

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI  
KATEDRA OPTIKY

**METODY VYŠETŘOVÁNÍ OČNÍHO FUNDU PŘÍMOU A NEPŘÍMOU  
OFTALMOSKOPIÍ**

Bakalářská práce

VYPRACOVALA:

Zuzana Horáková

Obor 5345R008 OPTOMETRIE

Studijní rok 2013/2014

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Mgr. Lucie Machýčková

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Lucie Machýčkové za použití literatury a uvedených zdrojů v závěru práce.

V Olomouci 5. 5. 2013

---

## **Poděkování**

V úvodu práce bych chtěla poděkovat Mgr. Lucii Machýčkové za konzultaci, cenné rady a připomínky. Tento text vznikl za podpory projektu IGA PřF UP v Olomouci s názvem "Optometrie a její aplikace", č. IGA\_PrF\_2014015.

## Seznam zkratk

D	dioptrie
BMP	formát souboru windows bitmap
JPEG	formát souboru
DICOM	digital imaging and communication in medicine
DVD	digitální optický datový nosič
CD	kompaktní disk
USB flash disk	přenosné paměťové zařízení
OCT	Optická koherenční tomografie
HRT	Heidelberg retinal tomography
OD	dexter - pravé oko
OS	sinister – levé oko

## Obsah

Seznam zkratek .....	4
Úvod.....	7
1. Anatomie sítnice a charakteristika jednotlivých struktur sítnice .....	8
1.1. Anatomie sítnice.....	8
1.1.1. Vrstvy sítnice .....	9
1.1.2. Buňky sítnice .....	13
1.1.3. Oční pozadí .....	15
2. Mydriatika a cykloplegika .....	18
2.1. Zornicové reakce .....	18
3. Oftalmoskopie.....	20
3.1. Historie oftalmoskopie .....	20
3.2. Princip oftalmoskopie .....	20
3.3. Přímá oftalmoskopie .....	21
3.3.1. Direktní oftalmoskop .....	22
3.3.2. Možnosti využití oftalmoskopu .....	23
3.4. Nepřímá oftalmoskopie .....	24
3.4.1. Indirektní oftalmoskop.....	24
3.4.2. Nepřímá oftalmoskopie pomocí štěrbinové lampy.....	25
4. Moderní metody vyšetřování sítnice.....	28
4.1. Digitální fundus kamera .....	28
4.1.1. Funkce digitální kamery .....	29
4.1.2. Popis přístroje – sestava základní jednotky .....	30
4.2. Optická koherenční tomografie.....	32
4.2.1. Princip OCT .....	32
4.2.2. Postup vyšetření .....	33
4.3. Heidelbergův retinální tomograf (HRT) .....	34
4.3.1. Princip HRT.....	34
4.3.2. Postup vyšetření .....	36
5. Přehled vybraných patologických změn na sítnici .....	37
5.1. Přehled chorobných změn cév .....	37

5.1.1. Embolie centrální sítnicové tepny.....	37
5.1.2. Trombóza sítnicových cév .....	38
5.1.3. Retinopatie .....	38
5.2. Dystrofická a degenerativní onemocnění sítnice .....	41
5.2.1. Myopická degenerace sítnice .....	41
5.2.2. Pigmentová degenerace sítnice .....	42
5.2.3. Odchlípení sítnice .....	42
5.2.4. Nádory .....	43
5.3. Nemoci zrakového nervu a zrakové dráhy .....	44
5.3.1. Onemocnění zrakové dráhy .....	44
5.3.2. Onemocnění očního nervu .....	45
5.4. Choroby makuly .....	47
5.4.1. Suchá forma makulární degenerace .....	47
5.4.2. Vlhká forma makulární degenerace .....	47
Závěr .....	49
Seznam literatury .....	50

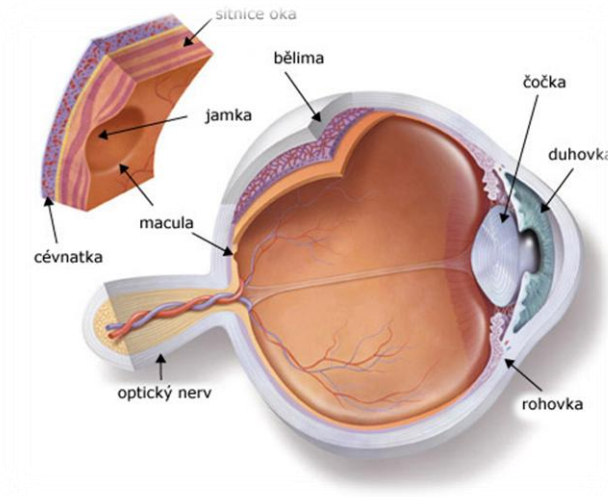
## Úvod

Jeden z nejdůležitějších smyslů je zrak. Ten umožňuje vnímat světlo a následně na sítnici vytvářet obraz. Pomocí zraku vnímáme kontrast, barvy, tvary a především nám umožňuje se dobře orientovat v prostoru. Proto je důležité o svůj zrak pečovat a především chodit na pravidelné oční kontroly. Mezi základní vyšetření zraku patří oftalmoskopie. Oftalmoskopie je jedním z nejdůležitějších objektivních vyšetření, protože nám odhalí nežádoucí změny na sítnici. Zde se projevuje spousta onemocnění, které můžou navždy poškodit náš zrak. Jsou to například glaukom, diabetická retinopatie, hypertonická retinopatie, sklerotická retinopatie, pigmentová degenerace sítnice, amoce sítnice a věkem podmíněná okulární degenerace.

Sítnici můžeme vyšetřovat několika způsoby. Základním vyšetřením je oftalmoskopie, kterou provádíme pomocí oftalmoskopu. Oftalmoskopii rozdělujeme na přímou a nepřímou. Jako přímou oftalmoskopii označujeme vyšetření pomocí direktního oftalmoskopu. Direktní oftalmoskop je zařízení, které svítí do oka a vyšetřující se přes něj dívá přímo vyšetřovanému do oka. Další možností je oftalmoskopie nepřímá, ta se provádí pomocí indirektního oftalmoskopu. Indirektní oftalmoskop má vyšetřující připevněn na hlavě a k pozorování očního pozadí vyšetřovaného potřebuje ještě speciální čočku. Nepřímou oftalmoskopii provádíme nejčastěji na šterbinové lampě s Hrubyho či Volkovou čočky. Pro detailní vyšetření jednotlivých částí se užívá vyšetření pomocí fundus kamery, OCT a HRT.

## 1. Anatomie sítnice a charakteristika jednotlivých struktur sítnice

Sítnice (retina) je jednou z nejdůležitějších částí oka. Na sítnici se vytváří obraz, který se pak přenáší zrakovou dráhou až do mozku. [1]



*Obr. č. 1 Průřez okem [22]*

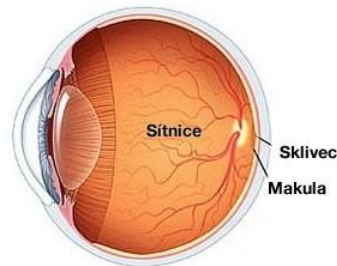
### 1.1. Anatomie sítnice

Sítnici, lat. retina, rozdělujeme na dvě části. První částí je část optická, která se rozprostírá od ora serrata až k papile. Tato část sítnice se nazývá pars optica retinae. Od ora serrata pokračuje retina ve změněné struktuře do epitelu řasnatého tělíska a duhovky. Druhou částí je část neoptická, neboli slepá část sítnice - pars coeca retinae. Tato část sítnice neobsahuje žádné smyslové ani nervové elementy. [1]

Makroskopicky vypadá sítnice jako velmi jemná transparentní blána, která má růžové zbarvení. Její tloušťka kolísá mezi 0,1 až 0,3 mm. Retina je volně přiložena k cévnatce. Fixována je pouze k ora serrata a k papile. Z hlediska embryologie pochází sítnice z vnitřního listu očního pohárku a obsahuje smyslové receptory a nervové buňky. [1]



Sítnice přijímá zvenčí do oka dopadající paprsky světla, které se mění vlivem chemického procesu na elektrické impulsy vedené dále směrem do mozku. Ke splnění této úlohy jsou v sítnici jednotlivé vrstvy s přesně definovanými úlohami. Mezi tyto elementy patří tyčinky a čípky, bipolární a gangliové buňky a celou výstavbu sítnice doplňují buňky podpůrné a buňky asociační. [1]

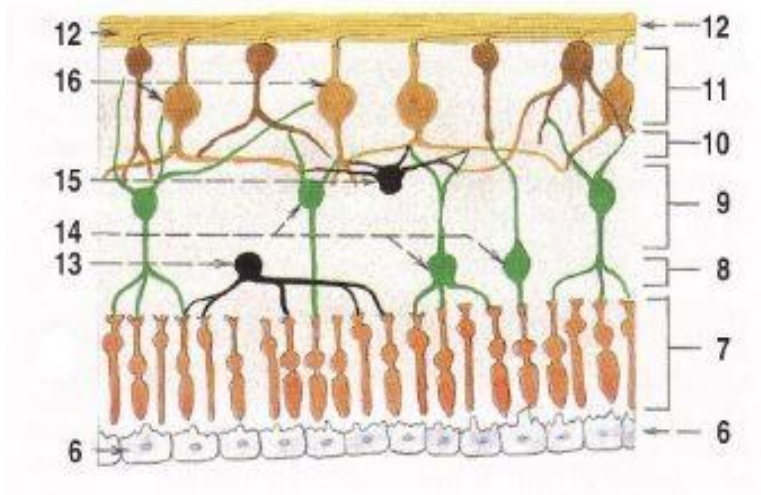


**Obr. č. 2** Rozložení struktur sítnice v oku [23]

### 1.1.1. Vrstvy sítnice

Na sítnici rozlišujeme dvě základní vrstvy. Je to vnitřní vrstva sítnice, tzv. neuroretina, a zevní vrstva jednovrstevného retinálního pigmentového epitelu. Optickou část sítnice rozdělujeme podle histologického hlediska celkem do 10 vrstev: [2]

1. Pigmentový epitel
2. Vrstva zevních výběžků tyčinek a čípků
3. Vnější membrána
4. Vnější vrstva jader světločivých buněk
5. Vnější plexiformní vrstva
6. Vnitřní jaderná vrstva
7. Vnitřní plexiformní vrstva
8. Vrstva gangliových buněk
9. Vrstva zrakových nervových vláken
10. Vnitřní membrána [1]



**Obr. č. 3** Vrstvy sítnice [3]

6 – pigmentový epitel, 7 – vrstva tyčinek a čípků, 8 - vrstva synapsí a dendritů bipolárních buněk, 9 – vrstva těl a jader bipolárních buněk, 10 – vrstva synapsí mezi axony bipolárních buněk a dendrity gangliových buněk, 11 – vrstva těl gangliových buněk tvořící ganglion nervi optici, 12 – vrstva nervových vláken, 13 – horizontální buňka, 14 – bipolární buňky, 15 – amakrinní buňky, 16 – gangliové buňky

### **Pigmentový epitel sítnice**

Pigmentový epitel je jednovrstevný kubický epitel. Výběžky jeho buněk obsahují četné melanosomy a vstupují mezi tyčinky a čípky. Hlavní funkcí tohoto epitelu je výživa a transport kyslíku pro světločivé elementy, které na něj naléhají. [1]

### **Světločivé buňky sítnice**

Mezi světločivé elementy sítnice řadíme tyčinky a čípky. V sítnici se nachází přibližně 130 milionů smyslových buněk. Z toho je asi 120 milionů tyčinek a 6 – 7 milionů čípků. Stárnutím se počet čípků nemění, ale hustota tyčinek se snižuje o 30%. Fotoreceptory se odlišují podle speciálních rysů, jako je tvar zevních a vnitřních segmentů, umístění jádra a tvar synaptických zakončení. Všechny receptory mají zevní segment, který obsahuje zrakový pigment a vnitřní segment, v němž se uskutečňují metabolické procesy. [1,2,3]

