

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2020

**KATEŘINA
DRDOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

**Zhodnocení dlouhodobé účinnosti limbálních relaxačních incizí při
operaci katarakty**

**Evaluation of long-term efficacy of limbal relaxation incisions in
cataract surgery**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Kateřina Drdová

Vedoucí bakalářské práce: Mudr. Jiří Cendelín, Csc.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Drdová** Jméno: **Kateřina** Osobní číslo: **434104**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra přírodovědných oborů**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Optika a optometrie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Zhodnocení dlouhodobé účinnosti limbálních relaxačních incizí při operaci katarakty

Název bakalářské práce anglicky:

Evaluation of long-term efficacy of limbal relaxation incisions in cataract surgery

Pokyny pro vypracování:

Teoretický úvod bude věnován přehledu možnosti korekce astigmatismu při operaci katarakty. Jednotlivé metody budou porovnány z hlediska účinnosti a rizik komplikací. Pro praktickou část bude vytvořen soubor pacientů, u kterých byly provedeny limbální relaxační incize při operaci katarakty před více než 3 lety. U těchto pacientů budou porovnány dostupné keratometrické hodnoty a zjištěno přetrvávání účinku limbálních relaxačních incizí.

Seznam doporučené literatury:

- [1] HENDERSON, B.A., GILLS, J.P. A complete surgical guide for correcting astigmatism: an ophthalmic manifesto, ed. 2nd, Thorofare, NJ: SLACK, 2010, ISBN 978-1556429354
- [2] TITIYAL, J.S., KHATIK, M., SHARMA, N., et al., Toric intraocular lens implantation versus astigmatic keratotomy to correct astigmatism during phacoemulsification. Journal of Cataract & Refractive Surgery, ročník 40, číslo 5, 2014, pp. 741-747
- [3] KESSEL, L., ANDRESEN, J., TENDAL, B., ERNGAARD, D., FLESNER, P., HJORTDAL, J., Toric Intraocular Lenses in the Correction of Astigmatism During Cataract Surgery, Ophthalmology, ročník 123, číslo 2, 2016, pp. 275-286

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

MUDr. Jiří Cendelín, CSc.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **17.05.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**


doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis děkana(ky)

Název bakalářské práce:

Zhodnocení dlouhodobé účinnosti limbálních relaxačních incizí při operaci katarakty

Abstrakt:

Práce je věnována dlouhodobému účinku limbálních relaxačních incizí při operaci katarakty. Pro stanovení výsledků jsou zpracována naměřená data na keratometru před operací, 4-11 týdnů po operaci a hodnoty naměřené 3 a více let od operace. Hodnoty jsou změřeny u 10 pacientů (13 očí), kteří podstoupili operaci limbálních relaxačních incizí při operaci katarakty před více než třemi lety. Při časném vyšetření po operaci došlo u pacientů průměrně ke snížení astigmatismu o 1,00 dioptrií a při vyšetření s časovým odstupem o 1,20 dioptrie. U šesti z deseti pacientů došlo ke snížení hodnoty cylindru o více než 1,00 dioptrií. Osa cylindru se během pooperačních vyšetření měnila. V průměru se při prvním vyšetření změnila osa o $22,9 \pm 15,6$ stupňů a při druhém vyšetření o $25,6 \pm 18,5$ stupňů.

Klíčová slova:

Astigmatismus, korekce astigmatismu, operace katarakty, limbální relaxační incize, torické nitrooční čočky, keratotomie

Bachelor's Thesis title:

Evaluation of long-term efficacy of limbal relaxation incisions in cataract surgery

Abstract:

The work is devoted to the long-term stability of limbal relaxing incisions in cataract surgery. To determine the results are processed measured data of keratometric astigmatism before surgery, between 4 and 11 weeks after surgery and a values measured 3 or more years after surgery. Values are measured in 10 patients (13 eyes) who underwent limbal relaxing incisions during cataract surgery more than three years ago. The first exam demonstrates an average reduction in astigmatism of 1.00 diopters and the second exam shows a reduction of 1.20 diopters. In six of ten patients, it is possible to reduce the values of the cylinders by more than 1.00 diopters. The axis of the cylinders changed during postoperative examinations. The first exam it changed the axis by 22.9 ± 15.6 degrees and for the second exam by 25.6 ± 18.5 degrees.

Key words:

Astigmatism, correction of astigmatism, cataract surgery, limbal relaxing incisions, toric intraocular lenses, keratotomy

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu Mudr. Jiřímu Cendelínovi, Csc. za vedení mé bakalářské práce, jeho cenné rady a pomoc v komplikované situaci předcházející odevzdání práce. Velké díky patří také personálu plzeňského očního centra OFTA za pomoc při hledání potřebných dokumentů. Dále bych ráda poděkovala své rodině a blízkým za podporu při studiu a zejména při psaní mé práce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Zhodnocení dlouhodobé účinnosti limbálních relaxačních incizí při operaci katarakty*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k týmovému projektu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne

.....

