimetrii, dále FDT perimetrii, HPRP perimetrii a MAP perimetrii. Dlouhodobé studie však ukázaly, že modrožlutá perimetrie není u pacientů s glaukomem tak výhodná, jak se původně zdálo. Její využití v běžné klinické praxi limituje především její větší náročnost, dlouhá testovací doba a výraznější fluktuace, která ztěžuje hodnocení nálezu. Úspěšného rozšíření do praxe se naopak dočkala FDT perimetrie. Její využití podporuje krátká vyšetřovací doba a absence nutnosti korekce do blízka u většiny pacientů.

Charakteristické pro glaukom jsou výpadky typu svazků nervových vláken. Svým tvarem odpovídají průběhu nervových vláken na sítnici (Bjerrumovy skotomy). Temporálně od papily obloukovitě obkružují makulu a setkávají se temporálně od ní v tzv. raphe horizontalis, horizontální linii oddělující horní a dolní polovinu sítnice. Nazálně od papily probíhají nervová vlákna spíše radiálně. Většinou bývá postižena dříve horní nebo dolní polovina zorného pole, takže vzniká tzv. nazální skok, který odráží rozdíl v citlivosti na horizontální linii oddělující horní a dolní polovinu sítnice (obr. 28). Defekty v temporální části zorného pole mají spíše klínovitý charakter. Kritická je u glaukomu také paracentrální oblast.

U glaukomu najdeme jak fokální výpadky zorného pole, tak difuzní pokles senzitivity v celém zorném poli. Čistě difuzní poškození bez lokalizované komponenty je ale spíše výjimkou. Většinou se setkáváme s kombinací obou typů změn v zorném poli. Difuzní snížení citlivosti může imitovat i úzká zornice (terapie miotiky) a zákal optických médií (katarakta).

Bohužel se u glaukomu objevují i nespecifické výpadky zorného pole, které diagnostický proces ztěžují. Proto je nutné posuzovat výsledek perimetrie spolu s dalšími vyšetřovacími metodami. Diferenciálně diagnosticky přichází u výpadků typu svazků nervových vláken do úvahy retinální léze, léze v oblasti papily (přední ischemická neuropatie optiku, drúzová papila), retrobulbární postižení zrakového nervu (retrobulbární neuritida, tumory), refrakční skotomy, artefakty a rušivé vlivy (úzká zornice, zákal optických médií, okraj brýlového skla).

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

Obr. 28 Klasifikace výpadků typu svazků nervových vláken charakteristických pro glaukom dle prof. Aulhornové (Tübingen, Německo)

V počínajících stadiích glaukomu nacházíme zvýšenou fluktuaci nebo variabilitu prahové citlivosti sítnice. Rozlišujeme krátkodobou fluktuaci neboli kolísání citlivosti v průběhu jednoho vyšetření a dlouhodobou fluktuaci, kdy se jedná o kolísání nálezu v delším časovém období. Za hraniční hodnotu normální krátkodobé fluktuace je většinou považována hodnota 2 dB. Kvůli dlouhodobé fluktuaci nelze přikládat přílišnou důležitost jedinému vyšetření zorného pole. Zdůrazňuje se, že teprve při reprodukovatelnosti určitého trendu ve dvou následných vyšetřeních lze považovat progresi nálezu v zorném poli za potvrzenou.

13.2 Postižení zrakového nervu

Typickým perimetrickým obrazem postižení zrakového nervu je centrální skotom. Vyskytuje se například u neuritidy zrakového nervu, různých toxických postižení a u rychlé mechanické komprese zrakového nervu. Centrální skotom může být různě velký a může různě ovlivňovat zrakovou ostrost. Jedná-li se o malé poškození, může být zraková ostrost normální nebo jen lehce snižena a na perimetru může být zachycen jen nevýrazný pokles centrální citlivosti.

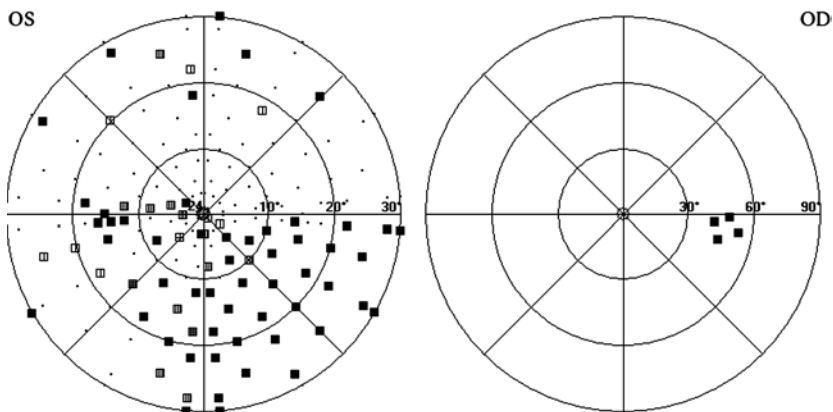
Rychlá mechanická komprese zrakového nervu způsobí výpadek makulopapilárních vláken (a tedy centrální nebo centrocekální skotom), naopak při pomalém útlaku je tomu přesně naopak: makulopapilární svazek „vydrží“ nejdéle, takže je zachována dobrá zraková ostrost, ale periferie zorného pole je postižena.

Neuritida je častým onemocněním zrakového nervu, především pak neuritida v rámci roztroušené sklerózy. Obrazem neuritidy v zorném poli může však být kromě centrálního nebo paracentrální skotomu také arkuátní skotom, rozptýlené defekty v celém zorném poli nebo difuzní pokles senzitivity.

Přední ischemická neuropatie optiku se projevuje náhlým a jednostranným poklesem vidění. Typickým perimetrickým obrazem přední ischemické neuropatie optiku jsou výpadky svazků nervových vláken, častěji v dolní polovině zorného pole (tzv. dolní altitudinální hemianopsie) (obr. 29).

Časná fáze edému papily způsobuje rozšíření slepé skvrny. Tento náález ale většinou nemá větší diagnostický přínos, protože diagnóza je jednoznačně stanovena oftalmoskopicky. Dlouhotrvající městnavá papila, například u idiopatické intrakraniální hypertenze, však povede k rozvoji prosté atrofie optiku s typickými výpadky svazků nervových vláken a může způsobit oslepnutí. U těchto stavů je monitorování pomocí perimetrie vhodné.

Drúzy zrakového nervu rovněž způsobují výpadky svazků nervových vláken, které mohou výjimečně vést až ke koncentrickému zúžení zorného pole. Tyto změny mohou být často obtížně odlišitelné od defektů glaukomových. Proto u pacientů s drúzovou papilou a vyšším nitroočním tlakem je vhodné vždy nasadit antiglaukomovou léčbu, protože nemůžeme zajistit spolehlivé sledování nálezu na papile ani na perimetru.



Obr. 29 Dolní altitudinální hemianopsie na levém oku v důsledku přední ischemické neuropatie optiku

13.3 Onemocnění chiasma opticum

Chiasma bývá nejčastěji postiženo tumory (hypofyzární adenom, kraniofaryngeom, supraselární meningeom), vzácněji aneurysmaty vycházejícími z Willisova arteriálního okruhu nebo hypofyzárním krvácením, zánětlivými procesy (Wegenerova granulomatóza, sclerosis multiplex) nebo traumatem. Jako první bývají postižena křížící se nervová vlákna, což vede k bitemporální hemianopsii. Zpočátku ale mohou být takovéto defekty způsobené infrachiasmatickou lézí omezeny pouze na horní kvadranty. Postižení je navíc často asymetrické s výraznějšími změnami na jednom oku, jinými slovy inkongruentní. Bitemporální defekty se časem mohou zvětšovat a přesáhnout i do nazální poloviny zorného pole. Obecně platí, že způsobuje-li patologie chiasmatu postižení zorného pole, jedná se již o poměrně velkou lézi, která přesahuje vzdálenost mezi hypofýzou a chiasmatem, tedy asi 1 cm (obr. 30 v barevné příloze). Tumory typu mikroadenomu hypofýzy tedy z anatomických důvodů nemohou způsobit změny v zorném poli. Monokulární výpadky zorného pole hemianopického charakteru nebo binazální hemianopsie jsou velmi vzácné. Mohou sice ukazovat na patologický proces v blízkosti chiasmatu, je však třeba vyloučit i možnosti simulace nebo oboustranné nitrooční změny (např. retinoschízu).

Dalším klasickým perimetrickým nálezem z oblasti chiasmatu je junkční skotom, kdy je na jednom oku přítomen centrální skotom a na druhém oku horní temporální kvadrantanopsie. Léze způsobující tento defekt se nachází v pravé nebo levé přední části chiasmatu v oblasti tzv. Wilbrandovy kličky. Centrální skotom se přitom nachází na ipsilaterální straně léze.

13.4 Postižení zrakové dráhy za chiasmatem

Retrochiasmatické postižení zrakové dráhy vede k homonymním hemianopickým defektům, tedy k postižení stejných polovin zorného pole obou očí. Kongruence (podobnost) skotomů na obou očích se zvyšuje směrem ke korovému centru. Postižení zrakové kůry má za následek perfektně se shodující defekty na obou očích.

Léze postihující tractus opticus jsou vzácné a projevují se různými inkongruentními hemianopsiemi. Retinotopie vláken v radiatio optica se zlepšuje a jejich postižení vede ke kongruentní kontralaterální homonymní kvadrantanopsii nebo hemianopsii.

Expanzivní procesy v temporálním laloku (dolní část radiatio optica) mohou mít za následek kontralaterální homonymní horní kvadrantanopsii. Tento typický výpadek zorného pole vzniká při poškození zrakové dráhy v oblasti tzv. Meyerovy kličky. Často má tento skotom klínovitý tvar a nazývá se proto anglicky „pie in the sky“. Patologie v parietálním laloku (poškození horní části radiatio optica) způsobí naopak kontralaterální dolní homonymní kvadrantanopsii. Etiologicky se jedná především o cévní mozkové příhody nebo tumory. Pacienti s afekcemi v parietálním či temporálním laloku navíc často mají různé neurologické symptomy, které mohou pomoci při diagnostickém procesu. Čím se léze nachází blíže ke korovému centru, tím lepší je kongruence skotomů a vyšší pravděpodobnost ušetření makuly (makulární úspora), což má velký význam pro schopnost pacienta číst.

