



**MASARYKOVA UNIVERZITA**  
**LÉKAŘSKÁ FAKULTA**



**Základní principy neurooftalmologie**

Bakalářská práce

**Vedoucí práce:** MUDr. Jana Procházková

**Vypracovala:** Helena Kuželová

**Obor:** Optometrie

Brno, duben 2012

## **Anotace**

Tato práce je orientována na problematiku neurooftalmologie. Při projednání této problematiky je nutné zmínit se o anatomické stránce daného tématu. Anatomický popis jednotlivých úseků zrakové dráhy, a to sítnice, papily a zrakového nervu, chiasma opticum, tractus opticus, corpus geniculatum laterale, radiatio optica a zrakové kůry, stejně tak jako anatomický popis pupilomotorické dráhy a vysvětlení základních pojmů a zákonitostí neurooftalmologických procesů napomáhá vytvořit teoretický základ pro pochopení dané problematiky. Důraz je kladen především na přehled vyšetřovacích metod využívaných během neurooftalmologických vyšetření, na jejich průběh a indikaci.

**Klíčová slova:** neurooftalmologie, zraková dráha, pupilární dráha, porucha zraku, vyšetření, nervový systém

## **Anotation**

This thesis is focused on neuroophthalmology. For discussion is very necessary to mention the anatomical part of the topic. Anatomical description of individual sections of the visual pathway, such as retina and optic nerve, papilla, chiasma opticum, optic tractus, corpus geniculatum lateral, radiatio optica and visual cortex, as well as anatomical description of pupillary reflex pathway and description of basic concepts and precepts of neuroophthalmological processes helps to clarify theoretical basis for understanding the issue. Emphasis is especially put on view of examination methods applied during neuroophthalmological examinations, on their running and indication.

**Key words:** neuroophthalmology, visual pathway, pupillary reflex pathway, visual impairment, examination, nervous system

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, za použití zdrojů uvedených v seznamu literatury a pod odborným dohledem vedoucí práce MUDr. Jany Procházkové.

V Brně, duben 2012

Helena Kuželová

**Poděkování:**

Chtěla bych poděkovat vedoucí práce MUDr. Janě Procházkové za shovívavost, cenné rady a pomoc, které mi poskytovala v průběhu psaní této práce.

**Souhlas:**

Souhlasím, aby má práce byla poskytnuta pro studijní účely a byla zveřejněna ve sborníku prací.

V Brně, duben 2012

Helena Kuželová

## **OBSAH**

ÚVOD .....	9
1 ANATOMIE .....	10
1.1 Anatomie zrakové dráhy .....	10
1.1.1 Sítnice .....	10
1.1.2 Papila a zrakový nerv .....	11
1.1.3 Chiasma opticum .....	12
1.1.4 Tractus opticus .....	12
1.1.5 Corpus geniculatum laterale .....	12
1.1.6 Radiatio optica .....	13
1.1.7 Zraková kůra .....	13
1.1.8 Krevní zásobení zrakové dráhy .....	13
1.2 Anatomie pupilomotorické dráhy .....	15
1.2.1 Aferentní část reflexního oblouku .....	15
1.2.2 Parasympatická eference pro svěrač zornice .....	15
1.2.3 Sympatická eference pro musculus dilatator pupillae .....	15
1.2.4 Dráha pupilární reakce při konvergenci .....	16
1.2.5 Dráha dilatačního reflexu u psychosenzorických podnětů .....	16
2 NEUROOFTALMOLOGICKÁ VYŠETŘENÍ .....	17
2.1 Anamnéza .....	17
2.2 Aspekce oka a okolí .....	18
2.2.1 Poloha oka .....	18
2.2.2 Exoftalmometrie .....	18
2.3 Vyšetření zornic .....	18
2.3.1 Šíře zornice – pupilární statika .....	18
2.3.2 Vyšetření zornicových reakcí- pupilární dynamika .....	19
2.4 Vyšetření očního pozadí .....	19
2.4.1 Přímá oftalmoskopie .....	20
2.4.2 Nepřímá oftalmoskopie .....	21
2.5 Vyšetření zrakových funkcí .....	22
2.5.1 Vyšetření zrakové ostrosti .....	22
2.5.2 Vyšetření kontrastní citlivosti .....	25
2.5.3 Vyšetření zorného pole .....	27

2.5.3.1	Orientační vyšetření .....	28
2.5.3.2	Perimetrie .....	29
2.5.3.3	Kampimetrie .....	30
2.5.4	Vyšetření barvocitu .....	30
2.6	Elektrofyzilogické vyšetřovací metody .....	31
2.6.1	Elektroretinografie .....	31
2.6.2	Elektrookulografie .....	32
2.6.3	Zrakové evokované potenciály .....	32
2.6.4	Elektromyografie .....	33
2.7	Radiologické metody .....	34
2.7.1	Skiografie .....	34
2.7.	Angiografie .....	35
2.7.3	Pneumoencefalografie .....	35
2.7.4	Ventrikulografie .....	36
2.8	Počítačová tomografie .....	36
2.8.1	Patologie očnice.....	36
2.8.2	CT u afekcí papily a zrakového nervu .....	37
2.8.3	CT u vyšetření perisellární oblasti .....	38
2.8.4	CT u afekcí zrakové radiace .....	38
2.9	Magnetická rezonance .....	39
2.9.1	MR orbity .....	39
2.9.2	MR zrakové dráhy .....	39
2.10	Ultrazvuk .....	39
2.11	Fluorescenční angiografie .....	42
2.12	Nové vyšetřovací techniky .....	43
2.12.1	Heidelberský retinální tomograf .....	44
2.12.2	Optická koherentní tomografie .....	44
2.12.3	Analýzátor nervových vláken .....	45
ZÁVĚR	.....	47
SEZNAM OBRÁZKŮ	.....	48
SEZNAM ZKRATEK	.....	49
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	.....	50



## ÚVOD

Lidský zrak je velmi důležitým orgánem. Málokdo si to uvědomuje, ale 80 % poznatků z vnějšího okolí zaznamenává lidský mozek právě prostřednictvím zraku. O jeho důležitosti se často člověk přesvědčí až v momentě, kdy dojde k trvalé nebo i dočasné ztrátě zraku a je odkázán na ostatní smyslové orgány. Ztráta zraku je často zapříčiněna právě poruchami spadajícími do oboru neurooftalmologie.

Neurooftalmologie jako speciální odvětví neurologie se zaměřuje na fyziologii a patologii zrakové dráhy, pupilomotorické dráhy a na oční příznaky neurologických onemocnění.

Oko z embryologického hlediska vzniká z vychlípeniny neuroektodermu a spolu se zrakovou dráhou od sítnice až po korová zraková centra v mozku je tak součástí centrálního nervového systému. Zraková dráha jde celým prostorem lebeční dutiny až k zadnímu pólu mozkových hemisfér a je tak v blízkém kontaktu s ostatními tkáněmi lebky. Z tohoto hlediska se jen zřídka může větší chorobné ložisko vyhnout postižení zrakové dráhy a jakýmkoliv narušením průběhu vznikají specifické mnohdy i patognomické neurooftalmologické příznaky a problémy. Oko je zvláště citlivý sensorický orgán a i sebemenší odchylku od normálu zaregistruje dříve než ostatní systémy.

Vyšetření očního pozadí je zároveň jedinou metodou, jíž lze in vivo přímo sledovat stav centrálního nervového systému. Kromě toho lze sledovat i stav cév, což může napovědět i o tlakových a oběhových poměrech v lebeční dutině i v celém těle. Množství neurooftalmologických vyšetření napomáhá k rychlé a přesné diagnostice poruch zrakového systému, čímž je možno choroby odhalit již v počáteční fázi a zastavit tak progresi nebo chorobu vyléčit a tím zachránit pacientovi zrak.

Tato práce pojednává o základních pojmech, faktech a zákonitostech neurooftalmologie. Především se však specializuje na jednotlivé vyšetřovací metody a jejich využití při diagnostice.

# 1 ANATOMIE

## 1.1 Anatomie zrakové dráhy

Zraková dráha, která spojuje retinální fotoreceptory se zrakovou kůrou v týlním mozkovém laloku, je tříneuronová. Prvním neuronem jsou bipolární buňky, které jsou uloženy i se svými výběžky jen v sítnici (ve vnitřní jádrové a vnitřní plexiformní vrstvě). Druhým neuronem jsou gangliové buňky, jejichž jádra leží rovněž v sítnici (ve vrstvě gangliových buněk) a jejich neurity oko opouštějí a jdou zrakovým nervem, chiasmatem, zrakovým traktem až do primárního zrakového centra v corpus geniculatum laterale v diencefalu. V šesti buněčných vrstvách diencefala začíná třetí neuron. Jeho neurity tvoří zrakovou radiaci či Gratioletův svazek a končí v buňkách korového zrakového centra (area striata, Brodmanova area 17) na mediální ploše týlního laloku v okolí fissura calcarina.

Periferní část zrakové dráhy od sítnice po zevní genikulátum je označována také jako primární zraková dráha a genikulátum jako primární zrakové centrum. Zbytek zrakové dráhy je označován jako centrální úsek [5,11].

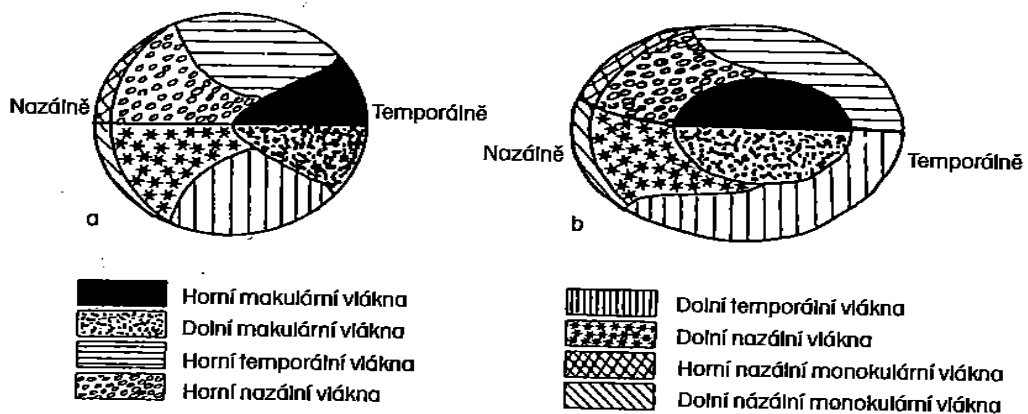
### 1.1.1 Sítnice

Sítnice je průhledná blanka o síle 0,1-0,3 mm, která tvoří vnitřní vrstvu oka. Dělí se na dvě části – optickou (pars optica retinae) a slepou část (pars caeca retinae). Její zadní část - pars optica – obsahuje tyčinky a čípky neboli světločivé buňky. Přední část sítnice – pars caeca – je slepá a pokrývá vnitřní stranu řasnatého tělesa a přechází na duhovku. Obě části jsou od sebe odděleny linií ora serrata. Sítnice je pevně fixovaná pouze v místě ora serrata a okraji papily, jinak je k cévnatce volně přiložena. Embryologicky pochází sítnice z vnitřního listu očního pohárku a obsahuje smyslové receptory a nervové buňky. Úkolem sítnice je přijímat světelné signály z okolí a pomocí biochemických procesů je převádět na elektrické impulzy, které se pak šíří do mozku. Na sítnici je kolem 130 milionů tyčinek a asi 7 milionů čípků. Čípky jsou nahromaděny kolem zadního pólu oka v makulární oblasti (macula lutea – žlutá skvrna), v jejímž středu je sítnice vyhloubena v sítnicovou jamku (fovea a foveola centralis). Fovea je centrem denního (fotopického) vidění.

Periferie slouží nebarevnému nočnímu (skotopickému) vidění, registruje pohyb a změnu intenzity světla. Kromě fotoreceptorů jsou v sítnici horizontální a amakrinní buňky, obojí se podílejí na zpracování signálu [1,5,11,17].

### 1.1.2 Papila a zrakový nerv

Papilou se nazývá okrouhlé místo sítnice na zadním pólu oka, do něhož se sbíhají neurity gangliových buněk z celé sítnice. Tím, jak se vlákna sbíhají, je papila na okraji vyvýšena a směrem do centra se jamkovitě prohlubuje. Papila je bělejší než fundus, ostře ohraničená. Průměr papily je asi 1,5 mm a leží 3 mm nasálně a až 1 mm nahoru od zadního pólu oka. Zrakový nerv (nervus opticus) je traktem bílé mozkové hmoty a obsahuje 1,2 milionu nervových vláken, z nichž celá čtvrtina náleží makulopapilárnímu svazku zajišťujícímu ostré centrální vidění. Začíná na lamina cribiformis sclerae a sahá až do chiasmatu. Za očními je nerv obalen vazivovými pochvami. Celý optikus měří 50 mm a dělí se na intraokulární, orbitální a kanalikulární část. Intraokulární část měří sotva 1 mm, orbitální úsek 25-30 mm, kanalikulární 6-10 mm a intrakraniální část 4-17 mm. V kanalikulárním úseku je optikus fixován ke skeletu, a proto je vystaven většímu riziku kontuzí, trakcí či zhmoždění. Intrakraniální část je už bez pochev a vazivových sept a oba nervy konvergují, aby se setkaly v předním úhlu chiasmatu [1,5,18].



