

**MASARYKOVA UNIVERZITA**

**Lékařská fakulta**



**SROVNÁNÍ EFEKTIVNOSTI CHIRURGICKÝCH  
ZÁKROKŮ U JEDNOTLIVÝCH  
REFRAKČNÍCH VAD**

Diplomová práce

**Vedoucí práce:**  
MUDr. Radek Girgle

**Vypracovala:** Bc. Hana Nevřivá  
**Studijní obor:** Optometrie

Brno, duben 2013

## **PROHLÁŠENÍ:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením MUDr. Radka Girleho a uvedla v seznamu literatury všechny použité literární a jiné zdroje.

Souhlasím, aby práce byla uložena v knihovně lékařské fakulty a zpřístupněna ke studijním účelům.

.....  
Bc. Hana Nevřivá

Mé poděkování patří MUDr. Radkovi Girgemu za jeho odborné vedení diplomové práce a poskytnutí cenných rad a podnětů.

# ANOTACE

**Jméno autora:** Bc. Hana Nevřivá  
**Obor:** Optometrie  
**Název práce:** Srovnání efektivnosti chirurgických zákroků u jednotlivých refrakčních vad  
**Vedoucí práce:** MUDr. Radek Girgle

Tato diplomová práce pojednává o refrakčních vadách a jejich nápravě pomocí metod refrakční chirurgie. Teoretická část je věnována popisu optického systému oka, jednotlivým refrakčním vadám a refrakčním zákrokům. Praktická část je zaměřena na změny korigované a nekorigované zrakové ostrosti, objektivní a subjektivní refrakce a nitroočního tlaku po implantaci nitroočních čoček do astigmatických, hypermetropických a presbyopických očí.

## **Klíčová slova:**

Refrakční systém oka, refrakční vady, refrakční zákroky, nitrooční čočky, zraková ostrost, refrakce, nitrooční tlak

# ANNOTATION

**The author's name:** Bc. Hana Nevřivá  
**Field of study:** Optometry  
**Theme of the work:** The Compare of effectiveness of surgical interventions for individual refractive errors  
**Leader of the work:** MUDr. Radek Girgle

This thesis discuss about refractive errors and their correction by the methods of refractive surgery. The theoretical part describes the optical system of the eye, the individual refractive defects and refractive interventions. The practical part is focused on the changes in the corrected and uncorrected visual acuity, objective and subjective refraction and intraocular pressure after implantation of intraocular lenses in eyes with astigmatism, hyperopia and presbyopia.

## **Keywords:**

Refractive system of the eye, refractive errors, refractive surgery, intraocular lenses, visual acuity, refraction, intraocular pressure

## OBSAH

1. ÚVOD.....	7
2. OPTICKÝ SYSTÉM OKA.....	8
2.1. Rohovka .....	10
2.2. Komorová voda.....	12
2.3. Oční čočka.....	13
2.4. Sklivec.....	15
3. REFRAKČNÍ VADY .....	16
3.1. Myopie .....	17
3.2. Hypermetropie .....	19
3.2.1. Afakie.....	21
3.3. Astigmatismus.....	22
3.4. Presbyopie.....	25
4. REFRAKČNÍ ZÁKROKY.....	26
4.1. Vyšetření před refrakčními zákroky.....	27
4.2. Refrakční zákroky na rohovce .....	29
4.2.2. Chirurgické zákroky na rohovce .....	29
4.2.2.1. Incizní keratotomie.....	30
4.2.2.1.1. Radiální keratotomie .....	30
4.2.2.1.2. Astigmatická keratotomie .....	31
4.2.2.2. Intrastromální kroužek (ICR).....	33
4.2.2.3. Intrakorneální čočky.....	34
4.2.2.4. Epikeratoplastika.....	35
4.2.3. Laserové zákroky na rohovce.....	36
4.2.3.1. Zákroky s použitím excimer laseru .....	36
4.2.3.1.1. Fotorefraktivní keratektomie (PRK) .....	37
4.2.3.1.2. LASIK (Laser in situ keratomileusis) .....	38
4.2.3.1.3. LASEK (Laser-assisted subepithelial keratectomy) a Epi-LASIK .....	40
4.2.3.2. Zákroky s použitím holmium: YAG laseru a diodového laseru.....	41
4.2.3.2.1. LTK - nekontaktní laserová termální keratoplastika.....	41
4.2.3.2.2. DTK - diodová termokeratoplastika.....	41
4.2.3.3. Zákroky s použitím femtosekundového laseru.....	42
4.2.3.3.1. FEMTO-LASIK .....	42
4.2.3.3.2. Astigmatická keratotomie .....	43
4.2.3.3.3. Intrastromální tunel pro ICRS .....	43
4.2.3.3.4. ReLEx .....	44
4.2.3.3.5. Implantace inlay .....	45
4.2.3.3.6. INTRACOR .....	45

4.3. Nitrooční refrakční zákroky .....	46
4.3.1. Fakické nitrooční čočky (PIOL).....	47
4.3.1.1. Předněkomorové čočky .....	48
4.3.1.2. Předněkomorové čočky fixované na duhovku .....	49
4.3.1.3. Zadněkomorové čočky .....	51
4.3.2. Refrakční výměna čočky (RLE).....	52
4.3.2.1. Extrakapsulární extrakce s fakoemulzifikací .....	54
4.3.2.2. Chirurgie katarakty pomocí femtosekundového laseru.....	55
4.4. Sklerální zákroky .....	56
4.5. Kombinované zákroky .....	57
5. VÝZKUM .....	58
5.1. Cíl výzkumu .....	58
5.2. Soubor pacientů.....	59
5.3. Použité přístroje a pomůcky.....	62
5.3.1. Autorefraktometr.....	62
5.3.2. Bezkontaktní tonometr .....	62
5.3.3. Vyšetření zrakové ostrosti.....	63
5.4. Pracovní hypotézy.....	65
5.5. Výsledky .....	66
5.5.1. Výsledky pacientů po implantaci torické nitrooční čočky .....	66
5.5.2. Výsledky pacientů po implantaci sférické ICL .....	71
5.5.3. Výsledky pacientů po implantaci multifokální nitrooční čočky .....	75
5.5.4. Zhodnocení efektivity a stability.....	82
5.5.5. Zhodnocení hypotéz .....	83
5.5.6. Souhrn výsledků.....	87
5.6. Diskuse výsledků .....	89
6. ZÁVĚR .....	91
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	92
7.1. Knižní publikace .....	92
7.2. Články .....	93
7.3. Internetové zdroje .....	95
8. PŘÍLOHA .....	96
8.1. Seznam obrázků .....	96
8.2. Seznam grafů.....	97
8.3. Seznam tabulek .....	97
8.4. Seznam zkratk .....	98

# 1. ÚVOD

Refrakční chirurgie je v současnosti velmi diskutované téma. Rozvoj refrakční chirurgie dal mnohým lidem možnost osvobodit se od korekčních pomůcek v podobě brýlí nebo kontaktních čoček.

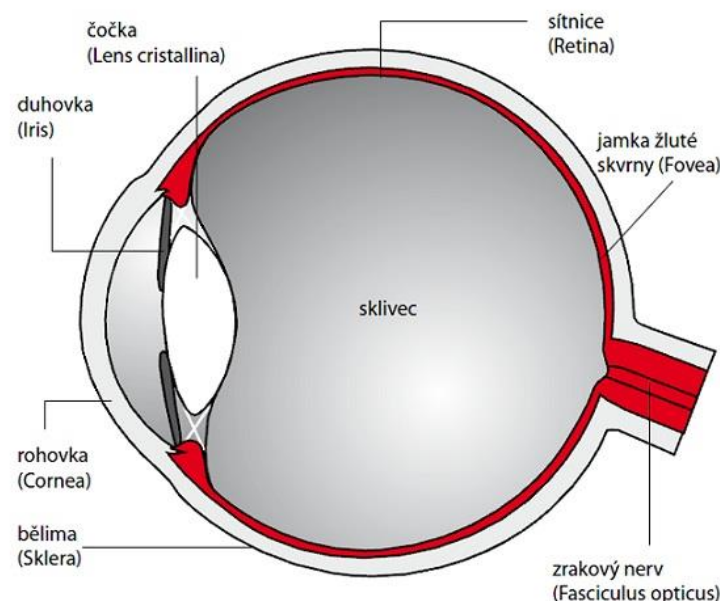
Nejběžnějšími metodami refrakční chirurgie se staly laserové refrakční zákroky, při nichž se používají především excimerové a femtosekundové lasery. Ne pro všechny pacienty je ovšem tento typ zákroků vhodný.

Pro vyšší ametropie a presbyopii je obvykle doporučována metoda implantace nitrooční čočky. U mladších očí jsou implantovány čočky fakické, které jsou do oka přidávány k vlastní čiré čočce. U očí s kalící se vlastní čočkou nebo nedostatečnou hloubkou přední oční komory je přístupováno k implantaci čoček afakických. Implantace nitroočních čoček je oproti laserovým zákrokům reverzibilní.

Výzkumná část práce porovnává stav nekorigované, korigované zrakové ostrosti, subjektivní, objektivní refrakce a nitroočního tlaku před a po implantaci torických, sférických a multifokálních nitroočních čoček. Podle těchto typů čoček byly vytvořeny 3 skupiny pro oči s astigmatismem, hypermetropií a presbyopií. Myopické oči nebyly do výzkumu zařazeny, neboť se tato vada běžně koriguje spíše laserovými zákroky.

## 2. OPTICKÝ SYSTÉM OKA

Optický systém oka se skládá z optických médií a to rohovky, komorové vody, čočky a sklivce (Obr. 1). Tato média jsou u každého jedince jedinečná. V minulosti byly vytvořeny modely oka, jejichž parametry reprezentují průměrné hodnoty získané z velkého vzorku reálných očí. Nejpodrobnějším a stále používaným je matematický model švédského oftalmologa Alvara Gullstranda.



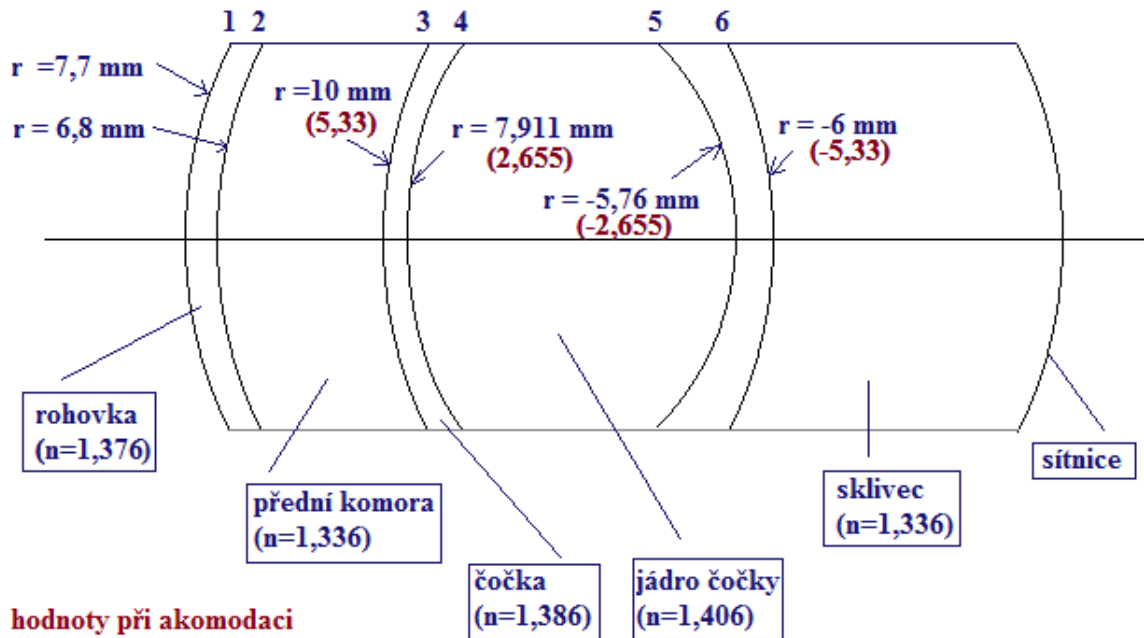
Obr. 1: Oko [22]

Tento model oko popisuje jako kouli o průměru 24 mm, která se sestává ze šesti optických ploch, jež jsou považovány za kulové, a sítnice. Světelný paprsek prochází přední plochou rohovky, rohovkovou tkání, zadní plochou rohovky, komorovou vodou, přední plochou čočky, čočkovými hmotami, zadní plochou čočky, sklivcem a dopadá na sítnici. Na každém z těchto rozhraní paprsek změni svůj směr.

Existují dva optické systémy a to rohovkový a čočkový. Rohovka je v tomto modelu považována za planoparalelní destičku o tloušťce 0,5 mm, její přední (vnější) plocha má poloměr 7,7 mm a zadní (vnitřní) plocha jen 6,8 mm, index lomu je 1,376. Optická mohutnost rohovky je celkem 43,05D. Je to dáno rozdílnými hodnotami indexu lomu vzduch před rohovkou a komorovou vodou za ní. Čočkový systém je složen ze dvou vnějších ploch obalu čočky a dvou vnitřních ploch jádra čočky. Index lomu periferních vrstev čočky je asi 1,338, zatímco index lomu jádra je 1,406. Jednotlivé plochy nejsou ve skutečnosti přesně



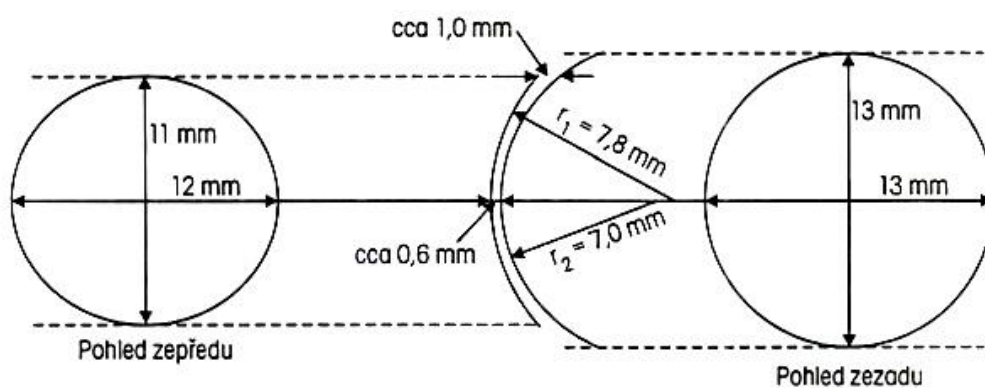
koncentrické, vnější vrstvy jsou méně zakřivené než vnitřní. Zvláštní skladba čočky pomáhá korigovat nedokonalosti optického systému oka, jako jsou např. sférická a chromatická aberace, rozptyl světelných paprsků, a také pomocí akomodace může zvýšit svoji lomivost až dvakrát. Další specifikace je uvedena na Obr. 2. [5, 22]



Obr. 2: Zjednodušený model Gullstrandova oka [22]

## 2.1. Rohovka

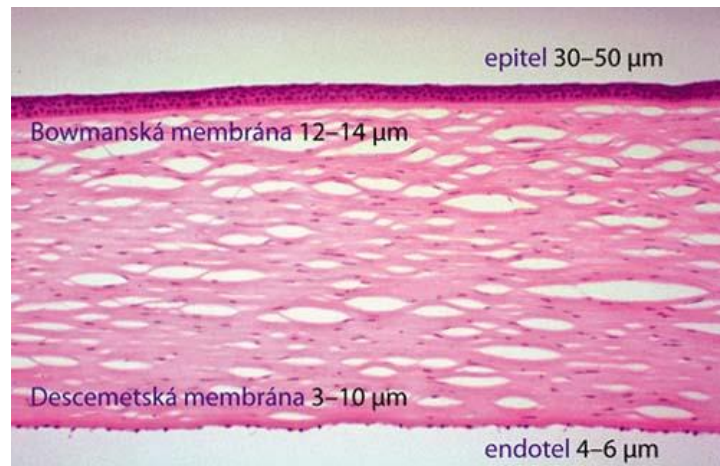
Rohovka (cornea) je průhledná, čirá, bezcévná tkáň ve tvaru horizontálně uložené elipsy, její vertikální průměr je 11 mm. Horizontální průměr elipsy se pohybuje na rozhraní 11,5 až 12 mm, průměr menší než 10 mm je označován jako mikrocornea a větší než 13 mm jako megalocornea. Přední a zadní plocha rohovky mají odlišné poloměry zakřivení, přední plocha má 7,7 mm a zadní 7 mm (Obr. 3). Od středu směrem k periférii dochází k oploštění rohovky. Tloušťka rohovky není stejnoměrná, na okrajích je silnější, má asi 650 - 1000  $\mu\text{m}$  zatímco ve středu pouze 560  $\mu\text{m}$ . Plocha rohovky tvoří přibližně 1/6 povrchu očního bulbu. Periferie rohovky v místě zvaném limbus přechází na vnější straně do spojivky (tunica conjunctivae) a na vnitřní straně v bělimu (sclera).



Obr. 3: Rozměry rohovky[5]

Histologicky se rohovka sestává z pěti vrstev a to epitelu, Bowmanovy membrány, stromatu, Descementovy membrány a endotelu (Obr. 4). *Epitel* je složen z pěti až šesti vrstev dlaždicových nerohovatějících buněk. Tvoří přibližně 10 % z celkové tloušťky rohovky. Má velkou regenerační schopnost a při jeho poškození dojde k reepitelizaci během 72 hodin. Epitel je připojen k bazální membráně hemidesmozomy a kolagenovými fibrilami, které jsou zakotveny v *Bowmanově membráně*, která ovšem regenerační schopnost postrádá. Pod ní se nalézá *stroma* tvořené keratocyty, jež produkují extracelulární matrix. Svazečky jemných fibril s pravidelnou tloušťkou a vzdáleností mezi vlákny umožňují průhlednost rohovky. Tento stav je možné udržet pouze za podmínky, že je hydratace stromatu 80%, pokud je vyšší nebo nižší, dojde k porušení řádu mezi fibrilami a rohovka se stane neprůhlednou. Ke změně stavu hydratace může přispět pokles endotelových buněk. *Descementova membrána*, čtvrtá vrstva rohovky, je produktem endotelu. Obsahuje elastická vlákna a v periférii končí ve Schwalbeho linii komorového úhlu. Endotel je tvořen pouze jednou vrstvou hexagonálních

buněk, neregeneruje, jeho reparace probíhá zvětšováním nepoškozených buněk. Jejich počet se v průběhu života snižuje. Ze 4 až 5 000 buněk/mm<sup>2</sup> jejich počet klesne po 60. roce věku na 2000 buněk/mm<sup>2</sup>. Nebezpečný je pokles buněk pod 500/mm<sup>2</sup>, kdy dojde ke stromálnímu edému.



Obr. 4: Histologické vrstvy rohovky [4]

Bohaté nervové zásobení činí z rohovky nejcitlivější tkáň v těle. Nervová vlákna jsou nejčastěji umístěna v předních vrstvách a v centrální oblasti. Senzitivní nervová vlákna z krátkých a dlouhých ciliárních nervů pochází z větve n. nasociliaris jdoucí z první větve n. ophthalmicu. Ciliární nervy tvoří hustou pletěň, tzv. ciliární plexus, který se nachází ve vrstvě mezi řasnatým tělískem a bělimou. Rohovku inervují i sympatická vlákna zastoupená ganglion cervicale superior, sympatická zakončení jsou mnohem méně četná než senzitivní. Nervová vlákna se v rohovce rozsáhle větví, až se volná nervová zakončení dostanou mezi buňky epitelu. Větvení je tak rozsáhlé, že skoro každá buňka epitelu má své nervové vlákno. Nervová vlákna ztrácí při vstupu do rohovky své pochvy, a proto jsou těžce viditelná a průzračnost rohovky tak zůstává zachována. Přímým podrážděním rohovky je vyvolán mrkací reflex. Narušení rohovkového epitelu vede k přímému podráždění senzitivních zakončení a vzniku velmi intenzivní bolesti, reflexnímu slzení a blefarospasmu.

Výživa rohovky kyslíkem je při otevřených očích zajišťována pro epitel a větší část stromatu přes slzný film z atmosféry. Při zavřených očích je využíván kyslík z limbálních cévních kliček. Komorová voda zajišťuje výživu pro endotel a hlubší vrstvu stromatu. Toto zásobení není závislé na vnějších vlivech. Rohovka získává energii z reakce kyslíku s glukózou obsaženou v komorové vodě, jako vedlejší produkt vzniká kyselina mléčná, která je odváděna komorovou vodou dále do oběhu. [4,5]

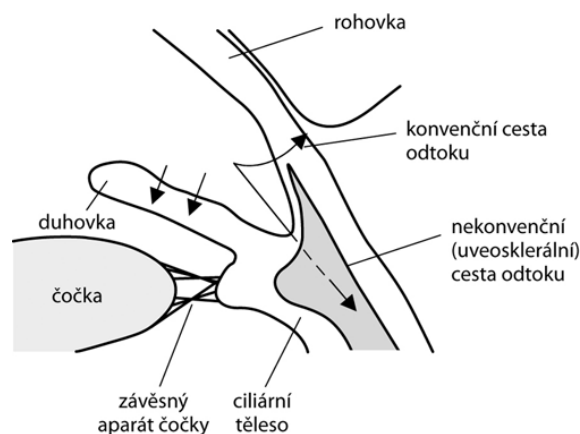
## 2.2. Komorová voda

Komorová voda (KV) čili humor aquaeus je čirá, bezbarvá tekutina s indexem lomu velmi podobným vodě, tedy 1,33. Konstantní produkce KV, 2,2 mm<sup>3</sup> za minutu, je zajišťována výběžky řasnatého tělíska na základě sekretoricko difuzního mechanismu. Objem KV se pohybuje v rozmezí od 1,23 do 1,32 cm<sup>3</sup>.

KV vyplňuje přední a zadní oční komoru (camera oculi anterior et posterior). Přední komora je vymezena zadní plochou rohovky, komorovým úhlem, přední plochou duhovky a oční čočkou v oblasti zornice. Hloubka přední oční komory se pohybuje v rozmezí 3 až 3,7 mm a je závislá na poloze čočky a věku pacienta. Po narození se mělká oční komora postupně prohlubuje, svého maxima dosáhne okolo 20. roku věku, poté dochází k postupné ztrátě hloubky. Předpokládaný objem přední komory je 0,26 cm<sup>3</sup>. Zadní oční komora je spíše štěrbinou, která je ohraničená zadní plochou duhovky, přední vnitřní plochou řasnatého tělíska, závěsným aparát a oblastí ekvátoru čočky. Její hloubka je asi 0,5 mm. Přední a zadní komoru propojuje kapilární membrána umístěná mezi duhovkou a čočkou.

Cirkulace KV (Obr. 5) je podmíněna teplotním rozdílem chladnější rohovky a teplejší duhovky. Hlavní část komorové vody je z přední komory odváděna do trabekulárních cest v komorovém úhlu, jež ústí do Schlemova kanálu. Odtud jde KV do sběrných kanálek a dále do systémů drobných cév nad bělimou. Menší část tekutiny odchází přes ciliární sval do supraciliárních a suprachoroidálních prostorů pomocí uveosklerální odtokové cesty. Tento způsob odtoku je aktivní především v noci. Jen velmi malé množství je resorbováno přes duhovku.

Hodnota nitroočního tlaku je dána poměrem mezi tvorbou komorové vody a jejím odtokem. Komorová voda je důležitá pro udržení stálého nitroočního tlaku a také pro výživu rohovky a oční čočky. [4,5]



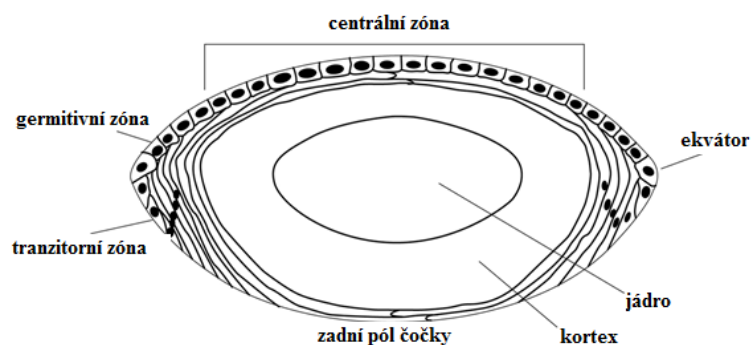
Obr. 5: Cirkulace komorové vody[4]

## 2.3. Oční čočka

Oční čočka (lens cristallina) je čirá bezcévná tkáň bikonvexního tvaru o přibližném průměru 10 mm. Tloušťka čočky se pohybuje v rozmezí 3,4 až 4 mm, její přesná hodnota je závislá na akomodaci. Poloměr zakřivení přední plochy čočky je v akomodačním klidu 10 až 11 mm a zadní plochy 6 mm. V prostoru oka je čočka uložena za duhovkou v prohlubni sklivce (fossa patellaris).

Přední a zadní plocha čočky se setkává v tzv. ekvátoru, na nějž se upínají vlákna závěsného aparátu vycházející z řasnatého tělíska. Tvar čočky se mění tahem vláken závěsného aparátu, tzv. zonulí. Kontrakce ciliárního svalu způsobuje uvolnění vláken závěsného aparátu, čímž se čočka vlastní elasticitou vyklene a tím se přizpůsobí vidění do blízka. Změna tvaru čočky je závislá na stupni akomodace a stáří. Čiřost čočky klesá s věkem, jádro žloutne a postupně se kalí.

Z histologického hlediska na čočce rozeznáváme pouzdro, epitel a stroma (Obr. 6). Pouzdro (capsula lentis) je pružné, transparentní, asi 10 až 20  $\mu\text{m}$  silný povrchový obal čočky složený z glykoproteinů a kolagenních fibril. Epitel (epithelium lentis) tvoří jedna vrstva šestibokých buněk, z nichž každá má jedno nebo dvě jádra. Nachází se pouze na přední ploše čočky. Směrem k ekvátoru se buňky epitelu prodlužují a postupně přeměňují v čočková vlákna. Stroma tvoří pozměněné ekvatoriální buňky předního epitelu čočky (fibrae lentis). Vytvářením nových buněk se staré buňky posunují směrem k zadnímu pólu a jejich jádra se stěhují do nitra čočky, kde se postupně ztrácí. Skládáním těchto vláken vykazuje čočka koncentrické vrstvení. Podle polohy se tak rozlišují čočková vlákna na kortikální a centrální. Čočkové jádro se stává hustší, tvrdší a větší. Vrstvy uložené v centru mají mnohem vyšší index lomu než vrstvy v periferii, průměrná hodnota indexu lomu čočky je 1,39. Vlákná čočky jsou uspořádána při povrchu čočky do tří švů, které tvoří na přední a zadní ploše čočky obrazec podobný písmenu Y.



Obr. 6: Znárodnění rozložení buněk oční čočky [4]

Během embryonálního vývoje je čočka zezadu vyživována arterií hyaloideou a zepředu pupilární membránou protkanou četnými cévami. Tento systém výživy zaniká po narození plodu. Poté je čočka vyživována osmózou z komorové vody, která je s ní v kontaktu pouze v oblasti přední části pouzdra. Čočkový epitel je užíván jako prostředí k syntéze bílkovin z glukózy a kyslíku, zajišťuje transport iontů, sacharidů a aminokyselin do čočky a odvodu produktů metabolismu z ní. Čočka je složena z asi 66% z vody a 33% bílkovin.

### *Akomodace*

Hlavní funkcí čočky je akomodace, což je změna refrakčního stavu způsobená vyklenutím nebo oploštěním jejích lomivých ploch při pohledu na různě vzdálené předměty. Účinnost akomodace ovlivňují dva faktory a to schopnost čočky měnit tvar a síla ciliárního svalu. Aktuální fyzikální deformaci čočky měřitelnou v dioptriích označujeme jako fyzikální akomodaci. Fyziologická akomodace vyjadřuje kontrakční sílu ciliárního svalu nutnou k změně refrakčního stavu oka o 1D. Při presbyopii je narušena hlavně fyzikální akomodace. U pacientů postižených obrnou, nekorigovanou myopií a juvenilním diabetem bývá postižena akomodace fyziologická.

Nejvzdálenější předmět, který je oko schopno vidět v relaxovaném stavu, se nachází v tzv. dalekém bodě (*punctum remotum*). Nejbližší předmět, který je oko při maximální akomodaci schopno vidět ostře, leží v tzv. blízkém bodě (*punctum proximum*). Statickou refrakcí nazýváme lomivost bez akomodace a lomivost s přírůstkem vyvolaným akomodací označujeme jako dynamickou refrakci. Akomodační oblast je vzdálenost mezi dalekým a blízkým bodem, vyjadřuje míru využitelnosti akomodace. Akomodační šíře je rozsah tvořený rozdílem mezi maximální dynamickou a statickou refrakcí. Vyjadřuje největší možný nárůst refrakční síly oka dosažitelný akomodací. Vyjadřuje se v dioptriích a jeho hodnota se rovná převrácené hodnotě blízkého bodu, vyjádřené v metrech. Velikost akomodační oblasti není přímo úměrná akomodační šíři. Velikost akomodační šíře se liší dle refrakční vady. U pacientů s emetropií a slabou hypermetropií je poměrně rozsáhlá, zatímco u pacientů s vyšší myopií a hypermetropií je krátká. [4,5]

## 2.4. Sklivec

Sklivec (corpus vitreum) je rosolovitá bezbarvá čirá tkáň, která vyplňuje prostor mezi řasnatým tělískem, zadním pouzdem čočky a vnitřní vrstvou sítnice. Jeho objem je asi 4 ml, a přesto tvoří 80% obsahu oka. Hlavní funkcí sklivce je udržování konstantního nitroočního tlaku a tím i hladkého povrchu sítnice. Index lomu sklivce je podobný jako u komorové vody a to 1,336. Z 98% jej tvoří voda, pak extracelulární síťovina a buněčné komponenty.

Ve složení sklivce jsou velmi specifické bílkoviny, a to zejména vitrein a mukoproteidy. Vitrein vytváří trámčinu sklivce, která se sestává z jemných fibrinových vláken. Mukoproteidy na sebe váží kyselinu hyaluronovou, která má velký vliv na viskozitu sklivce. Kolagenní fibrinová vlákna vytvářejí na povrchu sklivce hraniční membránu, která je většinou volně ložená na přilehlé tkáni, pevné spojení vzniká s papilou zrakového nervu, makulou, v oblasti ora serrata a pars plana řasnatého tělíska.

Středem sklivce horizontálně probíhá Cloquetův kanál - původní arteria hyaloidea, která během nitroděložního vývoje zásobuje čočku a po narození plodu zaniká. Tento kanál ústí v úrovni papily zrakového nervu a odtéká jím komorová voda do perilymfatického cévního systému.

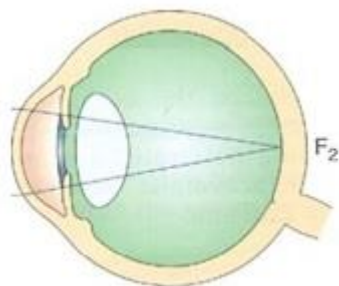
Rozhraní sklivce a sítnice tvoří zároveň hematookulární bariéru. Sklivec neobsahuje žádné cévy a nervy, tudíž je mu znemožněna regenerace. Případné defekty sklivce jsou řešeny jeho výměnou. [4,5]

### 3. REFRAKČNÍ VADY

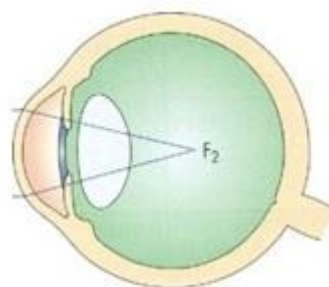
Refrakci oka lze definovat jako poměr mezi předozadní délkou oka a lomivostí jednotlivých prostředí, tj. rohovky, přední komory, čočky a sklivce. Emetropie je tedy stav oka bez refrakční vady, kdy paprsky přicházející paralelně do oka z nekonečna dopadají na sítnici do místa nejostřejšího vidění, kde vzniká ostré zobrazení (Obr. 7). Opakem je stav nazývaný ametropie, kdy se vlivem refrakční vady tvoří na sítnici neostrý obraz.

Dle matematického modelu Alvara Gullstranda má oko předozadní délku 24 mm a optickou mohutnost 58,64D, na které se podílí rohovka (43D) a oční čočka (19D). Ametropie se vyznačuje neostrým, rozmazaným obrazem a řadíme k nim především myopii (Obr. 8), hypermetropii (Obr. 9) a astigmatismus.

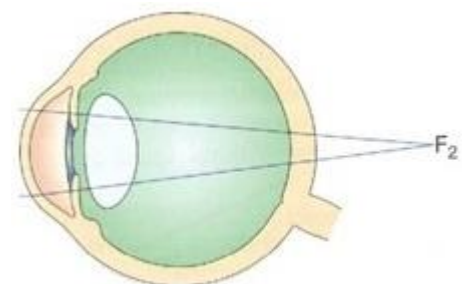
Refrakční vadu můžeme dělit z hlediska anatomie oka na osovou, tzv. axiální a systémovou. Osová vada značí změnu předozadní délky oka a systémová značí změny indexů lomů jednotlivých prostředí a změnu jejich zakřivení. [4,12]



Obr. 7: Emetropické oko [7]



Obr. 8: Myopické oko [7]



Obr. 9: Hypermetropické oko [7]



### 3.1. Myopie

Myopie neboli krátkozrakost je refrakční vada, kdy rovnoběžné paprsky vstupující do oka v akomodačním klidu tvoří ohnisko před sítnicí, místo na ní (Obr. 10). Na sítnici tak dopadá kužel rozbíhavých paprsků, které vytváří rozostřený a zvětšený obraz. Hlavním příznakem je zamlžené vidění na dálku a přivírání očních víček, díky čemuž se daří obraz částečně doostřit. Při nižší myopii lze využít naturálního vizu při vidění na bližší vzdálenosti dokonce i v presbyopickém věku. Schopnost akomodace je u myopů oslabena, čímž dochází k atrofii ciliárního svalu.