Při každém hemianopickém defektu zorného pole, heteronymním i homonymním, je potřeba vždy vyšetřit také papilu zrakového nervu a zornicové reakce. Bude-li léze pregenikulární, bude výsledkem asymetrická atrofie optiku s výraznější atrofií a relativním aferentním pupilárním defektem na kontralaterálním oku, protože počet křížících se vláken je vyšší. Pakliže se léze nachází retrogenikulárně, atrofie papily nikdy nevznikne a zornicové reakce budou v pořádku.

Obecně platí, že než se prokáže opak, ukazuje každý hemianopický výpadek ZP na chiasmatickou nebo retrochiasmatickou lézi a představuje

neurooftalmologický urgentní případ, který vyžaduje vyšetření zrakové dráhy zobrazovací metodou.

13.5 Zorné pole při onemocnění sítnice

Při diagnostice onemocnění sítnice lékaři spoléhají především na oftalmoskopii. Přesto je důležité mít aspoň základní znalosti o tom, jaké změny v zorném poli choroby sítnice způsobují. Někdy mohou být patologie sítnice diagnostikovány náhodně právě pomocí perimetrie. Často se také v oku kombinuje více patologických stavů, například glaukom a onemocnění sítnice, a je pak důležité umět rozlišit, která choroba změny v zorném poli způsobila. Změny zorného pole vycházející ze sítnice obecně nerespektují horizontální nebo vertikální meridián a lokalizací většinou přímo korespondují se změnami na fundu.

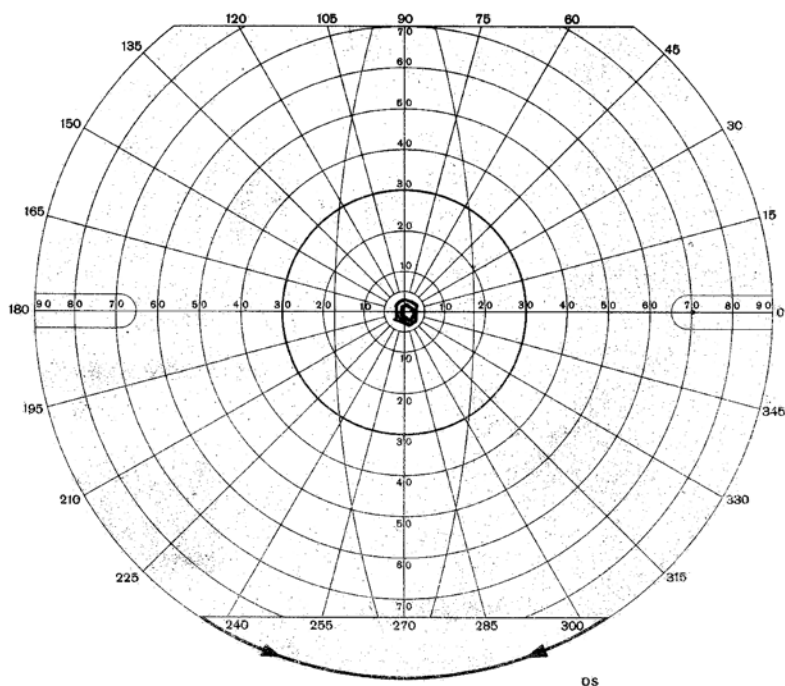
Typickým defektem zorného pole při věkem podmíněné makulární degeneraci je centrální skotom. Může se jednat o nepatrný místní pokles senzitivity v centru zorného pole nebo o rozsáhlý absolutní skotom v pozdních stádiích. Centrální skotom způsobuje například také centrální serózní retinopatie. Zraková ostrost ale bývá při tomto onemocnění jen mírně snížena, takže výsledný defekt zorného pole může být zcela diskrétní a viditelný jen na pravděpodobnostních grafech.

Chorioretinitida způsobuje arkuátní nebo klínovité skotomy, které mohou být chybně označeny za glaukomové. Jsou způsobeny odumřením nervových vláken v zánětem postižené lokalitě. Na rozdíl od glaukomu vykazují tyto defekty při opakovaném vyšetření menší variabilitu. Správná příčina je však oftalmoskopickým vyšetřením většinou odhalena.

Defekty zorného pole u diabetické retinopatie jsou často relativní a multifokální, což dává zornému poli skvrnitý vzhled. Mírný stupeň diabetické retinopatie většinou nezpůsobuje žádné změny na perimetru, změny v zorném poli lze očekávat až v pokročilejších stádiích. Po laserovém ošetření sítnice dochází k poklesu citlivosti v zorném poli. Přes tento často výrazný pokles senzitivity nemají pacienti subjektivně větší potíže a nemá to vliv na jejich každodenní život.

Odchlípení sítnice a retinoschíza sice způsobují výpadky zorného pole, protože se ale většinou nacházejí v periférii, nejsou při běžném vyšetření centrálních 30° zachyceny. Odchlípení sítnice typicky způsobuje relativní defekty, zatímco retinoschíza dobře ohraničené defekty absolutní, protože dochází k oddělení zevního a vnitřního listu sítnice.

Onemocněním sítnice, u kterého má však perimetrie velký význam, je pigmentová retinopatie (retinitis pigmentosa). Typické změny v zorném poli bývají cirkulární, často začínají jako prstencový skotom ve střední periferii, který se pak rozšiřuje k centru i do periferie. U pigmentové retinopatie můžeme zejména v pokročilých stádiích s výhodou použít kinetickou perimetrii (obr. 31).



Obr. 31 Pokročilé koncentrické zúžení zorného pole na levém oku u pacienta s retinitis pigmentosa

Cévní okluze na sítnici jsou opět diagnostikovány především oftalmoskopicky, je ale potřeba mít na paměti (například při sledování pacientů s glaukodem), že i tyto stavy mohou způsobovat změny v zorném poli. Arteriální okluze způsobují skotomy absolutní, u venózních uzávěrů můžeme najít zcela normální zorné pole u větвовé okluze až po hluboký a rozsáhlý defekt zorného pole u okluze kmenové.

LITERATURA

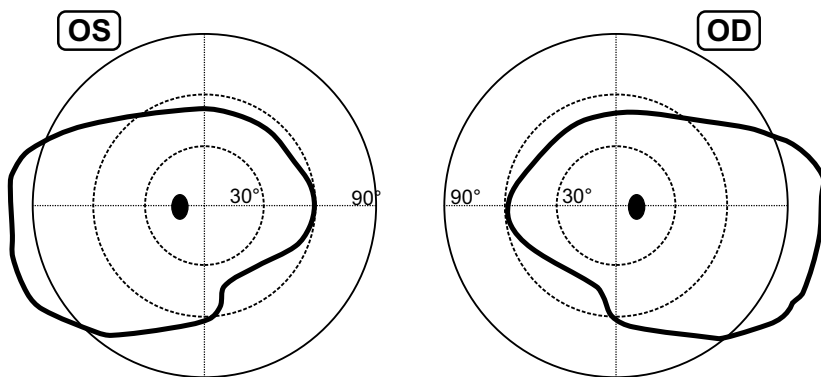
- ANDERSON AJ, JOHNSON CA. Frequency-doubling technology perimetry. *Ophthalmol Clin North Am* 2003; 16: 213–225.
- ANDERSON AJ, JOHNSON CA. Frequency-doubling technology perimetry and optical defocus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 4147–4152.
- AULHORN E, HARMS H. Visual perimetry. In: *Handbook of Sensory Physiology*, ed. Jameson and Hurvich, Berlin: Springer-Verlag 1972, vol. 7, no. 4: 102–145.
- BENGTSSON B, HEIJL A. Comparing significance and magnitude of glaucomatous visual field defects using the SITA and Full Threshold strategies. *Acta Ophthalmol* 1999; 77(2): 143–146.
- BENGTSSON B, OLSSON J, HEIJL A, et al. A new generation of algorithms for computerized threshold perimetry, SITA. *Acta Ophthalmol Scand* 1997; 75: 368–375.
- DRANCE SM, LAKOWSKI R, SCHULZER M, et al. Acquired color vision changes in glaucoma: use of 100-Hue Test and Pickford anomaloscope as predictors of glaucomatous field change. *Arch Ophthalmol* 1981; 99: 829–831.
- FRISEN L. High-pass resolution perimetry: recent developments. In: Heijl A, ed. *Perimetry Update 1988/1989* Berkeley: Kugler & Hedin, 1989; 369–375.
- FRISEN L. High-pass resolution perimetry: a clinical review. *Doc Ophthalmol* 1993; 83: 1–25.
- HEIJL A, LINDGREN A, LINDGREN G. Test-retest variability in glaucomatous visual fields. *Am J Ophthalmol* 1989; 108: 130–135.
- HEIJL A, PATELLA VM. *Essential Perimetry: The Field Analyzer Primer*. Third edition. Carl Zeiss Meditec Inc., 2002. ISBN 0-9721560-0-3.
- JOHNSON CA, ADAMS AJ, CASSON EJ, et al. Progression of early glaucomatous visual field loss as detected by blue-on-yellow and standard white-on-white perimetry. *Arch Ophthalmol* 1993; 111: 651–656.
- JOHNSON CA, ADAMS AJ, CASSON EJ, et al. Blue-on-yellow perimetry can predict the development of glaucomatous visual field loss. *Arch Ophthalmol* 1993; 111: 645–650.
- KARDON RH, KIRKALI PA, THOMPSON HS. Automated pupil perimetry. *Ophthalmology* 1991; 98: 485–496.

