

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

VYŠETŘOVACÍ METODY V DIAGNOSTICE DIABETICKÉ RETINOPATIE



Bakalářská práce

VYPRACOVALA:

Bc. Eva Ondraszková

obor 5345R008 OPTOMETRIE

studijní rok 2018/2019

VEDOUCÍ PRÁCE:

Mgr. Lenka Musilová, DiS.

KONZULTANTI:

MUDr. Alena Ondraszková

MUDr. Jiří Slepánek

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci 7. 5. 2019

Bc. Eva Ondraszková

Poděkování:

Děkuji Mgr. Lence Musilové za odborné vedení bakalářské práce a mnoho cenných rad. Rovněž bych chtěla poděkovat MUDr. Aleně Ondraszkové a MUDr. Jiřímu Slepánkovi za odborné poradenství v dané problematice, konzultace a poskytnutí fotodokumentace a materiálů. Déle bych ráda poděkovala panu Petru Borbélymu za poradenství při formátování a vizualizaci. V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům, kteří mě podporovali a byli mi oporou po celou dobu mého studia.

Obsah

1	Diabetická retinopatie	6
1.1	Klinický obraz	6
1.2	Klasifikace	7
1.3	Léčba	7
1.4	Screening a prevence diabetické retinopatie:	8
2	Přehled současných diagnostických metod u diabetické retinopatie	10
2.1	Anamnéza	10
2.2	Kontrola zrakové ostrosti	10
2.3	Vyšetření nitroočního tlaku	11
2.4	Oftalmoskopie	12
2.5	Biomikroskopické vyšetření na štěrbinové lampě.....	13
2.6	Digitální fotodokumentace pomocí funduskamery	14
2.7	Časté problémy a chyby v diagnostice diabetické retinopatie.....	15
3	Speciální vyšetřovací metody v diagnostice diabetické retinopatie	16
3.1	Fluorescenční angiografie u diabetické retinopatie.....	16
3.2	Optická koherentní tomografie.....	21
3.3	Ultrazvukové vyšetření u diabetické retinopatie	25
3.4	Vyšetření zorného pole u pacientů s DR	28
4	Nejnovější vyšetřovací metody v diagnostice diabetické retinopatie.....	32
4.1	OCT Angiografie.....	32
4.2	Daytona 200.....	33
4.3	Clarus fa Zeiss 200 stupňová digitální kamera.....	33
4.4	Heidelberský retinální tomograf (HRT)	34
4.5	Budoucnost perimetrie.....	35
	ZÁVĚR.....	36
	Seznam literatury	37

ÚVOD

Diabetická retinopatie a její komplikace patří k významným příčinám postupné ztráty zraku a slepoty jak v rozvojových zemích, tak ve vyspělých státech světa. Jedná se tedy o globální celospolečenský problém se závažnými zdravotními a sociálně-ekonomickými důsledky, jimiž je postiženo asi 50 % všech diabetiků. Výskyt pacientů trpících diabetem mellitus rychle roste. Hlavní příčinou je velký nárůst diabetiků 2. typu, jenž vede k velkému celosvětovému problému. V roce 2012 činila prevalence v České republice 841 000 nemocných. V současné době je registrováno přibližně 9 % všech diabetiků v ČR. Spolu se vzrůstajícím množstvím pacientů postižených diabetickou retinopatií došlo hlavně v posledních dvou desetiletích k výraznému rozvoji v diagnostice a léčbě tohoto onemocnění. Základním faktorem ovlivňujícím vývoj diabetické retinopatie je doba trvání diabetumellitus. Zcela zásadní je komplexní preventivní program diabetické retinopatie zabezpečující aktivní screening diabetické retinopatie u pacientů s diabetem mellitus a následné moderní léčebné postupy snižující riziko ztráty zraku o více než 90 %.

Tato práce se zabývá vyšetřovacími metodami v diagnostice diabetické retinopatie. Cílem této práce je popsat standardní vyšetřovací metody s využitím moderní přístrojové techniky. Představeny jsou výhody, limitace a časté problémy a chyby v diagnostice diabetické retinopatie.

Při tvorbě této bakalářské práce jsem v první etapě rešeršní činnosti použila k vyhledání odborné literatury a časopisů databáze Medvik, PubMed a Medline. Základní jazyky pro vyhledávání byly český, slovenský, polský a anglický jazyk. Použila jsem tato klíčová slova: diabetická retinopatie, diabetes mellitus, optická koherenční tomografie, fluorescenční angiografie.

Dále jsem pracovala s databází knihovny Univerzity Palackého v Olomouci a v neposlední řadě jsem využila konzultací s odborníky oddělení, kteří mi poskytli řadu praktických i teoretických informací, které pro mě byly přínosem nejen při tvorbě bakalářské práce.

1 Diabetická retinopatie

Jedná se o typickou chronickou progresivní mikrovaskulární komplikaci DM postihující sítnici oka a vznikající na základě specifických morfologických změn v důsledku celkového onemocnění diabetes mellitus. Výskyt a rozvoj DR je ovlivněn věkem pacienta, jeho pohlavím a délkou trvání DM. Přes zřetelnou etiopatogenetickou odlišnost diabetu mellitus 1. a 2. typu dochází k rozvoji DR na podkladě společných patologií. Jedná se o genetické a metabolické faktory, které mají zásadní vliv na dynamiku progresu DR. Mezi hlavní patologické agens patří kolísavá hladina glykémie s častou hyperglykemií, dále hypertenze a dyslipidémie, ledvinové poškození, oxidační stres a anémie. Vlivem dlouhotrvající hyperglykémie způsobuje zvýšení krevní viskozity, změnu koncentrace plazmatických proteinů a následné porušení mikrocirkulace se zvýšenou permeabilitou kapilár. Vlivem oxidačního stresu dochází k pseudohypoxiím porušujícím buněčnou membránu. Histopatologické změny v krevním řečišti vznikají na základě poškození endotelu, pericytů a bazální membrány. Projevují se vaskulárními okluzemi, kapilárními dilatacemi a hypermeabilitou s následným rozvojem typických diabetických retinálních změn. [1-7]

1.1 Klinický obraz

Primární známkou diabetické retinopatie je přítomnost mikroaneuryzmat, jejich prasknutím vznikají retinální a vitreální hemoragie. Porušení kapilární stěny způsobuje průsaky a vývoj vatovitých a tvrdých exudátů. Dále dochází k rozvoji intraretinálních mikrovaskulárních abnormalit, flebopatií, fibrózním proliferacím a neovaskularizacím sítnice a papily zrakového nervu vlivem ischemie. Diabetická retinopatie vede k mnoha komplikacím, mezi nejčastější patří diabetický makulární edém, trakční odchlípení sítnice, diabetická katarakta, sekundárně vzniklý neovaskulární glaukom, neovaskularizace rohovky, diabetická papilopatie a poškození hlavových nervů. Tyto projevy a komplikace DR budou v následujících kapitolách u jednotlivých vyšetření zmíněny, nejsou však tématem této bakalářské práce a z kapacitních důvodů nejsou blíže popsány. [1-3,6-7]

Díky časnému screeningu diabetických pacientů a následné prevenci jsou pacienti často asymptomaticí a neprojevise u nich těžká stádia nemoci. U pokročilejších forem může docházet k mírnému nebo střednímu, jednostrannému či oboustrannému zhoršení vizu vlivem morfologických změn sítnic. U závažnějších forem dochází k bolesti oka, nejčastěji způsobené vlivem sekundárního glaukomu. Neléčená a rychle progredující DR vede k postupné ztrátě vizu až slepotě. [1,4-7]

1.2 Klasifikace

Diabetickou retinopatii dělíme dle standardů České diabetologické společnosti na následující formy a klinická stádia DR. [1,4]

	Nález na očním pozadí
Neproliferativní DR Počínající	Mikroaneurysmata Mikrohemoragie Intraretinální hemoragie
Středně pokročilá	Venózní abnormality Cévní změny v oblasti makuly Tvrdé exsudáty Vatovité exsudáty
Pokročilá	Intraretinální mikrovaskulární abnormality (tRMA) Ischemie sítnice
Proliferativní DR Počínající	Neovaskularizaci na sítnici (epiretinální)
Vysoce riziková	Neovaskularizace na papile (epipapilární) Trakční amoce sítnice Intravitreální krvácení
Diabetická makulopatie	Makulární edém Klinicky signifikantní makulární edém

Tabulka 1 – Klasifikace diabetické retinopatie [4]

1.3 Léčba

V rámci léčby diabetické retinopatie je nezbytná primární léčba diabetu, jež je založena především na prevenci, aktivním screeningu populace a dobré spolupráci pacienta s optimální kompenzací diabetu, a dalších rizikových faktorů. Studie Diabetes Control and Complications Trials uvádí, že pravděpodobnost vývoje DR klesne u dobře kompenzovaných diabetiků oproti špatně kompenzovaným diabetikům ze 40 % na 10 % případů. [1,5-6,8]

Režimová a farmakologická léčba DM ovlivňující rizikové faktory

- Léčba obezity změnou životosprávy a jídelníčku – diabetická dieta
- Kompenzace hyperglykémie pomocí perorálních antidiabetik nebo inzulínovou terapií
- Léčba hypertenze užíváním antihypertenziv
- Léčba hyperlipoproteinémie pomocí hypolipidemik [1,4,6-8]

Specializovaná oftalmologická léčba DR

- Indikace Laserové koagulace sítnice
- Chirurgická léčba pars plana vitrektomie
- Farmakologická a kombinovaná léčba makulárního edému

Výše uvedené terapeutické metody představují obecný přehled léčby DR, nejsou však tématem této bakalářské práce a z kapacitních důvodů nejsou blíže popsány. [1-2,4,7,9]

1.4 Screening a prevence diabetické retinopatie:

Prevence a brzký záchyt diabetu spolu se včasnou stabilizací pacienta a pozdější dlouhodobá kompenzace DM dává vysokou šanci na zachování plných zrakových funkcí diabetika. K tomu je potřeba odborné spolupráce diabetologů, internistů, praktických lékařů a oftalmologů. Cílem diabetologa je stanovení diagnózy DM na základě glykémie ve venózní plazmě měřené klasickou biochemickou metodou, dále určení typů DM s následným nasazením léčby vedoucí ke stabilizaci hladiny glykémie. Pacient dochází na pravidelné kontroly hladiny glykémie hypertenze a dalších rizikových faktorů. Poté je pacient s DM odeslán k oftalmologovi, který provede odborné oční vyšetření a zodpovídá za včasný záchyt a specializovanou léčbu diabetické retinopatie. Nálezy z očních vyšetření spolu s informacemi o dalších oftalmologických kontrolách jsou zasílány diabetologovi. Důležitý je pravidelný dohled diabetologa na to, zda pacient absolvuje pravidelné oftalmologické vyšetření. Výsledky velkých klinických studií dokazují, že komplexní screeningovo-preventivní opatření s léčebnými postupy snižují ztrátu vízu o více než 90 %. [1,2,4-7,9-12]