Kateřina Drdová

Obsah

1	Úvod.....	1
1.1	Cíle práce.....	1
1.1.1	Motivace.....	2
2	Definice astigmatismu	2
2.1	Chirurgicky indukovaný astigmatismus	3
3	Vyšetření před operací astigmatismu.....	3
3.1	Keratometrie	4
3.2	Topografie rohovky	4
3.3	Pachymetrie	5
4	Historický vývoj operace katarakty	6
5	Korekce astigmatismu při operaci katarakty	7
5.1	Torické nitrooční čočky.....	7
5.1.1	Vývoj torických nitroočních čoček	7
5.1.2	Volba vhodné torické nitrooční čočky	10
5.1.3	Výpočet torické nitrooční čočky	10
5.2	Excimerová laserová ablace	12
5.2.1	LASIK.....	12
5.2.2	Fotorefrakční keratektomie	13
5.3	Laserová termokeratoplastika.....	13
5.4	Incizní keratotomie	13
5.4.1	Radiální keratotomie	14
5.4.2	Hexagonální keratotomie	14
5.4.3	Astigmatická keratotomie	14
5.5	Limbální relaxační incize	15
5.5.1	Plánování operace limbální relaxační incize.....	15

5.5.2	Nástroje	16
5.5.3	Technika relaxačních incizí.....	17
5.5.4	Provedení operace	19
5.5.5	Komplikace	20
5.6	Možnost dokorekce Piggyback (add-on) torickými nitroočními čočkami ...	20
6	Hojení rohovkové rány	21
7	Navigační systémy při operaci katarakty	21
8	Účinnost metod korekce astigmatismu při operaci katarakty	23
	Experimentální část.....	26
9	Metodika	26
9.1	Soubor pacientů	26
9.2	Postup předoperačního vyšetření.....	27
9.3	Postup operace.....	28
9.4	Pooperační vyšetření	29
9.5	Zpracování výsledků	30
10	Výsledky	30
10.1	Hodnota cylindru	30
10.2	Změna osy cylindru	33
11	Diskuze.....	35
12	Závěr	37
	Seznam použité literatury.....	38
	Seznam obrázků	42
	Seznam Tabulek.....	43
	Seznam Grafů.....	44

1 Úvod

Operace katarakty byla původně zákrokem k odstranění zakalené čočky. Nejdříve zákrok spočíval pouze ve vychýlení nitrooční čočky z optické osy. Později se začalo s implantací umělé nitrooční čočky. Vlivem dříve používaných méně ohebných materiálů, bylo nutné zahájit operaci širokým řezem na rohovce, který po zhojení mohl způsobit komplikace mimo jiné v podobě zbytkové refrakce. V dnešní době se využívají materiály ohebnější, tedy pro vložení čočky do oka stačí mnohem menší řez. Častou komplikací při operaci katarakty je právě následná dokorekce refrakční vady.

Astigmatismus je jednou z nejčastějších vad optického systému oka, vyskytuje se až u 95 % pacientů. Tato vada se objevuje u pacientů s nepravidelným zakřivením ploch čočky a rohovky, případně se změnou indexu lomu některých optických prostředí v oku. Důsledkem této vady je neostrý a deformovaný obraz. Proto je kladen velký důraz na předoperační vyšetření pomocí přístrojů měřících právě zakřivení, optickou mohutnost a tloušťku rohovky. Napomáhá chirurgům určit správnou metodu korekce. Při operaci katarakty může dojít ke vzniku indukovaného astigmatismu vlivem řezu na rohovce určenému k implantaci nitrooční čočky, tento fenomén se v dnešní době snaží chirurgové minimalizovat.

Účinných metod ke korekci astigmatické vady je celá řada: rohovkové astigmatické incize, limbální relaxační incize, torická nitrooční čočka, laserová termokeratoplastika a excimerová laserová ablace. Tyto techniky se ve většině případů dají mezi sebou kombinovat, případně laserovým zákrokem na rohovce nebo implantací ad-on čoček lze zbytkovou pooperační refrakci (astigmatismus) minimalizovat nebo úplně odstranit.

1.1 Cíle práce

Cílem práce je určit dlouhodobou účinnost limbálních relaxačních incizí v pohledu různého časového období od operace. Teoretická část obsahuje souhrn aktuálních možností korekce astigmatismu při operaci katarakty. Informuje o účinnosti a stabilitě jednotlivých metod a o možných komplikacích s tím spojených. V kataraktové chirurgii je v dnešní době kladen cíl mimo jiné i na brýlovou korekční nezávislost po operaci, proto dochází ke změnám v postupu operace, například změnou velikosti, hloubky a šířky řezu využívaného k implantaci nitrooční čočky. V oblasti torických nitroočních čoček je snaha

zpřesnit výpočet a stabilitu nitrooční čočky, aby nedocházelo k rotacím a zbytkovým refrakčním vadám po operaci.