- KELTNER JL, JOHNSON CA, SPURR JO, et al. Comparison of central and peripheral visual field properties in the optic neuritis treatment trial. *Am J Ophthalmol* 1999; 128(5): 543–553.
- MADEIROS FA, SAMPLE PA, WEINREB RN. Frequency doubling technology perimetry abnormalities as predictors of glaucomatous visual field loss. *Am J Ophthalmol* 2004; 137: 863–871.
- MILLS RP, BARNEBEY HS, MIGLIAZZO CV, et al. Does saving time using FASTPAC or suprathreshold testing reduce quality of visual fields? *Ophthalmology* 1994; 101: 1596–1603.
- NG M, RACETTE L, PASCUAL JP, et al. Comparing the full threshold and swedish interactive thresholding algorithms for short-wavelength automated perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009; 50: 1726–1733.
- WILD JM, DENGLER-HARLES M, SEARLE AE, et al. The influence of the learning effect on automated perimetry in patients with suspected glaucoma. *Acta Ophthalmol* 1989; 67(5): 537–545.
- RIDDOCH G. Dissociation of visual perceptions due to occipital injuries, with especial reference to appreciation of movement. *Brain* 1917; 40: 15–57.
- SAMPLE PA, BOSWORTH CF, BLUMENTHAL EZ, et al. Visual function-specific perimetry for indirect comparison of different ganglion cell populations in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000; 41: 1783–1790.
- SAMPLE PA, ESTERSON FD, WEINREB RN, et al. The aging lens: in vivo assessment of light absorption in 84 human eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1988; 29: 1306–1311.
- SCHIEFER U, PÄTZOLD J, WABBELS B, DANNHEIM H. Konventionelle Perimetrie. Teil 1: Einführung – Grundbegriffe. *Der Ophthalmologe* 2005; 102: 627–646.
- SCHIEFER U, PÄTZOLD J, WABBELS B, DANNHEIM H. Konventionelle Perimetrie. Teil 4: Statische Perimetrie: Bafundauswertung – Indizes – Verlaufskontrolle – Perimetrie im Kindesalter. *Der Ophthalmologe* 2006; 103: 235–256.
- SCHIEFER U, WILHELM H. Gesichtsfeld-Kompodium. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1995; 206: 206–238.
- SCHMID R, LÜDTKE H, WILHELM B, WILHELM H. Pupil campimetry in patients with visual field loss. *Eur J Neurol* 2005; 12: 602–608.
- SKORKOVSKÁ K. Význam strukturálních vyšetřovacích metod při sledování pacientů s oční hypertenzí. *Cesk Slov Oftalmol* 2007; 63: 335–341, 344–349.

- SKORKOVSKÁ K, WILHELM H, LÜDTKE H, WILHELM B. How sensitive is pupil campimetry in hemifield defects? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009; 247: 947–953.
- SKORKOVSKÁ K, LÜDTKE H, WILHELM H, WILHELM B. Pupil campimetry in patients with retinitis pigmentosa and functional visual field loss. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009; 247: 847–853.
- STILES WS. Color vision: the approach through increment threshold sensitivity. *Proc Natl Acad Sci USA* 1959; 45: 100–114.
- TARAVATI P, WOODWARD KR, KELTNER JL, et al. Sensitivity and specificity of the Humphrey Matrix to detect homonymous hemianopias. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49(3): 924–928.
- WALL M, KETOFF KM. Random dot motion perimetry in patients with glaucoma and in normal subjects. *Am J Ophthalmol* 1995; 120: 587–596.
- WALL M, NEAHRING RK, WOODWARD KR. Sensitivity and specificity of frequency doubling perimetry in neuro-ophthalmic disorders: a comparison with conventional automated perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43: 1277–1283.
- WEIJLAND A, FRANKHAUSER F, BEBIE H, FLAMMER J. Automated Perimetry. Visual field digest, 5th Ed. Haag-Streit International 2004.

KOMPENDIUM ZMĚN V ZORNÉM POLI

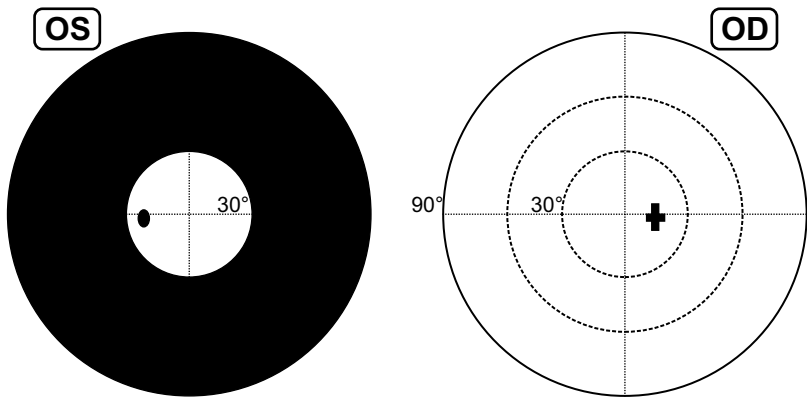
0 NORMÁLNÍ NÁLEZ



Rozsah zorného pole: temporálně $> 90^\circ$
nazálně $= 60^\circ$
nahore $= 50^\circ$
dole $= 60^\circ$

1 ZMĚNY V PERIFERII ZORNÉHO POLE

1.1 Koncentrické zúžení zorného pole



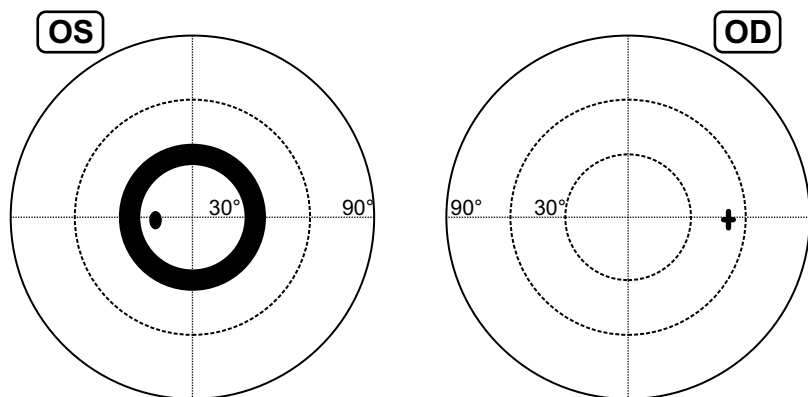
Patogeneze: snížená bdělost, koncentrace, neporozumění testu, simulace
 tapetoretinální degenerace sítnice
 nedostatek vitamínu A
 kompresivní neuropatie optiku
 výpadek svazků nervových vláken (glaukom, drúzová papila)
 bilaterální retrogenikulární léze zrakové dráhy

Diagnostika: rodinná anamnéza (dědičnost, event. molekulární genetika)
 vyšetření fundu (papila, periferie)
 elektrofyziologie (ERG)
 vyšetření adaptace na tmu
 event. simulační testy

- orientace v neznámém prostředí
- perimetrie na Bjerrumově plátně, různý odstup pacienta od vyšetřovací tabule (průkaz tzv. tunelového vidění)
- křížení izopter, spirálovitý tvar izopter

event. další diagnostika (CT, MR při podezření na kompresi optiku nebo retrogenikulární lézi), laboratoř (vitamin A, hormony štítné žlázy...)

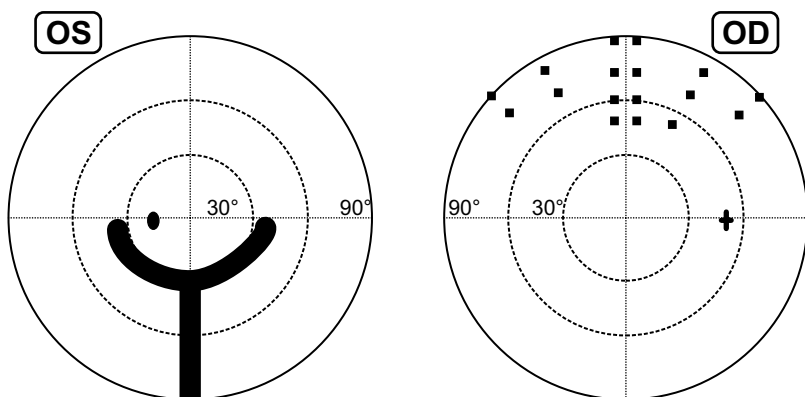
1.2 Prstencový skotom



Patogeneze: tapetoretinální degenerace
 artefakt (okraj brýlového nosiče nebo skla)

Diagnostika: přezkoušet centraci korekčních skel...
 jinak 1.1

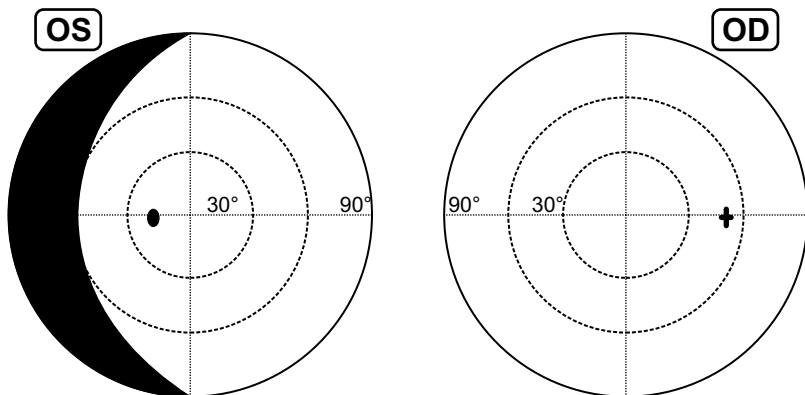
1.3 Artefakty



Patogeneze: ptóza, dermatochaláza, orbitální okraj, nos, okraj brýlového nosiče nebo skla, decentrace, únava pacienta

Diagnostika: kontrola pacienta během perimetrického vyšetření, dostatečné pauzy během vyšetření

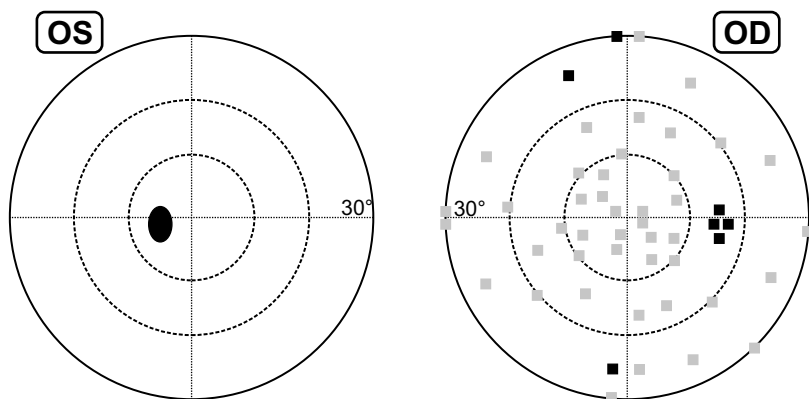
1.4 Výpadek temporálního srpku



Patogeneze: supragenikulární léze (kontralaterálně)
rostrální část sulcus calcarinus (klínovitá špice)
nazální retinoschíza