Z hlediska etiologie lze myopii rozdělit na osovou a systémovou. Osová je způsobena větší předozadní (axiální) délkou oka než je běžné u emetropů, oko má tedy více než 24 mm a rohovka je plošší. Systémová myopie je méně častá, dělí se na křivkovou a indexovou. S křivkovou myopií se setkáváme při vyšším zakřivení rohovky, např. u keratokonu a lentikonu. Při zmenšení zakřivení poloměru rohovky o 1 mm, dojde k navýšení myopie asi o 6D. Ke změně zakřivení oční čočky dochází zřídka, jedním z případů je zbobtnání čočky při těžké hyperglykemii. Indexovou myopii pozorujeme v počátcích nukleární katarakty.

Myopické oko je ve většině případů delší, má hlubší přední komoru, širší zornici, která pomaleji reaguje. Bělina je na zadním pólu oka ztenčená, protažená a mívá zde jen čtvrtinu své obvyklé tloušťky.

Dle výše dioptrické vady dělíme myopii na myopia simplex (do -3,0D), myopia modica (od -3,25D do -6,0D) a myopia gravis (nad -6,0D). Při výskytu patologických změn se k názvům vad dodává přívlastek degenerativa. [2,11,12]

Myopii dělíme podle doby vzniku na vrozenou, fyziologickou (myopia physiologica), intermediální (myopia intermedialis) a progresivní (myopia progressiva, pathologica).

Vrozená myopie je vzácná často jednostranná stacionární vada, která obvykle dosahuje od -10D do maxima -22D a neprogreduje. Velmi často se s touto myopií potýkají předčasně narozené děti. Kvůli vysoké anizometrii, tedy rozdílné refrakci pravého a levého oka, nedochází k rozvoji binokulárního vidění.

Myopia physiologica je nižší krátkozrakost, jde o fyziologické změny nastávající při růstu oka. Tento typ myopie začíná v pozdějším školním věku. Progrese vady bývá pozvolná, celkově nepřesahuje 3D a její velikost se ustaluje po dokončení tělesného vývoje, zpravidla kolem 20. roku věku. Nebývá provázána degenerativními změnami.

Intermediální myopie je způsobena nefyziologickou axiální délkou oka, která může dosahovat 25,5 - 32,5 mm. Dochází k ztenčování skléry a v důsledku toho mohou vznikat změny na očním pozadí. Bývá označována jako tzv. školní myopie, protože obvykle začíná mezi šestým a sedmým rokem věku. Může progredovat do -5 až -10D a její růst je zastaven po dokončení tělesného vývoje.

Všechny předchozí typy myopií lze pokládat za stacionární, jen malá část myopií je progresivní. Progresivní, patologická myopie vzniká velmi časně, již v 1. roce života a zvyšuje se až o 4D za rok. Je spojena s velkými degenerativními chorioretinálními změnami a kolikvací (zkapalněním) sklivce. Ke stabilizaci dochází mezi 20. a 30. rokem života. Etiologie jejího vzniku je nejasná. Panuje přesvědčení, že má spíše dědičný základ a souvisí s nedostatečnou rezistencí bělimy. Pacientům s touto vadou bývá doporučováno vyhýbat se zaměstnáním s velkými nároky na fyzickou práci a zrak. [1,2,11]

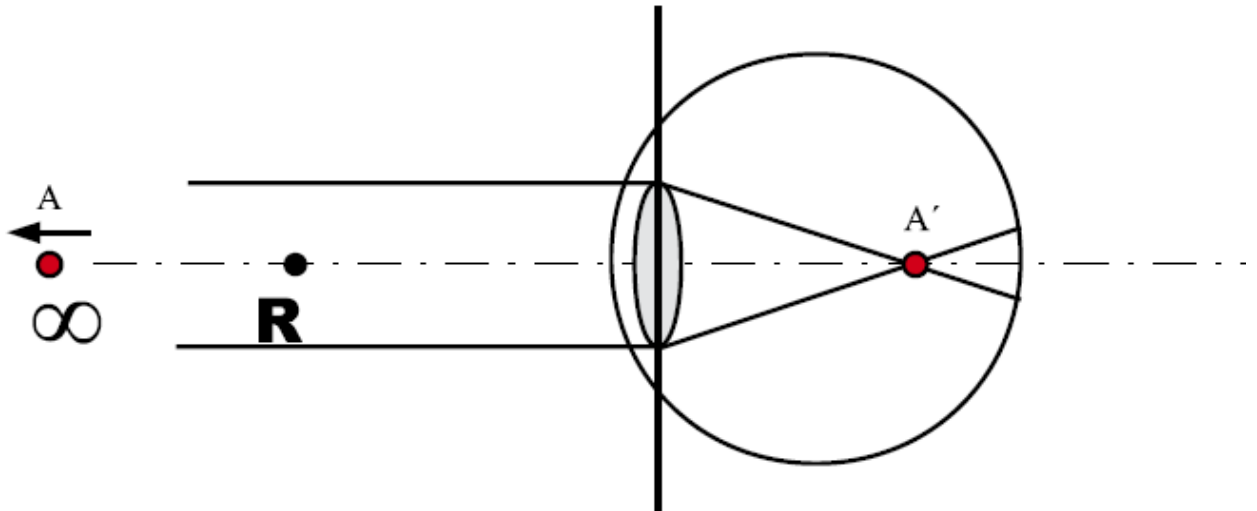
Degenerativní změny sítnice mohou vést až ke skotomům a ztrátě centrálního vidění. Ve sklivcovém prostoru dochází k pohybu opakních částic, které vrhají velký stín na sítnici a působí rušivě na zrakový vjem. Chorioretinální degenerace mohou vést k četným amociím sítnice. Glaukomová onemocnění jsou častější u hypermetropie, ale u vysokých myopií se mohou také projevit. [1]

Pro korekci myopie lze využít korekční pomůcky v podobě brýlí nebo kontaktních čoček, a mnohé laserové a chirurgické zákroky. Pokud nižší myopie nevznikne ve školním věku, obvykle myopové nemají žádné obtíže. Nekorigovaný myop je zvyklý se do blízka dívat bez akomodace, jen konverguje. Pokud je myop překorigován, nutí ho to akomodovat ale bez konvergence, což může vyvolat mimo astenopické obtíže. Většinou se korekce odvíjí od výše vady a pohodlného vidění pacienta. Pacient s nízkou vadou může používat korekci jen občas, např. při návštěvě divadla či kina. Pacient s vyšší myopií nosí korekci s nejslabší rozptylkou, se kterou vidí ostře, nebo s plnou korekcí a nosí jí stále. U vysokých a progresivních myopií dochází k podkorigování vady kvůli zrakové pohodě pacienta.

Brýlovou korekci s rozptylnými čočkami předepisujeme pacientovi především na pohled do dálky, avšak pokud by chtěl pacient v budoucnosti absolvovat laserovou korekci zraku, je vhodné, aby brýle nosil i při čtení, neboť jej to nutí používat akomodaci při pohledu do blízka. Když bude pacient brýle při dívání se na blízkou pracovní vzdálenost odkládat, dojde k atrofizaci ciliárního svalu a po laserovém zákroku nebude pacient schopen dostatečně akomodovat.

K laserovému nebo jinému chirurgickému zákroku je přistupováno z mnoha příčin, např. při nesnášenlivosti brýlové korekce, kontaktních čoček nebo z čistě estetických důvodů.

Vady do přibližně  $-6D$  lze korigovat pomocí laseru, u vyšších myopií se pak přistupuje k implantaci fakických či afakických čoček. [1,2]



Obr. 10: Zobrazení vzdáleného bodu A myopickým okem, R je daleký bod oka [23]

### 3.2. Hypermetropie

Hypermetropie neboli dalekozrakost je refrakční vada kdy rovnoběžné paprsky vstupující do oka v akomodačním klidu tvoří ohnisko za sítnicí, místo na ní (Obr. 11). Obraz je menší, bývá také nezřetelný a zamlžený.

Hypermetropické oko je relativně malé, avšak oční čočka svoji velikost nemění a způsobuje tak poměrně mělkou přední komoru, která představuje predispozici pro glaukom s úzkým úhlem.

Z hlediska etiologie lze hypermetropii rozdělit na osovou a systémovou.

*Osová* je stupněm ve vývoji oka. Oko novorozence má axiální délku 18 mm, ve 3 letech je to již 23 mm, poté již oko roste jen velmi pomalu, jen asi o 0,1 mm za rok do 14 let věku. Velikost osově vady lze zjistit z axiální délky oka. Ideální oko má 24 mm, v případě změny axiální délky oka o 1 mm dojde k nárůstu vady o 3D. Asi u 50 % očí hypermetropie zůstává, což je částečně kompenzováno zploštěním rohovky a čočky. Dalo by se říci, že oko je nedostatečně vyvinuté, protože nedosáhlo emetropie. Získaná hypermetropie, tzv. pseudohypermetropie, může být způsobena i odchlípením sítnice, tlakem nádoru na zadní pól oka apod. [1,4]

*Systémová* hypermetropie je často navozena zmenšeným zakřivením některé z refrakčních ploch, což může být způsobeno úrazem, vrozeným zakřivením - cornea plana, či jiným onemocněním. Zvětšení poloměru zakřivení rohovky o 1 mm vede ke zvýšení dalekozrakosti o 6D.

*Indexová* hypermetropie je podnícena snížením indexu lomu oční čočky, např. při stárnutí čočky nebo léčbě diabetu. Hypermetropii lze navodit změnami polohy oční čočky, např. když dojde k její subluxaci, luxaci či afakii. [1,2]

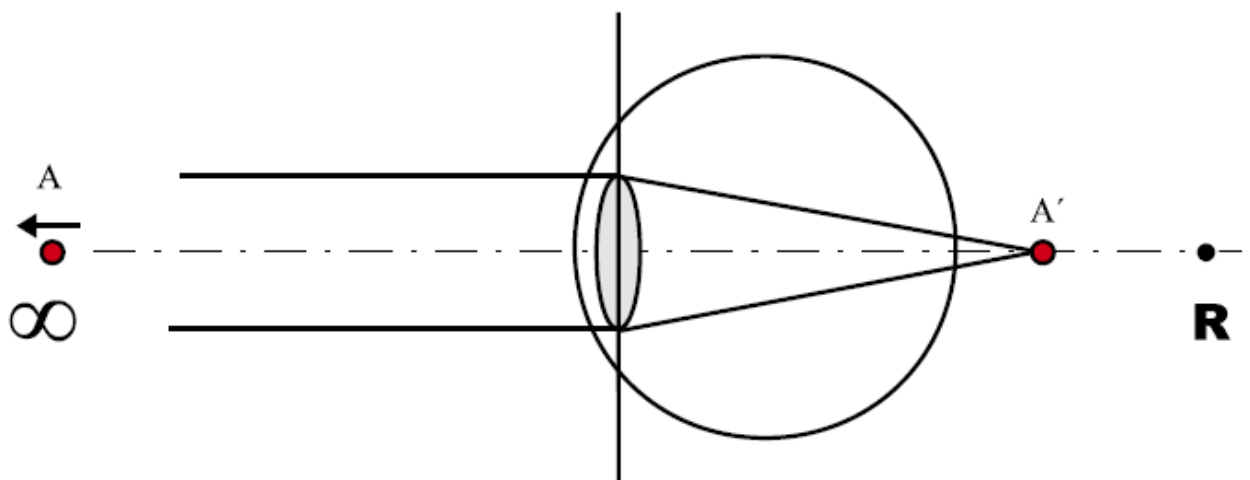
*Totální* čili celkovou hypermetropii lze rozdělit na dvě složky: latentní a manifestní. *Latentní* hypermetropie, je část hypermetropie, jejíž velikost je kompenzována fyziologickým napětím ciliárního svalu. Lze ji překonat zvýšeným úsilím ciliárního svalu a dosahuje výše asi 1 D. *Manifestní* hypermetropie je složena ze složky fakultativní a absolutní. Fakultativní hypermetropie zajišťuje, že čočka může podle potřeby zvětšit svoji lomivost nad rámec fyziologického tonu ciliárního svalu při zvýšeném akomodačním úsilí. Absolutní hypermetropii nelze překonat akomodačním úsilím. Prakticky ji zjistíme pomocí předkládání spojných čoček před oko. Rozdíl nejslabší a nejsilnější spojné čočky, která umožní ostré vidění do dálky, udává fakultativní dalekozrakost. Nejsilnější spojka v tomto případě udává manifestní dalekozrakost. V případě, že vyřadíme akomodaci pomocí cykloplegicky působících kapek, další navýšení hodnoty spojné čočky značí velikost latentní hypermetropie.

Korekce hypermetropie je obtížnější než u myopie. Lze ji korigovat spojnými brýlovými čočkami, kontaktními čočkami nebo některými z chirurgických zákroků. Nižší hypermetropie není třeba korigovat, pacienti nemají žádné příznaky, ale s poklesem tonu ciliárního svalu se manifestují i nižší vady. Mezi první příznaky patří astenopické obtíže, k nimž je řazeno pálení, slzení, zarudnutí očí, bolesti hlavy horšící se k večeru a dlouhá práce na střední vzdálenost. Později se projeví pocit zamlženého vidění na blízko i do dálky. Můžeme si také všimnout, že mladí hypermetropové přibližují čtený text blízko k očím, je to způsobeno zmenšeným obrazem na sítnici, který si tímto způsobem zvětšují. [1,2]

Pokud pacient netrpí astenopickými obtížemi nebo porušením svalové rovnováhy nekorigujeme jeho vadu. Při obtížích či snížené zrakové ostrosti je korekce do určité míry nutná. Dětem předepisujeme korekci jen při vysoké vadě či při strabismu, neboť do určité míry je hypermetropie fyziologická a s věkem se vada snižuje díky přirozenému růstu oka. Z toho důvodu je vhodné kontrolovat korekci dětem a adolescentům aspoň jednou ročně. Pokud je hypermetropie nižší než 3D, obvykle pacient korekci odmítne. Kolem 30. roku věku je dobré předepsat doplňkovou korekci na čtení, ale obvykle ne v plné výši vady. Plně korigovaná fakultativní hypermetropie může vést ke zhoršení obtíží po odložení brýlí.

V době, kdy pacientovi zeslábne akomodace a latentní forma hypermetropie se mění v manifestní, pacient snese plnou korekci vady. Hodnota výsledné korekce je přísně individuální, obvykle hledáme kompromis mezi objektivní refrakcí a zrakovou pohodou pacienta.

Laserové zákroky na hypermetropických očích jsou spíše na ústupu, lze jimi korigovat pouze malé vady a navíc nejsou tak úspěšné jako u myopie. Mnohem vhodnější je použití implantaci fakické nebo afakické čočky. Bohužel u fakické čočky mohou být potíže s anatomickým uzpůsobením přední komory, která je mělčí, než je obvyklé. [1,2,5]



Obr. 11: Zobrazení vzdáleného bodu A hypermetropickým okem, R je daleký bod oka [23]

### 3.2.1. Afakie

Afakie je zvláštní typ hypermetropie, při kterém v optickém systému oka zcela chybí čočka. Zřídka bývá tato vada vrozená, mnohem častěji je získaná, např. po traumatu, při komplikacích nitrooční chirurgie. Z optického systému tedy zůstane pouze rohovka a oko je zbaveno schopnosti akomodace.

V minulosti se tato vada korigovala pouze spojnými brýlovými čočkami, v přibližné hodnotě 11D při pohledu do dálky a 14D při pohledu do blízka. Nevýhodou brýlové korekce je zúžení zorného pole a prizmatický účinek při periferním pohledu přes skla, při jiném způsobu korekce není tato změna tak markantní.

Pokud je v jednom oku vlastní čočka zachována a druhé je afakické, rozdílné refrakční stavy očí způsobují aniseikonii, nestejnou velikost obrazů na sítnici. V literatuře se udává, že již 5% aniseikonie může vyvolat diplopii, 2 - 4% je příčinou častých astenopických

obtíží, pouze 1% je fyziologická hodnota. Tyto hodnoty jsou pouze orientační, neboť míra snášenlivosti aniseikonie je individuální pro každého člověka.

Míra aniseikonie se liší podle použité korekční pomůcky:

- brýlové čočky: aniseikonie až 21%, obraz na sítnici je zvětšen o 30%
- kontaktní čočky: aniseikonie 5%, obraz na sítnici je zvětšen o 10%
- implantace umělé nitrooční čočky: aniseikonie 1 - 2% [1,2]

### 3.3. Astigmatismus

Astigmatismus je refrakční vada, kdy se přicházející rovnoběžné paprsky většinou promítají do dvou fokálních linií, vzdálenost mezi těmito dvěma liniemi se nazývá fokální interval, který určuje stupeň astigmatismu (Obr. 12). Paprsek dopadající na vertikální rovinu vytváří vertikální ohniskovou linii, zatímco paprsek dopadající na rovinu horizontální tvoří ohniskovou linii horizontální. Ohnisková linie je orientována kolmo ke svému řezu. Cílem při korekci astigmatismu je přiblížit dvě ohniskové linie co nejblíže k sobě, tak aby se na sítnici promítaly jako bod. [4,1]

Astigmatismus je systémová vada a to křivková nebo indexová. Křivkový astigmatismus je buď rohovkový, nebo čočkový. Výše vad rohovky a čočky se může sumovat nebo vzájemně rušit.

*Rohovkový* astigmatismus dělíme na fyziologický, vrozený a získaný. Fyziologický tlak víček vyvolá větší vertikální zakřivení než je horizontální, tento rozdíl znamená vadu asi 0,25D, která je přítomna snad u všech jedinců. Vyšší stupeň astigmatismu bývá především vrozený, i když i získaný může dosahovat vysokých hodnot. Získaný astigmatismus vzniká jako důsledek: zánětu, traumatu, tlaku chalazea či nádoru, při ektatických onemocněních rohovky, po pooperačním traumatu, např. po keratoplastice. [1,2]

*Čočkový křivkový* astigmatismus je poměrně častý, avšak není tolik významný. Jeho hodnota je většinou kompenzována účinkem rohovkového astigmatismu. Astigmatismus může být vyvolán také decentrací fyziologické nebo umělé čočky v rámci její luxace či subluxe, při již malé decentraci čočky může vada dosahovat vysokých hodnot. Při asymetrickém vyklenutí čočkového pouzdra dochází také k astigmatismu, v tomto případě jde ovšem o vadu fyziologickou.

*Indexový* astigmatismus pozorujeme častěji na čočce, a to při jejím počínajícím kalení, následkem čehož může dojít až k rušivé diplopii.

Astigmatismus lze dále klasifikovat na *pravidelný* (astigmatismus regularis), *nepravidelný* (astigmatismus irregularis) a *šikmých os* (astigmatismus obliquus, biobliquus).

*Pravidelný* astigmatismus je vada zobrazení se dvěma vzájemně kolmými meridiány s maximální a minimální lomivostí, které leží ve vertikální a horizontální rovině. Tyto dvě linie jsou odděleny fokálním intervalem a nachází se v něm kroužek nejmenšího rozptylu, ve kterém je obraz nejméně zdeformovaný a stejnoměrně neostrý.

Podle umístění meridiánů je pravidelný astigmatismus možné dělit na astigmatismus *přímý a nepřímý*. O přímý astigmatismus (podle pravidla) se jedná, když je vertikální hlavní řez více lámavý než hlavní horizontální řez a častěji bývá rohovkový. O nepřímý astigmatismus (proti pravidlu) se jedná, když je horizontální hlavní řez více lámavý než hlavní vertikální řez a častěji bývá čočkový.

Dále jej můžeme dělit na *jednoduchý, složený a smíšený*. Astigmatismus jednoduchý (simplex) - jedna ohnisková linie protíná sítnici, je emetropická, a druhá ohnisková linie je před sítnicí (astigmatismus simplex myopicus) nebo za sítnicí (astigmatismus simplex hypermetropicus). Astigmatismus složený (compositus) - obě ohniskové linie leží buď před sítnicí (myopické) nebo za sítnicí (hypermetropické). Astigmatismus smíšený (mixtus) - jeden řez je myopický a druhý hypermetropický.

U *nepravidelného* astigmatismu nelze najít symetrii mezi meridiány, tedy nelze určit hlavní řezy s minimálním a maximálním účinkem. Je způsoben deformací rohovky či jiné optické plochy (keratokonus, popálení, poleptání, luxace čočky). Jeho korekce je obtížná, neboť má v každém řezu i místě na ploše jinou optickou mohutnost.

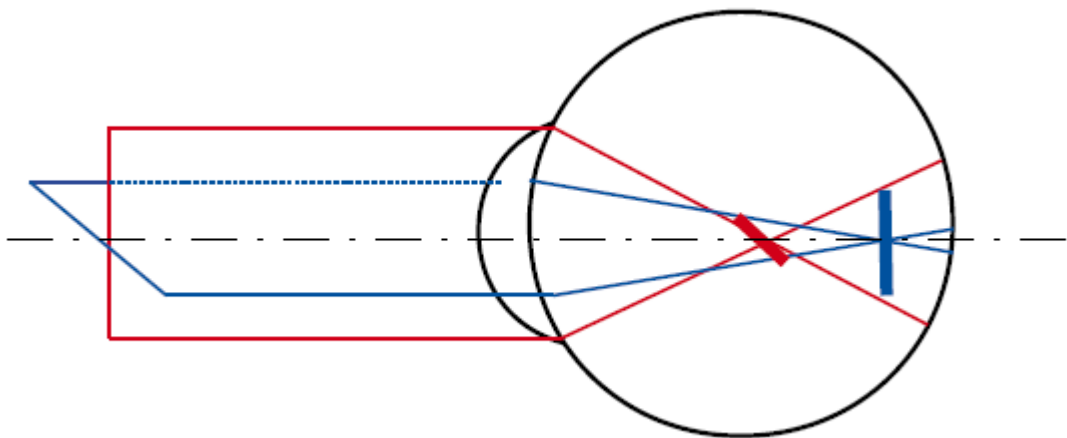
Astigmatismus *obliquus* je definován jako odchylka hlavních meridiánů od vertikály a horizontály o více než 20°. Astigmatismus *biobliquus* má hlavní meridiány symetrické, ale nejsou na sebe kolmé, tak jak je to u *a. obliquus*. [1,2]

Pacient s astigmatismem bez korekce mívá silné bolesti hlavy, je neurastenický, podrážděný a další astenopické obtíže se projevují hlavně při zvýšeném akomodačním úsilí, kterým dosahují lepší zrakové ostrosti. Podobně jako u myopů mohou dosáhnout lepší zrakové ostrosti mhouřením očí, čímž si vytvářejí stenopeickou štěrbinu, ve které nejsou přítomny žádné zobrazovací vady. Pokud má pacient astigmatismus šikmých os, můžeme u něj zpozorovat typický náklon hlavy, který později vede ke skolióze či torticollis.

Pro různé druhy astigmatismu je vhodná různá korekce, u fyziologického astigmatismu se například doporučuje nekorigovat, pokud pacient nemá žádné obtíže. Mezi

nejběžnější typy korekce lze zařadit cylindrické brýlové čočky, u malých vad sférické kontaktní čočky, torické kontaktní čočky, tvrdé kontaktní čočky a některé chirurgické zákroky, např. limbální relaxační incize, implantace fakických čoček apod.

Především u brýlové korekce je třeba si dávat pozor na prostorovou distorzi obrazu, způsobenou nevhodně umístěnými fokálními v oku. Adaptace na korekci astigmatismu cylindrickými skly bývá u dětí rychlá, můžeme jim tedy naordinovat plnou korekci vady. Dospělí mají s adaptací velké potíže, nejdelší doba zvykání si na korekci je u astigmatismu proti pravidlu, který se koriguje mnohem hůře, čím později se na něj u pacienta přijde. U všech pacientů zkusíme subjektivní binokulární snášenlivost, výše výsledné korekce je zcela individuální. [1,2]



**Obr. 12: Astigmatismus: pravidelný, přímý, složený a myopický [23]**



### 3.4. Presbyopie

Presbyopie čili vetchozrakost je vada, vznikající vlivem stárnutí oční čočky a tím i snižováním schopnosti akomodace ovlivňující vidění do blízka. Objevení prvních příznaků presbyopie se liší podle refrakční vady, u hypermetropie se projeví dříve a u myopie do -4D později.

Jádro oční čočky mohutní a ztrácí svoji pružnost. Čočková vlákna sklerotizují, dochází ke snížení obsahu vody, žloutnutí a tvrdnutí čočkových hmot. Čočka celkově zvětšuje svůj objem a ztrácí svoji elasticitu, nemůže se tedy již tak snadno vyklenout a zaostřit na blízké předměty. Pružnost čočkového pouzdra klesá po 45. roce věku.

Základním příznakem je prodlužující se čtecí vzdálenost. Dochází ke snížení zrakové ostrosti na blízko při nedostatečném osvětlení, a proto si presbyopové snaží navodit miózu, tedy zúžení zornice. Obtíže se mohou v průběhu dne zhoršovat, je za tím dlouhotrvající akomodační úsilí, např. při dlouhodobé práci na počítači. Zpočátku převažují pouze potíže vizuálního charakteru, jako je rozostřené či zamlžené vidění. Později se k nim přidávají astenopické obtíže, např. pocit únavy očí, bolesti očí, bolesti hlavy, unavený vzhled očí a spojivková injekce.

Korekce presbyopie je řešena kladným přídavkem do blízka tedy adicí, jež se přičítá k hodnotám korekce na dálku. Adici volíme tak, abychom v hlavní pracovní vzdálenosti pohodlně viděli s vytižením přibližně 2/3 akomodační šíře a zbývající 1/3 zůstává jako akomodační rezerva pro krátkodobé zaostření na vzdálenosti bližší než je hlavní pracovní bod.

Adice je obvykle předepisována na obě oči ve stejné výši, ale je možné setkat se s pacienty, jimž bude příjemnější rozdílná adice. Celkově by přídavek do blízka neměl přesáhnout 3D, ale může být i vyšší kvůli zvětšení obrazu na sítnici, např. u pacientů s věkem podmíněnou makulární degenerací. [1,2,4]

## 4. REFRAKČNÍ ZÁKROKY

Refrakční chirurgie je rychle se rozvíjející směr oftalmologie, jež se zabývá možnostmi korekce refrakčních vad. Cíleně se zaměřuje na zákroky na rohovce a oční čočce. Zásadní je snaha dosáhnout maximální kvality prováděného výkonu a jeho bezpečnosti umožněné díky vyspělým technologiím a operačním nástrojům. Celkově můžeme zákroky dělit na povrchové (rohovkové), nitrooční (čočkové), sklerální a kombinované.

Rohovkové zákroky jsou chirurgické a laserové. Chirurgické zákroky se provádějí ve formě různých nářezů rohovky, zavedení prstenců do rohovkového stromatu či implantací rohovkové čočky. Laserové zákroky jsou ve většině případů prováděny pomocí argon - fluoridového excimer laseru, u nichž se jednotlivé zákroky liší ve způsobu odloučení epitelu rohovky.

Nitrooční zákroky jsou chirurgické povahy se dvěma základními principy, a to implantace předněkomorových či zadněkomorových fakických čoček nebo implantace afakické čočky do pouzdra po čočce původní.

Sklerální zákroky byly prováděny v rámci korekce presbyopie, většina zákroků měla zpomalit či zastavit progresi ztráty akomodace. S vývojem nových technologií bylo od sklerálních zákroků upuštěno.

Kombinované zákroky spojují rohovkové a nitrooční výkony. Souhrnný název pro tyto zákroky je bioptix. Nejdříve proběhne nitrooční zákrok, který je poté doplněn zákrokem laserovým či chirurgickým. Obvykle je tento postup využíván u vyšších stupňů refrakčních vad. [12]

## 4.1. Vyšetření před refrakčními zákroky

### *Anamnéza*

Před každým refrakčním zákrokem je nutné provést důkladné vyšetření. Jehož součástí je i anamnéza. V rámci *osobní anamnézy* zjišťujeme celková onemocnění a předepsanou medikaci, pracovní obor, výskyt alergií, hojení ran, sportovní nasazení, hobby, noční řízení. Z *rodinné anamnézy* nás zajímá především výskyt onemocnění jako je diabetes mellitus, tupozrakost, glaukom, katarakta. Z *osobní oční* poté nošení okluzoru, šilhání, oční úrazy, prodělané operace, předchozí korekce: brýle, kontaktní čočky, apod.

U pacientů s anizometrií a strabismem udávaným v anamnéze provádíme strabologický rozbor, vyšetřujeme jednoduché binokulární vidění. Je nutné vyloučit rozvoj diplopie po refrakčním zákroku. [4,6]

### *Zraková ostrost*

Stanovíme naturální vizus - nekorigovanou zrakovou ostrost (UCVA) a vizus s optimální korekcí - nejlépe korigovanou zrakovou ostrost (BCVA) do dálky pomocí optotypových tabulí (např. Snellenových) a do blízka např. Jaegerovými tabulkami. Vizus je vhodné stanovit i v cykloplegii zejména u hypermetropických pacientů. [4]

### *Axiální refrakce*

Součástí vyšetření axiální refrakce je zjištění manifestní a latentní refrakce, kterou vyšetřujeme v cykloplegii, abychom vyloučili akomodaci. Dále je nutné vyšetřit vizus na dálku a na blízko a optimální korekci na tyto vzdálenosti.

### *Stav předního segmentu*

Zaměříme se především na stav rohovky, očních komor, duhovky, ciliárního tělíska a čočky. Začneme prostým pohledem na okolí očí, víček a bulbů, také na jejich postavení, popř. hybnost, tvar zornic a jejich fotoreakci. Poté přejdeme na přístrojová vyšetření.

Nejvšestrannějším přístrojem je šterbinová lampa, oko lze vyšetřit při normální šíři zornice, ale také v mydriáze. Hodnotíme stav jednotlivých částí, hlavně zánětlivé a patologické procesy a to u víčka (blefaritida), spojivky (její řasení, záněty), slzného filmu (syndrom suchého oka) a rohovky (opacifikace, vaskularizace, transparentnost). Oblast komorového úhlu a duhovky je důležitá hlavně z hlediska glaukomových komplikací.

U zornice sledujeme její šíři, která např. může udávat velikost optické zóny nitrooční čočky, nebo předvídat stav vidění v noci. Dále hodnotíme přítomnost katarakty a jiné patologické stavy.

Endoteliální mikroskopie je vyšetření zabývající se kvantifikací buněk endotelu a sledováním jejich morfologie. Určovat jeho stav je klíčové při zadních rohovkových dystrofiích, po nitroočních operacích, u transplantovaných rohovek.

Pomocí Schirmerova testu zjišťujeme kvalitu slzného filmu. Test lze provádět na sekreci bazální, kdy je oko znecitlivěno před aplikací papírku do spojivkového vaku, nebo reflexní sekreci, při níž nedochází k předchozímu znecitlivění. Lze též zjišťovat break up time (BUT), který určuje, za jak dlouho se roztrhá slzný film, přičemž fyziologická hodnota je 15 sekund.

Podstatným ukazatelem je i kontrastní citlivost, což je schopnost zraku rozeznávat různé znaky na různě kontrastních pozadích. K tomuto vyšetření se používá mnoho testů, např. Pelli - Robsonovy tabulky. Po implantaci nitroočních multifokálních čoček nebo laserové operaci rohovky může dojít k jejímu snížení.

Měření nitroočního tlaku je zařazeno jako prevence glaukomových komplikací při operaci. Při většině metod dochází k přechodnému zvýšení tlaku. Měření je běžně prováděno bezkontaktním tonometrem nebo Goldmanovým aplanačním tonometrem. Kvůli různé tloušťce rohovky je třeba zohlednit výšku nitroočního tlaku. Při centrální tloušťce rohovky (CCT) nižší než 550  $\mu\text{m}$  se tlak jeví falešně nižší a u rohovek s CCT nad 550  $\mu\text{m}$  falešně vyšší.

Tloušťku rohovky, pachymetrii, zjišťujeme kontaktně pomocí ultrazvukové sondy, bezkontaktně optickou biometrií nebo Pentacamem. Kontraindikací většiny laserových zákroků je příliš tenká rohovka.

Biometrické měření nám odhalí předozadní délku oka, která vystupuje především ve vzorcích pro určení optické mohutnosti umělé nitrooční čočky. Také získáme hodnoty týkající se hloubky přední komory. Optická bezkontaktní biometrie je vhodnější pro svoji přesnost měření na 0,01 mm, ale je naprosto nevhodná pro neprůhledná optická média, např. při pokročilé kataraktě. Oproti tomu je ultrazvuková biometrie méně přesná, pouze na 0,1 mm, ale je univerzální.

Rohovkový topograf přehledně zobrazí zakřivení rohovky, podrobně stanoví hodnotu astigmatismu v nejstrmějším a nejplošším meridiánu, díky němu dokážeme vyloučit některá ektatická onemocnění rohovky. Nevýhodou této metody je neschopnost objektivně změřit střed rohovky, místo toho hodnoty dopočítává.