Aktivní screening diabetické retinopatie je vzhledem k reálné hrozbě snížení zrakové ostrosti nezbytný. České diabetologická a České vitreoretinální společnost doporučuje zahájit aktivní screening DR u pacientů s DM. U dospělých diabetiků 1. i 2.

typu je screening zahájen po stanovení diagnózy. Pokud není zjištěna DR nebo je diagnostikována pouze počínající forma DR, obvykle stačí kontroly jednou ročně. U diabetiků s rozvinutější DR jsou kontroly častější (po 3–6 měsících) a závisí na stádiu DR a kompenzaci DM. Screening u dětí provádíme od školního věku (7–10 let) 1x ročně, především z důvodu zafixování důležitosti pravidelných kontrol. K mimořádným termínům vyšetření a screeningů diabetické retinopatie dochází při změně klasifikace DM, zahájení dialýzy, zahájení léčby inzulinem či inzulinovou pumpou, a dále u gravidních pacientek v důsledku častého zhoršení kompenzace DM.[2,4-6,9-12]

Standardní screeningové vyšetření diabetika v České republice zahrnuje vyšetření zrakové ostrosti, měření nitroočního tlaku a biomikroskopické vyšetření předního segmentu oka. Pro vyšetření očního pozadí u pacienta s DM je nejlepší a nejpoužívanější metodou biomikroskopické vyšetření očního pozadí v široké arteficiální mydriaze s použitím řady dalších bezkontaktních asférických a kontaktních čoček s vysokým rozlišením. Toto vyšetření umožňuje kvalitní zhodnocení fundu spolu s periférií sítnice. V současné době je většina nemocnic a specializovaných soukromých pracovišť vybavena digitálními funduskamerami k pořízení barevné fotodokumentace. Důležitou součástí vyšetření je řádná edukace dodržování léčby DM a dlouhodobé kompenzace hladiny glykémie a hypertenze. Zdůraznění nutnosti pravidelných oftalmologických vyšetření. Pacient musí být seznámen s reálnou hrozbou rychlé progresy v případě dlouhodobě nekompenzovaného diabetu a musí znát závažnost všech komplikací vedoucích až ke ztrátě vízu při nedodržování předepsané léčby. Další doplňující odborné vyšetřovací metody DR jsou prováděny ve specializovaných diabetologických sítnicových poradnách a ambulancích oftalmologických pracovišť. Patří mezi ně ultrasonografické vyšetření (USV) očního bulbu, fluorescenční angiografie (FAG) a vyšetření pomocí optické koherentní tomografie [1,2,4-7,9-12]

2 Přehled současných diagnostických metod u diabetické retinopatie

Jedná se o soubor základních vyšetřovacích metod a postupů sloužících u diabetických pacientů sloužících k prokázání či vyloučení postižení sítnice pacienta diabetickou retinopatií.

2.1 Anamnéza

Nedílnou součástí každého vstupního vyšetření je podrobná anamnéza diabetického pacienta, popisující jeho potíže a objektivní somatický stav. U diabetiků se podrobně zaměříme na zjištění typu DM (1. typu, 2. typu, sekundární apod.). Dále je nutné zaznamenat průběh DM od samotného začátku. Nezbytné jsou podrobné informace o dietě pacienta, době nasazení a typu antidiabetik. Poté zjistíme, zdali pacient je, nebo byl (přechodně) kompenzován inzulínem. V případě, že má pacient inzulínovou pumpu, doplníme údaje o jaký typ se jedná a jakým inzulínem je plněna. Správná kompenzace diabetu je klíčová, proto průběžně zjišťujeme hladiny glykovaného hemoglobinu a zaznamenáváme počet hyperglykemií a hypoglykemií. Další informace o dlouhodobé kompenzaci nalezneme v průkazu diabetika a ve vlastních záznamech pacienta. [1,6,7,13]

Diabetickou retinopatií podstatně ovlivňují některá interní onemocnění, zejména pak hypertenze, poruchy lipidového metabolismu, diabetická neuropatie, mikro a makroangiopatie, a také funkční postižení ledvin. Vždy je potřeba zaznamenat všechny léky užívané pacientem spolu s indikovanou léčbou. [1,6]

V rodinné anamnéze zmapujeme výskyt diabetu v rodině spolu s očními komplikacemi. V oftalmologické části zjišťujeme akutní a chronické zánětlivé onemocnění, vrozené vady, úrazy a operace. [1,6]

2.2 Kontrola zrakové ostrosti

Zraková ostrost určuje kvalitu vízu a je jedním z nejdůležitějších parametrů pro měření zraku. Je definována jako: „Schopnost oka rozeznat nejmenší detaily vysoce kontrastního předmětu.“ Holandský oftalmolog Herman Snell ji popsal jako

převrácenou hodnotu úhlu, která odpovídá nejmenšimu okem rozlišitelnému detailu. [6-7, 14, 15]

Vízus popisuje stupeň a kvalitu rozlišovací schopnosti lidského oka v předmětovém prostoru. Lze ho definovat jako schopnost oka rozeznat od sebe dva vedle sebe ležící body, pokud paprsky dopadající na sítnici vzájemně svírající minimální úhel $1'$, označovaný jako minimum separabile. Jedná se o úhlovou rozlišovací mez oka (MÚR), kdy dva nejbližší ležící body na sítnici, které se zobrazí jako rozptylový kroužek, lze od sebe rozlišit jen tehdy, pokud je mezi nimi alespoň jeden volný světlem nezasažený čípek. Noniová rozlišovací mez oka dosahuje $10''$ až $5''$ a měří stupeň návaznosti dvou nad sebou umístěných rovnoběžných, zdánlivě na sebe navazujících úseček, mezi kterými nemusí být volný čípek. Stanovuje, kdy jsou tyto úsečky okem vnímány jako jedna, a kdy jako dvě. [6-7,14,15]

Vyšetření vízu do dálky je prováděno pomocí LCD či projekčních ETDRS optotypů. Následně je posouzena úroveň zrakové ostrosti, a hodnoty vízu jsou zapisovány v podobě zlomku, desetinného čísla nebo logaritmickým zápisem. Běžná vyšetřovací vzdálenost stanoví dle konstrukce optotypu 6 m nebo 4 m. V případě, že pacient nepřečte ani největší písmeno na optotypu příslušící hodnotě vízu 6/60, tedy 0,1, čte ze vzdálenosti 1 m, tj. vízus $1/6-1/60$. Pokud pacient ani tehdy nemůže číst, přejdeme k počítání prstů ze vzdálenosti 30–40 cm. V případě neúspěchu zkoumáme reakci na pohyb ruky před okem. V konečné fázi přistoupíme k testování reakce na osvit pomocí světelné projekce, v závislosti na rozpoznání strany osvitu označujeme světelnou projekci jistou či nejistou. [7,14,15]

Vyšetření vízu do blízka probíhá nejčastěji pomocí Jägerovy tabulky s odpovídající korekcí, monokulárně ze vzdálenosti 30–40 cm. [7,15]

Již výsledky těchto dvou vyšetření mohou poukazovat na patologii. Diabetický makulární edém se velmi často projeví zhoršeným vízem do blízka, naopak pokles vízu do dálky může být zapříčiněn zúžením zorného pole či sekundárně vzniklou kataraktou. [7,14]

2.3 Vyšetření nitroočního tlaku

Nitrooční tlak pacienta měříme pomocí tonometru. Nejčastěji používaný je bezkontaktní tonometr, který je nyní součástí většiny auto-refraktometrů. Měření probíhá na základě oploštění rohovky vlivem tlaku vzduchu vycházejícího z přístroje. Zaznamenává se čas začátku vzduchového rázu až po samotnou aplanaci rohovky. Čím

kratší čas je potřeba k oploštění rohovky, tím je nitrooční tlak nižší. Naopak při vysokých hodnotách nitroočního tlaku je čas potřebný pro oploštění rohovky delší. Toto vyšetření je velmi rychlé a bezbolestné. Fyziologické hodnoty NOT se pohybují v rozmezí 11–21 mm Hg. [6,7,16]

2.4 Oftalmoskopie

Tato vyšetřovací metoda umožňuje vyšetření očního pozadí, tedy sítnice a papily optického nervu. Dle způsobu a metody provádění vyšetření rozlišujeme oftalmoskopii přímou a nepřímou. [1,6,16]

Přímá oftalmoskopie

Vyšetření je prováděno pomocí přímého oftalmoskopu. Tento ruční nástroj se zabudovaným osvětlením umožňuje vyšetření sklivce a sítnice přes nedilatovanou nebo dilatovanou zornici. Tato vyšetřovací metoda při vyšetření pacientů s DR postupně ustupuje do pozadí. Dnes se používá především při vyšetřování nehybných pacientů na lůžku. [1,6,16]

Průběh vyšetření – Vyšetření přímou oftalmoskopií provádíme u pacienta v sedě či u nehybných pacientů na lůžku. 30 minut před samotným vyšetřením se pro navození cykloplegie vyšetřovanému do každého oka vkápne 1 kapka mydriatika. Po 5 min se šířka zornic zkontroluje. Rozkapáním se výrazně zvětší zorné pole a usnadní se hledání stěžejních struktur na očním pozadí. Na Rekossových kotoučích elektrického oftalmoskopu se nastaví daná dioptrická hodnota. Pacient a vyšetřující jsou hlavami proti sobě s vhodným uspořádáním tak, aby se k sobě mohli oba pohodlně a dostatečně přiblížit. Pozorování fundu předchází vyvolání červeného reflexu ze vzdálenosti přibližně 30 cm od pacienta. Následně se vyšetřující s oftalmoskopem přiblíží k oku pacienta a vyzve ho, aby fixoval do bodu za hlavou vyšetřujícího, čímž nedojde k oslnění pacienta světelným paprskem oftalmoskopu. Samotné vyšetření se provádí ze vzdálenosti 3–7 cm. Vyšetřující pozoruje strukturu, při vyšetřování je nutno postupovat systematicky od papily zřetelného nervu, přes makulární okraj do horního temporálního kvadrantu retiny a po směru hodinových ručiček. Pro vyšetření makuly je pacient vyzván, aby fixoval na světlo oftalmoskopu. Pozorovaný obraz je vzpřímený, 15× zvětšený a virtuální. [1,6,16]

Nepřímá oftalmoskopie

Nepřímá oftalmoskopie je neinvazivní vyšetření poskytující další možnost posouzení očního pozadí pomocí binokulárního zařízení umístěného na hlavě vyšetřujícího, tzv. indirektního oftalmoskopu. Tento přístroj má světelný zdroj a světlo se kondenzuje na sítnici pomocí čoček s optickou mohutností 20–30 D.