Diagnostika: zobrazovací metoda (CT, MR, angiografie)
vyšetření fundu se zaměřením na periferii sítnice

2 DIFUZNÍ POKLES SENZITIVITY



Patogeneze: chybná refrakce

- korigovat astigmatismus ≥ 1 Dcyl
- nepoužívat tónovaná skla
- nepoužívat bifokální nebo multifokální brýle
- používat nosič skla s tenkým okrajem a co nejtenčí skla
- správně korigovat presbyopii

zkalení optických médií

snížená bdělost pacienta během vyšetření

terapeutická mióza

psychosomatické postižení

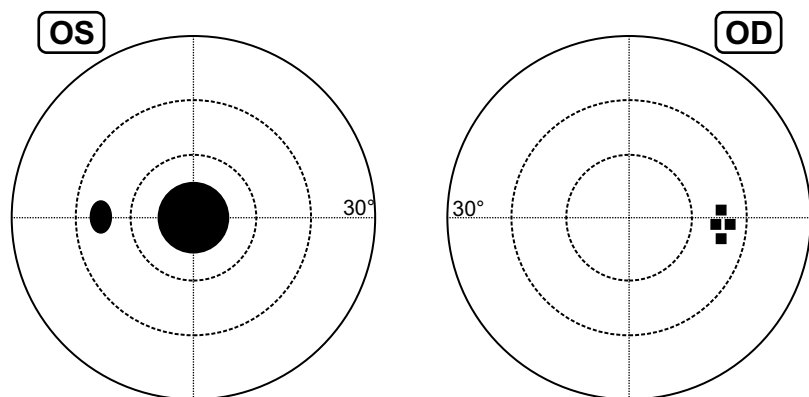
Diagnostika: vyšetření refrakce

vyloučení keratokonu

vyšetření na šterbinové lampě

vyšetření očního pozadí (papila)

3 CENTRÁLNÍ SKOTOM



Patogeneze: centrální sítnicový proces

- makulopatie
- centrální areolární chorioidální dystrofie
- čípková dystrofie
- neuropatie optiku
- retrobulbární neuritida
- toxická nebo nutritivní neuropatie (bilaterální postižení!)
 - tabáková / alkoholová amblyopie
 - toxiny: těžké kovy, tuberkulostatika, kyanidy
 - malnutrice: nedostatek vitaminů, poruchy vstřebávání potravy, alkoholismus
- hereditární neuropatie optiku
 - dominantně dědičná atrofie optiku
 - Leberova hereditární atrofie optiku
- kompresivní / infiltrativní proces
 - endokrinní orbitopatie
 - tumor

Diagnostika: rodinná anamnéza

relativní aferentní pupilární defekt (RAPD)?

barvocit

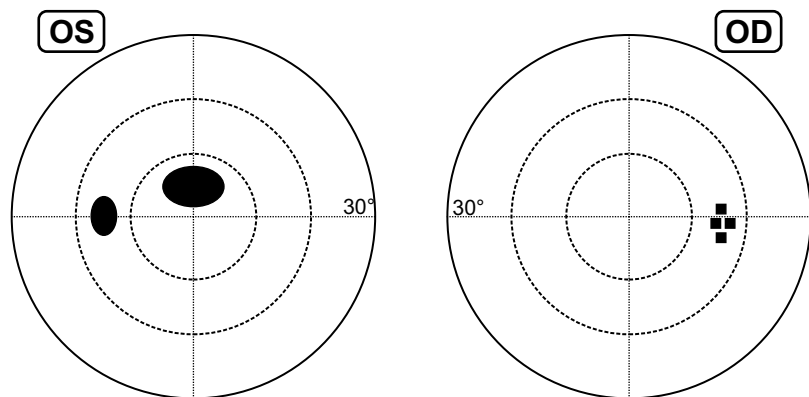
fundus

elektrofyzilogie

fluorescenční angiografie

zobrazovací metody (CT, MR)

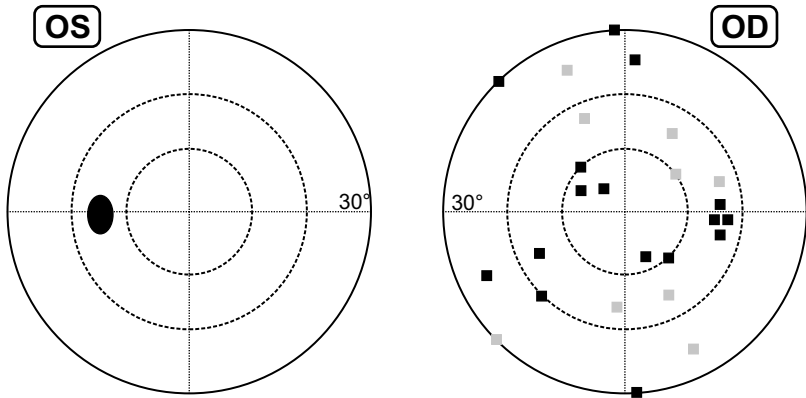
4 PARACENTRÁLNÍ SKOTOM



Patogeneze: paramakulární proces
malý výpadek v průběhu svazků nervových vláken (glaukom,
drúzy terče zrakového nervu)
posunutý centrální skotom

Diagnostika: fundus
RAPD?
zrakové evokované potenciály (VEP)

5 DIFUZNÍ (ROZPTÝLENÉ) SKOTOMY



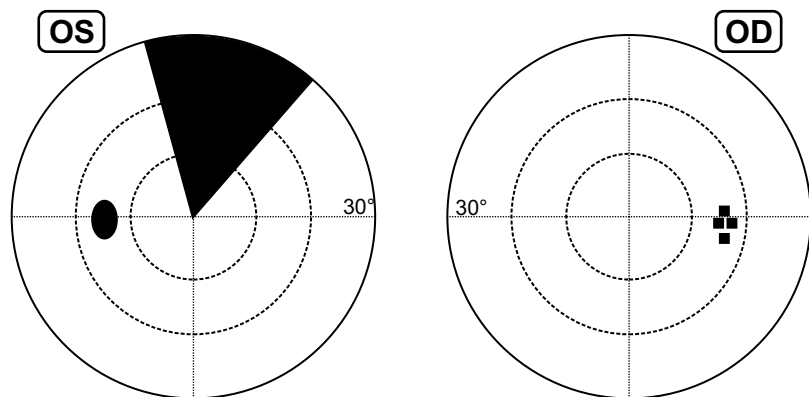
Patogeneze: retrobulbární neuritida
 komprese optiku
 snížená bdělost pacienta
 glaukom
 psychosomatické postižení

Diagnostika: RAPD?

barvocit
 fundus
 VEP

zjistit reprodukovatelnost nálezu při krátkodobé kontrole,
 event. teprve potom další diagnostika (zobrazovací metoda,
 laboratoř, fluorescenční angiografie...)

6 SEKTOROVÉ (KLÍNOVITÉ) SKOTOMY



- hrot defektu ukazuje k centru zorného pole

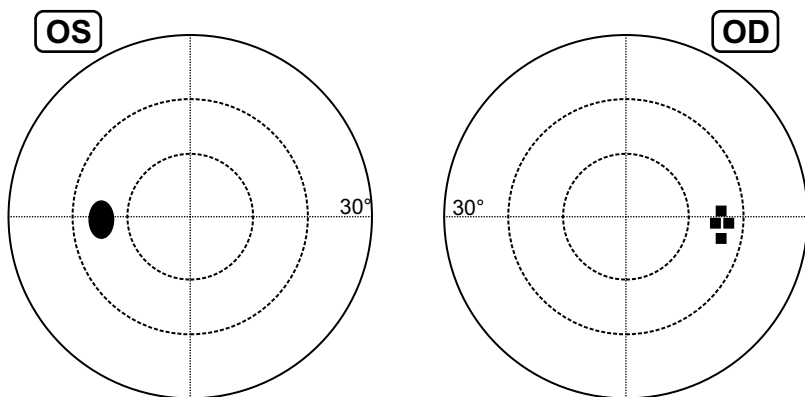
Patogeneze: ischemie cévnatky

Diagnostika: fundus

fluorescenční angiografie (FAG)

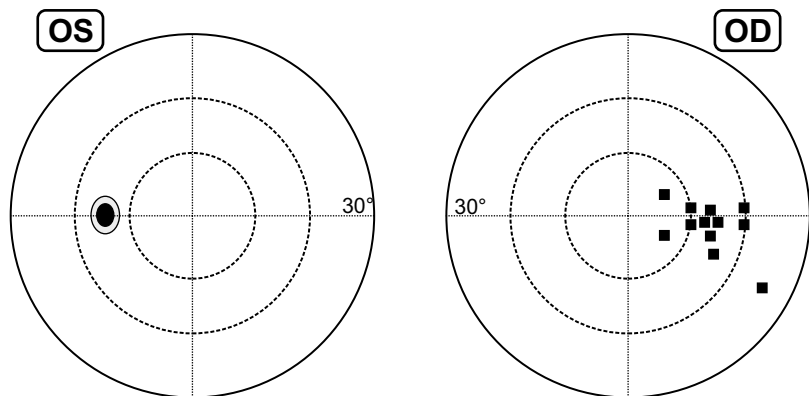
laboratoř (hematologie, kardiovaskulární rizikové faktory)