Obrázek č.1 Seřazení nervových vláken v očním nervu [5]  
 a) v předním úseku orbitální části očního nervu  
 b) v zadním úseku orbitální části očního nervu

### **1.1.3 Chiasma opticum**

Chiasma leží nad hypofýzou pod bází mozku. Je to nepárová plochá destička bílé hmoty, která spojuje jako most oba oční nervy a je místem, kde se dráhy zrakových nervů částečně kříží. Na předních rozích do chiasmatu vstupují dva oční nervy a na zadní z něj vystupují dva optické trakty. Mimořádně významné je chiasma jako místo, kde dochází k semidekusaci zrakové dráhy. Vlákná z nasálních retinálních kvadrantů zde přecházejí do druhostranného optického traktu, zatímco vlákna z temporálních kvadrantů zahýbají podle zevního okraje chiasmatu do traktu stejnostranného. Spodinou chiasmatu jdou převážně zkřížená vlákna z nasálních dolních kvadrantů sítnic (v zorném poli odpovídají horním temporálním kvadrantům), podle zevního okraje vlákna z temporálních kvadrantů, a podle zadního okraje zkřížená vlákna makulopapilárního svazku. Pro toto částečné křížení zrakové dráhy a jeho další zvláštnosti patří chiasma v neurooftalmologické diagnostice k stěžejním strukturám. Tato struktura je natolik známá, že se podle typu výpadu zorného pole a jeho vývoje dá soudit místo, druh i příčina léze zrakové dráhy [1,18,19].

### **1.1.4 Tractus opticus**

Optické trakty se prostírají od zadní plochy chiasmatu až ke corpus geniculatum laterale, kde končí neurity gangliových buněk. Širší část traktu se senzorickými vlákny jde ke corpus geniculatum, užší část s vlákny pupilomotorickými jde k pretektálním jádrům v mezencefalu. Traktem jdou společně vlákna ze stejnojmenných polovin sítnice obou očí, pravým traktem jdou vlákna z pravých polovin, levým z levých polovin sítnic obou očí [5,11].

### **1.1.5 Corpus geniculatum laterale**

Corpus geniculatum laterale bývá nazýváno primárním subkortikálním zrakovým centrem a dochází zde k přepojení mezi druhým a třetím neuronem zrakové dráhy. Nachází se v thalamu a má trojúhelníkovitý tvar se šesti koncentrickými vrstvami šedé hmoty, které jsou odděleny vždy lamelou nervových vláken a jsou označeny od centra čísly 1-6. Ve 2., 3., 5. vrstvě končí přímá vlákna ze stejnostranného oka a v 1., 4. a 6. vrstvě končí křížící se vlákna z druhostranného oka tak, že spoje z

korespondujících míst sítnice jsou nad sebou. Směrem nahoru z geniculata vystupují vlákna následujícího Gratioletova svazečku [1,12].

### **1.1.6 Radiatio optica (Gratioletův svazeček)**

Radiace je nejdelším a nejzranitelnějším úsekem zrakové dráhy. Po výstupu z corpus geniculatum laterale procházejí vlákna centrálního neuronu jako kompaktní svazek spolu s pyramidovou a senzitivní dráhou nejprve úzkou štěrbinou vnitřní kapsuly. Potom se vlákna rozvinou do plochy a jdou kolem postranní komory temporálním a parietálním lalokem do laloku okcipitálního. V celém úseku od corpus geniculatum po zrakovou kůru je spojení vláken z korespondujících míst sítnic stále dokonalejší a porucha zorného pole stále izolovanější od ostatní neurologické symptomatologie [3,5].

### **1.1.7 Zraková kůra**

Korové zrakové centrum zaujímá Brodmanovu areu 17, jež se také označuje area striata. Oblast zadního pólu týlního laloku je především oblastí makulární projekce. Od zadního pólu pak pokračuje podle fissura calcarina dopředu k oblastem, jež odpovídají perifernějším partiím sítnice, v nejhlubší části calcariny končí vlákna z nejzazší nasální periferie. Zbývající části okcipitální kůry (area parastriata a area peristriata) slouží integraci zrakových vjemů. V area parastriata je centrum koordinace očních pohybů, v area peristriata dochází k integraci zrakových počitků s ostatními smyslovými, fatickými a mentálními aktivitami [1,8,9,15].

### **1.1.8 Krevní zásobení zrakové dráhy**

Periferní úsek zrakové dráhy je zásobován převážně z karotického řečiště, zraková radiace pak převážně z vertebrobazilárního řečiště, na rozhraní obou úseků se oba cévní systémy prolínají a překrývají. Sítnice je zásobena krví za dvou zdrojů. Tyčinky, čípky a vrstva jejich jader se vyživují z choriokapilaris, ostatní vrstva jsou zásobeny z retinálního řečiště, výjimku tvoří cilioretinální arterie. Arteria centralis retinae je první větví oftalmiky a arteria ophthalmica je první větví vnitřní karotidy. Arteria centralis retinae vstupuje do optiku se stejnojmennou vénou a vyživuje hlavně sítnici. Nitrooční a intrasklerální část zrakového nervu vyživují arteriae ciliares



## **1.2 Anatomie pupilomotorické dráhy**

Šíře zornice je výsledkem interakce kruhového svěrače zornice (m.sphincter pupillae) inervovaného parasympatikem a m. dilatator pupillae inervovaného sympatikem.

### **1.2.1 Aferentní část reflexního oblouku**

Fotoreakce začíná u retinálních fotoreceptorů. Pupilomotoricky neaktivnější je makulární krajina a v retinální periférii jsou nasální kvadranty aktivnější než kvadranty temporální. V chiasmatu se pupilomotorická vlákna kříží stejně jako ostatní vlákna. Před zevním genikulátem vlákna zrakovou dráhu opouštějí a odbočují mediálně. Do area praetectalis vstupují na rozhraní diencefala a mezencefala a kočí v homolaterálním tractus praetectalis. Obě pretektální jádra jsou pak propojeny mezi sebou a Edinger-Westphalovým jádrem. Jeho rostrální část slouží fotoreakci a jeho kaudální část slouží k akomodaci.

### **1.2.2 Parasympatická eference pro svěrač zornice**

Tento úsek reflexního oblouku je dvouneuronový. První neuron spojuje parasympatické jádro n.III. s ciliárním gangliem v očnici a druhý končí u svěrače zornice. Po výstupu z parasympatického jádra Edinger-Westphalova se pupilární vlákna připojují k motorickým vláknům ostatních jader n. III., projdou červeným jádrem a opustí mozkový kmen. Nerv směřuje ke kavernóznímu splavu, jde jím skrz a horní orbitální štěrbinou vstoupí do očnice. Po interpolaci v ciliárním gangliu proniká nerv jako nn. Ciliares breves kolem optiku sklérou a suprachoroideálním prostorem směřuje ke svěrači zornice.

### **1.2.3 Sympatická eference pro musculus dilatator pupillae**

Tato dráha je tříneuronová. První centrální neuron začíná v hypothalamu a jde postranním míšním provazcem k ciliospinálnímu centru. Druhý neuron představují vlákna vycházející z ciliospinálního centra a jdou předními míšními kořeny do ganglion cervicale superius. Třetí neuron vychází z horního krčního ganglia a do očnice jde podle vnitřní krkavice a s první větví trigeminu přes n. nasociliaris a nn.

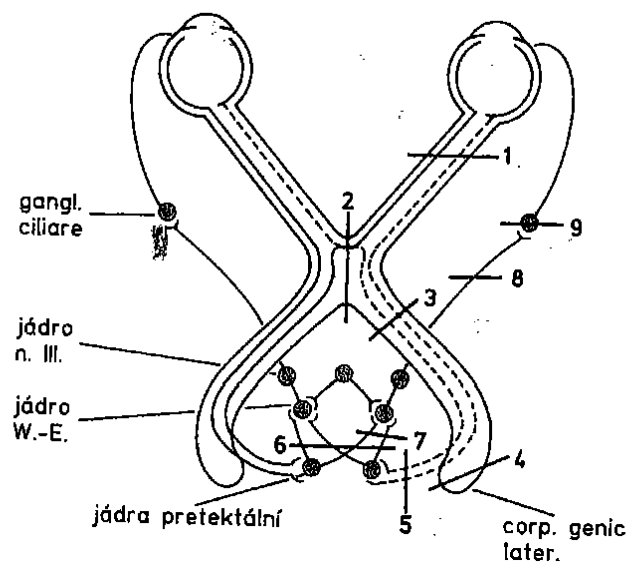
ciliares longi k rozšiřovači zornice. Druhá část jde přes plexus caroticus a cavernosus a do očníce vstupuje horní orbitální štěrbinou. Jako radix sympathica procházejí gangliem a v krátkých ciliárních nervech jdou do bulbu a k duhovce. Sympatická dráha se nikde nekříží a její léze působí vždy jen homolaterální poruchy zornice.

#### 1.2.4 Dráha pupilární reakce při konvergenci

Stah zornice při pohledu na blízký předmět je sdružen s konvergencí a s akomodací. Výchozím podnětem je neostře zobrazení blízkého předmětu na sítnici. Po této informaci jdou z oblastí area parastriata a peristriata do mozkového kmene korekční impulsy ke kaudální části parasympatického jádra n. III. i k okulomotorickým jádrům. Z mozkového kmene jdou pak impulsy k vnitřním přímým svalům, k ciliárnímu svalu a ke svěrači zornice.

#### 1.2.5 Dráha dilatačního reflexu u psychosenzorických podnětů

Psychické, senzitivní a sensorické podněty působí rozšíření zornice. Podněty přicházejí do hypothalamických vegetativních center z mozkové kůry, ze zadních kořenů míšních nervů i přes trigeminus. Z hypothalamu jdou posléze přes mesencefalon a oblongátu do ciliospinálního centra a dále pokračují sympatickou dráhou k rozšiřovači zornice [1,7,12].



Obrázek č. 3 Schéma pupilární dráhy [6]



## 2 NEUROOFTALMOLOGICKÁ VYŠETŘENÍ

Neurooftalmologická vyšetření jsou v rukou oftalmologů zpravidla proto, že vyžadují speciální vybavení a velkou zkušenost v hodnocení nálezů, kterou neurologové často nemají. Orientační vyšetření zrakových funkcí, reakcí zornic a hybnosti oka patří k základnímu vyšetření neurologa. U některých vyšetření naopak oftalmolog potřebuje pomoc neurologa, takže je vítána oboustranná spolupráce.

### 2.1 Anamnéza

Na anamnézu je v neurooftalmologii kladen velký důraz. Přestože může být nejkratší, může být také nejspolehlivější a nejekonomičtější cestou ke správné diagnóze. Důkladná anamnéza tak může ušetřit řadu náročných i nákladných vyšetření. Mezi nejdůležitější informace patří zjištění, proč pacient přichází a co bylo prvním příznakem onemocnění. Kromě osobní a rodinné anamnézy by neměla být opomenuta také anamnéza sociální a pracovní, zvláště pokud hrozí riziko funkcionálních poruch. Pacient zpravidla přichází z důvodu poruchy zraku, bolesti, protože v zrcadle zjistil něco neobvyklého, protože byl k neurooftalmologovi doporučen jiným lékařem.

Anamnéza zrakové poruchy by měla zjistit,

- zda je porucha jednostranná či oboustranná – jednostranná porucha nasvědčuje lézi zrakového nervu, oboustranná lézi vyšších oddílů nebo afekci obou optiků
- zda se jedná o poruchu vidění do dálky, do blízka nebo obojí
- zda jde o poruchu trvalou nebo přechodnou – u přechodné poruchy je důležitá doba trvání afekce
- jak problém vznikl – náhlý vznik ukazuje na oběhové poruchy, postupným vývojem se vyznačuje útlak zrakové dráhy nádory
- je-li porucha stabilní nebo progreduje, případně jak je progrese rychlá
- zda je porucha sdružena s jinými očními nebo mimoočními příznaky

Někdy je třeba ujasnit si s pacientem některé pojmy a upřesnit údaje, aby nedošlo k mylné interpretaci údajů. Přínosný je také podrobnější rozbor příznaků poruchy zraku jako je náhlá ztráta světlocitu, houstnoucí mlha, zatahující se opona, blesky, koncentrické zúžení zorného pole, sektorovité výpady, šeroslepost a další [1,3].

## **2.2 Aspekce oka a okolí**

### **2.2.1 Poloha oka**

Polohou oka rozumíme vztah bulbu k očnici. Za normálních podmínek je takový, že vrchol rohovky leží na myšlené spojnici horního a dolního okraje očnice uprostřed jejich délky. Je-li vrchol před touto spojnicí, jde o exoftalmus či protruzi bulbu, je-li za ní, jde o enoftalmus. Poloha se hodnotí při pohledu ze strany popřípadě přiložením pravítka k okrajům očnice. K posouzení stranového rozdílu se doporučuje, aby při pohledu dolů zvedl vyšetřující pacientovi obě horní víčka a posoudil případný rozdíl. Změny polohy oka v ose vertikální nebo horizontální nazýváme dislokaci bulbu. Míra dislokace se provádí měřením pomocí pravítka od středu nosního kořene k centru zornice obou očí. Tato anomálie bývá způsobena zánětlivými nebo nádorovými změnami okolí očnice [1].

