

**Univerzita Palackého v Olomouci**

Přírodovědecká fakulta



# **Topografie rohovky**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce:

**Mgr. František Pluháček PhD.**

Vypracovala:

**Lenka Dostálová**

Studijní obor:

**Optometrie**

*Olomouc, Květen 2009*

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a veškeré použité zdroje jsem uvedla v seznamu literatury, který je v práci uveden. A souhlasím, aby práce byla použita dále.

V Olomouci dne 20. 5. 2009

.....

## **Poděkování:**

Děkuji Mgr. Františkovi Pluháčkovi PhD., vedoucímu své bakalářské práce za poskytnuté rady a připomínky k jejímu sepsání.

# Obsah

1. Úvod	6
2. Rohovka	6
2.1. Vrstvy rohovky	7
2.1.1. Epitel	7
2.1.2. Bowmannova membrána	7
2.1.3. Rohovkové stroma	7
2.1.4. Descementská membrána	8
2.1.5. Endotel rohovky	8
2.2. Vaskulární systém rohovky	8
2.3. Inervace rohovky	8
2.4. Výživa	9
2.5. Optické vlastnosti rohovky	9
2.5.1. Rohovkový systém	10
2.5.2. Excentricita rohovky	10
2.5.3. Rohovkový astigmatismus	12
3. Vady rohovky	12
3.1. Vrozené vady rohovky	12
3.1.1. Anomálie velikosti rohovky	12
3.1.1.1. Mikrokornea	13
3.1.1.2. Megalokornea	14
3.1.2. Anomálie rohovkového zakřivení	14
3.1.2.1. Cornea ovalia	14
3.1.2.2. Keratoconus posterior	15
3.1.2.3. Keratoglobus	16
3.1.2.4. Cornea Plana	17
3.1.2.5. Staphyloma congenitale anterior	18
3.2. Ektázie rohovky	18
3.2.1.1. Keratokonus	19
3.2.1.2. Pelucidní marginální degenerace	20
4. Vyšetřovací metody rohovky	20
4.1. Základní vyšetřovací metody	20
4.1.1. Anamnéza	20
4.1.2. Aspekce	20
4.1.3. Zraková ostrost	20
4.1.4. Vyšetření na štěrbinové lampě	21
4.2. Speciální vyšetřovací metody	21
4.2.1. Rohovková pachymetrie	21
4.2.2. Esteziometrie	21
4.3. Zobrazovací metody předního segmentu oka	21
4.3.1. Fotografie předního segmentu oka	22
4.3.2. Rohovková endotelová mikroskopie	22
4.3.3. Ultrazvuková biomikroskopie	22
4.3.4. Konfokální mikroskopie	22
4.3.5. Rohovková topografie	23

5. Topografie rohovky.....	23
5.1. Historie topografie.....	23
5.2. Principy rohovkové topografie.....	25
5.3. Topografické technologie.....	25
5.3.1. Placidův disk.....	26
5.3.2. AstraMax trojrozměrná.....	28
5.3.3. PAR topografický systém a rasterfotogrametrie.....	29
5.3.4. Slit-scanning topografie.....	31
5.3.5. Scheimpflugovo zobrazení.....	32
5.3.6. Artemis ultrazvuková digitální topografie.....	34
5.3.7. Interferometrický systém.....	35
5.4. Topografické mapy.....	36
5.4.1. Mapy zakřivení.....	36
5.4.2. Mapy průběhu rohovky.....	37
5.4.3. Pachymetrické mapy.....	38
6. Praktická část.....	38
6.1. Vyšetřované osoby a metodika vyšetření.....	38
6.2. Výsledky a hodnocení.....	48
7. Závěr.....	50
Použitá literatura.....	51

# 1. Úvod

Rohovková topografie prošla od svých počátků velkým vývojem. V současné době se stále více dostává do popředí s nárůstem korekce refrakčních vad laserem, kde je účinným pomocníkem jak při vlastní operaci, tak při následném sledování pooperačního stavu. Má nezastupitelný význam při diagnostice a následné korekci keratokonu pevnými kontaktními čočkami i v případě vyšetřování a léčby dalších rohovkových chorob. Díky topografii rohovky se zkracuje doba potřebná pro vyšetření a zpřesňuje se diagnostika. Výhodou moderních přístrojů je kombinace topografu s aberometrií, možností měření tloušťky rohovky, poloměru křivosti přední a zadní plochy rohovky a hloubky přední komory. Tato kombinace umožňuje kompletní a komplexní metrické vyšetření optického systému předního segmentu oka a poskytuje dostatek dat pro jeho podrobnou analýzu.

Cílem práce je shrnout problematiku rohovkové topografie v kontextu ostatních vyšetření rohovky a v souvislosti s možnými vadami rohovky. Dalším cílem je provést srovnání topografických dat souboru rohovek subjektů z České republiky a SRN.

## 2. Rohovka

Rohovka je transparentní optická tkáň, která tvoří přední část tunica fibrosa oculi společně se sklérou. Rohovka je jednou z mála avaskulárních tkání v těle. Tato charakteristika je nejdůležitějším faktorem, jak může být rohovka udržena průhledná. Poskytuje silnou mechanickou a chemicky nepropustnou bariérou mezi nitrem oka a zevním prostředím společně se spojivkou, sklérou a slzným filmem. Společně udržují tvar oční koule.

Přechodná zóna mezi rohovkou a sklérou se nazývá limbus, který je bohatě vaskularizován. Zevně hraničí se vzduchem a směrem dovnitř s komorovou vodou. Z optického hlediska je nejdůležitějším refrakčním prostředím. Představuje přibližně 2/3 celkové optické mohutnosti oka.

Rohovka se vyvíjí ve druhém měsíci embryonálního vývoje a skládá se z pěti vrstev. Je částečně ektodermálního původu a částečně mezodermálního původu. Je velmi citlivá, obsahuje více nervových vláken než kterákoli jiná část lidského těla.

## **2.1. Vrstvy rohovky**

### **2.1.1.Epitel rohovky**

Tvoří povrch v podobě nekeratinizujícího skvamózního epitelu. Je uspořádán do čtyř až šesti vrstev a představuje 10 % rohovkové tloušťky. Skládá se z bazální vrstvy kubických až nízce cylindrických buněk, dvou vrstev polyedrických buněk, které leží uprostřed a dvou až tří vrstev plochých buněk na povrchu. Má rychlou a velmi snadnou schopnost regenerace a migrace. Tudíž se drobné odřeny hojí během několika málo hodin. Rohovkový epitel se obnovuje každých 7 dní. Za tuto schopnost jsou odpovědné lumbální buňky. Povrch epitelu je pokryt mikroklky, které umožňují přilnutí mucinu, vnitřní vrstvy slzného filmu. Neporušený povrch epitelu rohovky zabraňuje možnosti vniknutí infekce do rohovky.[1]

### **2.1.2.Bowmanova membrána**

Je to homogenní tenká blanka silná přibližně 8-12  $\mu\text{m}$ . Bazální membrána, na kterou nasedají bazální buňky skvamózního epitelu rohovky. Skládá se z tenkých kolagenních fibril, která se náhodně kříží. Mezi fibrilami je kondenzovaná hmota. Je-li porušena, nemá schopnost regenerace a způsobí rohovkovou jizvu. Bowmanova membrána má dvě základní funkce: odděluje epitel od stromatu rohovky a podílí se na organizaci bazální vrstvy epitelových buněk.[1]

### **2.1.3.Rohovkové stroma**

Stroma rohovky zaujímá 9/10 tloušťky rohovky. Je tvořeno kolagenními vlákny velmi tenké struktury, které jsou pravidelně uspořádány do 300-500 rovnoběžných lamel. Více pravidelně uspořádané je zadní stroma. Kolagenní vlákna jsou obklopena extracelulární matrix. Obojí je tvořeno keratocyty, které jsou uloženy mezi kolagenními vlákny. Regenerační schopnost stromatu je velmi malá. Tvoří 90% tloušťky rohovky.[1]

### **2.1.4. Descementská membrána**

Je tvořena mřížkou kolagenních fibril, která je asi 5-10  $\mu\text{m}$  tlustá. Tato blanka je silně světlolomná. Je relativně pevná. Tvoří ji kolagenní a elastická vlákna. S věkem dochází k jejímu ztlušťování. Na rozdíl od Bowmanovy membrány má schopnost regenerace pomocí funkčních endotelových buněk.[1]

### **2.1.5. Endotel rohovky**

Vystylá zadní plochu rohovky a duhovkorohokový úhel, poté přechází až na přední plochu duhovky. Je to jednovrstevná pláštve přibližně 400 000 plochých pravidelně šestibokých buněk o tloušťce 4-6  $\mu\text{m}$  na vnitřní ploše rohovky. Během života tento počet klesá až na polovinu. Endotel rohovky je zodpovědný za transparentci a za konstantní hydrataci. Tím udržuje konstantní optickou mohutnost rohovky. Zdravý endotel má buněčnou hustotu 2600 – 3000 buněk/ $\text{mm}^2$ . Buňky vykazují jen malou mitotickou aktivitu a prakticky nemají schopnost regenerace. Defekty endotelu jsou uzavírány zvětšováním velikosti stávajících buněk. Při poklesu buněk pod 500 na  $\text{mm}^2$  dochází k porušení hydratace a otoku rohovky. [1]

## **2.2. Vaskulární systém rohovky**

Přední ciliární arterie vedoucí z arteria ophthalmica, tvoří cévní zásobení v limbu. Toto zásobení se napojuje na větve obličejové části arteria karotis externa. Proto krevní součásti v rohovce jsou dodávány z arteria carotis externa a interna. Některá rohovková onemocnění vyvolávají vaskularizaci rohovky a způsobují ztrátu vidění. Také normální zdravá rohovka neobsahuje krevní zásobení, složky krve hrají různorodé důležité role v metabolismu rohovky a hojení ran. Rohovka je závislá na glukóze z komorové vody, která ji vyživuje. Kyslík je dodáván ze slzné tekutiny. [1,2]

## **2.3. Inervace rohovky**

Rohovka je senzitivně inervována z první větve trojklaného nervu cestou nervus ophthalmicus, nervus nasociliaris a nn. ciliares breves. Cirkulárně v počtu 12-16 vstupují do oblasti korneosklerárního limbu. Společně s touto senzitivní inervací vstupuje do



rohovky i inervace sympatická cestou ganglion cervicale superior. Senzitivních zakončení je podstatně více než autonomních. V rohovce je konečná větev rozdělena na subepitelový a stromální plexus. Při průchodu oblastí limbu nervy ztrácejí myelinovou pochvu. U některých rohovek můžeme zaznamenat radiální uspořádání bělavých nervových vláken, která ještě tuto pochvu neztratila. Rohovka má ze všech tkání v těle největší počet senzitivních nervových zakončení na mm<sup>2</sup>. Přímé podráždění vyvolá mrkací reflex. Narušení rohovkového epitelu (erozí, cizím tělískem, UV zářením, zánětem) obnaží senzitivní zakončení trojklaného nervu a způsobí intenzivní bolest, která je následována reflexním slzením a neovladatelným sevřením víček (blefarospasmus).

## 2.4. Výživa

Rohovka je avaskulární tkáň a společně se sklérou, čočkou a sklivcem patří mezi tzv. bradytrofické tkáně. Což znamená, že i hojení je pomalé. Rohovka je vyživována cestou výživných metabolitů (aminokyseliny a glukóza) a zásobována kyslíkem třemi cestami: difúzí z kapilár limbu, difúzí a aktivním transportem z komorové tekutiny (hlavně glukóza) a difúzí z nekorneálního slzného filmu (hlavně kyslík)

Stabilní hydratace rohovky je zodpovědná za stabilní refrakční index. Hlavní podíl na této stabilitě má funkce endotelií se svým aktivním transportem (sodnodraselná pumpa) udržující stálý osmotický tlak stromatu rohovky. Dále se na kontrole podílí nitrooční tlak, stav slzného filmu a epitelový transport. [1]

## 2.5. Optické vlastnosti rohovky

Rohovka je odpovědná za dvě třetiny z celkové lomivosti oka. Jakákoli nepatrná změna tvaru rohovky mění lomivou přesnost. Malé ohniskové odchylny hladkosti rohovky nebo tkáně rohovky mohou tvořit zrakové distorze.

Rohovka má tvar horizontálně ložené elipsy. Průměr rohovky je 11,5 mm vertikálně a 12,6 mm horizontálně. Tento tvar je způsoben sklerálními vlákny, která dole a nahoře zasahují hlouběji do rohovky. Přední plocha rohovky je konvexní a asférická. Její poloměr zakřivení je 7,8 mm a zadní plochy rohovky 7,0 mm. Poloměr křivosti rohovky není konstantní po celé její ploše. V centru je nejstrmější a směrem

k limbu se stává plošší. V centrálních 3 mm optické zóny je plocha rohovky téměř sférická.