1.1.1 Motivace

Metoda limbálních relaxačních incizí je velmi zajímavá, proto je práce věnována tomuto tématu a následně v experimentální části pozorována účinnost zákroku na konkrétním souboru pacientů z dlouhodobého hlediska. Jedná se o operaci relativně jednoduchou pro chirurga a současně i levné řešení astigmatismu pro pacienta.

2 Definice astigmatismu

Jedná se o jednu z nejčastějších očních vad. „Astigmatismus vzniká při zobrazení mimoosového předmětového bodu úzkým paprskovým svazkem. Obrazem není bod, nýbrž dvě úsečky se středy v bodech, které leží v různých vzdálenostech od paraxiální obrazové roviny. Astigmatismus má úzký vztah ke zklenutí pole, protože způsobuje různé zklenutí obrazu v meridiální a sagitální rovině.“ [1]

Oko jako optická soustava může mít mnoho odchylek zobrazení od ideální optické soustavy, tedy může mít mnoho aberací. Astigmatismus je asférická vada nižšího řádu, kdy bod se nezobrazí jako bod, ale jako dvě na sebe kolmé úsečky. Roku 1826 byla poprvé zhotovena cylindrická čočka určena k řešení astigmatismu. [1]

Příčinou vzniku astigmatismu je nejčastěji nerovnoměrná lomivost ploch oční rohovky a čočky a často také jejich decentrace. Výsledný astigmatismus je tedy důsledkem vlivu nepravidelností na rohovce, čočce a zanedbatelný vliv má zbytkový astigmatismus způsobený pravděpodobně nepravidelnostmi například na sítnici. [2] U těchto případů se jedná převážně o primární astigmatismus, tedy vrozený astigmatismus, který může být mimo jiné způsoben i změnou indexu lomu čočky, k tomu dochází hlavně při jejím zkalení v důsledku vzniku katarakty. Někdy dochází k tomu, že se vada objeví ve více optických prostředích, ale ve výsledku se vzájemně vyruší a může se objevit až po operaci katarakty a zapříčinit tak vznik sekundárního astigmatismu. K tomu dochází nejčastěji při operacích katarakty, transplantaci rohovky, následkem úrazu nebo vlivem decentrace implantované čočky. [1][3][4]

2.1 Chirurgicky indukovaný astigmatismus

Při operaci katarakty je častým jevem vznik chirurgicky indukovaného astigmatismu (SIA), který je způsoben velikostí a umístěním řezu. Vstupní řez může také účinně korigovat nízké hodnoty astigmatismu. Velikost indukovaného astigmatismu je těžké určit, může být ovlivněn věkem pacienta nebo přítomností stehů. Proto by každý chirurg měl zvážit velikost vstupní incize při implantaci čočky a řídit se doporučením u konkrétních modelů čoček. V minulosti byla snaha udat průměrnou hodnotu SIA, ta byla určena kalkulátorem AcrySoft v září roku 2012 na 0,5 dioptrie. Bohužel se potvrdilo, že je nutné postupovat individuálně u každého pacienta. [5][6][7]

Chirurg by také neměl opomenout umístění strmé a ploché osy astigmatismu, aby nedošlo k výraznému zhoršení skrytého astigmatismu a tím i k zhoršení zrakové ostrosti po operaci. K tomu jsou využívány značky, které si může chirurg nakreslit přímo na rohovku. [1]

3 Vyšetření před operací astigmatismu

Před jakoukoliv refrakční operací, při čemž i operaci katarakty lze v dnešní době považovat za operaci korigující refrakční vadu, je nutné provést řadu vyšetření. Pro rohovkovou refrakční chirurgii je samozřejmostí kompletní vyšetření pro vyloučení keratokonu a informace o zakřivení rohovky získané pomocí keratometrie. Pachymetrie ultrazvuková nebo optická určí tloušťku rohovky. Pro určení co nejpřesnější optické mohutnosti nitrooční čočky je nezbytné znát axiální délku oka a hloubku přední komory, k tomu se využívá biometrie. Kontraindikací k rohovkové korekci astigmatismu by mohl být například keratokonus, herpes, nestabilita refrakční vady nebo choroby spojené s nedostatečnou reakcí imunitního systému. [4]

3.1 Keratometrie

Pro zjištění keratometrických hodnot se využívá keratometr, kterým zjistíme zakřivení přední plochy rohovky a optickou mohutnost rohovky. Nejčastěji se používá k výběru vhodné kontaktní čočky s ohledem na její správné zakřivení. Bývá kombinován s funkcí refraktometru, pak měří i hodnotu refrakčního deficitu. Pomocí zvětšovací soustavy pozoruje vyšetřující dvojice promítaných značek, které dává do koincidence. Vzdálenost přístroje od oka se při tomto měření nemění. Mění se vzdálenost rozestupu značek, případně se využívá jejich zdvojení, pokud je jejich vzájemná vzdálenost pevná. K výpočtu zakřivení se využívá zobrazovací rovnice. Dnes se nejčastěji setkáme s automatickým keratometrem, který stačí jen nastavit do správné vzdálenosti od vyšetřovaného oka, a výsledek měření si pak můžeme vytisknout. [3][8]