### **2.2.2 Exoftalmometrie**

Dalším kritériem polohy oka je vztah vrcholu rohovky k zevnímu okraji očnice. Zevní okraj očnice leží v průměru asi 17 mm za vrcholem rohovky, ale fyziologické hodnoty kolísají v rozmezí 10-20 mm. Stranový rozdíl pod 2 mm může být způsoben asymetrií nebo přípustnou chybou metody. Exoftalmometrie se měří nejčastěji Hertelovým exoftalmometrem. Je to zrcadlový přístroj, ve kterém se uplatňuje princip vertikálně přesazených a zkřížených dvojic úzkých zrcadel. Exoftalmometr se opře o zevní část očnice pomocí opěrky. Na průsečíku pohledové osy hodnotícího oka, které vnímá současně pozici vrcholu rohovky i údaj na boční milimetrové stupnici, lze situaci vyhodnocovat. Méně známý je Lueddeův exoftalmometr, což je hranolek průhledného plastu opatřený milimetrovou stupnicí, jehož začátek je zúžen pro kontakt se zevním okrajem očnice. Použit lze i speciálně upravené pravítko [1,2].

## **2.3 Vyšetření zornic**

### **2.3.1 Šíře zornice – pupilární statika**

Posuzuje se, zda je zornice okrouhlá, jak je velká a zda jsou obě zornice stejně velké. Normální šíře zornice kolísá podle osvětlení mezi 2 až 5mm. Rozdíl velikosti

mezi zornicemi do 0,3 mm je považován za fyziologický. Je-li tento rozdíl větší, jedná se o anizokorii, která může být způsobena jednostranným drážděním nebo lézí sympatiku či parasympatiku. Spastická mydriáza vzniká iritací sympatiku, naproti tomu spastická mióza vzniká iritací parasympatiku. Paralytická mydriáza nastává při obrně parasympatiku, paralytická mióza obrnou sympatiku [4,7,10].

### **2.3.2 Vyšetření zornicových reakcí – pupilární dynamika**

Přímou fotoreakcí se rozumí zúžení zornice osvětlením téhož oka. Nepřímou tzv. konsenzuální fotoreakcí se rozumí zúžení zornice druhého oka, než které je osvětleno.

Vyšetřuje se v difuzním světle před oknem nebo lampou, nedoporučuje se vyšetřovat kapesní svítilnou. Pacientovi, který se dívá do dálky, se zastíní dlaněmi obě oči a po několika vteřinách se střídavě odkrývá jedno a druhé oko a sleduje se výbavnost, rychlost, rozsah a průběh přímé fotoreakce. Při nepřímé fotoreakci se odkryje jen jedno oko a sleduje se reakce na druhém. Při zkoušce reakce zornice při pohledu do blízka se vyšetřovaný vyzve, aby se z dálky podíval na blízký předmět, nejčastěji na svůj prst a fixoval [1,3,6,7,11].

Amaurotická ztuhlost zornice vzniká přerušáním vláken zrakového nervu (na slepém oku). Při osvětlení slepého oka jsou obě zornice bez reakce, při osvětlení zdravého reagují obě normálně. postižené oko má nevýbavnou přímou, ale zachovalou nepřímou fotoreakci. Amblyopická pupilární reakce vzniká neúplnou lézí zrakového nervu. Stupeň poruchy odpovídá poklesu zrakových funkcí. Hemianopická ztuhlost zornice představuje chybějící pupilární odpověď na osvětlení slepé poloviny sítnice u hemianopsie traktového či chiasmatického původu. Při reflektorické ztuhlosti zornic chybí přímá i nepřímá fotoreakce, ale je zachována reakce při konvergenci. Pupilotonie je pomalý, tonický, v nárazech probíhající stah zornice v reakci na konvergenci, způsobený parasympatickou postganglionární poruchou [3,8,11].

### **2.4 Vyšetření očního pozadí**

Vyšetřením očního pozadí, oftalmoskopií, rozumíme vyšetření sítnice, cévnatky a místa vstupu očního nervu do oka. Terč zrakového nervu, papila, je jedinou částí

CNS, jež je in vivo přístupna přímému vyšetření zrakem a promítají se na něm důležité změny v mozkové tkáni a celém nitrolebním prostoru. Totéž lze říci o retinálních cévách, které jsou obrazem oběhového systému.

Už v roce 1823 Jan Evangelista Purkyně popsal a vysvětlil reflex očního pozadí, na němž je založen oftalmoskop. Objev oftalmoskopu v roce 1851 Hermannem von Helmholtzem nastartoval novou éru oftalmologie. Oční pozadí lze vyšetřit také na štěrbinové lampě pomocí Hrubyho čočky, kontaktní čočky pro oční pozadí, Goldmannovy čočky či prostou předsádkou asférické čočky o síle 78-90 D přidržené před okem [1,3,4].

#### **2.4.1 Přímá oftalmoskopie**

Vlastní pozorování oftalmoskopem se uskutečňuje s malou paralaktickou odchylkou přes okénko s předřazenými korekčními čočkami nad odrazným hranolem, odkud se šíří světelný svazek divergentních paprsků do vyšetřovaného oka. Vzhledem k silnému protkání cévnatky cévními vlasečnicemi pak vnímá pozorovatel odražené světlo v souladu s vytvořenými pozorovacími podmínkami jako tzv. červený reflex. Před pozorující oko je nutné předřadit vhodný optický člen, který dokáže přizpůsobit zobrazovací podmínky parametrům obou zúčastněných očí. Celkové dosažené zvětšení oftalmoskopu je 14-16násobné, pozorovaný obraz očního pozadí je přímý. Toto zvětšení platí pro emetropické oko, u oka myopického je zvětšení větší a u oka hypermetropického menší. Při přímé oftalmoskopii lze zobrazit relativně malou plochu sítnice asi o průměru 2 mm, ale dosažené zvětšení je poměrně značné. Oftalmologické vyšetření ztěžuje špatná spolupráce pacienta, úzká zornice a zákaly optických médií [2,6,7].

Pravé pacientovo oko vyšetřuje lékař svým pravým okem a oftalmoskop drží zpravidla v pravé ruce. Při vyšetření levého oka je vše naopak. Pacient by se neměl dívat do světla přístroje, ale mimo něj do dálky. Pouze v případě, že chce vyšetřující prohlédnout místo nejostřejšího vidění – makulu, měl by se pacient dívat do světla přístroje. Je-li nutné vidět stav očního pozadí až k ekvátoru, musí vyšetřovaný v tomto směru stočit pohled, může být i zapotřebí uměle rozšířit zornici mydriatikem. Samotné vyšetření se děje tak, že vyšetřující vyvolá červený reflex v zornici pacienta a zvolna se přibližuje co nejvíce k bulbu pacienta. V momentě přiblížení k bulbu je

viditelný terč zřetelného nervu. Terč zřetelného nervu, papila, má průměr asi 1,5 mm. Jeho průměr slouží jako míra pro porovnávání vzdáleností na fundu a píše se pd (papilární diametr). Ze středu zřetelného nervu vystupuje arteria a vena centralis retinae, které se hned větví. Asi 2,5 pd temporálně od okraje papily je makula lutea (žlutá skvrna) s centrální jamkou uprostřed.

Při oftalmoskopii lze předřazením čoček různé optické mohutnosti měřit i prominenci či vyhloubení, jimiž se různé retinální útvary odchylují od úrovně zbytku sítnice. Porovnává se korekce potřebná k zaostření na vrchol prominencí s korekcí potřebnou k zaostření na normální úroveň fundu. Rozdíl udává prominenci v dioptriích. 3D odpovídají asi 1 mm prominencí.

Pozornost je dále věnována retinálním cévám a vénám, jejich větvení, průměru a průběhu. Cévy se od vén liší užším průměrem, světle červenou barvou a jasnějším reflexem.

Normální papila je lehce vertikálně oválná, v celém obvodu dobře ohraničená, růžová, v úrovni okolní sítnice. Kromě hlavních cévních kmenů, jež se na papile větví, přesahuje okraj terče ještě 10-12 drobných cév. K fyziologickým variantám patří méně přesný nazální okraj a světlejší temporální část terče. Za normálních podmínek je viditelný z cév jen krevní sloupec, stěna je patrná pouze tehdy, když se v ní ukládají patologické materiály. Tyto změny jsou častější při okraji papily a v místech křížení arterií a vén [1,3,4,6].

#### **2.4.2 Nepřímá oftalmoskopie**

Nepřímá oftalmoskopie je metodou, kterou by se pozorování očního pozadí mělo začínat, abychom si utvořili přehled o stávajících poměrech na sítnici. Tam, kde se objeví podezřelá skutečnost, je pak výhodnější přejít na přímou oftalmoskopii, při které se docílí většího zvětšení a lze tak spolehlivě diagnostikovat patologické nálezy. Nepřímá oftalmoskopie je důležitá u malých dětí a při změnách v optických médiích. Při nepřímé oftalmoskopii je tedy dosahované zvětšení nižší (čtyřnásobné), ale úměrně se zvětší zobrazované pole. Také z hygienických norem je toto vyšetření přijatelnější, protože se oftalmoskopuje ze vzdálenosti zhruba 40-50 cm. Před okem pacienta se navíc drží oftalmoskopická čočka o optické mohutnosti 10-28 D. Výhodnější je technika, kdy má vyšetřující intenzivní světelný zdroj připevněn na čele a před očima

binokulární optický systém, který zajišťuje stereoskopický obraz očního pozadí 1,2,4].



*Obrázek č.4 Fyziologický nález očního pozadí [23]*



*Obrázek č.5 Těžké změny očního pozadí diabetika [22]*

## **2.5 Vyšetření zrakových funkcí**

Zjištění stavu zrakových funkcí, hlavně zrakové ostrosti a zorného pole, je neopomenutelnou součástí každého neurooftalmologického vyšetření. Opakované nálezy bývají důležitým kritériem vývoje choroby. Tyto základní údaje je nutné získat za všech okolností, i u ležících pacientů nebo při ztížené spolupráci pacienta [1].

### **2.5.1 Vyšetření zrakové ostrosti**

Zraková ostrost je schopnost zrakového systému rozeznávat drobné detaily předmětů. Zraková ostrost je závislá na průhlednosti optických médií, na funkčním stavu sítnice, zrakového nervu a zrakové dráhy. Dále na osvětlení optotypů, adaptační

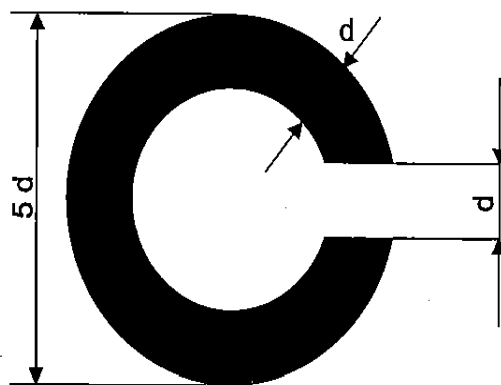
schopnosti oka a na refrakci oka. Centrální zraková ostrost do dálky i do blízka je po vyloučení refrakční vady a zákalů optických médií především funkční zkouškou makulopapilárního svazku.

Pro posouzení rozlišitelnosti vizuálního objektu mají význam různé prahové hodnoty:

- minimum visibile – prahová hodnota rozlišitelnosti malého předmětu za základě světelného kontrastu, vzhledem k poli, které jej obklopuje
- minimum cognobile – prahová hodnota pro rozlišitelnost známého symbolu či znaku
- minimum legibile – práh vnímání pro pochopení smyslu pojmu, který se skládá z více známých jednotlivých symbolů, je rozhodující pro čitelnost slov
- minimum separabile – prahová hodnota schopnosti rozlišit dva blízko sebe ležící body, je rozhodující pro rozlišitelnost nesymbolických struktur a detailů.

Právě poslední minimum separabile se jeví jako důležité, nejčastěji prověřované kritérium zrakové ostrosti v praxi [1,2,4].

Zraková ostrost (vizus) se vyšetřuje na optotypech, což jsou standardizované soubory znaků, seřazených do tabulek tak, aby bylo možno posoudit zrakový výkon, umístěné ve standardizované vzdálenosti. Optotypy jsou obvykle konstruovány pro vyšetřovací vzdálenost 5 a 6 m. Vizus do dálky se vyšetřuje na optotypech typu Snellen (písmena), Landoltovy kruhy, Pflügerovy háky (různě natočené písmeno E), typu ETDRS, pro děti a analfabety jsou obrázkové optotypy. Normovaným znakem optotypu je Landoltův kruh. Jedná se o vyšetřovací znak v podobě kružnice s výřezem, jakousi štěrbinou. Šířka štěrbiny resp. mezery a současně i tloušťka čáry znaku je  $1/5$  celkové velikosti znaku. Lze si jej tedy představit jako znak vepsaný do čtvercové sítě  $5 \times 5$  dílků s přerušením jednoho dílku. Vzdálenost mezi dvěma kruhy by měla být  $2\sqrt{2}d$ , kde  $d$  je šířka štěrbiny. Důležité je také osvětlení optotypu, protože při nedostatečném osvětlení rychle klesá zraková ostrost a stejně tak klesá při přesvětlení a oslnění. [2,6,11].