Optická lámavost přední plochy rohovky je přibližně + 48,8 D a = 5,8 D zadní plochy, z těchto veličin vyplývá její absolutní lomivost, která je +43,0 D. Rohovka tak má podíl 74% z celkové lomivosti oka 58,60 D. Optické parametry rohovky popisují modely optického systému oka. Mezi nejpodrobnější patří Gullstrandův model, který dělí optický systém oka na rohovkový systém a čočkový systém.

### 2.5.1. Rohovkový optický systém

Podle Gullstrandova modelu má rohovka lomivé plochy, první plocha rohovky má poloměr křivosti 7,7 mm a zadní plocha 6,8 mm. Vzdálenost mezi těmito plochami je 0,5 mm. Přední plocha rohovky sousedí se vzduchem, jehož index lomu je 1. Samotná rohovka má index lomu 1,376. Zadní plocha rohovky sousedí s komorovou tekutinou, která má index lomu 1,336. Tyto parametry jsou důležité k dalším výpočtům jako optická mohutnost rohovky, ohniskových vzdáleností a polohy hlavních bodů.

### 2.5.2. Excentricita rohovky

Rohovka z matematického hlediska může být chápána jako rotační plocha a nebo plocha druhého stupně. U rotační plochy jsou řezy i křivky ve všech meridiánech stejné a má jediné centrální zakřivení  $r_0$ . Jde-li o plochu druhého stupně, jsou osové řezy rohovkou v různých meridiánech různé (astigmatická rohovka). Centrální zakřivení se tak mění od  $r_{0max}$  po  $r_{0min}$ . Řezy jsou orientovány obecně. Ve dvou hlavních řezech jsou tvary a hodnoty extrémní a jsou na sebe kolmé. Typ křivky charakterizuje excentricita.

#### **Možné tvary řezů v meridiánech, tvary těchto řezů charakterizuje excentricita e**

Kružnice	$e = 0$
Elipsa	$0 < e < 1$
Parabola	$e = 1$
Hyperbola	$e > 1$

### Excentricita rohovky

V reálném oku není rohovka tvořena přesně sférickými plochami. Jednak se směrem k periférii oplošťuje. Toto oploštění lze charakterizovat excentricitou rohovky. Čím větší je excentricita, tím je rohovka plošší. Běžné hodnoty excentricity se pohybují kolem 0,3 – 0,5.

„Výzkum prokázal, že více jak 70 % měřených rohovek má excentricitu v rozmezí 0,35 – 0,55, tedy se jedná o rohovky, které můžeme přirovnat k elipse. Nižší hodnoty se vyskytují u 20 % případů, přibližně u 10 % rohovek byly neměřeny hodnoty vyšší.“ [10]

### Výpočet průměrné excentricity:

$$e = \sqrt{r_z - r_0}$$

### Průměrné centrální zakřivení

$$r_0 = \frac{r_{0max} + r_{0min}}{2}$$

### Průměrné sagitální zakřivení

$$r_z = \frac{r_{s,temp} + r_{s,max} + r_{s,sup} + r_{s,inf}}{4}$$

## 2.5.3. Astigmatismus rohovky

Rohovka je také odpovědná za největší část astigmatismu v optickém systému. Astigmatismus rohovky je obvykle podle pravidla neboli přímý. To znamená, že lámavější je její vertikální meridián. Tuto skutečnost lze vysvětlit tlakem horního víčka na rohovku. Tento astigmatismus se nazývá fyziologický a je částečně vyrovnáván oční čočkou.

Na rohovce může však nastat i astigmatismus proti pravidlu neboli nepřímý. To znamená, že více zakřivený je vodorovný meridián rohovky.

**Javalova podmínka:** vyjadřuje vztah mezi celkovým astigmatismem a astigmatismem rohovky.

$$Ast_C = 1,25 Ast_R + 0.5$$

Znaménko astigmatické diference:

- **Podle pravidla:** přímý (−), větší lomivost (menší poloměr) ve vertikálním směru
- **Proti pravidlu:** nepřímý (+), menší lomivost (větší poloměr) ve vertikálním směru

## 3. Vady rohovky

### 3.1. Vrozené vady rohovky

Rohovkové anomálie vznikající kongenitálně jsou přítomny již při narození. Tato definice vylučuje onemocnění, která se projeví až v průběhu života.

Tato onemocnění se mohou vázat geneticky, ale vznikají i spontánní mutací genů. Působením teratogenních nox může dojít též k mutaci nebo dochází k chromozomálním aberacím, ať strukturálním, či numerickým (ty jsou obvykle bez genetické vazby). Tyto noxy mohou zasáhnout v období zygoty, embrya nebo fétu a mají různý stupeň závažnosti. Anomálie vznikající v období embryogeneze a ve fetálním období se týkají celého bulbu a celý orgán může i chybět. Většina anomálií postihujících rohovku i celý bulbus vzniká v období organogeneze (mezi 4. a 6. Týdnem gestace). Anomálie týkající se postižení rohovky a přední komory vznikají v období diferenciacce mezi 6. Týdnem a 4. Měsícem prenatálního života. [1]

#### 3.1.1. Anomálie velikosti rohovky

##### 3.1.1.1. Mikrokornea

Mikrokornea představuje rohovkovou anomálii, kdy bulbus je normálních rozměrů a rohovka je nápadně zmenšená. Její velikost nedosahuje 10 mm. Vyskytuje se

i jednostranně, častější je ale výskyt oboustranný. Pokud je postiženo jedno oko, většinou nenbývá ovlivněna zraková ostrost. Častěji mikrokorneu pozorujeme v souvislosti s jinými anomáliemi předního segmentu oka nebo se systémovými chorobami: mezodermálními, kraniocefálními a oseózními syndromy, u chromozomálních syndromů (Turnerův syndrom, trizomie 13-15) a u intrauterinních infekcí – rubeola. Nejčastěji se tato vada slučuje s mikroftalmem. Pacienti s mikrokorneou jsou v dospělosti predisponováni ke vzniku glaukomu s uzavřeným úhlem. [1, 9]

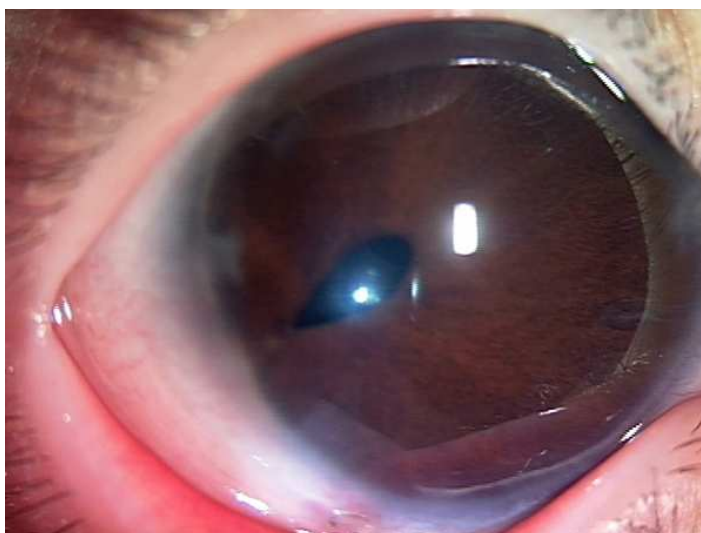


Fotografie mikrokorney [7]

### **3.1.1.2.Megalokornea**

Průměr rohovky je naopak větší. Přesahuje velikost 13 mm. Celý přední segment oka je disproporcionálně větší než zbytek očního bulbu. Většinou se vyskytuje oboustranně. Jde o stacionární onemocnění s transparentní rohovkou vyjma míst ruptur descementské membrány, kde se může objevit lokální zkalení nebo zákal rohovky. Megalokornea se častěji vyskytuje u mužů a geneticky je vázán na X-chromozom. Pokud se vyskytuje s jinými anomáliemi, tak je to nejčastěji zadní embryotoxon, mozaiková rohovková dystrofie, infantilní či juvenilní glaukom a syndrom disperze pigmentu. Ze systémových onemocnění můžeme megalokorneu pozorovat u Marfanova a Alportova syndromu, osteogenesis imperfecta a mukolipidózách. Klinicky se megalokornea projevuje vznikem myopie a astigmatismu. Vada neprogreduje v dětském věku. V dospělosti se může vyskytnout komplikace v podobě glaukomu a subluxe čočky. Častý je též rozvoj katarakty. [1, 9]

Terapie: korekce refrakční vady, při vzniku katarakty její odstranění.



Fotografie megalokorney [8]

### **3.1.2. Anomálie rohovkového zakřivení**

K anomáliím rohovkového zakřivení řadíme následující onemocnění: cornea ovalia, keratokonus posteriori, keratoglobus, cornea plana a kongenitální korneální ektázie.

#### **3.1.2.1. Cornea ovalia**

Jde o vrozené onemocnění zakřivení rohovky, kdy se jeden z rozměrů, horizontální či vertikální, liší od fyziologických. Cornea ovalia se dělí na dva typy, a to horizontální a vertikální. Horizontální cornea ovalia, která je přítomna u cornea plana a není spojena s dalšími anomáliemi. Vertikální cornea ovalia se vyskytuje u kolobomů duhovky, mikrokorney, kongenitální keratitidy (syfilis), Riegerovy anomálie a Turnerova syndromu. [1]

#### **3.1.2.2. Keratoconus posterior**

Posteriorní keratokonus je vzácné nezápřetlivé onemocnění, které nemá vztah k přednímu keratokonu. Zpravidla se vyskytuje jednostranně. Neprogreduje. Obvykle neovlivňuje zrakovou ostrost, ale může způsobit myopický astigmatismus. Existují dvě formy zadního keratokonu – generalizovaný a ohraničený.

Generalizovaný keratokonus: vnitřní rohovkové zakřivení je vyšší než přední a zároveň přední zakřivení rohovky má fyziologické hodnoty. Centrální rohovka je protenčená, ale je zachována transparentnost.

Ohraničeného keratokonus: vyskytuje se častěji. Je charakteristické onemocnění. Kdy se v centrální části rohovky vyskytuje jeden nebo více lokalizovaných kráterů. Vytváří rohovkový defekt na její zadní ploše. Tento defekt je ohraničený pigmentovou linií. V oblasti těchto defektů můžeme pozorovat narušenou descemetenskou membránu a endotel. Onemocnění může být provázeno jinými očními i systémovými anomáliemi (Petersova anomálie a další dysgeneze předního segmentu oka).

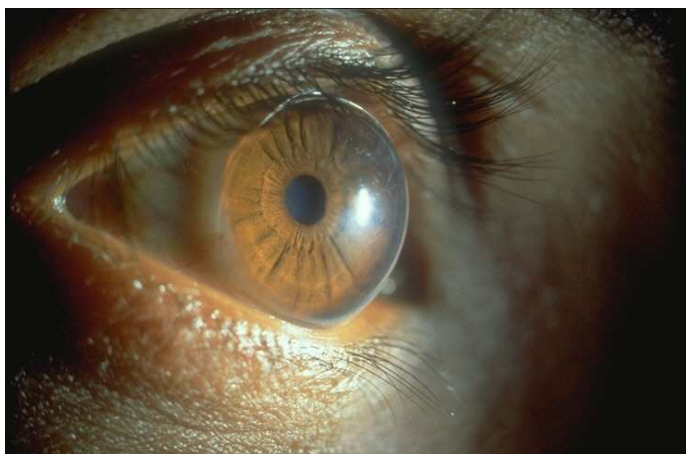
Terapie: zadní keratokonus obvykle nevyžaduje léčbu, chirurgicky bývá řešen v podobě perforující keratoplastiky, a to jen v případě netransparentní rohovky, která ovlivňuje zrakovou ostrost.

### **3.1.2.3.Keratoglobus**

Keratoglobus je vývojové onemocnění, které se často vyskytuje hned po narození nebo je diagnostikována v období adolescence. Největší zhoršení bývá mezi 20-30 lety. Jde o oboustranné nezánetlivé ektatické onemocnění, kdy je celá rohovka protenčená a kulovitě se vyklenuje. V periferii je ztenčení největší. Tloušťka rohovky může klesnout až na 1/5 normální hodnoty. Rohovka je transparentní, normální velikosti a má optickou mohutnost mezi 60-70 D.

Příčina onemocnění není zatím jasná. Histopatologické studie hovoří jen o fragmentaci Bowmanovy membrány, protenčení stromatu s normální stavbou, protenčenou descemetenskou membránou a normálním endotelem. Keratoglobus se může vyskytovat samostatně i v souvislosti se systémovými chorobami, mezi které patří: Ehlersův-Danlosův syndrom, systémové kolagenózy, Leberova kongenitální amauroza. V diferenciální diagnostice musíme odlišit keratokonus, megalokorneu, nelucidní marginální degeneraci a buftalmus.

Terapie: spočívá v korekci refrakční vady. Keratoplastika je indikována jen velmi vzácně. Jde o speciální operační techniku, kdy se do prostoru v rohovce pacienta vsune sklerokorneální štěp s průměrem 12 mm.