Nespornou výhodou tohoto vyšetření je velké zobrazovací pole. Vyšetřující zorné pole je až 45°, což znamená, že je možné prohlédnout mnohem větší oblast sítnice. Další výhodou je komfortnější vyšetřovací vzdálenost 40–50 cm. Obraz pozorovaný na sítnici je reálný, stranově převrácený a 3–4 x zvětšený. [1, 6, 16]

Průběh vyšetření – Nepřímé oftalmoskopie je prováděna ambulantně. Stejně jako u přímé oftalmoskopie je před vyšetřením doporučeno aplikovat mydriatika. Vyšetření provádíme nejčastěji u ležícího pacienta, který dostane pokyn fixovat určitý bod na stropě nebo prst své předpažené ruky. Vyšetřující si na hlavu nasadí indirektní oftalmoskop vybavený binokulární optikou, ve kterém je možné měnit hodnotu sférických čoček otáčením Rekossových kotoučů, a svisle se podívá do vyšetřovaného oka pacienta. Po vyvolání červeného reflexu se do průběhu optické osy vloží rukou držena oftalmologická čočka. Pro eliminaci třesu vložené čočky si vyšetřující může ruku zlehka opřít o čelo vyšetřovaného. Vyšetřující stejně jako při přímé oftalmoskopii hodnotí všechny struktury od makuly směrem k periferii. Celé vyšetření probíhá při konstantní vzdálenosti 40–50 cm a je zcela bezbolestné. [1, 6, 16]

2.5 Biomikroskopické vyšetření na štěrbinové lampě

Vyšetření očního pozadí pomocí štěrbinové lampy je považováno za základní, rozhodující vyšetření v diagnostice diabetické retinopatie. Tato metoda je dostatečně citlivá ke zjištění neovaskulárních změn na sítnici, exudátu, hemoragií a ztlustění v oblasti makuly. [1,4,16]

Průběh vyšetření – Vyšetření fundu na štěrbinové lampě probíhá u sedícího pacienta, který dle pokynů vyšetřujícího fixuje bradu a čelo pomocí hlavové opěrky přístroje. Po nastavení štěrbinové lampy vyšetřující zacentruje a zaostří kolmo na vertex rohovky. Dochází k vytvoření červeného reflexu, následně těsně před oko pacienta předsadíme diagnostickou čočku. V praxi nejčastěji používanou čočkou je asférická čočka s optickou mohutností 90 D případně další typy bezkontaktních čoček používaných k diagnostice centrální krajiny sítnice o síle 60 D a 78 D. K simultánnímu

zhodnocení všech částí sítnice jsou doporučovány čočky s 81 D a 90 D. V případě posuzování klinicky signifikantního makulárního edému je vhodné použití kontaktní čočky k diagnostice sítnicového ztlustění. Při vyšetření v monochromatickém spektrálním paprsku je doporučeno použití několika barevných filtrů, jež zvýrazňují obrysy detailů a zmenšují chromatické aberace. V červeném monochromatickém světle jsou dobře viditelné dilatované intraretinální mikrovaskulární abnormality. Nepřehlédnutelné jsou také mikroaneuryzmata a mikrohemoragie. Ve žlutozeleném světle dochází ke zvýraznění intraretinálních defektů nervových vláken. V průběhu celého vyšetření je zhotovována fotodokumentace očního pozadí. Celé vyšetření je neinvazivní a zcela bezbolestné, avšak dlouhý osvit oka může být především pro světloplaché pacienty nepříjemný, proto je doporučeno zkrátit dobu vyšetření na minimum. [1,5,6,16]

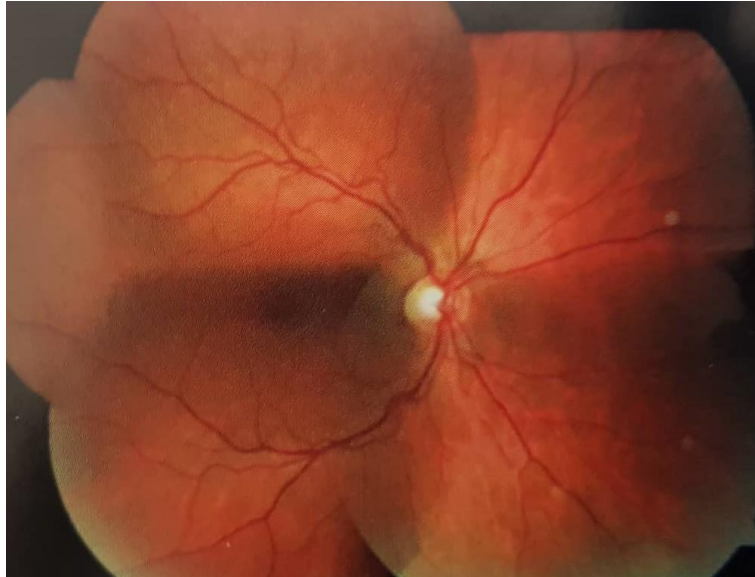


Obrázek 1 Biomikroskopické vyšetření očního pozadí na štěrbinové lampě [7]

2.6 Digitální fotodokumentace pomocí funduskamery

Pořízení kvalitní fotodokumentace je dne základním výstupem prakticky každého přístrojového vyšetření. Zhotovení digitálních snímků sítnice pomocí funduskamery patří mezi základní screeningové vyšetření sloužící k odbornému posouzení stavu sítnice diabetických pacientů a následnému potvrzení či vyvrácení postižení diabetickou retinopatií. Většina běžně používaných funduskamer poskytuje zvětšení 4,1–1,5x s rozsahem obrazu 45 stupňů. Primárně jsou pořizovány barevné snímky sítnice ve žlutém světle doplněné o černobílé obrázky zhotovené v zeleném světle. Digitální stereofotografie sedmi polí je podle studie ETDRS a EURODIAB standardem

v hodnocení DR. U všech pacientů v pokročilých formách DR je doporučeno provedení snímků dvou polí, centrálního a diskonazálního ve 40 stupních. [1,4,5,17]



Obrázek 2 Základní digitální fotografie sedmi polí dle standardů ETDRS [1]

2.7 Časté problémy a chyby v diagnostice diabetické retinopatie

Největším problémem s nejméně závažnými následky je pozdní diagnostika DM a následně i diabetické retinopatie mající za následek rychlou progresi DR do těžkých forem. Doposud provedené studie poukazují na přímou korelaci prevalence a incidence s typem DM, délkou trvání nemoci, výší hladiny glykémie a proteinurií. Další častou chybou, které je třeba se vyvarovat, je provádění screeningového vyšetření bez arteficiální mydriázy. Poměrně častou chybou jsou také artefakty digitální fotografie způsobené otisky prstů vyšetřujícího či nosu vyšetřovaného na objektivu. Prach na čočce a uvnitř kamery taktéž zhoršuje kvalitu fotodokumentace. Chyba při fokusaci a nedodržování vzdálenosti kamery jsou další chyby, kterým lze zabránit. [1,2,17]

3 Speciální vyšetřovací metody v diagnostice diabetické retinopatie

Tyto speciální vyšetřovací metody slouží k detailnější diagnostice pacientů u nichž výsledky základních vyšetřovacích metod poukazují na přítomnost diabetické retinopatie. Speciální vyšetřovací metody Florescenční angiografie (FAG), Optická koherenční tomografie (OCT), Ultrazvukové vyšetření (UZ) a vyšetření zorného pole indikuje ošetřující oftalmolog. Dnes se tyto moderní diagnostické přístroje používají stále více, proto se dnes v praxi můžeme běžně setkat s používáním těchto vyšetření již v první fázi screeningu každého diabetického pacienta.

3.1 Florescenční angiografie u diabetické retinopatie

Vyšetření pomocí fluorescenční angiografie (FAG) je velmi moderní a přesná vyšetřovací metoda využívaná v oftalmologii k vyšetření krevního řečiště v sítnici a části cévnatky. Poskytuje důležité informace o průchodnosti a průběhu cév očního pozadí pacientů s diabetickou retinopatií. FAG dokáže dynamicky zhodnotit stav hemoretinálních bariér, čímž významně přispívá k řádné diagnostice a pozdějšímu monitorování onemocnění. [1,6,10]

Princip této metody spočívá v absorpci světla v oblasti modré barvy o vlnové délce 485–500 nm v roztoku fluoresceinu rozpuštěném v natrium hydroxidů. Dochází tím k jeho následné excitaci vlivem modrého filtru předsazeného před blesk kamery, čímž dochází k emitaci paprsků větší vlnové délky v oblasti blízké zelenému spektru o vlnové délce 525–530 nm. Pomocí vhodného výběru filtrů lze při fotografování docílit oddělení excitační frekvence od frekvence emisní. Toho docílíme předsazením žlutozeleného filtru, který poskytne selektivní přístup excitovaného zeleného světla na digitální fotosenzitivní plochu speciální fundus kamery. [1,6]

Příprava pacienta na vyšetření pomocí fluorescenční angiografie

Před samotným vyšetřením musí být pacient seznámen s účelem vyšetření FAG, jeho průběhem a eventuálními komplikacemi, které by se mohly v průběhu a po samotném vyšetření vyskytnout. Následně pacient podepisuje informovaný souhlas

s výkonem. Poté jsou podána mydriatika v podobě očních kapek sloužící k navození cykloplegie. Efekt se projeví asi za 30 minut (je to individuální). Dále je velmi důležité sepsat anamnézu pacienta se zaměřením na užívané léky, případné alergie či astma a také vyloučení těhotenství. Z důvodu možnosti vzniku alergické reakce u pacienta se v praxi v rámci premedikace často podává antihistaminika, např. Dithiaden. Obecně je fluorescein dobře tolerovanou látkou, přesto u 5–10 % pacientů mohou vzniknout vedlejší reakce jako neuzea doprovázená zvracením, bronchospasmus, hypotenze, edém laryngu, epileptický záchvat až srdeční zástava. Tato alergické reakce z důvodu přecitlivělosti na kontrastní látku se vyskytuje zejména u pacientu s alergií na jinou kontrastní látku a u astmatiků. U těchto pacientů je doporučeno podat 100 mg hydrokortisonu před vyšetřením. Na závěr se aplikují léky rozšiřující zornice. [1,6-7,17]