Obrázek č.6 Landoltův kruh [2]

Centrální zraková ostrost (vízus) se vyšetřuje pro každé oko zvlášť a poté binokulárně, nejdříve se vyšetřuje bez korekce (naturální vízus), poté s korekcí. Při vyšetření jednoho oka musí být druhé důkladně zakryté. Pacient se dívá na optotyp a čte symboly do té doby, dokud jsou pro něj čitelné. Vízus je udáván jako poměr vzdálenosti, ze které je znak optotypu právě ještě rozeznán, ku vzdálenosti, ze které by při hodnotě vizu  $V=1$  musel být ještě rozeznán. Hodnoty vizu do dálky se vyjadřují zlomkem nebo desetinným číslem. V čitateli zlomku je uvedena zkušební vzdálenost v metrech, ze které pacient čte, ve jmenovateli pak řádek označený číslem vzdálenosti, ze které by jej přečetlo zdravé oko. Plná zraková ostrost je dána zlomkem  $6/6$  ( $5/5$ ) nebo číslem 1,0 a znamená to, že pacient je schopen rozlišit detaily vzdálené jednu obloukovou minutu. Nepřečte-li pacient ani největší znak, zkracuje se pak vyšetřovací vzdálenost a vízus klesá. Pokud stále nečte, dávají se pacientovi počítat prsty ukazované na tmavé podložce. Další pokles vyjadřují termíny: prsty před okem, pohyb před okem, světlocit se správnou světelnou projekcí, světlocit s chybějící světelnou projekcí, amauroza ( $V=0$ , úplná slepota). Světlocit se určuje tak, že se do oka vrhá světlo z různých stran a vyšetřovaný určuje, ze které strany světlo přichází. Pokud lokalizuje světlo správně, má správnou světelnou projekci. Pokud pacient neurčí směr, z něhož světlo přichází, ale je si světla vědom, má světlocit s chybějící světelnou projekcí. Vyšetření zrakové ostrosti může přinést ještě řadu dalších poznatků:

- vynechání některého znaku v řádku či stálé natáčení hlavy budí podezření na drobný paracentrální skotom
- trvalé kompenzační držení hlavy upozorní na parézu některého okoohybného svalu, podobným způsobem se projeví i nystagmus



- nedočítá-li pacient řádek až do konce nebo nemůže najít začátek dalšího řádku, svědčí to o hemianopsii (výpad poloviny zorného pole).

Následně se postupuje k vyšetření vízu do blízka. Základním cílem testování vízu do blízka je zhodnocení schopnosti číst a vykonávat práci s jemnými detaily. Pro tento účel se používá tabulek se souvislým textem, jehož odstavce jsou napsány v různé velikosti písma a označeny pořadovým číslem. Pacient čte tento text na čtecí vzdálenost 30-40 cm. Nejčastěji se k tomuto účelu využívají tzv. Jaegerovy tabulky. Obvyklý zápis pro normální vidění do blízka pak vypadá: J.č. = 1. Vidění do blízka je možné zkoušet i na osvětlených optotypech do blízka. Vízus do blízka nezřídka prokáže integritu makulopapilárního svazku spolehlivěji a přesvědčivěji než vízus do dálky, což platí hlavně u myopů. Tato zkouška může také u mladých pacientů odhalit obrnu akomodace nebo jinou její poruchu [1,2,6,10].

Potenciální zrková ostrost se určuje při neprůhledných optických médiích oka. Do oka se projikují zvláštním zařízením minimalizované Snellenovy optotypy. Zařízení je připojeno ke šterbinové lampě. Jinou možností je laserová interferometrie, při níž pacient identifikuje přítomnost pruhů o různé prostorové frekvenci. Oba postupy však vyžadují dokonalou kooperaci nemocného a neosvědčují se u příliš sytých zákalů [11].

### 2.5.2 Vyšetření kontrastní citlivosti

Rozlišovací schopnost lidského oka nelze posuzovat jen podle hodnot vízu určených při vysokém kontrastu, protože tento test nepodává informace o rozlišovacím potenciálu oka při nižších kontrastech. Pouze vyšetření kontrastní citlivosti může předpovědět, jak bude pacient rozeznávat typické objekty okolního prostředí v běžném životě.

Pojem kontrast je definován jako

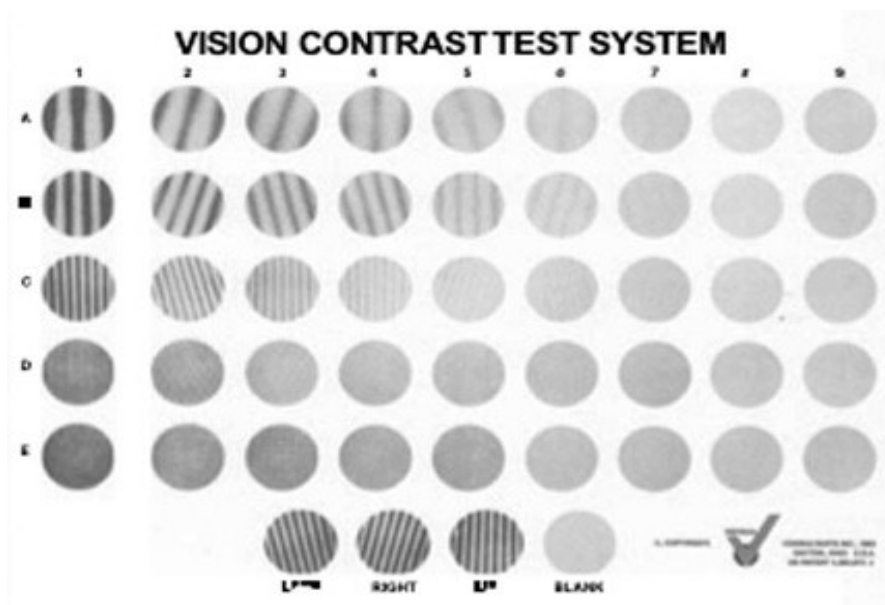
$$K = \frac{L_z - L_p}{L_z + L_p} ,$$

kde  $L_z$  je jas znaku resp. předmětu a  $L_p$  jas pozadí [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ].

Jednoduchou možností monitorování funkce kontrastní citlivosti umožňují kontrastní tabulky. Základem těchto tabulek je mřížka se sinusovým průběhem jasu. Vyznačuje se tím, že se v ní pravidelně střídají světlé a tmavé pruhy, takže hodnoty

jasu kolísají od minima po maximum. Vzdálenost stejnohle orientované hrany dvou tmavých (světlých) pruhů je označována jako perioda. Počet střídajících se světlých a tmavých pruhů na úhlový stupeň vidění je frekvence. Kontrastní citlivost je možné vyšetřovat na Ardenových, Vistechových, Pelli-Robsonových tabulkách, tabulích VCTS a GRADUAL testu. Nejrozšířenější jsou tabule VCTS (Visual Contrast Test systém). Tabule obsahuje 5 řádků a 9 sloupců kruhových podnětových terčů. V každém řádku postupně kontrast klesá, ve sloupcích roste prostorová frekvence pruhů. Pacient sleduje jednotlivé terče a určuje orientaci čar sinusové mřížky. Nejnověji lze vyšetřovat citlivost na kontrast pomocí počítačových programů při použití kvalitního standardizovaného monitoru. Na obrazovce jsou generovány postupně tmavé a světlé pruhy o různém kontrastu a různých prostorových frekvencích. Odpovědi pacientů jsou automaticky vyhodnoceny. Citlivost na kontrast závisí na osvětlení, při nadměrně vysokém nebo naopak nízkém osvětlení citlivost na kontrast podstatně klesá. Kontrastní citlivost klesá i s přibývajícím věkem. Vyšetřuje se každé oko zvlášť a poté i binokulární kontrastní citlivost.

V neurooftalmologii se využívá vyšetření kontrastní citlivosti především při sledování reziduálních poruch po neuritidách optiku, při roztroušené mozkomíšni skleróze, glaukomu a různých neuropatiích. Kontrastní citlivost je ale snížena i při zákalech optických médií, makulárních změnách či nekorigované refrakční vadě.



Obrázek č. 7 Tabulka pro vyšetřování kontrastní citlivosti [24]

### 2.5.3 Vyšetření zorného pole

Zorné pole (ZP) představuje součet všech bodů, které se oku fixujícímu bod, zobrazí na sítnici. Hranice zorného pole tvoří okraj očníce, včetně obočí, nosu, tváře a víček. Čím hlouběji je oko uloženo, tím je zorné pole menší. Normálně dosahuje zorné pole 90° temporálně, nasálně a nahoře 60°, dole 70°. Vyšetření zorného pole je vlastně stanovením integrity celého zrakového systému od retinálních fotoreceptorů až k zadnímu okcipitálnímu kortexu. Poškození cesty zrakového impulzu v kterémkoliv bodě má za následek charakteristickou poruchu zorného pole. Od změn, které jsou typické pro postižení glaukomem, lze odlišit změny způsobené nádorem, poškozením nebo úrazem zrakového nervu, odchlípením sítnice, kongenitální poruchy a další. Pro svou vysokou a nezastupitelnou topickou hodnotu je vyšetření zorného pole v neurooftalmologické diagnostice nejvýznamnějším funkčním testem. Oftalmolog i neurolog by měl být schopen sám i bez instrumentaria provést orientační vyšetření ZP hned při prvním setkání s pacientem. Centrální ZP slouží k ostrému vidění a k vidění barev, periferní k orientaci v prostoru a ve tmě. Vypadne-li periferie ZP a zůstane tzv. Trubicovité vidění, je zachována dobrá zraková ostrost, ale pacient se nemůže orientovat v prostoru, zejména za šera. Naproti tomu, při výpadu centrálního ZP, je zraková ostrost snížena, ale postižený se v prostoru může orientovat bez cizí pomoci. Výpadu zorného pole se říká skotom. Asi 15° od fixačního bodu je fyziologický skotom slepá skvrna, místo vstupu očního nervu do oka. Skotomy se podle umístění dělí na centrální, paracentrální a paracaekální atd. Podle toho, zda si pacient výpadek uvědomuje nebo ne, se dále dělí na skotomy pozitivní a negativní. V absolutním skotomu nerozezná pacient nic, ani pohyb, v relativním skotomu je obvykle zachování vnímání pohybu a postiženo vnímání barev. Při onemocněních očního nervu je porucha ve vnímání červené a zelené, při poruchách sítnice je porušeno vnímání modré barvy. Vypadne-li celá polovina ZP obou očí, mluví se o hemianopsii. Poruchy nasálních polovin sítnice či nervů odvádějících počitky z nasálních polovin sítnice, způsobí výpad v temporální polovině ZP a naopak. Vlákna z nasálních polovin sítnice se v centru chiasmatu kříží, zatímco vlákna z temporálních polovin probíhají nezkříženě. Je-li proto porušen střed chiasmatu, dojde k heteronymní, bitemporální hemianopsii. Poruší-li se periferie chiasmatu, vznikne vzácná binasální hemianopsie. Homonymní hemianopsie je poruchou za chiasmatem a je buď pravostranná (při poruše vlevo),

nebo levostranná (při poruše vpravo). Změny ve zrakové dráze za corpus geniculatum laterale mají neúplné výpady v ZP, charakteristické pro její jednotlivé úseky [1,4,7].

### 2.5.3.1 Orientační vyšetření

Orientační vyšetření zorného pole lze provést několika metodami:

- 1) Zkouška světelné projekce – Provádí se, je-li vÍzus snížen na světlocit či pohyb před okem. V záznamu se většinou uvádí jen kvadrant, v němž je projekce zachována či naopak chybí, nebo že je projekce nejistá (projectio incerta).
- 2) Test podání rukou – Při tomto mono- i binokulárním testu se nastaví před vyšetřovaného obě dlaně a vyzve se, aby vyšetřujícího chytil za ruku. Pacient s normálním ZP se většinou zeptá za kterou, zatímco při homonymní hemianopsii bez zaváhání uchopí ruku, kterou jediné vidí.
- 3) Počítání prstů – při tomto monokulárním testu si pacient zakryje jedno oko a druhým fixuje oko vyšetřujícího nebo jeho nos. Vyšetřující pak za stálé kontroly fixace ukazuje pacientovi v různých kvadratech ZP z obou stran zároveň různý počet prstů a ptá se, kolik viděl pacient prstů dohromady.
- 4) Vyšetření konfrontační zkouškou – Vyšetřovaný a vyšetřující sedí naproti sobě ve vzdálenosti asi 1 m. Vyšetřovaný si zakryje jedno oko, vyšetřující zavře protilehlé oko a druhým si oba vzájemně hledí do očí. Pacient při stálé fixaci oka vyšetřujícího hlásí slovem „ted“, jakmile rozezná kdekoliv v periferii ZP pouhý pohyb. Vyšetřující pak uprostřed vzdálenosti postupuje kývavým pohybem jednoho či dvou prstů od periferie k centru a v okamžiku, kdy sám pohyb zaznamená, očekává reakci pacienta. Pohyb vede vyšetřující pravou rukou zprava, levou zleva. Patologické údaje je třeba opakováním i několikrát prověřit. Je nutné, aby pacient hlásil už pohyb, ne až uvidí prsty. U neurologických pacientů, často snadno unavitelných a trpících bolestí hlavy, je tento rychlý konfrontační test nezdídkou jedinou efektivní vyšetřovací metodou. Velkou předností kromě rychlosti je stálá kontrola fixace.
- 5) Orientační hodnocení relativních výpadů ZP  
Amslerova mřížka – Amslerova mřížka je jednoduchou pomůckou k hodnocení změn v ZP v oblasti do 10°. Je to černý (bílý) čtverec o straně 10 cm rozdělený bílými (černými) čarami na síť 20x20 čtverečků, z nichž každý je ve

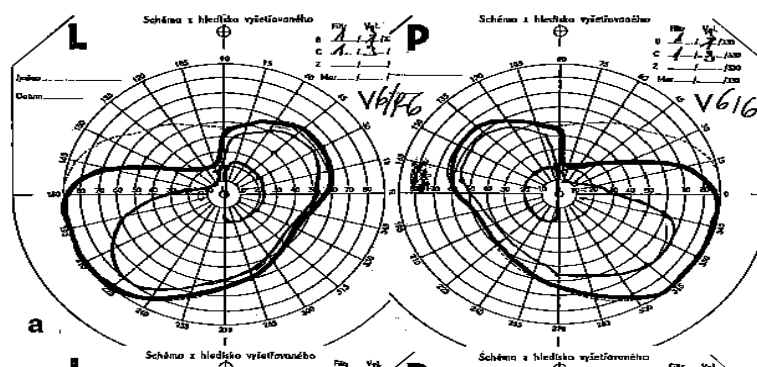
vzdálenosti 30 cm od oka viděn pod úhlem 1°. V centru mřížky je vyznačen bod pro fixaci. Pacient s korekcí na blízko je dotazován, zda vidí při fixaci středového bodu všechny čtyři rohy čtverce, zda nejsou čáry mřížky pokřiveny a zda není v mřížce díra. Rozsah defektů pak pacient naznačí prstem nebo zakreslí. Centrální sítnicové poruchy často ve střední části působí zvlnění, kdežto poruchy zrakového nervu a chiasmatu jejich vymizení. Deformace mřížky v centru je důkazem makulární léze a odliší tak centrální skotom retinálního původu od axiální léze optiku [1,4,7,11].