Fotografie keratoglobu [9]

### 3.1.2.4. Cornea Plana

U tohoto onemocnění má rohovka plochý meridián zakřivení a její optická mohutnost je často pouze kolem 20-30 D. Rohovka je v periferii a ve většině případů i v centru opakní až zcela neprůhledná, dochází k tzv. sklerotizaci rohovky. Synonymum pro toto onemocnění je sclerocornea.

Toto onemocnění se vyskytuje s řadou očních i systémových onemocnění. Jde o onemocnění, které neprogreduje. Vyskytuje se často oboustranně. Výskyt je výjimečný, ale může být také geneticky vázané. Autozomálně recesivní forma má horší prognózu. Incidence je stejná u mužů i u žen. Histopatologické studie prokazují sklerotizaci rohovky – iregulární epitel, fragmentaci nebo úplné chybění Bowmanovy membrány. Kolagenní lamely jsou nepravidelně uspořádány, což je typické pro sklěru. Typickým projevem je vaskularizace rohovky.

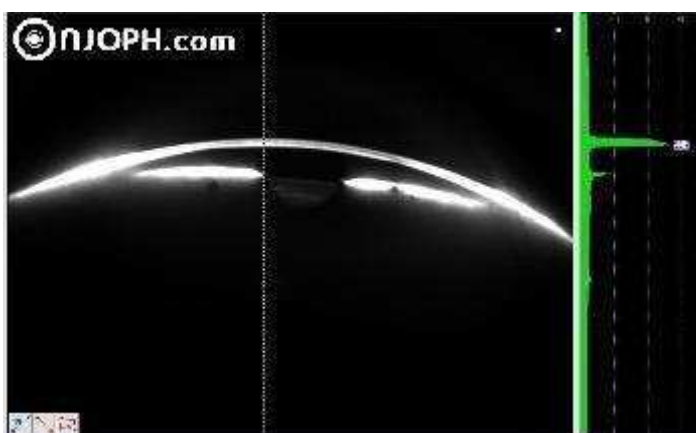
Rohovkový úhel u ploché rohovky je abnormální se sklonem ke vzniku glaukomu. Bývají přítomny i mnohočetné další abnormality (aniridie, kongenitální přední synechie, glaukom různého typu, retinální aplazie, retinální a uveální kolobom). Ze systémových onemocnění může být cornea plana spojena s cerebrálními anomáliemi, syndromem Hurlerové, osteogenesis imperfecta, trizomií 13. a 18. chromozomu a mnoha dalšími.

[1]





Fotografie kornea plana [10]



Kornea plana zobrazená pomocí Scheimpflugovy kamery. Je tady vidět, jak je přední komora mělká a rohovka je ztenčená. [11]

### **3.1.2.5. Staphyloma congenitale anterior**

Kongenitální přední stafylom je vývojové onemocnění. Vyskytuje se jedno i oboustranně. Je charakterizováno opakně vyklenutou rohovkou se stafylomem uveální tkáně v interpalpebrální oblasti. Je často spojeno s těžkým postižením celého předního segmentu oka, čočka může adorovat do vyklenuté rohovky. Vývojově jde o migraci buněk neurální lišty do rohovky. Tím se řadí ke skupině onemocnění Petersovy anomálie. Prognóza zrakové ostrosti je špatná.

Terapie: V některých případech může pomoci perforující keratoplastika s různým stupněm úspěchu. Onemocnění často končí enukleací pro dolorózní, glaukomatózní a slepý bulbus.

### 3.1.3. Ektázie rohovky

#### 3.1.3.1. Keratokonus

Keratokonus je degenerativní onemocnění stromatu rohovky charakterizované kónickým vyklenováním rohovky centrálně nebo paracentrálně, spojeným se vznikem nepravidelného astigmatismu. Jde o onemocnění, které progreduje. Projevuje se klinicky v období puberty nebo i později. Přibližně 85 % případů je oboustranné. Často se keratokonus projeví nejdříve na jednom oku.

Příčina onemocnění není přesně známa. Jde pravděpodobně o dědičné onemocnění s neúplnou penetrací genu. Vyskytuje se samostatně nebo v souvislosti s jinými chorobami. Mezi tyto choroby patří např. atopie, vernální konjunktivitida, Marfanův syndrom, Ehlersův-Danlosův syndrom, Downův syndrom, Turnerův syndrom, Alpertův syndrom, Griegův syndrom, Chandlerův syndrom, hypotyreodismus.

Keratokonus se projevuje nárůstem myopie a nepravidelného astigmatismu, pacient toto popisuje jako snížení zrakové ostrosti, dvojitě nebo i zkreslené vidění. Oči ho můžou svědit, takže si je často mne. Lehce dochází k oslnění, vidí kruhy kolem světla. Obvykle není možnost korekce brýlemi. Klinicky se projevuje vypadáváním solí železa v okraji ektázie – vzniká tak Fleischerův prstenec, a deformací dolního víčka, která je popsána jako Munsonův příznak. Vyšetřením na štěrbinové lampě můžeme pozorovat Vogtovy lišty ve středu rohovky, což jsou horizontální trhliny descemetské membrány.

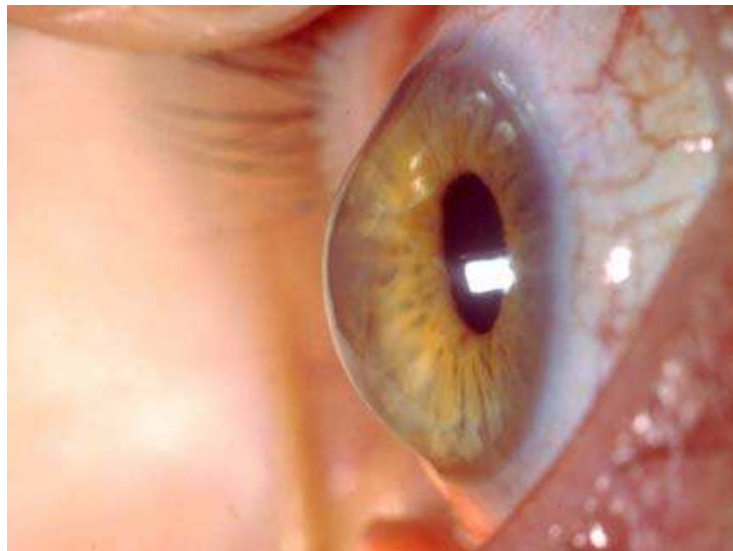
Akutní zhoršení zrakové ostrosti až na pohyb může způsobit tzv. akutní keratokonus, při kterém dochází k rupturám descemetské membrány a edému stromatu rohovky. I přes takto dramatický průběh je perforace rohovky v této fázi velmi vzácná.

Diagnostika keratokonu se opírá o typický nález na rohovkové topografii.

Terapie: V počátečním stádiu korigujeme astigmatismus brýlovou korekcí. Pokud již nestačí, aplikujeme tvrdé plynopropustné kontaktní čočky. Při jejich nesnášenlivosti či progresi keratokonu, je nutná operace. Operační řešení spočívá v provedení transplantace rohovky buď v celé tloušťce, což se označuje jako perforující

keratoplastika, nebo se zachováním Descemetovy membrány, která se nazývá přední hluboká lamelární keratoplastika. Prognóza transplantace u pacientů s keratokonem je dobrá. Novinkou ve stabilizaci keratokonu je aplikace intrastromálních rohovkových prstenců z polymetylmakrylátu do rohovkového stromatu, které umožňují zlepšení zrakové ostrosti a zpomalení nebo zastavení progresu keratokonu.

Novou šetrnější metodou je tzv. cross-linking. Cože je vlastně buněčné zesíťování rohovkového kolagenu. Tato metoda spočívá ve využití kombinace UV-záření a riboflavinu. Používá se záření o vlnové délce 365 nm a fotosenzibilátor-0,1% riboflavin (vitamin B2). Doba expozice je 30 minut. Dochází k poklesu, až úplné zástavě protačování rohovky. Biomechanická pevnost rohovky se zvyšuje. Tato terapie je indikována u počínajících a mírně pokročilých forem keratokonu.



Fotografie keratokonu [12]

### **3.1.3.2. Pelucidní marginální degenerace**

K dalším méně častým periferním ektatickým degeneracím se řadí pelucidní marginální degenerace, která se projevuje vyklenováním periferní části rohovky nejčastěji v dolních kvadrantech. Degenerace se projevuje stejně jako keratokonus vznikem asymetrického nekorigovatelného astigmatismu .

Terapie je svízelná, řešením zůstává periferní lamelární keratoplastika, případně klínovitá keratektomie.

## **4. Vyšetřovací metody rohovky**

Vyšetřovací metody rohovky můžeme rozčlenit na základní, které se využívají k získání základních informací o rohovce. Dále se jedná o speciální metody, ... Mezi významné vyšetření rohovky patří její topografie, které je věnována samostatná kapitola.

### **4.1. Základní vyšetřovací metody**

#### **4.1.1. Anamnéza**

Anamnézou zjišťujeme systémová onemocnění, která mohou mít vztah k onemocnění rohovky (např. alergie, infekční onemocnění, cukrovku, kloubní onemocnění, dědičná onemocnění). Dále zjišťujeme, zda se pacient již léčí s nějakým očním onemocněním a požívá tedy nějaké léky. Při anamnéze nynějšího onemocnění zjišťujeme, zda jsou současné obtíže jednostranné či oboustranné a zda jde o onemocnění, které se opakuje, či je případně sezónně vázané.[1]

#### **4.1.2. Aspekce**

Aspekci zjišťujeme změny v okolí oka a víček. Transparentnost rohovky je zjistitelná odrazovou metodou (zrcadlíci se okno na rohovce je souměrné)[1]

#### **4.1.3. Zraková ostrost**

Závažnost onemocnění určuje často pokles zrakové ostrosti. Vyšetřujeme ji stejně jako u jiných očních chorob.[1]

#### **4.1.4. Vyšetření na štěrbinové lampě**

Vyšetřením na štěrbinové lampě při možném zvětšení 8-40 násobné můžeme zjistit celkový stav rohovky a obsah přední komory. Vyšetřujeme nejprve při malém zvětšení při směřování paprsku štěrbinové lampy pod úhlem 45°. Posuzujeme, zda je rohovka hladká, lesklá a transparentní. Hodnotíme tloušťku rohovky, defekty epitelu,

které je možné lépe odhalit barvením 1% fluoresceinem nebo 1% bengálskou červení, zákaly či zkalení na rohovce, stav endotelu a obsah přední komory. V zástině posuzujeme transparentci a rozsah semitrparentních a netransparentních okrsků na rohovce. [1]

## **4.2. Speciální vyšetřovací metody**

### **4.2.1. Rohovková pachymetrie**

Vyšetření při kterém přesně změříme tloušťku rohovky. Pachymetrie je důležitá pro správnou interpretaci měření nitroočního tlaku, a také pro možnost provádění rohovkové refraktivní chirurgie. Existují dvě metody měření:

Optická pachymetrie: využívá koherentní polarizované světlo

Ultrazvuková pachymetrie: využívá mechanické vlnění vysokofrekvenčního ultrazvuku

### **4.2.2. Esteziometrie**

U některých očních chorob zjišťujeme rohovkovou citlivost. Orientačně zjistíme snížení citlivosti rohovky smotkem vaty, přesněji pomocí Freyových vláken nebo pomocí automatického Draegerova esteziometru [1]

## **4.3. Zobrazovací metody předního segmentu oka**

### **4.3.1. Fotografie předního segmentu oka**

Fotografie předního segmentu oka využíváme pro možnost sledování změny pigmentace či jiných patologických lézí na spojivce, limbu, rohovce, duhovce, případně čočce. Precizní fotografie umožňuje sledování vývoje choroby (névus, melanóza, epibulbární tumor, pterygium, dystrofie) a včasnou indikaci případného chirurgického zákroku.[1]

#### **4.3.2. Rohovková endotelová mikroskopie**

K vyšetření endotelové vrstvy lze využít nepřímého osvětlení za použití štěrbinové lampy. Detailní vyšetření provádíme spekulárním (zrcadlovým) mikroskopem. Toto vyšetření umožňuje kvantifikaci buněk endotelu a sledování jejich morfolgie. Touto metodou můžeme určit stav endotelu při různých onemocněních rohovky (zadní rohovkové dystrofie), po mikrochirurgických nitroočních intervencích a sledování endotelu u transplantovaných rohovek. [1]

#### **4.3.3. Ultrazvuková biomikroskopie**

Ultrazvuková biomikroskopie je zobrazovací metoda využívající vysokofrekvenčního ultrazvuku (až 50 MHz). Umožňuje zobrazení předního segmentu oka včetně corpus ciliare. Tuto zobrazovací metodu se užívá k verifikaci poměrů v přední komoře, k zobrazení umístění nitroočních čoček a měření rozměrů přední komory (hloubka, výška, šířka) [1]

#### **4.3.4. Konfokální mikroskopie**

Konfokální mikroskopie je zobrazovací metoda, využívající polarizačního světla. Umožňuje precizní zobrazení jednotlivých vrstev rohovky včetně keratocytů, rohovkových nervů, patologické vaskularizace, případně patogenů (améby, hyfy). [1]

#### **4.3.5. Rohovková topografie**

Rohovková topografie zahrnuje následující tři metody:

**Keratometrie** je metoda měření nejstrmějšího a nejploššího meridiánu rohovky. Užívá se k ní přístroj zvaný keratometr, který je buď mechanický nebo automatický

**Keratoskopie** je metoda využívající Placidových kroužků – odrazu systému koncentrických bílých a černých kruhů, promítaných na rohovku. Umožňuje určit přítomnost rohovkového astigmatismu (kruhy se jeví deformované)

**Rohovková topografie** je počítačové zpracování keratoskopického obrazu, které umožňuje přesnou kvantifikaci rohovkového astigmatismu (videokeratoskop). Výsledkem je barevná mapa zobrazující nejstrmější a nejplošší meridián a zakřivení rohovky v jednotlivých optických zónách. Využití této metody slouží především k přesnému mapování astigmatismu pravidelného i nepravidelného a k diagnostice

ataktických rohovkových onemocnění (keratokonus, keratoglobus, nelucidní degenerace)

#### **4.3.6. Aberometrie**

Aberometrie, nazývaná též wavefront analýza, je nová vyšetřovací metoda sloužící k objektivizaci aberací nižších a vyšších řádů (III., IV. – VIII. Řádu) optického systému oka metodou vlnoplochy. Takto zjištěné aberace umožňující precizní korekci refrakční vady oka.