7 SLEPÁ SKVRNA



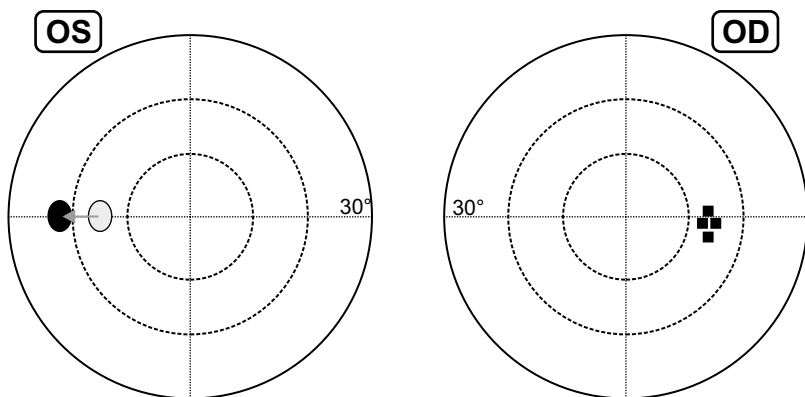
Normální parametry slepé skvrny: excentricita 14° , horizontální průměr 6° , vertikální průměr 10° ,
 2/5 slepé skvrny nad horizontálním meridiánem
 3/5 slepé skvrny pod horizontálním meridiánem

A. změna velikosti



Patogeneze: 1. zvětšení měštnavá papila
 papilární anomálie (drúzová papila)
 papilární kolobom
 peripapilární konus atrofie cévnatky (myopie)
 2. zvětšení anomálie papily (hypoplázie)

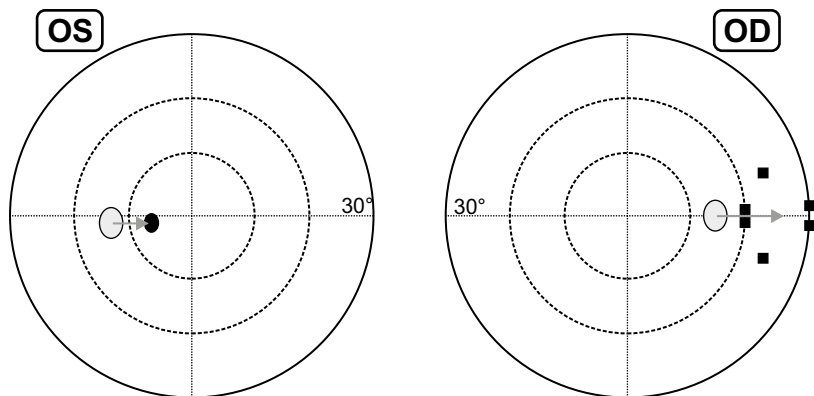
Diagnostika: fundus, fotodokumentace
 vyšetření členů rodiny (anomálie papily jsou dominantně dědičné)
 krevní tlak (fundus hypertonicus!)
 MR/CT
 neurologické vyšetření (lumbální punkce, intrakraniální tlak)
 laboratoř (kardiovaskulární rizikové faktory, serologie, hematologie)

B. přesunutí

Patogeneze: strabismus
 supranukleární porucha motility (např. skew deviation)
 cyklodeviace po paréze n. trochlearis

Diagnostika: fundus
 ortoptický status
 při podezření na supranukleární poruchu motility MR/CT
 se zaměřením na oblast kmene a středního mozku

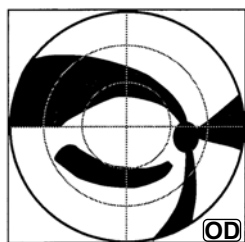
C. změna velikosti i polohy



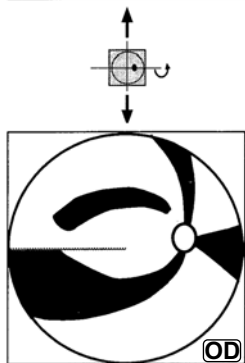
Patogeneze: 1. změna velikosti a posunutí směrem ven = silná myopie
2. změna velikosti a posunutí směrem dovnitř = silná hypermetropie

8 VÝPADKY SVAZKŮ NERVOVÝCH VLÁKEN

Při funkčních změnách v zorném poli typu výpadků svazků nervových vláken lze při oftalmoskopii hledat jejich morfologický korelát na sítnici v podobě změn ve vrstvě nervových vláken. Platí pravidlo, že při přímé oftalmoskopii hledáme změny ve vrstvě nervových vláken v místech, kam se promítají defekty zorného pole, převrátíme-li výtisk perimetru horním okrajem dolů, tedy otočíme-li papír jako list v kalendáři. Vyšetřujeme-li oční pozadí pomocí nepřímé oftalmoskopie, otočíme výtiskem tak, jako bychom otáčeli list v knize. Na místech, kam se promítnou defekty zorného pole, hledáme korelující změny ve vrstvě nervových vláken sítnice.



Nález v zorném poli pravého oka



Očekávaný morfologický korelát na terči zrakového nervu pravého oka při vyšetřování přímou oftalmoskopií



Patogeneze: glaukom

přední ischemická neuropatie optiku (AION)

juxtapapilární chorioretinitida

parciální okluze sítnicové artérie

drúzová papila

chronická měštnavá papila

Diagnostika: anamnéza (náhlý vznik – arteriální uzávěr)

rodinná anamnéza (glaukom...)

RAPD

fundus

- papila
- vrstva nervových vláken
- zánětlivé změny
- sítnicové cévy
- autofluorescence (použití modrého filtru pro detekci drúz)

fotodokumentace fundu (papila, vrstva nervových vláken)

nitrooční tlak

gonioskopie

vyšetření na šterbinové lampě

event. laboratoř (sedimentace, kardiovaskulární rizikové faktory)

event. zobrazovací metoda (ultrazvuk pro detekci drúz, CT/ /MR)

Každá etiologicky nejasná jednostranná nebo oboustranná atrofie optiku vyžaduje došetření pomocí zobrazovací metody (MR/CT).

Platí i pro každý normotenzní glaukom!

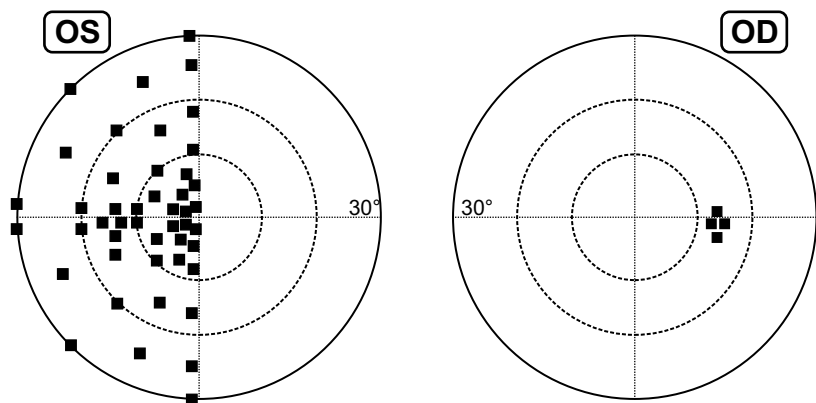
Zvláštní formou výpadku svazku nervových vláken je centroekální skotom = centrální skotom ve spojení se slepou skvrnou a papilomakulárním svazkem. Diagnostika je stejná jako u jiných výpadků svazků nervových vláken.

9 VÝPADKY HEMIANOPICKÉHO CHARAKTERU

Než se prokáže opak, ukazuje každý hemianopický výpadek zorného pole na chiasmatickou nebo retrochiasmatickou lézi a představuje neurooftalmologický urgentní případ, který vyžaduje vyšetření zobrazovací metodou.

MONOKULÁRNÍ

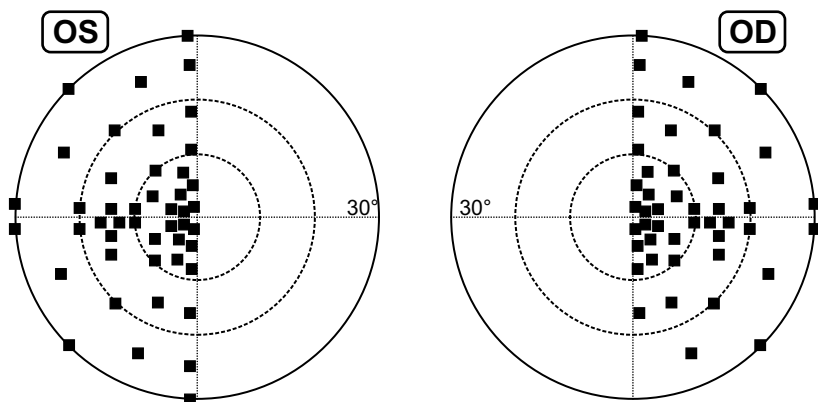
9.1 Monokulární výpadky hemianopického charakteru



Patogeneze: patologický proces v blízkosti chiasma (např. útlak n. opticus po opuštění canalis opticus)
(vzácné)
simulace

BINOKULÁRNÍ

9.2 Bitemporální hemianopsie



Patogeneze: patologie v blízkosti chiasma opticum

- expanzivní proces
 - nejčastěji hypofyzární adenom
- záněty
 - Wegenerova granulomatóza
- cévní proces
 - hypofyzární krvácení (pacient je často ve velmi těžkém stavu a perimetr není možný)
 - cévní malformace
- trauma

refrakční skotom (bitemporální výpadek postihující zejména horní kvadranty, který však nectí vertikální meridian a může zasahovat i do nazálních horních kvadrantů) – viz dále 9.5.

Diagnostika: aferentní pupilární defekt

barvocit

fundus

okulomotorika (postižení sinus cavernosus?)

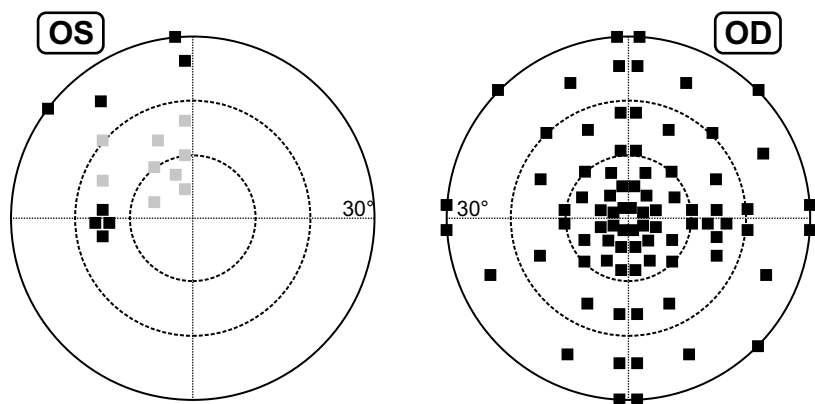
funkce n. trigeminus (postižení sinus cavernosus?)