Pupilometrií zjišťujeme velikost zornice za fotopických a skotopických podmínek. Je významná hlavně z hlediska výběru zóny ablace při laserových zákrocích, velikosti optické zóny nitrooční čočky. [4,6]

#### *Stav zadního segmentu oka*

Jako zadní segment oka je obvykle označován sklivce a sítnice. Tuto oblast vyšetřujeme v arteficiální mydriáze nepřímou oftalmoskopií, popř. biomikoskopií. Zaměřujeme se především na jemné změny sítnice a vitreoretinálního rozhraní. U sklivce hodnotíme zejména výskyt patologie, jako jsou zákalky ve sklivci, jeho zkapalnění nebo krvácení do sklivce. Dále sledujeme degenerativní změny v periférii sítnice. Kontrolujeme stav terče zrakového nervu, makuly a cév.

Perimetrické vyšetření nám mapuje rozsah zorného pole. Provádí se tak screening možných skotomů, degenerativních onemocnění sítnice či zrakového nervu.

## **4.2. Refrakční zákroky na rohovce**

Výkony na rohovce lze rozdělit do dvou velkých skupin a to na zákroky laserové a nelaserové. Z nelaserových chirurgických zákroků se v současnosti nejvíce využívá astigmatická keratotomie v podobě limbálních relaxačních incizí, implantace intrastromálního korneálního kroužku a epikeratoplastika.

Laser pro zákroky na rohovce je excimerové, holmium: YAG, diodový a femtosekundový. Excimerovým laserem provádíme fotorefraktivní keratektomii, laser in situ keratomileusis, laser-assisted subepithelial keratectomy. Holmium YAG a diodový laser jsou méně používané, lze pomocí nich provést laserovou termální a diodovou termální keratoplastiku. Femtosekundový laser je dostupný teprve v posledních letech, jeho využití je částečné, např. Intra-LASIK, nebo je jím zákrok proveden celý, např. INTRACOR. [4]

### **4.2.2. Chirurgické zákroky na rohovce**

Mezi nelaserové zákroky řadíme různé druhy incizní keratotomie, implantaci intrastromálních korneálních kroužků, intrakorneálních čoček a epikeratoplastiku.

### **4.2.2.1. Incizní keratotomie**

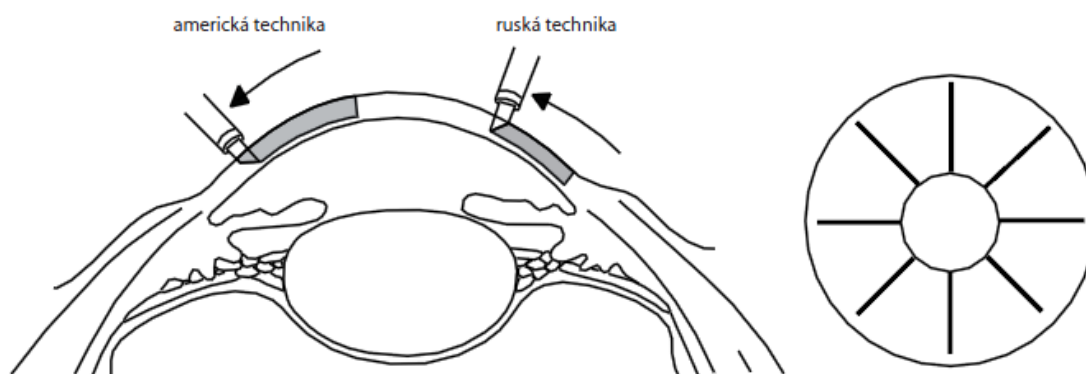
Tato metoda se vyvinula a byla vylepšována v průběhu 80. a 90. let minulého století. Spočívá v sestavení normogramu určujícím počet, délku, hloubku a přesné umístění nářezů vedených z okraje epitelu rohovky. Tyto vhodně vybrané nářezy mění zakřivení rohovky a tím její optickou mohutnost. Konečný výsledek zákroku ovlivňuje věk pacienta, jeho pohlaví, hloubka a počet incizí, keratometrický profil a tloušťka rohovky, šíře intaktní optické zóny, apod. Incize jde do hloubky 90% z nejtěsnějšího místa rohovky, které je zjištěno pomocí pachymetrie. Je nutné dělat incize dostatečně hluboké, aby byla zajištěna dostatečná efektivita, která se zvyšuje s co nejmenší intaktní optickou zónou. Příliš malá zóna způsobuje komplikace ve formě světelných fenoménů, např. glare, halo a horší noční vidění. Další komplikací je protěnění rohovky v místě incize, u vysokých vad nutnost opakování zákroku. Velkou výhodou této metody je minimální zátěž pro pacienta. Podle typů nářezů se keratotomie dělí na radiální, astigmatickou arkuátní a hexagonální. [4,12]

Hexagonální keratotomie si vzala za cíl zestrmit centrální část rohovky a korigovat tak refrakční vady do výše 4 dioptrií. Původně byla užívána pro korekci hypermetropie a v současné době se již nevyužívá.

#### **4.2.2.1.1. Radiální keratotomie**

Radiální keratotomie je první z metod vyvinutých pro léčbu vyšší myopie. Používá se pro zestrmení rohovky v nejplošším meridiánu. Byla prováděna samostatně nebo jako doplňkový zákrok např. při penetrující keratoplastice, avšak více se používá arkuátní keratotomie.

Metody provedení jsou tři: metoda unphill, downphill (Obr. 13) a jejich kombinace. Unphill či také ruská metoda je technika centripetálních radiálních incizí, tedy řezy jsou vedeny od okraje ke středu. Downphill či americká technika centrifugálních incizí, řezy směřují od středu ke kraji. V případě kombinovaného zákroku se střídají incize mělčí centrifugální a hlubší centripetální. Doporučený počet incizí se u tohoto zákroku pohybuje mezi 4 nebo 8 s tím, že nejdříve se provedou 4 a pro případnou dokorekci se přidají další 4.



Obr. 13: Radiální keratotomie [4]

#### 4.2.2.1.2. Astigmatická keratotomie

Astigmatická keratotomie se používá pro korekci vrozeného nebo získaného astigmatismu. Přesně dozovanými incizemi různě vzdálenými od středu rohovky s různým profilem je možné dosáhnout oploštění v jejím nejstrmějším meridiánu. Zákrok je prováděn primárně jako náprava astigmatismu nebo je jím sekundárně korigován pooperační astigmatismus, např. po operaci katarakty či keratoplastice. Existují různé techniky rohovkových nářezů, a to arkuátní astigmatická keratotomie (ARK), transversální neboli tangenciální (T-cuts) keratotomie a limbální relaxační incize (LRI). Pro tyto metody existují normogramy, dělíme je podle jejich autorů a liší se i dalšími faktory.

Metoda ARK dle Lindstroma je prováděna pomocí obloukových řezů, jejich délka je daná ve stupních výseče kruhu o poloměru optické zóny, často je to od 45° přes 60° do 90° (Obr. 14).

T-cuts dle Friendlandera jsou rovné řezy o délce 3 mm v optické zóně 6 mm.

Předchozí metody jsou mnohem méně výhodné, protože zasahují do optické zóny, z tohoto důvodu je vhodnější metoda limbální relaxační incize (LRI). Nářezy u LRI jsou prováděny v oblasti pod anatomickým limbem, tak aby nezasahovaly cévy v jeho okolí. Jsou ve tvaru oblouku a mohou korigovat vadu do výše 3D. Jejich úspěšnost závisí na věku, se zvyšujícím se věkem se snižuje schopnost regenerace rohovkové tkáně. Hloubka incize je standardně 600  $\mu\text{m}$ . Efektivitu zákroku je možné zlepšit protažením délky nářezu, jeho zdvojením, umístěním sutury v nejplošším meridiánu rohovky, či provedením ARK řezu v optické zóně 8 mm.

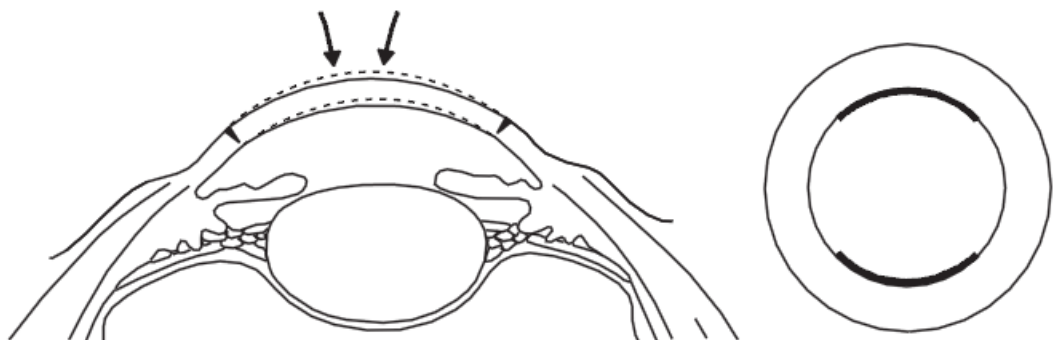
Pacient absolvuje celkové předoperační vyšetření a po vyhodnocení výsledků je zvolena vhodná operační metoda. Pokud dobře spolupracuje, postačí topická anestezie, jinak je nutná celková anestezie. Mezi oční víčka se umístí vhodný typ rozvěrače, čímž se brání

sevržení víček. Poté vymežeme optickou zónu dle normogramu na povrchu rohovky pomocí markeru k tomu určenému. Marker je vybaven zaměřovacím křížem, jehož střed je nutné umístit na střed optické osy oka. Následně jej otiskneme na rohovku. Po zakreslení řezů následuje kalibrace diamantového nože na příslušnou hloubku incize. Hloubka řezu se pohybuje okolo 90 až 95% a je vypočítána z nejtenčího místa na rohovce zjištěného pachymetrií. Jedinou výjimkou je hloubka řezu u LRI, která není stanovována individuálně, ale je nastavena na fixních 600  $\mu\text{m}$ . Samotný řez je veden kolmo k povrchu rohovky. Při zákroku se snažíme eliminovat pohyby pacienta, neboť může dojít k četným komplikacím.

Po zákroku nosí pacient 24 hodin monokulární okluzi. Keratoskopická kontrola probíhá ihned po zákroku na operačním sále, další kontroly jsou plánovány v den po operaci, po týdnu, měsíci a třech měsících od zákroku. Pacient si první týden kape antibiotika, poté je vymění za kortikoidy. Pro jeho pohodlí je možné přidat i lubrikancia. V závislosti na kvalitě a rychlosti hojení na operovaném oku je plánován zákrok na oku druhém. Popřípadě doplnění dalších incizí při nedostatečnosti prvního zákroku. [4,12]

Celkově lze komplikace rozdělit na peroperační a pooperační. Peroperační komplikace se týkají především celkové a topické medikace, chybného naznačení řezů, špatné spolupráce pacienta, perforace rohovky, nekvalitní pachymetrie. Pooperační komplikace mohou být spojeny s infekčními či neinfekčními změnami v rohovkových vrstvách, medikamentózní léčbou. Potíže optického charakteru se objevují v závislosti na šíři intaktní optické zóny, čím je zóna menší, tím více optických fenoménů se objevuje. Nejčastěji se jedná o glare, tedy oslnění, flaktulaci, což jsou výkyvy vizu v průběhu dne. Změny v rohovkových vrstvách se obvykle týkají poruchy hojení, epitelových vrstů, endotelové dekompenzace a vaskularizace rohovky v místě řezu.

V současnosti se z těchto metod nejčastěji používají LRI a to převážně ke korekci pooperačního astigmatismu po předchozím chirurgickém zákroku, např. transplantaci rohovky. [4,12]



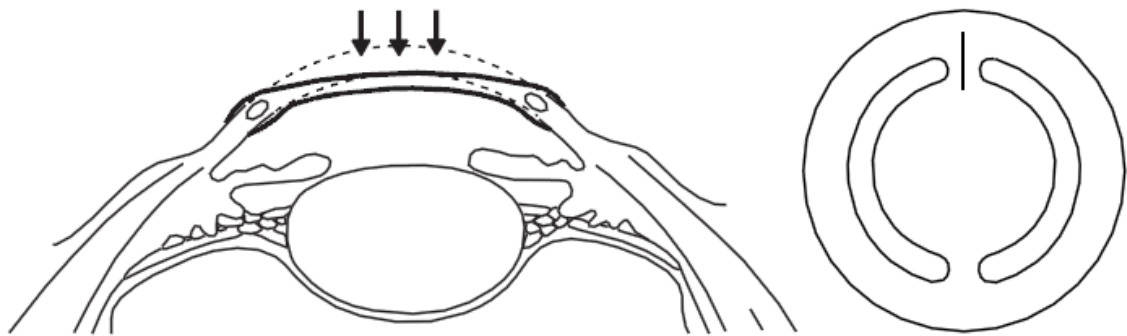
Obr. 14: Astigmatická keratotomie [4]



#### 4.2.2.2. Intrastromální kroužek (ICR)

Cílem této metody je snížit nepravidelnost povrchu rohovky a zlepšit nekorigovanou a korigovanou zrakovou ostrost pacienta pomocí zavedení intrastromálního kroužku (ICR) nebo intrastromálních segmentů (intrastromal corneal ring segments = ICRS) do intrastromálního tunelu (Obr. 15), který je vytvořen diamantovým nožem pomocí rotačních háček. Implantát je usazen dostatečně hluboko a okraje ringů jsou dostatečně daleko od okraje incize.

ICR může mít podobu kroužku o šestiúhelníkovém průřezu, který se implantuje, tak aby výsledná optická zóna měla v průměru 6 mm. ICRS jsou polokruhové implantáty většinou z PMMA s trojúhelníkovým průřezem a jejich délka je určována úhly, např. 90, 120, 160 a 210 stupňů, implantují se do optické zóny 5 mm. Podle tloušťky průřezu a vzdálenosti implantátů od středu dosáhneme potřebného napnutí rohovky a tím i oploštění jejího středu.



Obr. 15: Intrastromální ring [4]

Výsledný efekt nebyl pro korekci nízké a střední myopie vždy perfektní, a proto je dávana přednost jiným refrakčním zákrokům. ICR a ICRS se používají v současnosti především u rohovkových a iaterogenních ektázií, při nepravidelném astigmatismu po keratoplastice nebo po jiných korekčních metodách jako jsou například rohovkové incize.

Kontraindikací tohoto zákroku je akutní keratokonus a jeho pozdní stadia, protenčení rohovky v místě implantace, nedostatečný počet endoteliálních buněk rohovky, těžké formy atopie a vysoké nároky pacienta na kvalitu vidění.

Samotný zákrok je prováděn v topické anestezii, a ta může být kombinována s analgosedací. Dalším krokem je označení optického středu oka a vyznačení optické zóny, což je 7 nebo 8 mm. Radiální incize v pozici 12 je dlouhá 2 až 3 mm a je vedena do hloubky asi 70% tloušťky rohovky. Na oko je přisát rohovkový separátor, tedy speciální fixační prstenec, který kromě fixace slouží i jako zavaděč pro separační nůž s rozsahem 360°.

Tlakem tupého nože na stroma rohovky vznikne tunel, do něhož jsou rotačními háčky vloženy implantáty. Primární rána na rohovce je zašita. Po operaci je pacientovi zavedena léčba kortikoidy a ustálený výsledek lze očekávat dva měsíce po zákroku.

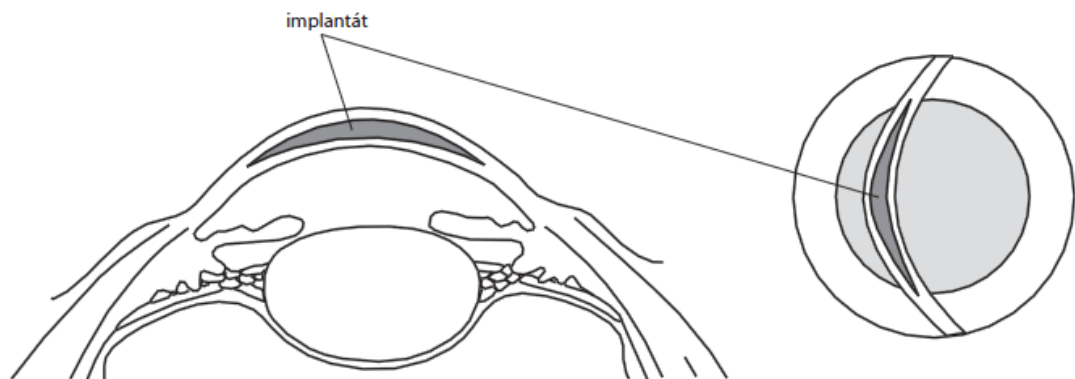
Mezi možné komplikace se řadí rušivé optické fenomény, jako je halo a glare, nepravidelný astigmatismus, nedostatečná hloubka zavedení implantátu, depozita v intrastromálním tunelu, hluboké neovaskularizace, rejekce implantátu, infekce, vzácně perforace rohovky. Velkou výhodou této metody je její reverzibilita, tedy možnost explantace ICR. [11,12]

#### 4.2.2.3. Intrakorneální čočky

Intrakorneální čočky jsou speciální biokompatibilní čočky z polysulfonu nebo hydrogelu implantované do stromálního lůžka, které vznikne po vytvoření lamely rohovky mikrokeratomem nebo pomocí FSL (Obr. 16). Materiály, ze kterých jsou čočky vyrobeny, jsou propustné pro kyslík a výrobci se snaží vyrobit materiál s indexem lomu identickým s indexem lomu rohovky, tedy 1,376, čím podobnější index lomu čočky je, tím více se snižuje riziko rozptylu světla. Čočky mají 78% obsah vody, což zabezpečuje dokonalou adhezi čočky k lamelle.

Obecně se tato metoda v minulosti používala ke korekci afakie, v současnosti je možné tuto metodu použít pro korekci hypermetropie do velikosti 6D a keratokonu při nesnášenlivosti kontaktních čoček.

I po tomto zákroku mohou vzniknout komplikace, např. v podobě depozit a jizvení mezi styčnými plochami, vnímání optických fenoménů, nesnášenlivost materiálu čočky nebo její decentrace. Zákrok je reverzibilní. Čočku lze vyměnit, odstranit nebo ji opětovně stabilizovat. [11,12]



Obr. 16: Intrakorneální čočka [4]

#### 4.2.2.4. Epikeratoplastika

Epikeratoplastika je metoda lamelární refrakční chirurgie. Na upravený povrch rohovky je přišit biokompatibilní syntetický terč nebo upravená dárcovská lamela. Díky tomu dojde ke změně povrchovému zakřivení rohovky a její refrakce.

Tento zákrok nachází své využití při ektatických onemocněních rohovky: keratokonu, keratoglobu a pelucidní marginální degeneraci, a také při selhání možnosti korigovat refrakční vadu kontaktními čočkami. Dříve byla určena ke korekci pooperační afakie i u dětí.

Operační technika s dárcovským štěpem je rozdělena do dvou etap. V první etapě dochází k přípravě dárcovského terče, která spočívá v odstranění epitelu a zachování Bowmanovy membrány a přední části stromatu. Následuje obarvení štěpu pro lepší manipulaci a lyofilizace<sup>1</sup> kvůli zlepšení možnosti obrábění štěpu na požadovanou velikost a optickou mohutnost. Po úpravě je štěp zabalen a připraven k expedici v rohovkové bance, jeho životnost je asi dva měsíce. Druhá etapa začíná zahájením operačního výkonu. Dárcovský štěp je rehydratován po dobu 20 minut ve fyziologickém roztoku nasyceném antibiotiky. Následuje odstranění epitelu rohovky příjemce. V periferii rohovky jsou provedeny manuálně nebo pomocí trepanačního nože zářezy podle velikosti štěpu. Do nich je poté zasazen a následně přišit dárcovský štěp. V pooperačním období jsou aplikována lokálně antibiotika a po dokončení epitelizace nového terče se vymění za kortikoidy. Předchází se tak možným pooperačním komplikacím, jako jsou, např. jizevnaté změny, infekce, ulcerace na dárcovském štěpu či jeho rejekce. Stehy je možné vyjmout s odstupem 3 - 8 týdnů od zákroku podle rychlosti a kvality hojení. Je třeba si při kontrolách dávat pozor na hodnotu nitroočního tlaku, neboť bývá zkreslený větší tloušťkou rohovky.

*Epikeratoplastika se syntetickým terčem probíhá stejně jako v případě terče od živého dárce. Na syntetický terč jsou kladeny vysoké nároky. Materiál musí být opticky čistý, dlouhodobě snášený, biokompatibilní se schopností přilnout k povrchu rohovky a možností překrytí epitelem. Za vhodný materiál jsou považovány kolagenové kopolymery a purifikované kolageny. Syntetické terče prozatím naráží na mnohé komplikace, nejzávažnější z nich je proteolýza a neslučitelný povrch s permanentním epitelovým defektem. [4]*

---

<sup>1</sup> Lyofilizovaný - zbavený vody pro skladování a určený k rozpuštění ve vodě při vlastním použití. V našem případě se jedná o vysušení štěpu, který je po zpracování uložen a před použitím rehydratován. [13]

### 4.2.3. Laserové zákroky na rohovce

Pro rohovkové refrakční zákroky se používají především tyto typy laserů: excimer, holmium: YAG, diodový a femtosekundový.

*Excimer laser* je většinou argon - fluoridový vydávající paprsky ultrafialového záření o vlnové délce 193 nm. Ultrafialové záření vyvolá fotochemický jev, na jehož základě dojde k ablaci kolagenních makromolekul. Tkáň, jež absorbuje záření, se rozpadne na molekulární fragmenty, které se změní v bublinky plynu. Za jeden puls záření se snese 0,25  $\mu\text{m}$  tkáně rohovky. Zvolením míst dopadu pulzního záření lze změnit zakřivení rohovky a tím i její lomivost.

*Holmium YAG laser* je užíván při nekontaktní laserové termální keratoplastice (LTK). Vyzařuje světlo o vlnové délce 2,1  $\mu\text{m}$ , což spadá do infračerveného spektra, které změní rohovkový kolagenu a působí na kontrakci fibril.

*Diodový laser* se používá při diodové keratoplastice (DTK). [12,13]

*Femtosekundový laser* (FSL) je používán pro různé typy zákroků. Obvykle je používán částečně, např. při vytvoření lamely před zákrokem LASIK. Výkon jím ale může být proveden i celý, např. INTRACOR a astigmatická keratotomie. [21]

#### 4.2.3.1. Zákroky s použitím excimer laseru

Pro tyto zákroky je typické, že se neoznačují celým svým názvem ale pouze zkratkou. Mezi výkony s využitím excimer laseru lze řadit fotorefraktivní keratektomii (PRK), laser in situ keratomileusis (LASIK), laser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK, Epi-LASIK). Zákroky se mezi sebou liší hloubkou, ve které jsou prováděny a v trvalých nebo dočasných změnách struktur po zákroku. [4]

Indikací k provedení laserového zákroku je refrakční vada, jejíž stav se za posledních 6 až 12 měsíců nezměnil o více než 0,25 až 0,5D. Pacient musí být starší 18 let. Zárok není relativně vhodný, pokud je refrakční stav nestabilní, na oku probíhá akutní nebo chronické onemocnění a herpes keratitida v anamnéze. Absolutní kontraindikací je herpes zoster keratitida a špatný celkový zdravotní stav pacienta. Relativní kontraindikací je keratokonus a syndrom suchého oka. [4]

#### 4.2.3.1.1. Fotorefraktivní keratektomie (PRK)

Povrchový laserový zákrok, jehož základním principem je oploštění přední plochy rohovky v centru při korekci myopie nebo v periférii pro korekci hypermetropie, popřípadě v určité ose při korekci astigmatismu. Zákrok je tedy vhodný pro korekci myopie do -4D, hypermetropie do +2D a astigmatismu  $\pm 2D$ . Je provedeno celkové předoperační vyšetření. Nejdůležitější faktory pro kvalitní provedení zákroku je výše stabilní refrakční vady, pachymetrie, šíře a chování zornice za různých světelných podmínek.

Samotný zákrok probíhá v topické anestezii, jež začíná být intenzivně aplikována 30 minut před zákrokem. Je vhodné, aby měla anestetika epitelotoxický účinek. Těsně před zákrokem je oko vypláchnuto zředěným sterilním roztokem Betadine. Aplikuje se vhodný rozvěrač očních víček, musí být zvolen tak, aby nedocházelo k deformacím rohovky, jež by mohly ovlivnit výsledek zákroku. Na rohovku je přiložen značkovací marker o průměru 7 až 8 mm. Uvnitř vyznačené zóny je poté provedeno mechanické snesení epitelu (abraze) pomocí tupého nástroje podobného hokejce. Při korekci astigmatismu se snesení provede dle dané osy až do periférie k limbu. Je nutné být v této oblasti opatrný, protože by mohlo dojít k poškození cév. Abraze nemusí být použita pouze mechanická, existuje i její chemická varianta.

Marker se na dobu 15 sekund naplní 20% roztokem etylalkoholu, epitelová vrstva se rehydratuje a snadno se odloučí. Poté se rohovka dokonale osuší, neboť při její hydrataci by mohlo dojít k nepřesné korekci vady. Laserový paprsek se zaměří do centra optické zóny a zkontroluje se fixace pacienta. Pacient sleduje v průběhu celého zákroku naváděcí laserový paprsek červené barvy, tím se zajistí spojení optické osy pohledu s osou refrakčního zákroku. Mimovolní pohyby oka při fotoablacii kontroluje systém „eyetracker“, který je schopen podle pohybů oka vychylovat laserový paprsek. Fotoablace je obvykle prováděna systémem tzv. tančícího paprsku, označovaného také jako létající bod, frekvence pulzů je 25 Hz a stopa pulzu asi 1 až 2 mm. Délka zákroku se odvíjí od počtu pulzů, velikosti refrakční vady a velikosti optické zóny, obvykle jsou to desítky vteřin. Během zákroku jsou opatrně odsávány slzy.

Následuje opláchnutí opracovaného povrchu, kápnutí antibiotik, nesteroidních antiflogistik a nasazení krycí kontaktní čočky. Protože jsou po zákroku obnažena volná nervová zakončení, každé mrknutí je bolestivé, z tohoto důvodu je tedy použita kontaktní čočka po dobu reepitelizace. Epitelizace probíhá postupně, první den dojde ke zhojení 30% epitelu, je viditelný kruhový defekt. Druhý den ke zhojení obvykle zbývá 30% povrchu, je

viditelný trojúhelníkový defekt. Třetí den je epitelizace zcela dokončena nebo chybějící epitel tvoří obraz písmene Y, nyní můžeme odstranit se krycí čočku.

Antibiotika pacient kape 4 až 5 dní po operaci, podle dokončení epitelizace, povrch oka může zvlhčovat lubrikačními kapkami. Dalším krokem je terapie kortikoidy, jež trvá asi 8 týdnů po dokončení epitelizace rohovky. Bezprostředně po operaci lze doporučit celkové užívání analgetik.

Po zákroku ošetřující lékař kontroluje naturální zrakovou ostrost, refrakční stav oka, přední a zadní segment oka, rohovkovou topografii, nitrooční tlak a popřípadě aberometrii. Stabilita refrakce se dostaví poměrně rychle, ale oproti ostatním metodám je tu větší pooperační dyskomfort a bolestivost. Časně komplikace jsou spojené s defektním zhojením epitelu, možností zkalení předního stromatu (haze), vznik sterilních rohovkových infiltrátů, jejichž hojení vyvolá zjizvení. Jako prevence proti hazím jsou užívány kortikoidy, pokud nezabírají je indikována fototerapeutická keratektomie (PTK) s aplikací mitomycinu<sup>2</sup>. Obávanou, naštěstí vzácnou, komplikací je infekční keratitida. Další možnou komplikací je syndrom recidivující eroze, regrese vady nebo nedostatečná korekce původní vady. [4,12]

#### **4.2.3.1.2. LASIK (Laser in situ keratomileusis)**

Laser in situ keratomileusis spočívá v kombinaci lamelární keratektomie a modelování rohovkové tkáně excimer laserem. Tento zákrok je vhodný pro korekci vyšší myopie, konkrétně v rozsahu od -3D do -7D, hypermetropie od +3D do +5D a astigmatismu nad  $\pm 2D$ . Před zákrokem se postupuje stejně jako u PRK, jsou provedena základní vyšetření, jež jsou popsána v kapitole 4.1. Příprava pacienta na zákrok probíhá obdobně jako u PRK, avšak použité anestetikum nesmí mít epitelotoxický účinek.

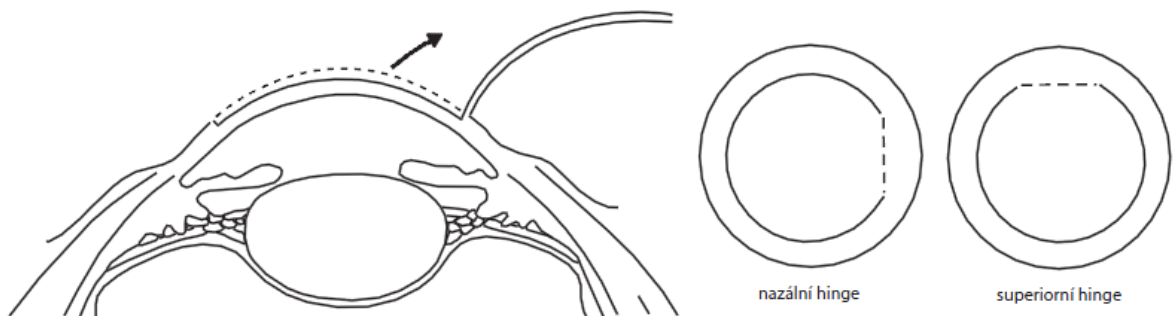
Pro provedení LASIKu je nezbytné mít potřebné vybavení v podobě mikrokeratomu, který je schopen vytvořit rohovkovou lamelu (neboli flap) o pravidelné tloušťce, která se podle typu keratomu pohybuje v rozmezí 130 až 180  $\mu\text{m}$ . Lamela nám umožňuje zachování epitelu a Bowmanovy membrány s částí horního stromatu. Aby nedocházelo k pohybům oka v průběhu vytváření lamely, je na oko přisát kroužek pro zabezpečení fixace. Tento fixační kroužek funguje jako vodící lišta, díky němu je možné zajistit pravidelnost lamely, zejména

---

<sup>2</sup> Aplikací Mitomycinu C (MMC) zabráníme aktivaci keratocytů a předejdeme tak vzniku haze, má i antibakteriální účinek. Po provedení PTK je MMC aplikován na rohovku v koncentraci 0,002 - 0,02% po dobu 30 sekund až 2 minut. [9]

její tloušťku, tvar a velikost. Hlava mikrokeratomu se skládá z ostrého nože nebo žiletky, předsádky určující hloubku řezu a zarážky, která brání úplnému odříznutí lamely.

Zárok probíhá ve dvou fázích. V první fázi se rohovka důkladně opláchne a osuší, na oko je přisát kroužek pro stabilizaci polohy, poté se zkontroluje nitrooční tlak, který je přechodně vysoký (až 65 mmHg). Poté již následuje vlastní seříznutí rohovkové lamely, která je stále spojena s povrchem rohovky pomocí asi 1 mm širokého můstku - hinge (Obr. 17). Ten může být orientován nazálně nebo superiorně. Po odklopení lamely se dostáváme do druhé fáze zákroku a to k fotoablaci. Proběhne zaměření laseru, kontrola fixace pacienta a aktivace eyetrackeru. Po ukončení ablace se povrch stromatu navlhčí a lamela se reponuje zpět na původní místo. Kvůli možným nečistotám následuje výplach prostoru pod lamelou a její fixace. Přichycení lamely je otázkou zapojení vodní pumpy v rohovce. Doba základního přichycení lamely se pohybuje kolem 2 min.



Obr. 17: Odklopení lamely a typy hinge [4]

Pro kontrolu adheze se používá Striae test, chirurg tupým nástrojem zatlačí vně od lamelárního řezu na povrch rohovky, dojde k nařasení povrchu. Pokud se přeneseme přes řez na plochu lamely, je to důkaz jejího pevného přilnutí.

Operace je ukončena aplikací antibiotik, nesteroidních antiflogistik a v některých případech je na rohovku naaplikována krycí kontaktní čočka. Z operačního sálu jde pacient ihned po zákroku na kontrolu na štěrbinové lampě, především kvůli uložení lamely. Následná kontrola proběhne s odstupem 15-20 min. Další kontroly probíhají v klasickém sledu, tedy den po operaci, po týdnu, měsíci a třech měsících od zákroku. Pacient v prvním až šestém týdnu od zákroku lokálně aplikuje kortikoidy a dále lubrikancia dle potřeby.

Peroperační komplikace jsou spojeny převážně s rizikem při tvorbě lamely, jedná se o zkrácený řez, totální řez bez hinge, perforovanou nebo nepravidelnou lamelu, krvácení v průběhu operace, perforaci rohovky a decentraci fotoablace. Mezi časné pooperační komplikace přítomné jen u LASIKu řadíme dislokaci lamely, tedy sesunutí lamely

z původního lůžka, vrůstání epitelu pod lamelu, difuzní lamelární keratitidu, což je sterilní zánět rohovky vzniklý na imunologickém podkladě. Pozdní pooperační komplikace se obvykle týkají neuspokojivého refrakčního výsledku. Může dojít k regresi vady, pooperačnímu indukovanému astigmatismu, optickým fenoménům jako je glare a halo, nedostatečné korekci původní vady, vyvolání syndromu suchého oka nebo rohovkovým ektáziím.