### 2.5.3.2 Perimetrie

Perimetrie je určena k hodnocení periferního, nepřímého vidění a v neurooftalmologii je základní metodou sloužící k topické diagnostice a přesné registraci a sledování vývoje funkčních poruch. V současnosti se používají dva typy perimetru – kinetický a statický.

Při kinetické perimetrii vyšetřovaný s opřenou bradou a čelem fixuje jedním okem bod. Vyšetřující pohybuje značkou o různé velikosti a barvě z periferie do centra a vyšetřovaný hlásí, kdy značku uviděl. Místa se stejnou citlivostí pro určitou značku se spojí a tím se získají izoptéry.

Statická (počítačová, automatická) perimetrie používá stacionární stimulus variabilní intenzity. Jednotlivé stimuly se objevují na krátkou dobu se střídavou intenzitou. Pacient po zaznamenání značky zmáčkne tlačítko. Počítač na konci vyhodnotí absolutní i relativní poruchy a falešně pozitivní i negativní poruchy. Lze zjistit velikost, tvar a hloubku defektů [1,11].



Obrázek č. 8 Bitemporální hemianopsie [1]

### 2.5.3.3 Kampimetrie

Metoda registruje změny v centrálním ZP do 30° na rovné, s frontální rovinou paralelní ploše. Cílem je přesně zmapovat velikost a tvar zobrazeného defektu sítnice ve formě zjištěného skotomu. Nemocný, jehož hlava je fixována 1 m před černým Bjerrumovým plátnem, se dívá do středu plátna na červenou fixační značku. Pacient udává, kdy vidí bílý terčik, kterým vyšetřující pohybuje. Vyšetřující vyznačí špendlíky na plátno místo skotomu [1,2,11].

### 2.5.4 Vyšetření barvocitu

Vyšetření barvocitu v neurooftalmologii nepatří mezi priority, protože většina chorob je vrozených. Každá léze zrakové dráhy ovšem může vnímání barvocitu ovlivnit. Normální barvocit (trichromazie) je zajištěn přítomností tří pigmentů v retinálních čípcích s preferenční citlivostí k červené, zelené a modré barvě. Nejčastější poruchou jsou anomální trichromazie s parciálním defektem pigmentu pro zelenou (deuteranomálie) nebo červenou (protanomálie) barvu. Vzácnější je chybění jednoho pigmentu - dichromazie. Monochromazie, při nichž chybí dva pigmenty, jsou krajně vzácné. Achromazie je totální barvoslepost.

Získané poruchy barvocitu se pravidelně objevují ve stáří, u neuropatií, sítnicových zánětů a glaukomu, u afekcí optiku a chiasmatu.

Testování barvocitu se děje v rozmezí 380-760 nm. Rozhodující úlohu hraje barevný tón, sytost a jas barvy, dále osvětlení okolí. Vyšetřovací metody jsou založeny na tom, že pacient nerozezná barvy podle vlnové délky světla, ale podle jasu.

Pseudoizochromatické tabulky – Na pozadí z teček různých barev, sytosti a jasu jsou znaky z teček jedné barvy různé sytosti. Pacient čte tyto znaky a podle toho, které nepřečte, se určuje povaha poruchy.

Holmgrenovy bavlnky – K jedné vybrané bavlnce má pacient vybrat ze souboru bavlnky stejné barvy v různých odstínech.

Farnsworthův a Munsellův 100-hue-test – Test obsahuje barevné terče ve čtyřech skupinách. Pacient má sestavit promíchané terče do správného sledu tak, aby rozdíl odstínu mezi dvěma po sobě jdoucími terči byl co nejmenší. Hodnocení se děje podle čísel zapsaných na spodní straně terčů. Pořadí se pak zanesou do kruhového schématu a určí se chybové skóre.

Anomaloskop – Vyšetřovaná osoba porovnává dvě poloviny zorného pole pomocí přístroje. V jedné polovině je čistá žlutá barva, v druhé směs červené a zelené barvy v měnitelném poměru. Pacient mění pomocí šroubů směs barev v druhém políčku s cílem dosáhnout stejného barevného tónu v obou polích [1,7,11].

## **2.6 Elektrofyziologické vyšetřovací metody**

### **2.6.1 Elektroretinografie (ERG)**

Elektroretinografie je metoda zaznamenávající elektrické potenciály vznikající v sítnici po stimulaci difuzním světlem. Místem vzniku ERG-potenciálů je sítnice a to především pigmentový epitel, receptory a bipolární buňky. Velikost a tvar ERG-křivek závisí na intenzitě, délce a barvě fotostimulu a hlavně na úrovni adaptace oka. Typická ERG-křivka má při nižších jasech podobu pouze pozitivní vlny b, při vysokých intenzitách je před vlnou b také negativní vlna a. Akční potenciály snímá systém s přísavnou akční elektrodou na bulbární spojivce nebo zabudovanou v kontaktní rohovkové čočce a s indierentní elektrodou na čele nebo ušním lalůčku. Osvit se děje v perimetrické polokouli tak, aby byla osvětlena celá sítnice. Samotné vyšetření probíhá tak, že pacient s přilepenými elektrodami sleduje v polokouli světelné záblesky (ERG) nebo sleduje na obrazovce strukturované podněty (PERG) a elektrody zaznamenávají potenciály. Záznam potenciálů se děje na počítači.

Klasická záblesková ERG pracuje s celosítnicovým osvětlením krátkým zábleskem. Hlavní indikační oblastí zábleskové ERG jsou degenerace sítnice.

Při ERG na stimulované podněty (PERG - pattern ERG) je podnět prostorově strukturovaný např. černobílá šachovnice nebo pruhy. Jejich stimulační efekt je zesílen tzv. reverzací, změnou, při níž si černé a bílé oblasti v daný okamžik na obrazovce vymění místa. PERG má celkem tři složky – vlny a, b, c, jež se vyznačují charakteristickou vrcholovou latencí. Místem vzniku potenciálu jsou tentokrát gangliové buňky. Tento poznatek rozšiřuje indikace na léze optiku, hlavně afekce demyelinizační, útlakové a traumatické. V klinické praxi se používá hlavně v diagnostice glaukomu v časných stádiích.

### **2.6.2 Elektrookulografie (EOG)**

Toto vyšetření zaznamenává změny klidového potenciálu oka. Mezi pozitivní rohovkou a negativním zadním pólem oka existuje stejnosměrný potenciálový rozdíl, který se významně zvyšuje na světle. Vyšetřovaná osoba střídavě přechází pohledem z jednoho na druhé fixační světlo, umístěné v horizontální rovině pod zorným úhlem 30°. Elektrody má tentokrát přilepeny při vnitřních a vnějších koutcích oka. Elektrody registrují změny, které nastanou v okamžiku, kdy se k nim při pohybu oka přiblíží rohovka nebo zadní pól oka. Test začíná po 12minutové preadaptaci na světle následným 12minutovým pobytem ve tmě a na závěr je pacient 12 minut na světle. Výsledek se hodnotí Ardenovým indexem, jenž je dán podílem maximální potenciálové hodnoty, naměřené na světle, a minimální hodnoty, naměřené ve tmě, vynásobený stem. Místem vzniku EOG aktivity jsou distální oblasti sítnice a cévnatka. Doménou EOG v klinické praxi jsou tak především cirkulační poruchy sítnice, degenerace, odchlípení sítnice [7,11,21].

### **2.6.3 Zrakové evokované potenciály (VEP, PVEP – pattern visual evoked potentials)**

VEP je možné vybavit světelným zábleskem i pravidelnou reverzací strukturovaných zrakových podnětů, většinou černobílých šachovnicových polí. Potenciály jsou odváděny elektrodou nalepenou na kůži nad zadním pólem okcipitálního laloku a indiferentní elektrodou na ušním boltci. Zadní pól reprezentuje korové projekční pole retinální makuly a je elektrodě nejbližší, navíc je také nejrozsáhlejší plochou. Velkou pozornost v získané odpovědi je třeba věnovat délce latence hlavní pozitivní vlny. Při zábleskové stimulaci se vlna značí P2, při strukturované stimulaci P100. Patologické nálezy se vyznačují hlavně prodloužením latence. Výbavnost VEP je důkazem integrity zrakové dráhy, proto není-li pacient schopen dostatečného kontaktu, testují se zrakové funkce touto metodou.

Nejčastější a nejefektivnější indikací VEP jsou neuritidy a neuropatie optiku. Pomocí prodloužení vlny P100 je možné prokázat i o několik let později proběhlou neuritidu demyelinizačního původu, Parkinsonovu chorobu či avitaminózu B12. Při útlakových, toxických a oběhových lézích optiku jsou znatelné spíše změny amplitudy vlny.



#### 2.6.4 Elektromyografie (EMG)

Elektromyografie se zabývá analýzou bioelektrické aktivity svalu. Při kontrakci svalu vznikají potenciály, které jsou snímány jehlovou koaxiální elektrodou zavedenou přímo do svalu. Výstupní informace z elektrody jsou pak přeneseny do počítače. Záznam potom informuje vyšetřujícího o stavu svalových vláken, myoneurálního převodu, výkonnosti periferního motorického nervu a aktivitě centrálního, supranukleárního okoohybného aparátu.

Akční potenciály zevních očních svalů se liší od kosterních svalů. Zevní oční svaly vykonávají jemné, velmi přesné a zároveň velmi rychlé pohyby oproti svalstvu ostatního motorického systému. Amplituda akčních potenciálů je u zevních okoohybných svalů nižší stejně jako jejich trvání, ale frekvence je naopak vyšší než u kosterních svalů.

Diagnostika EMG nálezů u zevních očních svalů se soustředí na odchylky tvaru a charakteru akčních potenciálů a rozbor obrazu, který se nazývá inervační vzor. U zevních očních svalů trvá i v primárním, klidovém, postavení střední elektrická aktivita, která bývá označována jako tonická. Při vyšší inervaci se potom zapojují do činnosti další motorické jednotky a frekvence jejich výbojů stoupá. Při maximální inervaci svalu se akční potenciály vzájemně překrývají a na obrazovce je vidět obraz interference. Při relaxaci svalu naopak aktivita klesá a na obrazovce jsou znatelné jen nepatrné odchylky od bazální linie.

Periferní neurogení obrna je v EMG naprosto charakteristická. Pokud je vedení úplně přerušeno, vymizí veškerá bioelektrická aktivita a až po několika dnech či týdnech se objeví nízké fibrilační potenciály jako projev aktivity denervovaného svalu. Je-li léze vedení jen částečná, projeví se to úměrným výpadem motorických jednotek a prořídnutím interferenčního obrazu nebo reakcí únavy.

Myastenické obrny zevních očních svalů jsou charakteristické obrazem patologické svalové únavy s rychlým poklesem amplitudy i frekvence akčních potenciálů a postupným výpadem motorických jednotek.

Pro diagnózu supranukleárních okoohybných poruch je nutné snímat záznam alespoň ze dvou nebo i více svalů obou očí zároveň. Centrální obrny totiž často porušují princip reciproční inervace antagonistů a svalových skupin a tím i jejich funkční souhru [1,12].

## 2.7 Neurooftalmologická radiologie

### 2.7.1 Skiografie

Diagnostika rentgenem je nezbytná u všech podezření na poškození oka a jeho okolí. U všech postižení zrakového nervu, kde se předpokládá místo léze v jeho průběhu, nestačí jen RTG lebky, ale je nutné udělat snímky celých optických kanálů. Pro diagnostiku některých chorob je nutné udělat také snímky paranasálních dutin. Při poruchách zorného pole, při nichž je podezření na intrasellární procesy, se zhotovují snímky selly. Příznakem intrasellárních tumorů jsou totiž výpady zorného pole.

