

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLMOUCI
KATEDRA OPTIKY



ROHOVKOVÝ ASTIGMATISMUS

Bakalářská práce

VYPRACOVALA:

Helena Benešová

Obor 5345R008 OPTOMETRIE

Studijní rok: 2012/2013

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Mgr. Lenka Musilová, DiS.

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a užila zdrojů uvedených v seznamu v závěru práce.

V Olomouci dne 9. 5. 2013

.....

Helena Benešová

Poděkování:

Touto cestou děkuji Mgr. Lence Musilové, DiS. za udělené rady, její trpělivost a vedení mé bakalářské práce.

Obsah

1	Úvod.....	5
2	Astigmatismus.....	5
2.1	Definice a etiologie	6
2.2	Klasifikace astigmatismu	7
2.3	Vyšetření očního astigmatismu	9
3	Rohovka	13
3.1	Vrstvy rohovky	13
3.2	Vyšetření rohovky.....	14
3.3	Zobrazovací metody rohovky	16
4	Onemocnění rohovky	18
4.1	Vrozené vady rohovky	18
4.2	Zánětlivá onemocnění rohovky.....	20
4.3	Degenerace rohovky.....	21
4.4	Nádory rohovky	22
4.5	Úrazy postihující rohovku.....	22
5	Topografie rohovky.....	25
5.1	Princip Placidova kotouče.....	26
5.2	Topografie s využitím Placidova kotouče.....	27
5.3	Možnosti topografie bez Placidova kotouče	27
6	Topografické zobrazení a rohovkový astigmatismus.....	30
6.1	Mapy rohovky	31
6.2	Další hodnocení rohovky	34
7	Korekce rohovkového astigmatismu	37
7.1	Korekce rohovkového astigmatismu pomocí brýlové korekce	37
7.2	Korekce kontaktními čočkami	39
7.3	Refrakční operace.....	41
8	Závěr	42
	Seznam použité literatury a dalších zdrojů	43

1 Úvod

Antonie de Saint-Exupéry jednou mimo jiné řekl: „Co je důležité, je očím neviditelné“. Má jistě pravdu, ale i přes tento výrok je zrak jedním z nejdůležitějších smyslů člověka, jehož cenu si člověk mnohdy neuvědomuje.

Rohovka zastupuje dvě třetiny optické mohutnosti oka. Kvůli tomu je nezbytnou součástí optické oční soustavy. Stejně jako prst má svůj jedinečný otisk, tak i každá rohovka je originální. Rohovkový astigmatismus se objevuje u naprosté většiny populace. Ovšem mnoho lidí jej nevnímá jako přítěž, neboť se u nich kompenzuje čočkovým astigmatismem, který působí proti účinku rohovkového astigmatismu. Subjektivní vnímání vady lomivosti oka, tedy astigmatismu, je zjištěno u poloviny populace. Problém s touto vadou nastává i při nesprávné korekci a může vést k větším potížím než původní subjektivní nepříjemnosti, které chtěl člověk původně řešit. Nejen proto vzniká potřeba správné určení hodnoty a osy astigmatismu, jak rohovkového tak i celkového.

Tato práce zahrnuje nejprve vysvětlení astigmatismu, následně popis vrstvy rohovky, seznámení s onemocněním rohovky vedoucím k rohovkovému astigmatismu. Každá z těchto tří kapitol má obecnější ráz, ale je potřebná pro pochopení celkové problematiky. V práci se také popisuje vyšetření rohovkového a celkového astigmatismu. Bakalářská práce věnuje více pozornosti topografii rohovky a ke konci se zabývá korekcí astigmatismu. Díky korekci můžeme pomoci pacientům zlepšit kvalitu jejich vidění a pomoci jim tak v každodenních situacích, při práci i v osobním životě.

2 Astigmatismus

Astigmatismus patří mezi časté refrakční vady. Většinou je diagnostikován společně s myopií nebo hypermetropií. Je složen ze tří složek, rohovkové (nejčastější), čočkové a zbytkové. V případě zbytkové složky není zcela jasné, čím je způsoben. Jedna z hypotéz uvádí možný vliv nepravidelnosti sítnice. Ovšem vzhledem k mizivým hodnotám je stejně de facto zanedbatelný. [3]

Popis astigmatismu byl představen nezávisle na sobě dvěma členy londýnské královské společnosti. Zajímavé je, že oba tito muži byli přímo zatíženi účinky nekorigovaného astigmatismu. Dne 27. listopadu roku 1800 prezentuje svůj výklad Thomas Young. Historicky poprvé popsal astigmatismus přítomný na lidském oku. [5]

2.1 Definice a etiologie

Rovnoběžné paprsky vstupující do oka se v případě astigmatismu lámou v různých meridiánech (řezech) – oko nemá v každém meridiánu totožnou optickou mohutnost. Bod se nezobrazí jako bod. Oko má ohniska v různých rovinách. [1]

Vyšší hodnoty pravidelného astigmatismu jsou ve většině případů vrozené. Takovéto hodnoty mohou být vyvolány i během života změnou zakřivení jako následek radikálnějšího zásahu do oka, např. úrazy, operace, prodělaný zánět oka, očnice. Tato refrakční vada může být způsobena také decentrací čočky nebo decentrací nitroočních implantátů u pacienta s počínajícím šedým zákallem můžeme pozorovat astigmatismus zapříčiněný nesprávným indexem lomu, který může být doprovázen monokulární diplopií nebo polyplopií. [1;2]

Jak již bylo zmíněno, celkový astigmatismus se skládá ze tří složek. Rohovková je nejčastěji způsobena asférickým zakřivením rohovky (vrozené nebo získané, tlakem víčka). Čočková složka je zapříčiněna buď asférickým zakřivením některé z kulových ploch čočky, nebo decentrací čočky. Zbytkový již byl popsán. Čočková a rohovková složka astigmatismu většinou působí proti sobě. [4]

Astigmatismus se dá vypočítat ze vztahu:

$$Ast_C = Ast_R + Ast_{\zeta} + Ast_{ZB}$$

kde Ast_C je hodnota celkového astigmatismu, Ast_R je astigmatická složka rohovková $Ast_č$ je složka čočkového astigmatismu a Ast_{zB} je složka zbytkového astigmatismu.

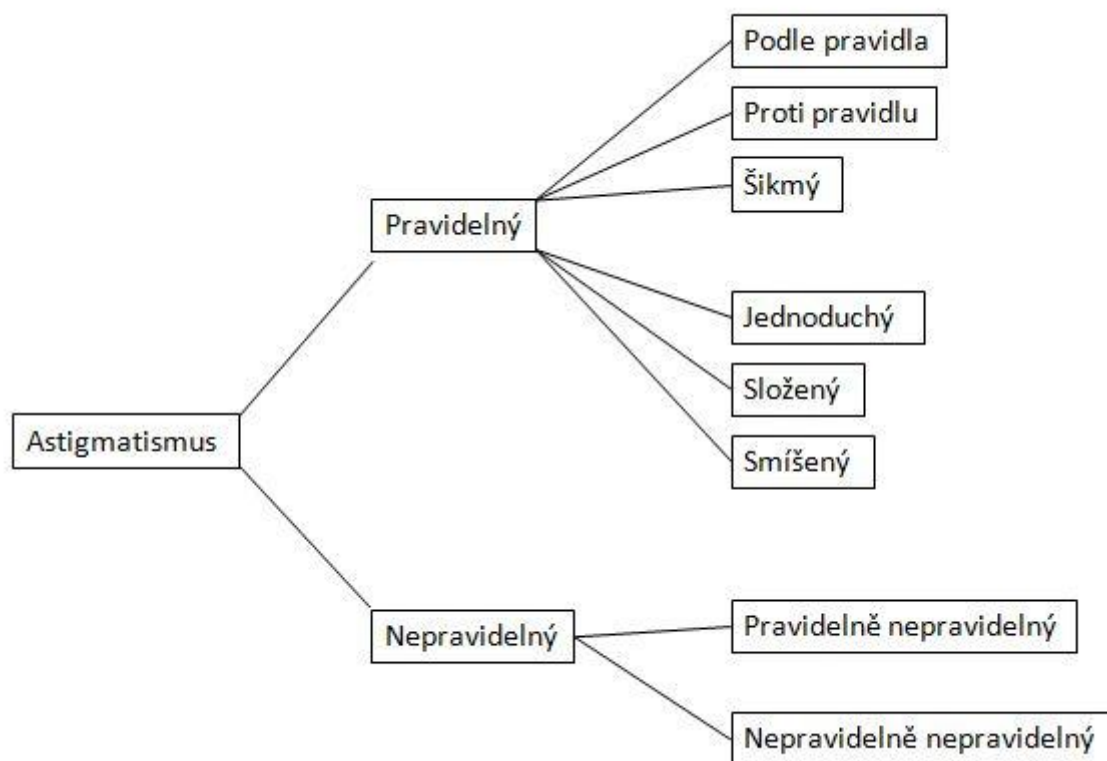
Javalova podmínka pro výpočet celkového astigmatismu z rohovkového astigmatismu nám dává možnost zjistit celkový astigmatismus, pokud známe jen jeho rohovkovou složku.

$$Ast_C = 1,25 * Ast_R \pm 0,5$$

Znaménko plus se do vztahu dosazuje, když je na rohovce astigmatismus proti pravidlu (tento pojem je vysvětlen dále v práci na straně 8) a znaménko mínus se dosazuje v případě astigmatismu podle pravidla na rohovce. [4]

2.2 Klasifikace astigmatismu

Astigmatismus se v zásadě dělí na regularis (pravidelný) a irregularis (nepravidelný).



Obr. 1.: Klasifikace astigmatismu

Pravidelný astigmatismus

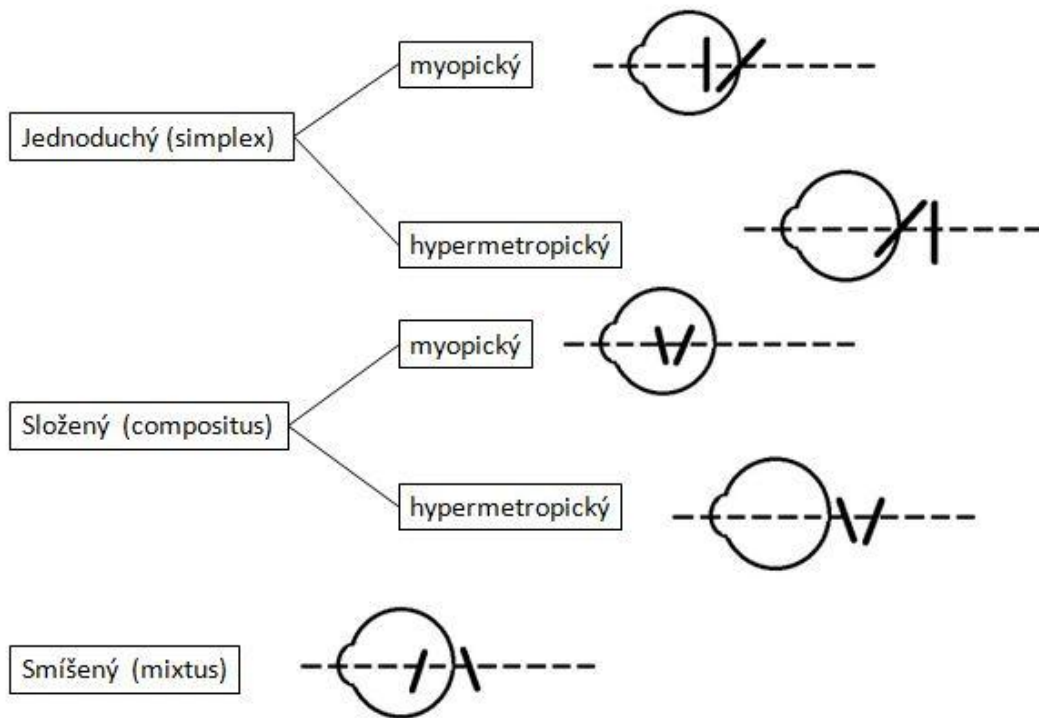
Astigmatismus regularis má dva navzájem kolmé meridiány, kde jeden je s největší lomivostí a druhý s nejmenší lomivostí. Tyto dva řezy se nacházejí nejčastěji na vertikále a horizontále oka. V případě, že vertikála je meridián s větší lomivostí, jedná se o astigmatismus regularis rectus (přímý), nebo-li o astigmatismus podle pravidla. V případě, že horizontální meridián je více lomivý, jedná se o astigmatismus regularis inversus (nepřímý) nebo se také můžeme setkat s pojmenováním astigmatismus proti pravidlu. O astigmatismus regularis obliquus (šikmý) nebo-li o astigmatismus šikmých os, se jedná v případě, že meridiány se od horizontální a vertikální roviny vzdalují o více jak 20° . V některých literaturách se můžeme setkat s trochu odlišným dělením, ale principiálně vysvětlení a pojmenování zůstává stejné.