#### *Customized ablation*

Ablace na míru, na které se podílí wavefront analýza<sup>3</sup>, vytvoří ablační profil pro konkrétního klienta podle jeho aberací vyšších řádů. Při výpočtu zohledňuje také aberace, které by vznikly při standardním laserovém zákroku. Tyto aberace způsobují pacientům negativní světelné fenomény, např. glare (oslnění), halo (kruhy okolo světelných zdrojů, ghost (vidění se stíny). [4,12]

#### **4.2.3.1.3. LASEK (Laser-assisted subepithelial keratectomy) a Epi-LASIK**

##### *LASEK*

LASEK využívá epitelový flap. Po přisátí se marker naplní na dobu 30 sekund 18 až 20% roztokem alkoholu a BSS<sup>4</sup>. Alkohol se odsaje, rohovka je opláchnuta a poté je epitel separován s ponecháním hinge na zvolené straně. Pomocí tupého nástroje nebo štětiček na sušení je vzniklá lamela shrnuta z operačního prostoru. Následuje fotoablace, opláchnutí stromatu a navrácení epitelové lamely na původní místo. Denaturovaná lamela je o něco menší. Operace je zakončena nasazením krycí kontaktní čočky, která zůstane nasazena po dobu 5 dní.

Výhodou ponechání lamely je menší pooperační dyskomfort než je u PRK, také dochází k rychlejší obnově epitelu a zároveň se snižuje riziko pooperačních komplikací plynoucích z použití mikrokeratomu. Pokud by došlo k poškození lamely, zákrok je dokončen jako PRK. [1,12]

---

<sup>3</sup> Wavefront analýza umožňuje identifikovat monochromatické zobrazovací vady (aberrace) nejen nižších řádů (myopii, hypermetropii,...), je schopna odhalit vady až pátého řádu. Vady vyšších řádů není možno korigovat klasickými optickými pomůckami (brýlemi či kontaktními čočkami). Lze je korigovat např. při laserovém zákroku na rohovce. Principem vyšetření je vyslání rovnoběžných paprsků v rovině kolmé na rohovku do oka a analýza jejich odrazu od sítnice. Jsou tak proměřeny vady celého optického systému oka. Získaná data jsou přenesena do laserové jednotky, která zkoriguje tyto individuální vady na rohovce daného oka. [3]

<sup>4</sup> BSS - balanced salt solution, fyziologicky vyvážený roztok [12]



## *Epi-LASIK*

Při metodě zvané Epi-LASIK je k tvorbě epitelového flapu použit epikeratom s tupým břitem, lamela je separována místo odříznuta. Lamela zasahuje pouze do povrchové vrstvy epitelu, a z toho důvodu je vhodnější i pro pacienty s tenčí rohovkou. Jinak zákrok probíhá jako u výše uvedených metod.

Tímto zákrokem lze dosáhnout vyšší kvality vidění, neboť se tolik nezasahuje do vnitřní struktury rohovky. Komplikace se mohou vyskytnout při tvorbě lamely, pacient může pociťovat mírný dyskomfort. Riziko infekce je u všech typů zákroků, a proto se po zákroku do doby, kdy je epitel zcela zhojen, používají antibiotické kapky. [4,12]

### **4.2.3.2. Zákroky s použitím holmium: YAG laseru a diodového laseru**

#### **4.2.3.2.1. LTK - nekontaktní laserová termální keratoplastika**

LTK je bezkontaktní metoda založená na účincích Holmium: YAG laseru. Tento laser emituje elektromagnetické záření o vlnové délce 2,1  $\mu\text{m}$ , je to tedy záření pracující v infračervené oblasti světelného spektra. Jeho působením v zóně vzdálené od středu rohovky 6 a 7 mm dochází, po absorpci laserové energie, ke kontrakci kolagenních fibril. Díky kontrakci dojde k většímu vyklenutí rohovky. Metodu lze použít u nižších stupňů hypermetropie.

#### **4.2.3.2.2. DTK - diodová termokeratoplastika**

DTK je obdobou LTK vhodná pro pacienty s nižším stupněm hypermetropie nebo vyšším stupněm astigmatismu. Pacient během zákroku leží na lůžku a na znečitlivěný povrch rohovky mu chirurg přikládá laserové pero na předem určené body v periferii rohovky. Počet bodů a jejich umístění určuje hodnotu výsledného efektu. Diodový laser způsobí vyklenutí centrální části rohovky. Zvýší se tak celková lomivost oka a dojde k nápravě refrakční vady.

Vzhledem k nestabilitě výsledků se od DTK a LTK upustilo. [12]

### 4.2.3.3. Zákroky s použitím femtosekundového laseru

Laserový paprsek o vlnové délce 1043 - 1053 nm, s pulzy na úrovni 100 fs ( $100 \times 10^{-15}$  s) funguje na základě principu fotodisrupce. Působením laseru vznikne plazma, která expanduje a způsobí rázovou vlnu, kavitaci. Jejím vlivem se ve tkáni vytvoří bublinky, dojde k jejich rozkladu na oxid uhličitý a vodu, tyto látky se rozptýlí do okolních tkání. Použitím FSL dochází k 106 x menšímu poškození okolních tkání než při použití Nd: YAG laseru. S generačním vývojem dochází ke zvýšení frekvence pulzů laseru a tím dochází ke snížení energie laseru při pulzu, což způsobuje hladší povrch rohovky.

V současnosti je pět komerčně dostupných laserových systémů, které se liší frekvencí pulzů, typem aplanace povrchu (planární, konkávní), postupem laserového paprsku (lineárně nebo po spirále), rozsahem aplikace a mobilitou.

Laser lze využít pro: vytvoření flapu před LASIKem, arkuátní keratotomii, tunel pro implantaci ICRS, kapsy pro implantaci inlays, extrakci lentikuly (smile) a intrastromální korekci presbyopie INTRACOR. [25]

#### 4.2.3.3.1. FEMTO-LASIK

Nejnovější laserová metoda opravy rohovky. Rohovková lamela není vytvořena mikrokeratomem, ale počítačem řízeným paprskem FSL. Zákrok je vhodný pro korekci vady od + 5 do - 11D při tloušťce rohovky 550  $\mu\text{m}$ . Paprsek laseru se pohybuje buď po spirále, nebo lineárně. Snížení energie laseru vede ke snížení velikosti kavitačních bublinek, doby trvání zákroku a rizika infekce. Výhodou je i snížený výskyt lamelových komplikací. Chirurg může lépe nastavit průměr lamely, její tloušťku, boční úhel řezu, pozici hinge a jeho tloušťku. Další úkony při zákroku jsou stejné jako u metody LASIK.

Zraková ostrost se po zákroku navrácí rychleji, je kvalitnější. Po zákroku pacient obvykle nepocítuje dyskomfort a bolest. Riziko poškození lamely je velmi malé. Lamela se lépe přihojí, nedochází ke snížení kontrastní citlivosti a indukci aberací vyšších řádů či syndromu suchého oka.

Ke specifickým komplikacím může dojít při nesprávném nastavení energie laseru, např. fotodisrupce probíhá mnohem hlouběji ve stromální tkáni a vznikne tak neprůhledná vrstva bublin nebo se bublinky dostanou až do přední komory. Další zmiňované komplikace: extrémní světloplachost, glare, haze, nerovnost stromálního povrchu, makulární hemoragie,

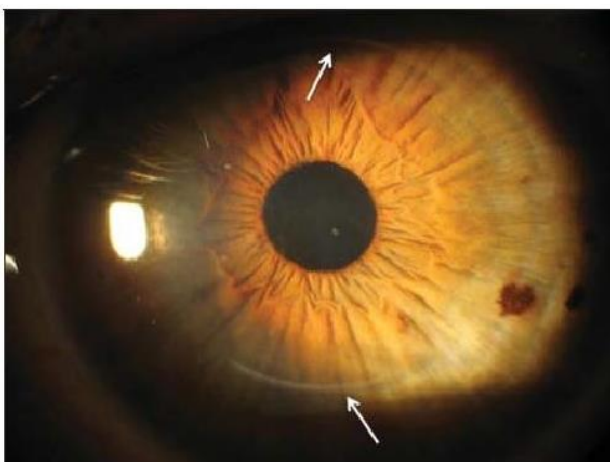
apod. Velkou nevýhodou je náročnost zákroku, jak po stránce vybavení, tak po stránce finanční. [12,20]

#### 4.2.3.3.2. Astigmatická keratotomie

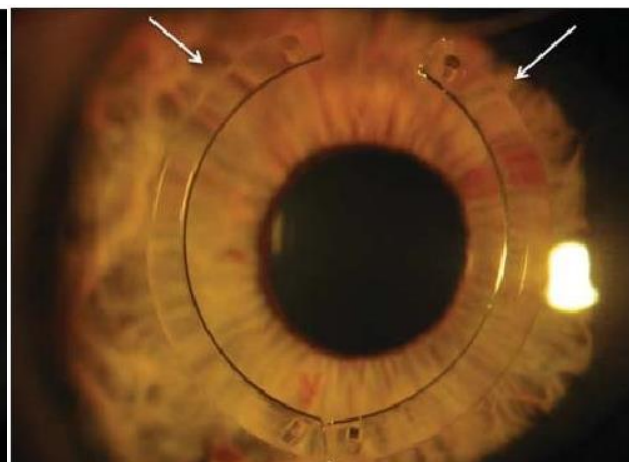
Tento refrakční zákrok (Obr. 18) je obvykle indikován pacientům po perforující keratoplastice poté, co jsou jim vytaženy všechny stehy. Kontrola hloubky zářezů je zajišťována předně segmentovým OCT (Optical coherence tomography) nebo pachymetrií. Efektivita zákroku je prokázána snížením astigmatismu, zlepšením korigované a nekorigované zrakové ostrosti. [20]

#### 4.2.3.3.3. Intrastromální tunel pro ICRS

Tvorba tunelu je pomocí FSL mnohem rychlejší a přesnější (Obr. 19). Lze zvolit rozměry tunelu: šířku, průměr a hloubku. Zákrok začíná aplikací anestetických kapek a zaměřením referenčního bodu zornice. Následuje pachymetrie rohovky a přísátí prstence, který pomáhá udržovat fixaci a přesnou vzdálenost od laserové hlavy k referenčnímu bodu. Podle provedených studií nemá na stabilitu refrakce po zákroku vliv vytvoření tunelu (mechanicky, laser), zákrok je kratší, jednodušší a pohodlnější díky laserové metodě. Coskunseven et al uvedli ve své studii, že dochází ke komplikacím i po této metodě, a to zejména k neúplnému vytvoření kanálu (2,7%), pooperační migraci ringu (1,3%) a perforaci endotelu (0,6%). [20]



Obr. 18: Astigmatická keratotomie [20]



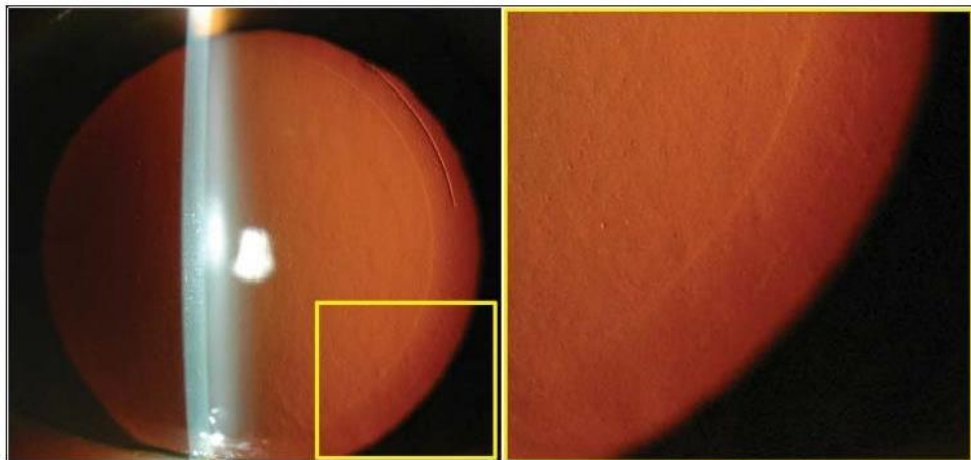
Obr. 19: Intrastromální ring [20]

#### 4.2.3.3.4. ReLEx

ReLEx je souhrnný název pro zákroky FSL VisuMax firmy Carl Zeiss. Řadí se sem femtosekundová lamelární extrakce (FLEx) a malá incizní lamelární extrakce (SMILE).

Jedná se o extrakci intrastromální lentikuly vytvořené FSL. Zákrok je indikován pro vady od -3 do -10 D. Pomocí laseru se vytvoří flap a v hlubší vrstvě dolní ablace. Mezi těmito dvěma řezy vznikne lentikula, která se po odklopení horního flapu odstraní (sloupne), po očištění stromatu je flap navrácen zpět a vada je odstraněna.

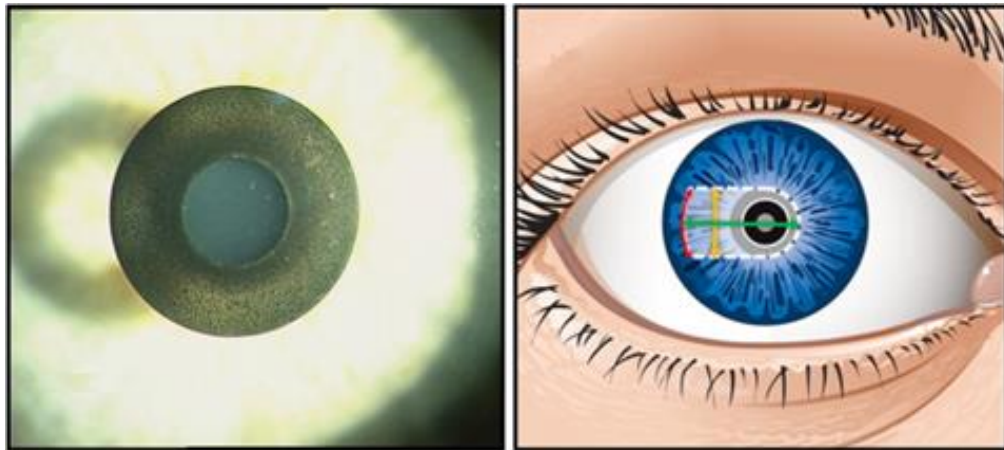
Modifikace této metody je SMILE (Obr. 19), kdy je lentikula vytvořena podobně, avšak horní flap nelze odklopit, laser vytvoří pouze malou incizi, kterou je lentikula vytažena ven. Zákrok je doporučován pacientům s průměrně zakřivenou rohovkou, při extrémních zakřiveních by mohlo dojít k nepřesnému vytvoření lentikuly a její špatné separaci od ostatních tkání. Výhodou modifikace je snížení rizika vzniku syndromu suchého oka, lepší biomechanická stabilita, na níž se velkou částí podílí rohovkové stroma. Nedochozí k peroperační indukci astigmatismu, snižuje se riziko vzniku ektatických onemocnění, např. keratokonu. [20]



Obr. 19: SMILE [25]

#### 4.2.3.3.5. Implantace inlay

FSL je používán ke tvorbě intrastromální kapsy na nedominantním oku, do které je vkládán tzv. inlay - implantát (Obr. 20), jež koriguje vadu při pohledu do blízka. Rozměry kapsy jsou řízeny speciálním softwarem, který optimalizuje a zjednodušuje postup operace. Tato metoda je velmi nová, a proto ještě nejsou známy dlouhodobé výsledky. [20]



Obr. 20: Inlays [15]

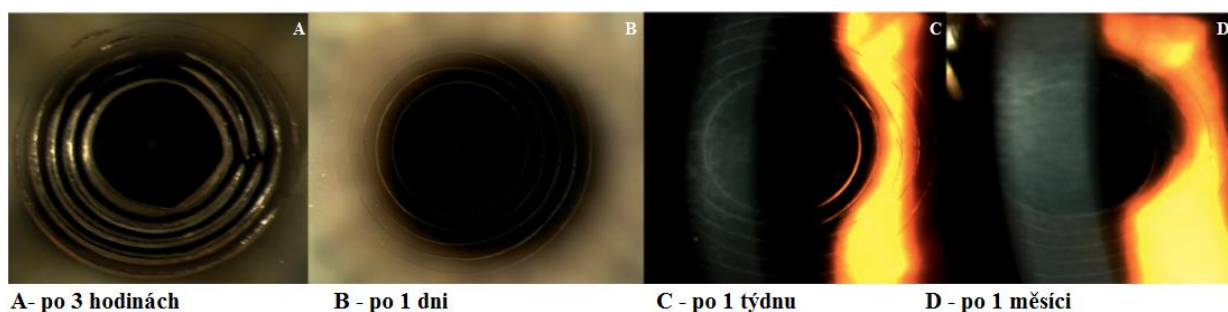
#### 4.2.3.3.6. INTRACOR

INTRACOR je metoda zaměřená na korekci presbyopie pomocí FSL, který vyvinula firma Technolas Perfect Vision (Mnichov, Německo). Jedná se o vytvoření soustředných kružnic ve stromatu bez poškození epitelu (Obr. 21). Nevytváří se flap a díky tomu nedochází ke komplikacím s ním spojenými.

Zárok probíhá v lokální anestezii, do počítače laseru se zadají základní data jako je např. pachymetrie a zakřivení rohovky. Chirurg zaměří fixaci pacienta na středový paprsek a aplikuje jednorázovou kontaktní čočku se sacím prstencem, který usměrňuje laserové paprsky. Dochází k tvorbě kružnic ve stromální tkáni. Po zákroku chirurg odstraní prstenec i čočku.

Vlivem kružnic dojde k vyklenutí centra rohovky a zlepšení nekorigované zrakové ostrosti. Některé studie uvádí ztrátu až 2 řádků optotypu při korigované zrakové ostrosti na dálku a snížení kontrastní citlivosti. Centrální zónou ohraničenou první kružnicí pacient vidí na blízko, středními kružnicemi na střední vzdálenosti, lepší se mu hloubka ostrosti. Za největší kružnicí je zóna na dívání se do dálky.

Jako komplikaci vnímali pacienti oslňování při řízení v noci, rok od operace si již tento fenomén neuvědomovali. [20,27]



Obr. 21: INTRACOR - změny kružnic v čase [17]

### 4.3. Nitrooční refrakční zákroky

Jedná se o změnu refrakce oka implantací nitrooční čočky, která buď nahrazuje vlastní lens crystalina, nebo se implantuje k ní. Nitrooční zákroky se využívají převážně při korekci vyšších refrakčních vad. U nižších refrakčních vad jsou nitrooční zákroky prováděny pouze v případech, že nelze provést laserový zákrok.

Základní pojmy pro orientaci v nitroočních refrakčních zákrocích:

- *Fakická čočka (PIOL - phakic intraocular lens)* - umělá čočka implantovaná k vlastní čočce, v oku jsou pak dvě čočky a to čočka vlastní a umělá.
- *Výměna čiré čočky (CLE - clear lens extraction)* - po extrakci vlastní čiré čočky, kdy je do pouzdra po původní čočce implantovaná umělá čočka.
- *Refrakční výměna čočky (RLE - refractive lens exchange)* - výměna vlastní poškozené čočky čočkou umělou, např. při operacích katarakty.
- *Presbyopická výměna čočky (PRELEX - Presbyopic lens exchange)* - zákrok představuje řešení pro pacienty s presbyopií. Implantací multifokální nebo akomodativní nitrooční čočky získává klient uspokojivé vidění do dálky i blízka.
- *Pseudofakie (arthephakia)* - stav oka po extrakci vlastní čočky, která je následně nahrazena čočkou umělou
- *Polypseudofakie* - stav, při kterém jsou v oku k vlastní čočce implantovány dvě čočky umělé.
- *Monovision* - operační technika, při které se obě oči nastavují na odlišnou ohniskovou vzdálenost, obvykle je jedno oko používáno na dálku a druhé na střední vzdálenost.

### 4.3.1. Fakické nitrooční čočky (PIOL)

Do oka je umístěna umělá nitrooční čočka, tzv. fakická, která svými vlastnostmi doplní refrakční stav oka tak, aby se výsledná refrakce co nejvíce blížila k emetropii. Zůstanou zachovány vlastnosti původní čočky, tedy akomodace a navíc je proces vratný.

Zárok je kontraindikován u pacientů s degenerativním a dystrofickým onemocněním rohovky, uveitidami, glaukomem a degenerativními změnami sítnice, onemocněním sklivce, hloubkou přední komory menší než 3,2 mm a snížením počtu endoteliálních buněk rohovky pod 2500 buněk/mm<sup>2</sup>. Pokud jsou na čočce opacifikace, je vhodnější provést jiný typ zákroku, např. RLE.

Předoperační vyšetření je zaměřeno na počet endotelových buněk a biomikroskopii předního segmentu oka. Biomikroskopickým měřením zjistíme rozměry přední komory, především její hloubku a délku. Riziko ztráty endotelových buněk se vyhodnocuje ze vzdálenosti mezi optickou částí implantátu a endotelem, čím menší je tato vzdálenost tím vyšší je riziko ztráty endotelových buněk.

Před každou implantací umělé nitrooční čočky je třeba provést iridotomii, tedy vytvořit spojení mezi přední a zadní komorou. Tento zárok se provádí jako prevence pupilárního bloku, následného zvýšení nitroočního tlaku a sekundárního glaukomu. Iridotomie bývá realizována asi týden před samotnou implantací. Pacientovi je před zákrokem znecitlivěna rohovka a jsou mu kápnuty miotické kapky. Poté ND: YAG laser vytvoří sérii miniaturních bleskových výbojů provázených odpařováním vody, která v podobě páry rychle expanduje, a tím se ve tkáni duhovky dělají malé otvůrky.

Fakická čočka se skládá ze dvou částí a to optické a haptické. Optická část se tvarem snaží co nejvíce přiblížit původní čočce, proto je většinou bikonvexní, průměr čočky se pohybuje mezi 5 a 6 mm. Haptická část slouží k fixaci čočky, tvar této části se odvíjí od jejího umístění. V současnosti jsou čočky vyráběné především z měkkých materiálů, jako je silikon, akrylát nebo hydrogel. Jejich výhodou je možnost složení pomocí pinzety nebo zavaděče, čímž dojde ke zmenšení vstupního otvoru při implantaci. Tvrdé čočky potřebovaly vstupní otvor až 5,5 mm, zatímco měkkým čočkám stačí otvor v rozmezí 3,2 - 2,8 mm. Čočky mohou být vyráběny z jednoho materiálu (single-piece), tedy haptická i optická část jsou ze stejného materiálu. Nebo ze dvou materiálů (multi-piece), kdy jsou haptiky z jiného materiálu než optická část.

Dle umístění dělíme fakické nitrooční čočky na předněkomorové - fixované v komorovém úhlu nebo na duhovku, zadněkomorové. [4,12]

### 4.3.1.1. Předněkomorové čočky

Tyto čočky (Obr. 22) jsou vhodné pro korekci vyšších refrakčních vad, a to myopie nad -7D, hypermetropie nad +4D a astigmatismus do  $\pm 7D$ .

Pro implantaci těchto čoček je velmi důležitá hloubka přední komory. Hloubka po implantaci čočky musí zůstat minimálně 3,2 mm. Jako prevence proti zvýšení nitroočního tlaku se provádí iridotomie pomocí ND: YAG laseru nebo iridektomie - mechanické vystřížení části duhovky před vlastní implantací čočky.

Dva dny před zákrokem jsou pacientovi lokálně podávány antibiotika. Operace probíhá v lokální nebo celkové anestezii, podle zvyklostí pracoviště. V den zákroku nesmí být pacientovi navozena mydriáza. Operace začíná aplikací miotika do přední komory skrz řez v rohovce o šířce 3 až 3,2 mm. Poté se speciálním zavaděčem, tzv. injektorem, zavede složená čočka do přední komory. Špachtlí se čočka rozvine a usadí se v komorovém úhlu většinou v horizontále v pozici 3 - 9. Aby oko nekolabovalo ztrátou tekutiny, používá se během zákroku viskoelastický materiál na bázi hyaluronátu sodného, který zároveň chrání endotel rohovky před poškozením. Po implantaci se viskoelastický materiál vypláchne a řez je hydratován nebo zajištěn suturou. Operace je zakončena podáním antibiotických kapek a kortikoidů. Pacient v kapání antibiotik pokračuje ještě týden a poté kape kortikoidy po dobu 6 až 8 týdnů.

Výhodou tohoto zákroku je jeho reverzibilita, poměrně stabilní refrakční výsledek bez rizika návratu vady. Největší výhodou je zachování akomodace vlastního oka.

Nejčastější a nejzávažnější peroperační komplikací je akutní zvýšení nitroočního tlaku s tendencí prolapsu duhovky do vstupního otvoru. Nastalá situace se řeší podáním diuretika intravenózně. Tlak se sníží a rána je preventivně zajištěna stehem.

Mezi časné pooperační komplikace se řadí pupilární blok, iritické dráždění s reakcí na implantovanou čočku. Pupilárním blok nastává jako následek uskřínutí optické části implantátu pupilárním okrajem duhovky. Okamžitě dojde k přerušení cirkulace komorové vody, diafragma duhovky je tlačeno vpřed, což má za následek vznik akutního glaukomového záchvatu. Podáním správné medikace dosáhneme snížení tlaku, aplikací miotik lze dosáhnout repozice čočky do správné polohy. Pokud léky nezaberou, přistupuje se k chirurgické repozici a vytvoření bazálního kolobomu, který zlepšuje cirkulaci komorové tekutiny. Iritické dráždění a reakce na implantát se může objevit až v řádech týdnů od operace. Projevy: injekce, ztráta kresby a prosáknutí duhovky, precipitáty na implantátu i endotelu rohovky, případně



hypopyon v přední komoře, apod. Léčí se podáváním kortikosteroidů, a to jak ve formě kapek, tak i subkonjunktiválně a peribulbárně, podle rozsahu škod.

Další možnou komplikací je progresivní ovalizace zornice, úbytek endoteliálních buněk vedoucí k edému rohovky, pouze vzácně se objevují nitrooční záněty jako je například endoftalmitida. Nevhodná velikost implantátu může způsobit zneokrouhlení zornice, nestabilitu a rotaci čočky. V těchto případech je řešením explantace čočky a její případná výměna za správnou velikost. Pokles počtu endotelových buněk je u implantace fakických čoček očekáván. Čím blíže je optická část umělé čočky endotelu, tím rychlejší je úbytek endotelových buněk. Obvykle je pokles buněk vyjadřován v rozmezí 6-13% v prvním roce po operaci a později již není pokles významný. [4,12]



Obr. 22: Předněkomorová čočka - AcrySof CACHET [29]

#### 4.3.1.2. Předněkomorové čočky fixované na duhovku

Implantát fixovaný na duhovku, tzv. iris claw - čočka, původně sloužil ke korekci afakie po intrakapsulární nebo extrakapsulární extrakci vlastní čočky. Až později se čočky začaly využívat ke korekci myopie a astigmatismu. První implantace s sebou přinesly závažné komplikace jako je cystoidní makulární edém, dekompenzace rohovky z až 7% úbytku endotelových buněk, dislokace čočky, uveitida a glaukom.

V současnosti jsou na trhu čočky ze dvou základních materiálů, a to z tvrdého polymethylmetakrylátu (PMMA) a měkkého hydrofobního polysiloxanu. Celkový průměr čočky je vždy 8,5 mm, pokud se nejedná o modifikaci pro děti, kdy je délka pouze 7,5 mm. Zadní plocha rohovky je vzdálena od přední plochy implantované čočky 1,5 až 2 mm. Vzdálenost je proměnlivá podle dioptrické hodnoty umělé čočky, šířky přední komory a průměru zornice. Hloubka přední komory musí být pro implantaci do myopického oka aspoň

3 mm, u hypermetropického 2,8 mm. Průměr skotopické zornice maximálně 6 mm, při větším průměru by mohlo docházet k optickým fenoménům. [4,19]

#### *PMMA iris-claw*

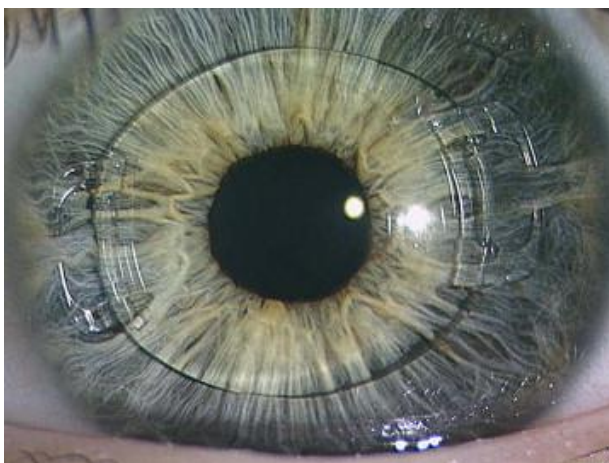
Z materiálu PMMA vyrábí čočky Artisan firma Ophtec BV. Jsou nesložitelné, vyráběné z jednoho kusu. Velikost optické zóny je 5 nebo 6 mm a liší se podle typu refrakční vady, kterou čočky korigují. Čočky vhodné ke korekci myopie jsou v rozsahu -1 až -23,5D, hypermetropie +1 až +12D a astigmatismu až do výše  $\pm 7D$ . [33]

Podle zvyklostí chirurga bude na pacienta použita anestezie celková nebo lokální. U iris-claw čoček je všeobecně doporučována peribulbární nebo retrobulbární anestezie. Je nutné před operací zajistit topografickou mapu rohovky v rámci předoperačního vyšetření. Operátor si na oku pacienta vyznačí budoucí uložení iris-claw čočky. Rohovka je zvlhčena viskoelastickým materiálem (OVD), aby během zákroku nedocházelo k osychání. Na 2. a 12. hodině jsou vytvořeny dvě pomocné paracentézy pro přívod OVD a pomocných nástrojů. Na počátku zákroku je jednou paracentézou zavedeno miotikum, např. pilokarpin, pro stažení zorničky. Protože jsou čočky tvrdé, musí být pro jejich implantaci proveden řez přibližně odpovídající šířce optické části čočky, tedy 5,2 nebo 6,2 mm. Vzniklým otvorem je čočka pomocí speciální špachtle zavedena do přední komory. Dalším krokem je přetočení čočky pinzetami do horizontální polohy. K fixaci čočky na duhovku (enklavaci) dochází, když enklavační jehla uskříne stroma duhovky do haptické části čočky. Pokud před zákrokem nebyla provedena iridotomie, je čas realizovat iridektomii. Poté je vše řádně vypláchnuto a incize je zajištěna stehy, které se vytahují 1-3 měsíce po zákroku podle stavu indukovaného astigmatismu. Další postup je totožný jako u implantace fakické čočky fixované v komorovém úhlu. [4,33]

#### *Skládací iris-claw*

Artiflex od stejné firmy je složen ze dvou materiálů, haptiky z PMMA a optická část z měkkého polysiloxanu (Obr. 23). Tyto čočky, o průměru optické části 6 mm, jsou vhodné pouze pro korekci myopie (-2 až -14,5 D) a myopického astigmatismu (do výše -5 D).

Skládací iris-claw mají velkou výhodu oproti čočkám z PMMA, a to složitelnost do injektoru, tudíž stačí řez o velikosti 3,1 mm, který odpovídá velikosti PMMA haptiků. Postup při operaci je stejný jako u implantace PMMA čočky. Jen obvykle není třeba řez šít a stačí jej po dokončení zákroku hydratovat. [33]



Obr. 23: Torická iris-claw [26]

### 4.3.1.3. Zadněkomorové čočky

Tento typ čoček je vhodný pro dospělé se střední a vyšší refrakční vadou, zejména pro myopii od -3 do -20D, hypermetropii od +3 do +17D a astigmatismu do  $\pm 6D$ . Přední komora musí mít hloubku minimálně 2,9 mm. I tady se před zákrokem provádí iridotomie nebo iridektomie jako prevence proti zvýšení nitroočního tlaku a glaukomového záchvatu.

Existují dva základní typy těchto čoček, a to ICL (Implantable contact lens) a PRL (Phakic refractive lens).

ICL (Obr. 24) jsou užívány ke korekci myopie od -3 do -20D, astigmatismu do  $\pm 4,5D$ . Mají konkávně konvexní tvar, mají minimální kontakt se závěsným aparátem a přední plochou čočky. Celkový průměr čočky je 11 až 13 mm, průměr optické části čočky se pohybuje v rozmezí 4,5 a 5,5 mm. Haptika čočky je usazena v sulcus ciliaris.