#### 2.7.1.1 Snímky lebky

Snímky lebky se dělají ve třech základních projekcích a to zadopřední, boční a axiální. Informují o změnách v konfiguraci lebky, ať už vrozených nebo patologických změnách kostních struktur. V zadopředním snímku se do dolních 2/3 oční promítne masiv pyramid a do horní 1/3 pak horní orbitální štěrbina. Boční projekce se soustřeďuje na profil tureckého sedla, sfenoidálního sinu a lebeční bázi. Na axiálním snímku bývají zachyceny periorbitální struktury včetně sfenoidálního a ethmoidálních sinusů a dále foramen ovale, rotundum, lacerum, spinosum a pyramidy.

#### 2.7.1.2 Speciální projekce

Snímek oční získaný tzv. Wattersovou projekcí dovoluje bez rušivé superpozice jiných struktur hodnotit konturu okraje očnice a téměř celou plochu jejího stropu a zevní stěny, zpravidla i s celou horní orbitální štěrbinou. Mediální stěna a spodina jsou ovšem zachyceny jen tangenciálně.

Při snímání paranasálních dutin je nutné nastavit hlavu do záklonu. Z tohoto důvodu pak stíny pyramid na snímku klesnou níže a promítají se až pod dolní okraj čelistních dutin. Díky tomu se daří znázornit paranasální dutiny bez superpozice jiných kostních struktur.

Při snímání optického kanálu je velmi těžké nastavit správnou pozici vyšetřovaného, používá se několi typů projekcí. Ze snímků lze také odečítat rozměry jednotlivých struktur. Hodnoty, které se odečítají na skiagramech, jsou ale poněkud zvětšeny, na což musí brát zřetel vyšetřující při hodnocení.

Snímek tureckého sedla je přínosem nejen k poznání hypofyzárních nádorů, či dalších perisellárních nádorů a lokálních afekcí, ale mívá i širší dopad. Velikost a tvar sedla jsou ovšem velmi variabilní, a proto je nutné hodnotit změny velmi obezřetně. Důležité a nelehké je odlišit nádorové změny od tlakových, způsobených chronickou nitrolební hypertenzí, při níž trpí trvalým útlakem především opěradlo sedla a výběžky [1,4,12].

### **2.7.2 Mozková angiografie**

Angiografie znázorňuje po vstříknutí kontrastní látky karotické nebo vertebrobasilární řečiště příslušné mozkové hemisféry postupně v arteriální, kapilární a venózní fázi. Získaným obrazem je tak ateriogram (arteriální fáze) nebo flebogram (venózní fáze). Vyšetření se provádí katetrizační technikou přes arteria femoralis nebo arteria axillaris. Pod zrakovou kontrolou na obrazovce se zavede katetr do aortálního oblouku a odtud do příslušné karotidy nebo přes podklíčkovou tepnu do arteria vertebralis. Při jedné katetrizaci je tedy možné monitorovat několik mozkových tepen. Angiografie se indikuje především při průkazu nebo lokalizaci nitrolebních expanzí. Nepostradatelná a nezastupitelná je ale také při průkazu cévních afekcí, oběhových poruch centrálního nervového systému a jejich příčin i následků, v neposlední řadě je důležitým předoperačním vyšetřením u neurologických výkonů. Kontraindikací může být pouze přecitlivělost na kontrastní látku [1].

### **2.7.3 Pneumoencefalografie (PEG)**

Tato metoda je už spíše historickou, ale používá se ještě k průkazu nebo lokalizaci nitrolebních expanzí. Principem je vzduchová náplň subarachnoidálních prostorů a komorového systému mozku, která na snímku působí negativní kontrast. Po punkci se malé množství mozkomíšního moku nahradí vzduchem, který pronikne do mozkových komor. Snímkování se provádí nejméně ve dvou základních projekcích (zadopřední a boční). Vzduch zůstává v likvorových prostorách ještě několik dní po náplni a po tuto dobu převládají i bolesti hlavy z likvorové hypotenze. Pacient proto musí po tomto vyšetření zachovávat klid na lůžku. Na pneumoencefalogramu je možné kvalifikovat deformaci a posun komorového systému, změny jeho velikosti, atrofie mozku atd. Metoda má ale ve srovnání s jinými i vážné kontraindikace, a tudíž se provádí zřídka.

### **2.7.4 Ventrikulografie (VG)**

Při ventrikulografii se zavede malým otvorem v parietookcipitální krajině do postranní komory injekční jehla, jíž se vstříkne kontrastní láka nebo vzduch. Ventrikulografie se indikuje zpravidla tehdy, když je neúspěšná pneumoencefalografie. Část mozkomíšního moku je tedy nahrazena vzduchem nebo obarvena a polohováním hlavy se zmapují diagnosticky důležité části komorového systému. Z neurooftalmologického hlediska je důležitý hlavně nález na spodině III. komory mozkové, kde může nitrolební expanze tlačit na chiasma [1].

### **2.8 Počítačová tomografie (CT)**

Počítačová tomografie obohatila možnosti vyšetření očnice, zrakového nervu, lokalizace cizích tělísek atd. CT umožňuje zobrazení oka a jeho okolí v horizontálních, vertikálních a koronárních řezech. Je možné velmi detailně diferencovat struktury v oku, očnici, okohybné svaly nebo patologické nálezy. CT tak přebírá množství vyšetření dříve uskutečňovaných pomocí RTG. Principem této metody je přesné kvantitativní zpracování mnoha záznamů absorpce malých dávek rentgenového záření, jež z mnoha různých směrů prochází vrstvou tkáně. Jednotlivé snímky se nazývají tomogramy, pomocí počítače lze rekonstruovat snímek i v jiné rovině, než byly ostatní pořízeny. Hlavní výhodou je přesné rozlišení měkkých tkání v lebeční dutině a v očnici a přesné topografické umístění ve vztazích ke kostním strukturám. Může se také aplikovat kontrastní látka, která zvýší denzitu vaskularizovaných tkání a procesů.

#### **2.8.1 Patologie očnice**

Základní rovina pro vyšetřování očnice pomocí CT prochází oční čočkou, papilou a orbitální částí optiku. Na axiálním snímku jde vidět v neurookulární rovině vedle kostěného ohraničení očnice také bulbus ohraničený ostrou a sytou konturou rohovky a skléry, uvnitř homogenní nízkou denzitou sklivce a sytě denzní čočkou. V negativní denzitě orbitálního tuku bývají patrné vnitřní a zevní přímý sval a nervus opticus. Optický kanál nelze většinou odlišit od horní orbitální fissury. Dolní a horní přímý sval s levátorem bývají v axiálním řezu zachyceny jen zčásti a šikmo. Na koronárních řezech v retrobulbární části lze v tuku orbity rozlišit průřez optiku a všech

přímých očních svalů a v horní svalové skupině odlišit i širší, plošší a povrchně uložený zvedač víčka. Horní šikmý sval je možné zachytit v horním úhlu očnice. Nejméně, někdy vůbec, zřetelný je vždy dolní šikmý sval. Slzná žláza se v obou projekcích jak koronární, tak axiální, zobrazuje jako jemná, neostře ohraničená denzita nad úponem zevního přímého svalu. Hlavním přínosem počítačové tomografie v orbitální diagnostice je kromě informace o velikosti, tvaru, lokalizaci expanze také ve spojení s klinickým obrazem a s pomocí dalších vyšetření spolehlivé určení morfologického substrátu afekce. Některé výstupy vyšetření jsou přímo patognomické.

Z hlediska neurooftalmologie jsou nejčastější tyto nálezy:

Gliom optiku – V celém orbitálním průběhu je nerv difuzně nebo větvenovitě rozšířen, často je taktéž esovitě prohnut, ale je hladkého povrchu. Gliom může někdy prorůst až na papilu, vždy se však šíří optickým kanálem intrakraniálně bez destrukce stěn. Na koronárním řezu splývá denzita nervu s nádorem a nelze ji odlišit.

Meningeom pochev optiku – Rozšíření bývá nepravidelné a kontura je obvykle hrbolatá. Meningeom může široce nasedat na na zadní pól oka. Optický kanál nebývá rozšířen. V hmotě meningeomu bývají také patrné kalcifikace.

Kavernózní hemangiom – Je to kulovitá nebo ovoidní denzita hladkého povrchu ve svalovém konusu většinou výrazně dislokující nervus optikus. Jde o vrozně založený nádor a orbita bývá tudíž koncentricky rozšířena.

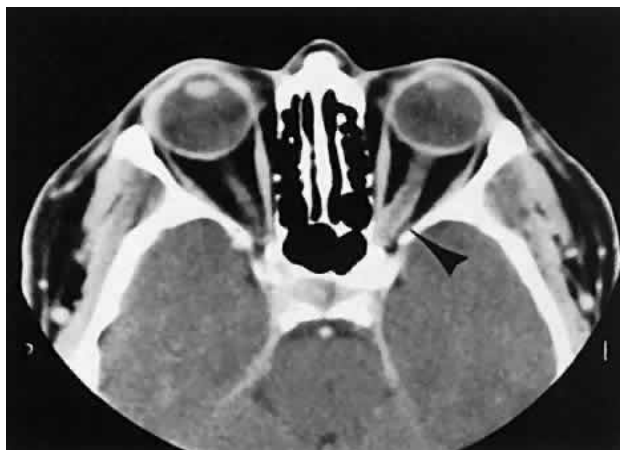
Infiltrující nádory – V CT obraze jsou tyto nádory jen velmi těžko rozlišitelné, protože mají málo specifických znaků a vyplňují často celou očnici.

## **2.8. 2 CT u afekcí papily a zrkového nervu**

Drúzová papila - Pomocí CT lze snadno rozlišit vápenitá depozita v části terče a tím i vyřešit problém zduřelé papily dosud neznámého původu.

Kolobom papily se v CT obraze jeví jako pohárkové vyhloubení terče a přilehlé části optiku.

Ztluštění optiku v očnici jako příznak retrobulbární neuritidy není snadné hodnotit. Změna bývá jednostranná, ale jen málokdy se týká části nervu. Při městnání bývají optiky cylindricky rozšířeny od papily až ke kanálu, zaznamenat lze i ztenčení optiku v důsledku atrofie.



*Obrázek č.8 CT -Axiální snímek meningeomu optického nervu [25]*

### **2.8.3 CT vyšetření perisellární oblasti**

V této oblasti se vyskytuje mnoho tkání o různé denzitě a jejich zobrazení a hodnocení proto vyžaduje velkou zkušenost. Jako základní projekce se zde používá koronární průmět většinou přímo s podáním kontrastní látky. Často bývá nutné použít rekonstruované řezy, na nichž je jasně vidět, ze které strany a z jakých struktur dochází k útlaku chiasmatu. Vedle gliomů a meningeomů představují hlavní patologickou hrozbu hypofyzární adenomy, tepenné výdutě a herniace.

### **2.8.4 CT u afekcí zrakové dráhy**

Standardní vyšetření mozkových hemisfér se provádí v axiální projekci. Na řezech lze velmi dobře rozlišit bílou hmotu od šedé hmoty mozkové, komorový systém i gyrifikaci. Kromě kostních změn lze prokázat přímé i nepřímé známky expanze či atrofie mozku i poruchy likvorové cirkulace. V bílé hmotě se dají identifikovat i demyelinizační plaky. Po nativním vyšetření CT následuje zpravidla intravenózní aplikace kontrastní látky, která mnohé změny zvýrazní. Naproti tomu se na CT špatně znázorňuje čerstvá mozková ischemie [1,4,7,11].

## **2.9 Magnetická rezonance (MR, NMR – nukleární magnetická rezonance, MRI – magnetic resonance imaging)**

Magnetická rezonance je rovněž metoda, která zobrazuje řezy, ale není k ní potřeba žádného radiačního zátížení. Obrazy jsou tvořené dlouhovlnnými elektromagnetickými vlnami. Tkáně jdou znázornit nejen podle určité denzity, ale i podle chemického složení. Proto lze odlišit svaly, pojivo, kosti apod. Magnetická rezonance se využívá především k vyšetření měkkých tkáňových struktur, protože se získá nejen informace o velikosti, ale i substrátu nádoru a cévním zásobení. Interpretace výsledků ale vyžaduje značné zkušenosti.

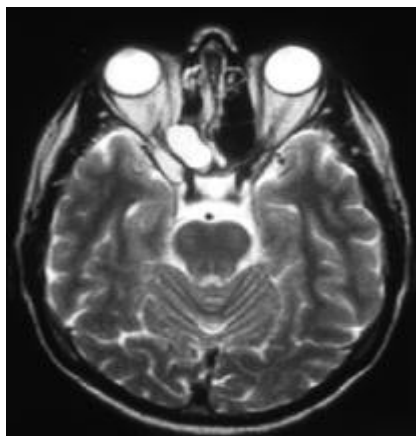
K základním parametrům hodnocení snímku z magnetické rezonance patří relaxační časy T1, T2, definované časem potřebným k zotavení po vyslání radiofrekvenčního impulzu (T1) a k poklesu z maxima k původní hodnotě (T2). Na různých relaxačních časech různých tkání je založen zobrazovací kontrast metody. Diagnostické možnosti lze zvýšit intravenózním podáním kontrastní látky. Je důležité podotknout, že kontraindikací magnetické rezonance je přítomnost magnetických cizích těles a materiálů v těle pacienta jako jsou kovové kostní náhrady, pace-maker atd. Cenným doplňkem magnetické rezonance pak bývá magnetická rezonanční angiografie (MRA).