Astigmatismus regularis můžeme dále dělit na simplex (jednoduchý/prostý), compositus (složený), mixtus (smíšený). U prvního, tedy astigmatismus simplex, se jedná o případ, kdy je v jednom řezu oko emetropické a v druhém je zatíženo ametropií. Takže jedno ohnisko je na sítnici a jedno ohnisko se nachází mimo sítnici. Pokud je před ní, hovoříme o astigmatismu simplex myopicus, pokud leží ohnisko za sítnicí, mluvíme o astigmatismu simplex hypermetropicus.

Jako další byl uveden astigmatismus compositus, který má též dvě varianty. O astigmatismus compositus myopicus jde tehdy, kdy obě ohniska z obou řezů leží před sítnicí. Za astigmatismus compositus hypermetropicus se považuje situace, kdy obě ohniska jsou za sítnicí. O smíšený astigmatismus se jedná, pokud je jedno ohnisko před a druhé za sítnicí.

[2;5]

Na následujícím obrázku je vidět schématické uspořádání pozice meridiánů při pravidelném astigmatismu.



Obr. 2.: Pozice meridiánů při pravidelném astigmatismu

Nepravidelný astigmatismus

Nepravidelný astigmatismus má základní dělení na pravidelně nepravidelný a nepravidelně nepravidelný. Pravidelně nepravidelný (macroirregular) astigmatismus má pravidelnou složku, přesně vymezený popsatelný vzor. Nepravidelně nepravidelný (microirregular) astigmatismus nemá takovou složku. V obou případech se bod nezobrazí na sítnici jako bod, ale ani jako dvě navzájem kolmé úsečky, jak je tomu u pravidelného astigmatismu. Zobrazí se ještě úplně jinak. Nejčastěji za něj může nepravidelnost rohovky (například keratokonus a jiné) nebo rozleptání rohovky, úraz nebo operace. [5]

2.3 Vyšetření očního astigmatismu

Vyšetření může být buď za aktivní účasti pacienta, nebo méně aktivní účasti, kdy stačí jeho statický přístup.

Pokud chceme pacientovi nabídnout nejvhodnější a nejpříjemnější zlepšení jeho vidění je třeba s ním úzce spolupracovat. Také je zapotřebí mu daný test řádně vysvětlit, aby měl možnost nám předat subjektivní dojmy co nejsrozumitelněji.

Skiaskop

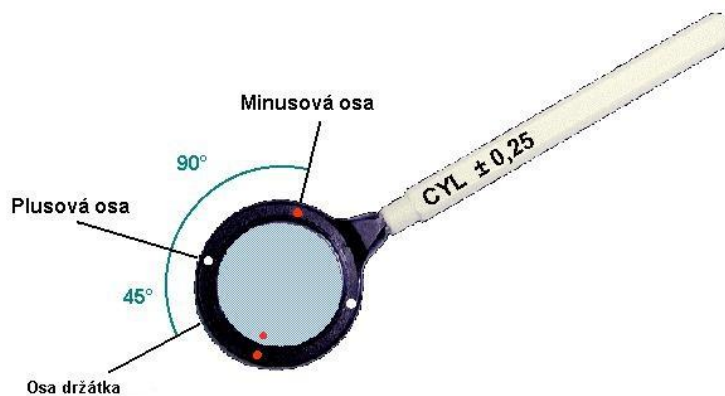
Skiaskopie patří mezi objektivní způsoby vyšetření. Dá se definovat jako stanovení refrakce oka na základě posuzování pohybu červeného reflexu v zornici. Vyžaduje určitou zručnost a zkušenost vyšetřujícího. Refrakce se zjistí pomocí skiaskopické lišty. Hodnoty rohovkového astigmatismu zjistíme podle pohybu stínu. V momentě, kdy je pohyb nejvíce souhlasný s pohybem světla ve skiaskopu, nacházíme jeden hlavní meridián astigmatismu. Otočením světla o 90° zjistíme hodnotu druhého meridiánu. Hodnota se pozná podle neutrálního pohybu, kdy světlo rozsvítí zornici a není v ní viděn pohyb. [4;9;17]



Obr. 3: Skiaskop

Jacksonovy zkřížené cylindry

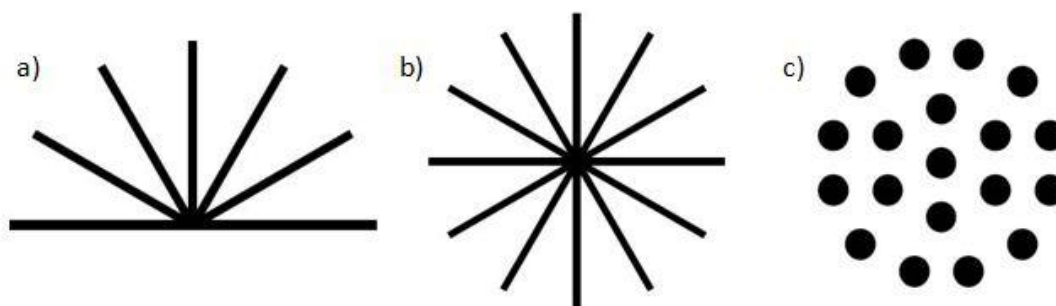
Nejpřesněji a značně rychlá metoda, která patří díky své nenáročnosti a přesnosti mezi nejrozšířenější na světě, je JZC, tedy metoda Jacksonových zkřížených cylindrů. Toto vyšetření je subjektivní a potřebuje, aby ve zkušební sadě vyšetřujícího nechyběl právě zmíněný Jacksonový cylindr. Při správné aplikaci je tato metoda v harmonii s optimalizací astigmatické korekce. Postupně se dá zvyšovat zraková ostrost až na subjektivně nejlepší hodnoty. [4;17]



Obr. 4: Popis Jacksonova cylindru ($\pm 0,25D$) [20]

Jacksonovy cylindry jsou tvořeny dvojicí plan-cylindrů. Tato dvojice je na sebe navzájem kolmá o hodnotách $\pm 0,25 D$; $\pm 0,50 D$ nebo i vyšší, například $\pm 1,00 D$. Dvojice plan-cylindrických čoček je vložena do kulaté objímky s madlem, které vyváženě dělí směry os zmíněných plan-cylindrů. Místo maximálního lomivého účinku cylindru je označeno buď barevně: červená tečka, zelená tečka; matematickými znaménky plus (+) a minus (-), nebo jiným způsobem, dle typu výrobce.

Vždy je potřeba řádně instruovat pacienta o tom, co od něj potřebujeme. Při vyšetření Jacksonovými cylindry se ptáme, který ze dvou nabízených obrázků se mu jeví lepší (méně rozmazaný) nebo zda jsou oba stejně rozmazané. Mezi užívané obrázky patří buď astigmatický vějíř (čárky směřující do centrického středu), růžice (jakoby dva vějíře) nebo testy na astigmatismus (tečky). Vyšetřující hledá správnou osu a sílu astigmatismu, ale je zapotřebí neustálá komunikace s pacientem.



Obr.5.: a) astigmatický vějíř; b) růžice; c) Brokův test

Zamlžovací metoda

Zamlžovací metoda se užívá při vyšších hodnotách cylindru. Za takové hodnoty považujeme více jak 2 D. Za předpokladu, že vyšetřující určil nejlepší sféru a tím dostal kroužek nejmenšího rozptylu na sítnici, může přejít k vyšetření astigmatismu. Ukáže pacientovi obrázek astigmatického vějíře a ptá se, zda nevidí některé čáry kontrastněji než jiné. Kolmo na tento směr vloží vyšetřující zápornou plan-cylindrickou čočku. Hodnota této čočky se mění do té doby, než se vyšetřovanému kontrast všech linií nezdá stejný. Pro kontrolu můžeme ještě zkusit, zda se po přidání další záporné plan-cylindrické čočky jeví původně nejkontrastnější linie jako nejméně kontrastní.[4;10]

3 Rohovka

Latinsky je nazývána slovem **cornea**. V běžném případě je rohovka bez zabarvení, průhledná, elastická a avaskulární tkáň, hojně inervovaná, čímž je zapříčiněna bolestivost při poraněních rohovky. Optická mohutnost rohovky je zhruba +42D, což je 66 % celkové mohutnosti oka, a proto je nejdůležitějším optickým prostředím v oku. Tvoří zhruba jednu pětinu povrchu oční koule. Centrální část má šířku 550 mikrometrů, směrem ke krajům rohovky se šířka zvětšuje až na hodnoty 750 až 900 mikrometrů. Výživa rohovky je prováděna epitelovou cestou. Pro správnou funkci je zapotřebí i správná funkce slzotvorného ústrojí, které dokáže udržet rohovku ve fyziologickém stavu. Rohovku tvoří pět základních vrstev, vyjmenovaných směrem zevnitř oka: endotel, descemetová membrána, stroma, Bowmanova membrána, epitel. [8]

3.1 Vrstvy rohovky

Endotel je vrstva, která má po celou dobu života jedince stejný počet buněk (přibližně 380 000). Úbytek nastává s pokročilým věkem nebo při onemocněních a zásazích do oka. Mění se pouze jejich hustota a rozloha. Při změně na rohovce a úbytku endotelových buněk dojde ke zvětšení a přestěhování zbylých buněk. Jejich úkolem je aktivní transport tekutin a stálá hydratace, bez které by se hodnota optické mohutnosti rohovky měnila.

Descemetová membrána se skládá z kolagenních fibril uspořádaných do pravidelné mřížky. Její masivnost se v průběhu života mění od tří mikrometrů u novorozenců až po deset mikrometrů u dospělých. Jedna z funkcí descemetové membrány je zabránit průniku cév a leukocytů do stromatu rohovky, a také umožnění průniku vody. Dokáže se zregenerovat po defektu.

Ze všech vrstev na rohovce je **stroma** ta nejsilnější. Zabírá v průměru 90 % celku. Jako každá vrstva je i tato transparentní, zde je transparentnost dána značnou pravidelností a rovnoběžností lamel. Množství vrstev zmíněných lamel dosahuje až počtu 250, s tím, že jedna měří okolo dvou mikrometrů. Organizace lamel se v různých liniích mírně pozměňuje. Korekční možnosti stromatu nejsou tak velké jako u Descemetové membrány, spíše naopak možnosti korekce jsou velmi nízké.

V případě **Bowmanovy membrány** se jedná o stejnorodou vrstvu silnou okolo 8 - 12 mikrometrů. Je poskládaná z bezbuněčné sítě s nepravidelným křížením. Nachází se na rozhraní dalších dvou vrstev. Bowmanova membrána je ve fyziologickém stavu oka transparentní, za nenormálních podmínek může vznikat opacifikace - zakalení. Její reparativní schopnost je nulová. Defekty po sobě zanechají rohovkové, zpravidla netransparentní jizvy.

Epitel má vlastnosti squamózního epitelu, je složen ze 4 - 7 vrstev. Povrch rohovky je bez nerovností díky nekorneálnímu filmu. Tento film má tři složky. Je to lipidová, vodná a mucinová. Zmíněný film má významnou úlohu při dehydrataci rohovky. Vyplývá to z jeho hypertonické vlastnosti. Nezastupitelná funkce epitelu je jeho schopnost nepustit do rohovky žádné infekce. Epitel má ze všech pěti vrstev rohovky nejrychlejší schopnost regenerace a přesouvání buněk. Celý epitel se sám o sobě znovuobnovuje přibližně každých 6 - 8 dní. Tyto schopnosti jsou pro člověka velice užitečné, protože díky tomu můžeme i přes drobná poranění sále vidět bez zákalků nebo jizev na rohovce.