Průběh vyšetření pomocí fluorescenční angiografie

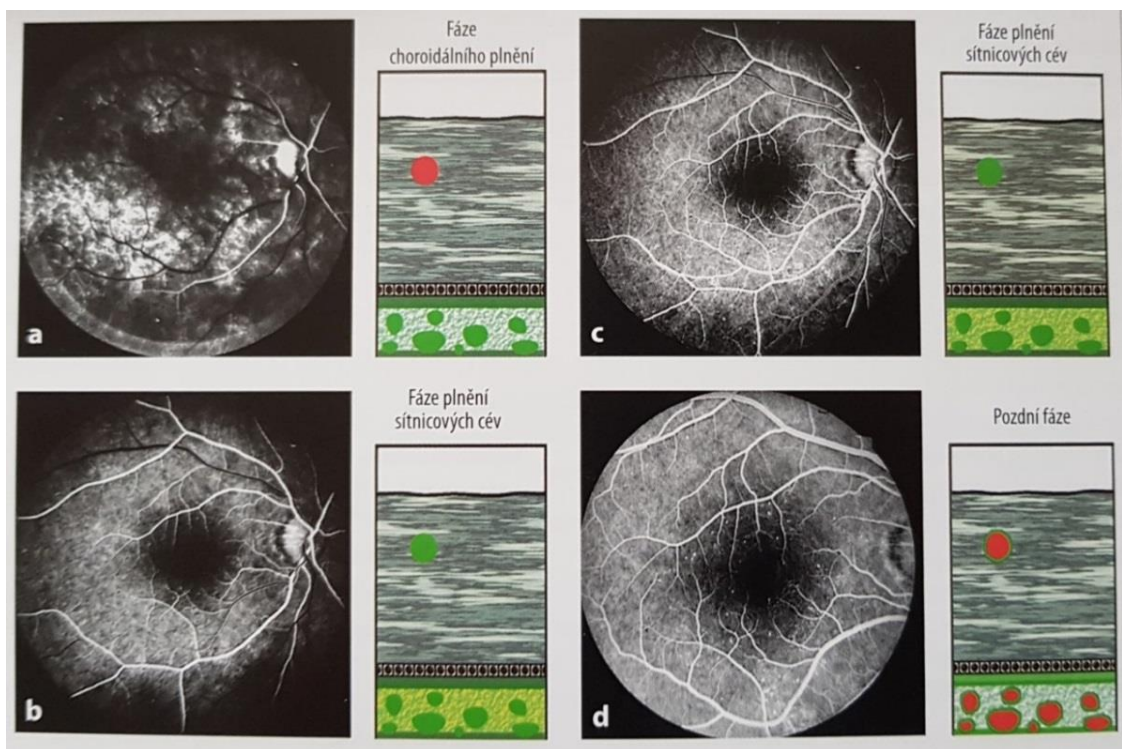
Vyšetření FAG probíhá ambulantně a je bezbolestné. Průměrná doba vyšetření je přibližně 30 minut. Nejprve jsou pomocí vysokosekvenční retinální kamery pořízeny snímky očního pozadí bez kontrastní látky pouze pomocí modrého excitačního filtru pro následné srovnání. Poté vyšetřovanému v sedě či v leže zavedeme do kubitální žíly kanylu, do které intravenózně aplikujeme kontrastní látku, nejčastěji výše zmiňovaný fluorescein. Celkem 75–80 % této kontrastní látky se váže na krevní elementy a proteiny v séru. Zbytek, 15–20 % této látky, proudí v krevním řečišti volně a za fyziologického stavu nedochází k perfúzi této látky přes cévní stěnu. [1,6,17]

Na začátku, kdy je pacientovi rychle aplikováno 5 ml 15% Fluorescitu Alcon, dochází k zapnutí vteřinového počítadla a poté, po 7–10 sekundách, zahájíme fotografování. Poslední snímek provádíme většinou po 10 minutách, kdy se v zadním segmentu objeví skvrnitě fluorescenční probarvení cévnatky. Během následujících 3–5 minut se fluorescein rozloží v celém krevním oběhu, včetně choroidey a retiny. [1,6,17]

Fyziologický fluoroangiogram

Ve zdravém oku fluorescein proudí v cévním řečišti. Jeho průchodu z cév do sítnice zabraňují hemoretinální bariéry endotelových buněk, pericytů sítnicových kapilár a retinální pigmentový epitel, kde zonula occludens zabezpečuje pevné spojení. Oproti tomu choriokapilární cévy nemají těsnou endotelovou vazbu, proto fluorescein proudí pod retinální pigmentový epitel. Fyziologický FAG probíhá v následujících fázích. [1,6]

Fáze choroideálního záblesku tzv. flushe, jež je prearteriální fází, kdy dochází k naplnění cilioretinálních artérií. V tomto okamžiku lze pozorovat záblesk, jehož intenzita záleží na množství barviva v retinálním pigmentovém epitelu. Poté nastupuje arteriální fáze, kdy kontrastní látka vtéká do retinálních tepen, odkud se dostává až do sítnicových kapilár. Následuje arteriovenózní fáze, kdy dochází k přechodu fluoresceinu z arteriálního do žilního řečiště. Venózní fázi následně dělíme na časně laminární proudění, vystupující především při soutok žil, a pozdní homogenní proudění. Na závěr následuje pozdní fáze, kdy dochází k postupnému odplavení fluoresceinu. Tato fáze je typická praktickým vymizením barviva z cévnatky a sítnicových cév. Zjevné je difuzní choroideální zbarvení, které se může mylně jevit jako negativní obraz sítnicových a choroideálních cév s povrchovým uložením. [1, 6]



Obrázek 3 Jednotlivé fáze plnění FAG [1]

Patologické nálezy fluorescenční angiografie u DR

Patologickými nálezy na FAG jsou hyperfluorescence a hypofluorescence. U pacientů s diabetickou retinopatií nalezneme pestrou škálu fluoroangiografických nálezů. Výsledky vyšetření jsou nejčastěji zaznamenávány v digitální podobě pro další snadné úpravy, manipulaci a archivaci snímků. [1]

Blokáda fluorescence - Je typická zobrazením tmavé skvrny na fluoroangiogramu, která blokuje fluorescenční zobrazení struktur ležících pod ní. Příčinou je velmi často preretinání a subretinální hemoragie způsobující blokaci. Časté jsou také intraretinálně uložené tvrdé, měkké nebo vatovité exudáty. [1]

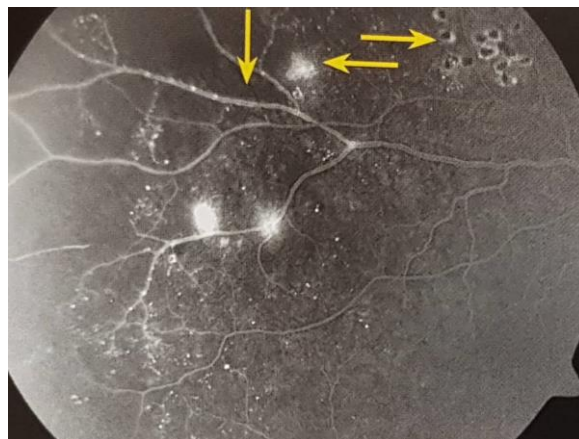


Obrázek 4Blokáda fluorescence [1]

Defekty v plnění cév - Jedná se o dobře viditelné temné defekty nebo hypofluorescenční zóny vyskytující se u diabetické retinopatie s okluzivním, ischemickým průběhem. Tyto poruchy lze sledovat u retinálních i choroideálních cév. [1]

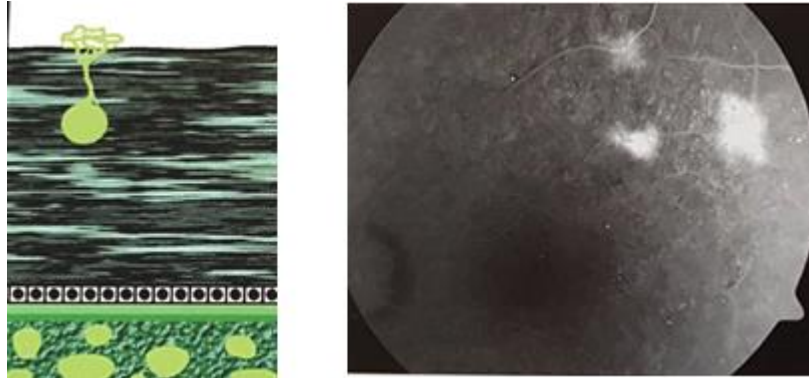
Plnění - Jedná se o postupně vznikající hyperfluorescenční ložisko v místě odchlípení retinálního pigmentového ložiska, kde je po celou dobu ukotvené. [1,6]

Hyperfluorescence - Projevuje se nárůstem fluorescence v důsledku uvolnění kontrastní látky do extracelulárního prostoru cévnatky, jenž je zapříčiněná defektem pigmentového epitelu. Po zředění se barvivo pomalu odplaví. Tento nález je typický pro pacienty s DR po foto- a kryo-koagulaci. [1,6]



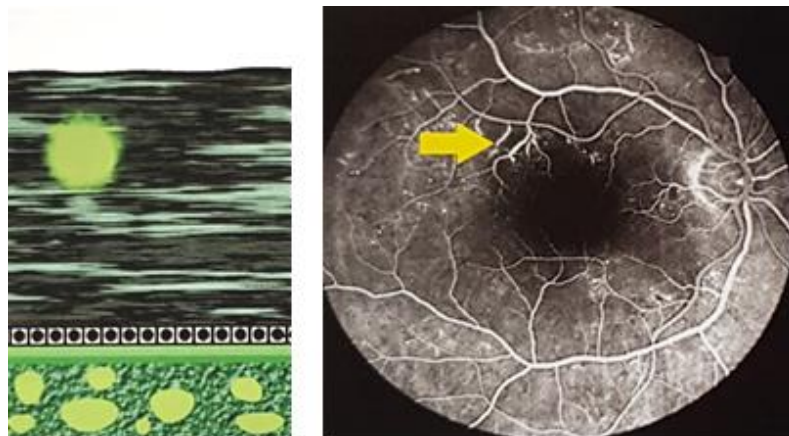
Obrázek 5Hyperfluorescence [1]

Prosakování - Dochází k dlouhodobému nárůstu fluorescence způsobené prostupováním barviva z choroideálních cév extravazální v důsledku porušené hematoretinální bariéry. Typickým nálezem je hyperfluorescence v subretinální, intraretinální či preretinální oblasti. U pacientů s DR po laserové excesivní koagulaci je typický nález subretinálního prosakování. Naopak u DR s dilatovanými retinálními kapilárami a cystoidních makulárních edémů dochází k intraretinálnímu prosáknutí. Pro neovaskularizace je typické preretinální prosakování. [1]



Obrázek 6 Prosakování [1]