Měření se musí provést ve dvou na sebe kolmých meridiánech, tedy v rovině s nejmenším a největším zakřivením, kvůli nedokonalé sférickému povrchu rohovky. Měří se v okolí středu rohovky o průměru 2 až 4 mm, tato skutečnost je nevýhodná z hlediska stanovení optické mohutnosti rohovky po laserové operaci. [3][8]

3.2 Topografie rohovky

Principem vyšetření topografie rohovky jsou Placidovy kruhy, které jsou promítány na rohovku, kdy rohovka funguje jako vypouklé zrcadlo. Pozorujeme tedy odraz promítaných koncentrických kruhů na rohovku a sledujeme deformaci kružnic. Pokud se kružnice zobrazí jako elipsa, jedná se o jednoduchou deformaci v jedné rovině, o astigmatismus. Pokud je deformovaná určitá část obrazu na rohovce, ukazuje nám to výraznější odchylku od sférického zakřivení, například keratokonus. U počítačových topografů můžeme získat z měření topografickou mapu. Rozdílná zakřivení plochy jsou přepočítána na optickou mohutnost, tyto rozdíly můžeme vyhodnotit na základě barevné škály. Z obrazu můžeme vyčíst hodnotu rohovkového astigmatismu., nejstrmější a nejplošší meridián. Strmější místa odpovídají červené a plošší naopak modré. I v tomto případě je komplikované změřit centrální část rohovky, proto jsou její hodnoty dopočítány matematicky. Tedy pro refrakční chirurgii získáváme nepřesná data, ale přesto se jedná o vyšetření nezbytné i před operací katarakty. Využívá se také k diagnostice keratokonu, keratoglobu a pellucidních degenerací. [3][8]

3.3 Pachymetrie

Pachymetr je přístroj určený pro měření tloušťky rohovky. Tento údaj je nezbytný nejen pro správnou volbu rohovkového refrakčního zákroku, ale také pro zjištění výše nitroočního tlaku. Tloušťka rohovky nám pomůže určit, kolik dioptrií je možné odstranit bezpečně u konkrétního pacienta. [3]

Jsou známy dvě metody, optická pachymetrie a ultrazvuková, která používá vysokofrekvenční ultrazvuk. Nutné lokální znecitlivění rohovky je v případě ultrazvukové metody, kdy se přístroj přímo dotýká rohovky. Optická metoda je schopna změřit tloušťku rohovky v celé její ploše. Je to také metoda přesnější, protože se při měření sonda nedotýká povrchu oka. Při vyšetření není nutná lokální anestezie a získáme i informaci o nejužším místě rohovky. Pokud se jedná o centrální tloušťku rohovky, tak v případě optické metody vychází hodnoty vyšší než u pachymetru ultrazvukového. Tento jev je způsobený tím, že optický pachymetr do měření zahrnuje i mukózní složku slzného filmu, proto je nutné je pomocí korekčního faktoru následně upravit. [3]

4 Historický vývoj operace katarakty

Již z doby starověku existují první záznamy o řešení refrakčního stavu oka. Jako chirurgický zákrok pro eliminaci zákalu bylo považováno vyhnutí zkalené čočky z optické osy systému oka, následkem takovýchto operací bývala zadní luxace zkalené čočky, porušení pouzdra čočky, uveitida nebo sekundární glaukom. Tento způsob operace sice pomohl pacientovi od rozlišování pouze světla a tmy k rozlišování obrysů a tvarů, ale k úplné zrakové ostrosti chybělo přibližně dvacet plusových dioptrií odstraněných spolu s nitrooční čočkou z optické osy. S korekcí afakie začali v Itálii ve 12. století, použili k tomu skleněnou čočku, která měla bohužel mnoho optických vad. Roku 1747 došlo k první operaci s vyjmutím původní nitrooční čočky Davielem. Jehlou se přes řez rohovkou dostal k přednímu pouzdru čočky, které porušil a čočku vyjmul, extrakapsulární extrakce. V roce 1753 provedl podobnou operaci Sharp, kdy řezem na rohovce vytlačil přiloženým palcem na limbus zkalenou čočku ven, intrakapsulární extrakce. Vývoj obou metod trval po dobu 200 let, v počátku dvacátého století se v oblasti metody intrakapsulární začalo využívat pinzety a tahem za přední pouzdro byla čočka vyjmuta z oka. Intrakapsulární metoda se v České republice prováděla až do roku 1990, extrakapsulární metoda se začala více používat až od roku 1991. Ztráta odstraněné čočky byla korigována brýlemi, problém byl s anizekonií v případě, kdy bylo nutné provést operaci pouze na jednom oku. K vyřešení této komplikace napomohl vývoj kontaktních čoček. Roku 1949 byla implantována první nitrooční čočka zadněkomorová z polymethylmethakrylátu. Tento materiál se jevil jako inertní z biologického hlediska, proto se začal v implantologii využívat. [4]