VEP

CT/MR/angiografie

event. další diagnostika (endokrinologie, laboratoř...)

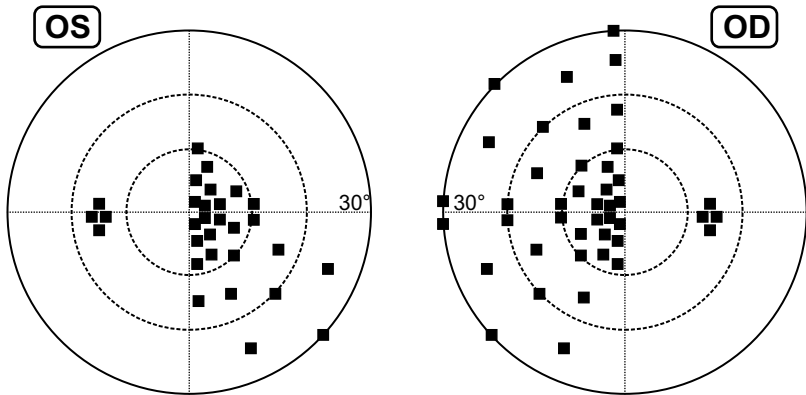
9.3 Anterior junction syndrome (junkční skotom)



Léze způsobující tento defekt postihuje tzv. Wilbrandovu kličku – křížící se vlákna z nasálního dolního retinálního kvadrantu nejdou do traktu přímo, ale za mediální rovinou zahnou dosti hluboko do druhostranného zrakového nervu a teprve pak se obrátí do druhostranného traktu; vzniká tak dopředu konvexní Wilbrandova klička. Na jednom oku je přítomen centrální skotom a na druhém oku horní temporální kvadrantanopsie. Centrální skotom se přitom nachází na ipsilaterální straně léze.

Hemianopický charakter defektu bude patrný jen na zdánlivě (!) zdravém druhém oku. Proto je při nejasné poruše vidění potřeba provést perimetrické vyšetření obou očí!

9.4 Binazální defekty



Jsou vzácné!

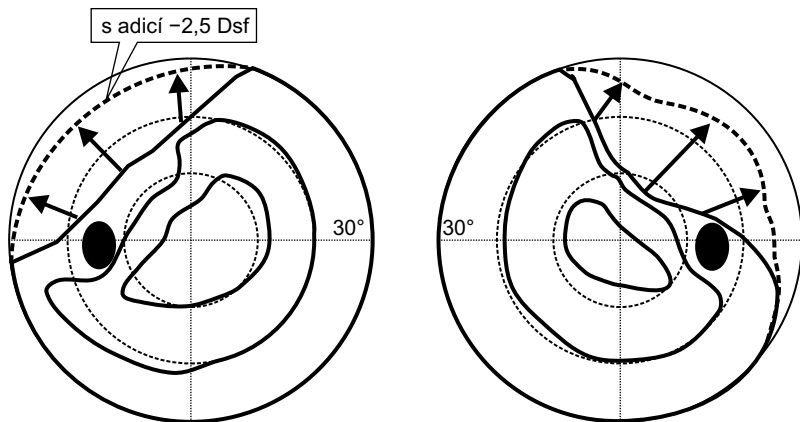
Patogeneze: parachiasmatický proces (např. komprese chiasma z obou stran pro kalcifikace karotid)
 oboustranná měštnavá papila
 simulace

9.5 Refrakční skotom

Předsazením minusového korekčního skla dochází k rozšíření izopter.

Patogeneze: charakteristické myopické změny na fundu

Diagnostika: fundus, zohlednění refrakce pacienta při perimetrii



9.6 Homonymní výpadky zorného pole

Lokalizace léze:

Léze se nachází za chiasmatem, kontralaterálně ke straně hemianopsie
(výpadek horního kvadrantu → dolní část zrakové dráhy → temporální lalok
nebo dolní ret kalkaríny)

(výpadek dolního kvadrantu → horní část zrakové dráhy → parietální lalok
nebo horní ret kalkaríny)

Atrofie zrakového nervu:

pregenikulární léze → asymetrická atrofie optiku větší kontralaterálně ke
straně léze

retrogenikulární léze → žádná atrofie optiku

Zornice:

pregenikulární léze → postižení aference (při lézi tractus opticus bude RAPD přítomno kontralaterálně ke straně léze)

retrogenikulární léze → částečně postižení aference, většinou RAPD chybí

Kongruence výpadků:

Čím blíže je léze ke korovému centru, tím lepší je kongruence (shoda) defektů a větší pravděpodobnost ušetření makuly, což je důležité pro zachování schopnosti číst.

Velikost výpadků:

Čím menší jsou homonymní výpadky, tím blíže ke korovému centru se nachází léze.

Metodika:

Homonymní defekty jsou lépe prokazatelné statickou perimetrií než kinetickou (statokinetická disociace/Riddochův fenomén)

Patogeneze: retrochiasmatická léze

- krvácení, ischemie, cévní malformace, aneurysma
- expanzivní procesy
- záněty
- traumata

Diagnostika: anamnéza

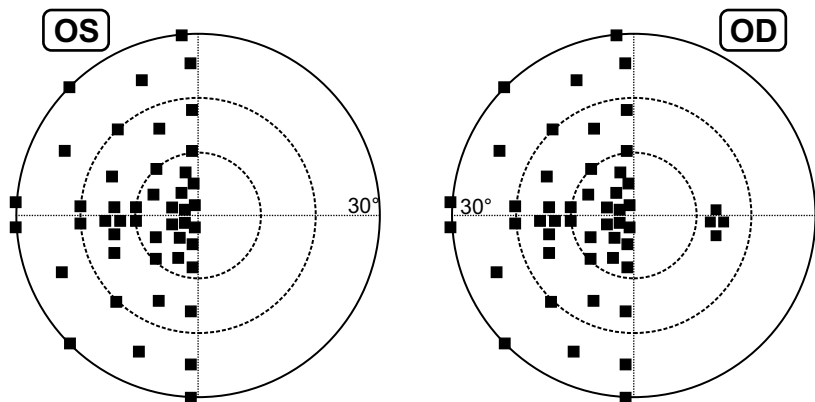
aferentní pupilární defekt

fundus, foto fundu

zobrazovací metoda (MR, CT, angiografie)

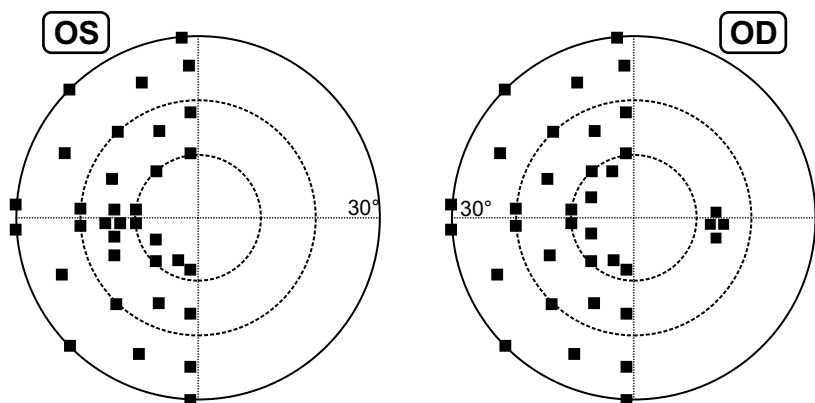
neurologické vyšetření

interní vyšetření (kardiovaskulární a hematologické rizikové faktory, doppler mozkových cév)



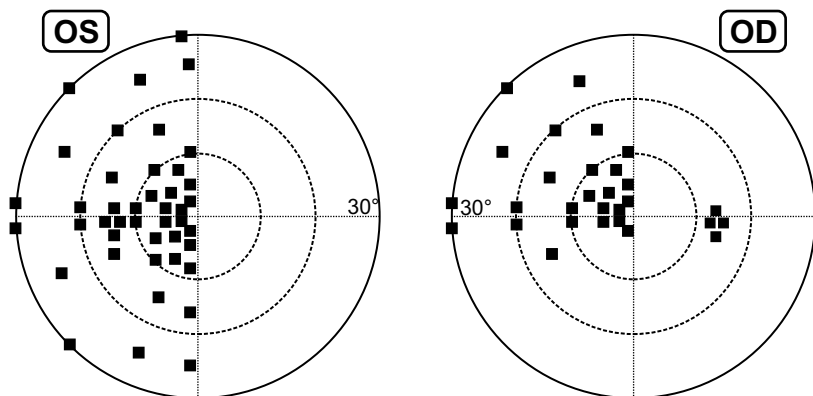
Homonymní levostranná hemianopsie, dobrá kongruence, bez makulární úspory, špatná schopnost číst

Např. traktová léze, rozsáhlá retrogenikulární léze vpravo



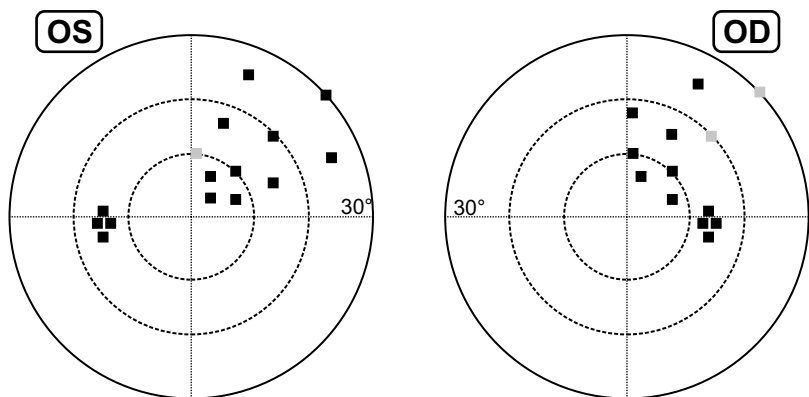
Homonymní levostranná hemianopsie s makulární úsporou, dobrá schopnost číst