Zbarvení - Je charakterizováno nahromaděním fluoresceinu v retinálních cévách, které se dále větví do periférie. Zbarvení dělíme na retinální a subretinální. U diabetické retinopatie s venózními okluzemi jsou u cévní stěny charakteristicky viditelné retinální zbarvení, kde dochází k poruše bazální membrány a zániku pericytů.[1]



Obrázek 7 Zbarvení [1]

Obraz laserového bodu - Tento nález je typický u pacientů s DR do 10 dnů po laserovém ošetření, kdy dojde k porušení hematookulární bariéry. V laserovaném místě je viditelný fluoresceinový šum. Na okraji hyperfluorescence se nachází pigmentové přesuny. Po týdenní regeneraci pigmentové vrstvy sítnice je patrný pouze bod

obklopený slabou fluorescencí. Při spojení více intenzivních bodů vzniká oblast jizevnaté atrofie cévnatky. [1]

Indikace fluorescenční angiografie u diabetické retinopatie

FAG je vyšetřovací metoda, jež by měla být uvážlivě indikována. Není součástí běžných screeningových metod u DR. Je však nedílnou součástí diagnostiky, rozhodování a plánování a vyhodnocování laserové léčby u diabetického makulárního edému, dále při nevysvětlitelném poklesu vízu nebo při nejasném nálezu poukazujícím na ischemii střední periférie sítnice. Může také pomoci při diferenciální diagnostice pseudofakického a diabetického makulárního edému. V neposlední řadě je FAG indikována k rozlišení dilatovaného atypického epipapilárního rete od epipapilární proliferace k verifikaci i diskrétní epiretinální proliferace. Fluoroangiografie je také indikována u pacientek s DR s počínajícím makulárním edémem, které plánují otěhotnět. [1,18]

3.2 Optická koherentní tomografie

Optická koherentní tomografie (OCT) je moderní, bezkontaktní, neinvazivní diagnostická metoda, která způsobila (v 90. letech 20. století) revoluci v diagnostice diabetické retinopatie a mnoha dalších očních onemocnění. Postupem času došlo ke zdokonalování softwarového vybavení, zvýšení citlivosti a rychlosti vyšetření OCT. Dnes je tato nonmydriatická vyšetřovací technika s nejvyšší rozlišovací citlivostí považována za běžnou metodu v zobrazování jednotlivých vrstev sítnice spolu s optickým nervem a hlouběji uloženými strukturami. Time domain OCT nabízí rozlišení 10–15 μm a u spectral domain OCT dokonce rozlišení 3–7 mikrometrů. [1,6]

Metoda využívá odrazu s dostatečně širokým spektrem nízkokoherentního záření o delších vlnových délkách v rozsahu blízkém infračervenému záření. Průnik světla do tkání závisí na jeho vlnové délce. Čím je světlo delší, tím průnik hlubší. S rostoucí spektrální šířkou roste axiální rozlišení přístroje. Světlo ze zdroje je polopropustným zrcadlem rozděleno na odražený paprsek směřující k referenčnímu zrcadlu a propuštěný měřicí paprsek směřující k vyšetřované tkáni. Referenční a měřicí paprsek se po odrazu vracejí zpět k polopropustnému zrcadlu, kde se oba spojí a jsou nasměřovány k detektoru. Pořizování obrazů v různých hloubkách tkání probíhá různými způsoby. [19]

Time domain OCT - Detekce dráhového rozdílu a tedy změny vzdálenosti referenčního paprsku je prováděna na základě posunu referenčního zrcadla. Na jednom interferometru probíhají měření jednotlivých zpoždění paprsku odraženého z různých hloubek tkáně, které se postupně prověřují. Výsledné A-skeny poskytují informaci o časovém zpoždění, hloubce a velikosti obrazu. Po jejich složení vzniká výsledný dvourozměrný obraz. Nevýhodou je pomalá rychlost skenování, pohybující se kolem 400 A-skenů za vteřinu. [1]

Spectral domain OCT – Optická koherentní tomografie se spektrální doménou pracuje na zásadě frekvenčně kódovaného signálu, který se zpracovává pomocí složité Fourierovy transformace. Díky současnému měření celého spektra záření lze dosáhnout podstatného zrychlení a lepší citlivosti. SD-OCT využívá zdroj nízkokoherentního světla ke snímání interferometrem s vysokorychlostním spektrometrem. Ten pomocí disperzní mřížky prostorově rozptýlí signál na pole fotodetektorů, které provádí souběžné měření. Informace o všech vrstvách vyšetřované tkáně získáme během kratší doby expozice, což je velkým přínosem u pacientů se sníženou schopností fixace. Vyšetření probíhá rychlostí 20 000–100 000 A-skenů za vteřinu, je tedy průměrně stokrát rychlejší než u TD-OC. [1]

Swept source OCT - Jedná se o nejmodernější technologii, která taktéž pracuje s frekvenčně kódovaným signálem, ale oproti SD-OCT využívá záření s vysokým stupněm koherence s úzkým spektrem vlnových délek světla. Vyšetřovací paprsek je následně v čase rychle rozdělen pomocí laditelných filtrů nebo laditelným generováním. Interference je měřena jako funkce času pomocí jednoho nebo několika málo fotodetektorů. Tato metoda je velmi rychlá, 200 000 až 400 000 A-skenů za vteřinu, a díky vyšší vlnové délce 1050 nm, umožňuje zobrazit vše od sklivce až po sklěru.[1]

Příprava pacienta na vyšetření pomocí OCT

U tohoto vyšetření není potřeba prakticky žádná příprava. Pacient je předem informován, že toto vyšetření není běžně zdravotními pojišťovnami hrazeno. Pacient je lékařem informován o účelu a průběhu tohoto vyšetření a záleží na jeho rozhodnutí, zda souhlasí s tímto vyšetřením, a tedy i s jeho úhradou. [1,17]

Průběh OCT vyšetření

Jedná se o rychlé, neinvazivní a bezbolestné vyšetření, jež trvá 2 až 3 min. Pacient je usazen k OCT přístroji, zafixuje čelo a bradu do hlavové opěrky přístroje, a následně je vyzván k fixaci zraku na centrační značku přístroje. Nejdřív je vyšetřeno pravé a poté levé oko pacienta. [1,17]



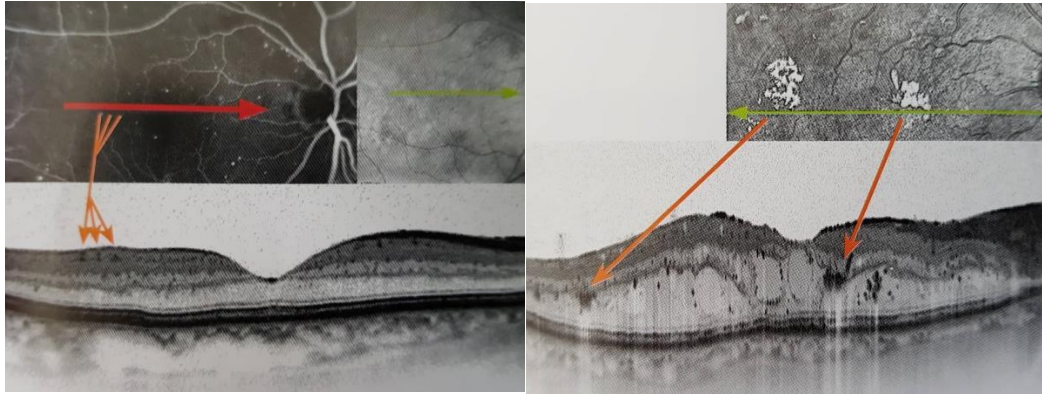
Obrázek 8 Vyšetření pacienta na OCT

Fyziologické OCT

Znalost fyziologického obrazu sítnice na OCT skenech jednotlivých průřezů spolu se správnou interpretací obrazových a grafických analýz a hodnocení struktur sítnice je zcela nezbytné k následnému odhalení a správnému kvalitativnímu a kvantitativnímu zhodnocení všech patologických nálezů. Výsledky vyšetření mohou být někdy nejasné, proto je doporučováno před stanovením konečné diagnózy srovnat výsledku s výstupy z dalších vyšetření. [1,17]

Patologické nálezy na OCT

OCT vyšetření u diabetických pacientů je specifickým detailním vyšetřením cíleným na centrální oblast makuly a papilyoptického nervu s paracentrálními oblastmi. Nejmodernější OCT přístroje nabízí širokoúhlé režimy doplněných zobrazení periferních vrstev sítnice. Velkou výhodou OCT je možnost opakování vyšetření s časovým odstupem, čímž docílíme dlouhodobého sledování progresu nemoci a hodnocení účinnosti léčby. [1]



Obrázek 9 Mikroaneuryzmata u neproliferativní DR a Tvrdé exudáty u neproliferativní DR [1]

U neproliferativní diabetické retinopatie je hodnocena struktura zevních vrstev retiny a vitreoretinální oblasti, případný výskyt makulárního edému a stav papily optického nervu. Typickým OCT obrazem svědčících pro NPDR jsou:

- Povrchové retinální hemoragie charakterizující se hyperreflektivními ztlustěními ve vrstvě retinálních nervových vláken.
- Tvrdé exudáty vznikající v důsledku dlouhotrvajícího kapilárního deficitu, jenž jsou zobrazeny jako výrazné intraretinální ložiska s blokačním efektem.
- Měkká ložiska se jeví jako hyporeflektivní ztlustění vrstvy retinálních nervových vláken s nejasnou kresbou v místě edému.
- Aneuryzmata se na OCT obrazech vykreslí jako tečkovité či oválné hyperreflektivní struktury. [1,17]

Proliferativní diabetická retinopatie je obrazem pokročilých znaků NPDR doplněných o neovaskularizaci cév. Neovaskularizace jsou na OCT skenech sítnice v podobě povrchových proliferací patrné jen jako nenápadné hyperreflektivity, naopak intraretinální neovaskularizace působí nepřehlédnutelné trakce sítnice, cystoidní a serózní změny a elevace neuroretinální vrstvy. V případě diabetického makulárního edému jsou za účelem vyšetření centrální krajiny a zhodnocení tloušťky sítnice pro sledování progresu DME zhotoveny široké celomakulární skeny. K posouzení receptoru a pigmentového epitelu sítnice slouží lineární skeny v místě foveoly. [1,17]

Indikace OCT vyšetření u diabetické retinopatie

Mezi hlavní indikace této specializované diagnostické metody s vysokou rozlišovací schopností patří detailní zhodnocení středních a pokročilých stádií

neproliferativních a proliferativních forem retinopatie a diabetického makulárního edému. Dále celá řada vitreoretinálních poškození, od preretinálních intraretinálních a subretinálních neovaskularizací přes makulární díry, pseudodíry, epiretinální membrány po makulární edémy různé etiologie a retinální atrofie. [1,17]