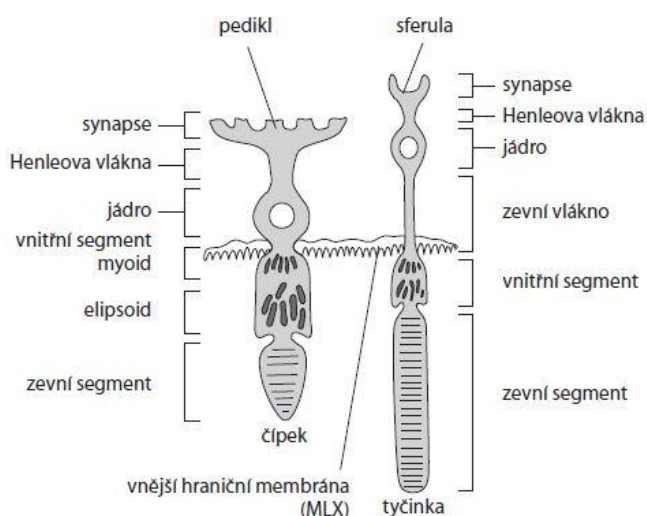
### a) Tyčinky

Tyčinky jsou světločivé elementy specializované pro vnímání světelných rozdílů i za velmi nízkých hladin osvětlení. Mají velkou senzitivitu zvláště v modrozelené oblasti – fotopické vidění. V zevním segmentu mají složené ploché vesikuly, jako mince ve sloupečku, tvořené jemnými membránami. Je jich celkem 600 až 1000. Obsahují zrakový purpur, který se nazývá rodopsin. Ten vlivem dopadu světelných paprsků bledne a vyvolává nervové vzruchy, vycházející na opačné straně buňky zaoblenou nožkou, která představuje neurit fotoreceptoru a končí synapsí s dendrity bipolárních buněk. [2,3]

### b) Čípky

Nejvíce čípků je nakupeno ve fovee, která obsahuje 10% všech čípků sítnice. V makule hustota čípků rychle klesá, za jejími hranicemi je relativně konstantní, ale nepravidelně rozložená. Více se jich nachází nazálně než temporálně. Mají podobnou stavbu jako tyčinky, ale liší se svým tvarem. Jsou kratší, silnější a konické. Jejich zevní segment má membránové duplikatury podobné plochým vezikulám tyčinek. Membránové duplikatury však netvoří samostatné vesikuly jako u tyčinek, ale hřebenovitě vybíhají z povrchové membrány zevního segmentu čípku. Barvivo uložené na membránách se nazývá iodopsin. Toto barvivo je maximálně citlivé na červené světlo. Iodopsin svou přeměnou při dopadu světla také vyvolává nervové vzruchy, které přecházejí neuritem čípku na synapse čípku s dendrity bipolárních buněk.

[2,3]



**Obr. č. 4** Diagram čípku a tyčinky [ 2]

### ***Vnější membrána***

V elektronovém mikroskopu se jeví jako vrstva horizontálně probíhajících výběžků Müllerových buněk. [1]

### ***Vnější jaderná vrstva***

Tato vrstva je tvořena buněčnými těly fotoreceptorů, přičemž těla čípků leží blízko vnější membráně. [1]

### ***Vnější plexiformní vrstva***

Vrstva vláken, která spojuje receptory s bipolárními buňkami. Zasahují sem kapiláry retinálních cév. [1]

### ***Vnitřní jaderná vrstva***

Obsahuje jádra horizontálních buněk, bipolárních buněk, Müllerových a amakrinních buněk. [1]

### ***Vnitřní plexiformní vrstva***

Tato vrstva obsahuje neurity bipolárních buněk a dendrity gangliových buněk. Leží v ní synapse mezi prvním a druhým neuronem. [1]

### ***Gangliová vrstva***

Je tvořena z těl gangliových buněk druhého neuronu. Krátké neurity bipolárních buněk se připojují na dlouhé dendrity gangliových buněk a ve svém celku představují ganglion opticum. [1]

### ***Vrstva zrakových vláken***

Tato vrstva je tvořena neurity gangliových buněk, které v počtu 1 milion směřují k papile. Tyto vlákna nemají pochvy a dostávají je teprve po výstupu z bulbu. Směrem k papile mají nervová vlákna charakteristický průběh, přičemž vlákna z makuly, tzv. makulopapilární svazeček, jde přímo k papile. Ostatní vlákna směřují směrem k papile v obloucích. [1]

## ***Vnitřní membrána***

Pokrývá celou sítnici a ohraničuje ji proti sklivci. [1]

### **1.1.2. Buňky sítnice**

Sítnice je složena z pěti druhů buněk. Mezi buňky sítnice řadíme smyslové buňky – světločivé buňky sítnice, bipolární buňky, buňky gangliové, tzv. asociační buňky a buňky podpůrné. [1]

#### ***Smyslové buňky – receptory***

Jako smyslové buňky sítnice označujeme tyčinky a čípky. Tyto buňky jsou již popsány v kapitole *1.1.1. Vrstvy sítnice*. [1]

#### ***Bipolární buňky***

Bipolární buňky jsou nervové buňky, které se svými výběžky tvoří **první neuron sítnice** a tím i zrakové dráhy. Tyto buňky jsou zprostředkovateli mezi smyslovými receptory a mezi gangliovými buňkami. Spojení mezi receptorem a bipolární buňkou na jedné straně a bipolární buňkou a gangliovou buňkou na straně druhé se může dít dvěma způsoby a to tzv. individuálním spojením a difúzním přepojením. O individuálním spojení hovoříme tehdy, je-li spojení z jednoho receptoru na jednu bipolární buňku. Toto spojení existuje pouze v centru fovey. Je to asi 2 500 čípků, které jsou individuálně přepojovány. Směrem do periferie se připojuje na jednu bipolární buňku vždy více smyslových receptorů. U tyčinek individuální přepojování nebylo prokázáno. Pokud je ale několik smyslových buněk napojeno na jednu bipolární buňku a několik bipolárních buněk napojeno na jednu gangliovou buňku, pak hovoříme o difúzním přepojení. To se může uskutečňovat přes bipolární buňku také tak, že je spojena jenom s jednou gangliovou buňkou nebo s větším počtem gangliových buněk. Na bipolární buňku může být napojen čípek zároveň s tyčinkou. Spojení těchto smyslových buněk s bipolárními buňkami představuje ve svém celku ganglion retinae.

[1]

### ***Gangliové buňky***

Gangliové buňky leží v nejvnitřnější jádrové vrstvě sítnice a tvoří se svými výběžky **druhý sítnicový neuron**. Jejich neurit, nervové vlákno, zasahuje až do primárního zrakového centra umístěného v mozku v corpus geniculatum laterale. Gangliové buňky jsou různě veliké. Nejmenší jsou kolem centrální krajiny, větší leží periferně. Kolem centrální krajiny jsou tyto buňky v 5 – 7 vrstvách. Směrem do periferie mají už jen jednu vrstvu. [1]

### ***Asociační buňky***

Asociační buňky jsou umístěny ve vnitřní jádrové vrstvě sítnice. To je ve stejné vrstvě, jako jsou umístěna jádra bipolárních buněk. Mezi asociační buňky řadíme buňky horizontální a amakrinní. [1]

Horizontální buňky leží při horní hranici vnitřní jádrové vrstvy sítnice a jejich krátké dendrity tvoří synapse s konečnými košíčky čípků. Vybíhající neurit je spojen buď se zakončením tyčinky, nebo čípku. Vzruchy mezi nimi jsou vedeny horizontálně, kolmo na svislé vedení mezi neurony. Jejich přesná úloha není známa, uvažuje se i o možnosti jejich funkce v látkové výměně. [1]

Amakrinní buňky jsou také umístěny ve vnitřní jádrové vrstvě a jejich výběžky se rozprostírají ve vnitřní vrstvě vláken. Jejich dendrity mohou spojovat i větší množství gangliových buněk. Je jim připisována úloha podpůrných buněk. [1]

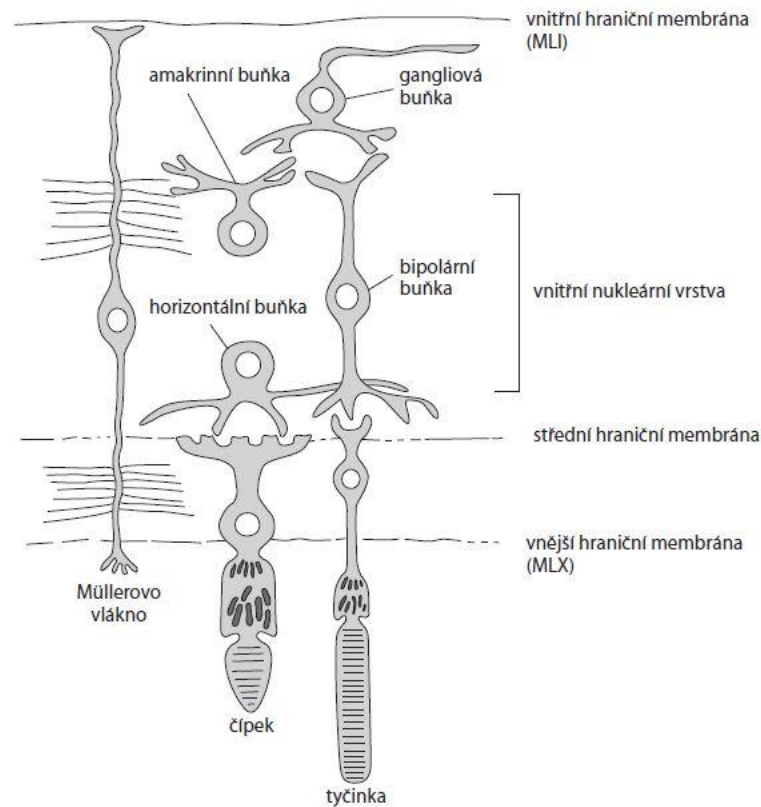
### ***Podpůrné buňky***

Všechny nervové součásti sítnice jsou obklopeny podpůrnou tkání, která má i úlohu vyživovací. Jsou to **Müllerovy podpůrné buňky** a **neuroglie**. [1]

Podpůrná vlákna Müllerových buněk jsou uspořádána do síťoviny, která prostupuje všemi vrstvami sítnice. Jádra Müllerových buněk leží ve stejné vrstvě jako jádra bipolárních buněk. Jejich postranní výběžky jsou v oblasti jádrových vrstev sestaveny do proděravělých lamel, zatímco ve vrstvách vláken mají hustou fibrilární strukturu. Sahají od vnější až po vnitřní hraniční sítnicovou membránu. [1]

Neuroglie je podpůrnou tkání centrálního nervového systému a vyskytuje se také v sítnici. Cévní kapiláry jsou obklopeny perivaskulární glií. Tímto způsobem je vytvořena bariéra mezi nervovou a cévní tkání. Mikroglie je další podpůrnou tkání

mezodermálního původu schopnou fagocytózy. Mezi podpůrné buňky počítáme i astrocyty, které zprostředkovávají látkovou výměnu mezi nervovou tkání a cévami. [1]



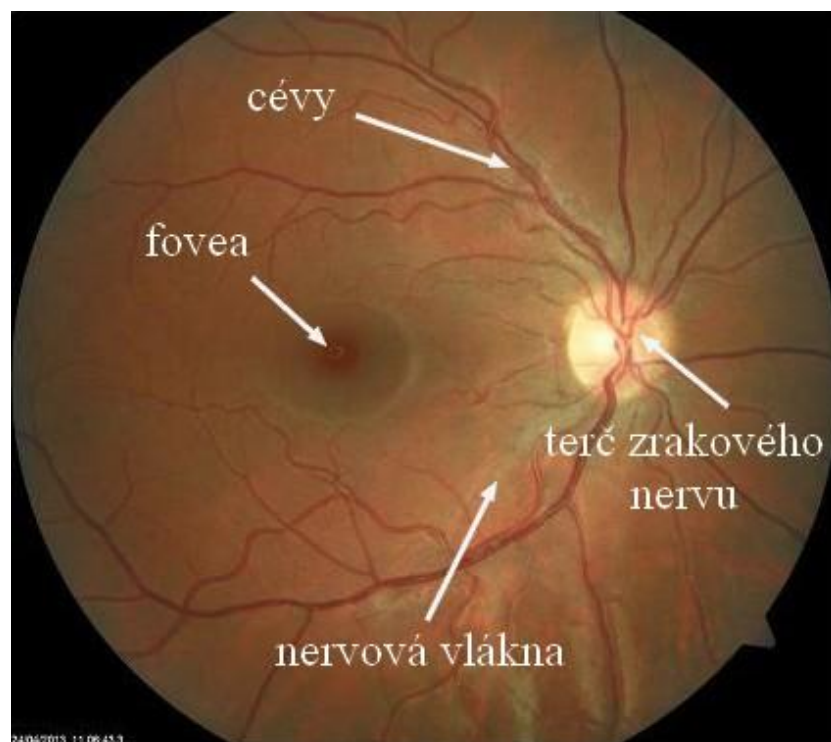
**Obr. č. 5** Neurální spoje na sítnici [2]