## **5. Topografie rohovky**

### **5.1. Historie topografie**

Za počátkem rohovkové topografie stojí snaha zmapovat povrch rohovky. Většina měření se skládala spíše z odhadů poloměru křivosti rohovky. První měření tvaru rohovky uskutečnil v roce 1619 pan Scheiner. Měření provedl tak, že vedle rohovky postavil postupně několik konvexních zrcadel stejného zakřivení do té doby, než zrcadlo ukázalo obraz stejné velikosti, jako obraz měřené rohovky.

Tuto metodu překonal až v roce 1882 A. Placido, který vynalezl keratoskopický terč, plochý disk se střídavými černými a bílými kruhy s pozorovacím otvorem uprostřed. Při vyšetření slouží otvor uprostřed jako fixační značka. Pokud je rohovka kulová, kruhy keratoskopu se na rohovce zobrazí rovněž jako kruhy. Při sigmatismu jsou kruhy deformovány. Při pravidelném astigmatismu jsou kruhy zobrazeny jako elipsy, kdežto při nepravidelném astigmatismu jsou kruhy zobrazovány v podobě nepravidelných obrazců. Tento princip tvoří základ většiny topografických přístrojů.

Kvantitativní hodnocení rohovkového zakřivení provedl v roce 1856 vynálezce keratomtru Helmholtz. Tento laboratorní přístroj měl testové značky umístěn ve vzdálenosti pěti metrů. Jako testové značky použil dvě petrolejové lampy a zrcadlové obrazy na rohovce pozoroval astronomickým dalekohledem. Helmholtz řešil problem fyziologických pohybů oka pomocí dvou planparalelních desek, která každá z půlky vykrývala pozorující objektiv. Hodnotu zakřivení lze vyjádřit za vzájemného postavení

planparalelních destiček a odečíst ho přímo na stupnici. Přístroj byl nevhodný pro praktické využití.

Javal a Schiøtz zkonstruovali v roce 1881 dokonalejší oftalmometr přidáním Placidova disku ke keratometru. A jeho výsledný obraz zvětšil teleskopem. Tento oftalmometr je citlivý na vzdálenost přístroje od rohovky.

Byl to Allvar Gullstrand, kdo vyvinul algoritmus pro první popis rohovkové topografie založené na kvantitativních měřeních. Práci vydanou v roce 1896 si v roce 1911 zasloužil Nobelovu cenu. Gullstrand následoval Javalovy podněty k rozvinutí metody použití mikroskopu popisovaný jako dílčí motor k pevné vzdálenosti mezi dvěma body na keratoskopickém snímku. Skutečný poloměr zakřivení byl vydedukován z Gullstrandova algoritmu měření. (2)

Největší rozšíření oftalmometru vykázal Hartinger a Sutclief, jsou podobné, ale každý z nich využívá jiný princip zdvojení základní značky. Jako nejdokonalejší přístroj tohoto druhu je uváděn Litmannův oftalmometr z roku 1950, který není závislý na změně vzdálenosti přístroje od rohovky.

Bonnet, který v roce 1964 editoval knihu o rohovkové topografii, zaznamenané mapy rohovky, které získal stereo-fotografickým měřením očí postříkaných talkem, technikou, kterou nedávno nahradil fluorescein. Mandell publikoval několik prací na modelech tvaru rohovky a kontaktních čočkách v 60. letech. V roce 1979 Kuyama vyrobil 3D model izometrické počítačové mapy, které byly pořízeny následně za sebou přístrojem Sun/Nidek PKS-1000.

Důležitý krok v rohovkové topografii bylo zavedení barevných topografických map. První dvourozměrnou barevnou mapu publikoval Maguire. Následující předvedení Maguireho map přispěly videokerataskopy plně integrované do komerčního počítače, jako například CM8 a TMS-1, EyeLys CTS a VISIO. Uvedené mapy, kde každému bodu rohovky byla určena barva podle jeho síly zakřivení.

Oftalmometry využívají první plochu rohovky jako konvexní zrcadlo, na kterém se zobrazuje testovaná značka. Pozorovatel vyhodnocuje obraz zdánlivý, přímý a



zmenšený. Čím menší je poloměr zakřivení, tím větší je zvětšení. Pokud se obraz zmenší v různých meridiánech odlišně, jde o astigmatismus.[2]

## 5.2. Principy rohovkové topografie

Topografie rohovky je vyšetřovací metoda, která podrobně popisuje povrch rohovky. Rohovkový topograf se skládá z korneoskopu, který na rohovku promítá tmavé a světlé kružnice.

Využívá Placidův keratoskop. Svítící soustředné kružnice se odrážejí od povrchu rohovky jako od vypuklého zrcadla. Odraz paprsků odražených od přední plochy rohovky snímá videokamera. Softwarovým systémem je převeden do 3D zobrazení, které poté poskytuje barevné kódované mapy povrchu rohovky. [3]

Topografie slouží k přesnému mapování pravidelného i nepravidelného astigmatismu

K diagnostice ektatických onemocnění a software může navrhnout korekci, která by kompenzovala deformaci povrchu rohovky. Měří dioptrickou mohutnost, monitoruje změny zakřivení rohovky. Z rohovkové mapy jsme schopni vyčíst polohu, poloměr křivosti a dioptrickou hodnotu kteréhokoliv bodu na rohovce. [4]

## 5.3. Topografické technologie

Principy topografie jsou založeny na odrazu soustředných kruhů na rohovce. Změny v zakřivení a astigmatismu jsou představovány jako nesouměrnost keratografického modelu. Součástí moderních keratoskopů je sada obrazů k analýze rohovkových anomálií. Vývoj topografie je řízen propagací refrakční chirurgie a požadavky na rostoucí přesnost.

Nové technologie znají požadavky na přesnost vyhodnocení komplikovaných tvarů rohovky. Zahrnují Placidův disk, trojrozměrnou topografii, PAR, slit-scanning topografy, Scheimpflugovo zobrazování, ultrazvuk, interferometrický systém.[2]

### 5.3.1. Placidův disk

Zobrazování Placidova disku je metoda založená na promítnutí soustředných kruhů na rohovku. Kerataskopy dovolují přímé pozorování osvětlených značek (kruhů) na rohovce představujících Placidův disk. Bližší kruhy značí strmější osu. Kruhy od sebe vzdálenější, plošší osu. To byla první technologie používaná k vyhodnocení tvaru rohovky v kombinaci s počítačovou analýzou. Systémy obsahují prosvěcovaný Placidův terč ve tvaru kuželu nebo disku, zobrazovací systém objektivu a kamery a počítač pro obrazovou analýzu. Číslo, pozice, barva, a hustota kruhů se v různých systémech liší.

Placidovy systémy se typicky dělí na dva typy: těsný (nazývaný také malý terč) nebo volný (nazývaný velký terč). Těsný terč typicky umožňuje zobrazení s nižší kvalitou osvětlení, ale má větší rohovkové pokrytí. Nicméně, je citlivý na nastavení zaostření. Obličejová anatomie bývá k tomuto měření překážkou. Velký terč vyžaduje větší osvětlení a menší citlivost na nepřesnost zaostření, tudíž je i obsluha snadnější, ale celkově pokryje menší část rohovky.

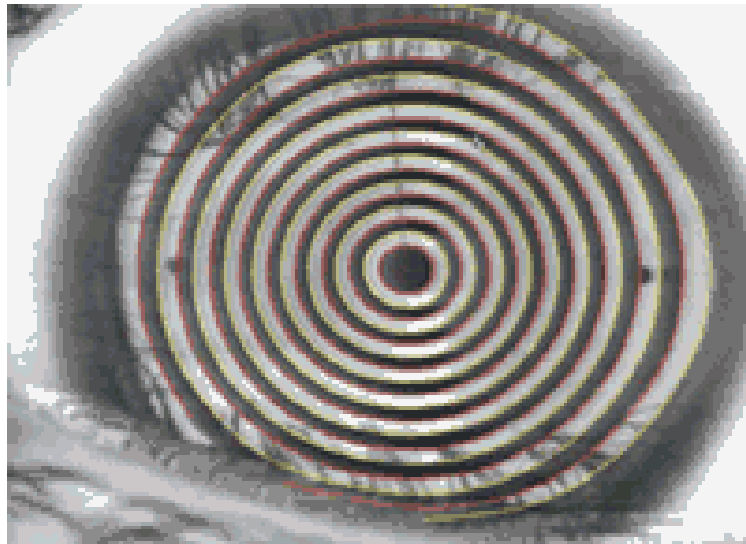
Většina systémů promítá obrazy osvětlených kerataskopických kruhů na povrch rohovky k vytvoření zdánlivého obrazu Placidova disku 4 mm za vrcholem rohovky. Přímě měří zakřivení rohovky a zakreslení vyvýšení použitím dat zakřivení, které vyžaduje znalost geometrie rohovky. Vyvýšení rohovky je vytvořeno rozdílem ve sklonu k předem definovanému matematickému modelu v topografu, který může být, sférický, asférický, nebo částečně kuželovitý a topograf ho vybírá automaticky. Tato možnost srovnání může být rozhodující při odhalení důležitých odchylek očních onemocnění nebo změn u očí pacientů, kteří podstoupili refrakční operaci nebo keratoplastiku.

Studie týkající se přesnosti Placidova jsou založeny na kontrole přesnosti a opakovatelnosti testovaných vyšetření. Většina testovaných rohovek byla sférická. Systémy mají sklon být více přesné v centru než na periférii, a rozostřením narůstají chyby v měření. Čistý povrch vyžaduje čisté značky. Udávaná přesnost dioptrické síly je od 0,1 D do 0,25 D, a přibližně 0,018 mm do 0,045 mm v poloměru křivosti.[2,10]

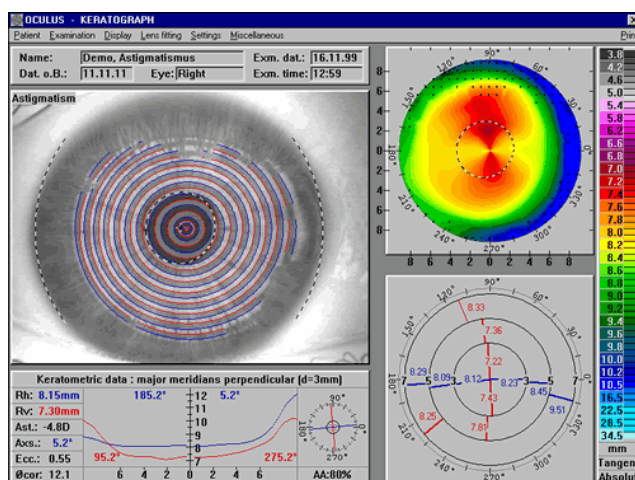
Placidův disk



Placidův disk promítaný na rohovku



Zobrazení rohovky a barevné mapy na přístroji Oculus keratoskop



Placidův keratoskop



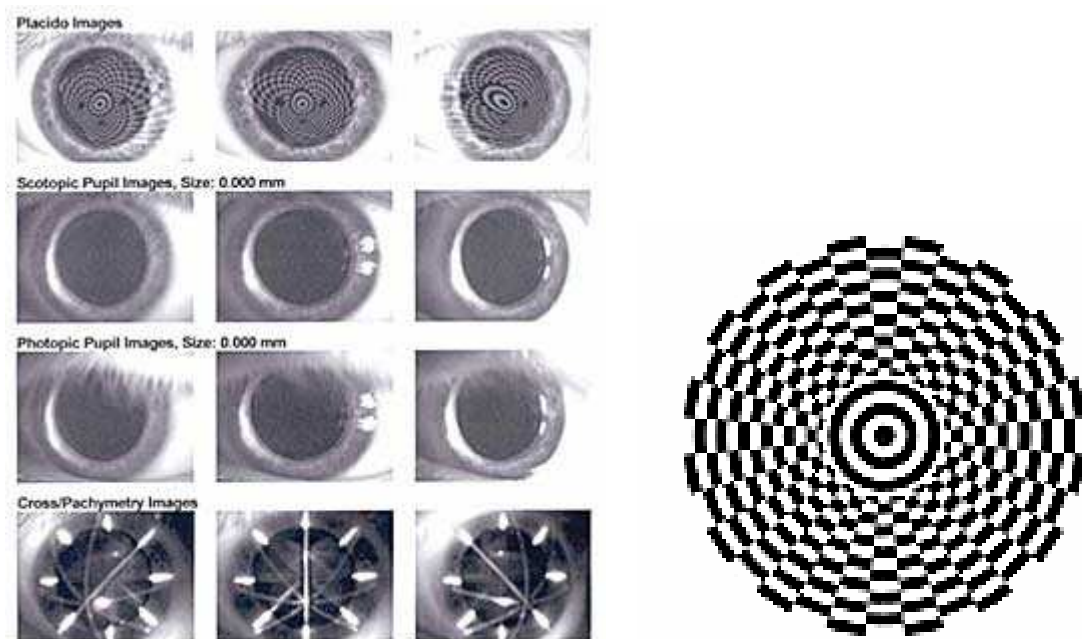
[13]

### 5.3.2. AstraMax trojrozměrná topografie

Tento topografický systém je příkladem topografie, která je založena nejen na projekci Placidova disku, ale využívá mřížkový systém, který kombinuje soustředné prstence s paprskovým obrazcem do mřížky, umožňující měření odstupů paprsků a rotačních soustředných změn v rohovce. AstraMax používá tři kamery, které získají mnohonásobný úhlový záběr tvořící 35 000 datových bodů v 0,2 sekundy. Trojrozměrný systém měření každého bodu samostatně. Vyřadí data špatné kvality.