3.3 Ultrazvukové vyšetření u diabetické retinopatie

Ultrasonografie je neinvazivní vyšetření hojně používané v oftalmologii nejen k diagnostice diabetické retinopatie. Pomocí technologie vysokofrekvenčního diagnostického ultrazvuku o frekvenci 8–12 MHz lze neinvazivním způsobem zobrazit různé buněčné tkáně. [1,6,7]

Ultrazvuková metoda zobrazení funguje na principu odrazu ultrazvukového vlnění na rozhraní dvou prostředí s různou akustickou impedancí neboli různou hustotou tkání. Čím vyšší je rozdíl hustot obou tkání, tím větší je intenzita daného odrazu. Mikroskopická rozhraní struktur rozptylují vlnění. Při průchodu ultrazvukových vln se část energie v tkáni pacienta absorbuje a přeměňuje na teplo. UZ představuje harmonické vibrování částic v podobě mechanicko-elastických kmitů šířících se prostředím. Zdrojem ultrazvukového vlnění, vycházejícího z ultrazvukové sondy jsou tzv. piezoelektrické krystaly neboli ultrazvukové měniče vytvořené např. z bariumtitanátu nebo niobátu olova. Elektrický proud působící na povrch krystalu vytváří elektrický potenciál, který deformuje tvar krystalu. Ultrazvukové obrazy poskytují důležité kvantitativní a kvalitativní informace o jednotlivých tkáních oka a umožňují tak komplexní posouzení sklivcového prostoru a sítnice oka. UZ vyšetření poskytuje několik způsobů zobrazení. [1,6-7,18,20-21]

A-Scan

A-sken je nejzákladnější jednorozměrné lineární zobrazení odražených echogenit. Jedná se o popisnou metodu poskytující informace o měřených nitroočních vzdálenostech a případných zjištěných lézích. U této metody je třeba ultrazvukovou sondu přikládat bezprostředně na rohovku, aby nedocházelo k útlumu echa. Poměr skutečných vzdáleností tkáňových rozhraní odpovídá vzdálenostem amplitud. [1,6]

B-Scan

B-sken poskytuje vícerozměrné snímky vyšetřované oblasti oka při neprůhlednosti očních médií. Dvoj- nebo troj-rozměrný obraz získáme sumací odražených ech. Tato metoda podává informace o poloze, velikosti a tvaru léze, a je tedy přínosná hlavně z patologického hlediska. Navíc dokáže rozlišit jednotlivá tkáňová rozhraní a akusticky podobné tkáně. B-sken vytvoříme plynulým natáčením vnitřní strany sondy pod úhlem 50–60°. Při centrálním umístění sondy vyšetříme axiální část oka tvořenou fundem a oblastí zrakového nervu. Následně pořídíme radiální skeny v kolmé poloze sondy k limbu. Transverzální skeny získáme orientací sondy paralelně k limbu. [1,6]

Ultrazvuková biomikroskopie

Jedná se o vysokofrekvenční ultrazvukové vyšetření vytvářející detailní obraz jednotlivých struktur oka s rozlišením 30–40 μ m. Nejčastěji jsou používány vysokofrekvenční ultrazvukové sondy o frekvenci 35–50 MHz s imerzí koncové části sondy. Ultrasonografie dovoluje hodnocení stavu oka přes zakalená optická média. [1, 6]

Průběh vyšetření

Ultrasonografické vyšetření je zcela bezbolestné a provádíme ho u pacienta vleže či vsedě. Na povrch snímače speciální ultrazvukové sondy aplikujeme pomocné médium (nejčastěji oční gel) pro lepší přenos UZ vln do očních tkání. Poté sondu přiložíme na zavřené víčko nebo na předem znecitlivěný povrch oka. [1,17]

Patologické nálezy ultrazvukového vyšetření u DR

Ultrazvukové vyšetření umožňuje zhodnocení sklivce a sítnice přes typicky sníženou transparenční očních médií u pacientů trpících diabetem. Mezi nejčastější sklivcové nálezy u pacientů s DR patří akutní krvácení do sklivce. [1]

Krvácení do sklivce - Hemoftalmus je častým projevem proliferativní diabetické retinopatie vznikající na základě multifaktoriálních patofyziologických změn. Tato častá komplikace DR je zapříčiněna častými výkyvy hladiny glykémie a dekompenzací hypertenze, v důsledku čehož dochází k reakci sklivcových membrán s následnou ablací a retinovitrealním a papilovitrealním proliferacím. Typickým UZ nálezem svědčícím o

hemoftalmu jsou drobné pohyblivé opacity produkující ultrazvukové signály částečně zkoakulovaných erytrocytů. Ve sklivci lze také pozorovat drobné membrány a koagula. Opacity se časem přesouvají k dolní periferii. V případě ablace zadní sklivcové membrány dochází k vysrážení erytrocytů přímo na jejím povrchu, což pozorujeme jako pruhy či membrány ve sklivci nebo po jejím obvodu. Při rozsáhlejších krváceních z rozvinutých trhlin, jež jsou typické pro proliferativní typ DR a vedou až do periferie sítnice, může vznikat až preretinální krvácení. [1]

Trakční amoce - Tento typ sekundárního odchlípení sítnice vzniká v přímé souvislosti s těžkým průběhem proliferativní diabetické retinopatie. K tradičnímu odchlípení sítnice dochází na základě vazivových a fibrovaskulárních změn, kdy dochází ke gliovaskulární proliferaci s postupnou proměnou jemných neovaskularizací na silnější cévy o větším průměru. Na UZ-B skenu očního pozadí pozorujeme sklivcové změny a odloučení zadní palivové membrány, která vytváří trakce neuroretiny zobrazované nejprve jako malé útvary trojúhelníkovitého tvaru bez viditelného odchlípení, následně jako různě velké útvary ve tvaru stanů s anechohenním nebo hyperechogenním (subretinální krvácení) obsahem. [1]



Obrázek 10 Hemoftalmus odlučující se zadní sklivcová membrán a rhexmatogenní amoce [1]

Indikace ultrasonografie u diabetické retinopatie

Akutní krvácení do sklivce s neovaskularizací a komplikované stavy odchlípení sítnice jsou nejčastější indikace ultrazvukového vyšetření u diabetických pacientů. [1]

3.4 Vyšetření zorného pole u pacientů s DR

Zorné pole je část prostoru, která je vnímána při fixaci zraku na konkrétní bod. Fyziologický rozsah monokulárního ZP stanoví, 95° temporálně, 65° nasálně, 60° směrem nahoru, 70° směrem dolů. Centrální ZP stanoví oblast do 25°. Průnik monokulárních zorných polí tvoří binokulární ZP, čili část prostoru viděnou oběma očima při fixaci zraku na jeden bod. [7,15]

Vyšetření zorného pole je velmi důležitá část očního vyšetření při diagnostice mnoha očních i neurologických onemocnění. Pro sledování defektu zorného pole a následnou správnou orientaci oftalmologa a monitoraci sítnicového postižení u diabetického pacienta je nezbytné využití dostupných kvalitativních a kvantitativních vyšetřovacích metod. Adekvátní vyšetřovací metodu si vyšetřující oftalmolog volí sám v závislosti na závažnosti poškození, na věku a stavu pacienta a schopnosti spolupráce. Hlavním cílem vyšetření u retinálních onemocnění, mezi které diabetická retinopatie bezesporu patří, je aktuální posouzení míry ztráty zorného pole a následné sledování progresu a zhodnocení efektivnosti léčby.[1]

Amslerova mřížka

Jde o velmi užitečnou a jednoduchou mřížku sloužící ke kvalitativnímu zhodnocení centrálního zorného pole. Tato mřížka ve tvaru čtverce ze sítí menších čtverečků (20 x 20) má uprostřed výrazný černý bod, na který pacient fixuje ze standardní vyšetřovací vzdálenosti 35 cm od očí pacienta. Celá mřížka je koncipovaná právě na tuto vyšetřovací vzdálenost, jelikož při této vzdálenosti jeden čtvereček mřížky odpovídá 1° rozsahu zorného pole. U diabetických pacientů lze pomocí mřížky detekovat již časně známky makulárního edému a následnou progresi viditelnou jako deformace části mřížky zvanou metamorfopsie nebo chybění čísel mřížky čili skotomy. Výhodou je i samovyšetření pacienta v domácím prostředí z důvodu soustavného sledování rozvoje makulárních patologií. [1,7,14-15]

Konfrontační zkouška

Jedná se o jednoduchou a velmi rychlou orientační metodu vyšetření zorného pole. Princip vyšetření spočívá ve srovnání rozsahu ZP vyšetřujícího (s fyziologickým rozsahem zorného pole) a pacienta. Během tohoto monokulárního testu vyšetřovaný a vyšetřující sedí ve vzdálenosti 1 m naproti sobě. Nejprve si pacient dlaní zakryje své

pravé oko a vyšetřovaný své levé oko tak, že odkrytýma očima vzájemně fixují z oka do oka. Následně vyšetřovaný pohybuje testovou značkou nebo prstem z centra směrem do periferie a vyzve pacienta aby zahlásil kdy testovou značku přestane vidět. Vyšetřovaný zopakuje postup ve všech sekcích zorného pole a následně na druhém oku. Pokud se objeví nějaké odchylky od normálu, je doporučeno provést podrobnější vyšetření pomocí perimetrie. [7,14,15]

Perimetrie

Perimetrie je moderní vyšetřovací metoda využívaná k vyšetření centrální i periferní části zorného pole. Poskytuje důležité informace o funkci sítnice a celé zrakové dráhy včetně optického nervu. V současnosti jsou využívány dva typy perimetrů, kinetické a statické. Pro stanovení rozsahu zorného pole a zjišťování případných výpadků či zúžení ZP v jeho okrajových částech se v minulosti standardně používala kinetická perimetrie. Dnes je postupně zastupována modernější statickou počítačovou perimetrií, skýtající větší možnosti perimetrického testování s možností zobrazení menších centrálně uložených defektů a rychlejšího, plně automatizovaného barevného zhodnocení zorného pole pacienta. [1,6-7,22-23]