### 1.1.3. Oční pozadí

Očním pozadím nazýváme část sítnice, kterou můžeme vidět přes zornici při vyšetření oftalmoskopem. Je na něm patrný *discus nervi optici* – místo, kde se sbíhají nemyelizovaná nervová vlákna z ganglion nervi optici, tj. z gangliových buněk sítnice. Je to okrouhlý terč o průměru kolem 1,5mm, který se nachází navnitř od osy bulbu. Toto místo na sítnici je zcela zaplněno nervovými vlákny. Při pohledu na oční pozadí je bělavé a lehce vystouplé. Toto místo označujeme jako *papilla nervi optici*. Uprostřed této papilly je jamka, která se nazývá *excavatio disci*. V této jamce vstupuje na sítnici *arteria centralis retinae*, která přichází jako větev *arterie ophthalmica*. Odtud se *arterie centralis retinae* větví po sítnici. [3]

Souběžně s a. centralis a s jejími větvemi jde i *vena centralis retinae* a její přírodní větve. V místě discus nervi optici nejsou světločivé buňky sítnice, toto místo je „slepé“ a označuje se proto jako „slepá skvrna“. Místo tohoto disku je současně jediným místem na očním pozadí, kde je sítnice pevně spojena s hlubšími vrstvami. Dalším takovým místem sítnice je linie ora serrata. [3]

Zevně od discus nervi optici a zevně od osy bulbu je místo nejostřejšího vidění, tzv. *makula lutea*, neboli žlutá skvrna, která se složena převážně z čípků a bez větších cévních větví. Díky svojí stavbě má nažloutlou barvu a tím je odlišná od okolí sítnice. V macula lutea je ještě uprostřed vkleslá tzv. *fovea centralis*, v jejímž středu probíhá zorná osa oka. V místě fovea centralis jsou jen světločivé buňky a proto je to místo nejostřejšího vidění. [3]



**Obr. č. 6** Oční pozadí – pořízené fundus kamerou, popis



## **Cévní zásobení sítnice**

Výživu retiny zajišťují dva cévní systémy. První je centrální sítnicová arterie a choriocapilaris cévnatky. Centrální sítnicová arterie je větví arterie ophthalmica, která se odštěpuje z arteria carotis interna. Tato céva vstupuje do očního nervu asi 10 – 15 mm za bulbem. Na papile je oddělena od sklivce jen vnitřní hraniční membránou. Odstup cév z papily vykazuje značnou variabilitu. Obvykle se dělí na horní a dolní větev a ty se zase dělí na jejich temporální a nasální větvičku. Dělení během průběhu cév je vždy dichromatické a neexistují žádné anastomózy. [1]

Retinální cévy jsou konečnými cévními větvemi. Sítnicové kapiláry mají zvláštní stavbu a jejich stěny nepropouštějí větší množství molekuly. Centrální sítnicová arterie vyživuje první a druhý neuron, tvořený bipolárními a gangliovými buňkami, přičemž kromě povrchního cévního větvení, které leží ve vrstvě zrakových nervových vláken, existuje ještě hlubší cévní pleteň, která leží mezi vnější vrstvou vláken a vnitřní vrstvou jader sítnice. [1]

Retinální pigmentový epitel a smyslová vrstva sítnice je vyživována pouze z choriocapilaris cévnatky. Vzácně může vyživovat tyto vrstvy sítnice na zadním pólu oka arteria cilioretinalis odstupující z arteriálního prstence při okraji papily. [1]

Vény probíhají souběžně s tepnami, sbíhají se směrem k papile a opouštějí oční nerv v místě tepenného vstupu. Po výstupu z očního nervu je krev žilním systémem odváděna směrem k horní očníkové štěrbině a to buď přímo, nebo po vstupu do horní oční vény. [1]

## 2. Mydriatika a cykloplegika

Mydriatika a cykloplegika jsou farmaka, která se používají k rozšíření zornice a k uvolnění akomodace. Rozšířená zornice je potřeba k přesnému vyšetření očního pozadí. Bez mydriázy nevyšetříme sítnici v dostatečném rozsahu, protože zúžená zornice má za následek malé zorné pole vyšetřujícího. Nejčastějším cykloplegikem je atropin patřící do skupiny parasymptolytik, který zcela vyřadí akomodaci. [12]

Parasympalytika jsou látky, které inhibují parasympatickou stimulaci. Mezi parasymptolytika řadíme alkaloidy atropin a skopolamin. Tyto látky se dobře absorbují do spojivkového vaku a snadno pronikají do CNS. Jednotlivá parasymptolytika se liší intenzitou a dobou trvání mydriázy. [13, 14]

K dilataci zornic pro diagnostický účel se používají látky s kratší dobou působení, které na základě své chemické struktury mohou relativně dobře pronikat membránami. Homatropin působí mydriaticky zhruba jeden den, cyklopentolát 12-24 hodin a tropikamid jen asi 6 hodin. Pro dlouhodobou dilataci zornic se používají roztoky atropinu a skopolaminu. Účinek atropinu trvá 7 až 10 dní a skopolaminu 3 – 7 dní. V oftalmologii se všechny tyto látky aplikují v 0,5% -2,0% roztoku jako kapky do spojivkového vaku. [15]

S každým vyvoláním mydriázy se nese nebezpečí vyvolání glaukomového záchvatu, nebo zhoršení stávajícího glaukomu s úzkým úhlem. [15]

### 2.1. Zornicové reakce

Velikost zornice je dána činností dvou antagonisticky působících hladkých svalů – *Musculus dilatator pupilae* a *musculus sphincter pupilae*. *Musculus dilatator pupilae* je orientováno radiálně. Začíná u kořene duhovky a končí asi 1 mm od okraje zornice. Jeho stah působí rozšíření zornice, tzv. *mydriázu*. *Musculus sphincter pupilae* je uložen více na povrchu duhovkového stromatu a koncentricky obkružuje jeho pupilární okraj. Kontrakce sphincteru způsobí zúžení zornice, tzv. *miózu*. Změnami šíře zornice je regulováno především množství světla

dopadajícího na sítnici. Na velikost zornic působí také další faktory jako je věk, stav bdělosti či stupeň akomodace vyšetřovaného oka. Aktuální šíře zornic a jejich změny jsou řízeny sympatickým a parasympatickým nervovým systémem. [16]



**Obr. č. 7** *Mydriáza* [24]

### 3. Oftalmoskopie

K vyšetření a zobrazení očního pozadí používáme několik možných objektivních vyšetření. Oční pozadí můžeme zobrazit pomocí přímého oftalmoskopu, nepřímého oftalmoskopu a za pomoci šterbinové lampy s přídatnou Hrubyho rozptylnou čočkou nebo s Volkovou asférickou čočkou. [5]

Jako oftalmoskopii označujeme objektivní vyšetřovací metodu, která nám umožňuje vyšetření očního pozadí pomocí oftalmoskopu. Oftalmoskopii rozdělujeme na přímou a nepřímou. [5]

#### 3.1. Historie oftalmoskopie

V roce 1850 sestrojil první oftalmoskop německý fyziolog, lékař, matematik, fyzik a filozof Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, který patří mezi nejvýznamnější osobnosti vědy 19. století. Vystudoval medicínu na berlínském vojenském lékařském ústavu Bedřicha Viléma. Svými znalostmi zasáhl do mnoha oborů přírodních věd, mezi které patří také optika. [4,8]

#### 3.2. Princip oftalmoskopie

Do vyšetřovaného oka vrháme zrcátkem světlo ze světelného zdroje, který je umístěn vedle hlavy vyšetřovaného. Otvorem, který je uprostřed zrcátka, pozorujeme zornici vyšetřovaného oka. Za normálních okolností zornice jasně červeně září. Pozorujeme takzvaný červený reflex. Podstatou tohoto červeného reflexu je světlo odražené z nitra vyšetřovaného oka od očního pozadí. [5]

Zrcátko při vyšetřování držíme těsně před svým okem a ze vzdálenosti asi 40 cm pozorujeme zornici



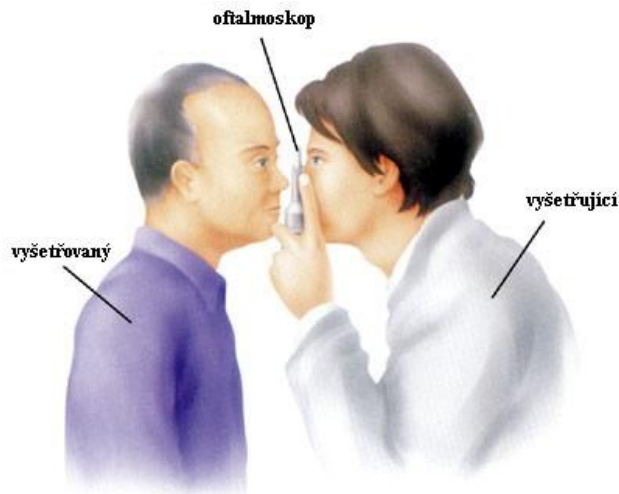
**Obr. č. 8** Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz [25]

vyšetřovaného, do které vrháme zrcátkem odražené světlo od světelného zdroje. Zornice u zdravého oka jasně září. V tomto případě říkáme, že reflex je dobře vybavený. Pokud jsou v optických médiích oka přítomny nějaké zákaly, pak je reflex částečně zastíněn nebo je i zcela nepřítomný. Pokud zornice zůstane černá, pak hovoříme o nevybaveném reflexu. [5]

### **3.3. Přímá oftalmoskopie**

Při této metodě oftalmoskopie užíváme oftalmoskop se zabudovaným zdrojem světla a soustavou čoček. Je třeba vyšetřovat v zatemnělém prostředí. Jako vyšetřující se posadíme naproti vyšetřovanému. Pro vyšetření pravého oka vyšetřovaného držíme oftalmoskop v pravé ruce. Vyšetřovaného poprosíme, aby se svým pravým okem díval za naše pravé ucho. Oftalmoskop držíme v pravé ruce a pravým okem, ze vzdálenosti asi 5-7 cm, pozorujeme oční pozadí pravého oka vyšetřovaného. Obraz, který vidíme je přímý a 16x zvětšený. Zaostrujeme posunem čoček oftalmoskopu. Vyrovnáme svoji korekci a korekci vyšetřovaného, což znamená, že sečteme svoji korekci s korekcí vyšetřovaného. [6]

Nejprve vyšetřujeme papilu zrakové nervu, která se nám jeví jako růžová, ohraničení s centrální fyziologickou exkavací, kde v cévní brance vystupuje arterie centralis retinae. Ta se zpravidla ještě na papile dělí na krátkou horní a dolní větevku. Každá větevka se pak dále dělí na větev temporální a nasální. Vena centralis retinae je trochu tmavší a asi o 1/3 silnější než arterie centralis retinae. Dále hodnotíme stav cév, sledujeme jejich průběh, větvení, křížení, zároveň hodnotíme stav celého očního pozadí až do periferie sítnice. Na závěr vyšetřujeme makulu, místo nejostřejšího vidění, které je také nejcitlivější. Makula se nám jeví jako sytě červená, bezcévnatá a uprostřed září drobný foveolární reflex. Levé oko vyšetřujeme stejným způsobem, ale opět levé oko vyšetřovaného vyšetřujeme svým levým okem. [6]