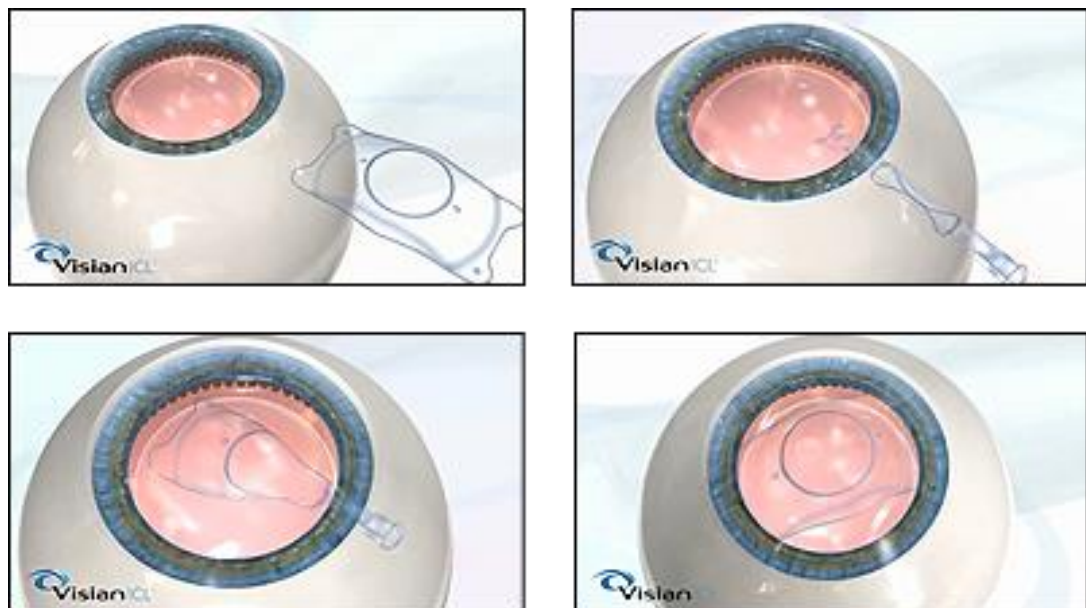
PRL se používají pro korekci myopie od -3 do -20D, hypermetropie od +3 do +15D. Zadní plocha čočky kopíruje tvar lens cristallina a haptika se opírá o závěsný aparát, což omezuje pohyb čočky pouze dorzálním směrem. Čočka se nazývá čočkou „plovoucí“, není pevně fixovaná, proto tímto typem čoček nelze korigovat astigmatismus.

Předoperační příprava je totožná s přípravou na implantaci předněkomorové čočky. Ovšem aby mohla být čočka implantována do zadní komory, musí být navozena mydriáza.

Rohovkový řez pro implantaci je asi 2,8 mm a k němu chirurg vytvoří dvě pomocné paracentézy o velikosti 0,8 až 1,0 mm. Řez se pro zasunutí injektoru se složenou čočkou musí rozšířit na 3,2 mm. Do oka je během zákroku přiváděn viskoelastický materiál. Pomocí špachtle zavedené přes pomocnou paracentézu se čočka zavede za diafragmu duhovky

a umístí se do zadní komory tak, aby se umělá čočka nedotkla čočky vlastní. Pokud by k doteku došlo, vlastní čočka by se začala kalit. Následně je vypláchnut viskoelastický materiál, do přední komory je vstříknuto miotikum pro zúžení zornice. Rohovkový řez se hydratuje, nebo se uzavře jedním radiálním vnořeným stehem. Operace je ukončena kápnutím antibiotik se steroidy do pacientova oka.

Po operaci si pacient po dobu jednoho týdne kape antibiotika a dalších osm týdnů kortikoidy. Dochází na pravidelné kontroly, při kterých se sleduje zraková ostrost, stav předního a zadního segmentu, nitrooční tlak, umístění implantované čočky. Při tomto zákroku zůstává akomodace zachována, výsledná refrakce bývá stabilní. Za velkou výhodu se považuje možnost explantace čočky, tedy reverzibilita zákroku, taková možnost u rohovkových zákroků není. Tato metoda je velmi náročná pro chirurga, na jeho šikovnosti závisí množství pooperačních komplikací. Velkým rizikem je vznik katarakty, sekundárního glaukomu nebo syndromu pigmentové disperze. [4,12]



Obr. 24: Zadněkomorová čočka - Visian ICL [34]

### 4.3.2. Refrakční výměna čočky (RLE)

RLE (refractive lens exchange) je nejobecnější termín pro chirurgické odstranění vlastní čočky nezávisle na věku z důvodu korekce jakékoli refrakční vady. Obecně se při náhradě čiré čočky postupuje stejně jako při operaci katarakty. Mezi metody založené na principu RLE řadíme CLE a PRELEX.

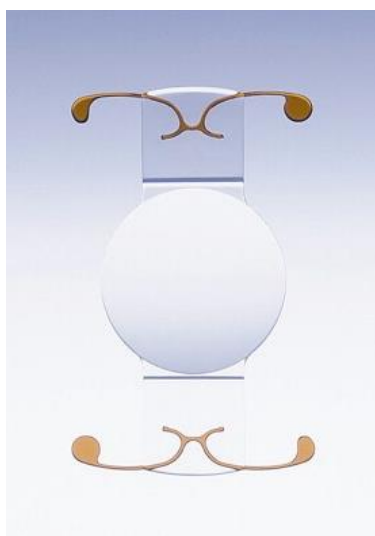
Extrakce čiré čočky (CLE - clear lens extraction) je metoda vhodná pro korekci vyšších stupňů refrakčních vad, hlavně hypermetropie a astigmatismu a počínající katarakty. PRELEX představuje řešení pro pacienty s presbyopií.

Nevýhodou zákroků je trvalá ztráta akomodace, proto jsou vhodné především pro pacienty ve věku nad 40 let, kdy začíná docházet k úbytku akomodace a pacient musí začít používat korekční pomůcky pro vidění na blízko. Další využití RLE nacházíme u pacientů, u nichž nelze provést laserová korekce refrakční vady.

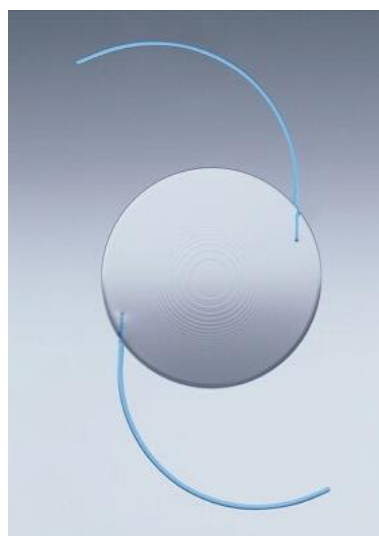
Do pouzdra původní čočky lze implantovat čočku monofokální, multifokální nebo akomodační. *Monofokální čočka* umožňuje dobré vidění pouze na jednu vzdálenost, tedy na dálku, blízko nebo střední vzdálenost, na ostatní vzdálenosti je třeba používat některý typ korekční pomůcky. Torické čočky užívané ke korekci astigmatismu jsou považovány za monofokální.

*Akomodační čočky* (Obr. 25) umožňují vidění na více vzdáleností úpravou své polohy v pouzdře čočky. Změnu polohy umožní speciální spojení optické a haptické části z velmi tenkého a flexibilního materiálu. Při pokusu o akomodaci se čočka posune vpřed, což funguje na základě kontrakce m. ciliaris, která je převedena na předozadní pohyb čočky a přerozdělení sklivcových hmot. Při fibrotizaci pouzdra dochází ke ztrátě této funkce. Čočka je naprosto nevhodná pro myopy, kteří nejsou zvyklí akomodovat.

*Multifokální nitrooční čočky (MIOL)* mají dvě nebo více ohnisek, čímž je dosaženo vidění na více vzdáleností (Obr. 26). Nejsou vhodné pro korekci astigmatismu. Podle způsobu průchodu paprsků čočkou, je dělíme na refrakční, difrakční a refrakčně - difrakční. Jejich výhodou je částečně nahrazená akomodace, ale za cenu snížení kontrastní citlivosti a možné přítomnosti optických fenoménů (glare, halo, stíny...).



Obr. 25: Crystalens® (Bausch & Lomb) [25]



Obr. 26: Tecnis® (Abbott Medical Optics) [25]

#### 4.3.2.1. Extrakapsulární extrakce s fakoemulzifikací

V současnosti jsou implantace měkkých nitroočních čoček prováděny metodou ECCE s fakoemulzifikací, která je používána i při kataraktové chirurgii. Během zákroku dochází k odstranění čočkových hmot a zanechání většiny pouzdra čočky, do nějž je pak vložena IOL.

Průběh operace:

- Velmi často je pro tento zákrok volena lokální anestezie ve formě očních kapek nebo intrakamerálních injekcí. Celková anestezie je realizována pouze ojediněle, především u dětí a pacientů s výrazným třesem hlavy apod.
- Vytvoření rohovkového tunelu o šířce 2,8 - 3,2 mm. Oproti jiným metodám je tento malý řez výhodný kvůli snížení pooperačních komplikací a také dojde k urychlení hojení a rychlejší rehabilitaci zrakových funkcí, nevzniká tak indukovaný astigmatismus jako k tomu dochází u velkých řezů.
- Viskoelastický materiál je do přední komory zaveden z důvodu ochrany přilehlých tkání a také kvůli udržení tvaru oka.
- Paracentéza je řez o šířce asi 1 mm, kterým se zavádí pomocné přístroje, popřípadě OVD.
- Cirkulární kontinuální kapsulorhexe - CCC - pomocí pinzety nebo cystomu se vytvoří okrouhlý hladký otvor v předním pouzdře čočky o průměru 5 až 6 mm.
- Hydrodisekce je postup oddělení jádra od kortexu, jádro se stane pohyblivým vůči okolí, a to usnadní jeho odstranění.
- Hydrodelineace - do jádra čočky je aplikována tekutina, která od sebe oddělí jeho jednotlivé vrstvy, v místě spojení vrstev se vytvoří viditelné prstence
- Fakoemulsifikace - pomocí ultrazvukem ovládané jehly dochází k rozmělnění nebo rozlomení jádra čočky na menší části podle zvolené techniky
- Irigace - aspirace kortikálních hmot - irigace zajišťuje stálý přívod tekutiny pro výplach pouzdra čočky a zároveň při aspiraci dochází k podtlaku, který umožňuje odsátí části jádrových hmot. Směr irigační tekutiny je nutné pečlivě kontrolovat, aby nedošlo k poškození endotelu. Na závěr proběhne důkladné čištění v ekvatoriální oblasti a oblasti zadní části pouzdra jako prevence proti fibrotickým změnám proliferací ekvatoriálních buněk
- Pomocí injektoru implantujeme složenou čočku do pouzdra, kde se následně rozvine a pomocí haptik vycentruje do správné polohy.

- Následuje výplach viskoelastického materiálu a hydratace rohovkového tunelu, čímž je ukončen operační výkon.

Komplikace peroperační se téměř nevyskytují, řadíme do nich rupturu zadního pouzdra s nebo bez prolapsu sklivce, krvácení do přední komory a poškození vnitřních vrstev rohovky. Časné pooperační komplikace se týkají především přechodně zvýšeného nitroočního tlaku, striata a edému rohovky, uveitidy, zřasení Descementovy membrány, decentrace IOL, zkalení pouzdra čočky, bulózní keratopatie a hyphémy. Mezi pozdní pooperační komplikace řadíme cystoidní makulární edém, odchlípení sítnice, chronickou bakteriální endoftalmitidu, kapsulární opacifikaci, apod. [4,12,13]

V současnosti se při tomto zákroku začal na některých klinikách používat FSL. Při operaci je kontrolován přední segment vestavěnou optickou koherenční tomografií (OCT). Laser dokáže vytvořit precizní vstupní incizi, přední kapsulorhexi a fragmentaci čočky, pokud není příliš zkalená. [30]

#### **4.3.2.2. Chirurgie katarakty pomocí femtosekundového laseru**

V současnosti jsou schváleny 3 systémy pro operaci katarakty, a to LenSx (Alcon, Fort Worth, TX), LensAR (Winter Park, FL, OptiMedica (Santa Clara, CA). V této práci bude popsán LensX, protože je dostupný v ČR.

Před zákrokem je dilatována pupila pacienta a aplikována lokální anestezii. Poté je na rohovku umístěn dokovací systém sestavený z kontaktní čočky a kruhového sacího prstence. Dokovací systém umožňuje rovnoměrné rozložení nitroočního tlaku při minimálním narušení anatomické struktury oka. Následuje OCT předního segmentu, které důkladně zmapuje jeho anatomii a orientační body. Nastavení energie laseru je důležité, kvůli hloubce, do které dosáhne laserový paprsek. Je nežádoucí, aby došlo k poškození zadního pouzdra čočky. Zvolíme si umístění LRI, paracentéz, šířku kapsulorhexe a typ rozmělnění jádra čočky. Samotný zákrok má pozměněné pořadí úkonů oproti klasickému průběhu operace katarakty. Nejdříve se vytvoří kapsulorhexe, rozbije se jádro, vytvoří se případné LRI a teprve poté laser vytvoří vstupní incizi a pomocné paracentézy. Pomocí tupých nástrojů chirurg separuje vstupní řezy, poté odstraní kapsulorhexi, provede hydrodisekci, fakoemulzifikaci a aspiraci, implantuje nitrooční čočku a ukončí zákrok vypláchnutím a očištěním operačního pole. [20,21]

Kapsulorhexe je při použití FSL mnohem přesnější, silnější, přesně naplánována. Uvádí se, že se při manuální rhexi chirurg odchýlí od kruhu v průměru o  $337 \pm 258 \mu\text{m}$  (20%), zatímco při FSL je odchylka pouze  $29 \pm 26 \mu\text{m}$  (6%). Nevýhodou manuální rhexe je i častá pooperační rotace čočky, která je až 6x větší než při FSL. [16,21]

Kontraindikací při FSL je hluboko položená orbita, tremor, demence, dystrofická onemocnění rohovky, zákaly rohovky, eroze rohovky, optické neuropatie, hraniční hodnota endoteliálních buněk apod.

Existují hypotézy, že ultrazvukové působení způsobuje úbytek endoteliálních buněk, ale nejsou prokázány. Ukázalo se, že po FSL lze výkon fakoemulzifikace snížit o 43% a operační čas se zkrátí o 51%. Je možné, že v následujících letech bude operace katarakty prováděna pouze FSL, díky vynikajícím pooperačním výsledkům, avšak je nutné provést dlouhodobější studie, které by prokázali bezpečnost FSL i po letech. [21]

## 4.4. Sklerální zákroky

Sklerální zákroky se snažili zastavit progresy ztráty akomodace při presbyopii. V současnosti jsou tyto metody opuštěny a využívají se místo nich účinnější a stabilnější zákroky. Hlavní sklerální zákroky jsou indukční keratoplastika, Schacharova procedura a přední ciliární sklerotomie.

Konduktivní keratoplastika (CK) využívá radiofrekvenční vlny pro remodelaci rohovky. Radiofrekvenční sonda se přikládá v periférii rohovky. Po zahřátí bodu, na který je sonda přiložena, dochází ke kontrakci kolagenu a vyklenutí rohovky. Výsledek tohoto zákroku je obtížně dozovatelný, předvídatelný, nestabilní.

Schacharova procedura spočívá v implantaci 4 sklerálních implantátů do sklerálního tunelu mezi přímé oční svaly kvůli obnově akomodace, výsledky procedury jsou nespolehlivé a pouze dočasné.

Přední ciliární sklerotomie (ACS) se sestává z radiálních nářezů skléry za oblastí limbu do 95% její tloušťky mezi přímými očními svaly. Díky nářezům dochází ke kontrakci ciliárního tělesa a posílí se tak akomodační síla čočky. Takto navozená pseudoakomodace je ovšem pouze dočasná, po 10 měsících od zákroku dochází k jizvení incizí a kontrakci skléry. V Japonsku byl tento zákrok modifikován, ACS (Fukasaku), chtěli předejít jizvení incizí, a proto se při operaci do incizí vkládaly silikonové expanzivní proužky (SEP). [12]



## 4.5. Kombinované zákroky

Bioptix je technika spočívající v kombinaci laserového zákroku LASIK s implantací nitrooční čočky, určená především pro pacienty s vysokou refrakční vadou a astigmatismem.

Zárok probíhá obvykle ve třech fázích. V první fázi je provedena lamelární keratotomie stejně jako začátek přípravy na LASIK. Lamela zůstane přiložená bez laserové fotoablace. Tento zárok pacient podstupuje kvůli vysokému tlaku na rohovku v čase oddělování lamely.

Přibližně za týden se pokračuje druhou fází, tedy klasickou implantací fakické nitrooční čočky. Pooperační péče a terapie jsou stejné jako u běžné implantace.

Třetí fáze je realizována s odstupem jednoho až dvou měsíců od implantace čočky. Zbytková refrakční vada je dokorigována pomocí intrastromální laserové fotoablace (LASIK). V první fázi vytvořená lamela se nadzdvihne cyklospatulí, provede se fotoablace a poté je lamela vrácena do výchozí polohy díky značkám. Pooperační péče i léčba probíhají standardně.

Implantace fakické čočky umožňuje vyřešit refrakční vadu s přesností 90 až 95%, v případě doplnění zákroku o LASIK je přesnost ještě vyšší. [4,33]

## 5. VÝZKUM

Výzkumná část diplomové práce je zaměřena na zhodnocení efektivity korekce refrakčních vad implantací nitroočních čoček.

Výzkum je rozdělen do tří částí, skupinám byly implantovány čočky torické pro korekci astigmatismu, sférické pro korekci hypermetropie a multifokální pro korekci presbyopie. Soubor pacientů s myopií nebyl vytvořen, neboť je implantace nitrooční čočky obvyklá spíše u pacientů s myopia gravis a ke korekci nižších vad (až do -10D) lze využít laserový zákrok.

Výzkum byl prováděn retrospektivní metodou sběru dat ze zdravotní dokumentace pacientů z kartotéky na Oční klinice Fakultní nemocnice Brno - nemocnice Bohunice.

Výzkum zahrnoval záznam údajů z předoperačního vyšetření a z hodnot plánovaných pooperačních kontrol.

### 5.1. Cíl výzkumu

Cílem této studie je zhodnotit korigovanou a nekorigovanou zrakovou ostrost, subjektivní a objektivní refrakci, nitrooční tlak a jejich vývoj po operaci. Zjistit zda je implantace nitrooční čočky efektivní a stabilní metoda korekce.

U pacientů byla sledována UCVA - nekorigovaná zraková ostrost, BCVA - nejlépe korigovaná zraková ostrost, NT - hodnota nitroočního tlaku, hodnota subjektivní refrakce a ARM - objektivní hodnota refrakce oka měřená autorefraktometrem.

Kontrolní vyšetření byla prováděna 7. den, 1., 3., 6., 9. a 12. měsíc od zákroku. Byly hodnoceny následující parametry - UCVA, BCVA, NT, ARM a subjektivní refrakce.

Výsledky praktické části práce budou rovněž porovnány s výsledky výzkumů, které již byly publikovány jinými autory. Pro výpočet krajní chyby aritmetického průměru byla zvolena spolehlivost 99%. Konkrétní hodnota  $t_{p,N}$  byla vybrána dle aktuálního množství proměnných.

## 5.2. Soubor pacientů

Do tohoto výzkumu bylo zahrnuto celkem 62 očí 41 pacientů po unilaterální nebo bilaterální implantaci nitrooční čočky. Pacienti byli rozděleni do skupin podle jejich původní refrakční vady: hypermetropie, astigmatismu a presbyopie:

### 1. skupina - torické IOL

Do tohoto souboru jsou zařazeni pacienti s astigmatismem po implantaci torické nitrooční čočky. Skupina bude rozdělena na dva oddíly, a to na oddíl s očima s keratokonem<sup>5</sup> a oddíl s očima bez keratokonu.

Oddíl s keratokonem tvoří 14 očí 12 pacientů, z toho 7 mužů a 5 žen ve věku  $55,6 \pm 10,9$  let v době operace. Na 11 očích byla v minulosti provedena keratoplastika.

Oddíl bez keratokonu tvoří 12 očí 8 pacientů, z toho 4 mužů a 4 žen ve věku  $56,7 \pm 12,2$  let v době operace.

Této skupině byly implantovány jednkusové torické nitrooční čočky AcrySof toric® IOL od firmy Alcon® (17x) a B1AWYT od firmy 1stQ (9x). Bikonvexní asférické čočky filtrují modré a ultrafialové světlo. Jsou vyrobeny s negativní sférickou aberací kvůli kompenzaci sférické aberace průměrné rohovky. Grafické znázornění čoček na Obr. 27 a jejich technické parametry jsou shrnuty v Tab. 1.

Průměrné hodnoty použitých čoček:

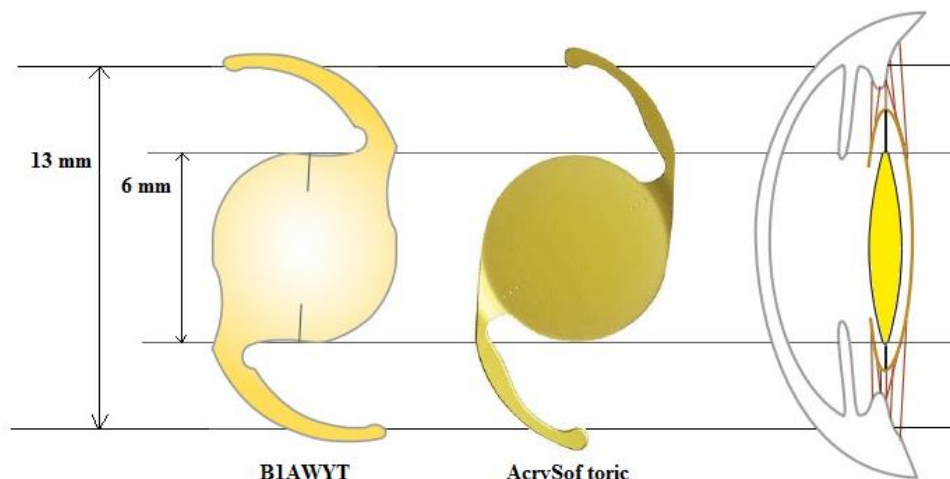
AcrySof toric® IOL: sféra  $16 \pm 4D$ , cylindr  $5,16 \pm 0,88D$  a sférický ekvivalent (SE)  $18,8 \pm 3,7D$

B1AWYT: sféra  $20 \pm 6D$ , cylindr  $3,00 \pm 1,00D$  a sférický ekvivalent (SE)  $21,4 \pm 5,7D$

Po implantaci se objevily tyto komplikace: repozice IOL kvůli rotaci (3x), glaukomový záchvat po operaci (1x), keratoplastika kvůli progresi keratokonu (1x). [28,31]

---

<sup>5</sup> „Keratokon je ektatické onemocnění rohovky charakterizované kónickým vyklenováním obvykle v centru rohovky nebo paracentrálně, spojeným se vznikem nepravidelného astigmatismu. Jde o onemocnění zvolna progredující, projevující se klinicky v období puberty nebo i později. Přibližně v 85% případů je oboustranné. Jde pravděpodobně o dědičné onemocnění s neúplnou penetrancí genu. Může se vyskytovat samostatně nebo v souvislosti s jinými chorobami. Keratokon se projevuje nárůstem myopie a nepravidelného astigmatismu, obvykle bez možnosti korekce brýlemi. Klinicky se projevuje vypadáváním solí železa v okraji ektázie - Fleischerův prstenec, a deformací dolního víčka - Munsonův příznak. Často jsou přítomny horizontální trhliny descemetské membrány - Vogtovy lišty, které jsou viditelné na štěrbínové lampě ve středu rohovky. Diagnostika keratokonu se opírá o typický nález na rohovkové topografii.“ [4]



Obr. 27: B1AWYT a AcrySof toric IOL [28,31]

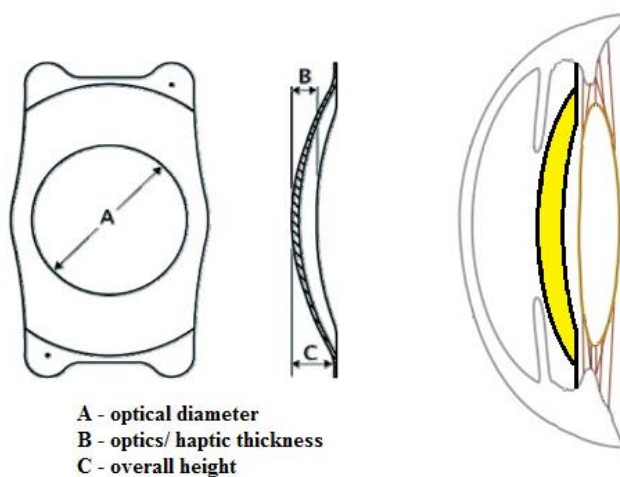
## 2. skupina - sférické ICL

Do tohoto souboru jsou zařazeni pacienti s hypermetropií po implantaci sférické ICL čočky. Celkově soubor tvoří 10 očí 5 pacientů, z toho 1 muž a 4 ženy ve věku  $29,1 \pm 3,5$  let v době operace.

Pacientům byly implantovány zadněkomorové čočky: ICH115V3 (2x), ICH120V3 (4x) a ICH125V3 (4x) firmy STAAR Surgical, kde 115, 120 a 125 značí celkový průměr čočky v mm. [35]

Tyto čočky jsou výjimečné složením materiálu, jsou z polymerů kolagenu, který se vyskytuje v těle a tím pádem nehrozí rejekce či zánětlivé projevy po implantaci čočky do zadní komory. Čočky obsahují též filtr pro blokování ultrafialových paprsků. Grafické znázornění čočky na Obr. 28 a technické informace v Tab. 1.

Průměrné hodnoty použitých čoček: sféra  $10,4 \pm 1,7D$ , celkový průměr čočky  $12,1 \pm 0,23$  mm.



Obr. 28: ICL pro korekci hypermetropie, STAAR surgical [35]

### 3. skupina - multifokální IOL

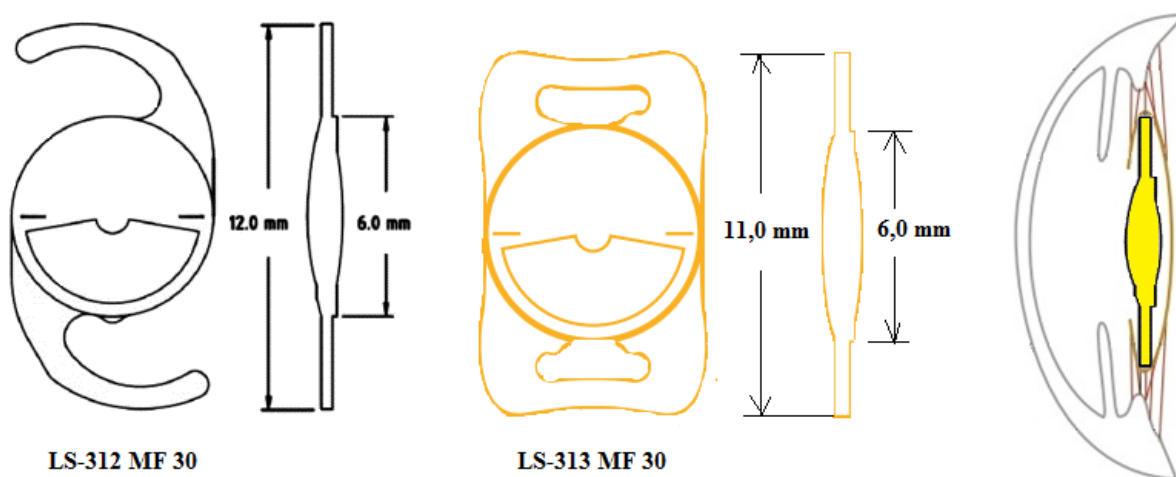
Do tohoto souboru jsou zařazeni pacienti po implantaci multifokální nitrooční čočky. Celkově soubor tvoří 26 očí 16 pacientů, z toho 9 mužů a 7 žen ve věku  $53,9 \pm 3,4$  let v době operace. Pacientům byly implantovány čočky LS-312 MF30 (16x) a LS-313 MF30 (10x) firmy Oculentis®.

Tyto jednodusové čočky s asférickým povrchem jsou vytvořeny z materiálu HydroSmart - kopolymeru akrylátu s hydrofobním povrchem. Grafické znázornění čoček na Obr. 29 a technické informace v Tab. 1. [32]

Průměrné hodnoty použitých čoček:

LS-312 MF30: sféra  $20,5 \pm 2,7$ D a LS-313 MF30: sféra  $23,0 \pm 2,0$  D

Komplikace: cystoidní makulární edém (2x), sekundární glaukom (1x), po dokorigování pooperační vady pomocí PRK se objevilo ghost (1x), decentrace MIOL na oku s amblyopií (1x).



Obr. 29: LS-312 MF 30 a LS-313 MF 30 [32]

	B1AWYT	Acrysof® toric IOL	ICH	LS-312 MF30	LS-313 MF 30
Ø optické části	6 mm	6 mm	4,9-5,8 mm	6 mm	6 mm
Celkový Ø čočky	13 mm	13 mm	11,6-13,2 mm	12 mm	11 mm
Rozsah SE	0,0 až +30,0D po 0,5 D	+6,0 až +30,0D	+3,0 až +21,0D	-1,0 až -10,0D po -1D 0,0D až 36,0D po 0,5D	-1,0 až -10,0D po -1D 0,0 D až 36,0D po 0,5D
Rozsah cyl	1,5 až 4,5D po 0,75D	1,5D až 6,0D po 0,75D	-----	-----	-----
Adice	-----	-----	-----	3,0D	3,0D
A - konstanta	118	119	118,5	118,0/118,5	
Konfigurace haptik	Z	STABLEFORCE® L	Plate (deskové)	C-loop	Plate
Filtr	Ultrafialové a modré světlo	Ultrafialové a modré světlo	Ultrafialové světlo	neuveďeno	neuveďeno

Tab. 1: Technické parametry implantovaných čoček [28,31,32,35]

## 5.3. Použité přístroje a pomůcky

Hodnoty důležité pro výzkum byly zjišťovány pomocí následujících přístrojů a pomůcek:

- Autorefraktometr firmy NIDEK
- Bezkontaktní tonometr firmy NIDEK
- Světelný optotyp do dálky se Snellovými znaky a Jaegerovi tabulky do blízka
- Sada zkušebních čoček

### 5.3.1. Autorefraktometr

Autorefraktometr je přístroj, který během několika vteřin dokáže určit objektivní refrakci. Pacient se posadí na židli, opře si bradu a čelo o opěrky přístroje a fixuje značku uvnitř přístroje. Vyšetřující vycentruje měřicí systém přístroje a spustí měření.

Měření se opakuje třikrát při dobré kvalitě výsledků. Z nich se poté stanoví průměrná hodnota. Nevýhodou tohoto přístroje je nemožnost provést měření v případě zkalené čočky, edému rohovky a jiných jejích deformacích či nystagmu. [10]

### 5.3.2. Bezkontaktní tonometr

Při bezkontaktním měření nitroočního tlaku (NT) je rohovka stlačována proudem vzduchu a není potřeba lokální anestezie. Před vlastním měřením poučíme pacienta a necháme ho sledovat fixační značku. Tělem přístroje najedeme pár milimetrů před rohovku a zaostříme záměrnou značku. Po zaměření dojde k fouknutí rázu vzduchu z trysky v nástavci.

Samotné měření trvá pár milisekund, takže nedochází k ovlivnění výsledku mrknutím. Některé přístroje již zvládají regulovat ráz vzduchu, tj. podle provedení prvního měření nebo během prvního měření je přístroj schopen regulovat intenzitu, sílu rázu, tak aby měření nebylo pacientovi nepříjemné.

Bezkontaktní tonometrii nelze provádět v případě, že vyšetřovaný není schopen udržet fixaci, má edém na rohovce, nebo jsou jeho rohovky zjizvené či jinak neprůhledné. [10]

### 5.3.3. Vyšetření zrakové ostrosti

#### *Optotypy do dálky*

Optotyp je skupina obrazců, písmen, čísel, které jsou zakresleny do čtverce a z určité vzdálenosti se zobrazí na sítnici pod úhlem 5'. Obvykle mají znaky detail o velikosti 1'. Lidské oko je schopno rozlišit dva body jako dva body právě pod úhlem 1', jedná se o minimum separabile.

Stupeň zrakové ostrosti - vizus - lze vyjádřit zlomkem nebo desetinným číslem. V čitateli zlomku je uvedena vyšetřovací vzdálenost. Ve jmenovateli je číslo řádku na optotypu udávající vzdálenost v metrech pro zobrazení znaku o velikosti 5', ve kterém pacient rozezná aspoň 60% znaků.

Pro vyšetření zrakové ostrosti a subjektivní refrakce na dálku byl použit světelný nebo projekční Snellenův optotyp, testovací vzdálenost byla obvykle 5 m. Pro sjednocení zápisu výsledků byla použita Tab. 2.

#### *Optotypy do blízka*

Test obvykle tvoří souvislý text, který může být doplněn ukázkami jízdních řádů, telefonních seznamů apod. Zraková ostrost do blízka je stanovována pro čtecí vzdálenost 40 cm. Nejčastějším testem jsou tištěné Jaegerovy tabulky, na nichž jsou jednotlivé odstavce natištěny různě velkým písmem a podle velikosti jsou označeny od nejmenšího J. č = 1 (normální zraková ostrost) až po největší J. č. = 24. [10,13]

Snellen (6 metrů)	Snellen (5 metrů)	Snellen (4 metrů)	decimální	LogMAR	Stopy
6/60	5/50	4/40	0,1	1	20/200
6/48	5/40	4/32	0,125	0,9	20/160
6/38	5/30	4/25	0,16	0,8	20/125
6/30	5/25	4/20	0,20	0,7	20/100
6/24	5/20	4/16	0,25	0,6	20/80
6/19	5/15	4/12,5	0,32	0,5	20/63
6/15	5/12	4/10	0,40	0,4	20/50
6/12	5/10	4/8	0,50	0,3	20/40
6/9,5	5/8	4/6,25	0,63	0,2	20/32
6/7,5	5/6	4/5	0,80	0,1	20/25
6/6	5/5	4/4	1,00	0	20/20
6/4,8	6,3/5	4/3,12	1,25	-0,1	20/16
6/3,8	8/5	4/2,5	1,60	-0,2	20/12,5
6/3	10/5	4/2	2,00	-0,3	20/10

Tab. 2: Škála zrakové ostrosti: Přepočtová tabulka

### Sada zkušebních čoček

Sada se skládá z optických členů uspořádaných v kufru či v brýlové skříni. Základním vybavením jsou spojné a rozptylné čočky, kladné a záporné cylindrické čočky, prizmatické čočky (Tab. 3), červený a zelený filtr, kruhová clona, štěrbin, okluzní a matové clony, centrovací nitkový kříž, Jacksonův zkřížený cylindr ( $\pm 0,25D$ ,  $\pm 0,50D$  a  $\pm 1,0D$ ) a další.