Např. retrogenikulární léze vpravo, nejspíše zrakový kortex



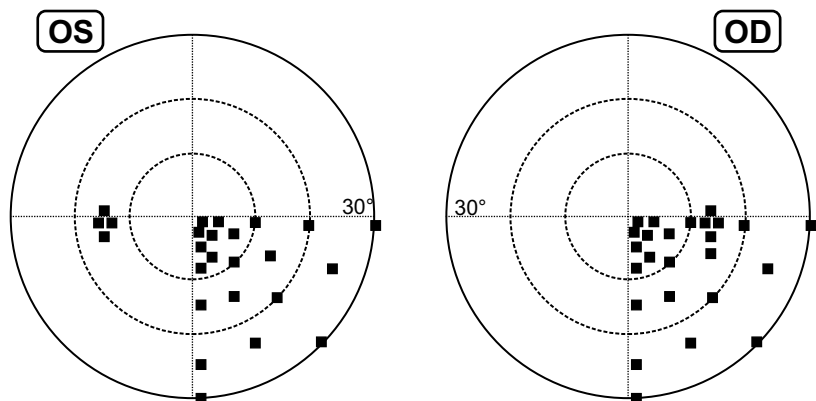
Inkompletní levostranná homonymní hemianopsie, špatná kongruence, bez makulární úspory, špatná schopnost číst

Susp. (retro)chiasmatická léze vpravo, traktová léze vpravo (izolované poškození tractus opticus je ale vzácné!)

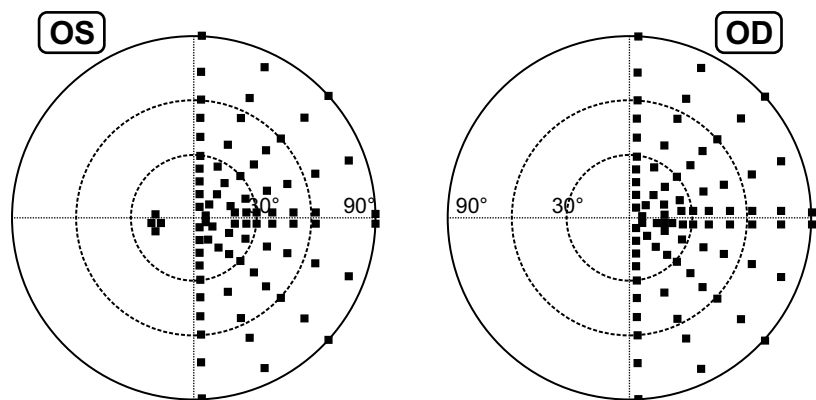


Sektorová horní pravostranná homonymní hemianopsie, střední kongruence, s makulární úsporou, dobrá čtecí schopnost

Suspektní léze temporálně vlevo (poškození kaudální části zrakové dráhy)



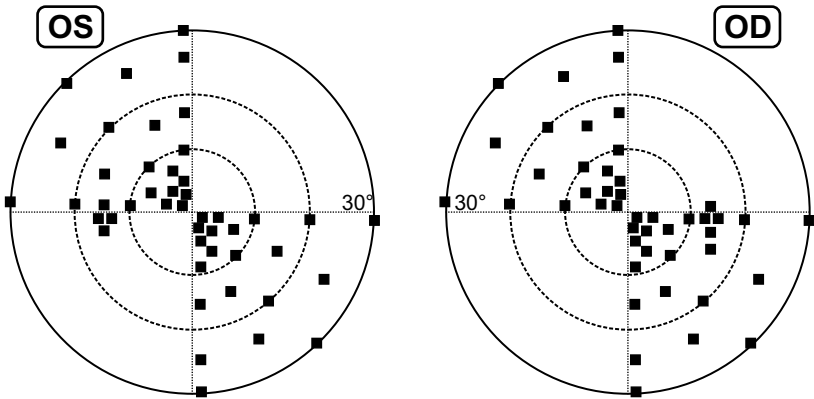
Dolní pravostranná homonymní kvadrantanopsie, dobrá kongruence, bez makulární úspory, špatná schopnost číst
Susp. léze parietálně vlevo (postižení kraniální části zrakové dráhy)



Kompletní pravostranná homonymní hemianopsie, dobrá kongruence, bez makulární úspory, špatná schopnost číst, 90° zorné pole, postižení temporálního srpku

Např. traktová léze vlevo, kompletní léze radiatio optica vlevo, kompletní léze korového centra vlevo – nedává žádné přesné informace k lokalizaci léze.

9.7 Bilaterální homonymní defekty



Oboustranná homonymní kvadrantanopsie („šachovnicový defekt“), dobrá kongruence, bez úspory makuly, špatná schopnost číst – bihemisferická, retrochiasmatická léze

REJSTŘÍK

A

adenom hypofyzární 74, 101
analýza regresní 41
aneurysma 74, 105
atrofie optiku 73, 75, 88, 99, 104

C

corpus geniculatum laterale 55, 66, 67,
69, BP II

D

defekt
– absolutní 12, 14, 24, 32, 76, 77
– binazální 68
– bitemporální 68
– glaukomový 73
– hemianopický 48, 53, 68, 100
– heteronymní 68
– homonymní 68, 105
– kvadrantanopický 53
– relativní 12, 14, 24, 76
degenerace
– makulární 76
– pigmentová viz retinopatie
pigmentová
– tapetoretinální 84
dermatochaláza 43, 85

E

edém papily 73
eye-tracking 23, 39

F

fluktuace 40, 71
– dlouhodobá 37, 57, 72
– krátkodobá 37, 57, 72

G

glaukom 12, 26, 27, 38, 40, 41, 53, 55–63,
69–72, 76, 77, 83, 90, 91, 98

H

hemianopsie 50, 61, 69, 104
– altitudinální 73, 74
– binazální 74
– bitemporální 69, 74, 101
– heteronymní 75
– homonymní 69, 70, 75, 106–108
hypofýza 66, BP II, BP IV

Ch

chiasma opticum 66, 69, 74, 75, 100,
101, 103, 104, BP II, BP IV
chorioretinitida 76, 98

I

izoptera 48, 52, 54, 65, 84, BP I

K

katarakta 30, 35, 43, 57, 71
klička
– Meyerova 75
– Wilbrandova 75, 102
kongruence 68, 75, 105–109
křivka Bebieho 34

kůra zraková (kortex zrakový) 66, 67, 75,
106, 108, BP III

kvadrantanopsie 69, 102

- homonymní 75, 108, 109

M

metoda

- Heijl-Krakauova 23
- screeningová 24

N

nerv zrakový 55, 66, 69, 70, 102, BP II

neuritida zrakového nervu 71, 73, 88, 91

neuropatie optiku 71, 73, 83, 88, 98

O

odchlípení sítnice 27, 76

okluze cévní 77, 98

odpověď

- falešně negativní 38, 39
- falešně pozitivní 38, 39, 46

P

papila

- drúzová 71, 73, 83, 90, 94, 98
- městnavá 73, 94, 103

perimetr Goldmannův 13, 51, 65

psychosomatika 48, 87, 91

ptóza 43–45, 85

R

radiatio optica 66, 67, 69, 75, 108, BP II

retinopatie

- diabetická 76
- pigmentová 64, 69, 77

retinoschíza 27, 74, 76, 86

S

simulace 48, 74, 83, 84, 100, 103

sinus cavernosus 66, 102, BP II

skok nazální 39, 71

skotom

- absolutní viz defekt absolutní
- Bjerrumův 71
- centrální 68, 73, 75, 76, 90, 99, 102
- centroekální 73, 99
- junkční 75
- paracentrální 68, 73
- refrakční 30, 71, 101, 104

skvrna slepá 13, 21, 22, 53, 61, 68, 73,
93, 99

stimulus Goldmannův 17, 18, 21, 22, 27,
52, 53, BP I

strategie

- dvoufázová 24
- nadprahová 23–25, 27
- prahová 23–25, 27, 44, 58, 70
- rychlá prahová 25–27, 70
- třífázová 24

sulcus calcarinus 67, 86

T

tractus opticus 66, 67, 69, 75, 102, 107,
108, BP II

trakt viz tractus opticus

U

úspora makulární 68, 75, 106–109

V

výpadek

- absolutní viz defekt absolutní
- hemianopický viz defekt hemianopický
- homonymní viz defekt homonymní