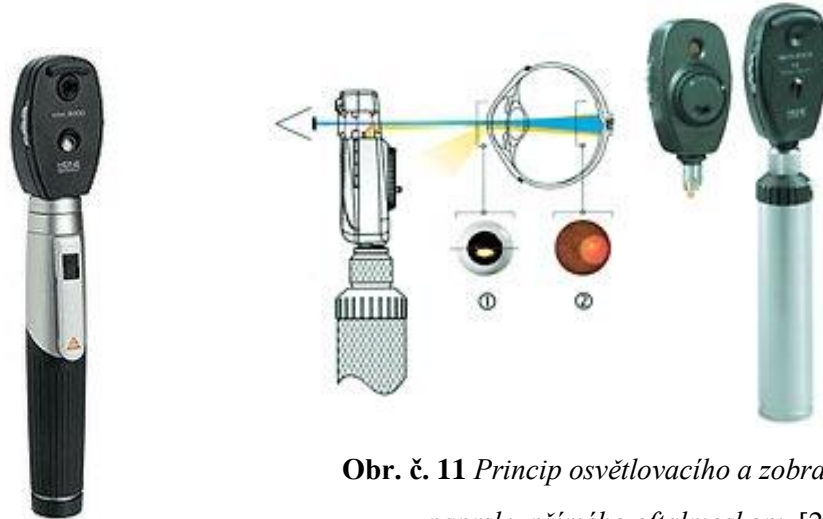
**Obr. č. 9** Přímá oftalmoskopie [26]

### 3.3.1. Direktní oftalmoskop

K přímé oftalmoskopii se v současné době nejčastěji používá elektrický oftalmoskop se zabudovaným zdrojem světla. Elektrický oftalmoskop je vlastně vylepšené oční zrcátko, které je zabudované do přesného optickomechanického přístroje. Je opatřeno vlastním zdrojem světla, optickým systémem, otočnými kotouči se sadami malých korekčních skel, které lze podle potřeby předsazovat do průběhu paprsků před pozorovací otvor, a speciálními filtry a testy. [7]

V rukojeti je zasunuto osvětlovací těleso se žárovkou, nad kterou je umístěn dvoučočkový kondenzor a otočný kotouč s barevnými filtry, značkami a kruhovou clonou. Rukojeť přechází v hlavici. V ní jsou pak uloženy dva otočné kotouče, které osahují sady korekčních skel. Jejich vzájemnou kombinací lze před oko vyšetřujícího předřadit korekce v rozsahu od  $+20,0$  D do  $-30,0$  D. Pod průzorem je v hlavici místo zrcátka umístěn speciální hranol, který zaručuje kvalitní chod světleného svazku paprsků ve správném úhlu. Na druhé straně hlavice jsou nad průzorem a pod ním okénka, ve kterých jsou vidět hodnoty vrcholových lámavostí předřazených čoček spodního a horního kotouče. Ve spodním kotouči jsou zabudována skla  $\pm 1,0$  D až  $\pm 10,0$  D, odstupňovaná po 1 dioptrii. V horním kotouči jsou pak skla o lámavosti  $+ 10,0$  D,  $- 10,0$  D a  $- 20,0$  D. Pod hlavicí je na rukojeti posuvný ovladač, kterým se v rukojeti posouvá objektiv. Tím se zaostřují promítnuté

testy na pozadí. Žárovka osvětlovacího tělesa je centrována ve zvláštní objímce tak, aby střed jejího vlákna byl v ose optického systému. S elektrickým oftalmoskopem lze vyšetřovat i na denním světle, a proto jej lze využít i u vyšetření ležících pacientů přímo na lůžku. [7]



*Obr. č. 10* Direktní oftalmoskop [27]

*Obr. č. 11* Princip osvětlovacího a zobrazovacího paprsku přímého oftalmoskopu [28]

### 3.3.2. Možnosti využití oftalmoskopu

Přímý oftalmoskop lze využít i k jiným vyšetřením, jako je orientační zjištění refrakce a vyšetření excentrické fixace. Centrální fixaci je nutné vyšetřovat především u dětí. Abychom mohli vyšetřovat centrální fixaci, musí oftalmoskop umožňovat promítání orientačních a záměrných značek na sítnici. Takový oftalmoskop bývá navíc vybaven i potenciometrem pro regulování osvitových podmínek na sítnici. [9]

#### Princip vyšetření excentrická fixace

Excentrická fixace je monokulární adaptační jev, kdy funkci fovey převezme jiný bod sítnice při monokulárním i binokulárním vidění. K adaptaci dochází přímo na sítnici a projevuje se horší zrakovou ostrostí. Čím větší bude úhel excentrické fixace, tím horší bude zraková ostrost, méně přesná fixace a větší sítnicová oblast používaná pro fixaci. Úhel excentrické fixace může být ve směru šilhání nebo v opačném směru, tzv. paradoxní excentrická fixace. V době, kdy fovea není úplně rozvinutá, vzniká tzv. bloudivá fixace. V tomto případě vznikají bloudivé pohyby oka při rozsáhlé oblasti

pro excentrickou fixaci. Oftalmoskopem excentrickou fixaci vyšetřujeme v mydriáze, kterou navodíme pomocí mydriatik. Vyšetřovaný se dívá do světla oftalmoskopu a hodnotíme pozici foveolárního reflexu vzhledem k záměrné síti. [17]

### **3.4. Nepřímá oftalmoskopie**

Oční pozadí vyšetřujeme pomocí indirektního oftalmoskopu ze vzdálenosti asi 40 cm. V této metodě oftalmoskopie používáme spojnou čočku asi + 10,0 D až +30,0 D, kterou přidržujeme před vyšetřovaným okem ve vzdálenosti asi 3 až 10 cm podle optické mohutnosti předkládané spojky. V prostoru mezi lupou a vyšetřujícím se nám vytvoří skutečný, převrácený a zvětšený obraz pozorovaného očního pozadí. Při této metodě oftalmoskopie se nám zobrazí sice větší část očního pozadí i periferie než u přímé oftalmoskopie, zvětšení je však menší. Velikost zvětšení se udává 4 – 5x. [7,8,2]

#### **3.4.1. Indirektní oftalmoskop**

Vyšetřující má toto zařízení umístěné na hlavě. Světlo se pomocí předřazené spojné čočky spojuje na sítnici, které vyvolá obraz. Ten pak vyšetřující pozoruje binokulárně. Pomocí tohoto zařízení můžeme vyšetřovat i periferii sítnice a pars plana. Nepřímá oftalmoskopie tak poskytuje řadu výhod avšak za cenu větších obtížností při vyšetřování. Zatímco přímou oftalmoskopii se lze naučit za několik hodin, zvládnutí metody nepřímé oftalmoskopie obvykle zabere až měsíc. [2]



*Obr. č. 12 Indirektní oftalmoskop [29]*



### 3.4.2. Nepřímá oftalmoskopie pomocí štěrbinové lampy

Štěrbínová lampa je přístroj pro objektivní pozorování a vyšetřování oka, zejména pak jeho předního segmentu. Pomocí přídatných zařízení lze pak vyšetřovat i oční pozadí, komorový úhel a nitrooční tlak. [10]

Štěrbínová lampa se skládá ze tří částí, kterými jsou osvětlovací systém, zvětšovací soustava a mechanický systém. [10]

Jako osvětlovací systém je použit halogenový a xenonový zdroj. Součástí tohoto osvětlovacího systému jsou pak filtry – modrý kobaltový, zelený, žlutý, difúzní a polarizátor. Jednotlivé filtry nám umožňují lépe pozorovat vybrané struktury oka. Difúzní filtr máme dvojího druhu. Červený, antithermický, filtr pohlcuje teplo, zmenšuje tepelné záření potlačením infračervených paprsků.

Zelený, red free filtr, který nepropouští červené světlo a tím zlepšuje kontrast cév, proto je vhodný pro vyšetřování očního pozadí. Další dva filtry, žlutý a modrý kobaltový, umožňují pozorování fluorescence a barevných reakcí na povrchu oka. [10]

Zvětšovací systém štěrbinové lampy je tvořen binokulárním mikroskopem. Díky velké variabilitě zvětšení mikroskopu je velikost pracovního pole a s tím i související velikost vyšetřovaného pole velkého rozsahu. Zvětšení bývá v rozmezí 5 – 40x a dané zvětšení má pak vliv na velikost pozorovaného pole. Čím větší zvětšení, tím je zorné pole menší. [10]

Mechanický systém slouží k nastavení přístroje do nejvhodnější polohy pro vyšetřování klienta. [10]



**Obr. č. 13** Štěrbínová lampa [30]

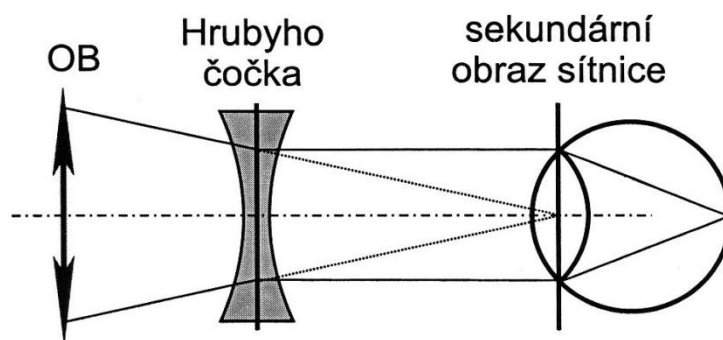
Všechny moderní Štěrbínové lampy mají následující součásti:

- Joystick
- Šroubovatelný mechanismus
- Nastavitelnou opěrku hlavy a brady
- Ovládání pro nastavení šířky a výšky štěrbiny
- Ovládání zvětšení mikroskopu
- Vypínač on/off a ovládání síly osvětlení
- Fokusační tyčinku, kterou používáme pro zaostření mikroskopu
- Fixační světelný objekt pro klienta [10]

K pozorování očního pozadí pomocí štěrbinové lampy nám nestačí lampa sama o sobě. Jí samotnou oční pozadí nezobrazíme. Abychom viděli oční pozadí, potřebujeme k tomu speciální rozptylnou čočku, kterou předkládáme před právě vyšetřované oko. Pro pozorování očního pozadí používáme tyto speciální čočky – Hrubyho rozptylná a Volkova asférická čočka. [9]

### ***Hrubyho rozptylná čočka***

Pomocí přidavné rozptylné Hrubyho čočky, která má optickou mohutnost  $-58,6\text{ D}$ , se neutralizuje vliv optického systému oka. Hrubyho čočku umístíme zhruba 15 mm před rohovku. Tato čočka vytváří vzpřímený, virtuální a silně zvětšený obraz očního pozadí, přičemž dochází k zúžení stereopicky vnímaného zorného pole. [9]

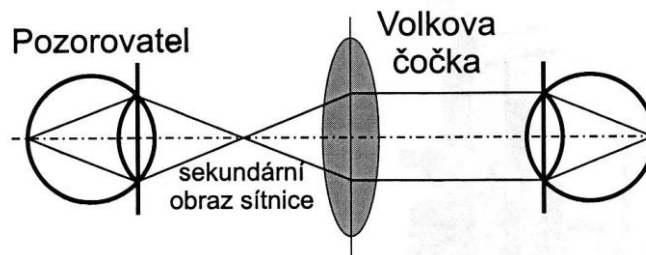


**Obr. č. 14** Schéma průběhu paprsků přes Hrubyho čočku

OB – objektiv [9]

### ***Volkova asférická čočka***

Volkova asférická čočka je k dispozici o hodnotách 60, 78 a 90 D. Vytváří nám skutečný, kvalitní, ale převrácený obraz s různě velkým stereoskopicky zobrazovaným zorným polem, přičemž je nutno výrazně zvětšit vzdálenost šterbinové lampy od oka. [9]



**Obr. č. 15** Schéma průběhu paprsků přes Volkovu čočku [9]

#### ***3.4.2.1. Průběh vyšetření fundu***

Abychom dosáhli kvalitního zobrazení očního pozadí, je důležité správné nastavení osvětlovací soustavy šterbinové lampy. Patří sem správné nastavení světleného paprsku do osy s optickým systémem šterbinové lampy a jeho zaměření do centra zornice vyšetřované osoby. Dále je důležité správné držení přídatné čočky těsně před okem tak, aby světelný paprsek procházel jejím středem. Nezapomeneme si také správně vyšetřovanou osobu osadit do opěrek šterbinové lampy. Ke konečnému zaostření pak je třeba použít jemné pohyby joystickem jak v horizontálním, tak i ve vertikálním směru. Výsledkem je pak výškově i stranově převrácený obraz. [8,10]



**Obr. č. 16** Oftalmoskopie pomocí šterbinové lampy [31]

## 4. Moderní metody vyšetřování sítnice

V současné době je mnoho moderních přístrojů, které umožňují podrobně vyšetřit oční pozadí. Patří mezi ně fundus kamera, optická koherentní tomografie a Heidelbergův retinální tomograf.