Astigmatická zkušební obruba zajišťuje stálou polohu předkládaných korekčních členů při zjišťování subjektivní refrakce. Standardní astigmatická obruba má pět objímek pro umístění čoček, 3 vpředu a 2 vzadu (Obr. 30).

Párové odstupňování	od	do [D]	krokování po [D]
Sférické zkušební čočky	+/-0,25 D	+/-4,00 D	0,25 D
	+/-4,00 D	+/-8,00 D	0,50 D
	+/-8,00 D	+/-20,00 D	1,00 D
Cylindrické zkušební čočky	+/-0,25 D	+/-4,00 D	0,25 D
	+/-4,00 D	+/-6,00 D	0,5 D
Prizmatické zkušební členy	0,5 pD		
	1,00 pD	6,00 pD	1,00 pD
	8,00 pD	16,00 pD	2,00 pD

Tab. 3: Párové odstupňování korekčních členů [10]



Obr. 30: Zkušební sada [36]



## 5.4. Pracovní hypotézy

*HYPOTÉZA č. 1:* Po implantaci nitrooční čočky dojde ke zlepšení UCVA, BCVA u více než 80% očí

- a) Nekorigovaná a korigovaná zraková ostrost před zákrokem a po zákroku s odstupem v pravidelných kontrolách
- b) Porovnání změny UCVA a BCVA před operací a po operaci

*HYPOTÉZA č. 2:* Po refrakčním zákroku dojde k přechodnému zvýšení nitroočního tlaku

- c) Hodnoty nitroočního tlaku před zákrokem a po zákroku s odstupem v pravidelných kontrolách

*HYPOTÉZA č. 3:* Po implantaci nitrooční čočky dojde ke snížení hodnoty SE (korekce) alespoň o 50%

- d) Srovnání sférického ekvivalentu ARM a nejlepší korekce
- e) Vývoj cylindrické složky refrakční vady

*HYPOTÉZA č. 4:* Po implantaci nitrooční čočky dojde ke zlepšení UCVA, BCVA do blízka u více než 80% očí

- f) Nekorigovaná a korigovaná zraková ostrost na vzdálenost 40 cm před zákrokem a po zákroku s odstupem v pravidelných kontrolách
- g) Porovnání změn hodnot UCVA a BCVA na vzdálenost 40 cm před operací a po operaci

*HYPOTÉZA č. 5:* Po implantaci nitrooční čočky klesne hodnota SE (korekce) do blízka alespoň o 50%

- h) Vývoj hodnot sférického ekvivalentu korekce určené na vzdálenost 40 cm

Hypotézy č. 1, 2 a 3 jsou společné pro všechny skupiny.

Hypotézy č. 4 a 5 platí pouze pro 3. skupinu.

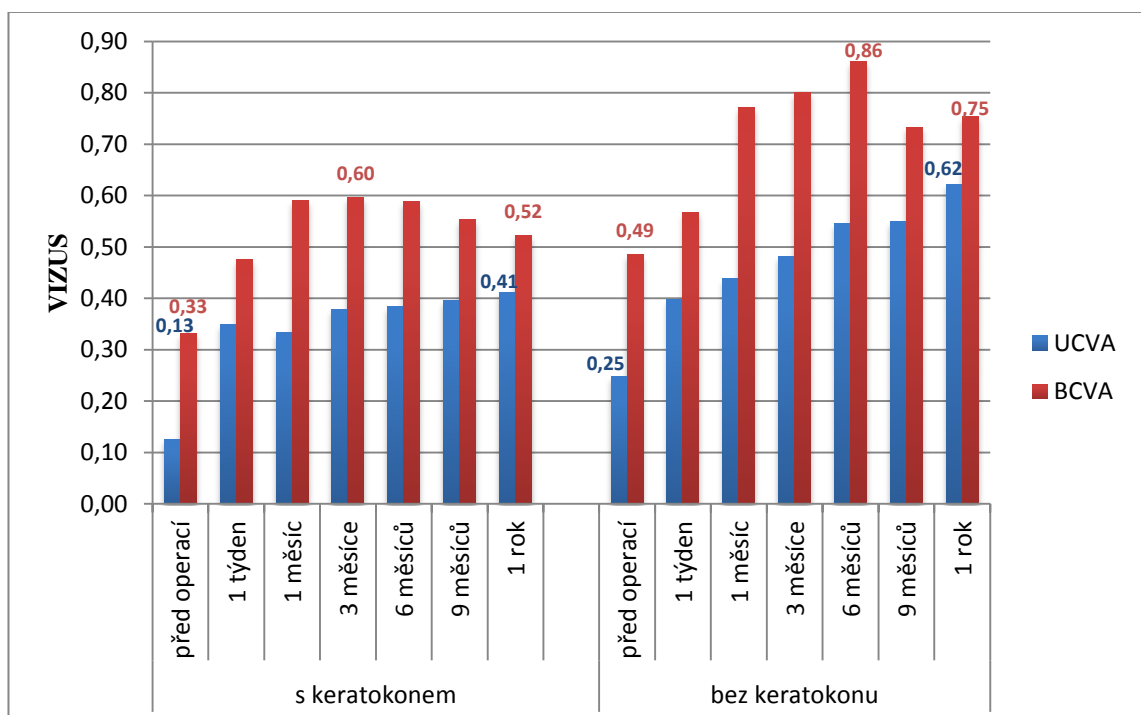
## 5.5. Výsledky

### 5.5.1. Výsledky pacientů po implantaci torické nitrooční čočky

a) *Nekorigovaná a korigovaná zraková ostrost před zákrokem a po zákroku s odstupem v pravidelných kontrolách*

U skupiny s keratokonem se průměrné předoperační hodnoty UCVA  $0,13 \pm 0,07$  ustálili na hodnotě  $0,41 \pm 0,21$  po ročním sledování. V Grafu 1 lze sledovat vzestupnou tendenci nekorigované zrakové ostrosti. Trend vzestupu zrakové ostrosti je více patrný z hodnot BCVA, avšak pouze do 6 měsíců od operace, poté dochází k mírnému poklesu zrakové ostrosti. Průměrné předoperační hodnoty BCVA  $0,33 \pm 0,18$  se po roce ustálili na hodnotě  $0,52 \pm 0,24$ .

U skupiny bez keratokonu se průměrné předoperační hodnoty UCVA  $0,25 \pm 0,16$  ustálili na hodnotě  $0,62 \pm 0,14$  po ročním sledování. V Grafu 1 lze sledovat vzestupnou tendenci nekorigované zrakové ostrosti. Trend vzestupu zrakové ostrosti je více patrný z hodnot BCVA, avšak pouze do 9 měsíců od operace, poté dochází k mírnému poklesu zrakové ostrosti. Průměrné předoperační hodnoty BCVA  $0,49 \pm 0,22$  se po roce ustálili na hodnotě  $0,75 \pm 0,16$ .



Graf 1: Srovnání hodnot nekorigované a nejlepší korigované zrakové ostrosti

## b) Porovnání změny UCVA a BCVA před operací a po operaci

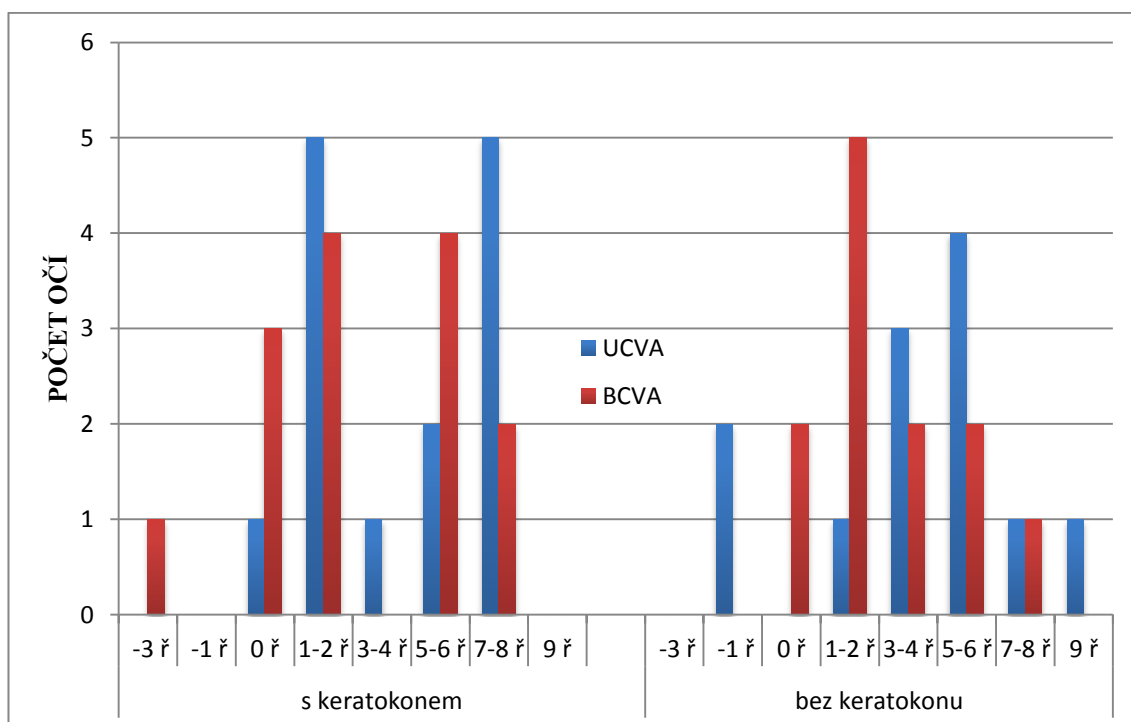
V Grafu 2 vidíme zlepšení nebo zhoršení UCVA a BCVA o konkrétní počet řádků na optotypu ve srovnání předoperačních hodnot a hodnot po 12 měsících od operace.

UCVA si 14 očí s keratokonem zlepšilo následovně: 5 očí (36%) o 7 - 8 řádků, 2 oči (14%) o 5 - 6 řádků, 1 oko (7%) o 3 - 4 řádky, 5 očí (36%) o 1 - 2 řádky optotypu. Ke změně nedošlo u 1 oka (7%) a žádné oko se nezhoršilo.

UCVA 12 očí bez keratokonu si svůj vizus zlepšilo následovně: 1 oko (8%) o 9 řádků, 1 oko (8%) o 7 - 8 řádků, 4 oči (34%) o 5 - 6 řádků, 3 oči (25%) o 3 - 4 řádky, 1 oko (8%) o 1 - 2 řádky. Ke zhoršení o 1 řádek optotypu došlo u 2 očí (17%).

BCVA se u této skupiny zlepšilo následovně: 2 oči (14%) o 7 - 8 řádků, 4 oči (29%) o 5 - 6 řádků, 4 oči (29%) o 1 - 2 řádky optotypu. U 3 očí (21%) nedošlo k žádné změně a u 1 oka (7%) došlo ke zhoršení o 3 řádky optotypu.

BCVA očí této skupiny se zlepšilo následovně: 1 oko (8%) o 7 - 8 řádků, 2 oči (17%) o 5 - 6 řádků, 2 oči (17%) o 3 - 4 řádky, 5 očí (41%) o 1 - 2 řádky optotypu. U 2 očí (17%) nedošlo ke změně.

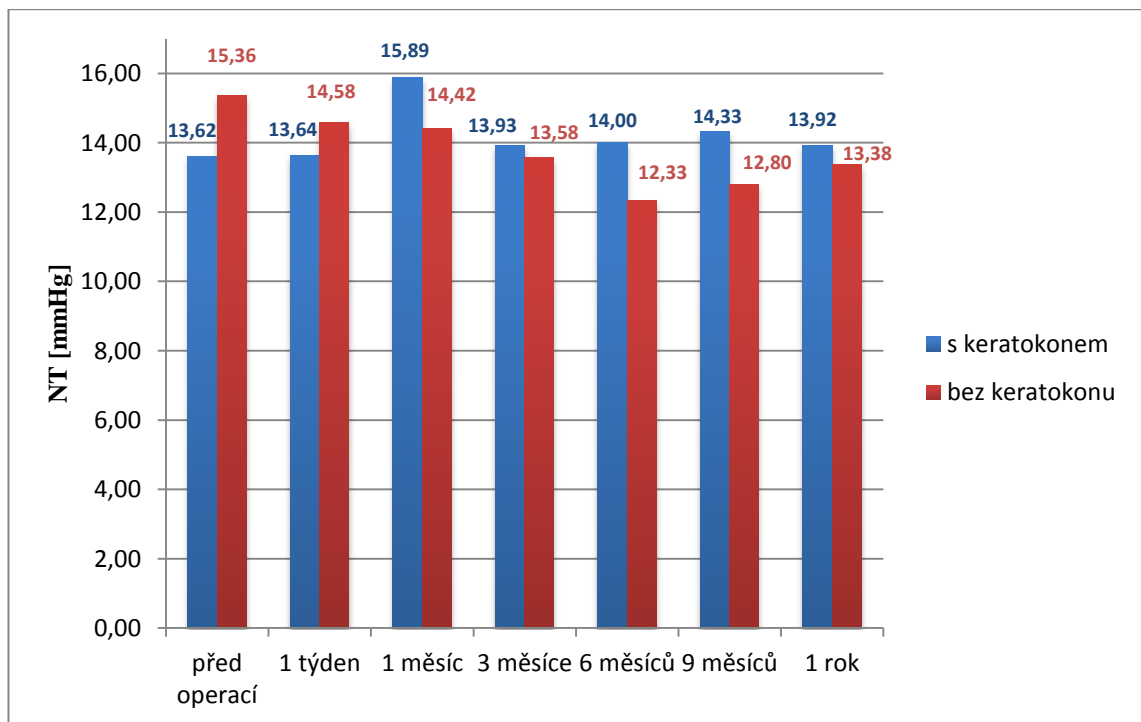


Graf 2: Srovnání změny UCVA a BCVA

c) *Hodnoty nitroočního tlaku před zákrokem a po zákroku s odstupem v pravidelných kontrolách*

Průměrné předoperační hodnoty nitroočního tlaku skupiny s keratokonem  $13,62 \pm 2,34$  mmHg se po ročním sledování ustálily na  $13,92 \pm 2,42$  mmHg. V Grafu 3 vidíme, že jeden měsíc po operaci došlo k přechodnému zvýšení NT na  $15,89 \pm 3,51$  mmHg.

Průměrné předoperační hodnoty nitroočního tlaku skupiny bez keratokonu  $15,36 \pm 1,31$  mmHg se po ročním sledování ustálily na  $13,38 \pm 1,49$  mmHg. K přechodnému zvýšení NT v pooperačním období nedošlo.



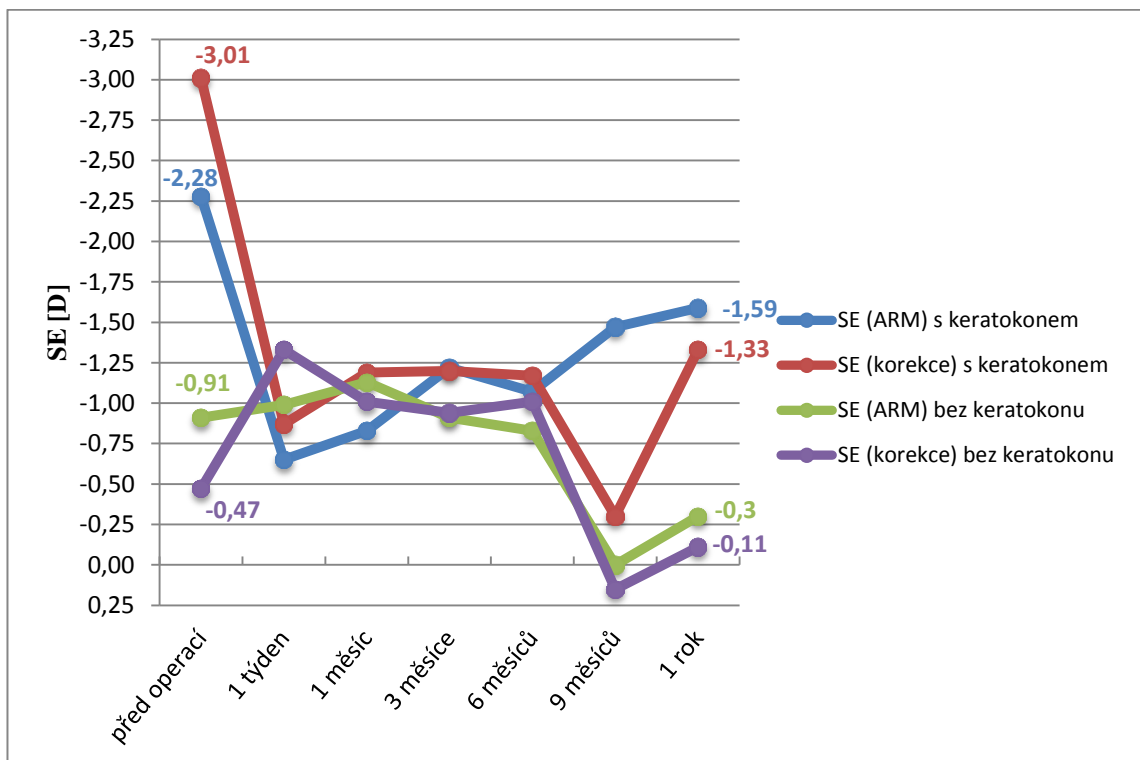
**Graf 3: Hodnoty nitroočního tlaku**

d) Srovnání sférického ekvivalentu ARM a nejlepší korekce

Graf 4 přehledně zobrazuje hodnoty sférického ekvivalentu zjištěného subjektivní refrakcí (ARM) a objektivní refrakcí (korekce) skupiny s keratokonem a bez keratokonu.

Před operací byla průměrná hodnota SE (ARM) skupiny s keratokonem  $-2,28 \pm 4,88D$ , po roce tato hodnota klesla na  $-1,59 \pm 0,98D$ , což značí pokles vady o 30,3%. Sférický ekvivalent nejlepší korekce byl před operací  $-3,01 \pm 3,90D$ , po roce tato hodnota klesla na  $-1,33 \pm 1,23D$ , což značí snížení hodnoty korekce o 55,8%.

Před operací byla průměrná hodnota SE (ARM) skupiny bez keratokonu  $-0,91 \pm 3,38D$ , po roce tato hodnota klesla na  $-0,3 \pm 1,16D$ , což je pokles vady o 67%. Sférický ekvivalent nejlepší korekce byl před operací  $-0,47 \pm 3,11D$ , po roce tato hodnota klesla na  $-0,11 \pm 0,94D$ , což je snížení hodnoty korekce o 76,6%.



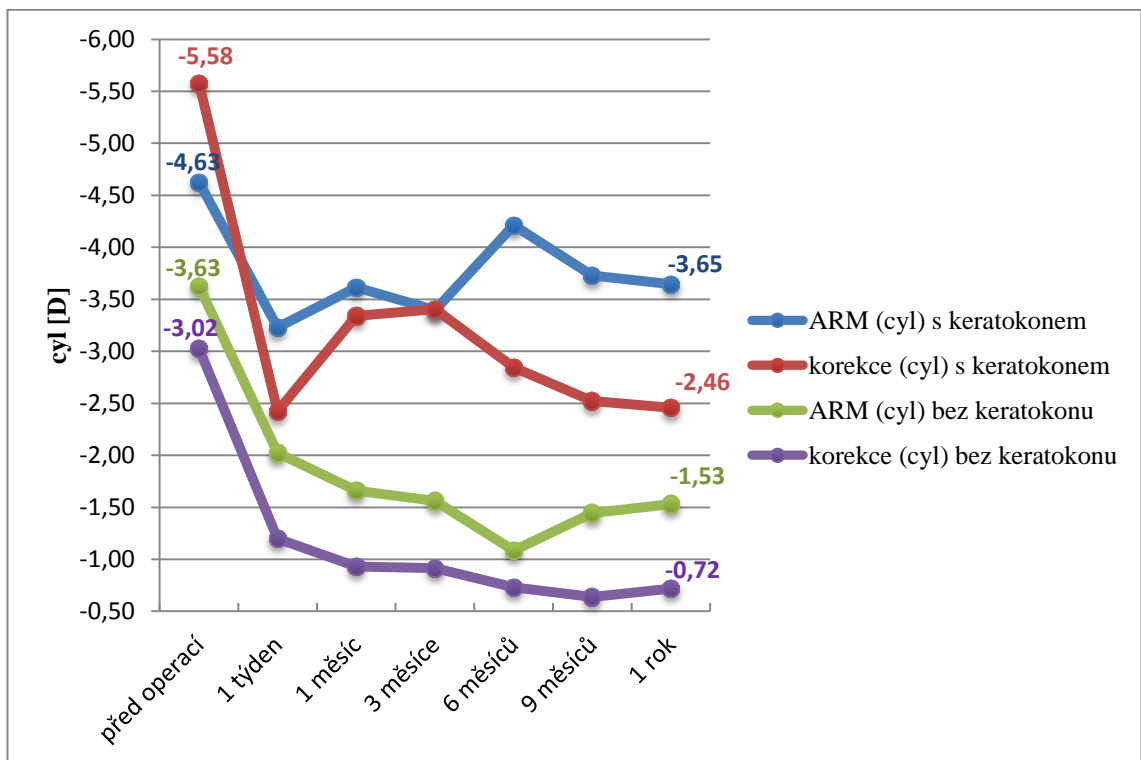
Graf 4: Srovnání sférického ekvivalentu zjištěného ARM a subjektivní refrakcí

e) Vývoj cylindrické složky refrakční vady

Torické čočky slouží především ke korekci astigmatismu. Na Grafu 5 je zobrazen vývoj cylindrických hodnot s odstupem v pravidelných kontrolách.

Objektivně změřená cylindrická složka vady u skupiny s keratokonem byla před operací  $-4,63 \pm 1,16D$ , rok od operace klesla o 21,2% na  $-3,65 \pm 2,02D$ . Subjektivně změřená cylindrická složka vady byla před operací  $-5,58 \pm 1,61D$ , rok od operace klesla o 55,9% na  $-2,46 \pm 1,69D$ .

Objektivně změřená cylindrická složka vady u skupiny bez keratokonu byla před operací  $-3,63 \pm 1,37D$ , rok od operace klesla o 57,9% na  $-1,53 \pm 1,62D$ . Subjektivně změřená cylindrická složka vady byla před operací  $-3,02 \pm 0,99D$ , rok od operace klesla o 76,2% na  $-0,72 \pm 0,76D$ .



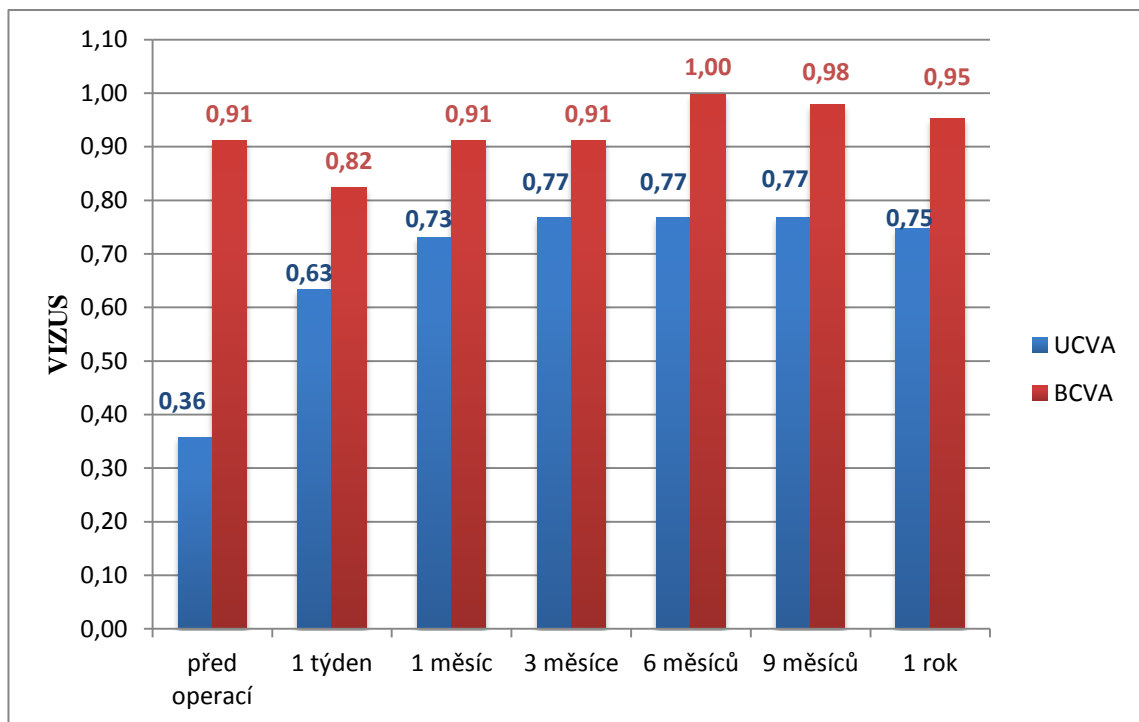
Graf 5: Srovnání cylindrických hodnot zjištěných ARM a subjektivní refrakcí

## 5.5.2. Výsledky pacientů po implantaci sférické ICL

a) Nekorigovaná a korigovaná zraková ostrost před zákrokem a po zákroku s odstupem v pravidelných kontrolách

V Grafu 6 je znázorněno srovnání hodnot BCVA a UCVA.

Průměrné předoperační hodnoty UCVA  $0,36 \pm 0,27$  se ustálili na hodnotě  $0,75 \pm 0,20$  po ročním sledování. V Grafu 6 lze sledovat vzestupnou tendenci nekorigované zrakové ostrosti. Průměrné předoperační hodnoty BCVA  $0,91 \pm 0,17$  se ustálili na hodnotě  $0,95 \pm 0,18$ .



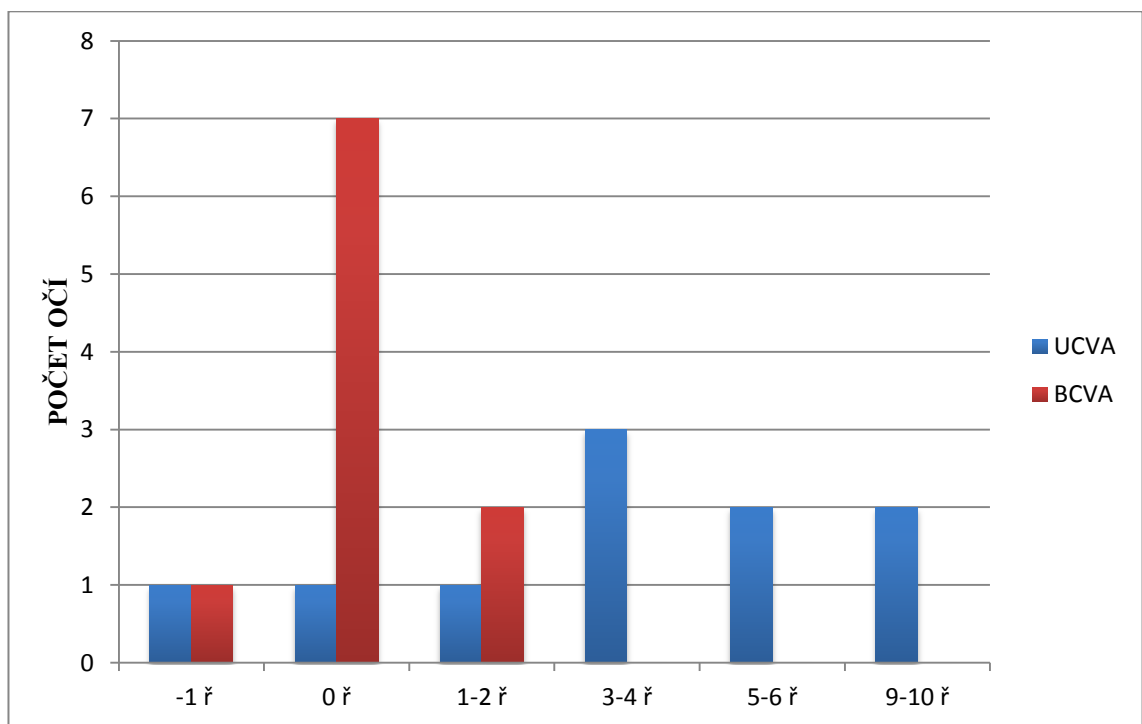
Graf 6: Srovnání hodnot nekorigované a nejlepší korigované zrakové ostrosti

b) Porovnání změny UCVA a BCVA před operací a po operaci

V Grafu 7 vidíme zlepšení nebo zhoršení UCVA a BCVA po 12 měsících od operace.

Na hodnotách UCVA je nejlépe vidět prospěšnost tohoto zákroku, neboť si ji z 10 očí: 2 oči (20%) se zlepšily o 9 - 10 řádků, 2 oči (20%) o 5 - 6 řádků, 3 oči (30%) o 3 - 4 řádky, 1 oko (10%) o 1 - 2 řádky optotypu. Pouze u 1 oka (10%) nedošlo ke změně a u 1 oka (10%) došlo ke zhoršení vizu o 1 řádek.

BCVA byla u pacientů dobrá již před zákrokem. Pouze u 3 očí došlo ke zlepšení o 1 - 2 řádky (20%) optotypu. Ke změně nedošlo u 7 očí (70%) a u jednoho oka (10%) došlo ke zhoršení vizu o 1 řádek.

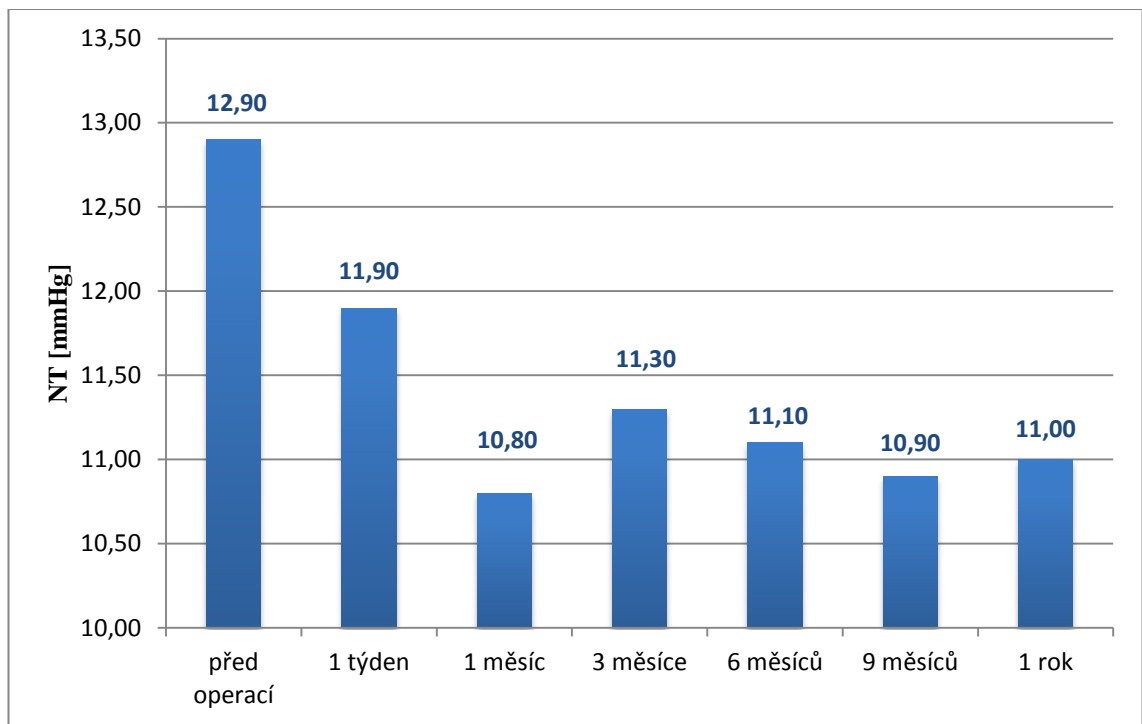


Graf 7: Srovnání změny UCVA a BCVA



c) *Hodnoty nitroočního tlaku před zákrokem a po zákroku s odstupem v pravidelných kontrolách*

Průměrné předoperační hodnoty nitroočního tlaku  $12,90 \pm 3,02$  mmHg se po ročním sledování ustálili na hodnotě  $11,0 \pm 1,39$  mmHg. Na Grafu 8 vidíme sestupnou tendenci hodnot nitroočního tlaku.