[8;2]

3.2 Vyšetření rohovky

Velmi vážný stav rohovky můžeme pozorovat i pouhým okem. Je ovšem spousta metod, díky kterým se o rohovce dozvíme velmi užitečné informace. Mezi tyto metody patří například vyšetření na štěrbinové lampě, rohovková pachymetrie, estetiometrie, rohovková topografie aberometrie a mnohé další. Mezi nejzákladnější patří vyšetření, které provádíme v podstatě vždy, patří celková anamnéza a zraková ostrost. Tato vyšetření nám většinou neřeknou, o co se přesně jedná, ale mohou nám napovědět kam vyšetření směřovat. [8;1]

Celková anamnéza

Anamnézou se dovídáme od pacienta jeho onemocnění a genetické predispozice a posuzujeme, co by mohlo mít souvislost s onemocněním rohovky. Mezi tato systémová onemocnění patří kupříkladu alergie, jak vrozená, tak získaná, různé infekce, civilizační onemocnění jako je cukrovka nebo vysoký tlak, potíže s klouby aj. Dále zjišťujeme, jaké léky v současné době užívá. Zde je prostor i pro dotaz na hormonální antikoncepci a výživové doplňky. Také je potřeba zjistit, zda se potíže na rohovce

objevily poprvé, nebo se již vícekrát, zda nepozorují nápadnou souvislost s ročním obdobím, se stresovým vypětím a u žen se ptáme zda neshledaly souvislost s jejich cyklem. Také se ptáme na dospívání a dětství v souvislosti s jejich zrakem a péčí o oči. [8]

Zraková ostrost – vízus

I tento faktor nám může napovědět u primárního vyšetření rohovky. Značný pokles zrakové ostrosti může poukazovat na mnohé nepříjemnosti, které pacienta trápí. Obecně platí, že čím je pokles ostrosti výraznější, tím je onemocnění závažnější. [8]

Vyšetření pomocí štěrbinové lampy

Při vyšetření rohovky na štěrbinové lampě se zajímáme i o stav víček a řas a v jakém stavu je slzný film. Dále pozorujeme přítomnost neovaskularizací při limbu. Sledujeme projevy různých infekcí a blefaritid. Na rohovce samotné potom pozorujeme transparentci, lesklost, hladkost, vrstvy a jejich struktury, jizvy, Také zkoumáme tloušťku rohovky a jednotlivých vrstev. Nezapomínáme ani na defekty, které jsou nejlépe viděny po barvení fluoresceinem, nebo bengálskou červení a za použití bavených filtrů. Při vyšetření celkového stavu rohovky je dobré se pohybovat v celém rozsahu nabízeného zvětšení a to pod úhlem mezi 30° - 60°. [4;8]



Obr. 6: Štěrbínová lampa

Rohovková pachymetrie

Je prozatím jedním s nejpřesnějších měření tloušťky rohovky. Bez tohoto údaje nezjišťuje přesná velikost nitroočního tlaku s většími problémy. Máme na výběr ze dvou metod měření - optická pachymetrie využívající koherentní polarizované světlo, nebo ultrazvuková pachymetrie využívající mechanické vlny vysokofrekvenčního ultrazvuku. [8]

Esteziometrie

Můžeme vyšetřovat i rohovkovou citlivost. Zvláště u některých očních onemocnění je tato znalost velkým přínosem. Orientačně zjistíme snížení citlivosti rohovky pomocí smotku vaty. Dá se také přesněji zjistit užitím Freyových vláken nebo somatického Draegerova esteziometru. [8]

3.3 Zobrazovací metody rohovky

Zobrazovací metody předního segmentu oka a rohovky jsou vhodné pro sledování vývoje abnormality či čehokoli dalšího. Mezi tyto užitečné zobrazovací metody řadíme fotografie předního segmentu, rohovkovou endotelovou mikroskopii, ultrazvukovou biomikroskopie, konfokální biomikroskopii, rohovkovou topografii, orbscan a aberometrii.

Fotografie předního segmentu se využívají pro možnosti sledování změn pigmentací nebo i jiných, především patologických, lézí na rohovce, ale i spojivce, duhovce, limbu nebo čočce. Fotografie vytvořeny touto metodou jsou velmi dobře zobrazené a díky tomu můžeme sledovat vývoj nemoci a včasné odeslání k očnímu lékaři. Mezi tyto nemoci řadíme například névus, melanózu, dystrofie a mnohé další.

Jako další možnost zobrazení rohovky je **rohovková endotelová mikroskopie**. Je to nepřímý osvit štěrbinové lampy, který můžeme použít k vyšetření endotelové vrstvy rohovky. K vyšetření se dá využít i endotelový zrcadlový mikroskop, kterým získáme detailnější informace o endotelu dané rohovky. To umožní určit počet buněk a pozorování jejich stavby. Také se může tímto způsobem zjistit, jak vypadá endotel při různých onemocněních rohovky jako například dystrofie vzadu na rohovce apod. Tato metoda se také hojně využívá při posttrasplantační kontrole stavu endotelu.

Další metoda, – **ultrazvuková mikroskopie**, využívající vysokofrekvenčního ultrazvuku, což je až 50 MHz, umožňuje zobrazit přední segment oka i s řasnatým tělískem (corpus ciliare). Využívá se například k zobrazení umístění nové i vlastní nitrooční čočky nebo k změření hodnot rozměrů přední komory jako je hloubka, šířka a výška.

Konfokální mikroskopie, je metoda, která využívá polarizačního světla (usměrněného toku světla). Konfokální mikroskopie dovoluje precizní zobrazení každé vrstvy rohovky, včetně mnohých jinde méně pozorovaných částí, jako jsou například keratocyty, améby, hyfy, patologická vaskularizace apod.

Aberometrie se dá také nazvat jako **wavefront analýza**. Je to jedna z novějších vyšetřovacích metod, která slouží k objektivnější detekci aberací optického systému oka. Aberace zjištěné tímto způsobem umožňují velmi přesnou korekci dioptrické vady oka každého pacienta.

[8]

4 Onemocnění rohovky

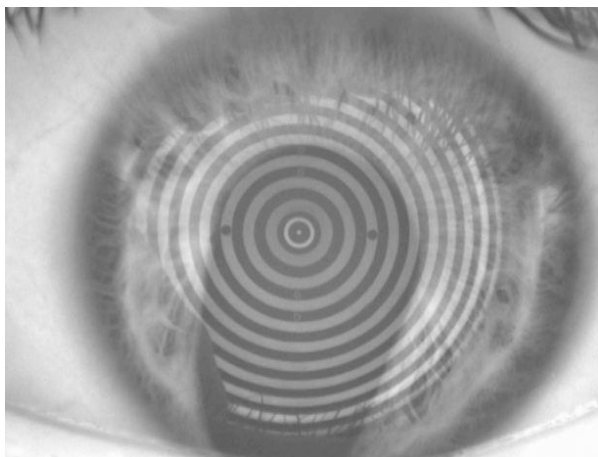
Na správné funkci rohovky se podílí správná funkce slzotvorného ústrojí, pravidelné uspořádání lamel, normální obsah vody v rohovce, dále pak nepřítomnost patologických elementů v rohovkové tkáni. Dalšími faktory, které ovlivňují optický systém oka, je zachování tvaru, průhlednosti a velikosti rohovky. Mezi vady a choroby rohovky patří vrozené vady, zánětlivá onemocnění, různé degenerace, nádory nebo následky různých nemocí nebo operací. Tato onemocnění mohou vést až ke vzniku rohovkového astigmatismu. [8]

4.1 Vrozené vady rohovky

Ve většině případů se nevyskytují samostatně, nýbrž současně s nějakou odchylkou i na jiné části očního aparátu. Patří sem nemoci jak vrozené, projevující se od útlého dětství, tak i nemoci vyvíjející se v průběhu života kvůli vrozené dispozici. Řadíme sem například megalocorneu, microcorneu, embrytoxou, keratoconus.

Megalocornea, již svým názvem informuje o odchylce od normy. Rohovka je zvětšená, má průměr větší než 13 mm. Tohle onemocnění se vyskytuje na základě rodinné dispozice. Samotné vidění nezhoršuje. Dá se lehce zaměnit s keratoglobusem, což je abnormální vyklenutí rohovky.

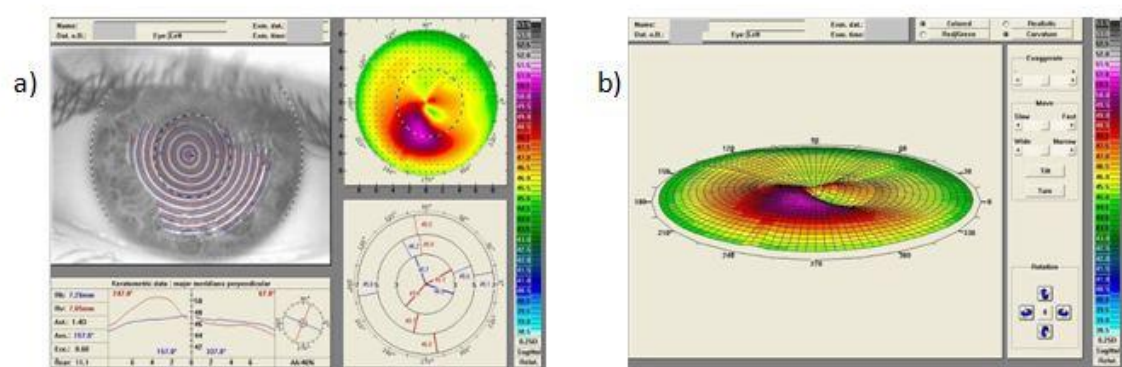
Microcornea je rohovka naopak menší, její průměr je pod 9 mm. Vyskytuje se jak jednostranně, tak oboustranně. Současně s tímto onemocněním je často pacient zatížen také kolobomy uvey.



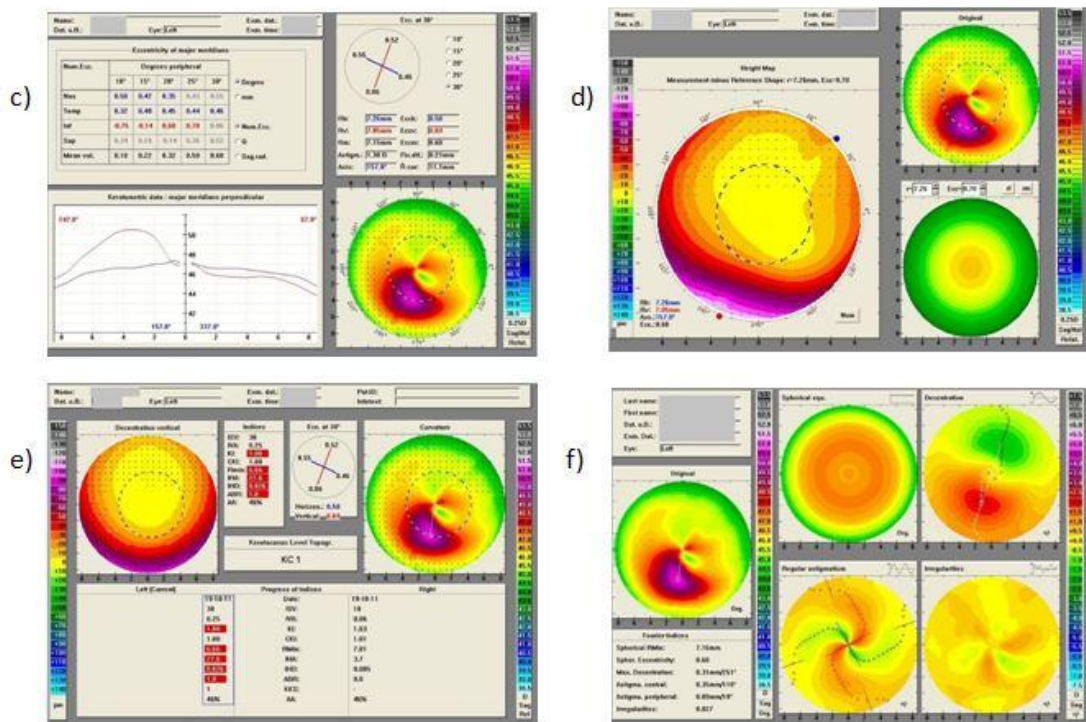
Obr. 7: Kolobom uvey zobrazen topografem s placidovými kotouči [14]

Keratoconus se v naprosté většině případů objevuje asymetricky na obou očích. Je pro něj typické vyklenutí rohovky v centrální části, mnohdy v paracentrální části. Vyklenutí rohovky je provázeno ztenčováním rohovky. Keratokonius je z většiny případů dědičný. Projevuje se mezi dvacátým až třicátým rokem života. Z příznaků se kromě zhoršené ostrosti vidění dá hovořit také o zdvojení a zkreslování obrazu. Čím více se keratoconus manifestuje, tím se více projevuje myopizace a vzniká rohovkový nepravidelný astigmatismus. Na štěrbinové lampě můžeme pozorovat Fleischerův prstenec, což je světle hnědý kroužek. Dá se také vidět vyklenutí a ztenčení rohovky. Pokud se jedná o keratoconus již více rozvinutý, dají se pozorovat při vrcholu keratoconického ztenčení vertikální Vogtovy strie a někdy se mohou objevit také jizevnaté změny ve stromatu nebo pod epitelem. Spontánní ruptura Descementovy membrány zpravidla vede až k otoku rohovky, který se projevuje náhlým poklesem vízu, v odborné terminologii se tento jev nazývá akutní keratoconus. Onemocnění keratoconem se mnohdy vyskytuje ve spojení s geneticky podmíněným onemocněním Downovým syndromem nebo s dalšími méně známými onemocněními. Nediagnostikovaný keratoconus je možné zjistit díky topografii rohovky. Dalšími vyšetřeními je možné toto onemocnění odhalit například mihotáním reflexu při oftalmoskopii (Rizzutiho znamení – kónický reflex z pohledu z temporální strany a Munsovo znamení – vyklenutí víčka při pohledu pacienta dolů).