### 4.1. Digitální fundus kamera

V současné době je možnost zobrazení očního pozadí pomocí digitální kamery, tzv. fundus kamery. Digitální kamera je určena ke snímkování a zobrazování sítnice a přilehlých částí oka s použitím mydriatik nebo bez nich, k ukládání snímků a souvisejících údajů. Snímky z tohoto zařízení pomáhají při stanovení diagnózy a sledování průběhu chorob, které lze zobrazovat a snímkovat. [11]



*Obr. č. 17 Digitální fundus kamera Visucam od firmy Zeiss [32]*



*Obr. č. 18 Snímkování přední části oka na fundus kameře Visucam 200 [33]*

#### 4.1.1. Funkce digitální kamery

Digitální kamera umožňuje zobrazit a zdokumentovat oční pozadí s rozšířenou zornicí ať už přirozeně nebo za pomoci mydriatik. Jednoduchá obsluha kamery zaručuje rychlé výsledky. Přístroj je vhodný zejména pro rutinní použití a screening. Oční pozadí je posuzováno na základě fotografie s bleskem. Pořízení a zobrazení snímku je plně digitální. [11]

Přístroj pracuje na oftalmoskopickém principu moderních kamer očního pozadí a zobrazuje oční fundus v zorném poli 30° nebo 45° a patří mezi nekontaktní přístroje. Pracovní postup bez použití mydriatik je založen na nastavení polohy a zaostření kamery pomocí infračerveného světla. Z toho důvodu není potřeba používat mydriatika k rozšíření zornice. Je ale třeba, aby zornice byla přirozeně roztažená, jako tomu bývá v zatemnělé místnosti. Technika bez použití mydriatik však není vhodná pro fluorescenční angiografii. Jako zdroj světla pro nastavení kamery slouží infračervené diody. Pracovní vzdálenost se nastavuje pomocí dvou bodů a zaostření očního pozadí se provádí pomocí páru koincidenčních čar. Snímek se zaznamenává s pomocí výbojky. [11]

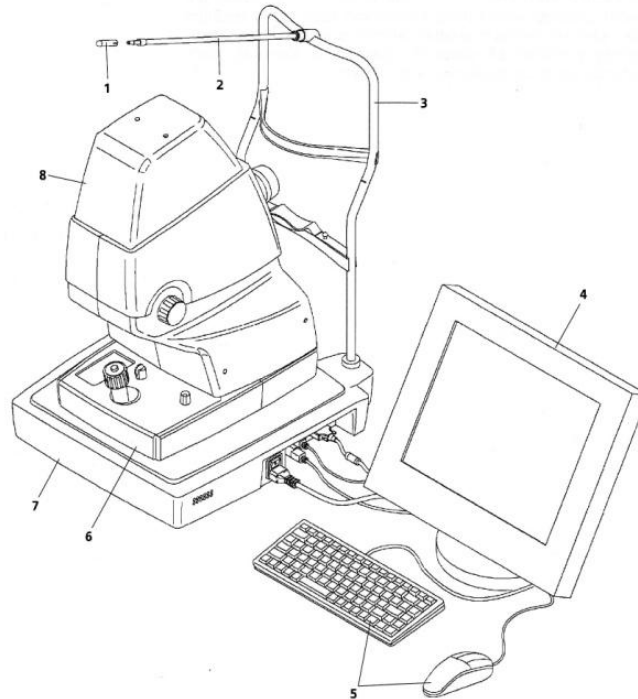
Digitální fundus kamera podporuje také režimy barevného snímání Color, zeleného (Green), červeného (Red), modrého (Blue) a fluorescenční angiografii FA. Živé nastavení snímku zobrazeného na plochem monitoru nabízí další možnosti kontroly snímku. Plochá obrazovka slouží rovněž k nastavení snímkování přední části oka. [11]

Pořízené snímky lze kdykoliv zobrazit, vytisknout nebo exportovat, vytvářet a upravovat údaje o vyšetřované osobě. Při pořízení více snímku s časovými odstupy lze porovnávat aktuální snímky se snímky, které byly pořízeny při předchozím vyšetření. Množství ukládaných snímků je omezeno kapacitou pevného disku. Proto je lepší dlouhodobé ukládání pořízených snímků provádět použitím externího archivačního systému nebo tiskem snímků s údaji o vyšetřované osobě a založit je do archivační složky. Snímky lze exportovat jako soubory ve formátu BMP, JPEG a DICOM. Kde formát DICOM jako jediný umožňuje společně se snímkem ukládat i informace o vyšetřované osobě. Při exportu do jiného počítače se doporučuje používat

síťové propojení. Vestavěná mechanika DVD/CD umožňuje vypálit data na DVD nebo CD disk. Je možné použít i flash disk USB. [11]

#### 4.1.2. Popis přístroje – sestava základní jednotky

Základní jednotka je složena z 8 částí, viz. obrázek č. 19

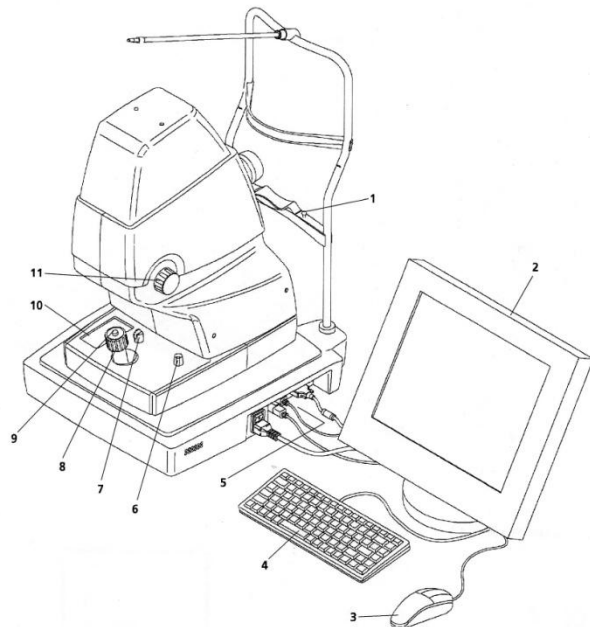


**Obr. č. 19** Sestava základní jednotky fundus kamery [11]

1. Krycí víčko externí fixační lampy
2. Externí fixační světlo, prostorově nastavitelné
3. Opěrka hlavy s nastavitelnou opěrkou brady, čelní opěrkou s montážním otvorem pro fixační lampu
4. Monitor pro prohlížení očí a zobrazení systémových informací
5. Klávesnice a myš pro zadávání údajů vyšetřované osoby a k ovládání přístroje
6. Základna přístroje
7. Jednotka počítače s opěrkou hlavy
8. Hlava kamery, v níž je umístěno osvětlení a zobrazovací systém s obrazovými snímači [11]

Mezi ovládací prvky fundus kamery patří:

1. Kolíky pro papírové podložky
2. Monitor
3. Myš
4. Klávesnice
5. Panel s připojovacími konektory
6. Otočný knoflík pro nastavování jasu osvětlení
7. Knoflík pro zajištění základny přístroje
8. Joystick pro prostorové nastavování přístrojové základny
9. Tlačítko pro záznam snímku
10. Ovládací panel s tlačítky rychlé volby
11. Knoflík zaostřování [11]



**Obr. č. 20** Ovládací prvky digitální kamery [11]

K digitální kameře je možno připojit další příslušenství jako je tiskárna, která slouží k tisku pořízených snímků. Dále je možno pořídit demonstrační oko, které slouží pro procvičování obsluhy digitální kamery. Při jeho použití se držák s demonstračním okem zasune do otvorů pro kolíky na papírové podložky na opěrce hlavy. Přístroj se v tomto případě musí nastavit v podélné ose na ametropii  $\pm 5$  D. Do přístroje lze připojit flash disk USB pro rychlý přenos dat. Pro prohlížení stereo snímků je k dispozici Stereo prohlížeč ScreenView. Pomocí tohoto prohlížeče se zobrazí na monitoru dvojice stereo snímku. [11]

## 4.2. Optická koherenční tomografie

Optická koherenční tomografie (OCT) je moderní nekontaktní a neinvazivní způsob vyšetřování sítnice, především pak makulární oblasti. [2]



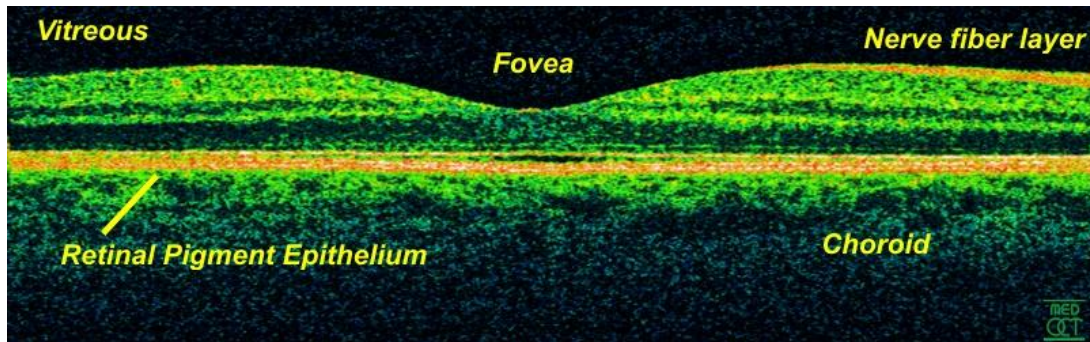
Obr. č. 21 Optická koherenční tomografie [34]

### 4.2.1. Princip OCT

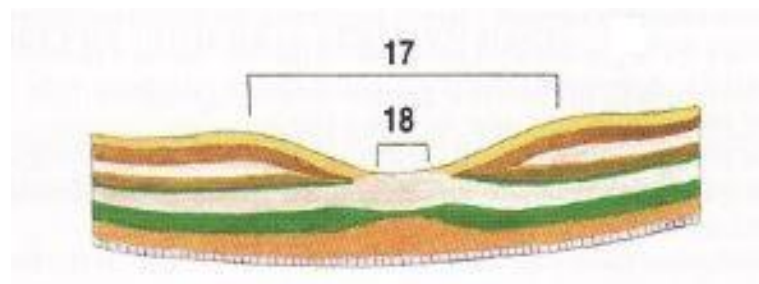
Tato zobrazovací diagnostická metoda je mechanicky podobná ultrazvukovému zobrazování. Znárodnuje biologické tkáně v jejich příčném řezu. K zobrazení zadního pólu používá přístroj infračervené záření. Systém OCT tvoří štěrbinová lampa se zabudovanou čočkou s optickou mohutností 78 D, zdroj infračerveného záření, videokamera, která je citlivá na tento druh záření, interferometr a monitory, na kterých je patrný černobílý reálný obraz snímané části oka s označením místa optického řezu a počítačem vytvořený barevný obraz znázorňující vyšetřované tkáně v jejich průřezu. OCT zobrazuje struktury sítnice především v oblasti makuly. Výhody OCT zobrazení jsou využívány u makulárních chorob. Při vyšetření OCT se nám tkáň zobrazí v různých barvách. Vysoce reflexní tkáň je červená, středně reflexní tkáň je žlutá nebo zelená a nízce reflexní tkáň je zobrazena modře. OCT je dnes již několik druhů. První verze používaly sérii 100 po sobě jdoucích měření a měly rozlišení cca 10  $\mu\text{m}$ . OCT 3 využívá 500 axiálních snímaní pořízených za 1 sekundu a zvýšilo se i rozlišení na 7 – 8  $\mu\text{m}$ .