Koncem 80. let 20. století Worst a Baikof používali ke korekci fakickou čočku předněkomorovou, Fjordov začal implantovat čočky do oblasti mezi zadní plochou duhovky a přední plochou čočky. Tyto operace se prováděli za současného zachování akomodace z důvodu zachování původní nitrooční čočky. První pokusy doprovázelo velké množství komplikací, a proto se vývoj těchto technik dočasně pozastavil, k pokračování výzkumu došlo až v období osmdesátých a devadesátých let dvacátého století, kdy vznikly první čočky fixované na duhovku. K vývoji výrazně pomohlo využití operačních mikroskopů a další techniky, hlavně také snaha o minimalizaci pooperačních komplikací a rozvoj mikrochirurgie. [2][4]

5 Korekce astigmatismu při operaci katarakty

Astigmatismus lze korigovat kontaktní čočkou i brýlovou korekcí, v současné kataraktové chirurgii je však snaha o eliminaci nutnosti pooperační korekce. Ke zlepšení zrakových funkcí po operaci velmi napomáhá právě korekce astigmatismu. Podle výsledků studií u přibližně 40 % ze souboru pacientů bývá vyšší rohovkový astigmatismus než jedna dioptrie a u deseti procent vyšší i než dvě dioptrie. Současně se operatér snaží o to, aby zákrokem nedošlo ke vzniku astigmatismu. Velikostí, umístěním a hloubkou řezu lze výrazně ovlivnit zbytkový pooperační astigmatismus. [5][6][9][10]

5.1 Torické nitrooční čočky

Implantace torické nitrooční čočky nevyžaduje změnu techniky operace i používané nástroje jsou stejné jako u čočky sférické. Torická čočka přináší jednokrokovou korekci refrakční vady beze změny zakřivení rohovky. Zásadním předpokladem úspěchu operace je přesné umístění nitrooční čočky, nesmí dojít k její decentraci a je nutné dodržet její co nejlepší stabilitu, aby nedocházelo k rotacím. V případech, kdy je potřeba korigovat pouze rohovkový astigmatismus a nitrooční čočka není zkalená, využívá se možnosti fakické nitrooční čočky. Tato varianta je kombinovatelná s laserovou ablací pomocí excimerového laseru, což je její výhoda. [6] [9]

5.1.1 Vývoj torických nitroočních čoček

První nitrooční torická čočka byla uvedena na trh roku 1992, jednalo se o tříkusovou nitrooční čočku vyrobenou z polymethylmethakrylátu (PMMA) a pro její implantaci bylo nutné provést řez o velikosti 5,7 mm. Byla dostupná v cylindrických hodnotách od dvou do tří dioptrií. Po operaci se neobjevoval zbytkový astigmatismus bylo dosahováno dobré zrakové ostrosti, dokonce u více než 77 % operovaných očí byla lepší než visus 0.8. Přesto docházelo k rotaci čočky u třetiny případů o 30 stupňů a u skoro padesáti procent pacientů k rotaci o 10 stupňů. [6]

V roce 1994 byla vyrobena nitrooční čočka z ohebného silikonového materiálu a bylo možné ji implantovat pouze přes 3,2 mm široký řez. Účinek této torické nitrooční čočky byl velmi dobrý, skoro čtvrtina pacientů dosáhla visu 0.8 bez korekce. Naopak pouhá čtyři procenta dospěla stejné zrakové ostrosti s implantovanou standardní nitrooční čočkou. Nevýhodou ale stále zůstala rotace čočky o deset stupňů u více než 20 % případů,

což způsobuje třiceti pěti procentní chybu u zbytkového astigmatismu. [6] Dokonce pokud dojde k rotaci větší než 30 stupňů, vznikne nárůst pooperačního astigmatismu. [11]

Od té doby došlo k velkým pokrokům z hlediska materiálu i designu nitroočních čoček a k modernizaci chirurgické techniky. Tento vývoj velmi napomohl zabránit rotaci čočky po operaci, a tudíž i k lepším výsledkům u zrakové ostrosti. [6]

Staar

Je čočka schválená ve Spojených státech amerických roku 1998, je vyrobená ze silikonu s optickou částí o průměru 6 mm. Přední plocha je torická a zadní sférická. Pomocí značek je na přední ploše vyznačena osa cylindru a ke stabilizaci používá plate-haptika (viz. Obrázek 1). [6][9]



Obrázek 1: Staar plate-haptic torická nitrooční čočka [12]

MicroSil

Čočka s haptiky tvaru písmena Z, vyrobená z polymethylmethakrylátu a s optickou částí o průměru 6 mm se nazývá MicroSil. Jedná se o dobře stabilní čočku se sférickou přední a torickou zadní plochou. Umí korigovat až 12 cylindrických dioptrií, individuálně lze vyrobit i čočku s 30 dioptriemi cylindru. [6] [9]