### **2.9.1 MR orbity**

Z nádorů optiku jsou, jak již bylo uvedeno výše, nejvýznamnější meningeom a gliom. Meningeomy pochev optiku bývají izosignální s nervem a od gliomu se liší zvýrazněním po aplikaci kontrastní látky a excentrickým růstem. Orbitální metastázy naproti tomu přijímají kontrastní látku velmi dobře. Cévní malformace očnice jsou většinou hypersignální v T1 a T2 a silně se barví kontrastní látkou v T1.

### **2.9.2 MR zrakové radiace**

Maligní nádory hemisfér se projevují nepravidelným lemem barviva kolem centrální nekrózy a edémem. Vícečetná ložiska budí podezření na metastázy jiných nádorů. Diagnosticky významný je nález demyelinizačních plak, který upozorňuje na možnost vzniku roztroušené sklerózy [1,7,11].



Obrázek č. 9 MR – Axiální snímek – ledvinovitý útvar v hrotu orbity [26]

## 2.10 Ultrazvuk (UZ)

Ultrazvukové vyšetření (ultrasonografie, echografie) umožňuje zjištění změn i tam, kde nejsou možné běžnými metodami vyšetřit, dovoluje určit charakter změn, změny v rozměrech částí oka a určit délku oka i hloubku přední komory. Ultrazvuk má vyšší frekvenci než slyšitelný zvuk, rychlost jeho šíření nezávisí na frekvenci kmitů, ale na hustotě materiálu, na který narazí. Při nárazu na sousední média o různé hustotě se část vlny reflektuje, část prochází v závislosti na odporu média. Ultrazvuk se vytváří v sondě oscilací piezoelektrického krystalu. Po průchodu ultrazvuku prostředím, rozptýlení a absorpci části zvukové vlny, se k sondě vrací reflektované echografické signály. Tyto signály se zpracují a vyhodnotí na počítači. V oftalmologii se používá ultrazvuk pracující v rozmezí 5-15 MHz. Čím nižší frekvence, tím lepší průnik vln, ale horší rozlišení. Vyšetření ultrazvukem je výhodné v tom, že je to metoda neinvazivní, neškodná, není třeba pacienta na vyšetření nijak zvlášť připravovat a vyšetření lze provést i u lůžka pacienta. Výsledky vyšetření je možné zobrazit ve formě A - scanu, B - scanu nebo duplexních systémů.

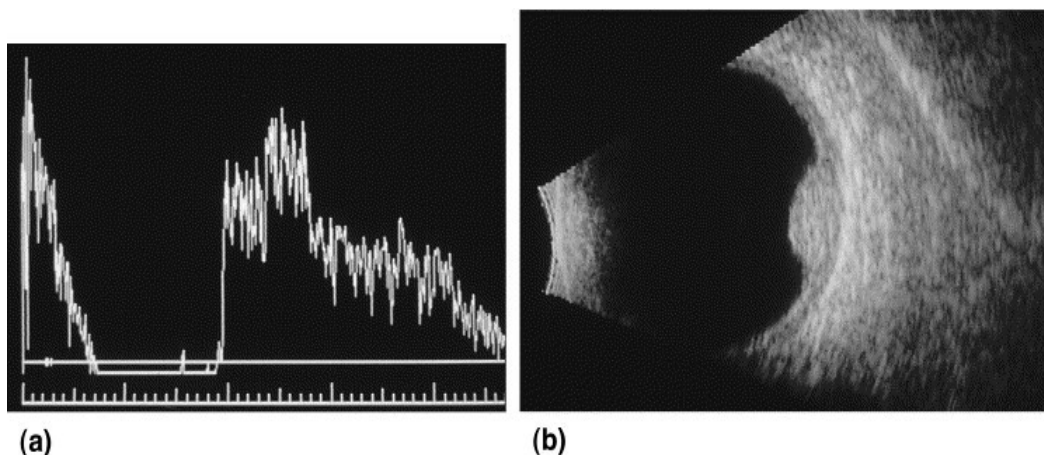
A - scan je jednorozměrným obrazem odrazů neboli ech od všech tkáňových rozhraní, kterými ultrazvuková vlna prošla. Echa jsou znázorněna jako vertikální odchylky od izoelektrické linie a jsou představována hroty. Odstup, který dělí dvě echa, odpovídá času, který potřebuje ultrazvuk k překonání vzdálenosti mezi nimi. Známe-li rychlost, lze vypočítat vzdálenost v mm. Samotné vyšetření se děje tak, že se sonda přiloží na oko nebo víčko nad zavřeným okem po spojení viskózní látkou. Echo rohovky většinou splývá se sondou, hodnotitelné je echo od duhovky, přední a zadní



plochy čočky, na rozhraní sklivce a sítnice, cévnatky a skléry a skléry a orbity. Zobrazení A - scanem je ze všech zobrazení nejpřesnější, v oftalmologii slouží hlavně k biometrii oka a intraokulární a orbitální patologii, protože umožní často i morfologickou analýzu. Vysoce buněčné nádory se vyznačují nízkou odrazivostí a podobně se chovají i cystické útvary, zatímco nádory bohaté na pojivo dávají vysoká echa.

B - scan je dvojrozměrné zobrazení výsledků ultrazvuku a znázorňuje echa jako body, jejichž světelnost odpovídá energii echa. V neurooftalmologii se na B - scan zaměřuje pozornost převážně v oblasti papily a přilehlé části optiku. Touto metodou lze také spolehlivě měřit prominenci zduřelého terče v mm. Mnohem častěji se ale tento typ ultrazvuku využívá při diferenciální diagnóze pseudopapilitidy. Další diagnostické využití nachází B - scan při průkazu nitrolební hypertenze, která je charakteristická rozšířením optiku za bulbem.

Při diagnostice oběhových poruch CNS a k prevenci cévních mozkových příhod se využívá Dopplerovská ultrasonografie. Metoda poskytuje přímou obrazovou dokumentaci změn v karotickém řečišti, vertebrobazilárním řečišti i tepnách lebeční spodiny. Ultrasonografie představuje kombinaci echotomografie a ultrasonografického průtokoměru, založeném na Dopplerově jevu, který podává informace o rychlosti a směru krevního proudu ve vyšetřovaných cévách. Zároveň tato metoda zobrazuje cévní stěny a jejich změny. Ultrazvuková sonda se přikládá většinou k arteria carotis. Barevná duplexní dopplerovská sonografie podává na obrazovce výstupní data v barvách, jejichž tón a sytost se mění podle rychlosti a směru krevního proudu [1,4,12].



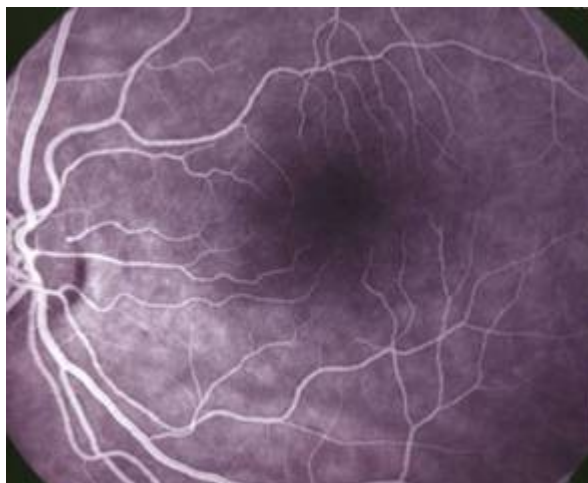
Obrázek č.10 Ultrazvukový snímek choroideálního hemangiomu [20]  
(a) A - scan (b) B - scan

## 2.11 Fluorescenční angiografie (FAG)

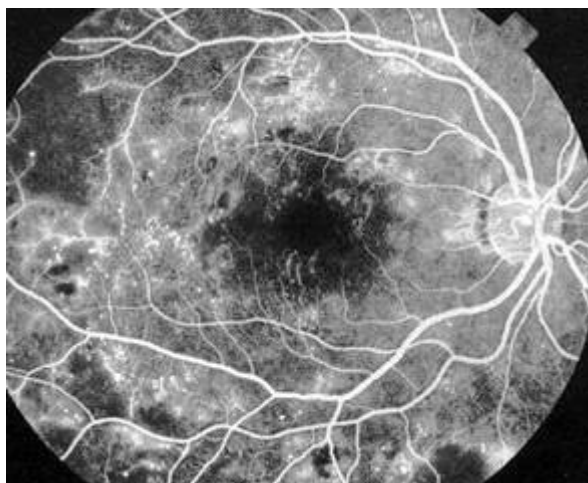
Fluorescenční angiografie umožňuje intravitálně prozkoumat detaily sítnicové cévní anatomie až do úrovně kapilár, hodnotí permeabilitu cévních stěn a zjištěné odchylky fotograficky dokumentuje a opakovaným vyšetřováním hodnotí i jejich vývoj. Vedle morfologických odchylek registruje fluorescenční angiografie i hemodynamické změny jak retinálního, tak choroidálního řečiště a mnohokrát přispěla k diagnostice oběhových poruch uvnitř lebky, hlavně karotického řečiště.

Vyšetření začíná nativním snímkem v dobré arteficiální mydriáze. Pak je pacientovi do kubitální žíly aplikován roztok fluoresceinu. V prvních 20 sekundách se snímá vyšetřovaná oblast s frekvencí 1 až 2 snímky za sekundu, další 2 až 3 minuty pak v intervalech 5 sekund. Na fundu proběhnou nejpodstatnější dynamické změny právě v této době. Záznam končí většinou snímkem v 10., 20. nebo 30. minutě. Na fundu se fluoreskující barvivo objeví do 20 sekund. Nejdříve probíhá arteriální fáze, kdy se naplní arteria centralis retinae a její větve. To se projevuje jasnou fluorescencí, zatímco cévy bez barviva zůstávají černé. Poté nastupuje kapilární či arteriovenózní fáze. V časně venózní fázi je dokončena náplň retinálních vén, kapilární síť je velmi zřetelná, fluorescence tepen a cévnatky začíná ubývat. Na konci postupně ubývá barviva, až zcela vymizí. Jen na okraji terče zbývá i po hodině malý zbytek fluorescence. Jakmile je cévní stěna porušena, dojde k průniku barviva do přilehlé oblasti sítnice. Pak se na těchto místech nacházejí ložiska hyperfluorescence. Stejně tak novotvořené cévy jsou patologicky permeabilní a při fluorescenční angiografii se zobrazí jako ložiska hyperfluorescence.

Indikací fluorescenční angiografie je spousta a týkají se hlavně oběhových poruch sítnice, arteriálních a venózních uzávěrů, zánětů cév, degenerativních procesů a dalších. Neurooftalmologické indikace se týkají hlavně diferenciální diagnózy městnavé papily a pseudopapilitidy, kdy často potvrzuje či vylučuje městnavou papilu jako důsledek nitrolební hypertenze. Zvláště často je FAG rozhodující v problematice drúzové papily. Nové poznatky poskytla FAG i k diagnóze neuritid optiku a ischemického edému terče [1,7,15].



Obrázek č. 11 Fluorescenční angiogram zdravého oka [23]



Obrázek č. 12 Fluorescenční angiogram diabetického pacienta [23]

### **2.12 Nové vyšetřovací techniky**

Na významu nabývají v poslední době metody zjištění stavu vrstvy nervových vláken sítnice – Heidelbergská retinální tomografie (HRT), optická koherentní tomografie (OCT), analýza nervových vláken (Gdx) a další. U všech technik se využívají vyhodnocovací programy, které porovnávají aktuální snímky s normativní databází. Všechna vyšetření jsou rychlá, pohodlná a nezatěžují pacienta. Kvalita měření je omezena vysokými refrakčními vadami a zkalením optických médií. Tyto techniky jsou přínosem zvláště při sledování progresu chorob.

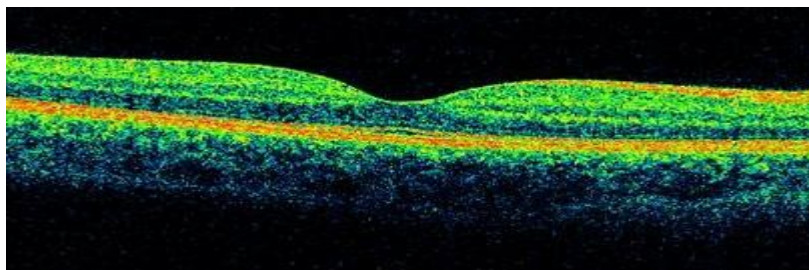
### 2.12.1 Heidelberský retinální tomograf (HRT II)

Heidelberský retinální tomograf je laserový skenovací systém, který má tři základní moduly vyšetření. Glaukomový modul poskytuje kvantitativní popis topografie terče zrakového nervu a posuzuje jeho změny. Makulární modul slouží k měření stupně edému sítnice a je určen k diagnostice a monitorování onemocnění makulární oblasti. Poslední rohovkový modul umožňuje intrastromální mikroskopii s optickou pachymetrií.