Několik studií prokázalo nové ultra-vysoké rozlišení OCT, které umožňuje vyhodnocení retinální patologie na buněčné úrovni. Dosahuje rozlišení až 2-3  $\mu\text{m}$ . [2, 18]



**Obr. č. 22** Zobrazení očního pozadí pomocí OCT, oblast makuly [35]



**Obr. č. 23** Schématické znázornění buněčných vrstev sítnice na řezu v místě fovea centralis retinae

17 – fovea centralis, 18 – foveola (nejtenčí místo sítnice o průměru 0,2 – 0,4 mm) [3]

#### 4.2.2. Postup vyšetření

Před vyšetřením je vhodné pomocí mydriatik vyšetřovanému rozšířit zornici, ale není to nezbytně nutné. Vyšetřovaný si opře bradu a čelo na opěrky tak jako při vyšetření na štěrbinové lampě. Do počítače zadáme údaje o vyšetřované osobě a následně pak nastavíme pomocí joystiku přístroj do správné polohy tak, aby byl obraz zaostřený, a spustíme skenování. [18]

### 4.3. Heidelbergův retinální tomograf (HRT)

HRT patří stejně jako OCT k nejmodernějším zobrazovacím metodám, využívaných v oftalmologii. Přístroj je zaměřen na vyšetření oblasti zřetivého nervu. V diagnostice pacientů s glaukomem si tento přístroj získává své pevné místo. Tento přístroj se také označuje jako skenovací laserová oftalmoskopie. Umožňuje časnou diagnostiku glaukomu, a tím odhalit patologické změny, které by mohly nevratně poškodit zřetivý nerv. Monitorování pacientů s glaukomem je stejně tak důležité, jako pravidelné testování zorného pole a pravidelné měření nitroočního tlaku. Přesná detekce změn na papile zřetivého nervu je velice důležitá jak pro diagnostiku, tak i pro další sledování pacienta. HRT je přístroj, který je napojen na počítač. Lékař má tak okamžitý přístup k výsledkům pacienta a může tak porovnávat jednotlivá vyšetření s časovým odstupem.

[19]



Obr. č. 24 Zařízení HRT [36]

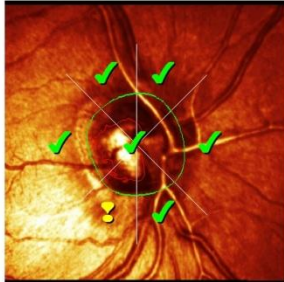
#### 4.3.1. Princip HRT

Toto zařízení patří mezi lasery 1. třídy, používá 1000x menší osvětlení než fundus kamera. Základem k vytvoření kalkulace je 64 vrstev zobrazení. Vrstvy začínají nad papilou ve sklivci a končí pod lamina fibrosa ve zvolené tloušťce 1, 2, 3 nebo 4 mm. Pacientovu sítnici osvětluje laserový paprsek nízké intenzity bod po bodu, pohybuje se po sítnici jako po šachovnici a výsledek je následně zobrazen na obrazovce. Tímto způsobem vzniká trojrozměrný topografický obraz. [19]

Patient: HRT, HEP  
Sex: female DOB: 01.01.1947 Pat-ID: --- Ethnicity: (Caucasian)  
Examination: HRT Date: 07.04.2010  
HEP(OD) Date: 07.04.2010  
HEP(OS) Date: 07.04.2010

OD OS

Disc Size: 1.78 mm<sup>2</sup> (average)

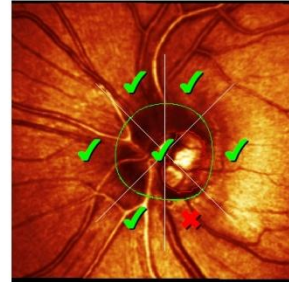


MRA: Borderline

✓ 0.52 p = 0.33	Linear Cup/Disc Ratio	0.52 p = 0.35 ✓
⚠ -0.08 p = 0.04	Cup Shape Measure	-0.09 p = 0.06 ✓
✓ 1.30 p = 0.43	Rim Area [mm <sup>2</sup> ]	1.31 p = 0.47 ✓
✓ 0.45 p > 0.5	Rim Volume [mm <sup>3</sup> ]	0.42 p > 0.5 ✓
✓ 0.51 p > 0.5	Height Variation Contour [mm]	0.51 p > 0.5 ✓
✓ 0.29 p > 0.5	Mean RNFL Thickness [mm]	0.29 p > 0.5 ✓

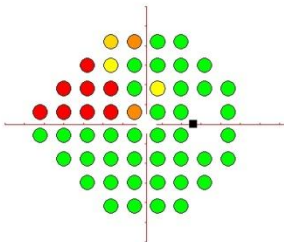
- ✓ Within normal limits
- ⚠ Borderline
- ✗ Outside normal limits

Disc Size: 1.79 mm<sup>2</sup> (average)



MRA: Outside normal limits

Pattern Deviation



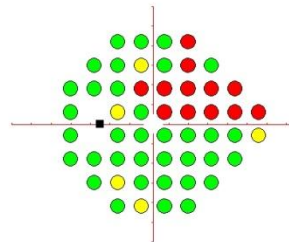
GHT: Outside normal limits

Stimulus:	Stimulus:	Stimulus:
Test:	Test:	Test:
Strategy:	Strategy:	Strategy:
FP Count:	FP Count:	FP Count:
FN Count:	FN Count:	FN Count:
Fixation Losses:	Fixation Losses:	Fixation Losses:
MD:	MD:	MD:
PSD:	PSD:	PSD:

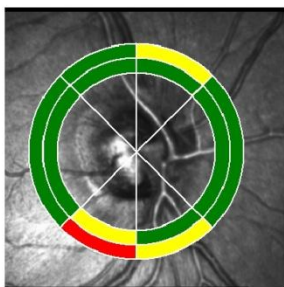
0 / 479 (0%)  
0/7 (0.0%)  
2 (0.4%)  
-7.76 dB\*\* p<0.05%  
+5.94 dB\*\* p<0.05%  
\*\* in legacy units

- p > 5%
- p < 5%
- p < 2%
- p < 1%
- p <= 0.5%

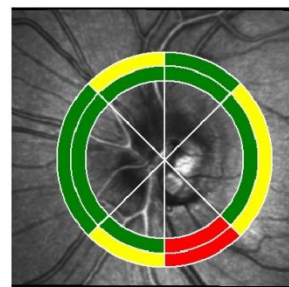
Pattern Deviation



GHT: Outside normal limits



- HEP
- HRT
- Within normal limits
- Borderline
- Outside normal limits



Comments:

Date: 03.08.2011 Signature:

Software Version: HRT: 3.2.0.5/370 HEP: 2.1.0.33

HEP NDB Version: 2011-03-22 06:21:52.169

Obr. č. 25 Ilustrační výsledná zpráva z vyšetření HRT [37]

### 4.3.2. Postup vyšetření

Před samotným vyšetřením se nejprve zadají údaje o vyšetřovaném. Přístroj pracuje správně při minimální šíři zornice 1,5 mm, proto je nutné před vyšetřením aplikovat mydriatika, která zornici dilatují. Vyšetřovaný se pohodlně usadí, opře si bradu a čelo do opěrky a následně pouze sleduje fixační značku. Vyšetřující přístroj zaostří a spustí snímání. Vlastní měření pak trvá pouhé 2 sekundy. Přístroj je možné doostřit na ametropii 12 D. U vyšších refrakčních vad oka je nutná při vyšetření korekce kontaktní čočkou. Po dokončení měření vznikne trojrozměrný obraz. Po zobrazení trojrozměrného obrazu je nutno ručně, pomocí počítačové myši, ohraničit vnější hranice terče zrkového nervu. Počítač už pak sám provede další zpracování a vyhodnocení naměřených parametrů (plocha terče, hloubka a objem exkavace a další jiné parametry). [19]

Pro dosažení kvalitních výsledků měření je potřeba:

- 1) Kvalitní záznam
- 2) Přesně ohraničit zrkový nerv
- 3) Dobře rozumět všem naměřeným hodnotám a křivkám a správně je interpretovat

[19]



**Obr. č. 26** Průběh vyšetření na HRT [38]

## 5. Přehled vybraných patologických změn na sítnici

Pro včasné odhalení patologických změn na sítnici, je třeba dobře rozeznat co je fyziologické a co už je patologie.

Patologické změny sítnice můžeme rozdělit do následujících skupin:

- 1) Chorobné změny cév
- 2) Dystrofická a degenerativní onemocnění sítnice
- 3) Nemoci zřakového nervu a zřakové dráhy
- 4) Choroby makuly [20]

### 5.1. Přehled chorobných změn cév

K chorobám cév řadíme embolii centrální sítnicové tepny, trombózu sítnicových cév a retinopatie. [20]

#### 5.1.1. Embolie centrální sítnicové tepny

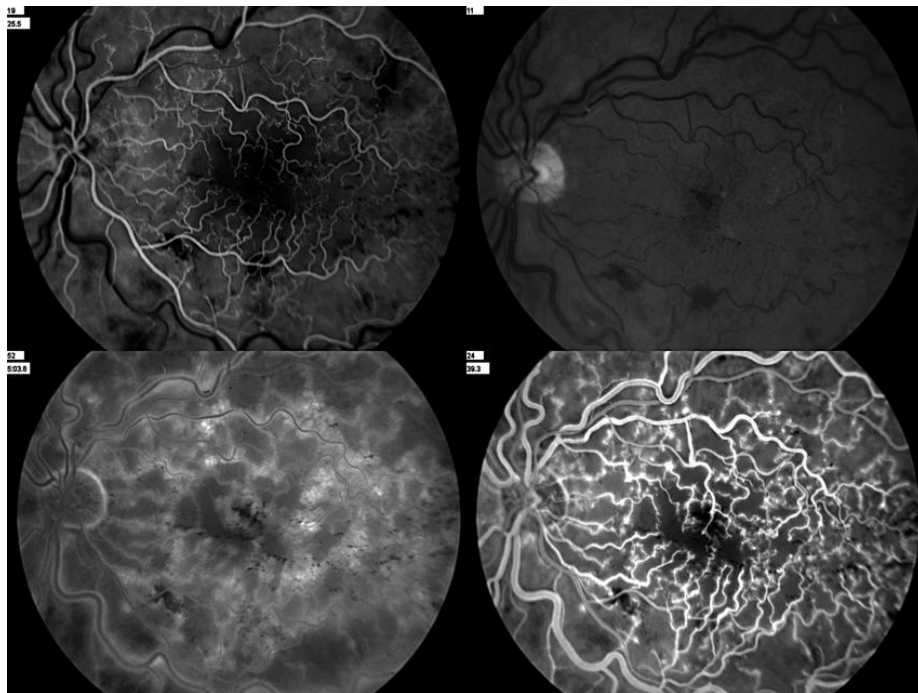
Tato patologická změna vede k okamžité slepotě. Celé oční pozadí se nám při oftalmoskopii jeví bělavé, cévy jsou prázdné a jen makula má červeně třešňovou barvu, protože její krevní zásobení zajišťuje cévnatka. [20]



**Obr. č. 27** Embolie centrální sítnicové tepny [39]

### 5.1.2. Trombóza sítnicových cév

Trombóza sítnicových cév neumožňuje návrat krve, a proto je sítnice překrvená a žíly jsou rozšířené a vinuté. Vidění je sníženo podle toho, kterou větev žíly trombóza zasáhne. V případě centrálního uzávěru dojde k praktické slepotě. Krvácení na sítnici se postupně a pomalu vstřebává a následně vznikají sítnicové jizvy. Pokud dojde k přerušení krevního oběhu, hrozí další komplikace, které vedou nejčastěji k sekundárnímu zelenému zákalu. [20]



**Obr. č. 28** Okluze centrální sítnicové žíly [40]

### 5.1.3. Retinopatie

O retinopatiích hovoříme tehdy, dojde-li k poškození sítnice především na podkladě zhoršené výživy. Poškození cévního systému v těle způsobují mnohé celkové choroby. Toto poškození cév vede až k chorobným změnám na sítnici. Pokud jsou poškozeny pouze cévy na sítnici, hovoříme o angiopatiích. [20]

### **5.1.3.1. Hypertonická retinopatie**

K hypertonické retinopatii dochází při zvýšeném krevním tlaku. Tato choroba má právě za následek změny na očním pozadí, které signalizují pokročilost a tím i závažnost onemocnění. Změny na sítnici rozdělujeme do 4 stádií. Prvotní změny vzhledu cév vedou později ke stlačování žil tepnou, ve třetím stádiu se pak projeví krvácení, exsudativní a jizevnatá ložiska. Jako čtvrtý stupeň označujeme stav, kdy dojde k otoku terče zrakového nervu a v makule se seskupují bílá ložiska do hvězdicovité figury. Toto stádium nazýváme neuropatií a poukazuje na těžké poškození a selhávání ostatních orgánů v těle. [20]