AcrySof

Používání této čočky je povoleno od roku 2005. Je to jednokusová čočka vyrobená z hydrofóbního materiálu s optickou částí o průměru 6 mm. Čočka chrání díky filtru před modrým světlem. Její implantace bývá prováděna pomocí injektoru vstupním řezem o velikosti 2 mm. Rotaci zabráňují speciální loop haptika a přilnavý materiál, ze kterého je

čočka vyrobena. Přední plocha je sférická, zadní torická, pro správné umístění čočky jsou zpředu značky osy cylindru (viz. **Obrázek 2**). [6][9]



Obrázek 2: *Acrysof loop-haptic torická nitrooční čočka* [12]

Reyner T-flex

Je čočka vyrobena z hydrofilního materiálu s průměrem optické části 6,25 mm a je jednokusová. Klasické výrobní hodnoty astigmatismu u tohoto typu jsou 2, 3 a 4 dioptrie cylindru, je možné ale vyrobít i čočku individuální po čtvrtce cylindru od jedné do jedenácti. [6][9]

AF-1 toric

Čočka vyrobená z hydrofobního materiálu s haptiky z polymethylmethakrylátu typu loop. Optická zóna má průměr 12,5 mm a pro její implantaci je potřeba řezu o dvou milimetrech. [6]

Acri. Comfort

Jedná se o výrobu z hydrofilního materiálu s hydrofobním povrchem a k stabilizaci využívá haptika plate. Průměr optické zóny je 11 mm a lze implantovat řezem menším než 2 mm. [6]

Tecnis toric

Jsou čočky o průměru optiky 13 mm a lze je implantovat vstupní incizí velikosti 2,2 mm. Materiál, z kterého jsou čočky vyrobeny, je hydrofobní a využívá loop haptika. [6]

Lentis Tplus

Tyto čočky se vyrábějí s loop i plate haptiky a je možné je získat ve dvou průměrech optické zóny. Jsou to čočky z hydrofilního materiálu potažené vrstvou materiálu hydrofobního a implantace je prováděna přes řez s velikostí 2,6 mm. [6]

5.1.2 Volba vhodné torické nitrooční čočky

Pro implantaci čočky z polymethylmethakrylátu, tvrdý materiál, bylo nutné provést řez rohovkou o velikosti 5 až 6 mm, tento řez se vždy musel šít. Ani u měkké nitrooční čočky není nutné vstupní řez šít, ale s použitím pinzety nebo injektoru stačí řez o velikosti 3 až 3,5 mm. V současné době se dělají řezy z temporální strany a implantuje se čočka měkká, využívá se řezu o velikosti 2 - 2,6 mm, malý řez nevyžaduje šití a zaručuje vznik pouze malého indukovaného astigmatismu. [4]

Využití jednoohniskových torických nitroočních čoček je vhodné ke korekci vidění na jednu vzdálenost. S ohledem na pooperační stav pacienta se často úmyslně nechává oko mírně myopické, pokud s tím pacient souhlasí, aby nebylo hned nutné pořízení brýlí na blízko. Snaha o úplnou emetropii po operaci nastává při využití nitroočních torických čoček korigujících více vzdáleností, čočky víceohniskové. Jedním z nejdůležitějších faktorů pro úspěch operace je umístění čočky do správné osy, do strmé osy astigmatismu, a zajištění minimalizace rotace při hojení po operaci. [1]

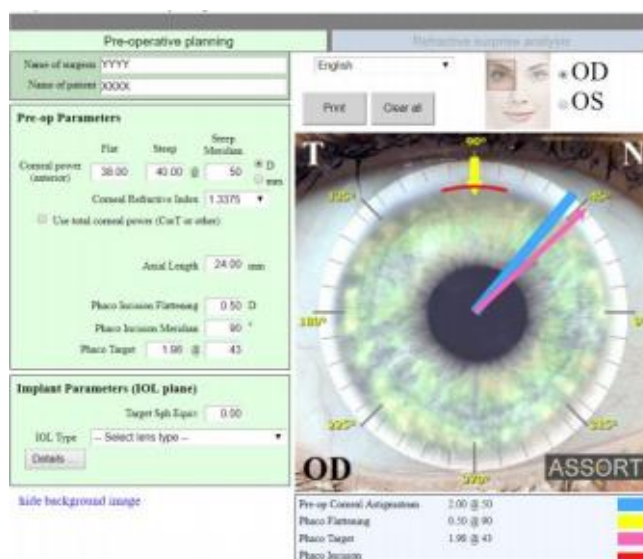
U myopie způsobené délkou oka je velmi časté, že torická čočka zrotuje, z důvodu obecně větších parametrů jednotlivých částí oka, včetně pouzdra čočky. Vlivem volby správně konstrukce, materiálu a tvaru čočky, jsme schopni rotaci minimalizovat. Například čočky typu plate-haptic jsou stabilnější oproti čočkám loop-haptic. U plate designu dochází k symetrickému srůstání přední a zadní plochy pouzdra, proto je stabilnější, bohužel ale jeho rozměr vyžaduje oko s větším čočkovým vakem. Loop design srůstá asymetricky, dochází tak k častějším rotacím. Vlivem rotace o deset stupňů dochází ke třetinové ztrátě účinku torické nitrooční čočky, tedy při rotaci o třicet stupňů je účinek torické čočky nulový. [1][13][14]