Kinetická perimetrie - V posledních letech je tato metoda postupně nahrazována statickou perimetrií, z důvodů horšího zachytu malých defektů. Typickým představitelem kinetické perimetrie je Goldmannův perimetr. Samotné vyšetření probíhá tak, že vyšetřující konstantní rychlostí pohybuje značkou o definované velikosti, jasu a barvě z periferie do centra. Následně se stanovují spojnice míst na schématu, kde pacient značku viděl, jedná se o tzv. izoptéry, tedy linie spojující místa se stejnou prahovou citlivostí sítnice pro danou značku. Každá izoptéra by měla být zjištěna na 8–12 místech. Posloupnost stimulů by měla být náhodná a nepředvídatelná. Správně provedené vyšetření by mělo obsahovat alespoň 3 izoptéry 12–18° temporálně od místa fixace by se měla nacházet slepá skvrna. Absence slepé skvrny poukazuje na špatnou fixaci vyšetřovaného. V dnešní době je tento typ perimetrie určen zejména pro pacienty s menší schopností spolupráce a děti, v průběhu tohoto vyšetření lze fixaci kontrolovat pomocí okuláru a v případě únavy nebo jiného problému kdykoli přerušit. Výhodou je individualizace tempa vyšetření a případné zopakování příslušných důležitých oblastí. Rozložené izoptery v místě defektu asvědčí pro aktivní patologický proces, naopak strmé izoptery ukazují nevratné ztráty částí axonů. [1,6-7,22-23]

Statická počítačová perimetrie - S rozvojem počítačové, automatické, statické perimetrie došlo k velkému zlepšení diagnostiky zorného pole. Oproti kinematické perimetrii je tato metoda daleko citlivější, umožňuje zhodnotit i velmi malé a nepravidelné defekty v ZP a také přesně změřit hloubku defektu v jakémkoli předdefinovaném bodě ZP. Statická perimetrie funguje na principu zjišťování prahové citlivosti při osvětlení jednotlivých míst v ZP s cílem zachytit odchylky od normálu. K tomu se používá speciálních vyšetřovacích modalit Short wavelength automated perimetry a Mikroperimetri. [1,6-7,22-23]

Short- wavelength automated perimetry- Tato metoda je využívána u časných stádií diabetické retinopatie a diabetické makulopatie. Vyšetření testuje zrakové dráhy pacienta prostřednictvím reakcí čípků citlivých na modrou barvu na stimul modré barvy oproti žlutému pozadí. [1]

Mikroperimetrie - Jedná se o nový typ perimetrického vyšetření kombinující barevnou fotografii očního pozadí s podrobným funkčním vyšetřením centrálního ZP. Vyšetření je používáno zejména pro kvalitativní a kvantitativní posouzení centrálního skotomu diabetického makulárního edemu, kdy můžeme sledovat již malé počínající funkční změny na sítnici.[1]

Příprava pacienta na vyšetření pomocí počítačové perimetrie

Předtím než přistoupíme k samotnému vyšetření, je velmi důležité správné poučení pacienta, který musí být dostatečně koncentrovaný a bdělý. Vyšetřovaný musí chápat přínos tohoto vyšetření a spolupracovat po celou dobu vyšetření. Perimetrie vyžaduje zkušeného vyšetřujícího, který pacienta seznámí se vším, co ho během testu čeká. Vyšetřovaný by měl být dostatečně poučen o důležitosti trvalého fixování centrálního bodu a také o charakteru různých intenzit a náhodnosti jednotlivých stimulů. Pacient by měl mít možnost si před zahájením vyšetření test sám vyzkoušet, bude tedy vědět jak stimulus vypadá a jak si má správně sednout, čímž se odstraní počáteční chyby zkreslující validitu celého vyšetření. Každé oko je vyšetřované zvlášť, je tedy důležité zakrytí druhého oka klapkou, a také odpovídající nastavení výšky židle a hlavové opěrky přístroje, kde si pacient opře bradu a čelo, čímž dojde k znehybnění

hlavy. Následně jsou v počítačovém programu vyplněny potřebné údaje o pacientovi a je možné přejít k samotnému vyšetření. [17,23]

Průběh vyšetření pomocí počítačové perimetrie

Tato moderní subjektivní vyšetřovací metoda probíhá ambulantně a je zcela bezbolestná, vyžaduje pacientovu celkovou spolupráci, vysokou míru koncentrace a trvalou fixaci centrálního bodu. Nutná je správná korekce refrakční vady. Výchozím bodem celého vyšetření je stanovení odpovídající strategie testování. Nejčastěji používané strategie sledují centrálních 10°, 24° a 30 °ZP (program 10–2, 20–2, 30–2). Ke sledování malých defektů v oblasti makuly se doporučuje použít program 10–2, testující v bodě 1° až po 10°. Strategie 24–2 a 30–2 testují místa od 3° v intervalech po 24° či 30°. Na začátku testu přístroj určí práh citlivosti ze čtyř bodů kolem centra, následně je citlivost srovnána s dalšími body. Předem předdefinované programy stanoví zlatý střed mezi přesností, rozsahem testované oblasti a celkovou délkou vyšetření. V průběhu celého vyšetření počítač kontroluje ztrátu fixace stimuly v oblasti slepé skvrny a registruje falešně pozitivní a falešně negativní reakce. Následně dochází k přesnému automatickému zpracování výsledků do podoby perimetrického obrazu s možností následného srovnání s přechozími výsledky. [1,17,23]

Patologické nálezy výpadků v ZP

Statická počítačová perimetrie umožňuje, jak diagnostiku, tak následné sledování vývoje všech retinálních onemocnění provázených neurodegenerativními funkčními poruchami, mezi které patří také diabetická retinopatie. Jelikož se defekty v zorném poli mohou vyskytovat ještě ve stádiu, kdy oftalmologicky nelze retinopatii prokázat, zdá se tato metoda ideální pro sledování počínajících stádií DR. Je také zcela jednoznačně prokázána korelace mezi defekty v zorném poli a diabetickou retinopatií nebo hemoragiemi, edémem a exudáty vyvolanými na podkladě ztráty citlivosti daného úseku zorného pole. Přesto se perimetrie při vyšetřování a následném monitorování diabetické retinopatie používá jen velmi málo. V případě diabetické retinopatie jsou často hodnocena místa se zhoršenou citlivostí sítnice a skotomy čili výpadky v zorném poli v důsledku komplikací progresivní diabetické retinopatie a po laserovém ošetření. Periretinální fotokoagulace retiny může vést koncentrickému zúžení v zorném poli. [1,7,17,23]

4 Nejnovější vyšetřovací metody v diagnostice diabetické retinopatie

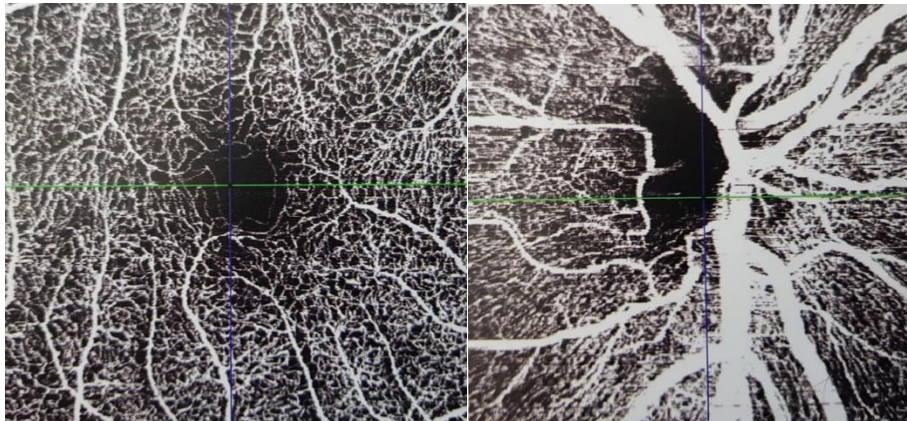
Nejnovější vyšetřovací metody představují technologicky nejvyspělejší diagnostické přístroje této doby, které jsou dnes dostupné jen na několika pracovištích v České republice. Tyto přístroje poskytují mnoho výhod a nové možnosti zobrazení a mapování stavu postižené sítnice u pacienta s DR.

4.1 OCT Angiografie

Angio OCT (OCTA) je nová neinvazivní vyšetřovací metoda sloužící k hodnocení diabetické retinopatie. Umožňuje in-vivo vyšetření cévních struktur sítnice a cévnatky v libovolné hloubce bez užití kontrastní látky pro zobrazení hlubokého i povrchového cévního plexu sítnic. Tato metoda funguje na principu detekce pohybu krevních elementů, k vytvoření kontrastu slouží dekorelační signály b-skenů pořízených ve stejných průřezích. V místě průtoku krve cévou se informace na opakovaných skenech liší v bezcévných místech jsou naopak tyto opakované skeny stejné. Výsledkem jsou kontrastně zobrazené 3D angiografické obrazy s vysokým rozlišením krevního toku. Zhotovené trojdimenzionální OCT angiogramy poskytují vizualizaci jednotlivých cévních plexů sítnice a cévnatky spolu s vrstvou fotoreceptorů a pigmentového epitelu sítnice. Softwarové zpracování je založené na matematickém algoritmu dekorelace amplitud signálů OCT ze sekvence B skenů, které dovoluje rekonstruovat síť cév včetně nejjemnějších kapilár. [17,24-26]

Mezi nesporné výhody angio OCT oproti standartní fluorescenční angiografii (FAG) patří vyšší rozlišovací schopnost obrazu, 3D zobrazení s možností vizualizace jednotlivých vrstev sítnice, čímž poskytuje detailní informace o strukturálních a funkčních změnách s možností detekce případných patologických lézí svědčících o přítomnosti diabetické retinopatie. Absence intravenózního podání kontrastní látky je další podstatnou výhodou hlavně u dětí a lidí se strachem z injekcí. U pacientů alergických na fluorescenční kontrastní látku tato metoda poskytuje bezpečnou možnost vyšetření bez hrozby alergické reakce s možností opakování vyšetření dle potřeby. V neposlední řadě samotná rychlost vyšetření v rozmezí několika desítek sekund. Angio OCT lze zobrazit suboftalmologické mikroaneuryzmata a oblasti kapilární nonperfuze běžnou FAG nezobrazitelné. Nevýhodami AOCT oproti FAG je omezená velikost

vyšetřovacího pole a také neschopnost detekce pomalých krevních průtoků a krevních průsaků. Další nevýhodou je vyšší množství vzniklých obrazových artefaktů než u standardní FAG. [17,24-26]



Obrázek 11 Vyšetření OCT angiografie [7]

4.2 Daytona 200

Jedná se o ultra-širokoúhlá retinální skenovací laserovo zobrazovací technologii Optos, která poskytuje zobrazování s vysokým rozlišením s ultrafialovou autofluorescenční schopností. Současně pokrývá 82 % sítnice v rozsahu 200 stupňů. Umožňuje diagnostiku, analýzu, dokumentaci a léčbu retinálních patologií, mezi něž patří diabetické retinopatie. Přístroj nabízí několik obrazových modalit - opto map color, opto map plus (červený a zelený skenovací laser) a opto map af tedy autofluorescence (zelený skenovací laser). [17, 27]