**Obr. č. 29** *Hypertonická retinopatie* [20]

### 5.1.3.2. Diabetická retinopatie

*Diabetes mellitus* - cukrovka způsobuje nejzávažnější změny na očním pozadí. K diabetické retinopatii dochází až po asi 10 letech trvání cukrovky a asi 2% diabetiků ztratí úplně zrak. Změny na očním pozadí procházejí celkem třemi stádii. V prvním stádiu diabetické retinopatie nalézáme na sítnici nejprve drobné krevní výdutě, ložiskové otoky, drobná žlutavá ložiska lipidních látek a tečkovité krvácení. Tyto změny nejprve zasahují oblast žluté skvrny a rozšiřují se postupně po celé sítnici. Toto stádium nazýváme preproliferativní. V této fázi je možno poměrně úspěšně oddálit vznik dalšího stádia onemocnění, tzv. proliferativní formy retinopatie, pomocí koagulace sítnice laserem. Sítnice, která má uzavřeny a těžce poškozeny cévy, vyvolá tvorbu nových cév doprovázených proliferativní tkání. Důsledkem je pak odchlípení sítnice a sekundární zelený zákal. V takovém případě oko oslepne a zároveň je i bolestivé. [20]



**Obr. č. 30** *Neproliferativní diabetická retinopatie* [41]



**Obr. č. 31** *Proloferativní diabetická retinopatie* [42]

### 5.1.3.3. Sklerotická retinopatie

Vzniká při pokročilé arterioskleróze a vede až k makulární sítnicové degeneraci. Postupující jizevnaté odumírání sítnice je někdy spojené s krvácením a vede ke zhoršování zrakové ostrosti až na praktickou slepotu. [20]



Léčba všech předchozích retinopatií spočívá v léčbě základního onemocnění a z očního hlediska se dá zasáhnout u některých popisovaných komplikací chirurgickým zákrokem. [20]

#### **5.1.3.4. Retinopatie nedonošených**

Toto onemocnění je nejčastější příčinou slepoty dětí. Ohroženy jsou všechny nedonošené děti s porodní váhou nižší než 1500 g. Patologické změny začínají na podkladě etiologie, která není zcela jasná, v periférii nezralé sítnice tak, že novotvořená cévnatá tkáň pronikne do sklivcového prostoru, ten vyplní a oko tak oslepne. Fatálním následkům lze předejít včasným zásahem kryokoagulací, někdy i laserovou fotokoagulací. [20]

## **5.2. Dystrofická a degenerativní onemocnění sítnice**

Mezi dystrofická a degenerativní onemocnění sítnice řadíme myopickou degeneraci sítnice, pigmentovou degeneraci sítnice, odchlípení sítnice a nádory. Většina degenerací sítnice je dědičná. [20]

### **5.2.1. Myopická degenerace sítnice**

Myopická degenerace sítnice vzniká v důsledku progresivní těžké myopie. Je příčinou ztráty centrálního vidění. Ztrátu centrálního vidění způsobuje pokračující prodlužování zadního pólu oka, které má za následek atrofii cévnatky. [20]

### 5.2.2. Pigmentová degenerace sítnice

Nejznámější dědičná degenerativní změna sítnice, charakterizovaná pigmentacemi ve tvaru kostních buněk na sítnici. Tato degenerace postupně vede od šerosleposti až ke koncentrickému zúžení zorného pole a k šedému zákalu. [20]

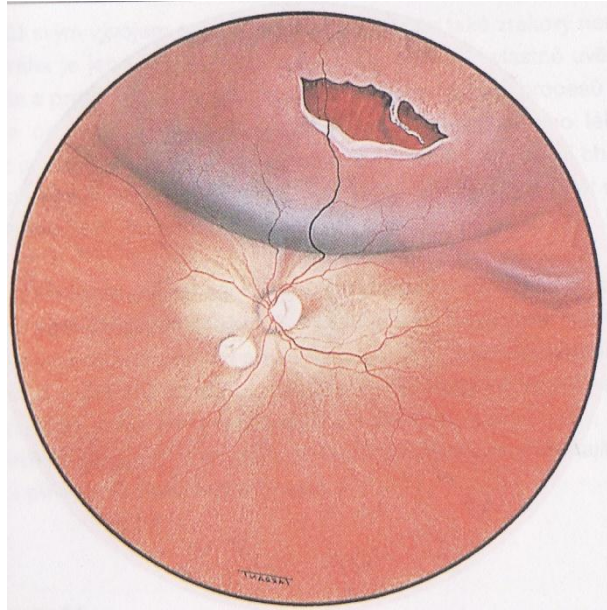


**Obr. č. 32** *Pigmentová degenerace sítnice* [20]

### 5.2.3. Odchlípení sítnice

Odchlípení sítnice, *amoce*, je stav, kdy se odloučí smyslová vrstva sítnice od pigmentového epitelu a vzniklý prostor se vyplní tekutinou. Při vzniku primární amoce sítnice hraje hlavní úlohu trhlina na sítnici, která může mít různý tvar i četnost. Predispozičním faktorem jsou především degenerativní změny v periférii sítnice a ve sklivci. Nevylučují se však ani následky tupého poranění oka. [20]

Amoce se zprvu projevuje tak, že pacient vidí jakoby létající saze a záblesky, potom se mu v zorném poli objeví z některé strany spouštějící se záclona. Není-li včas tento stav operován, oko oslepne. Při oftalmoskopii vidíme na očním pozadí šedobělavou, balonovitě odchlípenou sítnici, a trhlinu zbarvenou do červena. Léčba tohoto stavu je pouze operativní a spočívá v uzavření trhliny, foto, kryo nebo termokoagulací s následným přiblížením pevného obalu oka k sítnici. [20]



**Obr. č. 33** *Odchlípení sítnice* [20]

#### **5.2.4. Nádory**

Způsobují sekundární odchlípení sítnice. Mezi nejčastější nádory sítnice patří melanomy, které vyrůstají z cévnatky. U tohoto druhu nádoru vznikají méně často metastázy. Primární maligní nádor se označuje jako retinoblastom. Ten vychází z nezralých retinálních buněk a objevuje se v 70% v prvních třech letech života. V 70% je jednostranný. Pokud by se vyskytl oboustranně je možno s 50% pravděpodobností počítat s genetickým přenosem. V takovém případě je pak dědičný. Nádor má bělavě růžovou barvu. V pokročilém stádiu vyplňuje celý sklivcový prostor a zornička postiženého oka září žlutozelenou barvou. V takovém případě je nezbytně nutné odstranit celé poškozené oko. [20]



**Obr. č. 34** Sekundární odchlípení sítnice nádorem [20]

### **5.3. Nemoci zrakového nervu a zrakové dráhy**

Poškození zrakového nervu a zrakové dráhy nám signalizuje porucha vidění, výpadky zorného pole a změny zorničkových reakcí. Dobře přístupná k vyšetření je pouze sítnice a terč zrakového nervu pomocí oftalmoskopie. [20]

#### **5.3.1. Onemocnění zrakové dráhy**

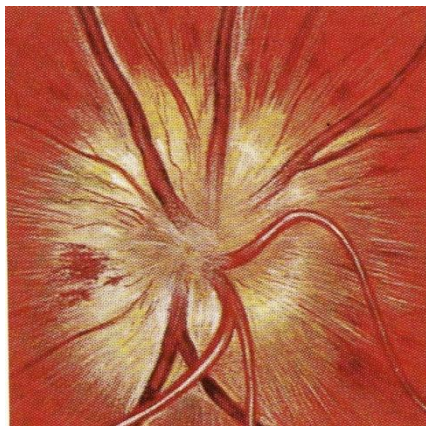
Poškození zrakové dráhy se projevuje výpadky zorného pole. Objektivně můžeme vidět, za použití oftalmoskopie ,na terči zrakového nervu jen 2 patologické změny. Otok - *edém* a odumření čili *atrofii* papily. V některých případech se mohou tyto dvě patologické změny objevit současně. Otok vzniká následkem zánětu. Odumření papily poznáme podle bělavého zbarvení, které značí zánik nervových vláken, a zmnožení jizevnaté tkáně. [20]

### 5.3.2. Onemocnění očního nervu

Mezi onemocnění zrakové nervu řadíme neuritis nervi optici, otok zrakového terče, a atrofii optiku. [20]

#### 5.3.2.1. Neuritis nervi optici

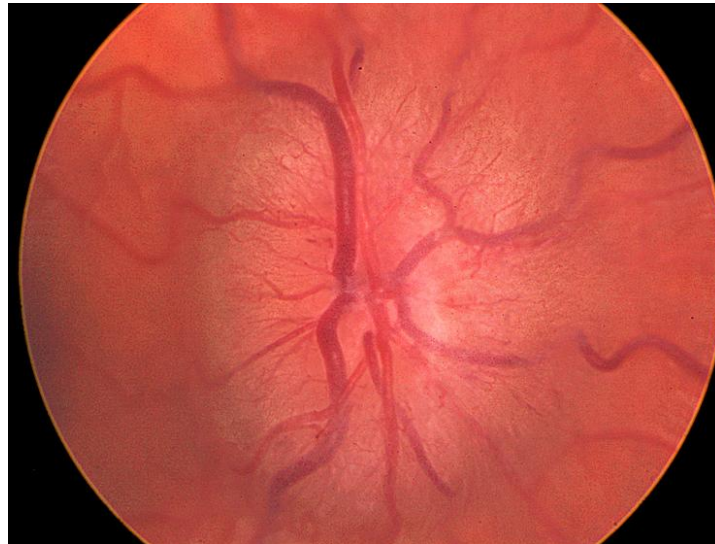
Onemocnění nervových vláken nazýváme neuritis nervi optici. Toto onemocnění vždy způsobí poruchu zraku. Příčinou vzniku tohoto onemocnění může být přímo zánětlivý proces, nedostatečné krevní zásobení, toxické poškození nebo degenerativní proces. Celkové choroby mohou mít za následek nedostatečné krevní zásobení. Příčinou degenerativního poškození pak může být celková porucha výživy, systémové a nervové onemocnění a někdy je tento druh poškození optického nervu dědičný. Toxicky pak může oční nerv poškodit metylalkohol, tabák, chinin a olovo. Příznakem neuritidy je vždy náhlý a velký pokles zrakové ostrosti. Neuritidu rozlišujeme podle lokalizace průběhu na intrabulbární nebo retrobulbární. U intrabulbární neuritidy pozorujeme na papile zrakového nervu neostré hranice s malým vyvýšením, překrvení a někdy i drobné krvácení. U cévního poškození zrakového terče je otok bělavý, opět s malým vyvýšením a drobným krvácením. U retrobulbární neuritidy pak zůstává nález na papile zrakového nervu po celou dobu onemocnění normální. Tato forma neuritidy se projevuje bolestí za okem. [20]



**Obr. č. 35** *Neuritis intraocularis s hyperémií a nepřesným ohraničením papily, s peripapilárními hemoragiemi a venózní stázou [21]*

### 5.3.2.2. Otok zřakového terče

Otokem reaguje tkáň terče na zánět. Zvláštním otokem zřakového terče je jeho edematózní prosáknutí společně s krvácením na papile, jejím vyvýšením a městnáním krve v žilách při zvýšeném nitrolebním tlaku. V takovém případě hovoříme o tzv. městnavé papile. Příčinou je v 75% nitrolební nádor. [20]

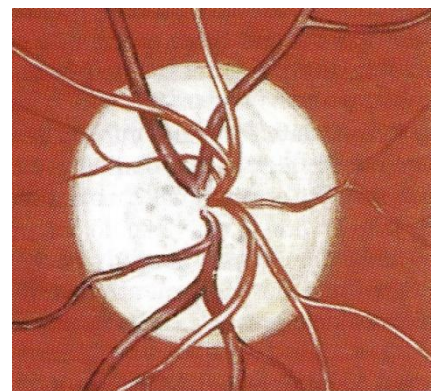


**Obr. č. 36** Otok zřakového terče [43]

### 5.3.2.3. Atrofie optiku

Stav, při kterém dochází k odumření nervových vláken, označujeme jako atrofii optiku. Odumřání nervových vláken není možné léčit ani jinak nahradit. Při oftalmoskopii najdeme bílé zbarvení papily. Atrofie papily může být dvojího druhu. Stav, kdy jsou hranice papily ostré, se nazývá prostá atrofie. U papily, která má hranici neostrou se označuje jako atrofie postneuritická. Zvláštní atrofie pak vzniká u zeleného zákalu, kdy na papile nalézáme hluboké prohloubení. U degenerativních onemocnění a chronických zánětů sítnice je papila zbarvena do žluta.