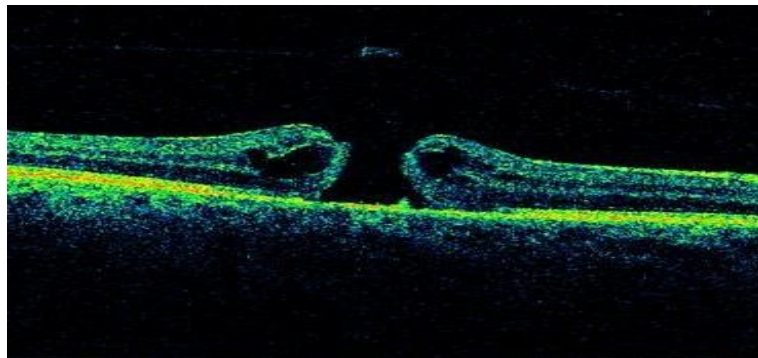
Postupné skenování sítnice je umožněno periodickým vychylováním laserového paprsku systémem oscilujících zrcadel. Množství odraženého světla potom měří speciální detektor a vytváří se série řezů, ze kterých je pak vytvořen trojrozměrný obraz. Tento obraz je srovnán s normovaným obrazem a jsou vyhodnoceny odchylky. Při prvním vyšetření se vyznačí hranice papily a vytvoří se tzv. konturní křivka. Tato křivka je pak porovnávána s dalšími měřeními a lze sledovat progresi choroby [12,14,16].

### 2.12.2 Optická koherentní tomografie (OCT)

OCT provádí a znázorňuje řezy sítnicí s vysokou rozlišovací schopností. Používá se především k diagnostice glaukomu a poruch sítnice. Díky vysokému rozlišení, neinvazivnosti a rychlosti je toto vyšetření u některých chorob první volbou. Nejčastěji vyšetřovanými místy jsou oblast makuly, papila zrakového nervu a vrstva nervových vláken. Optický koherentní tomograf pracuje na principu nízkokoherentní interferometrie. Interferometr měří časové rozdíly v odrazu kontrolního paprsku a paprsku odraženého od jednotlivých vrstev sítnice. Nejčastěji jsou k OCT vyšetření indikováni pacienti s diabetickou retinopatií, věkem podmíněnou makulární degenerací, choroidální neovaskularizací, makulární dírou a další [7,13,14,15].



Obrázek č.13 Fyziologický nález OCT [24]



*Obrázek č.14 OCT – makulární díra [24]*

### **2.12.3 Analyzátor nervových vláken (GDx)**

GDx využívá polarizačních vlastností sítnice k měření tloušťky vrstvy nervových vláken a nachází uplatnění opět především při onemocnění glaukomem. Podstatou vyšetření je laserová skenovací polarimetrie. Polarizované světlo laserového paprsku, který prochází sítnicí, je z hlubokých vrstev odráženo zpět, ale vlivem dvojlomnosti s určitým fázovým posunem. Detektor měří velikost tohoto fázového posunu. Hodnota změny fáze polarizovaného světla je přímo úměrná tloušťce vrstvy nervových vláken. Výsledek vyšetření je složený z pěti částí: tabulky dat, ze snímku očního pozadí, denzitního snímku, mapy odchylky a TSNIT grafu (Temporal-Superior-Nasal-Inferior-Temporal). Důležitým údajem v tabulce dat je hodnota NFI (Nerve Fiber Indicator), která sumarizuje nález. Hodnota NFI se pohybuje v rozmezí 1-100 a čím je vyšší, tím vyšší je riziko glaukomu. Snímek očního pozadí slouží ke kontrole ostrosti obrazu a přesnosti nastavení středu terče. Na denzitním snímku jsou jednotlivé pixely nahrazeny různými barvami podle tloušťky nervových vláken. Mapa odchylky je černobílá mapa, na níž jsou barevným kódováním znázorněny oblasti, kde byla měřením zjištěna odchylka od normy. TSNIT graf je lineární graf zobrazující průměrnou tloušťku vláken kolem papily [12,14].



# Nerve Fiber Analysis

With Variable Corneal Compensation

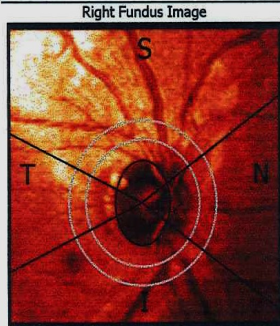
Oční klinika - FN Brno - Bohunice, Jihlavská 20 \*639 00 Brno

DOB: [REDACTED], Gender: Female, Ancestry: White

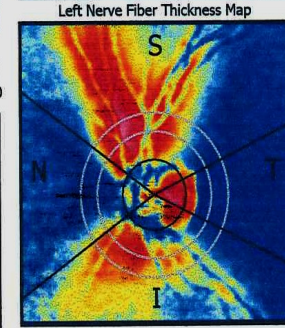
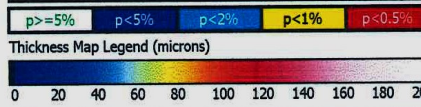
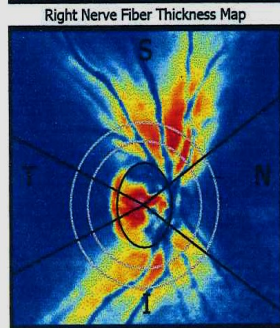
ID: [REDACTED]  
Print Date: 2/21/12 1:27 PM

OD Right Q: 8 Operator:  
H: 1210 μm V: 1675 μm  
Date: 2/21/12 13:25

OS Left Q: 5 Operator:  
H: 1396 μm V: 1396 μm  
Date: 2/21/12 13:26

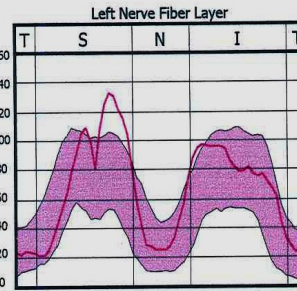
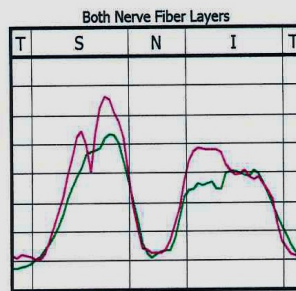
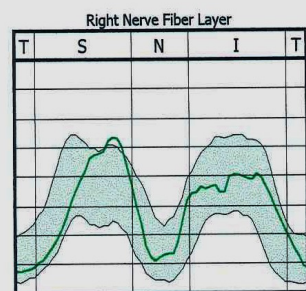
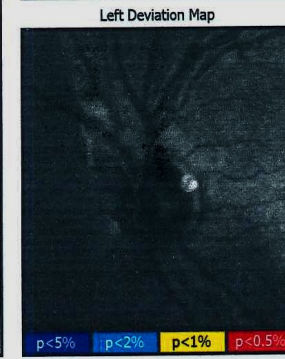


TSNIT Parameters	OD Actual Val.	OS Actual Val.
TSNIT Average	58.17	65.32
Superior Average	74.07	85.34
Inferior Average	70.74	76.95
TSNIT Std. Dev.	27.68	33.84
Inter-Eye Symmetry	0.96	
NFI	13	4



Impression / Plan:

Signature: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_



(c)1992-2002 Laser Diagnostic Technologies, Inc., All Rights Reserved  
GDx VCC: 5.3.1, System ID:0100A8A080000D5, NDB Version: 1.04.00

10864 Thornhill Road San Diego, CA 92127 (658) 673-7900 FAX: (658) 673-7900  
www.laseroptic.com

Obrázek č. 15 Fyziologický záznam měření metodou GDx [vlastní archiv]

## ZÁVĚR

Zamýšleným cílem mé bakalářské práce bylo věcně a srozumitelně přiblížit důležitost znalostí neurooftalmologických zákonitostí a procesů v praxi optometristy nejen oftalmologa, neurologa či neurooftalmologa. V první části jsem se věnovala popisu zrakové dráhy a jejích jednotlivých částí od sítnice až po zrakovou kůru mozku a popisu pupilární dráhy. Anatomické poznámky tak slouží k lepšímu pochopení další problematiky. V druhé části práce jsem se soustředila na jednotlivé vyšetřovací metody a jejich indikaci při poruchách zraku nebo neurologických potížích spojených se zrakem.

Některé z metod jsou velmi snadné, snadno aplikovatelné, avšak velmi důležité a mohou v každodenní praxi optometristy pomoci v diagnostice zrakové poruchy. Správná diagnostika tak může pacienta ušetřit dalších vyšetření a umožní rychlejší začátek léčby pacienta či zastavení progresu patologického procesu. Některá neurooftalmologická vyšetření jsou součástí každodenní práce optometristy, jiná jsou méně častá. Každý optometrista by ale měl mít o těchto vyšetřeních přehled a v případě nutnosti pacienta odeslat na specializované pracoviště, kde mu bude vyšetření provedeno.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek č. 1 Seřazení nervových vláken v očním nervu  
Obrázek č. 2 Schéma zrakové dráhy a přehled výpadů zorného pole typických pro léze jejích jednotlivých úseků  
Obrázek č. 3 Schéma pupilární dráhy  
Obrázek č.4 Fyziologický nález očního pozadí  
Obrázek č.5 Těžké změny očního pozadí diabetika  
Obrázek č.6 Landoltův kruh  
Obrázek č. 7 Tabulka pro vyšetřování kontrastní citlivosti  
Obrázek č.8 CT -Axiální snímek meningeomu optického nervu  
Obrázek č. 9 MR – Axiální snímek – ledvinovitý útvar v hrotu orbity  
Obrázek č.10 Ultrazvukový snímek choroideálního hemangiomu  
Obrázek č. 11 Fluorescenční angiogram zdravého oka  
Obrázek č. 12 Fluorescenční angiogram diabetického pacienta  
Obrázek č.13 Fyziologický nález OCT  
Obrázek č.14 OCT – makulární díra  
Obrázek č. 15 Fyziologický záznam měření metodou GDx



## SEZNAM ZKRATEK

CNS - centrální nervová soustava

CT – počítačová tomografie (computer tomography)

EMG – elektromyografie

ERG – elektroretinografie

FAG – fluorescenční angiografie

GDx – analyzátor nervových vláken

HRT – Heidelberský retinální tomograf

MR – magnetická rezonance (magnetic resonance)

MRI – magnetic resonance imaging

NFI – indikátor nervových vláken (nerve fiber indicator)

NMR – nukleární magnetická rezonance

OCT – optická koherentní tomografie

PEG – pneumoencefalografie

PERG – ERG na strukturované podněty

PVEP – zrakové evokované potenciály na strukturované podněty (pattern visual evoked potentials)

RTG – rentgen

TSNIT - Temporal-Superior-Nasal-Inferior-Temporal

UZ – ultrazvuk

V - vízus

VCTS – visual contrast test system

VEP – zrakové evokované potenciály (visual evoked potentials)

VG – ventrikulografie

ZP – zorné pole

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. OTRADOVEC, Jiří. *Klinická neurooftalmologie*. 1. vydání, Grada Publishing a.s., Praha, 2003
2. RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika*. 1. vydání, Institut pro další vzdělávání pracovníků Brno, Brno, 2000
3. KOLÍN, Jan. *Oftalmologie praktického lékaře*. 1. vydání, UK, Praha, 1994
4. KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Vyšetřování oka*. 1. vydání, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví Brno, Brno, 1995
5. KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka*. 1. vydání, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví Brno, Brno, 2000
6. KOLÍN, Jan. *Oční lékařství*. 2. vydání, UK, Praha, 2007
7. ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. 1. vydání, Galén, Praha, 2006
8. HYCL, Josef; VALEŠOVÁ, Lucie. *Atlas oftalmologie*. 1. vydání, TRITON s.r.o, Praha, 2003
9. OLÁH, Zoltán a kolektiv. *Očné lékařstvo*. 1. vydání, Osveta, Martin, 1998
10. HYCL, Josef. *Oftalmologie minimum pro praxi*. 2. vydání, TRITON s.r.o, Praha, 2006
11. KRAUS, Hanuš a kolektiv. *Kompendium očního lékařství*. 1. vydání, Grada Publishing a.s., Praha, 1997
12. KUCHYŇKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1. vydání, Grada Publishing a.s., Praha, 2007
13. [www.zdn.cz](http://www.zdn.cz)
14. ROZSÍVAL, Pavel. *Trendy soudobé oftalmologie: svazek 2*. 1. vydání, Galén, Praha, 2007
15. ŘEHÁK, Jiří; REHÁK, Matúš a kolektiv. *Venózní okluze sítnice*. 1. vydání, Grada Publishing a.s., Praha, 2011
16. [www.pmfhk.cz](http://www.pmfhk.cz)
17. GLASER, Joel S. *Neuro-ophthalmology*. 3. vydání, Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, USA, 1999

18. SINĚLNIKOV, *Atlas anatomie člověka III; Nauka o nervové soustavě, o ústrojích smyslových a o žlázách s vnitřní sekrecí*, 1. Vydání, Avicenum, Praha, 1982
19. *Atlas fyziologie člověka*. 1. vydání, Avicenum, Praha, 1984
20. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
21. RAIMROVÁ, Silvie. *Elektrofyzilogické vyšetřovací metody v oftalmologii*. Brno, 2010. Bakalářská práce. Lékařská fakulta. Masarykova univerzita.
22. [www.gemini.cz](http://www.gemini.cz)
23. [www.nyee.edu](http://www.nyee.edu)
24. [www.illinoisretinainstitute.com](http://www.illinoisretinainstitute.com)
25. [www.oculist.net](http://www.oculist.net)
26. [www.bjo.bmj.com](http://www.bjo.bmj.com)