5.1.3 Výpočet torické nitrooční čočky

Pro výpočet torické nitrooční čočky může chirurg použít několik kalkulátorů většinou dostupných online. Ne všechny lze použít u všech torických čoček. Často má určitý typ čočky od určitého výrobce i svůj individuální typ kalkulátoru. Je tomu tak například u výrobců Abbott Medical Optics, Baush & Lomb, Carl Zeiss Meditec a další. [14][15]

Assort

Tento kalkulátor (viz. **Obrázek 3**) požaduje informace o axiální délce oka, zakřivení rohovky v milimetrech a v dioptriích na základě vyšetření na keratometru, celkovou hodnotu astigmatismu, keratometrický index, hodnotu chirurgicky indukovaného astigmatismu v dioptriích a jeho umístění a určení vzorce pro výpočet. Umí nabídnout chirurgovi možnosti implantovaných čoček. [14][15][16]



Obrázek 3: Assort kalkulátor[14]

Barrett

Vyžaduje parametry předozadní délky oka, hloubku přední komory, velikost průměru rohovky od limbu k limbu, tloušťku čočky a výsledky vyšetření z keratometru. [14][17][18]

Holladay IOL Consultant

Axiální délka oka, hloubka přední komory, vzdálenost od limbu k limbu, výsledky keratometrie, požadovanou refrakci po operaci a refrakci před operací a hodnotu chirurgicky indukovaného astigmatismu požaduje tento typ kalkulátoru. [14][15]

5.2 Excimerová laserová ablace

Tato metoda využívá ke korekci astigmatismu odpařování vrstvy rohovky pomocí laseru, aby bylo dosaženo změny zakřivení rohovky. Existuje několik technik, první je Laser in situ keratomielitus (LASIK), druhá je Photorefractive keratectomy (PRK, Fotorefrakční keratektomie) a další jsou Laser subepithelial keratomielitus (LASEK) a Epithelial laser in situ keratomileusis (Epi LASIK). Techniky využívající ke korekci astigmatismu laser jsou pokládány za nejpřesnější. Jejich nevýhodou je, že je lze využít až po zahojení rohovky po operaci katarakty. Proto jsou často využívány až po stabilizaci čočky ke korekci zbytkové refrakce. [7] Tato metoda se ale využívá i k pouhé korekci myopie a hypermetropie z důvodu eliminace nutnosti brýlové nebo jiné korekce optickými pomůckami. U těchto případů, když dojde k zákalu čočky, se s výhodou využívá kalkulátoru ASCRS IOL se vzorcem Barrett True K pro výpočet optické mohutnosti implantované čočky. Výsledkem bývá žádoucí emetropie po operaci. [19]

5.2.1 LASIK

V předoperační fázi této operace je nutné provést hlavně vyšetření na optickém tomografickém přístroji, tloušťka rohovky je důležitým parametrem pro určení množství tkáně, které bude odstraněno. Také naměřené hodnoty z keratometru a refrakční vada pacienta jsou důležité pro zvolení správného postupu. Vždy platí, že je nutné nechat nedotčených 250 μm tkáně. [4]

Metoda LASIK se využívá ke korekci hypermetropie, nízké a střední myopie a astigmatismu. Nejdříve se pomocí mikrokeratomu nebo femtosekundového laseru vytvoří lamela, kterou si chirurg vyznačí methylenovou modří. K seříznutí lamely je nutné udržet stabilní nitrooční tlak, k tomu se používá přísavný kroužek nasazený na bulbus. Následně se excimerovým laserem o vlnové délce 193 nm vyzařujícím elektromagnetické záření fotoablačí odstraní požadované množství rohovkové tkáně. Přesnost tohoto laseru je až 0,25 μm . Umístění a množství odstraňované tkáně závisí na rozsahu refrakční vady. Šití lamely po operaci není nutné, stejně tak krytí rohovky kontaktní čočkou, k přilnutí dochází už 2 až 3 minuty po zákroku. [4]

K rehabilitaci dochází během několika dnů, výsledky jsou ale stabilní až přibližně po 30 dnech. Pacient aplikuje kortikoidy a umělé slzy od druhého dne po operaci po dobu 14 dní. Až u 5 % pacientů může v počáteční fázi hojení dojít k objevení difúzní lamelární

keratitidy. Dalšími komplikacemi můžou být například mikrobiální keratitidy, případně může dojít k decentraci lamely a přivodit tak vznik indukovaného astigmatismu. [4]