AstraMax také nabízí měření od limbu k limbu (12 mm), skotopickou a fotopickou velikost pupily, vyhodnocení přední a zadní plochy rohovky a pachymetrii. AstraMax terč je promítán na oko a tří kamerový systém objeví přední a zadní okraj světla jak se pohybuje skrz oko. Tato metoda přináší tisíce pachymetrických údajů, oproti tradiční ultrazvukové metody, která dává pouze jeden údaj každého bodu.[2]

Dva systémy, které měří přímo vyvýšení: PAR topografie rohovky (PAR CTS) a Orbscan. Vyměřovací metoda je používána oběma těmito systémy.



[14]

### 5.3.3. PAR topografický systém a rasterfotogrametrie

Rasterstereografie je metoda měření topografie rohovky, která využívá rozptyl světla na rozhraní vzduchu a slzného filmu. Pro zvýraznění tohoto jevu se využívá fluorescein k obarvení slz. Na rozdíl od Placidova disku nezávisí na odrazivosti povrchu rohovky, a může poskytovat informace celého rohovkového, lumbálního a víčkového spojivkového povrchu. Odraz od hladkého reflexního povrchu není nutný, obrazy mohou být získány s epiteliálními defekty, suturami nebo ulceracemi.

PAR CTS byl první topografický systém k vytvoření mapy vyvýšení korneální plochy s použitím rasterstereografie. Promítá pravidelnou strukturu mřížky na rohovku a vypočítává data založená na distorzi mřížky. PAR CTS vyžaduje malé množství fluoresceinu v slzném filmu, zobrazení jsou shromážděny použitím standardní topografie založené na fluoresceinu. Obraz je pořízen rychlým a relativně intenzivním zaostřením. Více než deformace čtverců obrazu mřížky se tato analýza zabývá křížením jednotlivých úseček mřížky, které určuje průběh rohovky v daném bodě. Ze známé geometrie zobrazení mřížky a průsečíků do trojrozměrného prostoru vypočítá X, Y a Z členy povrchu.

PAR CTS může poskytovat výškové hodnoty, zakřivení a keratometrické mapy. Oproti keratoskopům založených na Placidově disku PAR CTS přináší přesnou mapu elevace a nevyžaduje hladký odrazný povrch a tak přesné prostorové nastavení (zaměření) pro precizní měření. Ve skutečnosti je rohovka asymetrická odrazivá plocha, PAR rohovková mapa může získat porovnání výšky rohovky se sférickou referenční plochou. Běžná rohovková plocha buď nad nebo pod referenční plochou.

Oproti videokeratoskopům založených na Placidově disku, které vyžadují hladký lesklý povrch, systém PAR má schopnost zobrazit nepravidelnou, bez epitelovou a zrohovatělou rohovku. PAR CTS může být instalován na štěrbinové lampě, operačních mikroskopech nebo automatických optometrických přístrojích, umožňujících hlavní topografické vyšetření.

Základní nevýhodou rasterstereografie je nutnost barvení, které může způsobit alergickou reakci nebo zánět. Další nevýhodou je omezený počet měřených bodů, které činí 1400. Jiné přístroje dosahují mnohem vyšších možností. V současné době se PAR CTS jen zřídka používá v klinické praxi.

Priest a kol. vyšetřoval přesnost a správnost topografického vyvýšení ve srovnání s jinými přístroji. Výzkum byl založen na kvantitativní matematické analýze měření. Zjistilo se, že PAR CTS popisuje topografii povrchu přesněji než ostatní topografické systémy, zejména v periférii vykazuje velkou přesnost.[2]

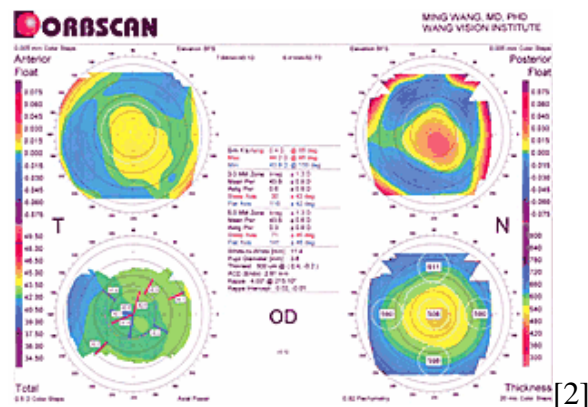
### 5.3.4. Slit-scanning topografie

Zatímco PAR CTS nezískal popularitu mezi oftalmology, Orbscan (Bausch a Lomb, New York) slit-scanning systém je velmi dobře znám. Slit-scanning technologie je v současné době využívána jako samostatný systém, Orbscan. Orbscan využívá štěrbinový paprsek stejně jako se používá v biomikroskopii a obdobně jako u štěrbinové lampy. Vyšetření trvá 1,5 sekundy. Dvě lampy promítají sérii 40 šikmých štěrbinových paprsků pod úhlem 45 stupňů napravo a nalevo od obrazové osy. 20 paprsků je promítáno zleva a 20 zprava. Vlastní software minimalizuje vliv mimovolných očních pohybů během získávání dat.

Typický displej, který Orbscan používá, se skládá ze čtyř obrazů, přední a zadní mapa elevace, mapa zakřivení a mapa tloušťky rohovky. Pro zobrazení mapy elevace Tanabe a kol. doporučují použití 10 nebo 20  $\mu\text{m}$  škály, které nejlépe odhalí abnormality rohovky.

Modis a kol. vyšetřovali přední a zadní plochu rohovky, zakřivení a tloušťku normální lidské rohovky použitím Orbscanu. Slit scanning topografie je pravděpodobně spolehlivou technikou pro hodnocení normální rohovky, ne pouze pro tvar a zakřivení, ale také pro záznam pachymetrie. Nicméně správnost záznamu tloušťky rohovky je sporná. Je všeobecně známo, že měření centrální tloušťky rohovky Orbscanem bylo větší než měření ultrazvukovým pachymetrem. Úloha této metody je omezená nedostatkem opakovatelnosti měření v periférii rohovky. A je proto doporučena pouze pro centrální CT měření.[2]

Zobrazení topografických map na přístroji orbscan



### 5.3.5. Scheimpflugovo zobrazení

K zachycení obrazů rohovky se používá Scheimpflugova kamera. Zobrazování touto kamerou je odlišné od ostatních. Rovina předmětu, rovina optické čočky a rovina obrazu nejsou paralelní, ale tyto tři plochy se protínají v jedné průsečnici. Tímto způsobem je dosaženo velké hloubky ostrosti, která umožňuje zobrazení celého předního segmentu oka.

Pentacam využívá Scheimpflugovo zobrazení. Je to rotující Scheimpflugova kamera, která poskytuje 50 scheimpflugových obrazů během jednoho snímání v méně než dvou sekundách s rozlišením 500 bodů. Pentacam má 2 integrované kamery. Jedna je umístěná v centru za účelem zjištění velikosti a orientace pupily, kvůli kontrole fixace. Druhá kamera je nasazená na otočném kole k zachycení snímků předního segmentu oka. Scheimpflugovo zobrazení je kompletní zobrazení od přední plochy rohovky až k zadní ploše oční čočky. Tento průřezový obraz je fotografován od úhlu 0° až do 180° k vyvarování se stínů způsobený nosem. Vytvoří tak 25 000 bodů rozlišení pro každou plochu, zahrnující centrum rohovky. Možné oční pohyby jsou zachyceny a opraveny.

Pentacam poskytuje kompletní analýzu přední a zadní topografie plochy rohovky, včetně zakřivení, tangenciální a sagitální mapy. Topografie přední a zadní plochy rohovky je vytvořený z přesného měření výšky. Scheimpflugův princip poskytne zachycení údajů pacientů s keratokonem a jiných různých nepravidelností, které mohou vést k vyšetření na některém ze systémů založených na Placidově disku. Výškové zmapování přední a zadní plochy rohovky může být ukázáno v různých bodech, které mohou být přizpůsobeny vrcholu rohovky.

Pentacam vypočítá pachymetrii rohovky od limbu k limbu a zobrazí její tloušťku v barevné mapě. Pentacam nabízí měření nitroočního tlaku (IOL), který je ovlivněn tloušťkou rohovky. Toto je užitečné pro prevenci glaukomu.

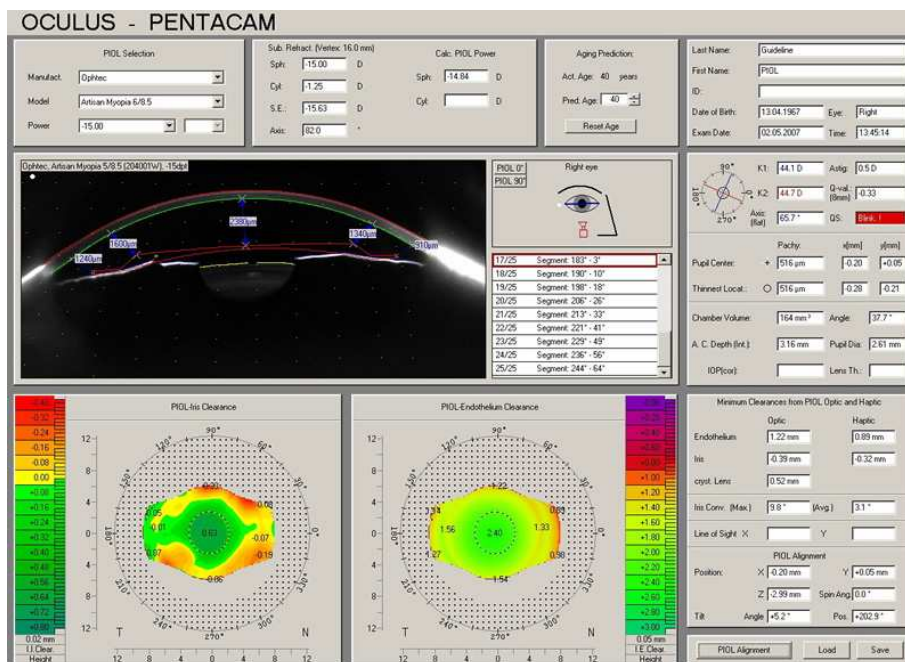


True Net Power mapa odráží skutečnou sílu rohovky v jejím celku, a pomáhá zlepšení IOL úvahy pro pacienty, kteří podstoupili keratoplastiku. Pentacam také poskytuje analýzu pomocí Zernikeho ukazatelů k odhalení aberací vyššího řádu.