[2;7]



Obr. 8-1: Keratokonius v a) základní zobrazení, b) 3D mapa [14]



Obr. 8-II: Keratoconus v a) rohovková asfericita, b) výšková mapa, c) indexová mapa, d) Fourierova analýza [14]

4.2 Zánětlivá onemocnění rohovky

Zánětlivé procesy na rohovce se dají ve většině případů odlišit třemi způsoby.

1) Infiltró corneae je ložiskové nahromadění zánětlivých buněk pod epitelem rohovky, které se označuje jako povrchní (subepiteliální) infiltrát, nebo ve stromatu rohovky, zvané hluboký (parenchymatózní) infiltrát. Epiteliární kryt nad infiltrátem není přerušeno.

2) Ulcus corneae je defekt epitelu a tkáně rohovky se zánětlivě infiltrovanou spodinou a okraji. Vzniká rozpadem krytu nad infiltrátem nebo infikováním eroze rohovky.

3) Keratitis je pojmenování, které se používá pro zánět, který postihuje celou nebo větší část rohovky. Mimo to jím označujeme některé specifické záněty, jako například keratitis herpeticus.

Pacient, který má nějaké zánětlivé onemocnění rohovky, si nejčastěji stěžuje na pocit cizího tělíska v oku, konkrétně spíše ve spojivkovém vaku, nově trpí světloplachostí a může mít i pocit řezání v oku. Vyšetřující pak může pozorovat edémy

horních i dolních víček, spojivky nebo překrvení až (do fialova) v oblasti okolo rohovky, vyšší slzavost pacienta.

Léčba zánětlivého onemocnění rohovky je různorodá. Jsou záněty, které se hojí krátkou dobu, pacienta extrémně nezatěžují a mohou se vyléčit bez následků. Jiná se léčí dlouhodobě, složitě a s velkou aplikací účinných látek, ale i přes léčbu může nastat situace, že pacient přijde o oko nebo o zrak. Mezi velmi účinné látky v poslední době patří lokální antibiotika. Při léčbě záleží také na celkovém zdravotním stavu pacienta, o jaký druh bakterie se jedná a na mnoha dalších činitelích.

[7]

4.3 Degenerace rohovky

Do této kategorie se paradoxně řadí spousta nemocí, u kterých neznáme příčinu vzniku. Jedná se také o onemocnění vznikající v pokročilém věku jedince nebo při celkovém vyčerpání organismu. K vypuknutí takovýchto onemocnění přispívá často životní prostředí a životní styl. Společným indikátorem je určitá neprůhlednost rohovky. Mezi degenerace patří i dystrofie, které jsou velmi často dědičné. Prognóza vyléčení má velké rozmezí, od těch, u kterých onemocnění stojí za zmínku jen ze statistického hlediska, až po ty, které vedou až k transplantaci rohovky.

Jako první si uvedeme **věkem podmíněné degenerace rohovky**, které souvisí s věkem, hlavně pak se stářím. Výsledkem je vždy zhoršení zrakové ostrosti. Buď díky rýhovitému prohloubení u limbu a následným vznikem nepravidelného rohovkového astigmatismu, nebo například bělavými záklky o průměru cca 0,8 mm.

Familiárnost je hlavním společným ukazatelem **dystrofií rohovky**. Nemoc se začíná projevovat již v mládí. Onemocnění nemívá rychlý průběh, spíše naopak. Jako většina onemocnění rohovky vede ke zhoršení vízu. Objevuje se na obou očích.

V některých případech vzniká na nedostatečně vyživené rohovce **sekundární degenerace rohovky**. Tomu se děje například při iridocyklitidách, při glaukomu nebo po zraněních. Výskyt je na nasální i temporální straně a přesunuje se až k centru. Povrch v místě nemoci je značně hrubý a ukládají se na něm soli a jiné látky zabraňující transparentnosti a tím i zrakové ostrosti. Tato onemocnění bývají doprovázena velkými bolestmi i přes to, že citlivost rohovky je jiná, než tomu bývá normálně.

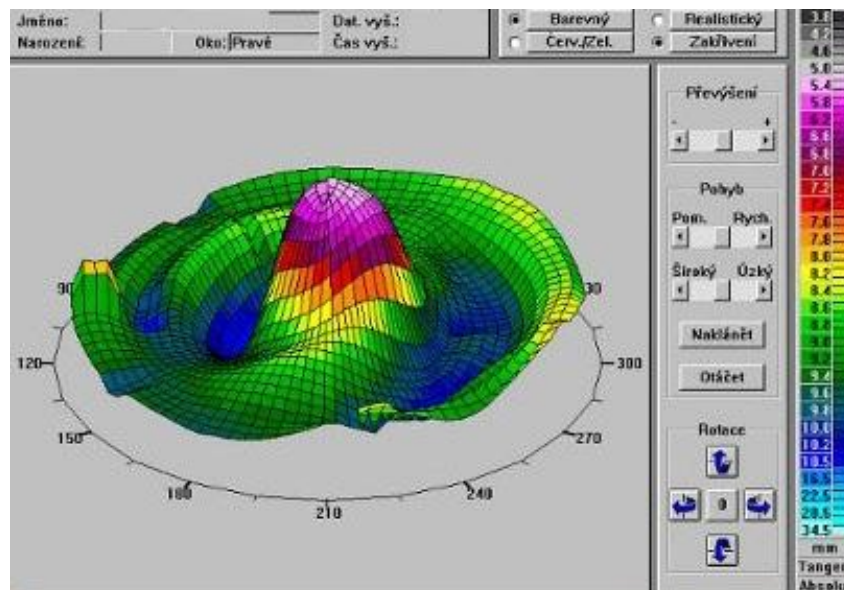
Mezi **degenerace** rohovky patří i keratoconus. Nejčastěji se objevuje díky vrozeným predispozicím, jak již bylo vysvětleno výše. Jsou však i případy, kdy ke

vzniku tohoto onemocnění dojde i bez genetických predispozic. Mohou nastat i situace, kdy nemoc propukne i u dětí v předškolním věku nebo u žen v menopauze. V průběhu onemocnění dochází až k rohovkovému nepravidelnému astigmatismu.

[7;8;16]

4.4 Nádory rohovky

Nejsou úplně běžné a dá se říci, že se vyskytují ojediněle. Vyrůstají z limbu a zasahují jak rohovku, tak i spojivku. Jmenovitě se jedná o dermoid, který je vrozený a vyrůstají z něj chloupky. Většinou se nijak neřeší. Dále se hovoří o Papilomu, který svým tvarem připomíná malý květák a infiltruje se spíše do hloubky než navenek. Z toho důvodu je dobré brzké odhalení a chirurgické odstranění. Do nádorů rohovky také patří epithelioma spinocellulare corneae, jedná se o maligní nádor, který se rozrůstá především plošně. V poslední řadě je zmíněn melanom rohovky. Vyskytuje se jak benigní tak maligní a výjimečně se může stát, že přeroste přes limbus. [7;8]



Obr. 9: Vřed v centru rohovky [19]

4.5 Úrazy postihující rohovku

I traumata, která nejsou nijak obsáhlá, mohou způsobit vážné potíže. Některé z těchto potíží vedou až k oslepnutí. Některé statistiky ukazují, že polovina oslepnutí na jedno oko je zapříčiněno úrazem a pětina oslepnutí na obě dvě oči také úrazem.

V minulosti, kdy byla oslepnutí daleko častější než v dnešní době, k velkému množství úrazů docházelo zejména na pracovištích. V této době dochází k zavádění většího množství bezpečnostních opatření a nařízení, takže celkový počet traumat i oslepnutí klesl. Celkově je v dnešní době tedy nejrizikovějším faktorem úrazů domácí práce. Zde si lidé nedávají takový pozor a nevybavují se ochrannými prostředky jako v zaměstnání, a ani nejsou na mnohé činnosti řádně proškoleni. Zvyšuje se také úrazovost u malých dětí. Velkou roli při hojení po úrazu hraje první pomoc a následná péče. Není dobré taková zranění opomíjet, leč se mohou zdát zanedbatelná. Včasná diagnostika může zachránit zrak. Úrazy nejen rohovky, ale celého oka, se dělí do čtyř skupin, které se v praxi mohou různě překrývat. Poranění mechanickými vlivy, poleptání a popálení, poškození oka zářením a poškození oka elektrickým proudem. [7;16]

Mechanické poranění rohovky

Rohovka, jakožto část oka přicházející nejvíce do kontaktu s okolím, má velkou pravděpodobnost úrazu. Odhad dalšího vývoje rohovky po úrazu se liší v závislosti na traumatu, ošetření, léčení. U rohovky patří mechanické poranění k nejčastějším úrazům.

Pro poranění rohovky je typické, že je postižený většinou nevnímá, dokud nemrkne. Kvůli tomu, že je pevná se předměty způsobující poranění nedostanou dál než do povrchové vrstvy stromatu. Pouze předměty nebo cizí tělíska, která jsou velmi ostrá, agresivní a progresivní, poraní rohovku hlouběji, mnohdy až do vnitřku oka. Předměty a tělíska způsobující perforaci jsou různá. Například prachové částičky, písek, kamínky, piliny, popílek apod.

U léčby je potřeba nejprve najít centrum bolesti, identifikovat těleso a odstranit jej. V některých případech stačí výplach oka, v jiných se musí přikročit až k anestezii, ve které cizí těleso odstraní lékař speciálním náradím připomínajícím kopí. Po každém vytažení cizího tělíska z rohovky je dobré nanést antibakteriální mast a tak předejít vážným komplikacím.

Podle hloubky perforace se poranění rohovky rozděluje na perforující poranění a neperforující poranění. Neperforující úrazy rohovky mají zdaleka lepší předpověď výsledků léčby než perforující. Mezi komplikace sem může patřit jediné infekce rány a z toho vznik vředu rohovky. Prognózy perforujícího poranění rohovky jsou, jak již bylo naznačeno, mnohem horší. Odhad jejich prognózy je závislý na rozsahu, způsobu ošetření a následných komplikacích, které se mohou dostavit buď brzy po poranění,

nebo až v pozdější době léčby, záleží také na způsobu vzniku. I zde hrozí infekce, která může přerůst ve vřed.