Z

zúžení koncentrické 48, 53, 64, 69, 73

SOUHRN

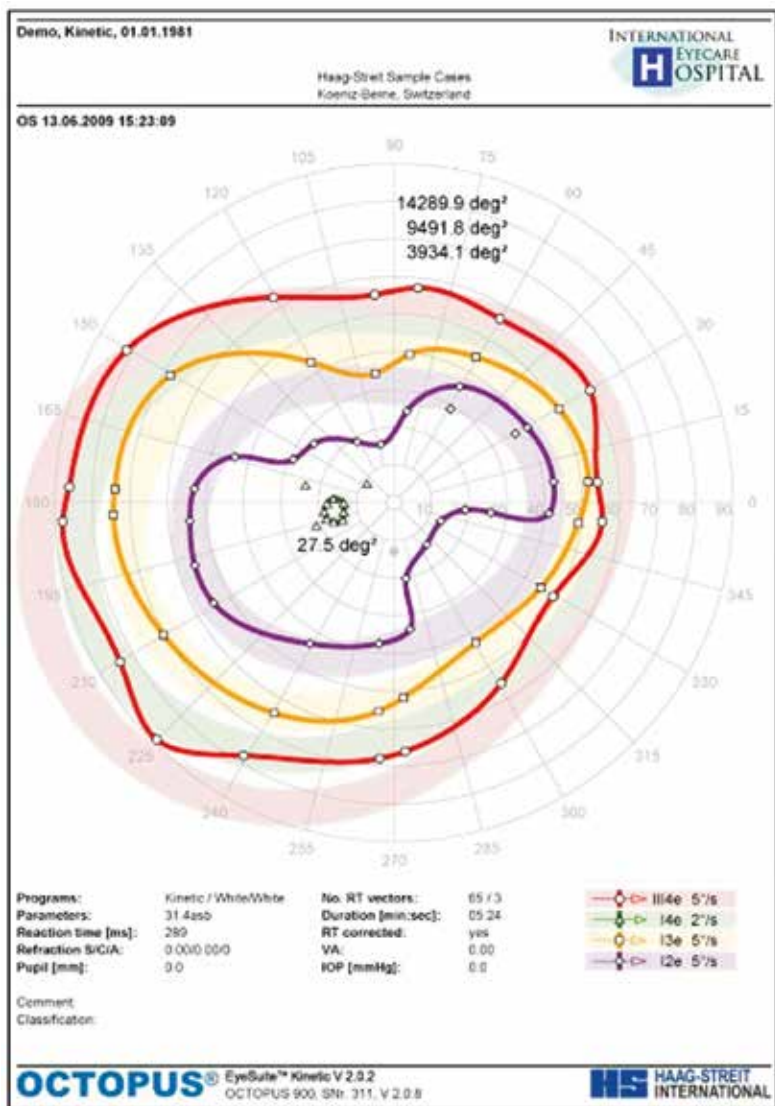
V knize jsou popsány principy perimetrie s důrazem na nejrozšířenější statickou perimetrii. Jsou rozebrány postupy při provádění perimetrie, analýzy změn v zorném poli, informace obsažené na výtisku vyšetření a jejich interpretace. Samostatná kapitola je věnovaná moderním perimetrickým metodám jako je modrozlutá perimetrie určeným zejména pro časnou diagnostiku glaukomu. Další část publikace pojednává o typických nálezech v zorném poli u různých očních onemocnění. Součástí knihy je kompendium, ve kterém jsou defekty zorného pole rozděleny do několika kategorií a pro jednotlivé skupiny uvedena diferenciálně diagnostická rozvaha a indikovaná vyšetření.

Klíčová slova: statická perimetrie, analýza změn v zorném poli, oční onemocnění, defekty zorného pole, glaukom.

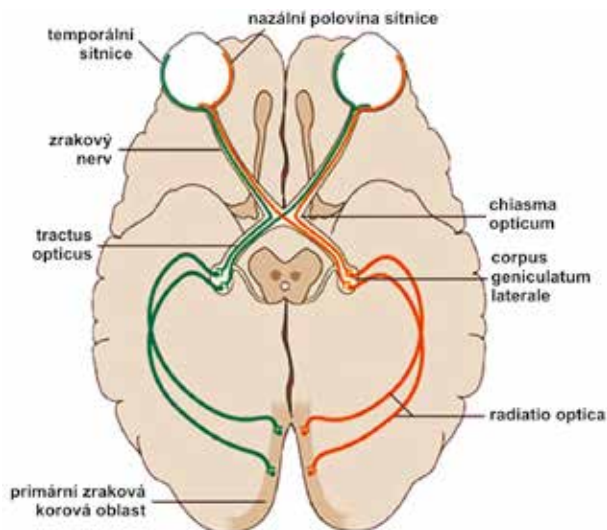
SUMMARY

This book describes the principles of perimetry, emphasizing the most widespread, automated static perimetry. The procedure of performing a visual field test, methods of visual field analysis, and information on the printout with its interpretation are discussed. A separate chapter is devoted to modern perimetry methods such as blue-yellow perimetry, designed especially for early diagnosis of glaucoma. Another part of the book deals with typical visual field changes in various ocular disorders. The book includes an overview of characteristic visual field defects, together with their differential diagnosis and indicated examination methods.

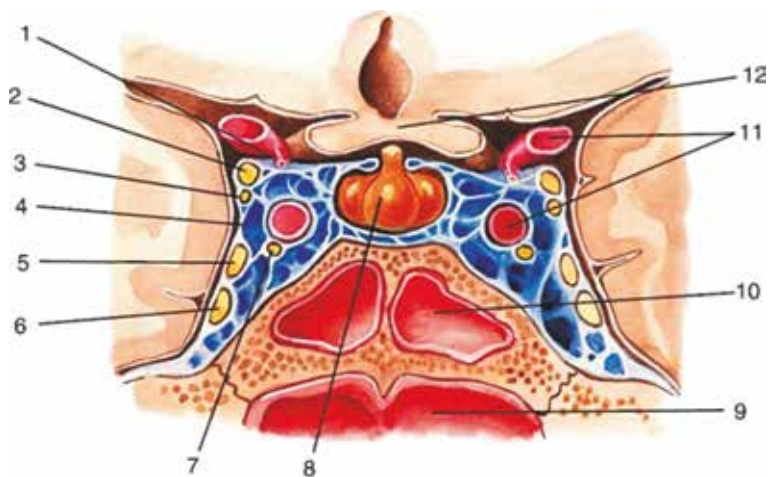
Key words: static perimetry, visual field analysis, ocular disorders, visual field defect, glaucoma.



Obr. 17 Výstup semiautomatické kinetické perimetrie; barevné izoptery stanovují hranici pro Goldmannovy stimuly různých velikostí. Je uvedena také úhlová rychlost pohybujících se stimulů a plocha uvnitř jednotlivých izopter (zdroj: www.haag-streit.com)

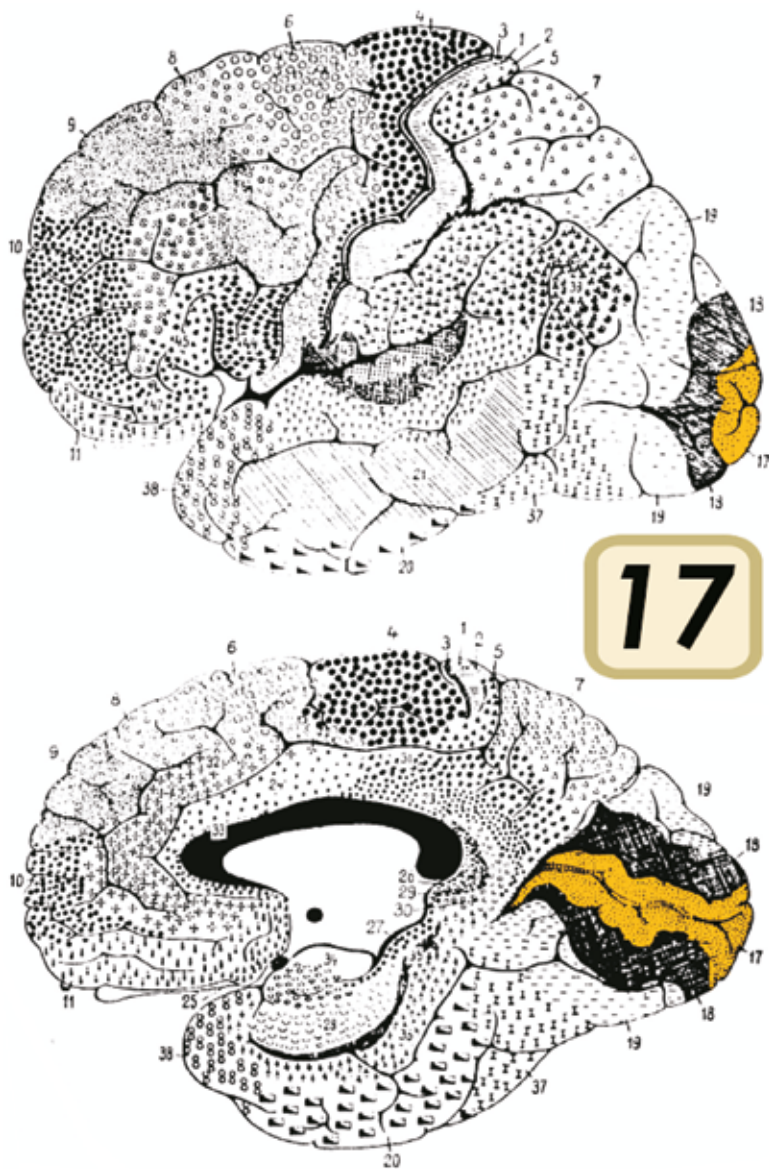


Obr. 23 Schematický nákres zrakové dráhy

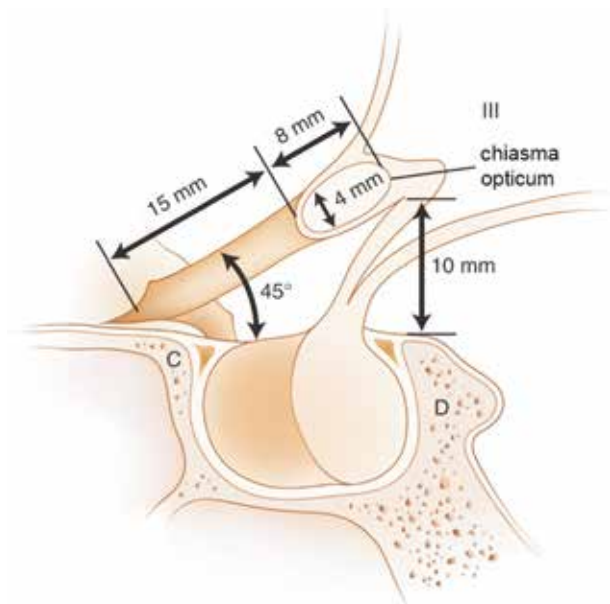


Obr. 24 Chiasma opticum, sinus cavernosus a hypofýza (zdroj: www.vmede.rog)

1 – a. communicans posterior; 2 – n. oculomotorius (n.III); 3 – n. trochlearis (n.IV); 4 – sinus cavernosus; 5 – n. ophthalmicus (n.V); 6 – n. maxillaris (n.V); 7 – n. abducens (n.VI); 8 – hypofýza; 9 – pars nasalis pharyngis; 10 – sinus sphenoidalis; 11 – a. carotis interna; 12 – chiasma opticum



Obr. 25 Boční obrázek mozku (zdroj: www.wikipedia.org). Oblast 17 odpovídá primární zrakové korové oblasti.



Obr. 30 *Prostorový vztah mezi chiasma opticum a hypofýzou*