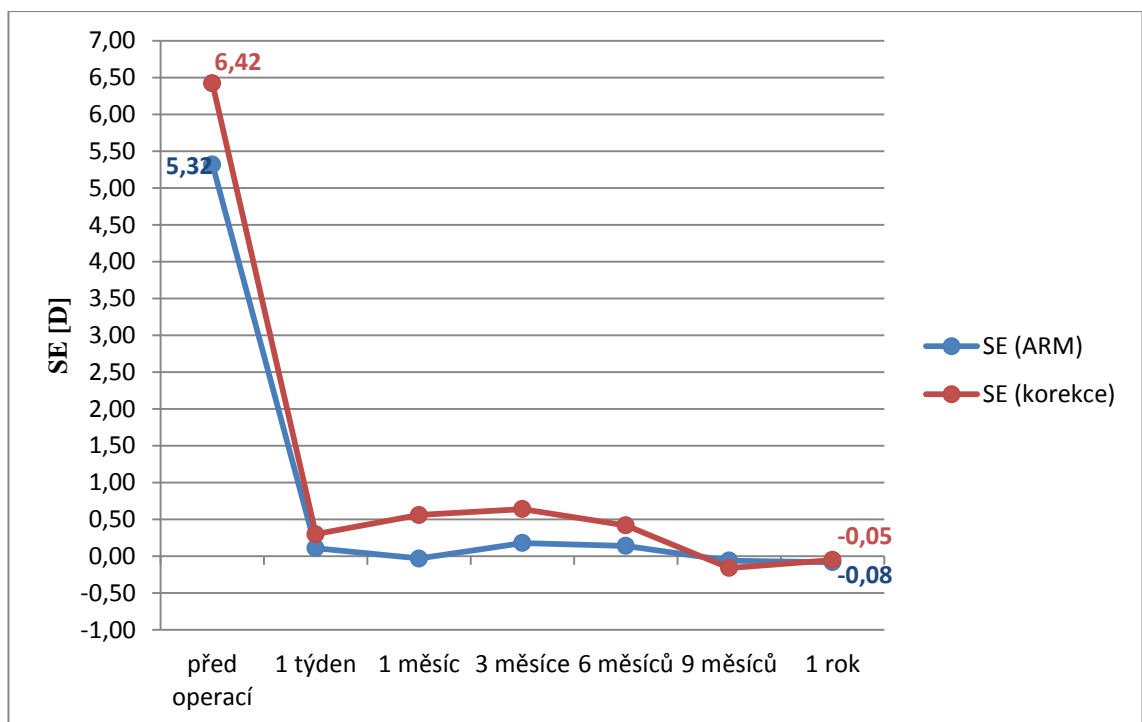
**Graf 8: Hodnoty nitroočního tlaku**

d) Srovnání sférického ekvivalentu ARM a nejlepší korekce

Graf 9 přehledně zobrazuje hodnoty sférického ekvivalentu zjištěného subjektivní (ARM) a objektivní refrakcí (korekce).

Před operací byla průměrná hodnota SE (ARM)  $5,32 \pm 1,61D$ , po roce tato hodnota klesla na  $-0,08 \pm 0,55D$ .

Před operací byla průměrná hodnota SE (korekce)  $6,42 \pm 1,81D$ , po roce tato hodnota klesla na  $-0,05 \pm 0,91D$ .



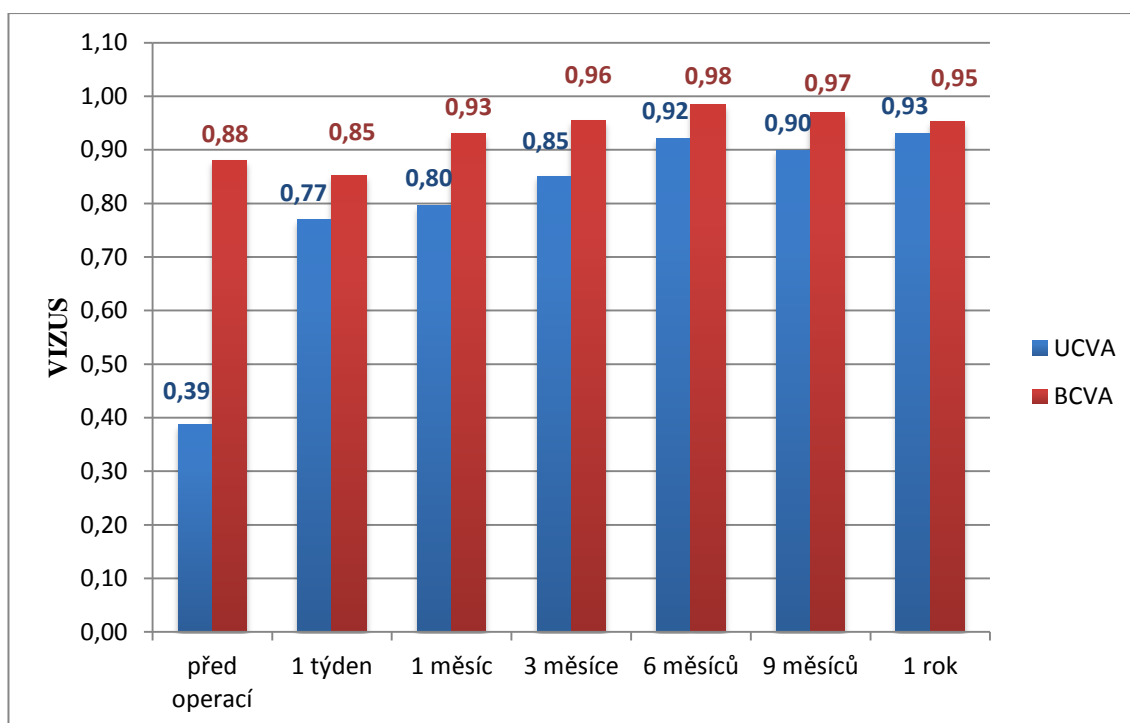
Graf 9: Srovnání sférického ekvivalentu zjištěného ARM a subjektivní refrakcí

### 5.5.3. Výsledky pacientů po implantaci multifokální nitrooční čočky

a) *Nekorigovaná a korigovaná zraková ostrost před zákrokem a po zákroku s odstupem v pravidelných kontrolách*

Průměrné předoperační hodnoty UCVA  $0,39 \pm 0,12$  se ustálili na hodnotě  $0,93 \pm 0,12$  po ročním sledování. V Grafu 10 lze sledovat vzestupnou tendenci nekorigované zrakové ostrosti.

Tento trend je patrný i z hodnot BCVA, avšak ne takové míře jako u UCVA. Průměrné předoperační hodnoty BCVA  $0,88 \pm 0,13$  se ustálili na hodnotě  $0,95 \pm 0,08$ .



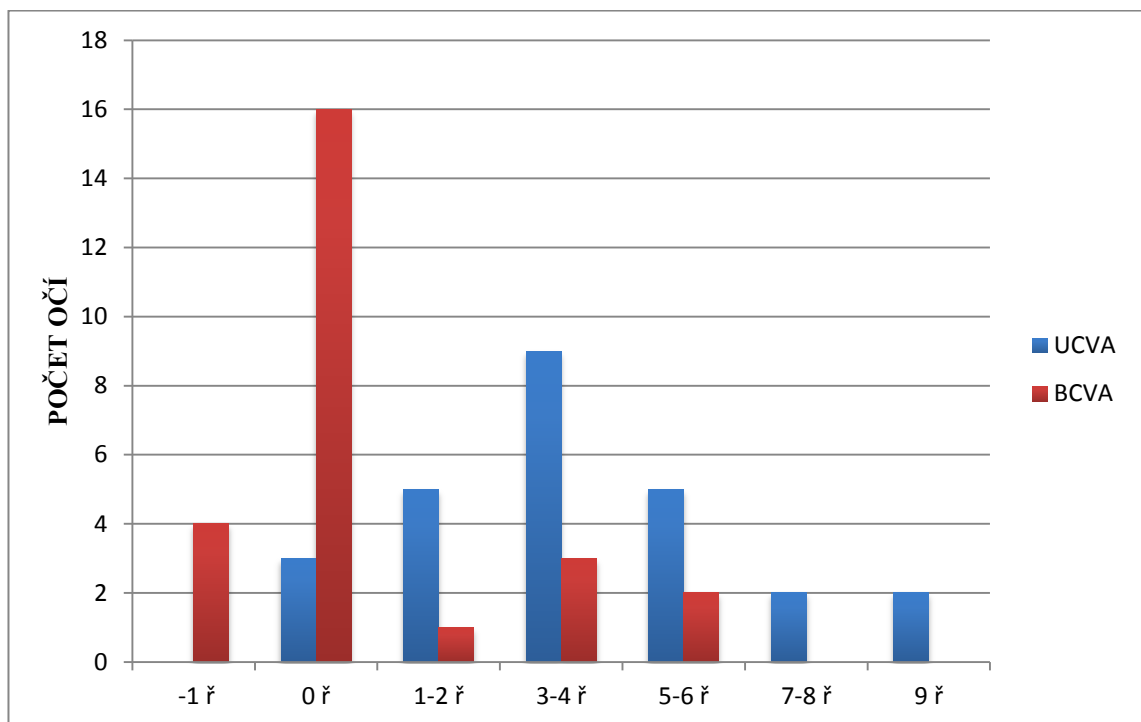
Graf 10: Srovnání hodnot nekorigované a nejlepší korigované zrakové ostrosti

b) Porovnání změn hodnot UCVA a BCVA na dálku před operací a po operaci

V Grafu 11 vidíme zlepšení nebo zhoršení UCVA a BCVA po 12 měsících od operace.

Vývoj hodnot UCVA u 26 očí: 2 oči (8%) se zlepšily o 9 řádků, 2 oči (8%) o 7 - 8 řádků, 5 očí (19%) o 5 - 6 řádků, 9 očí (35%) o 3 - 4 řádky, 5 očí (19%) o 1 - 2 řádky optotypu. Pouze u 3 očí (11%) nedošlo ke změně.

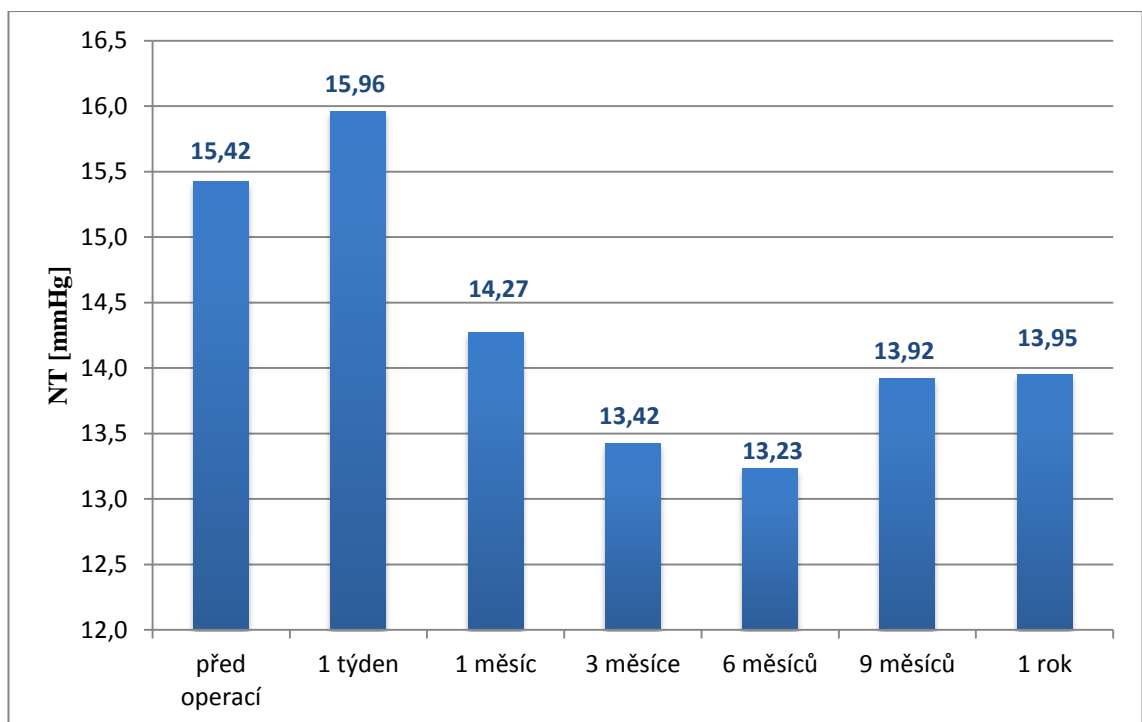
BCVA byla u pacientů dobrá již před zákrokem. U 2 očí (8%) došlo ke zlepšení o 5 - 6 řádků, u 3 očí (11%) o 3 - 4 řádky a u 1 oka (4%) o 1 - 2 řádky optotypu. Ke změně nedošlo u 16 očí (62%) a u 4 očí (15%) došlo ke zhoršení vizu o 1 řádek.



Graf 11: Srovnání změny UCVA a BCVA

c) *Hodnoty nitroočního tlaku před zákrokem a po zákroku s odstupem v pravidelných kontrolách*

Na Grafu 12 vidíme sestupnou tendenci hodnot nitroočního tlaku. Průměrné předoperační hodnoty nitroočního tlaku  $15,42 \pm 1,39$  mmHg se po ročním sledování ustálili na hodnotě  $13,95 \pm 1,78$  mmHg. Týden po zákroku došlo k přechodnému zvýšení NT na  $15,96 \pm 2,31$  mmHg a pak k jeho opětovnému poklesu.



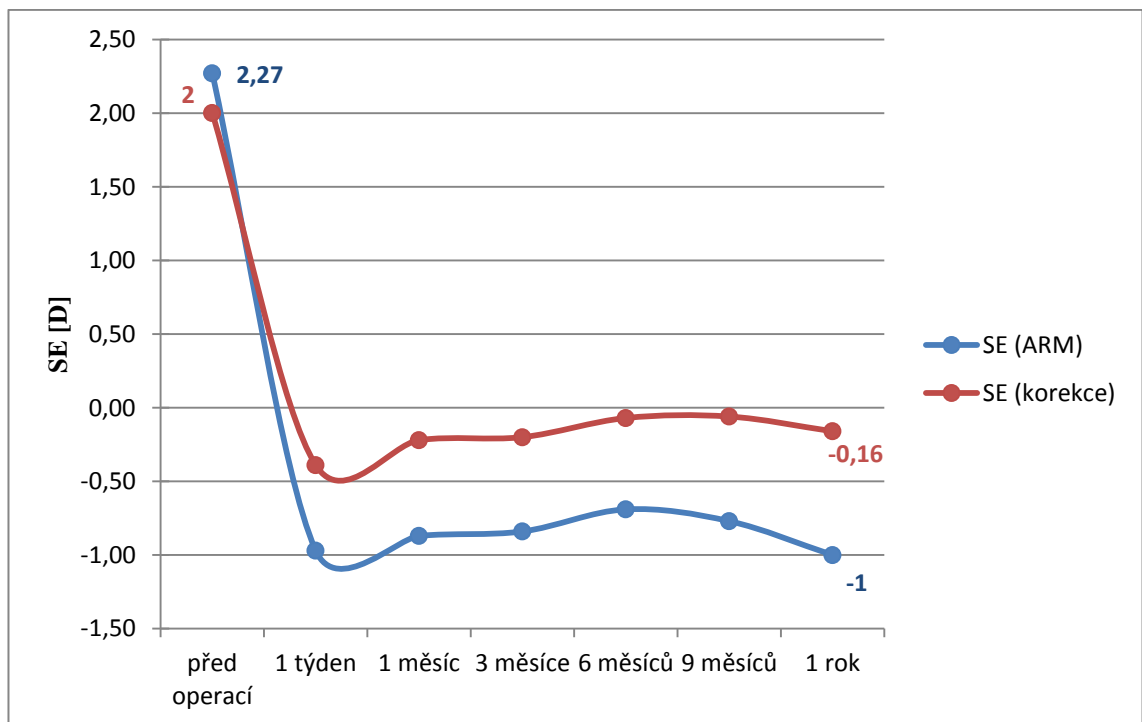
**Graf 12: Hodnoty nitroočního tlaku**

d) Srovnání sférického ekvivalentu ARM a nejlepší korekce do dálky

Graf 13 přehledně zobrazuje hodnoty sférického ekvivalentu zjištěného subjektivní (ARM) a objektivní refrakcí (korekce).

Před operací byla průměrná hodnota SE (ARM)  $2,27 \pm 1,28D$ , po roce tato hodnota klesla na  $-1,00 \pm 0,36D$ .

Před operací byla průměrná hodnota SE (korekce)  $2,00 \pm 0,99D$ , po roce tato hodnota klesla na  $-0,16 \pm 0,39D$ .

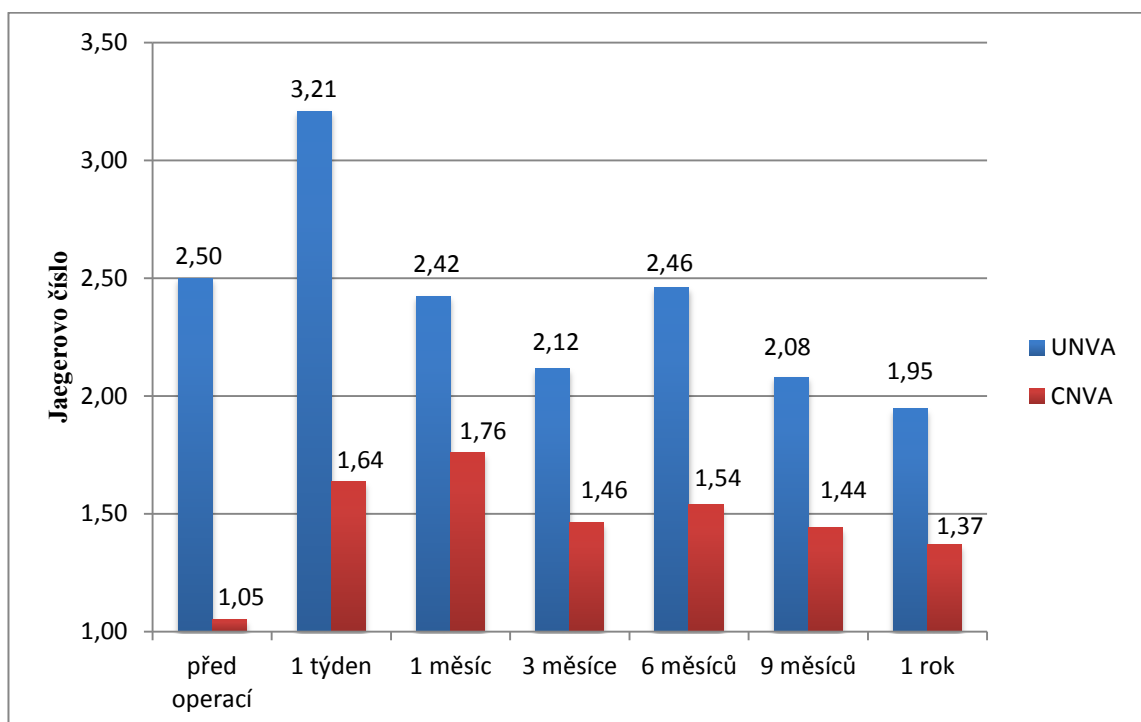


Graf 13: Srovnání sférického ekvivalentu zjištěného ARM a subjektivní refrakcí

f) *Nekorigovaná a korigovaná zraková ostrost na vzdálenost 40 cm před zákrokem a po zákroku s odstupem v pravidelných kontrolách*

Průměrné předoperační hodnoty UNVA do blízka  $2,5 \pm 1,79$  se ustálili na hodnotě  $1,95 \pm 1,04$  po ročním sledování. V Grafu 14 lze sledovat vzestupnou tendenci nekorigované zrakové ostrosti.

Hodnoty CNVA jsou po operaci horší než před ní. Průměrné předoperační hodnoty CNVA  $1,05 \pm 0,13$  se ustálili na hodnotě  $1,37 \pm 0,59$ .



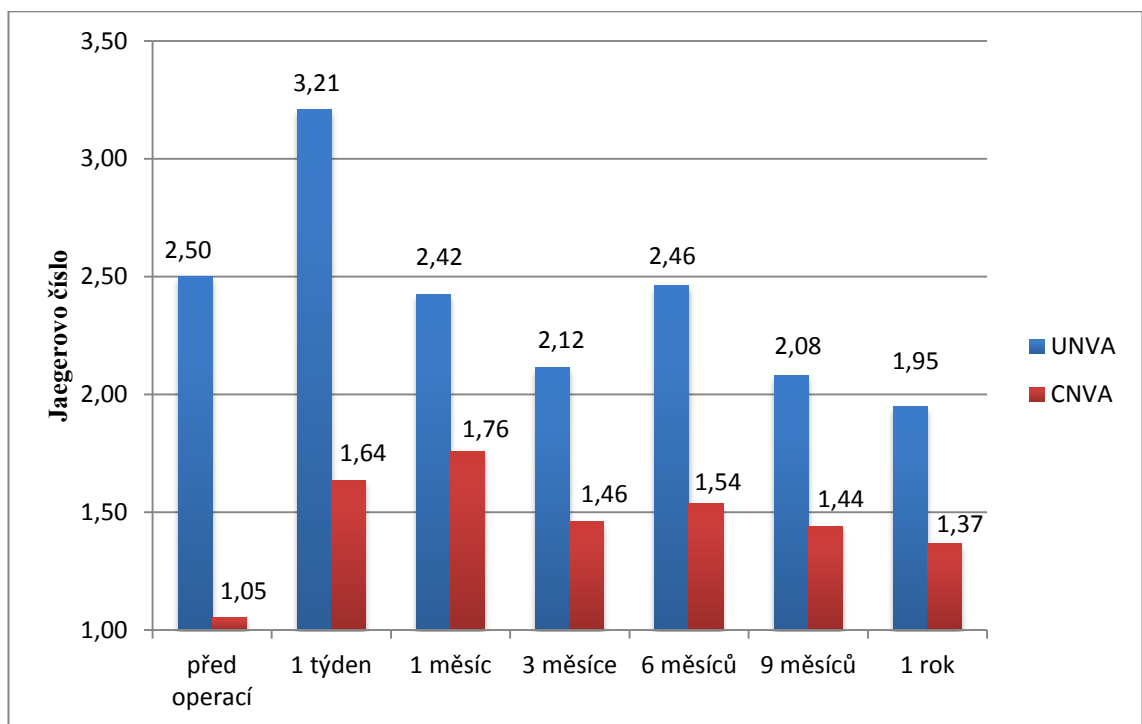
**Graf 14: Srovnání hodnot nekorigované a nejlepší korigované zrakové ostrosti**

g) Porovnání změn hodnot UNVA a CNVA na vzdálenost 40 cm před operací a po operaci

V Grafu 15 vidíme zlepšení nebo zhoršení UNVA a CNVA po 12 měsících od operace.

Vývoj hodnot UNVA u 26 očí: 2 oči (8%) se zlepšily 5 - 6 řádků, 3 oči (11%) o 3 - 4 řádky, 8 očí (31%) o 1 - 2 řádky optotypu. U 9 očí (34%) nedošlo ke změně, 2 oči (8%) ztratili 1 - 2 řádky a další 2 oči (8%) přišli o 3 - 4 řádky optotypu.

CNVA byla u pacientů dobrá již před zákrokem. U 4 očí (15,5%) došlo ke zlepšení o 1 - 2 řádky optotypu. U 18 očí (69%) nedošlo ke změně. 4 oči (15,5%) ztratili 1 - 2 řádky optotypu.



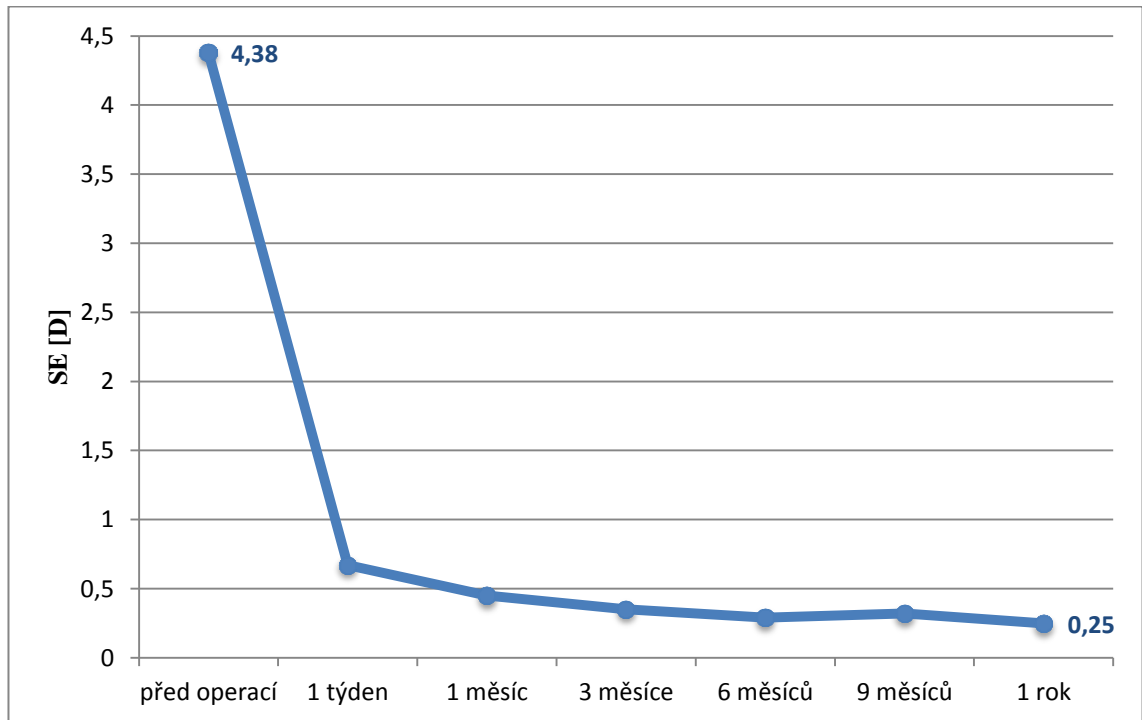
Graf 15: Srovnání změny UCVA a BCVA na blízko (40 cm)



h) Vývoj hodnot sférického ekvivalentu korekce určené na vzdálenost 40 cm

Graf 16 zobrazuje hodnoty sférického ekvivalentu zjištěného objektivní refrakcí.

Před operací byla průměrná hodnota SE  $4,38 \pm 0,90D$ , po roce tato hodnota klesla o 94,3% na  $0,25 \pm 0,2D$ . Díky dílu do blízka na implantované čočce o hodnotě +3D došlo po operaci k poklesu nutnosti dokorekce na čtecí vzdálenost.



Graf 16: Hodnoty sférického ekvivalentu subjektivní refrakce na vzdálenost 40 cm

## 5.5.4. Zhodnocení efektivity a stability

### Efektivita

Efektivitu refrakčních zákroků lze zhodnotit jednoduchým způsobem, hodnoty v Tab. 4 vychází z výsledků před operací a rok po ní. Hodnoty zrakové ostrosti jsou do dálky, pokud není uvedeno jinak.

$$\text{Index efektivity} = \frac{\text{průměrná hodnota UCVA po operaci}}{\text{průměrná hodnota BCVA před operaci}}$$

Index efektivity = 1: UCVA po operaci bylo stejné jako BCVA před operací

Index efektivity < 1: BCVA před operací bylo lepší než UCVA po operaci

Index efektivity > 1: UCVA po operaci bylo lepší (vyšší) než BCVA před operací.

Jako nejeftektivnější způsob se jeví implantace torické IOL s indexem 1,27 pro skupinu bez keratokonu a 1,24 pro skupinu s keratokonem. Další v pořadí je multifokální čočka, kde je index 0,98 pro korekci do dálky a 1,86 pro korekci do blízka. Nejhůře se umístily sférické ICL čočky s indexem 0,82.

### Stabilita

Výsledek zákroku je stabilní, pokud je mezi dvěma po sobě jdoucími vyšetřeními zrakové ostrosti sférický ekvivalent s rozdílem menším než 0,5 D.

Všechny skupiny dosáhly stability po měsíci od zákroku a udrželi si ji po celé sledovací období.

		1. skupina Torické IOL (n <sub>S K</sub> =14, n <sub>Bez K</sub> =12)	2. skupina Sférické ICL (n=10)	3. skupina Multifokální IOL (n=26)
<b>Věk</b> (roky)		S K: 55,6±10,9 Bez K: 56,7±12,2	29,2±3,5	53,9±3,4
<b>Pohlaví</b> (muž/žena)		S K: 7/5 Bez K: 4/4	1/4	9/7
<b>UCVA</b>	Před op.	S K: 0,13±0,07 Bez K: 0,25±0,16	0,36±0,27	D: 0,39±0,12 B: 2,50±1,80
	Rok po op.	S K: 0,41±0,21 Bez K: 0,62±0,14	0,75±0,20	D: 0,93±0,12 B: 1,95±1,04
<b>BCVA</b>	Před op.	S K: 0,33±0,18 Bez K: 0,49±0,22	0,91±0,17	D: 0,88±0,13 B: 1,05±0,13
	Rok po op.	S K: 0,52±0,24 Bez K: 0,75±0,16	0,95±0,18	D: 0,95±0,08 B: 1,37±0,59
<b>Efektivita</b>		S K: 1,24 Bez K: 1,27	0,82	D: 0,98 B: 1,86
<b>Stabilita</b>		1 měsíc od zákroku	1 měsíc od zákroku	D: 1 měsíc od zákroku B: 1 měsíc od zákroku

Tab. 4: Efektivita a stabilita

*n* - počet očí, UCVA - nekorigovaná zraková ostrost, BCVA - nejlepší korigovaná zraková ostrost, před op. - před operací, rok po op. - rok po operaci, S K - s keratokonem, Bez K - bez keratokonu, D - zraková ostrost do dálky, B - zraková ostrost do blízka

## 5.5.5 Zhodnocení hypotéz

**HYPOTÉZA č. 1: Po implantaci nitroočních čoček dojde ke zlepšení UCVA, BCVA alespoň u 80 % očí**

Všechny testované skupiny dosáhly zlepšení UCVA alespoň u 80 % očí (Tab. 5), a proto lze *hypotézu č. 1* potvrdit.

Ke zlepšení BCVA u alespoň u 80 % očí došlo pouze v první skupině bez keratokonu (Tab. 6), a proto lze *hypotézu č. 1* potvrdit pouze pro tuto část první skupiny.

UCVA	Zlepšení aspoň o 1 řádek	Beze změny	Ztráta řádků
1. skupina	S K: 93 % Bez K: 83 %	7 % 0 %	0 % 17 %
2. skupina	80 %	10 %	10 %
3. skupina	89 %	11 %	0 %

Tab. 5: Změna UCVA rok po zákroku

UCVA - nekorigovaná zraková ostrost, S K - s keratokonem, Bez K - bez keratokonu

BCVA	Zlepšení aspoň o 1 řádek	Beze změny	Ztráta řádků
1. skupina	S K: 72% Bez K: 83%	21 % 17 %	7 % 0 %
2. skupina	20 %	70 %	10 %
3. skupina	23 %	62 %	15 %

Tab. 6: Změna BCVA rok po zákroku

BCVA - nejlepší korigovaná zraková ostrost, S K - s keratokonem, Bez K - bez keratokonu

## **HYPOTÉZA č. 2: Po refrakčním zákroku dojde k přechodnému zvýšení nitroočního tlaku**

K přechodnému zvýšení NT došlo u 1. skupiny s keratokonem 1 měsíc po operaci z předoperační hodnoty  $13,62 \pm 2,34$  mmHg na  $15,89 \pm 3,51$  mmHg. K přechodnému zvýšení NT u 1. skupiny bez keratokonu nedošlo, nejvyšší hodnoty byly naměřeny před operací  $15,36 \pm 1,31$  mmHg.

K přechodnému zvýšení NT u 2. skupiny nedošlo. Nejvyšší hodnoty nitroočního tlaku byly naměřeny před zákrokem a to  $12,90 \pm 3,02$  mmHg.

K přechodnému zvýšení NT u 3. skupiny došlo 1 týden po operaci z předoperační hodnoty  $15,42 \pm 1,39$  mmHg na  $15,96 \pm 2,31$  mmHg.

*Hypotézu č. 2 lze potvrdit pouze pro 1. skupinu s keratokonem a 3. skupinu. Souhrn všech hodnot v Tab. 7.*

NT [mmHg]		před operací	1 týden	1 měsíc	3 měsíce	6 měsíců	9 měsíců	1 rok
1. skupina	S K	$13,62 \pm 2,34$	$13,64 \pm 2,70$	$15,89 \pm 3,51$	$13,93 \pm 2,23$	$14,00 \pm 2,53$	$14,33 \pm 2,90$	$13,92 \pm 2,42$
	Bez K	$15,36 \pm 1,31$	$14,58 \pm 2,10$	$14,42 \pm 2,42$	$13,58 \pm 1,94$	$12,33 \pm 1,87$	$12,80 \pm 2,09$	$13,38 \pm 1,49$
2. skupina		$12,90 \pm 3,02$	$11,90 \pm 1,71$	$10,80 \pm 1,17$	$11,30 \pm 1,33$	$11,10 \pm 1,07$	$10,90 \pm 1,22$	$11,00 \pm 1,39$
3. skupina		$15,42 \pm 1,39$	$15,96 \pm 2,31$	$14,27 \pm 1,80$	$13,42 \pm 1,32$	$13,23 \pm 1,35$	$13,92 \pm 1,36$	$13,95 \pm 1,78$

**Tab. 7: Hodnoty nitroočního tlaku s odstupem plánovaných kontrol**

*NT - nitrooční tlak, S K - s keratokonem, Bez K - bez keratokonu*

**HYPOTÉZA č. 3: Po refrakčním zákroku dojde ke snížení hodnoty SE (korekce) alespoň o 50%**

Hodnoty subjektivní refrakce 1. skupiny s keratokonem se z předoperační hodnoty  $-3,01 \pm 3,90D$  změnily s odstupem 1 roku na  $-1,33 \pm 1,23D$ . Hodnota subjektivní refrakce se snížila o více než 50%. Hodnoty subjektivní refrakce 1. skupiny bez keratokonu se z předoperační hodnoty  $-0,47 \pm 3,11D$  změnily s odstupem 1 roku na  $-0,11 \pm 0,94D$ . Hodnota subjektivní refrakce se snížila o více než 50%.