[1;2;7;8;16]

Poleptání rohovky

Popáleniny rohovky, spojivky a víček oka bývají většinou současné. Mezi časté leptací látky patří louhy, nehašené vápno, malta, umělá hnojiva, mnohé kyseliny, různé čisticí prostředky, amoniak, anilinové barvičky a další. Prognóza závisí na koncentraci škodlivé látky a na jejím množství. Závisí také na době působení dané škodliviny a v neposlední řadě na první pomoci. Ve všech případech je třeba řádně oko stále vyplachovat. Zde platí, že čím déle, tím lépe. Pokud to možné až do příjezdu odborné pomoci, dá se celkový následný stav oka značně změnit. Poskytuje to postiženému více šancí na úspěšnou léčbu, než kdybychom vyplachování zanedbali. U louhů je většinou prognóza následného stavu rohovky horší než u kyselin. [7;16]

Popálení rohovky

Popáleniny rohovky mohou nastat při dlouhodobějším nebo při náhlém, leč značně intenzivním, působením tepla. Za takové se považuje například otevřený plamen, horké kapaliny, horké páry, roztavené kovy a jiné materiály, náhlé otevření hrnčářské pece a mnohé další. Jak popálenina bude vypadat po léčbě závisí na stupni teploty, poměrné teplotě a také na délce působení. Výsledný stav popáleniny ovlivňuje také, zda se jednalo o teplotní vzestup nebo byla přítomna i škodlivá látka. [7]

5 Topografie rohovky

Topografie rohovky je metoda, díky které dokážeme získat kvalitní obraz předního segmentu oka. Můžeme vidět nerovnosti v určitých oblastech rohovky, zakřivení místní i průměrné zakřivení plochy rohovky, můžeme popsat nejbližší část rohovky, pokud na ni pohlížíme ve směru od pozorovatele. Tato metoda pacienta nijak výrazně nezatěžuje, je totiž bezkontaktní. Metoda je hojně využívána při předoperačních vyšetřeních, u aplikace kontaktních čoček nebo při sledování vývoje keratokonu. Také ji využíváme při určování charakteru rohovkového astigmatismu.



Obr. 10: Topograf

S příchodem rozšíření refrakční korekce oka na začátku sedmáctého století se vyvinul zájem o model rohovky a optických vlastností oka. Z počátku bylo vyšetřování topografie rohovky velmi omezené, existovaly jen hrubé odhady rohovkového zakřivení.

V roce 1619 pan Christoph Scheiner vyrobil první měřicí techniku, která slouží k měření tvaru rohovky. Technika vyvinutá na základě odrazu od zrcadel s rozdílným zakřivením.

Ve dvacátých letech devatenáctého století přišel pan Olivier Cuignet s vynálezem zvaným keratoscope. Tento přístroj vysílal světlo a zachycoval odraz od pacientovy rohovky. Ovšem jeho majoritní problém byl, že osa zarovnání světla, terče a pozorovatele musela být na optické ose pacienta. Další nevýhodou bylo, že výsledný obraz nebyl zvětšený. To bylo překonáno roku 1882 panem Placido, který umístil kukátko do centra terče. Jeho terč byl disk nesoucí střídavě bílé a černé soustředné kruhy. Tento vzor tvoří základ mnohých rohovkových topografů do dneška.

Ještě před panem Placidem přišel roku 1854 pan Helmholtz s keratometrem, který je také známý pod názvem oftalmometr. Měření bylo již trochu přesnější.

Pan Javal v roce 1889 připojil k vynálezu Placida svůj keratometr. Teleskopický okulár přidal další výhodu, a to zvětšený obraz. Javal si uvědomoval, že by potřeboval zachytit obraz. S tím přišel až v čase prvních letních olympijských her pan Gullstrand. Použil snímkování keratoskopu, který pojmenováváme fotokeratoskop.

Porozumění vývoje nám může pomoci lépe pochopit, jak funguje topografie rohovky dnes, ale ne odhadnout, kam bude pokrok postupovat dále.

[6]

5.1 Princip Placidova kotouče

Výchozí zásada klasické topografie rohovky je počítačové zpracování keratoskopického obrazu. V tom případě se využívá zpětná vazba již zmíněných centrických světelných Placido kruhů. Následuje analýza dat, při níž se hodnotí síla, pravidelnost a vzdálenost černobílých kruhů. Díky počítačové analýze máme po zpracování možnost obrazu povrchu rohovky buď v 2D nebo 3D. Převážně bývá aplikováno i barevné rozlišení (přirovnala bych jej k vyjádření reliéfu krajiny na mapě). Zde je červenou barvou označena strmá část rohovky, modrá zastupuje zobrazení ploché partie, zelenožluté vyjádření odpovídá obvyklému zakřivení rohovky. Některé programy mají možnost automatické diagnostiky. Všechny mají schopnost uložit informace ke jménu pacienta a následně je dohledat k porovnání v pozdější době. [8]

Topograf nabízí různé typy map. Často se užívá zobrazení mapami o dvou rozměrech. Třetí rozměr je znázorněn příslušnou barvou dle naměřených hodnot. Barvy se mění s hodnotou zakřivení. Tato veličina definovaná jako převrácená hodnota poloměru křivosti a převrácená hodnota délky je dioptrie ($D = m^{-1}$). Čím menší poloměr křivosti naměříme, tím více je povrch zakřiven, a naopak při větším rozsahu křivosti

úměrně klesá hodnota zakřivení. Barvy se mění s každou půldioptrií, ale dá se nastavit i jinak.

5.2 Topografie s využitím Placidova kotouče

Princip Placidova keratoskopu je již vysvětlen. Dříve byly soustředné kruhy v jedné rovině, ale výsledky nedosahovaly takových přesností a možností, jako když byly kruhy posléze převedeny na polokouli. Vyhodnocování z polokoule bylo značně snadnější a jediné, co topografie s využitím Placidova kotouče vyžadovala, je střed rohovky shodný se středem polokoule se soustřednými kruhy.

V případě, že konečným obrazem keratoskopu nejsou soustředné kruhy, je rohovka nějakým způsobem deformovaná. Soustředné elipsy namísto soustředných kruhů vypovídají o přítomnosti pravidelného astigmatismu, o nepravidelném astigmatismu svědčí obraz s nepravidelným a hůře popsatelem obrazem. Také pozorujeme hustotu těchto kruhů, nebo kruhů s případnými defekty. Hustěji viditelné linie jsou jasnou známkou vyšších dioptrií a naopak řídké linie napovídají o nižších hodnotách dioptrií. Toto můžeme pozorovat nejen v celku obrazu, ale především místně na obraze. V některých částech rohovky tak můžeme vidět jiné hodnoty dioptrií než jinde, což nám vypovídá o možné přítomnosti nějaké patologie. [4]

Technika založená na Placidově kotouči je z velké části naprosto přesná. Dioptrické odchylky se nacházejí do čtvrt dioptrie a odchylky v poloměru zakřivení se pohybují do 0,025 mm. [4]

Tento princip pracuje na poměrně krátkou pracovní vzdálenost. Není problém zmapovat velkou část rohovky, jak nám víčka a další okolnosti dovolí. Topografem je zachyceno 8 000 – 10 000 bodů na rohovce. Přístroj získané informace následně vyhodnocuje.[6]

Každopádně tato metoda vykazuje vynikající výsledky u hodnocení rohovkového astigmatismu.

5.3 Možnosti topografie bez Placidova kotouče

Slight photography

Při vyšetřování rohovky na šterbinové lampě používáme úzký paprsek. Získáme tím možnost vidět tvar přední a zadní plochy rohovky v jednom řezu. Může tak být

přímo vidět paprsek, který prochází přední a zadní plochou rohovky a čočky. Pokud získáme takovýchto obrazů skrz rohovkou asi čtyřicet a budou na sobě nezávislé a zaznamenané pod známým úhlem, můžeme je kalibrovat. Každý řez obsahuje více než 240 bodů, které zaznamená, takže dohromady je to více než 9 000 bodů na jedné ploše rohovky. Zařízení využívá minimálně dvou šterbin, takže v centrální části se pro větší přesnost binují obrazy. Každý bod má rozlišení $2 \mu\text{m}^{10}$. Přestavbou takto získaných algoritmů můžeme tvořit mapy celé přední a zadní plochy rohovky. Matematicky jde z těchto dvou map, přední a zadní plochy rohovky, vyjádřit i tloušťka rohovky. Což je zvláště užitečné při některých nemocech, jako je například keratokonus nebo při plánování refrakční operace.

V dnešní době hlavní omezení této metody představuje relativně dlouhý čas (0,8 sekundy) požadovaný na získání všech 40 obrázků. Výsledek může být nepřesný z důvodů očního pohybu.

V budoucnu se počítá s přístrojem, který nebude vykazovat chyby v závislosti na pohybu očí.

Dalšími topografickými možnostmi, při nichž se nevyužívá Placidova kotouče, jsou: rastersteografie, scheimpflugovo zobrazení a laserová interferometrie.

Rasterstereografie je založena na rozptylu světla na rozhraní slzného filmu na přední ploše rohovky a vzduchu. Užitím obarvení slz fluoresceinem se dá zvýraznit struktura mřížky, která je na rohovku promítnuta. Ze zachyceného obrazu se získá tvar rohovky. Touto metodou dokážeme získat informace i o lumbárním, víčkovém a spojivkovém vnějšku. Tento systém nám umožňuje zachytit i různé nepravidelnosti rohovky. Dokáže zobrazit jizvy, epitelární defekty a mnohé další nerovnoměrné nálezy. Tento princip funguje i u rohovek, které odráží méně světla. Rasterstereografie nevykazuje velké chyby v centraci a měření na periférii je značně výstižné. Této metody se ovšem v dnešní době často nevyužívá. Názory na důvody nepoužívání metody se různí.

Laserová interferometrie využívá vlnových vlastností světla. Jak již z názvu vyplývá, z interferenčního holografického obrazce přístroj zobrazí tvar části rohovky, kterou jsme požadovali nebo jakoukoli jinou měřenou optickou plochu. Měření se hojně využívá při kvalitativním hodnocení čoček, zrcadel a jiných optických prvků, které se dále používají nejen v optometrii a optice.

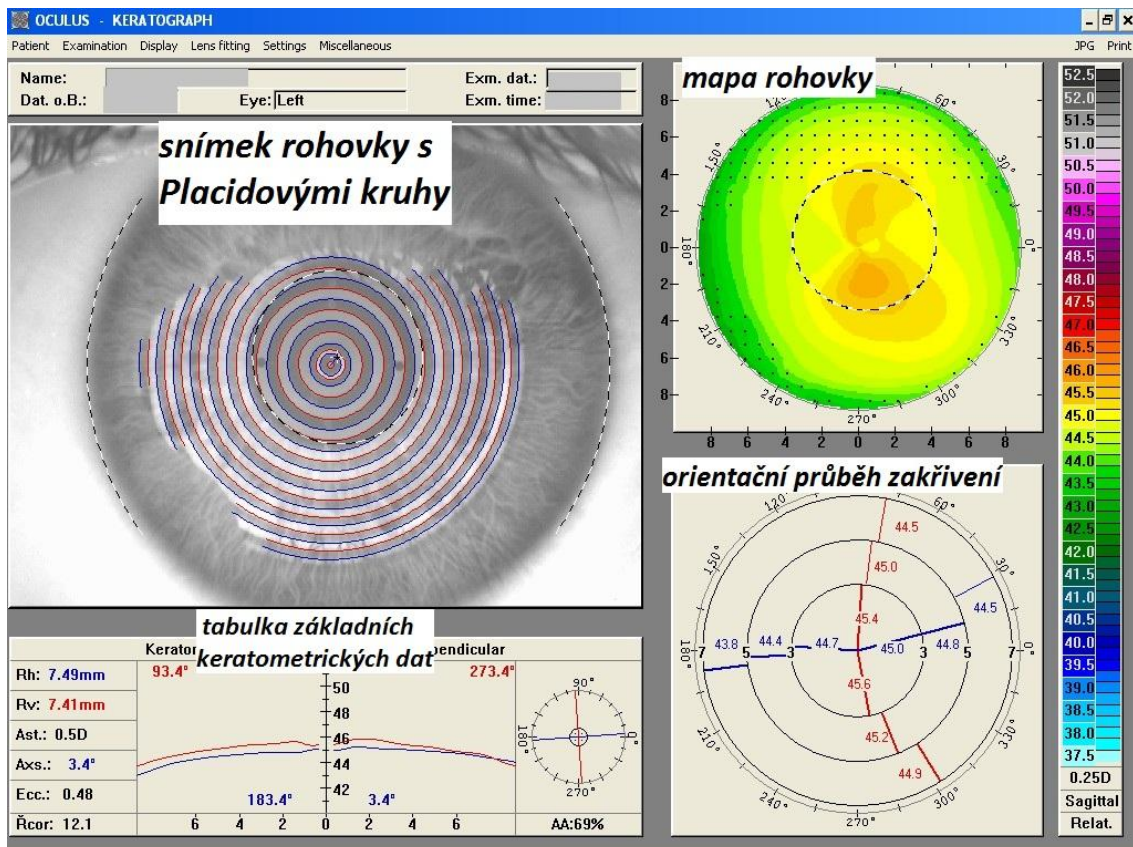
Scheimpflugovo zobrazení má schopnost zobrazit velké množství informací naráz. Principiálně pracuje na zachycení obrazu kamerou, která se malinko liší od běžně

používaných. Kamera dosahuje velké hloubky ostrosti, která je zapříčiněna tím, že rovina předmětu, optické plochy čočky a rovina předmětového obrazu nejsou paralelní, leč leží na jedné průsečnici. V průběhu jediného měření kamera snímá asi 45-55 obrazů s minimálním rozlišením 500 bodů. Což ve výsledku zachycuje přibližně 25 000 datových bodů u přední i zadní plochy rohovky. Taková čísla nám umožní v průběhu jednoho měření zjistit potřebné informace o celém předním segmentu oka. Ovšem toto měření zabere od 1,2 do 1,6 sekundy a to už může být značná nevýhoda měření. Mimovolné pohyby očí pozoruje kamera očních pohybů a program se s nimi snaží počítat.