4.3 Clarus fa Zeiss 200 stupňová digitální kamera

Ultra-širokoúhlá sítnicová kamera CLARUS 500 je unikátní velmi vysokou rozlišovací schopností což poskytuje dokonale ostrý obraz získaný díky laserovým snímačům různých vlnových délek. Přístroj nabízí možnost počítačového skládání snímků v 200 stupňovém rozsahu, čímž v konečném důsledku získáme kompletní obraz očního pozadí od centra do periferie. Mnohé patologie DR jsou lokalizovány v periferních částech sítnice, kde nejsou standardními vyšetřovacími metodami zjištělné. V České republice se tento přístroj prozatím nachází pouze v retinální ambulanci očního oddělení Nemocnice Karviná-Ráj. [17,28-29]



Obrázek 12 Vyšetření pacienta pomocí 200° širokoúhlé sítnicové kamery Clarus 500

4.4 Heidelbergský retinální tomograf (HRT)

HRT je moderní laserový skenovací systém sloužící ke včasné diagnostice sítnice v oblasti terče očního nervu. I když se jedná o primárně glaukomové vyšetření, tak se využívá také u diabetických pacientů k posouzení stavu terče zrakového nervu z důvodů diabetické neuropatie zrakového nervu. Výsledkem vyšetření je 3D zobrazení papily zrakového nervu v detailních vrstvách. Toto vyšetření je možno provádět bez rozkapání, je bezbolestné a trvá přibližně 10 minut. [17,30]



Obrázek 13 Heidelbergský retinální tomograf

4.5 Budoucnost perimetrie

Adaptive optics imaging with microperimetry – jedná se o modifikovanou optickou koherenční tomografii ve spojení s velmi citlivou mikroperimetrií. Pracuje na bázi podobné kosmickému výzkumu vzdálených objektů. Tato technologie umožní sledování úbytku množství čípků v centrální oblasti makuly. Výzkumy jsou zaměřené na zpracování signálů v neuroretinální vrstvě sítnice. [1]

Layer by layer perimetry – tato technologie funguje na principu napodobení neuroretinálního zpracování signálů vnitřních a zevních vrstev sítnice. Dochází k vyhledání malých světlých bodů v trvale nebo přechodně problíkávajícím okolí. Za problíkávajících podmínek dochází k hodnocení gangliových a amakrinních buněk sítnice, naopak u stacionárního okolí jsou hodnoceny elektrické odpovědi fotoreceptorů horizontálních a bipolárních buněk sítnice. [1]

ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem se zaměřila na vyšetřovací metody v diagnostice diabetické retinopatie. Byl vytvořen ucelený přehled vyšetřovacích metod v diagnostice diabetické retinopatie popisující jak standardní, tak speciální diagnostické metody, doplněný o nejmodernější, vysoce specializované vyšetřovací metody. Představeny jsou výhody a limitace uvedených metod a časté diagnostické chyby. První kapitola se věnuje obecnému představení diabetické retinopatie, její klasifikaci, léčbě, klinickému obrazu a jejím preventivním a screeningovým postupům. Druhá kapitola představuje základní vyšetření prováděná u diabetického pacienta. Základní screeningovou metodou, jež je považována za jakýsi zlatý standard v diagnostice diabetické retinopatie, je biomikroskopické vyšetření na šterbinové lampě doplněné o digitální stereofotografie sedmi polí. Pro bližší posouzení stavu sítnice postižené diabetem jsou voleny specializovaná vyšetření pomocí fluorescenční angiografie, optické koherentní tomografie a ultrasonografie, které jsou popsány v třetí kapitole této práce. Poslední kapitola se zabývá moderními technologicky nejvyspělejšími diagnostickými metodami posledních několika let. Mezi něž patří OCT angiografie, širokoúhlé 200° sítnicové kamery Clarus 500 a Daytona, Heidelberský retinální tomograf a nejnovější perimetrické vyšetřovací technologie. Diagnostické metody a technologie se neustále vyvíjí, proto lze v budoucnu očekávat technologický vývoj stávajících přístrojů a vznik nové, vyspělejší počítačové techniky využívající 3D zpracování obrazových dat.

Tato bakalářská práce může sloužit jako ucelený přehled vyšetřovacích metod u pacientů s diabetickou retinopatií všem zájemcům o tuto problematiku, obzvláště pak studentům optometrie a medicíny.

Tvorba této bakalářské práce byla velmi zajímavá a obohatila mě o mnoho teoretických i praktických informací týkajících se oftalmologických vyšetřovacích metod v problematice diabetické retinopatie. Obzvláště přínosná byla stáž na očním oddělení Nemocnice Karviná- Ráj pod vedením primáře Jiřího Slepánka a jeho týmu. Mapování této problematiky v budoucnu bude díky neustálému technologickému pokroku velmi zajímavé.

Seznam literatury

[1] SOSNA, Tomáš. Diabetická retinopatie: diagnostika, prevence, léčba. Druhé, přepracované vydání. Praha: Axonite CZ, 2016. Medicinae peritus. ISBN 978-80-88046-05-9.

[2] SOSNA, Tomáš. Diabetická retinopatie. *Medicina pro praxi*. 2009, 6(5), 270-275. ISSN 1214-8687.

Dostupné také z: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2009/05/11.pdf>

[3] SOSNA, Tomáš. Rizikové a protektivní faktory diabetické retinopatie. *Interní medicína pro praxi*. 2001, 3(1), 22-25. ISSN 1212-7299.

[4] KALVODOVÁ, Bohdana, SOSNA, Tomáš, ERNEST, Jan, et al. Doporučené postupy pro diagnostiku a léčbu diabetické retinopatie. *Diabetologie, metabolismus, endokrinologie, výživa*, 2016, roč. 19, č. 2, s. 64-71. ISSN: cnb000306667

[5] BESZÉDEŠOVÁ, Natália. Screening diabetickéj retinopatie. *Interní medicína pro praxi*. 2007, 9(7-8), 345-348. ISSN 1212-7299.

[6] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.

[7] HEISSIGEROVÁ, Jarmila. Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu. Praha: Maxdorf, [2018]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-580-4.

[8] SOSNA, Tomáš. Farmakoterapie diabetické retinopatie – zbožné přání, nebo realita?. *Interní medicína pro praxi*. 2008, 10(11), 511-516. ISSN 1212-7299.

[9] KANSKI, Jacek. *Okulistyka kliniczna*. Wrocław, 1997. ISBN 83-85842-17-9.

[10] KALVODOVÁ, Bohdana. Současný stav diagnostiky a screeningu diabetické retinopatie a diabetického makulárního edému. *Vnitřní lékařství*. 2013, 59(3), 182-186. ISSN 0042-773X. Dostupné také z: <http://www.prolekare.cz/vnitri-lekarstvi-clanek/soucasny-stav-diagnostiky-a-screeningu-diabeticke-retinopatie-a-diabetickeho-makularniho-edemu-40145>

[11] ŠVANCAROVÁ, Radka, SOSNA Tomáš. Oční komplikace diabetu. *Medicina pro praxi*. 2012, 9(3), 127-130. ISSN 1214-8687. Dostupné také z: <http://www.medicinapropraxi.cz/archiv.php>

[12] RENCOVÁ, Eva. Praktické aspekty postižení očí diabetika. *Medicina pro praxi*. 2010, 7(1), 28-31. ISSN 1214-8687. Dostupné také z: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2010/01/07.pdf>

[13] ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0. Trendy soudobé oftalmologie. Praha: Galén, 2000. ISBN 80-7262-405-9.

[14] KOLARČÍK, Lukáš, DEDEK Václav, PTÁČEK Michal. Příručka pro sestry v oftalmologii. Praha: Grada Publishing, 2016. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-5458-1.

[15] PLUHÁČEK, František. Fyziologická optiky – výukové materiály k předmětu, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2016.

[16] RUTRLE, Miloš. Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-301-5.

[17] SLEPÁNEK, Jiří Stáž – Přístrojové vybavení Oční oddělení Nemocnice Karviná – Ráj (powerpointová prezentace), exkurze po pracovišti, konzultace Oční oddělení Nemocnice Karviná – Ráj, 2019.

[18] Trendy soudobé oftalmologie. Praha: Galén, 2000.

[19] NĚMEC, Pavel. Optická koherenční tomografie: klinický atlas sítnicových patologií. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Mladá fronta, 2017. ISBN: 978-80-204-4414-1

[20] HEŘMAN, Miroslav. Základy radiologie. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014, ISBN: 978-80-244-2901-4.

[21] VOMÁČKA, Jaroslav. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012, ISBN: 978-80-244-3126-0.

[22] KANSKI, Jacek. Clinical ophthalmology. 4th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann International Edition, 1999. ISBN 0-7506-4009-X.

[23] SKORKOVSKÁ, Karolína. Perimetrie. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5282-2.

[24] MOLNÁROVÁ, Mária, ZELNÍKOVÁ Miroslava. Angio OCT – nová neinvazívna zobrazovacia vyšetrovacia metóda diagnostiky a monitoringu diabetickej retinopatie. Forum diabetologicum. 2017, 6(1), 11-18. ISSN 1805-3807. Dostupné také z: <http://www.prolekare.cz/forum-diabetologicum-archiv-cisel?id=4612>

[25] MOLNÁROVÁ, Mária, ZELNÍKOVÁ Miroslava. Ako monitorovať detského pacienta a adolescenta s diabeticou retinopatiou: kazuistika 20-ročnej pacientky a angio OCT. Forum diabetologicum. 2017, 6(1), 43-48. ISSN 1805-3807. Dostupné také z: <http://www.prolekare.cz/forum-diabetologicum-archiv-cisel?id=4612>

- [26] Practical OCT-angiography. France: Carl Zeiss Meditec France SAS.
dostupné https://www.laboratoires-thea.com/medias/ouvrage_practical_angiography.pdf
- [27] OPTOS Daytona [online]
Dostupné také z : <https://www.optos.com/en/products/daytona/>
- [28] ZEISS CLARUS 500 Fundus Camera Medical Technology | ZEISS United States. 301 Moved Permanently [online].
Dostupné z: <https://www.zeiss.com/meditec/us/products/ophthalmology-optometry/retina/diagnostics/fundus-imaging/clarus-500.html>
- [29] Nemocnice s Poliklinikou Karvina –Ráj. Pacienti karvinské nemocnice mohou využívat nový oční přístroj. [online]. Copyright © 2019 Nemocnice s poliklinikou Karviná [cit. 29.04.2019].
Dostupné z: <http://nspka.cz/cs/zdravotnik/aktuality/1105-pacienti-karvinske-nemocnice-mohou-vyuzivat-novy-ocni-pristroj.html>
- [30] Heidelberský retinální tomograf (HRT) | VISUS, s.r.o.. VISUS, s.r.o. | [online]. Dostupné z: <https://www.ocni-visus.cz/vysetreni/vysetreni-hrt/>