Hodnoty subjektivní refrakce 2. skupiny se z předoperační hodnoty  $6,42 \pm 1,81D$  změnily s odstupem 1 roku na  $-0,05 \pm 0,91D$ . Hodnota subjektivní refrakce se snížila o více než 50%.

Hodnoty subjektivní refrakce 3. skupiny se z předoperační hodnoty  $2,00 \pm 0,99D$  změnily s odstupem 1 roku na  $-0,16 \pm 0,39D$ . Hodnota subjektivní refrakce se snížila o více než 50%.

U všech skupin došlo ke snížení subjektivní refrakce o 50% a více, a proto lze hypotézu č. 3 potvrdit. Souhrn všech hodnot v Tab. 8.

Hodnoty SE (korekce)		Před operací	Rok po operaci	Snížení SE o
1. skupina	S K	$-3,01 \pm 3,90D$	$-1,33 \pm 1,23D$	55,8%
	Bez K	$-0,47 \pm 3,11D$	$-0,11 \pm 0,94D$	76,6%
2. skupina		$6,42 \pm 1,81D$	$-0,05 \pm 0,91D$	>100%
3. skupina	D	$2,00 \pm 0,99D$	$-0,16 \pm 0,39D$	>100%
	B	$4,38 \pm 0,90D$	$0,25 \pm 0,20D$	94,3%

**Tab. 8: Hodnoty SE - před operací a rok po ní**

*SE - sférický ekvivalent, S K - s keratokonem, Bez K - bez keratokonu, D - hodnoty korekce do dálky, B - hodnoty korekce do blízka*

**HYPOTÉZA č. 4: Po refrakčním zákroku dojde ke zlepšení UCVA, BCVA do blízka u více než 80% očí**

Ve 3. skupině došlo ke zlepšení UCVA na blízko pouze u 50 % očí a BCVA pouze u 15,5% očí (Tab. 9), a proto *hypotézu č. 4* nelze potvrdit.

3. skupina	Zlepšení aspoň o 1 řádek	Beze změny	Ztráta řádků
UCVA	50 %	34 %	16 %
BCVA	15,5 %	69 %	15,5 %

**Tab. 9: Změna UCVA a BCVA rok po zákroku**

*UCVA - nekorigovaná zraková ostrost, BCVA - korigovaná zraková ostrost*

**HYPOTÉZA č. 5: Po refrakčním zákroku klesne hodnota SE (korekce) do blízka alespoň o 50%**

Hodnoty subjektivní refrakce do blízka se z předoperační hodnoty  $4,38 \pm 0,90D$  změnilly s odstupem 1 roku na  $0,25 \pm 0,20D$ . Hodnota subjektivní refrakce se snížila o více než 50%.

Ze souhrnu hodnot v Tab. 8 vyplývá, že hodnota SE se snížila o více než 50%, a proto lze *hypotézu č. 5* potvrdit.

## 5.5.6. Souhrn výsledků

V této kapitole je uvedeno celkové shrnutí výsledků výzkumu pro jednotlivé skupiny.

Implantace torických nitroočních čoček se jeví jako velmi vhodná metoda korekce astigmatismu. Působivé výsledky můžeme pozorovat především u *první skupiny s keratokonem*, pro tyto oči je zákrok výbornou alternativou klasických způsobů korekce. Před operací mělo více než 78% očí UCVA 0,16 a horší. Rok po operaci se UCVA 58% očí zlepšilo na 0,4 a lepší. BCVA bylo před operací 0,32 nebo horší u 61,5% očí. Rok po operaci mělo 50% očí BCVA 0,7 nebo lepší. Nitrooční tlak vzrostl 1 měsíc po operaci z hodnoty  $13,62 \pm 2,34$  mmHg na  $15,89 \pm 3,51$  mmHg a poté již byla udržována hodnota nitroočního tlaku na předoperační úrovni. Sférický ekvivalent subjektivní korekce se z předoperačních hodnot  $-3,01 \pm 3,90D$  změnil na  $-1,33 \pm 1,23D$ . Subjektivní cylindrická korekce se z  $-5,58 \pm 2,60D$  změnila rok po operaci na  $-2,46 \pm 1,69D$  a předoperační objektivně změřená složka cylindrické korekce (ARM)  $-4,63 \pm 2,03D$  se po roce ustálila na hodnotě  $-3,65 \pm 2,02D$ . Index efektivity zákroku dosáhl hodnoty 1,24.

Další část výzkumu se zabývá torickými čočkami implantovanými do očí *s astigmatismem bez keratokonu*. Před operací mělo 66,7% očí UCVA 0,25 a horší, tato hodnota se po ročním sledování zlepšila u 50% očí na 0,63 a lepší. BCVA 50% očí před operací dosahovala 0,4 a méně, zatímco po operaci mělo 62,5% očí BCVA 0,8 a lepší. Nejvyšší nitrooční tlak měla skupina před operací, nedošlo tedy k jeho navýšení po operaci. Sférický ekvivalent subjektivní korekce do dálky se z předoperační hodnoty  $-0,47 \pm 3,11D$  změnil po roce na  $-0,11 \pm 0,94D$ . Subjektivní cylindrická korekce se z  $-3,02 \pm 0,99D$  změnila rok po operaci na  $-0,72 \pm 0,76D$  a předoperační objektivně změřená složka cylindrické korekce (ARM)  $-3,63 \pm 2,02D$  se po roce ustálila na hodnotě  $-1,53 \pm 1,62D$ . Index efektivity tohoto zákroku je 1,27.

*Druhá skupina* je s 10 očima 5 pacientů nejméně početná. Nekorigovaná zraková ostrost byla před operací u 70% očí 0,32 a horší, po operaci byla UCVA u 60% očí 0,8 a lepší. BCVA se operací nezměnilo, 60% očí dosáhlo vizu 1,0 nebo lepšího. Hodnoty nitroočního tlaku byly stálé. K výrazné změně došlo u sférického ekvivalentu subjektivní korekce. Předoperační hodnoty  $6,42 \pm 1,81D$  se rok od operace ustálili na krásné hodnotě  $-0,05 \pm 0,91D$ . Index efektivity tohoto zákroku dosáhl nejnižší hodnoty ve srovnání s ostatními skupinami a to 0,8. Dle mého názoru je to způsobeno nevýraznou změnou hodnot korigované a nekorigované zrakové ostrosti dosažené před operací a po operaci.

*Třetí skupina* je nejpočetnější, tvoří ji 26 očí. Nekorigovaná zraková ostrost do dálky byla před operací u 52% očí 0,32 nebo horší a po operaci u 73,7% očí 1,0 a lepší. Korigovaná zraková ostrost do dálky byla před operací 1,0 a lepší u 72% očí a po operaci u 78,9% očí. Před operací byla UNVA do blízka 42% očí na úrovni Jaegerova čísla 4 nebo horší, po operaci dosáhlo UNVA na úrovni J. č. 1 celých 52,4 % očí. CNVA po operaci klesla. Jaegerova č. 1 dosáhlo pouze 84,2% očí oproti předoperačním 94,7% očí. Nitrooční tlak se týden po operaci přechodně navýšil, a poté již byla udržována hodnota nitroočního tlaku na předoperační úrovni. Sférický ekvivalent subjektivní korekce do dálky se z předoperačních hodnot  $2,00 \pm 0,99D$  po ročním sledování ustálil na  $-0,16 \pm 0,39D$ . Sférický ekvivalent subjektivní korekce do blízka se z průměrné hodnoty  $4,38 \pm 0,90D$  po roce ustálil na průměrné hodnotě  $0,25 \pm 0,20D$ . Index efektivity vyšel lépe pro korekci na blízko (1,86) než na dálku (0,98).



## 5.6. Diskuse výsledků

Implantace nitroočních čoček je rychle se rozvíjející metoda refrakční chirurgie. Díky refrakční chirurgii a různým typům nitroočních čoček jsme schopni korigovat téměř všechny ametropie.

Výzkum je zaměřen na tři skupiny nitroočních čoček: sférické pro hypermetropii, torické pro astigmatismus a multifokální pro presbyopii. Hypotézy se zabývají srovnáním nejlepší korigované (BCVA) a nekorigované (UCVA) zrakové ostrosti, nitroočního tlaku a sférického ekvivalentu subjektivní korekce do dálky a blízka před operací a v průběhu jednoho roku po operaci.

Ukázalo se výrazné zlepšení nekorigované zrakové ostrosti oproti předoperačnímu stavu.

*Martha Jaimes a její kolegové* ve své studii *Refractive lens exchange with toric intraocular lenses in keratokonus* [18] uvádí výsledky pro 13 očí pacientů ve věku  $48,15 \pm 6$  let. Oči jejich pacientů před operací měli průměrně BCVA 0,1 a horší. Po operaci dosáhli hodnot UCVA 0,5, což je o jeden řádek optotypu více, než jakého dosáhli pacienti v mém výzkumu.

*Pessando, Ghiringhello a Tagloavacche* ve studii *Posterior chambre collamer phakic intraocular lens for myopia and hyperopia* [24] uvádí výsledky 15 očí, u nichž se pooperační hodnoty UCVA ustálili na 0,5 nebo lepší v 46,15% a nikdo nedosáhl hodnoty 1,0. V mém výzkumu dosáhla druhá skupina BCVA 0,5 nebo lepší v 90% a hodnoty 1,0 dosáhlo 30% očí.

*Alió a jeho kolegové* ve studii, *Comparison of the visual and intraocular optical performance of a refractive multifocal IOL with rotational asymmetry and apodized diffractive multifocal IOL* [14], uvádí výsledky pro čočku LS 312. Čočka LS 312 byla implantována do 26 očí pacientů ve věku  $59,17 \pm 11,89$  let. Nekorigovaná zraková ostrost do dálky se před operací pohybovala okolo 0,18 a po operaci 0,56. Ve 3. skupině byla předoperační UCVA 0,39 a po 3 měsících od operace 0,93, což dokazuje mnohem vyšší efektivitu zákroku než je tomu ve srovnávací skupině Jorgeho Alió. Nekorigovaná zraková ostrost do blízka nelze porovnat, neboť jejich hodnoty jsou zapsány pomocí logMAR, zatímco v našem výzkumu jsou použity Jaegerovi tabulky.

Po operaci u druhé a třetí skupiny nedošlo k téměř žádné změně korigované zrakové ostrosti, neboť byla velmi dobrá již před operací.

*Martha Jaimes a její kolegyně* dosáhli lepší korigované zrakové ostrosti před i po operaci ve srovnání s mými výsledky průměrně o 1 - 2 řádky optotypu. Vzorek očí uvedený ve studii dosáhl BCVA před operací  $0,5 \pm 0,55$  a po operaci  $0,8 \pm 0,12$ . První skupina s keratokonem dosáhla před operací hodnot BCVA  $0,41 \pm 0,13$  a po operaci pouze  $0,61 \pm 0,16$ .

*Pessando a jeho kolegyně* vyjadřují pooperační korigovanou zrakovou ostrost pomocí procentuálního vyjádření ztráty nebo získání určitého počtu řádků na optotypu. V jejich případech došlo ke ztrátě 2 řádků optotypu u 7,7% očí, k žádné změně nedošlo u 76,9% očí a 15,4% očí získali 2 řádky optotypu. Ve 2. skupině mého výzkumu došlo pooperačně ke snížení BCVA o 1 řádek u 10% očí, beze změny bylo 70% očí a 20% očí si ji vylepšilo o 1 - 2 řádky.

Před implantací multifokální čočky vzorek očí *Alió a jeho kolegů* dosáhl BCVA 0,74 a po operaci 0,9. Můj vzorek očí dosáhl hodnot BCVA před operací 0,88 a po ní 0,95. Nejlepší korigovaná zraková ostrost se po operaci průměrně zvýšila o jeden řádek optotypu u obou porovnávaných vzorků.

Sférický ekvivalent subjektivní korekce klesl téměř na nulu v případě první skupiny bez keratokonu, druhé a třetí skupiny.

Průměrný předoperační sférický ekvivalent očí zkoumaných *Marthou Jaimes a jejími kolegy* byl  $-7,10 \pm 6,41D$ , po operaci jeho hodnota klesla na skvělých  $-0,46 \pm 1,12D$ . V 1. skupině s keratokonem byl SE před operací  $-3,01 \pm 3,90D$  a po operaci se snížil na  $-1,33 \pm 1,23D$ .

*Pessando a jeho kolegyně* udávají předoperační sférický ekvivalent 7,7D, který se po operaci snížil na hodnotu 0,02D, přičemž 69,25% očí mělo SE  $\pm 0,5D$  a 92,3% pro SE  $\geq 1,0D$ . Ve 2. skupině byl předoperační SE +6,42D a po operaci -0,05D, 12,5% očí dosáhlo SE  $\pm 0,5D$  a 62,5% očí dosáhlo SE  $\pm 0,875D$  a 12,5% očí SE  $\geq 1,0D$ .

*Alió a jeho kolegyně* neuvádí sférický ekvivalent subjektivní korekce, ale hodnoty sféry a cylindru zvlášť. Před operací je průměrná sféra  $1,01 \pm 1,05D$  a cylindr  $-0,58 \pm 0,55D$ . Po operaci se změnil především hodnota sféry a to na  $-0,22 \pm 0,47D$  a u cylindru po operaci dokonce dojde ke zhoršení průměrné hodnoty na  $-0,69 \pm 0,66D$ . Ve mnou zkoumaném vzorku měla průměrná sféra i cylindr před operací vyšší hodnoty, než je tomu u srovnávací skupiny. Sféra dosáhla hodnot  $2,34 \pm 0,99D$  a cylindr  $-0,66 \pm 0,25D$ . Pooperační hodnoty korekce jsou ovšem mnohem nižší. Hodnota průměrné sféry klesla po třech měsících od operace na  $0,0 \pm 0,31D$  a průměrný cylindr na  $-0,4 \pm 0,24D$ . Z mého pohledu se mi jeví implantace čoček LS 312 ve Fakultní nemocnici Bohunice jako úspěšnější.

## 6. ZÁVĚR

Teoretické část práce se zabývá optickým systémem oka, popisem jednotlivých refrakčních vad a refrakčních zákroků. Refrakční zákroky jsou členěny na rohovkové, nitrooční, sklerální a kombinované. Více prostoru je věnováno chirurgickým a laserovým zákrokům na rohovce a nitroočním zákrokům v o oblasti přední komory a oční čočky.

Cílem výzkumné části bylo zhodnotit korigovanou a nekorigovanou zrakovou ostrost, subjektivní a objektivní refrakci, nitrooční tlak a jejich vývoj po operaci. Zjistit zda jsou refrakční zákroky v podobě implantace nitroočních čoček efektivní a stabilní metodou korekce. Výzkum byl rozdělen na 3 skupiny podle typu implantovaných čoček. Vznikly tak skupiny s torickými, sférickými a multifokálními čočkami.

Nekorigovaná zraková ostrost se u všech zkoumaných skupin zlepšila v pooperační době o 80%. K rapidnímu zlepšení došlo hlavně u první skupiny, kde se ve velké míře zdokonalila možnost korekce u skupiny očí s keratokonem. Korigovaná zraková ostrost vzrostla u druhé a třetí skupiny pouze o 20%, což je pravděpodobně způsobeno nepotřebností doplňkové korekce po implantaci nitroočních čoček.

Předpokládala jsem, že u všech skupin dojde k přechodnému zvýšení nitroočního tlaku v pooperačním období. Kvůli nedostatku dat nasbíraných první pooperační den, byla tato kontrola vynechána a s odstupem jednoho týdne po operaci byl přechodně zvýšený nitrooční tlak prokázán u třetí skupiny a u první skupiny s keratokonem byl tlak zvýšený ještě měsíc od operace, ovšem bez nutnosti zavedení lokální terapie antiglaukomatiky.

Hodnoty subjektivní korekce poklesly u všech skupin. Sférický ekvivalent se rok od operace pohyboval v rozmezí  $\pm 0,25D$  a to i v případě korekce na blízko u třetí skupiny. Pouze u skupiny s keratokonem se hodnota sférického ekvivalentu nepřiblížila k cílené nule. Výsledky zákroků byly stabilní již po měsíci od operace, tedy mezi kontrolou po týdnů a po měsíci od zákroku byl naměřen sférický ekvivalent s rozdílem menším než 0,5D.

Efektivita refrakčních zákroků byla hodnocena jednoduchým způsobem, jako poměr průměrných hodnot UCVA po operaci a BCVA před operací. Jako nejefektivnější se jevila implantace torické nitrooční čočky, po ní multifokální čočky a jako nejméně efektivní se projevíli čočky korigující hypermetropii.

Implantace nitroočních čoček se ukázala jako stabilní a efektivní metoda korekce refrakčních vad.

# 7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

## 7.1. Knižní publikace

- [1] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. 3. přeprac. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004, 96 s. ISBN 807013402x
- [2] AUTRATA, Rudolf a VANČUROVÁ, Jana. *Nauka o zraku*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2002, 226 s. ISBN 8070133627
- [3] HLOŽÁNEK, Martin a BRŮNOVÁ, Blanka. *Přístrojová technika v oftalmologii*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, 2006, 28 s. ISBN 80-902-1609-9
- [4] KUČHYŇKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 768 s. ISBN 9788024711638
- [5] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2000, 206 s. ISBN 80-701-3313-9
- [6] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Vyšetřování oka*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995, 87 s. ISBN 8070131950
- [7] LIM, Arthur Siew Ming, CONSTABLE, Ian J a WONG, Tien Yin. *Colour atlas of ophthalmology*. 5th ed. Hackensack, N.J.: World Scientific, c2008, xi, 176 p. ISBN 9789812771544.
- [8] MAŠKOVÁ, Alice. *Laserové operace pro korekci dalekozrakosti metodou LASEK* [online]. 2011 [cit. 2013-03-28]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Rudolf Autrata. Dostupné z: <[http://is.muni.cz/th/214895/lf\\_m/](http://is.muni.cz/th/214895/lf_m/)>
- [9] PIRNEROVÁ, Lenka. *Fototerapeutická keratektomie v léčbě povrchových onemocnění rohovky* [online]. 2011 [cit. 2013-03-28]. Disertační práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Eva Vlková. Dostupné z: <[http://is.muni.cz/th/60041/lf\\_d/](http://is.muni.cz/th/60041/lf_d/)>
- [10] RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, 189 s. ISBN 8070133015.
- [11] TOŠOVSKÁ, Dagmar. *Progrese myopie u klientů ve věku 15 - 23 let*. 2009, 108 l. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Jana Ingrová. Dostupné z: <[http://is.muni.cz/th/142569/lf\\_m/](http://is.muni.cz/th/142569/lf_m/)>

[12] VÍCHA, Igor. Perioperační péče o pacienta v oční chirurgii. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011, 167 s. ISBN 9788070135419

[13] VLKOVÁ, Eva a PITROVÁ, Šárka. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-802-3989-069

## 7.2. Články

[14] ALIÓ, Jorge L., PLAZA-PUCHE, Ana B., JAVALOY, Jaime a AYALA, María J. *Comparison of the Visual and Intraocular Optical Performance of a Refractive Multifocal IOL With Rotational Asymmetry and an Apodized Diffractive Multifocal IOL*. *Journal of Refractive Surgery* [online]. roč. 28, č. 2, s. 100-105 [cit. 2013-04-12]. ISSN 1081-597x. DOI: 10.3928/1081597X-20120110-01. Dostupné z: <<http://www.slackinc.com/doi/resolver.asp?doi=10.3928/1081597X-20120110-01>>

[15] DEXL, Alois K., SEYEDDAIN, Orang, RIHA, Wolfgang, HOHENSINN, Melchior, RÜCKL, Theresa, REISCHL, Veronika a GRABNER, Günther. *One-year visual outcomes and patient satisfaction after surgical correction of presbyopia with an intracorneal inlay of a new design*. *Journal of Cataract* [online]. 2012, roč. 38, č. 2, s. 262-269 [cit. 2013-03-07]. ISSN 08863350. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.08.031. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S088633501101580X>>

[16] FRIEDMAN, Neil J., Daniel V. PALANKER, Georg SCHUELE, Dan ANDERSEN, George MARCELLINO, Barry S. SEIBEL, Juan BATLLE, Rafael FELIZ, Jonathan H. TALAMO, Mark S. BLUMENKRANZ a William W. CULBERTSON. *Femtosecond laser capsulotomy*. *Journal of Cataract* [online]. roč. 37, č. 7, s. 1189-1198 [cit. 2013-03-06]. ISSN 08863350. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.04.022. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335011007280>>

[17] GUEDJ, Tony, DANAN, Arié a LEBUISSON, Dan Alexandre. *In-vivo architectural analysis of intrastromal incisions after INTRACOR surgery using Fourier-domain OCT and Scheimpflug imaging*. *Journal of emmetropia: journal of cataract, refractive and corneal surgery*. 2011, č. 2, s. 85-97. ISSN 2171-4703. Dostupné z: <<http://www.journalofemmetropia.org/2171-4703/jemmetropia.2011.2.85.91.pdf>>

- [18] JAIMES, Martha, XACUR-GARCÍA, Fiona, ALVAREZ-MELLONI, Diana, GRAUE-HERNÁNDEZ, Enrique O., RAMIREZ-LUQUÍN, Tito a NAVAS, Alejandro. *Refractive Lens Exchange With Toric Intraocular Lenses in Keratoconus*. *Journal of Refractive Surgery* [online]. 2011-09-01, roč. 27, č. 9, s. 658-664 [cit. 2013-03-29]. ISSN 1081-597x. DOI: 10.3928/1081597X-20110531-01. Dostupné z: <<http://www.slackinc.com/doi/resolver.asp?doi=10.3928/1081597X-20110531-01>>
- [19] KOHNEN, Thomas, KOOK, Daniel, MORRAL, Merce a GÜELL, Jose Luis. *Phakic intraocular lenses*. *Journal of Cataract* [online]. 2010, roč. 36, č. 12, s. 2168-2194 [cit. 2013-02-18]. ISSN 08863350. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.10.007. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335010014240>>
- [20] KYMIONIS, George D., KANKARIYA, Vardhaman P., PLAKA, Argyro D. a REINSTEIN Dan Z. *Femtosecond Laser Technology in Corneal Refractive Surgery: A Review*. *Journal of Refractive Surgery* [online]. 2012-12-01, roč. 28, č. 12, s. 912-920 [cit. 2013-03-18]. ISSN 1081-597x. DOI: 10.3928/1081597X-20121116-01. Dostupné z: <<http://www.healio.com/doiresolver?doi=10.3928/1081597X-20121116-01>>
- [21] MOSHIRFAR, Majid, Maylon HSU a DanielS CHURGIN. *Femtosecond laser-assisted cataract surgery: A current review*. *Middle East African Journal of Ophthalmology* [online]. 2011, roč. 18, č. 4, s. 285- [cit. 2013-03-07]. ISSN 0974-9233. DOI: 10.4103/0974-9233.90129. Dostupné z: <<http://www.meajo.org/text.asp?2011/18/4/285/90129>>
- [22] NAJMAN, Ladislav. *Základy brýlové optiky: 2. část. Česká oční optika*. 2009, roč. 50, č. 2, s. 44-48. ISSN 1211-233X. Dostupné z: [http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci\\_2009\\_02.pdf](http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2009_02.pdf)
- [23] NAJMAN, Ladislav. *Základy brýlové optiky: 3. část. Česká oční optika*. 2009, roč. 50, č. 3, s. 42-48. ISSN 1211-233X. Dostupné z: <[http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci\\_2009\\_03.pdf](http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2009_03.pdf)>
- [24] PESSANDO, P.M., GHIRINGHELLO, M.P. a TAGLIAVACHE P. *Posterior chamber collamer phakic intraocular lens for myopia and hyperopia*. *Journal of Refractive Surgery* [online]. roč. 15, č. 4, s. 415-423 [cit. 2013-04-12]. ISSN 1081-597x. Dostupné z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10445712>>
- [25] *Premium intraocular lenses*. *Optometry - Journal of the American Optometric Association* [online]. 2009, roč. 80, č. 9, s. 524-528 [cit. 2013-03-09]. ISSN 15291839. DOI: 10.1016/j.optm.2009.07.003. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1529183909003807>

[26] RUCKHOFFER, Josef, SEYEDDAIN, Orang, DEXL, Alois K., GRABNER, Günther a STOIBER, Josef. *Correction of myopic astigmatism with a foldable iris-claw toric phakic intraocular lens: Short-term follow-up*. Journal of Cataract [online]. 2012, roč. 38, č. 4, s. 582-588 [cit. 2013-03-09]. ISSN 08863350. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.11.027. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335012001356>>

[27] RUIZ, Luis Antonio, CEPEDA, Liliana Marcela a FUENTES, Vanessa Carolina. *Intrastromal Correction of Presbyopia Using a Femtosecond Laser System*. Journal of Refractive Surgery [online]. 2009-10-01, roč. 25, č. 10, s. 847-854 [cit. 2013-03-07]. ISSN 1081-597x. DOI: 10.3928/1081597X-20090917-05. Dostupné z: <<http://www.journalofrefrativesurgery.com/showAbst.asp?thing=44615>>

### 7.3. Internetové zdroje

[28] *AcrySof® IQ Toric IOL*. [online]. 2013 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: <<http://www.alconsurgical.com/ACRYSOF-Iq-Toric-Iol.aspx>>

[29] *Fakik IOL Fakik Lens İmplantasyonu*. [online]. 2013 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://refraktif.info/fakik-iol.asp>

[30] *Femtosekundový laser*. [online]. 2013 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: <<http://www.spiritmed.cz/article.asp?nDepartmentID=103&nArticleID=257&nLanguageID=1>>

[31] *Intra-Ocular Lenses*. [online]. 2013 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: <<http://www.1stq.de/en/products/iols/iols.html> <http://www.1stq.de>>

[32] *LENTIS Mplus intraocular lenses*. [online]. 2013 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: <<http://www.oculentis.com/lentis-mplus.html>>

[33] *Refractive surgery* [online]. 2013 [cit. 2013-02-18]. Dostupné z: <<http://www.ophtec.com/professional/>>

[34] *Visian ICL: Implantable Collamer Lens*. [online]. 2012 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://www.violinmd.com/norwood/visian-icl.htm>

[35] *Visian ICL™ Product Specifications*. [online]. 2013 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: <<http://www.staar.com/html/icl-specifications.html>>

[36] *Zdravotnická technika*. 2013 [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: <[http://www.optingservis.cz/zdrav\\_tech/images/140\\_24.jpg](http://www.optingservis.cz/zdrav_tech/images/140_24.jpg)>

# 8. PŘÍLOHA

## 8.1. Seznam obrázků

Obr. 1: Oko [22].....	8
Obr. 2: Zjednodušený model Gullstrandova oka [22] .....	9
Obr. 3: Rozměry rohovky[5] .....	10
Obr. 4: Histologické vrstvy rohovky [4].....	11
Obr. 5: Cirkulace komorové vody[4].....	12
Obr. 6: Znázornění rozložení buněk oční čočky [4] .....	13
Obr. 7: Emetropické oko [7] .....	16
Obr. 8: Myopické oko [7] .....	16
Obr. 9: Hypermetropické oko [7] .....	16
Obr. 10: Zobrazení vzdáleného bodu A myopickým okem, R je daleký bod oka [23] .....	19
Obr. 11: Zobrazení vzdáleného bodu A hypermetropickým okem, R je daleký bod oka [23].	21
Obr. 12: Astigmatismus: pravidelný, přímý, složený a myopický [23].....	24
Obr. 13: Radiální keratotomie [4].....	31
Obr. 14: Astigmatická keratotomie [4] .....	32
Obr. 15: Intrastrómalní ring [4] .....	33
Obr. 16: Intrakorneální čočka [4] .....	34
Obr. 17: Odsklopení lamely a typy hinge [4].....	39
Obr. 18: Astigmatická keratotomie [20] .....	43
Obr. 19: SMILE [25] .....	44
Obr. 20: Inlays [15].....	45
Obr. 21: INTRACOR - změny kružnic v čase [17] .....	46
Obr. 22: Předněkomorová čočka - AcrySof CACHET [29].....	49
Obr. 23: Torická iris-claw [26] .....	51
Obr. 24: Zadněkomorová čočka - Visian ICL [34].....	52
Obr. 25: Crystalens® (Bausch & Lomb) [25] .....	53
Obr. 26: Tecnis® (Abbott Medical Optics) [25] .....	53
Obr. 27: B1AWYT a AcrySof toric IOL [28,31] .....	60
Obr. 28: ICL pro korekci hypermetropie, STAAR surgical [35].....	60
Obr. 29: LS-312 MF 30 a LS-313 MF 30 [32] .....	61
Obr. 30: Zkušební sada [36] .....	64



## 8.2. Seznam grafů

Graf 1: Srovnání hodnot nekorigované a nejlepší korigované zrakové ostrosti .....	66
Graf 2: Srovnání změny UCVA a BCVA.....	67
Graf 3: Hodnoty nitroočního tlaku.....	68
Graf 4: Srovnání sférického ekvivalentu zjištěného ARM a subjektivní refrakcí .....	69
Graf 5: Srovnání cylindrických hodnot zjištěných ARM a subjektivní refrakcí .....	70
Graf 6: Srovnání hodnot nekorigované a nejlepší korigované zrakové ostrosti .....	71
Graf 7: Srovnání změny UCVA a BCVA.....	72
Graf 8: Hodnoty nitroočního tlaku.....	73
Graf 9: Srovnání sférického ekvivalentu zjištěného ARM a subjektivní refrakcí.....	74
Graf 10: Srovnání hodnot nekorigované a nejlepší korigované zrakové ostrosti .....	75
Graf 11: Srovnání změny UCVA a BCVA.....	76
Graf 12: Hodnoty nitroočního tlaku.....	77
Graf 13: Srovnání sférického ekvivalentu zjištěného ARM a subjektivní refrakcí .....	78
Graf 14: Srovnání hodnot nekorigované a nejlepší korigované zrakové ostrosti .....	79
Graf 15: Srovnání změny UCVA a BCVA na blízko (40 cm) .....	80
Graf 16: Hodnoty sférického ekvivalentu subjektivní refrakce na vzdálenost 40 cm .....	81

## 8.3. Seznam tabulek

Tab. 1: Technické parametry implantovaných čoček [28,31,32,35] .....	61
Tab. 2: Škála zrakové ostrosti: Přepočtová tabulka .....	63
Tab. 3: Párové odstupňování korekčních členů [10] .....	64
Tab. 4: Efektivita a stabilita.....	82
Tab. 5: Změna UCVA rok po zákroku .....	83
Tab. 6: Změna BCVA rok po zákroku.....	83
Tab. 7: Hodnoty nitroočního tlaku s odstupem plánovaných kontrol.....	84
Tab. 8: Hodnoty SE - před operací a rok po ní .....	85
Tab. 9: Změna UCVA a BCVA rok po zákroku.....	86

## 8.4. Seznam zkratek

ACS	- přední ciliární sklerotomie
ARK	- arkuátní keratotomie
ARM	- objektivní hodnota refrakce oka měřená autorefraktometrem
BCVA	- nejlépe korigovaná zraková ostrost, best corrected visual acuity
BSS	- fyziologicky vyvážený roztok, balanced salt solution
BUT	- break up time
CCC	- cirkulární kontinuální kapsulorhexe
CCT	- centrální korneální tloušťka
CK	- konduktivní keratoplastika
CLE	- výměna čiré čočky, clear lens extraction
CNVA	- korigovaná zraková ostrost do blízka, corrected near visual acuity
DTK	- diodová termální keratoplastika
ECCE	- extrakapsulární extrakce
FLEx	- femtosekundová lamelární extrakce
FSL	- femtosekundový laser
ICL	- implantable contact lens
ICR	- intrastromální kroužek, intrastromal corneal ring
ICRS	- intrastromální segment, intrastromal corneal ring segments
IOL	- nitrooční čočka, intraocular lens
KV	- komorová voda
LASEK	- laser-assisted subepithelial keratectomy
LASIK	- laser in situ keratomileusis
LRI	- limbální relaxační incize
LTK	- laserová termální keratoplastika
NT	- nitrooční tlak
OCT	- optická koherenční tomografie
OVD	- viskoelastický materiál
PIOL	- fakická čočka, phakic intraocular lens
PMMA	- polymetylmetakrylát
PRELEX	- presbyopická výměna čočky, presbyopic lens exchange
PRK	- fotorefraktivní keratektomie
PRL	- phakic refractive lens
PTK	- fototerapeutická keratektomie
RLE	- refrakční výměna čočky, refractive lens exchange
SE	- sférický ekvivalent
SEP	- silikonové expanzivní proužky
SMILE	- malá incizní lamelární extrakce
T-cuts	- tangenciální keratotomie
UCVA	- nekorigovaná zraková ostrost, uncorrected visual acuity
UNVA	- nekorigovaná zraková ostrost do blízka, uncorrected near visual acuity