[6]

6 Topografické zobrazení a rohovkový astigmatismus

Při práci s topografem máme mnoho příležitostí dozvědět se důležité informace. Stačí vědět, co potřebujeme zjistit, co nás u daného pacienta zajímá a co je třeba zkontrolovat. Na výběr máme z velké škály možností. Na první pohled můžeme pozorovat snímek rohovky s Placidovými kruhy, mapu rohovky, základní data, orientační zakřivení v různých částech rohovky a barevnou škálu vypovídající o hodnotách zakřivení dané barvy. U každého snímku můžeme na první pohled říci, zda se nám něco jeví jako patologický nález, jako rohovkový astigmatismus nebo zcela v pořádku. Dále se můžeme “proklikat“ k dalším možnostem a funkcím daného topografu 3D realistická mapa, 3D mapa zakřivení, Foureirova analýza a mnohé další.



Obr. 11: Ukázka základního obrázku při práci s topografem, v tomto případě značky Oculus [14]

Jedním topografickým zobrazením je snímek rohovky s Placidovými kruhy. Na něm můžeme pozorovat, jak velká část předního segmentu oka byla nasnímána. Říká se

mu také syrový obrázek. Pozorování syrového obrázku zachyceného kamerou v topografu může poskytnout extra klinickou informaci, která se použije k vyhodnocení mapy. Zakřivení a strmost jsou odvozeny od prvního diferenciálního vrcholku. Ony představují „poměr změny a výšky“ a jako takové jsou citlivé k rozsahu úchylky profilu napříč rohovkovou plochou. Další bližší údaje jsou již jen zpracování a přiblížení získaných dat. [18]

V tabulce základních keratometrických dat se dozvíme horizontální a vertikální zakřivení, rohovkový astigmatismus a jeho osu, excentricitu, průměr rohovky, optickou mohutnost stanovenou na kružnici o poloměru 3 mm ve střední pozici rohovky odpovídající příslušným řezům. Ploché centrální meridián je modrý a strmý centrální meridián je červený. Přičemž červené a modré stupně odpovídají úhlu, ve kterém jsou meridiány vyobrazeny. Další důležitý údaj v této tabulce jsou procenta vyjadřující kolik je nasnímáno rozsahu rohovky oproti jejímu celku.

Orientační průběh zakřivení v různých částech rohovky graficky demonstrují přibližné hodnoty zakřivení v různých částech rohovky. [5]

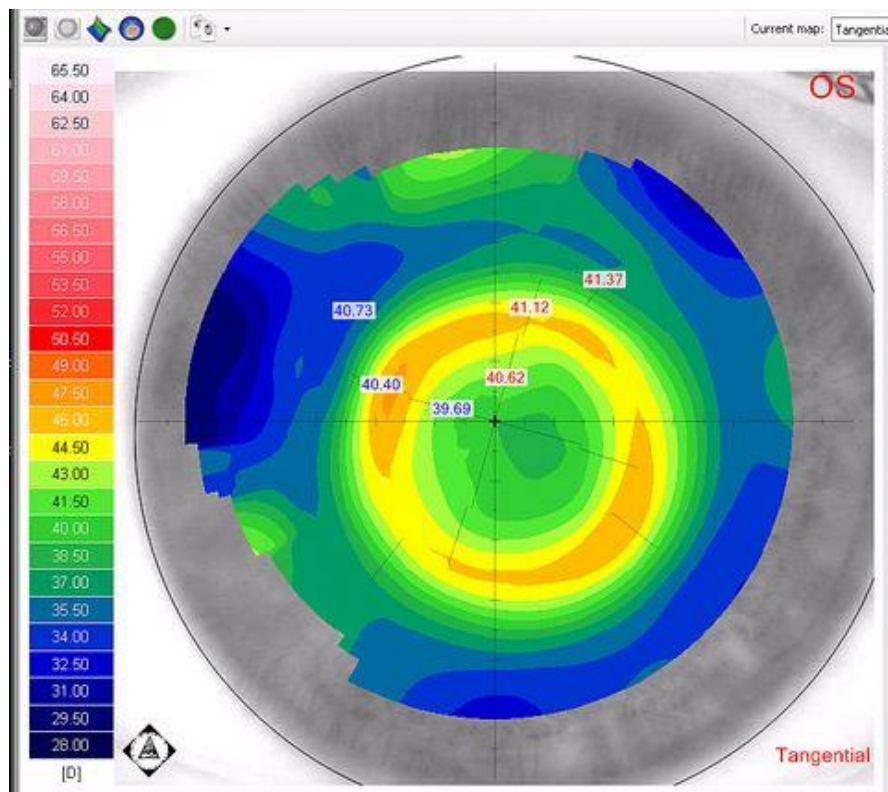
Zajímá nás také 2D mapa rohovky, která je na souřadnicích x a y, souřadnice z je zde vyjádřena barevně. [5]

6.1 Mapy rohovky

Pro toho, kdo se vyzná v geografických mapách, by měla být práce s 2D mapami rohovky snazší, protože jsou vytvořeny na stejném principu. Barevné znázornění je však takové, že červená barva zastupuje strmější části rohovky a plošší části jsou zastoupeny modrou barvou. Oranžová a žlutá až žlutozelená zastupují klasické zakřivení rohovky. V nastavení barevné škály můžeme měnit mezi různými hodnotami dioptrií nebo milimetry zakřivení. Podle tvaru pacientovy rohovky je dobré si nastavit v jakém rozlišení a v jakých veličinách ji chceme zobrazit. Porovnávání (nejen v čase) je pro lepší orientaci dobré dělat vždy se stejným nastavením.

Sagitální mapa je běžnou, ale ne úplně přesnou mapou. Bývá nazývána jako axiální mapa. Předpokládá, že střed křivosti pro daný bod leží na optické ose, což nemusí nastat ve všech případech. Zobrazuje poloměr křivosti v konkrétním bodě v porovnání se středem rohovky. Bod v centru rohovky, vzhledem ke kterému je porovnání prováděno, je měřen samostatně.

Tangenciální mapa, kterou můžeme znát i pod názvem meridionální mapa, nám zobrazí poloměr křivosti vůči dalším bodům na téže kružnici. Tato metoda výpočtu zobrazení zakřivení se vykazuje jako značně přesnější. Tato mapa je vnímavější k místním úchylkám nebo změnám křivosti.



Obr.12 : Ukázka tangenciální mapy [21]

Trojrozměrná mapa nabízí zobrazení ve 3D. Můžeme pozorovat konkrétní tvar rohovky ze všech stran. Je výborná pro názornou demonstraci pacientům a lepší vysvětlení daného nálezu.

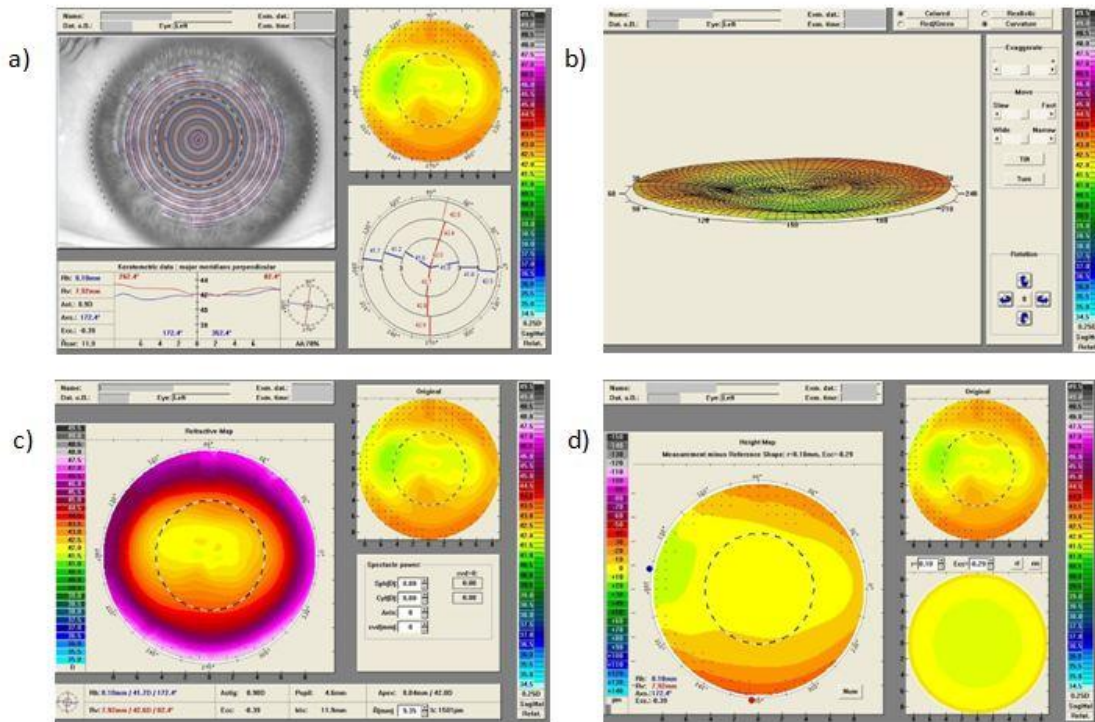
Refrakční mapa nám zobrazuje refrakční hodnoty. Tato mapa funguje na principu fyzikálního zákona lomu a odrazu a přitom je v ní zahrnuto i zohlednění aberací. Refrakční mapa se nám může zdát k ničemu, pokud máme mapu axiální. Ovšem i přesto je této mapy využíváno a to zejména u pacientů s velmi nepravidelným nebo abnormálním tvarem rohovky, kterým může být právě výrazný rohovkový astigmatismus. Nejvíce frekventovaná je po refrakčních operacích, transplantacích rohovky nebo jiných chirurgických zákrocích.

Výšková mapa nám nabízí informace o změně přední plochy rohovky vůči referenční sférické ploše. Data o výšce lze zobrazit absolutně nebo relativně.

Rozdílová mapa, umožňuje srovnání různých měření v čase. Opět je hojně využívána po refrakčních operacích nebo jiných chirurgických zákrocích. Srovnána mohou být najednou nanejvýš čtyři různá měření.

Na následujícím obrázku můžeme pozorovat rohovku v různých zobrazeních po refrakční operaci (LASIK). Je zde vidět, jak operace oploštila rohovku. Z rozdílu barev v centru a na periferii můžeme vyčíst, že zákrok byl proveden pro refrakci myopie o zhruba tři dioptrie. Jako abnormalitu můžeme vidět zápornou excentricitu a meridiány v rovině nebo v prohloubení.

[12;6;4]



Obr. 13: Ukázka rohovky po refrakční operaci: a) základního zobrazení, b) 3D mapy, c) refrakční mapy a d) výškové mapy rohovky mladého oka po refrakční operaci. [14]

6.2 Další hodnocení rohovky

V topografech jsou (jak již bylo zmíněno na straně 29) i další možnosti hodnocení rohovky. Většina se též vyobrazuje ve formě map. Patří sem především matematická analýza a hodnocení povrchu rohovky.