[20]



**Obr. č. 37** Atrofie terče zřakového nervu [21]

## 5.4. Choroby makuly

Mezi choroby makulární oblasti patří degenerační onemocnění - věkem podmíněná makulární degenerace. Toto onemocnění se dělí na tzv. suchou a vlhkou formu. [21]

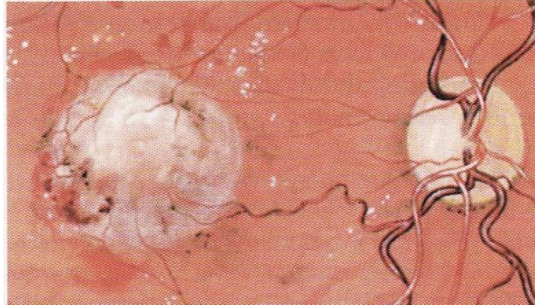
### 5.4.1. Suchá forma makulární degenerace

Toto onemocnění se objevuje v pokročilém věku. Při oftalmoskopii pozorujeme na makule přesuny pigmentu, ty se postupně stále rozšiřují a prohlubují. Někdy se vyskytují drobná exsudativní ložiska a krvácení, které naznačují přechod k vlhké formě. V pozdním stádiu vývoje získává převahu depigmentace. Dříve než makulární degenerace způsobí absolutní centrální skotom, klesá centrální zraková ostrost v důsledku několika drobných mikroskotomů. Příčinou mikroskotomů je degenerace světločivých buněk. Mikroskotomy postupně splývají v rozsáhlé centrální skotomy. Jizvy a drobná prosáknutí sítnice působí posun, roztažení nebo naopak stlačení retinálních elementů k sobě. V centru zorného pole pak působí deformaci obrazu. Tento stav se označuje jako *metamorfopsie*. Při vzniku absolutního centrálního skotomu metamorfopsie zmizí. Centrální zraková ostrost postupně klesá na vizeus 1/25 i méně. Periferie přitom zůstává neporušena a zajišťuje pacientovi uspokojivou orientaci v prostoru. Příčina těchto změn zůstává nejasná. Léčba je málo úspěšná. Pro zlepšení prokrvení se doporučují léky zlepšující prokrvení, případně i vitamínové preparáty. [21]

### 5.4.2. Vlhká forma makulární degenerace

Pokud vznikne na makule edém nebo krvácení, pak mluvíme o vlhké formě makulární degenerace. Během několika dní po úvodní metamorfopsii výrazně zhorší, pro vznik centrálního skotomu, zraková ostrost. Na očním pozadí najdeme ve žluté skvrně a jejím okolí tměvě červený, místy až namodralý terčovitý tumor, při okraji většinou lemovaný hemoragiemi. Tento obraz se označuje jako okulární pseudotumor.

Na cévách očního pozadí bývají zřetelné arteriosklerotické změny, později se objevuje hlubší pigmentace a jizvení tkáně. V okolí pseudotumoru bývají početná bělavá ložiska, která jsou uspořádaná do věnce. Léčba této formy onemocnění je především antisklerotická. Jejím cílem je lokálními i celkovými léky urychlit vstřebání edému. V časném edematózním stádiu lze někdy uspět s laserovou koagulací. [21]



**Obr. č. 38** *Vlhká forma okulární degenerace s pseudotumorem makuly a s krvácením při jeho okraji [21]*



## **Závěr**

Celá práce shrnuje informace o vyšetřování očního pozadí. V první části práce je uvedena stručná anatomie sítnice a očního pozadí pro lepší orientaci v problematice vyšetřování očního fundu. V druhé části jsou popsány jednotlivé metody vyšetřování očního pozadí od základních až po moderní vyšetřovací přístroje, které vyšetří sítnici podrobněji. V závěru práce je uveden přehled patologických změn na sítnici, které můžeme při oftalmoskopii na očním fundu pozorovat.

Zrak je nejdůležitější smysl člověka. Při jeho poškození ztrácíme orientaci v prostoru. Proto je důležité chodit na pravidelné oční kontroly, ve kterých by nemělo chybět podstatné vyšetření – oftalmoskopie, která dokáže v čas odhalit změny probíhající na sítnici. Při včasném diagnostikování patologických změn můžeme předejít ztrátě zraku.

## Seznam literatury

- [1] KVAPILÍKOVÁ, K. *Anatomie a embryologie oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2010. ISBN 80-7013-313-9
- [2] KUCHYNKA, P. a kol. *Oční lékařství*. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8
- [3] ČIHÁK, R. *Anatomie 3*. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 80-247-1132-X
- [4] TECHMANIA, Edutorium. *Vědci a vynálezci* [online]. © 2008 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z : [http://www.techmania.cz/edutorium/art\\_vedci.php?key=65](http://www.techmania.cz/edutorium/art_vedci.php?key=65)
- [5] KOLÍN, J. *Oční lékařství*. Praha: Karolinum, 2007. ISBN 978-80-246-1325-3
- [6] HORNOVÁ, J. *Oční propedeutika*. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-4087-4
- [7] POLÁŠEK, J a kol. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974.
- [8] MACHÝČKOVÁ, L. *Oftalmoskopie – výukové materiály k předmětu Oftalmologické a optometrické přístroje II.*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2012.
- [9] RUTERLE, M. *Přístrojová optika*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-301-5
- [10] MUSILOVÁ, L. *Štěrbinová lampa – výukové materiály k předmětu Oftalmologické a optometrické přístroje I.*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2011.
- [11] ZEISS, *Návod k obsluze – digitální kamera Visucam*. Praha, 2007.
- [12] BRŮNOVÁ, B. *Léky a refrakce – ciliární tělísko a sítnice*. Česká oční optika, roč. 54, 2013, č.1, str. 40, ISSN 1211-233X

- [13] VEČEŘA, R. *Vegetativní nervový systém – výukové materiály k předmětu Základy farmakologie*. Ústav farmakologie Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc 2012.
- [14] SVOZÍLKOVÁ, P. *Farmakoterapie uveitid*. *Klinická farmakologie*, 2009, č. 3, str. 119. Dostupné z: <http://www.klinickafarmakologie.cz/>
- [15] LÜLLMANN H., MOHR K., WEHLING M., *Farmakologie a toxikologie*. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 80 – 247 – 0836 – 1
- [16] ROZSÝVAL, P. *Oční lékařství*. Praha: Galén Karolinum, 2006. ISBN 80 -7262- 40-40
- [17] PLUHÁČEK, F. *Poruchy binokulárního vidění a akomodace – výukové materiály k předmětu Binokulární vidění*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2011
- [18] YANOFF M., DUKER J.S., *Oftalmology*. Elsevier Health Sciences, 3rd edition, 2009. ISBN 978 – 0 – 323 – 04332 - 8
- [19] KUBĚNA T., ČERNOŠEK P., *Zkušenosti s Heidelbergským retinálním tomografem HRT II*. [online], © 2005/12/15 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.hrt2.cz/>
- [20] KVAPILÍKOVÁ, K. *Přehled chorob zrakového ústrojí*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů. 2003. ISBN 80 – 7013 – 380 – 5
- [21] SACHSENWEGER M., SACHSENWEGER R., *Naléhavé stavy v oftalmologii*. Martin: Osveta, 1. české vydání.1998. ISBN 80 – 88824 – 75 – 3
- [22] FOTONIT [online]. © 2009. [cit. 2014 – 04 - 22]. Dostupné z : <http://www.fotonit.cz/tutorialy.htm?1>
- [23] NEOVIZE S.R.O. *Neovize – oční klinika* [online]. © 2008 – 2012. [cit. 2014 – 04 - 22] Dostupné z : <http://www.neovize.cz/lecba-onemocneni-sitnice-a-sklivce/sitnice-makula-sklivec/>

- [24] GRONYCH, L. *Kocour.rps.cz*. [online]. © 2012 – 2014. [cit. 2014 – 04 - 22]  
Dostupné z : <http://www.kocour.rps.cz/cs/node/211>
- [25] SOYLENT COMMUNICATIONS, *NNDB – tracking the entire Word* [online].  
© 2014. [cit. 2014 – 04 - 22] Dostupné z:  
<http://www.nndb.com/people/445/000072229/>
- [26] SAGLIKPARK [online]. © 2008. [cit. 2014 – 04 - 22].  
Dostupné z : <http://www.saglikpark.com/haber/glokom.htm>
- [27] CMI s.r.o., *cmi medical technology*. [online]. Praha © 2005 – 2014.  
[cit. 2014 – 04 - 22]. Dostupné z: [http://www.cmi.sk/oftalmologie?filter-brand\[\]=55](http://www.cmi.sk/oftalmologie?filter-brand[]=55)
- [28] TRIVAX VV, *Trivax* [online]. [cit. 2014 – 04 - 22]. Dostupné z:  
[http://www.trivax.com/proizvodjaci.php?brand=heine\\_optotechnik](http://www.trivax.com/proizvodjaci.php?brand=heine_optotechnik)
- [29] OČNÍ LÉKAŘ [online]. [cit. 2014 – 04 - 22]. Dostupné z:  
<http://ocni-lekar.info/lekarske-vykony/vysetreni-zadního-segmentu-oka/oftalmoskopie/>
- [30] CMI s.r.o., *cmi medical technology*. [online]. Praha © 2005 – 2014.  
[cit. 2014 – 04 - 22]. Dostupné z: <http://www.cmi.sk/oftalmologie/diagnostika-1/sterbinove-lampy/sterbinova-lampa-cso-980-osvetleni-zdola>
- [31] PERSPECTIVE OPTICIANS. *Perspective designer opticians* [online].  
[cit. 2014 – 04 - 22]. Dostupné z:  
<http://perspectiveopticians.co.uk/2011/08/02/eye-examination/>
- [32] EMS ENHANCED MEDICAL SERVICES [online]. © 2014  
[cit. 2014 – 04 - 22]. Dostupné z: <http://www.emseye.com/store/zeiss-visucam-pro-nm-fa-non-mydratic-fundus-camera.html>
- [33] GEMINI OČNÍ CENTRUM s.r.o. *GemiOptal* [online]. © 2014.  
[cit. 2014 – 04 - 22] Dostupné z: <http://gemioptal.cz/overena-kvalita/>

- [34] TOPCON EUROPE MEDICAL B.V., *Topcon connecting vision* [online].  
[cit. 2014 – 04 - 22]. Dostupné z: <http://www.topcon-medical.eu/eu/products/32-3d-oct-2000-optical-coherence-tomography.html>
- [35] BULKLEY VALLEY EYE CARE [online]. [cit. 2014 – 04 - 22].  
Dostupné z: <http://www.bveyecare.com/eye-care-services/New-Services-Page,354737>
- [36] EMS ENHANCED MEDICAL SERVICES [online]. © 2014  
[cit. 2014 – 04 - 22]. Dostupné z: <http://www.emseye.com/store/heidelberg-hrt-ii-tomographer.html>
- [37] HEIDELBERG ENGINEERING [online]. © 2014 [cit. 2014 – 04 - 22].  
Dostupné z:  
<http://www.heidelbergengineering.com/international/products/hep/hrt-hep/>
- [38] MEDICAL ILLUSTRATION UK [online]. [cit. 2014 – 04 - 22].  
Dostupné z : <http://www.migroup.co.uk/index.php/service/ophthalmic-imaging/>
- [39] POE, Matt. Retina photos. *Ophthalmic photography* [online]. © 2013.  
[cit. 2014 – 04 - 22]. Dostupné z:  
<http://www.ophthalmicphotography.info/website/fa/crao.html>
- [40] POE, Matt. Retina photos. *Ophthalmic photography* [online]. © 2013.  
[cit. 2014 – 04 - 23]. Dostupné z :  
<http://www.ophthalmicphotography.info/website/fa/crvo.html>
- [41] POE, Matt. Retina photos. *Ophthalmic photography* [online]. © 2013.  
[cit. 2014 – 04 - 24]. Dostupné z :  
<http://www.ophthalmicphotography.info/website/fa/npdr.html>
- [42] POE, Matt. Retina photos. *Ophthalmic photography* [online]. © 2013.  
[cit. 2014 – 04 - 24]. Dostupné z :  
<http://www.ophthalmicphotography.info/website/fa/pdr.html>

- [43] POE, Matt. Optic Disc Photos. *Ophthalmic photography* [online]. © 2013.  
[cit. 2014 – 04 - 24]. Dostupné z :  
<http://www.ophthalmicphotography.info/website/disc/papilledema.html>