### Přístroj Oculus Pentacam



Zobrazení přístrojem Oculus Pentacam



[15]

### 5.3.6. Artemis ultrazvuková digitální topografie

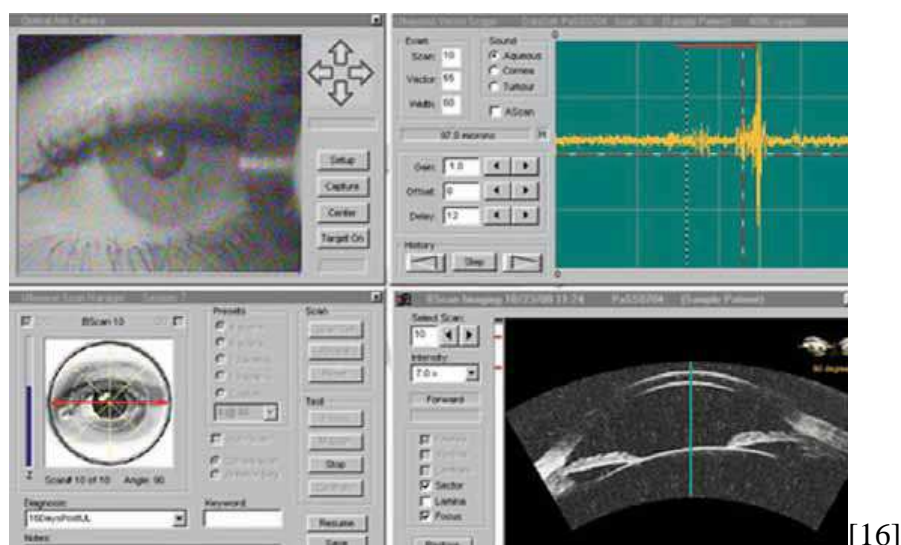
Tento systém využívá vysokofrekvenční ultrazvukové skenování zvětšené digitálním signálem. Údaje ultrazvukových ozvěn, návazných paralelních B-skenů rohovky v intervalech 250 mikronů, jsou digitalizovány a uloženy. Měření tloušťky jednotlivých vrstev rohovky jsou provedeny s přesností odchylky 2 mikrony v intervalech 120 mikronů mezi každým snímkem. Data jsou uložena v prostorovém uspořádání z (x,y), mapování tloušťky (z) směrem horizontálně a vertikálně (x,y). Pachymetrické mapy jsou poté postaveny na vyhodnocení lokální tloušťky proti pozici bodu. Tato technika vybavuje rohovkovou chirurgii novým přístrojem pro topografické vyhodnocení tloušťky přední vrstvy rohovky normální i patologické rohovky s vysokou přesností. Artemis je řešení k odlišení jednotlivých vrstev rohovky jako epitel, stromální komponenty na povrchu a zbytkové stromální dno. Navíc technika není omezená jen na opticky transparentní tkáň.

Reinstein a kol. vyšetřoval preciznost, obrazové rozlišení, trojrozměrné zobrazování tloušťky a klinickou funkčnost nového prototypu trojrozměrného digitálního ultrazvukového skenování s vysokou frekvencí (VHF) (50MHz) k vyšetřování rohovkového epitelu a zbytkové stromální tloušťky rohovky po LASIKu. Zjistili, že VHF digitální ultrazvuk B skenování poskytne vysoké rozlišení zobrazení a vysokou přesnost trojrozměrného mapování tloušťky jednotlivých rohovkových vrstev umožňující přesné anatomické vyhodnocení změn rohovky navozených operací LASIK.

Přístroj Artmis



## Zobrazení přední komory přístrojem pentacam



### 5.3.7. Interferometrický systém

Tato technika využívá laserovou holografickou interferometrii k vyobrazení deviací rohovkového prostoru. Interferometrie je založená na principu interference světelných vln. Interference vytvořená na ploše rohovky 2 koherentními vlnoplochy. Vlny se skládají a určit obecně výsledné vlnění je velmi složitý proces. Setkají-li se dvě vlny koherentní a monochromatické, záleží na jejich relativní fázi, podle té může nastat buď maximum nebo minimum. Paprsek se ze zdroje rozdělí na dva pomocí optického prvku. Když se tyto dvě vlny srovnají, lze hodnotit deformaci zkoumané plochy s velkou přesností.

Bodový zdroj světla poskytuje monochromatické záření, které je po průchodu kolimátorem rozděleno na dvě rovinné vlnoplochy. Jedna z těchto vln putuje k rovinnému zrcadlu a slouží jako referenční a druhá směřuje po průchodu spojnou čočkou k oku. Po odrazu od rohovky poskytuje potřebné informace. Podle Huygensova principu se každý odražený bod stává novým zdrojem světla. Odražená vlna putuje zpět, dochází k interferenci a z interferenčního obrazce se rekonstruuje měřená plocha.

## 5.4. Topografické mapy

Rohovka je konvexní člen zodpovědný za lom světla. Rohovková topografie zobrazuje odchylky povrchu rohovky. Protože rohovka není dokonale sférická, ani podobající se jinému geometrickému členu, musíme brát v úvahu vlastnosti každého bodu na jejím povrchu, abychom rozuměli jejím celkovým vlastnostem.

Rohovka má dvě plochy se schopností lámat světlo: přední a zadní plochu. Přední plocha je důležitější, protože zde nastává přibližně 90 % lomu. Zadní plocha má podíl 10 % lomivosti z celkové rohovkové refrakční síly normálního oka. Tento předpoklad může vést k podstatným odchylkám v oku s keratokonem nebo po operaci keratokonu.

Topografy umožňují měření vlastností povrchu rohovky. Každý z nich používá nepatrně odlišné vzorce nebo techniky k odvození topografických map. Při komplikovaných případech, každý topograf nabízí široké možnosti k zobrazení získaných informací, založených na potřebách uživatele.

Topografy zachycují data z jednotlivých bodů plochy rohovky použitím různých technologií. Placidovo zobrazení a slit scanning jsou nejpoužívanější systémy. Z těchto základních dat se dá získat široká řada map, která se zobrazí na počítači. Mapy jsou obvykle barevně kódovány pro snadnější klinickou interpretaci.

### 5.4.1. Mapy zakřivení

Nejběžnější a základní používaná mapa zakřivení je axiální mapa. Tato mapa zobrazí přední plochu rohovky v každém bodu podél celého jejího povrchu, obvykle až do průměru 7 mm. Abychom se dozvěděli zakřivení bodu na sférickém povrchu, potřebujeme stanovit místní poloměr křivosti ( $K$ ), kde  $K = 1/R$ . poloměr křivosti ( $R$ ) se měří v milimetrech. Zakřivení je obrácená hodnota poloměru křivosti, udávaná v dioptriích. Menší poloměr křivosti znamená více zakřivený povrch a naopak. Zakřivení může být zobrazeno použitím různých typů map: axiální, tangenciální a meridionální.

Normální stav je znázorněn škálou barev od zelené po žlutou, odstíny červené a oranžové znázorňují vyšší lomivost a menší poloměr křivosti a odstíny modré naopak

nižší lomivost a větší poloměr křivosti. Tato stupnice napomáhá snadné orientaci a interpretaci získaných informací.

Axiální mapa zakřivení je získána z měření zakřivení rohovky v každém bodě vztahujícím se ke specifické ose, obvykle k ose vidění. Místní radius každého bodu rohovky může být normálně změřen jako vzdálenost od bodu k optické ose. Bohužel, toto vyžaduje předpoklad, že střed křivosti pro specifický bod leží na optické ose. Tento poloměr se nazývá axiální poloměr křivosti. Střed pro všechny body na povrchu rohovky je na optické ose pouze v případě sférické plochy, ale rohovka je asférická plocha. Tudíž toto měření není přesné.

Mapa axiální nebo též sagitální ukazuje poloměr křivosti v určitém bodě ve srovnání s centrem rohovky. Bod, ležící ve středu rohovky se měří samostatně. Tangenciální neboli meridionální mapa zobrazuje poloměr křivosti vzhledem k dalšímu bodu na téže kružnici. Je to skutečné fokální zakřivení a je mnohem přesnější. Toto měření je citlivější na lokální změny křivosti. Tato mapa může být podle jednotky buď mapou křivosti rohovky, která je udávána v milimetrech nebo mapou optické mohutnosti, která se udává v dioptriích.

Nejdříve se používala škála od 9,0 do 101, 5 D po stupních o velikosti 1,5 D. při velmi extrémních hodnotách se přecházelo na stupně po 5,0 D. v těchto případech docházelo ke ztrátě přesnosti, zejména u nižších hodnot lomivosti. Proto se postupem času přešlo ke stupňům o velikosti 1 D. Tato přesnost byla dostatečná pro zjištění všech stádií keratokonu, rohovkových změn způsobených kontaktní čočkou, hodnocení keratoplastiky a využití pro plánování laserové refrakční chirurgie.

## **5.4.2. Mapy průběhu rohovky**

Topografická mapa průběhu rohovky v každém jejím bodě ve srovnání s kulovou referenční plochou. Poskytují základní informace o tvaru rohovky. Teplé odstíny (červená a oranžová) znázorňují větší poloměr křivosti a chladné (modrá) menší poloměr křivosti oproti referenční kulové ploše.

Tato mapa je nejčastěji vybírána samostatně počítačovým systémem pro každé měření zvlášť. Možnosti srovnávání těchto map je proto omezené.

Tato mapa nesmí být zaměněna s mapou lomivosti. Výsledné mapy vypadají odlišně. Na mapě průběhu se menší poloměr křivosti znázorní modře, ale na mapě lomivosti naopak červeně.

### **5.4.3. Pachymetrické mapy**

Mapa pachymetrie je definována jako vzdálenost od přední k zadní ploše rohovky. Toto nám nedává pouze informaci o centrální části rohovky, ale také o rozložení tloušťky rohovky po jejím celkovém průběhu. Pachymetrie je užitečná při určení glaukomu, stejně tak jako při zjištění vhodného kandidáta pro refrakční chirurgii.

## **6. Praktická část**

V praktické části jsem se zabývala srovnáním excentricity dvou databází topografů v případě pacientů z České republiky (ČR) a ze Spolkové německé republiky (SRN). Motivací byla zjištění rozdílů obvyklých hodnot excentricity, stanovené u studentů Univerzity Palackého, a hodnot, které za obvyklé pro konstrukci pevných kontaktních čoček předpokládá německá firma HECHT. Dále jsem se také zabývala hodnotami a typu astigmatismu (podle pravidla a proti pravidlu).

### **6.1. Vyšetřované osoby a metodika vyšetření**

Do studie bylo zahrnuto 94 osob z České republiky a 36 osob ze SRN. Vždy byly vyšetřovány obě oči. Všechny vyšetřované osoby měly normální, zdravé rohovky, které nepodstoupily žádný zákrok, který by mohl ovlivnit parametry rohovky.

Vyšetření parametrů rohovky bylo realizováno na topografu Oculus, založený na snímání obrazu Placidových prstenců, promítaných na rohovku (viz. Kapitola 5.3.1.). Spojuje keratometrickou a topografickou metodu měření. Osvětlovací systém se speciálním reflektorem osvětluje zezadu transparentní kalotu opatřenou koncentrickými kruhy. Obraz této kaloty odráží naproti umístěné oko vyšetřovaného. Tento virtuální obraz snímá přesný objektiv a poté CCD-kamera. Tento obraz digitalizován a analyzován příslušným počítačovým programem. Výstupem jsou topografická data rohovky, prezentovaná ve formě dílčích číselných charakteristik nebo topografických

map zakřivení a optické mohutnosti s možností další podrobnější analýzy. Z těchto dat byly využity údaje o centrálním rohovkovém astigmatismu a excentricitě.

Skupina osob z ČR byla vyšetřena ve školní optometrické laboratoři na katedře optiky UP v Olomouci, údaje o vyšetřovaných rohovkách osob ze SRN byly převzaty z databáze firmy HECHT. Do studie byly zařazeny pouze normální, zdravé oči.