Zernikeho polynomy je rozklad 3D plochy na součet specifických funkcí, tzv. Zernikeho polynomů. Provedením analýzy Zernikeho polynomů pro data o výšce u rohovkové topografie dostaneme koeficienty pro jednotlivé mnohočleny. Můžeme si volit, které chceme zobrazit, zda všechny, nebo jen ty s největšími koeficienty. Opět zde nacházíme stupnici s barevnou škálou pro lepší orientaci. Pokud jsou nějaké hodnoty mimo normu, zobrazí se červeně. Využit můžeme také výpočet aberačního koeficientu. Ten by se měl rovnat nule. Pokud tomu tak není a hodnota tohoto aberačního koeficientu přesahuje hodnotu jedné, je zřejmé, že pozorujeme atypickou rohovku. Toto může být i příčina horší kvality vidění. Dá se využít například pro zhodnocení vlivu pevných kontaktních čoček na rohovkové aberace.

Výpočet indexů jsou data klasifikující tvar rohovky. Data jsou porovnány s hodnotami běžné populace. V případě, že se jedná o odchylku větší jak dvě a půl násobku je hodnota hraniční a vyobrazí se nám žlutě. Pokud nastane případ, že se jedná o více jak násobek tří, jsou hodnoty brány jako patologické a nacházíme je napsány červeně.

Date značí datum kdy bylo měření prováděno, můžeme pozorovat data z více měření najednou.

ISV (index of surface variance) zobrazuje odchylka jednotlivých poloměrů křivosti rohovky od střední hodnoty, zvýšení nastane u každé nepravidelnosti (jizvy, astigmatismus).

IVA (index of vertical asymmetry) udává symetrii poloměrů křivosti rohovky vzhledem k horizontálnímu meridiánu jako k ose zrcadlení, zvýšené hodnoty u nepravidelného astigmatismu, extázií v blízkosti limbu.

KI (keratoconus index) je zvýšen především u osob s keratokonem.

CKI (center keratoconus index) zvýší svoji hodnotu u centrálních keratokonů.

IHA (index of heigh asymmetry) je asymetrie výškových hodnot vzhledem k horizontálnímu meridiánu jako k ose zrcadlení.

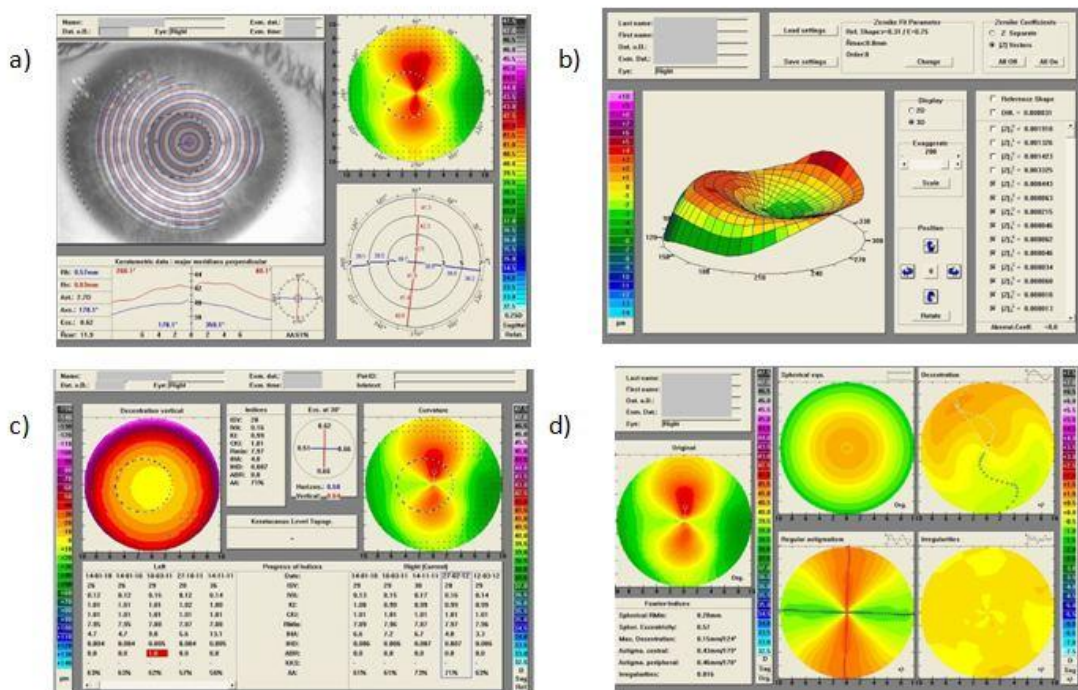
ABR (abertion koeficient) udává abnormální aberace rohovky, vychází ze Zernikeho analýzy.

KKS (keratoconus stadium) určuje stupeň keratokonu dle Amslerovy klasifikace, vychází z topografického měření klinicky přizpůsobeného Amslerovu schématu.

AA (analysed area) značí procentuální vyjádření efektivně proměřeného povrchu rohovky.

Rmin je nejmenší sagitální poloměr křivosti v celkovém poli měření, zvýšené hodnoty u nepravidelného astigmatismu.

IHD (index of heigh decentration) zobrazuje decentraci výškových hodnot ve vertikálním směru, vypočítána z Fourierovy analýzy. U astigmatických očí jsou prstence zcela uzavřeny.



Obr. : Rohovkový pravidelný astigmatismus podle pravidla ve vyjádření a) základního zobrazení, b) zernikeho polynomů, c) výpočtu indexů a d) fourierova analýza [14]

Fourierova analýza je rozklad periodické funkce na funkci kosinus, případně sinus a kosinus. Obraz rohovky z topografu je rozložen na jednotlivé komponenty. Následně pomocí Fourierovy transformace je průběh transformován na kosinové, případně i sinusové oscilace. Každá oscilace se poté pozoruje zvlášť.

Sférický ekvivalent, někdy označovány jako 0. člen, obsahuje komponenty uspořádané podle aritmetické střední hodnoty poloměrů. Ze sférické složky se určuje již zmíněná excentricita rohovky. U normální rohovky by měla být nejvýše 0,85.

Decentrace, neboli 1. člen, nám pomocí sinusové oscilace zjistí minimální a maximální hodnoty poloměrových prstenců. Minimální hodnota je označena bílými kroužky a maximální hodnota černými kroužky. Můžeme tak rozeznat osy decentrace v různých oblastech. Pro sagitální poloměry je normální hodnota pod 0,43 včetně a pro tangenciální poloměry nabývá maximálně hodnoty do 1,88.

Pravidelný astigmatismus – 2. člen - poloha os některých oblastí je naznačena kroužky. Červené kroužky označují strmý řez a modré kroužky méně zakřivený řez. Rohovkový pravidelný astigmatismus se vyznačuje rovným křížem z těchto kroužků se středem v centru, směrem k periferii však uhýbají a stáčí se všechny na jednu stranu. U keratokonu nalézáme spirálu již od centra. U rohovky se značným nepravidelným astigmatismem většinou nenajdeme žádnou pravidelnost kroužků připomínající kříž.

Nepravidelnosti, jsou součtem zbylých oscilačních ekvivalentů. U normálního stavu rohovky by se nepravidelnosti měly pohybovat pro sagitální poloměry do 0,032 mm a pro tangenciální poloměry do 0,141 mm. Tyto nepravidelnosti společně s decentrací tvoří nepravidelný astigmatismus.

[6;11;12]

7 Korekce rohovkového astigmatismu

Většina očních vad se dá kompenzovat alespoň z části a korigovat korekčními pomůckami. i v případě rohovkového astigmatismu tomu není jinak. Na výběr máme brýle, kontaktní čočky, kombinaci obojího, případně refrakční operace. U rohovkového astigmatismu nemusí dojít k nejlepší korekci z důvodů větších nepravidelností rohovky. Nejčastěji k tomu dochází v případě nepravidelného astigmatismu.

V první řadě je pro nás velmi důležité, abychom měli výbornou pacientovu anamnézu a velmi dobře zmapovanou rohovku. Znalost průběhu rohovky nám značně zjednoduší práci a rozhodování se při nabízení nejlepší korekční pomůcky. Také nám tyto informace mohou pomoci při seznámení pacienta se situací a s prognózou zlepšení vidění. Je to velmi individuální práce, a proto je dobré si nejprve pacienta “získat“. Pokud v nás nebude mít pacient důvěru, naše i sebelepší výsledky nedojdou takového úspěchu, jak by mohly.

V případě, že ve vyšetření nalezneme cylindrické hodnoty, je potřeba zvážit, v jaké míře ji ponechat i do korekce. Zda se jedná o první nález nebo pacient má astigmatismus již dlouho, ale nikdy nebyl korigován, případně z jakého důvodu. Zkoušíme, jaká je změna ostrosti vidění. Také pozorujeme snášenlivost na očích, posléze především binokulární snášenlivost. Z tohoto výčtu je evidentní, že o již zmíněný individuální přístup je nutností. Nic nás nepotěší více, než dobře odvedená práce, když je spokojen v první řadě pacient, ale také my a netrápí nás svědomí, že ještě něco nějak mohlo být líp nebo jinak.

Obecně platí, že děti jsou přizpůsobivější, tudíž by měly snést plnou cylindrickou korekci. U dospělých, tedy u našich pacientů, může být právě plná korekce nepřijata s nadšením, co se subjektivního vnímání týká. Může nastat pocit tahu očí nebo nevolnost, případně vlnění podlahy. Korekce astigmatismu s dioptrickou cylindrickou hodnotou do 1 D většinou nezlepší vízus, ale osobní komfort vidění je většinou jasnější a kontrastnější. Pokud nesprávně určíme nebo korigujeme astigmatismus, navodíme astigmatismus v jiné ose, čímž jsme schopni navodit astigmatismus v ose nové. [17]

7.1 Korekce rohovkového astigmatismu pomocí brýlové korekce

Brýlová korekce je historicky první korekce refrakčních očních vad. V případě úpravy astigmatismu brýlovými skly se jedná o skla cylindrická a torická. Tyto brýlové

čočky mají v jednom svém řezu jiný lom světelných paprsků. Pokud světelný paprsek šířící se vzduchem dopadne na průhledný hustější materiál, dojde k poklesu rychlosti šíření světla a paprsek se šíří pod úhlem odlišným od úhlu dopadajícího paprsku.

V dnešní době se brýlové čočky vyrábí především z plastu, zvláště z důvodů váhy a možnosti barvitelnosti. Ovšem v zapomnění sklo (minerál) dosud nepřišlo, i přesto, že je zde omezená možnost barvení čoček, jsou nevhodné pro sport a pro lidi s menší pečlivostí ve starostlivosti o brýle. Naopak jsou ale skleněné brýlové čočky velmi vhodné do prašného prostředí. Dalšími materiály pro výrobu brýlových čoček může být například polykarbonát.

V případě korekce pravidelného astigmatismu, by měla korekce brýlemi plně dostačovat. V případě nepravidelného astigmatismu se většinou jedná o kompromis nebo částečnou korekci vady.

Plan-cylindrické brýlové čočky

Hovoříme-li o této brýlové čočce, hovoříme o nejstarším typu brýlové čočky korigující astigmatismus. V ploše plan-cylindru se rozlišují dvě hlavní roviny, jedna s maximální a jedna s minimální hodnotou lomivosti. Tyto meridiány jsou dány tvarem skla, který dostaneme, seřízíme-li rotační válec v jeho podélné rovině. Podle konkávní nebo konvexní válcovité plochy dostaneme plusovou nebo minusovou cylindrickou čočku. Cylindrická čočka mění vergenci paprsků pouze v rovinách kolmých na osu cylindru, v rovinách rovnoběžných s osou cylindru severgence paprsků nemění. Osa cylindru je dána osou původního válce. Ve výsledku je jeden řez bez optického účinku a hodnota druhého hlavního řezu je rovna hodnotě cylindru.

Sféro-cylindrické brýlové čočky

Takové čočky jsou kombinací plan-cylindrické čočky (vysvětlené výše) a sférické čočky, která má mohutnost ve všech řezech stejnou, tudíž jeden hlavní řez má hodnotu dle hodnoty sféry a druhý řez má hodnotu vypočtenou součtem hodnot sférické a cylindrické složky čočky.