Tabulka z databáze z katedry optiky PřF UPOL

Jméno	Pohlaví	Oko	Ecc	Ast	Axs
1. ŽE	F	R	0,62	-0,6	180
		L	0,64	-0,50	175
2. BM	M	R	0,71	-0,9	170
		L	0,69	-1,2	5
3. BA	F	R	0,56	-1,1	175
		L	0,57	-1,5	180
4. BH	F	R	0,56	-0,4	175
		L	0,55	-1,4	25
5. BD	M	R	0,47	-0,2	145
		L	0,52	-0,5	15
6. BP	F	R	0,4	-0,5	145
		L	0,49	-0,3	15
8. BK	F	R	0,55	-0,9	170
		L	0,52	-0,8	165
9. DJ	F	R	0,47	-1,4	5
		L	0,53	-1,2	5
10.DM	M	R	0,4	-4,1	15
		L	0,32	-1,1	170
11.DP	F	R	0,61	-0,8	160
		L	0,58	-0,2	10
12. DM	F	R	0,6	-0,9	180
		L	0,6	-0,8	180
13. DL	F	R	0,5	-0,6	5
		L	0,48	0,4	90
14. DM	M	R	0,51	-1,3	170
		L	0,52	-1,4	180
15. DL	F	R	0,45	-0,1	30
		L	0,54	-0,3	160
16. GL	F	R	0,45	-0,6	30

		L	0,33	-0,2	160
17. GM	F	R	0,76	-1,4	10
		L	0,74	-2,6	165
18. HJ	F	R	0,49	-0,7	5
		L	0,5	-0,6	170
19. HM	F	R	0,59	-1	180
		L	0,62	-1,3	170
20. HM	F	R	0,79	-0,6	20
		L	0,77	-0,8	155
21. HT	F	R	0,47	-0,6	15
		L	0,51	-0,9	165
22. HE	F	R	0,56	-1,4	10
		L	0,54	-0,9	170
23. HJ	M	R	0,35	-0,7	170
		L	0,34	-1,1	20
24. HJ	F	R	0,54	-1,2	5
		L	0,55	-1,2	180
25. HM	M	R	0,7	-0,6	165
		L	0,76	-0,8	15
26. HJ	F	R	0,58	-1,7	170
		L	0,58	-1,7	175
27. HM	M	R	0,57	1,5	85
		L	0,53	1,3	85
28. HD	F	R	0,54	-0,6	155
		L	0,58	-1	20
29. CK	F	R	0,6	-2,6	20
		L	0,59	-2,4	160
30. JL	F	R	0,48	-1	170
		L	0,36	-0,9	5
31. JE	F	R	0,65	-0,8	15
		L	0,59	-1,2	170
32. KM	M	R	0,52	-0,9	170
		L	0,45	-0,4	180
33. KK	F	R	0,79	-0,4	150
		L	0,67	-0,5	30
34. KL	F	R	0,57	-0,5	5
		L	0,61	-0,5	165
35. KL	F	R	0,53	0,1	135
		L	0,52	0,4	45
36. KM	M	R	0,58	-1,1	6



		L	0,62	-1	175
37. KB	F	R	0,62	-1	165
		L	0,61	-1,2	5
38. KJ	M	R	0,5	-1,2	175
		L	0,58	-0,9	170
39. KM	M	R	0,62	-0,9	175
		L	0,7	-0,7	15
40. KT	F	R	0,48	-0,5	170
		L	0,49	-0,5	175
41. KP	M	R	0,55	-0,4	5
		L	0,44	-0,4	5
42. KJ	F	R	0,52	-0,5	15
		L	0,58	-0,9	170
43. KA	F	R	0,61	-1	170
		L	0,59	-1,1	175
44. KL	F	R	0,51	-0,6	5
		L	0,5	-0,5	10
45. KM	F	R	0,46	-1,3	175
		L	0,48	-0,9	180
46. KI	F	R	0,41	-0,4	170
		L	0,44	-0,5	180
47. LJ	F	R	0,67	-1,1	180
		L	0,63	-1	180
48. LK	M	R	0,51	-1,2	180
		L	0,54	-1,1	175
49. LL	M	R	0,37	-2	20
		L	0,4	-1,3	155
50. ML	F	R	0,6	-0,4	180
		L	0,56	-0,6	5
51. MO	M	R	0,55	-0,6	175
		L	0,61	-1,2	175
52. MA	F	R	0,58	-0,4	10
		L	0,58	-0,3	160
53. MJ	F	R	0,67	-0,6	5
		L	0,6	-0,7	170
54. MI	M	R	0,49	-0,4	140
		L	0,52	-0,5	5
55. KL	F	R	0,71	-0,7	175
		L	0,72	-0,6	175
56. MJ	F	R	0,68	-1,9	10

		L	0,72	-1,9	175
57. ML	F	R	0,72	-0,7	170
		L	0,7	-0,7	180
58. MM	F	R	0,56	-0,8	180
		L	0,6	-0,8	175
59. ČA	M	R	0,65	-0,5	170
		L	0,71	-0,9	180
60. ČL	M	R	0,76	-0,4	165
		L	0,74	-0,7	155
61. ČM	F	R	0,7	-0,8	170
		L	0,71	-0,8	20
62. OE	F	R	0,53	1,6	100
		L	0,55	0,9	90
63. OM	F	R	0,58	-0,6	10
		L	0,61	-0,9	170
64. OB	F	R	0,66	-1,1	5
		L	0,59	-1,3	175
65. ČJ	F	R	0,51	-1	170
		L	0,47	-2,1	5
66. OL	M	R	0,63	-1,6	180
		L	0,69	-2,4	175
67. PP	F	R	0,47	-1,1	15
		L	0,51	-1,1	170
68. PJ	M	R	0,62	-0,4	135
		L	0,65	-0,2	10
69. PF	M	R	0,74	-3,7	5
		L	0,74	-3,3	170
70. PA	F	R	0,61	-0,7	160
		L	0,62	-0,4	25
71. PV	M	R	0,77	-1,9	15
		L	0,71	-1,7	160
72. PM	M	R	0,65	-1,7	165
		L	0,62	-1,6	180
73. RL	F	R	0,48	-0,9	175
		L	0,56	-0,9	15
74. SJ	M	R	0,36	1	105
		L	0,47	1,2	70
75. SP	M	R	0,4	-0,5	5
		L	0,41	-0,6	170
76. SJ	F	R	0,55	-0,5	155

		L	0,64	-0,9	15
77. SJ	M	R	0,76	-0,7	20
		L	0,75	-0,5	165
78. SJ	M	R	0,5	-3,3	175
		L	0,54	-1,9	5
79. TL	F	R	0,54	-1,4	10
		L	0,51	-1	170
80. TK	F	R	0,46	-0,7	4
		L	0,51	-0,8	165
81. UP	F	R	0,58	-0,9	10
		L	0,59	-0,6	170
82. VZ	F	R	0,52	-0,4	45
		L	0,56	-0,5	170
83. VM	F	R	0,67	-1,2	175
		L	0,63	-0,5	15
84. VA	F	R	0,43	-0,5	175
		L	0,51	-0,2	15
85. VR	M	R	0,6	-0,4	160
		L	0,65	-0,3	10
86. VM	F	R	0,43	-3,7	5
		L	0,33	-3,8	160
87. VL	F	R	0,6	-0,2	5
		L	0,57	-0,4	5
88. WA	M	R	0,6	-0,5	15
		L	0,59	-0,7	160
89. WT	F	R	0,64	-0,6	10
		L	0,61	-0,9	160
90. ZT	F	R	0,58	-0,7	165
		L	0,6	-0,8	15
91. ZM	F	R	0,44	-1,4	170
		L	0,35	-1,9	10
92. ZK	M	R	0,47	0,9	130
		L	0,58	-0,5	160
93. ŠV	F	R	0,48	-1,1	170
		L	0,49	-1,2	180
94. ZB	F	R	0,55	-0,7	175
		L	0,55	-4,4	20
95. ŠK	F	R	0,61	-4	170
		L	0,61	-4,1	20

Průměrná excentricita v této databázi je 0,564375.

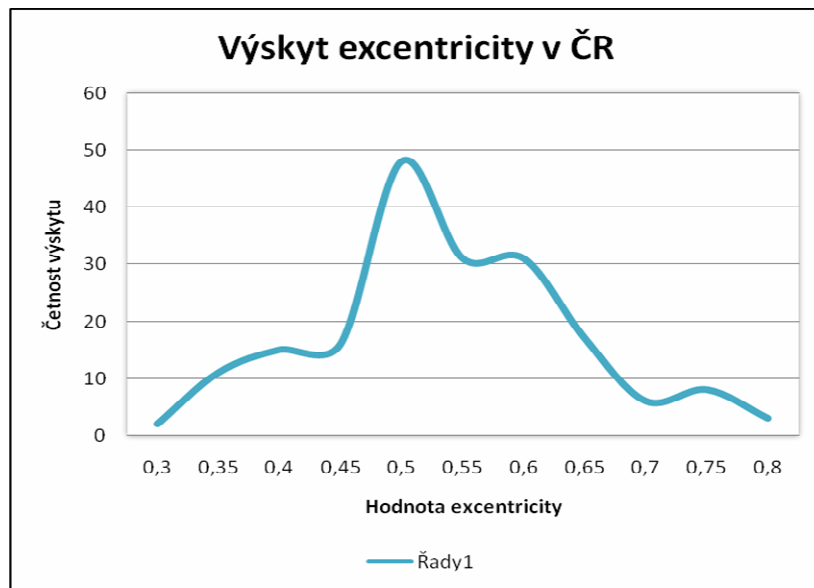
Databáze z Německa od firmy Hecht

Jméno	Pohlaví	Oko	Ecc	Ast	Sloupec1
1. AA	F	R	0,6	-0,7	180
		L	0,56	-1,1	180
2. AS	F	R	0,37	-0,9	5
		L	0,48	-0,7	10
3. AJ	M	R	0,39	0,5	90
		L	0,37	-1,2	10
4. AJ	F	R	0,35	-3,1	15
		L	0,23	-2	165
5. BK	F	R	0,41	-1,8	175
		L	0,43	-2	180
6. BB	F	R	0,23	-1,4	180
		L	0,25	-1,5	10
7. BG	F	R	0,44	-0,5	5
		L	0,45	-0,8	165
8. BG	M	R	0,37	-0,5	25
		L	0,4	0,3	65
9. BV	F	R	0,16	-1,3	180
		L	0,23	-0,9	10
10. BT	F	R	0,44	-0,7	5
		L	0,31	-0,4	175
11. BA	F	R	0,3	-0,7	170
		L	0,46	-0,7	165
12. BA	M	R	0,23	-1,2	180
		L	0,23	-2	180
13. BD	F	R	0,33	-0,7	10
		L	0,44	-0,8	180
14. BH	F	R	0,4	-2,8	15
		L	0,24	-3,6	170
15. BH	F	R	0,37	-1,4	5
		L	0,35	-1	180
16. BM	F	R	0,41	-1,3	180
		L	0,41	-1,2	180
17. DR	M	R	0,32	-0,9	165
		L	0,3	-0,7	5
18. EB	F	R	0,05	-0,3	150
		L	0,28	-1,3	5
19. ES	F	R	0,41	-0,6	170

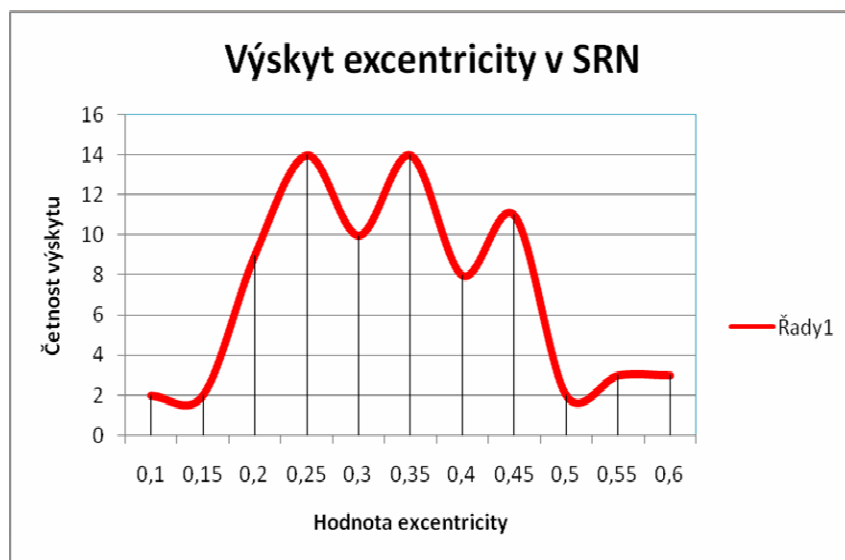
		L	0,22	-0,5	15
20. EL	F	R	0,27	-1	25
		L	0,4	-1,2	150
21. EM	F	R	0,09	-0,8	20
		L	0,04	-1,3	170
22. FC	F	R	0,24	-0,3	40
		L	0,25	-0,4	170
23. FR	F	R	0,31	-1,8	10
		L	0,36	-2,4	5
24. FP	F	R	0,34	-0,6	165
		L	0,49	-0,8	180
25. FM	M	R	0,45	-1,1	175
		L	0,52	-1,1	170
26. FM	M	R	0,17	-0,4	145
		L	0,33	-0,3	25
27. GN	F	R	0,27	0,4	97
		L	0,17	-0,3	140
28. GT	M	R	0,42	-1,4	15
		L	0,54	-1,5	180
29. GD	F	R	0,37	-0,2	15
		L	0,37	-0,7	25
30. GP	F	R	0,18	-0,8	175
		L	0,29	-1,1	10
31. GF	M	R	0,47	-0,1	15
		L	0,51	-0,1	15
32. GC	F	R	0,45	0,4	95
		L	0,47	-1,3	15
33. GM	M	R	0,45	-1,4	180
		L	0,5	-1,7	5
34. HF	M	R	0,45	-0,9	180
		L	0,49	-1,3	175
34. HA	M	R	0,44	-0,9	175
		L	0,31	-0,8	165
35. HT	M	R	0,42	-0,5	165
		L	0,43	-0,3	15
36. HR	M	R	0,33	-0,8	175
		L	0,35	-0,6	10

Průměrná hodnota excentricity v této databázi je 0,363333

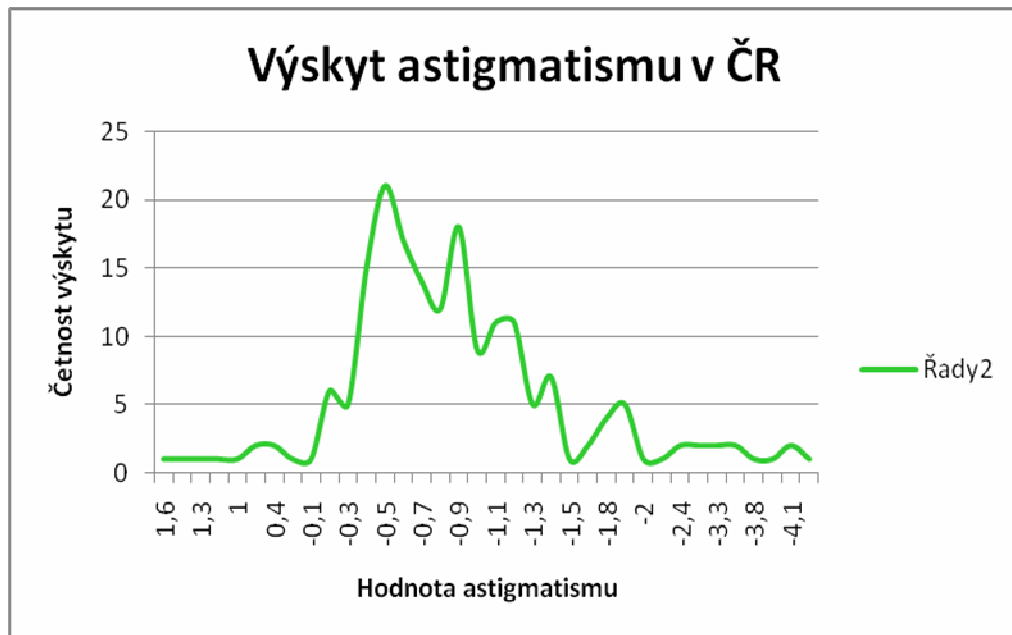
Graf č. 1



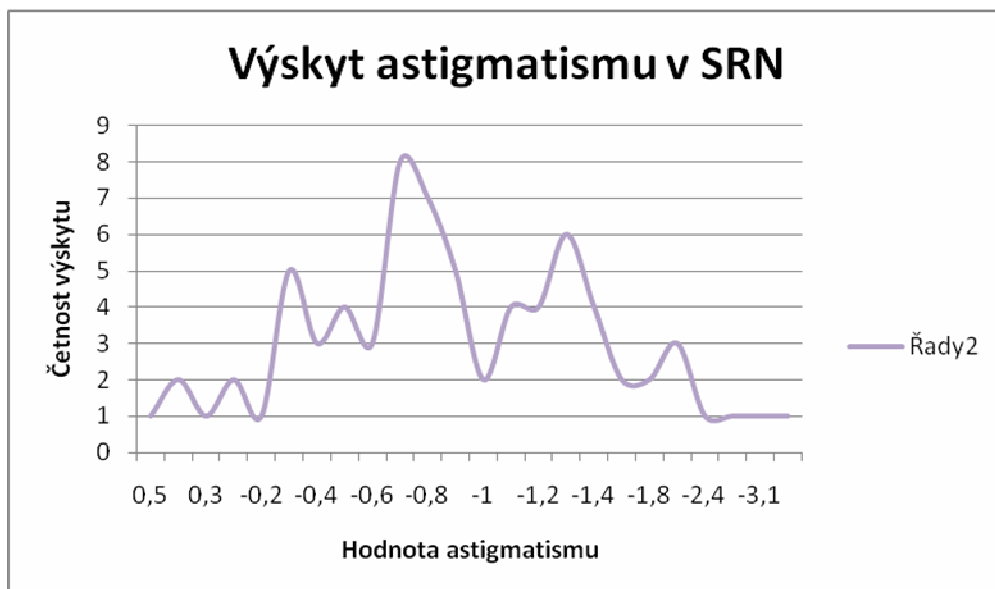
Graf č. 2.



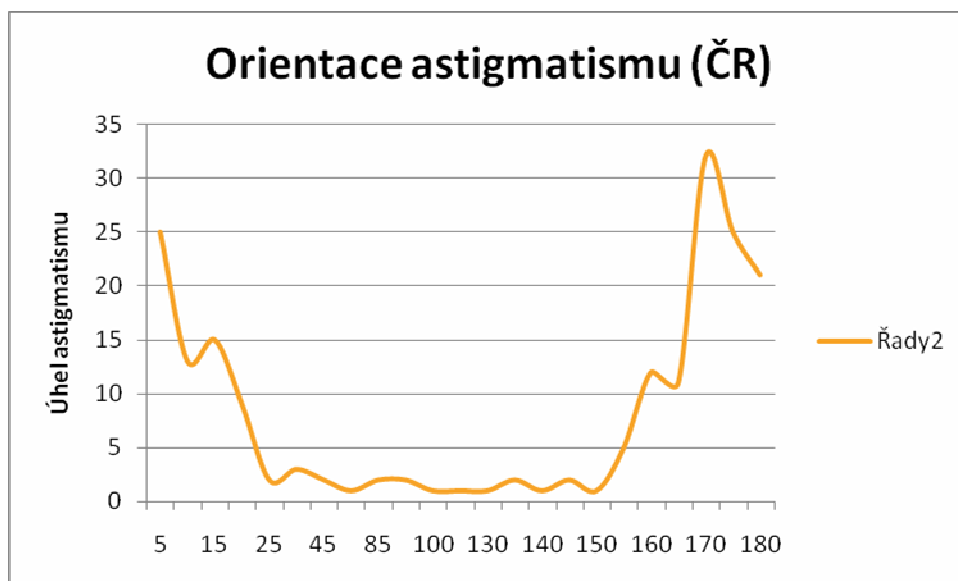
Graf č. 3



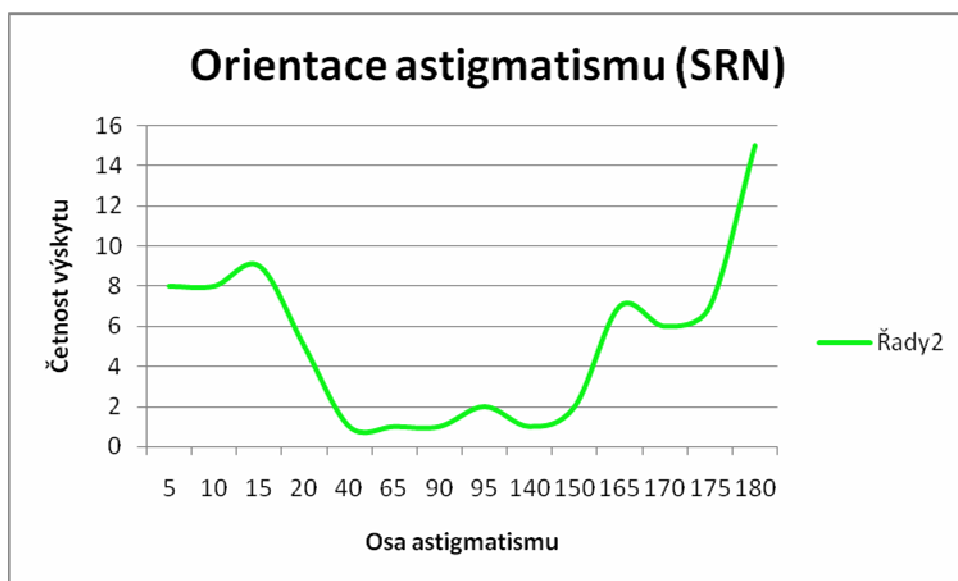
Graf č. 4



Graf č. 5



Graf č. 6



## 6.2. Výsledky a vyhodnocení

Naměřené údaje jsou shrnuty v tab. 1 pro ČR a tab. 2 pro SRN. Statistické rozdělení hodnot excentricity v obou souborech je prezentováno na grafu 1 (pro ČR) a 2 (pro SRN). Pro rohovky z databáze subjektů ze SRN byla zjištěna průměrná excentricita



0,363333 a z ČR 0,56438. Z uvedených údajů je patrný velký rozdíl mezi výsledky (0,20105). Soubor z České republiky vykazuje vyšší excentricitu. Vzhledem k omezenému rozsahu souborů je otázkou, zda lze získané údaje zobecnit. V případě zobecnění by tato skutečnost mohla být zajímavým údajem pro výrobce pevných kontaktních čoček při výběru vhodného sortimentu pro ČR.

### **Vyhodnocení astigmatismu**

Statistické rozdělení hodnot a osy astigmatismu je rozděleno do grafů č. 3, 4, 5, 6 pro ČR a SRN zvlášť. Rozdělení astigmatismu podle hodnot je zobrazeno v tabulkách č. 3 a 4 a podle os v tabulkách 5 a 6. Průměrná hodnota astigmatismu z německé databáze je  $-0,9297$  a průměrná hodnota astigmatismu české  $-0,9284$ , což je téměř shodné. Podíváme-li se na průběh grafů orientace astigmatismu, zjistíme, že je u obou grafů také přibližně stejný. Vyplývá z nich, že osa astigmatismu se nejčastěji pohybuje kolem  $180^\circ$ . S odklonem  $\pm 10^\circ$ . Výraznější odchylky jsou spíše výjimkou. Toto zjištění potvrzuje 95% výskyt astigmatismu podle pravidla, proti pravidlu byl výskyt pouze u 14 očí tj. 5% případů.

## 7. Závěr

Ve své práci jsem popsala rohovku, její anatomii a histologii. Zaměřila jsem se na ní jako na optický člen. Je to nejdůležitější součást optického aparátu oka. A proto každá změna tvaru má podstatný dopad na náš zrak. Zmínila jsem se o očních onemocněních, zejména poruchách ve tvaru rohovky, při kterých je rohovková topografie využívána.

Nejvýznamnější částí této práce bylo seznámit se s topografií rohovky. Zajímavá je její historie a myslím si, že velkou roli bude hrát i do budoucna. Hlavně z hlediska stále vyššího procenta refrakčních operací, včasného odhalení možných chorob rohovky a v budoucnu pro aplikaci možná stále více užívaných pevných plynopropustných kontaktních čoček. Topografie je stále rozšířenější a tak je na trhu mnoho typů topografů, které jsou v práci také blíže popsány.

V praktické části jsem se zabývala hodnotami excentricity a astigmatismu rohovky. Srovnávala jsem data dvou databází. Databáze PřF katedry optiky a německé databáze zapůjčené od firmy Hecht. Zjistila jsem velký rozdíl v hodnotách excentricity, z kterého vyplývá, že vyšetření pacienti na katedře optiky mají plošší rohovky. Excentricita byla větší o 0,2, což je podstatný rozdíl. Je otázkou, zda lze získané údaje zobecnit pro celou Českou republiku. Pokud ano, tato skutečnost by mohla být důležitým údajem pro výrobce kontaktních čoček při výběru vhodného sortimentu pro Českou Republiku. Co se týká srovnávání astigmatismů těchto dvou databází, nebyl nalezen téměř žádný rozdíl. Ověřila jsem si platnost výskytu pravidelného astigmatismu oproti nepravidelnému, pravidelný astigmatismus byl shledán v 95% případů a to nejčastěji v ose kolem  $180^\circ$ .

## **Použitá literatura**

1. Oční lékařství, Prof. MUDr. Pavel Kuchynka, CSc. a kolektiv, Grada
2. Corneal Topography in the Wavefront Era, Ming Wang, MD, PhD, SLACK Incorporated 2006, ISBN-10: 1-55642-718-3
3. Rutrle, M.: Přístrojová optika. Brno, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, 189s.
4. Vlk, F.: Lexikon očního lékařství. Brno, 2008, 610 s.
5. Technický sborník oční optiky, Polášek, J.: Technický sborník oční optiky. Praha, Státní nakladatelství technické literatury 1974
17. Základy aplikace kontaktních čoček, Mgr. Sylvie Petrová, Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2004, ISBN 80-7013-399

## **Internetové zdroje**

6. <http://lekarske.slovniky.cz/obor/oftalmologie?strana=3>
7. <http://www.portalesmedicos.com/imagenes/publicaciones/cornea/microcornea.jpg>
8. <http://www.molvis.org/molvis/v13/a108/v13a108f1.jpg>
9. [http://www.bausch.com/enUS/ecp/resources/image\\_library/full\\_img/photo349.jpg](http://www.bausch.com/enUS/ecp/resources/image_library/full_img/photo349.jpg)
10. [http://www.bausch.com/enUS/ecp/resources/imagelibrary/full\\_img/photo110.jpg](http://www.bausch.com/enUS/ecp/resources/imagelibrary/full_img/photo110.jpg)
11. <http://www.atlasophthalmology.com>
12. <http://www.keratoconus-group.org.uk/photos/Hydrops3.jpg>
13. [http://www.oculus.de/en/sites/detail\\_ger.php?page=340](http://www.oculus.de/en/sites/detail_ger.php?page=340)
14. <http://www.slackbooks.com/excerpts/67182/67182.asp>
15. [http://www.oculus.de/en/sites/detail\\_ger.php?page=399](http://www.oculus.de/en/sites/detail_ger.php?page=399)
16. [http://www.arcscan.com/news/probstchapterartemis03\\_sml3.pdf](http://www.arcscan.com/news/probstchapterartemis03_sml3.pdf)