Sféro-torické brýlové čočky

Jak již název napovídá, jedná se opět o kombinaci, tentokrát sféry a tóry. Torická plocha se dá vysvětlit jako sféra a cylindrická plocha v jedné křivce Rozdíl

mezi torickou a cylindrickou plochou je tedy evidentní. V případě cylindrické plochy je lomivost v jednom řezu rovna nule, ale u případu torické plochy nikoli. Tyto brýlové čočky, které tvoří kombinace sférické a torické plochy, tudíž sféro-torické čočky, jsou v dnešní praxi svým využitím při korekci astigmatismu brýlemi zastoupeny nejvíce.

[3;7]

7.2 Korekce kontaktními čočkami

Kontaktní čočky mají dlouhou cestu vývoje a podílelo se nich mnoho lidí, od Leonarda da Vinci, přes Thomase Younga, Carla Zeisse až po českého, světově proslulého vědce a vynálezce Otty Wichterleho. Vývoj materiálu kontaktních čoček byl různorodý, např.: asi 6mm dlouhý tubus naplněný vodou, sklo, polymetarylát (PMMA), celuloidové kontaktní čočky, plynopropustné materiály RGP, poly-hydroxyethylmethakrylátové (HEMA) a mnohé další. Výrobních metod je také velké množství. Za zmínku stojí lisování, foukání, třískové obrábění, odstředivé lití atd. [11]

V dnešní době je na trhu značný počet kontaktních čoček. Dělit je můžeme podle materiálu, ze kterého jsou vyrobeny, podle tvaru, velikosti, způsobu výměny, podle způsobu nošení a v neposlední řadě je dělíme podle účelu indikace. [11]

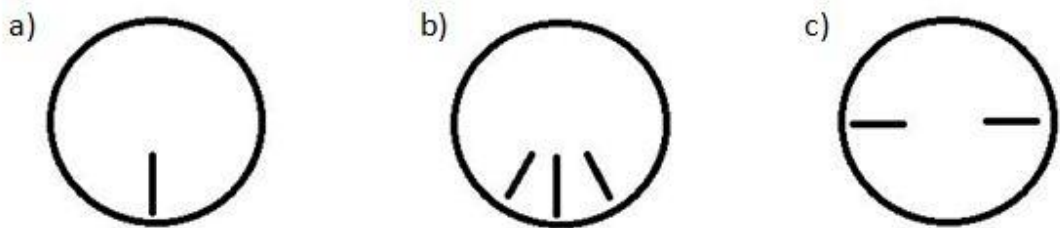
Výhod oproti korekci brýlemi a brýlovými skly je hned několik. Beze sporu sem patří zorné pole, které není nikterak omezené. Dále vizáž a osobní pocit pacienta, když nemá brýle. Také s kontaktními čočkami nedochází k omezení vůči sportům. [15]

Základní předpoklad pro nošení kontaktních čoček je péče o ně. Není vhodné nosit kontaktní čočky v místech, kde nejsme schopni zajistit dostatečnou péči, například vysoko v horách, při vícedenní turistice apod. Stejně tak není dobré aplikovat kontaktní čočky pacientovi, který již od pohledu vypadá, že o sebe valně nedbá. Dalšími kritérii jsou stavy oka – rohovky, spojivky, víček, kvalita slzného filmu, slzavost aj. [15;16]

Mezi základní vyšetření stran možnosti aplikace kontaktních čoček patří vyšetření na štěrbinové lampě, kde pozorujeme možné patologie na víčkách, spojivce a rohovce, break-time-test (BUT), kde zjišťujeme čas roztržení slzného filmu, kritérium je minimálně deset sekund, schirmerův test na sekreci slz. Tento test se provádí filtračním papírkem a vyhodnocení ukazuje následující tabulka. [15;16]

Pravidelný astigmatismus a kontaktní čočky

Korekce pravidelného astigmatismu kontaktními čočkami může být jak tvrdými, tak i měkkými čočkami. Torická složka na kontaktní čočce bývá na přední ploše, ale také se používá i torická složka na zadní ploše čočky. V každém případě je potřeba předpokládat i účinek slzné čočky, který vzniká mezi přední plochou rohovky a zadní plochou kontaktní čočky. V mnoha případech nastává subjektivní i objektivní zlepšení vize oproti brýlové korekci. Na kontaktní čočce bývají pro dobrou orientaci správnosti osy značky pro kontrolu správné aplikace. Nejběžněji se tento kontrolní „zářez“ na čočce nachází ve spodním kvadrantu na šesté hodině, u jiných výrobců můžeme nalézt tři značky na páté, šesté a sedmé hodině a asi nejméně běžnou praxí jsou značky na třetí a deváté hodině. Nákres všech tří variant můžeme vidět na následujících obrázcích.



Obr. : Nákres gravury kontaktní čočky na a) 6. hodině; b) 5., 6. a 7. hodině; c) 3. a 9. hodině

V případě korekce pravidelného astigmatismu tvrdými čočkami je většinou korigován pouze astigmatismus větší než 1 D. Ovšem záleží na tom, jaké zastoupení má v celkovém astigmatismu právě rohovkový astigmatismus. Mnohdy se dá korigovat astigmatismus pouze sférickou čočkou, protože zde velkou roli hraje především zmíněná slzná čočka. Tvrdé čočky bývají konstruovány tak, aby se vždy stočily do správné osy a aby se předcházelo nadbytečným rotačním situacím.

[11;13;16]

Nepřavidelný astigmatismus a kontaktní čočky

U pacientů s nepřavidelným astigmatismem je potřeba individuálnější přístup. Korekce nepřavidelného astigmatismu za pomoci kontaktních čoček je jednou z nejméně úspěšných korekcí tohoto astigmatismu vůbec. Korekce je nejvíce zastoupena tvrdými a hybridními kontaktními čočkami. Některé tvrdé kontaktní čočky ovšem

mohou mít nestálou stabilitu i přes všechna opatření, která mohou obsahovat, nebo je pacient nesnese v oku. Hybridní čočky jsou obvykle snášeny mnohem lépe. Není u nich sice propustnost pro kyslík v periferních částech čočky tak vynikající, ale je dostačující. U nepravidelného astigmatismu, způsobeného předchozím poraněním rohovky nebo keratokonem představují nejlepší možnou korekci. Pacienti většinou mají dobrou motivaci. u těchto onemocnění většinou bývají samozřejmé kontroly u lékaře pro pozorování vývoje onemocnění, čímž se pacient stává většinou nejzodpovědnějším nositelem kontaktních čoček. [11;13]

7.3 Refrakční operace

I u astigmatismu je zde možnost řešit vadu refrakční operací. Na výběr jsou známé metody jako PRK, LASIK a LASEK, kde dochází za pomoci laseru k opracování vrstvy rohovky, nebo keratotomie, což jsou nářezy do rohovky ve tvaru půlměsíce. Nářezy jsou dlouhé a hluboké, umístěné dle síly a osy astigmatismu. Možností operací při astigmatismu je v dnešní době více než dost. U velmi nepravidelného rohovkového astigmatismu se mnohdy využívá i transplantace rohovky, která na rozdíl od transplantace z jiných důvodů má dobrou prognózu. [16;1;8]

Další korekce astigmatismu na operačním sále je vložena nitrooční čočka. Ta je buď výměnou za vlastní čočku nebo implantací fakické čočky vložena buď do přední, nebo zadní komory. Fakická čočka má nespornou výhodu zůstatku akomodace a pružnosti vlastní čočky a také možnost reverzibility zákroku. Této čočky se využívá především u mladších lidí, kteří ještě nejsou presbyopové (vetchozrací). [5;8]

8 Závěr

Bakalářská práce byla věnována rohovkovému astigmatismu. Jejím cílem bylo srozumitelné shrnutí a ucelený přehled dané problematiky. Vzhledem k tomu, že rohovkový astigmatismus není ojedinělou vadou, je důležité, aby jeho vyhodnocování bylo přesné.

Nejprve je v této práci uveden astigmatismus, jeho popis, klasifikace a vyšetření. V textu jsou zmíněny i historické souvislosti objevu vady lomivosti oka. Dále práce věnovala pozornost rohovce. Popisuje ji, seznamuje čtenáře s jejím vyšetřením a také se zobrazovacími metodami. Následně poskytuje informace o onemocnění rohovky. Zvláště pak o vadách a úrazech, které zapříčiňují rohovkový astigmatismus. Větší důraz je zde kladen na keratokonus. Toto vyklenutí rohovky postihuje zhruba každého tisícího člověka v České republice.

Práce dále nabízí vysvětlení topografie rohovky. Stručně popisuje její historický vývoj, princip Placidova kotouče a slight photography. Následně se věnuje topografickým mapám. Informuje o každé mapě, kterou topograf nabízí. Čtenář zde může najít také další hodnocení rohovky. Ve výpočtu indexů jsou zahrnuty i hraniční hodnoty. Práce obsahuje rovněž ukázky jednotlivých map, a to vždy na konkrétním stavu rohovky: keratokonus, astigmatismus podle pravidla a refrakční operace.

Poslední kapitola se zabývá korekcí rohovkového a celkového astigmatismu. Zahrnuje informace o brýlových čočkách, kontaktních čočkách a refrakčních operacích. Brýlová korekce patří mezi prvně užívanou korekční pomůcku. Zbývající dvě varianty korekce se dostávají za posledních několik desítek let značně do popředí, a to i díky posunu možnostem medicíny a optických přístrojů.

Seznam použité literatury a dalších zdrojů

1. **ROZSÍVAL, P. et al.** *Oční lékařství*. Praha : Galn Karolinum, 2006. 80-7262-404-0.
2. **KRAUS, H. a kolektiv.** *Kompendium očního lékařství*. Praha : Grada, 1997. 80-7169-079-1.
3. **RUTRLE, M.** *Brýlová technika, estetika a přizpůsobování brýlí*. Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2001. 80-7013-347-3.
4. **RUTRLE, M.** *Přístrojová optika*. Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2000. 80-7013-301-5.
5. **WANG, M. et SWARTZ T.** *Irregular Astigmatism: diagnosis et treatment*. Thorofare : Slack, 2008. 978-1-55642-839-5.
6. **COBERTT, M. a col.** *Corneal Topography: Principles and applications*. London : BMJ Books, 1999. 0-7279-1068-X.
7. **AUTRATA, R.** *Nauka o zraku*. Brno : Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských oborů v Brně, 2006. 80-7013-362-7.
8. **KUCHYŇKA, P. a kol.** *Oční lékařství*. Praha : Grada Publishing, 2007. 978-80-247-1163-8.
9. **POLÁŠEK, J. a kol.** *Technický sborník oční optiky*. Praha : Nakladatelství technické literatury ve STředisku interních publikací, 1974.
10. **RUTRLE, M.** *Binokulární korekce na polatestu*. Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2000. 80-701-3302-3.
11. **PETROVÁ, S.** *Základní aplikace kontaktních čoček*. Brno : Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2008. 978-80-7013-470-2.
12. **OCULUS, fa.** *Návod k použití: Keratograf*. Hořice v Podkrkonoší : autor neznámý.
13. **MÜLLER – TREIBER, A.** *Kontaktlinsen Know-how*. Doz : Verlag Optische Fachveröffentlichung, 2010. 978-3-92269-92-9.
14. **Databáze keratografu**; Katedra optiky, PřF UP v Olomouci.
15. **MUSILOVÁ, L.** *Kontaktní čočky – výukové materiály k předmětu Kontaktní čočky*, 2011, Katedra optiky, PřF UP v Olomouci.
16. **HRABČÍKOVÁ, P.** *Spojivka + rohovka - výukové materiály k předmětu Klinická oftalmologie, Oční klinika Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci a Fakultní nemocnice Olomouc*, Olomouc, 2013.
17. **PLUHÁČEK, F.** *Základní postupy subjektivní refrakce – výukové materiály k předmětu: Korekce zraku I*, 2011, Katedra optiky, PřF UP v Olomouci.

18. **METZLER, International**, [online]. [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: <http://www.metzlerinternational.cz/material-brylovych-cocek.aspx>
19. **CM Optik**, *Optická laboratoř*, [online]. [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.optickalaborator.cz/ocni-ordinace.php>
20. **SUDER, M.** [online]. [cit. 2013-02-06]. Dostupné z: www.optometrie.cz
21. **MASARYKOVA UNIVERZITA** [online]. [cit. 2013-03-13]. Dostupné z: www.muni.cz