5.2.2 Fotorefrakční keratektomie

Fotorefrakční keratektomie (PRK) se využívá ke korekci nízké a střední myopie a hypermetropie a astigmatismu. I u této techniky je využíván excimérový laser ke změně zakřivení přední plochy rohovky. Nutné je však nejprve mechanicky odstranit epitel. Jedná se o celkem bolestivou operaci, obnova epitelu může trvat více než 4 dny. Stabilní výsledek lze očekávat až po třech měsících. Pomocí wavefront analýzy lze v dnešní době individualizovat postup operace a případně řešit i aberace vyššího řádu. Častými komplikacemi jsou infekce, zakalení předního stromatu a existuje také riziko návratu refrakční vady. [4]

5.3 Laserová termokeratoplastika

Ke korekci hypermetropie a astigmatismu je využívána také technika laserové termokeratoplastiky (LTK). Holmium: YAG laser emitující elektromagnetické záření s vlnovou délkou spadající pod infračervené spektrum světla ($2,1\text{ }\mu\text{m}$) je absorbován rohovkou. Důsledkem je koaguace kolagenu, dochází k přiblížení kolagenních fibril, což způsobí zvýšení optické mohutnosti rohovky následkem jejího vyklenutí. [4]

5.4 Incizní keratotomie

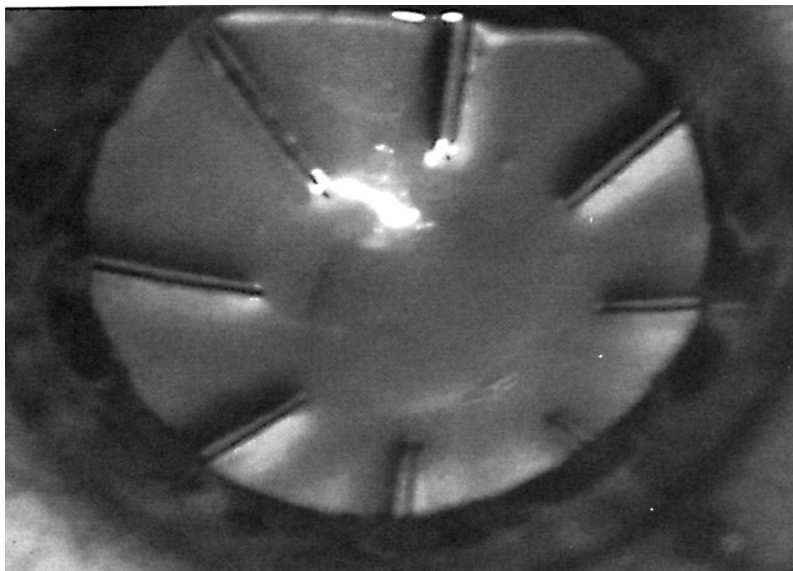
Vliv řezu v oblasti limbu na astigmatismus byl objeven koncem 19. století, postup prvních takových operací určil oftalmolog Lans. [20]

Incizní keratotomie patří mezi nelaserový refrakční výkon, při kterém se pomocí nářezu rohovky mění její povrchové zakřivení. Cílem je stabilizace zakřivení během tří až šesti měsíců. Existuje keratotomie tranverzální a radiální. Transverzální se používá k oploštění rohovky v určitém meridiánu, jejím opakem je paprscitá (radiální) keratotomie, která slouží k zestržení rohovky v místě incize a oploštění v centru. [2][9]

Výsledek této metody nejčastěji ovlivňuje šíře intaktní optické zóny, věk a pohlaví pacienta, hloubka, šířka a počet řezů, tloušťka rohovky, profil rohovky, pružnost rohovky a nitrooční tlak. Větší efekt má operace u starších pacientů. Hloubka řezů by měla být v celé ploše rohovky stejná, určujeme ji podle pachymetrie do 90% tloušťky nejtenčího místa rohovky, protože mělké řezy jsou neefektivní. [2][9]

5.4.1 Radiální keratotomie

Za velký průlom rohovkové chirurgie byla považována právě radiální keratotomie (viz. **Obrázek 4**), která dlouho byla jedinou možností ke korekci vyšší myopie. V současné době se již tak hojně nevyužívá, aktuálně se využívá hlavně k léčbě myopického astigmatismu po transplantaci rohovky. [2]



Obrázek 4: Radiální keratotomie[21]

5.4.2 Hexagonální keratotomie

Tento druh keratotomie vznikl jako alternativa korekce hypermetropie. Díky této metodě bylo možné korigovat až čtyři dioptrie tak, že se zmenšila optická zóna ze 7,5 mm na 4,5 mm. Hexagonální typ keratotomie se již neprovádí vůbec z důvodu špatných zkušeností z praxe. [2]

5.4.3 Astigmatická keratotomie

Princip této metody je ve změně zakřivení rohovky, kdy v místě řezu dochází k jejímu oploštění. Řez (incize) je vždy vedena v ose nejstrmějšího meridiánu, nebo ve dvou opačných meridiánech, případně více řezů v jednom meridiánu. Velikosti řezů nemusí být všechny stejné, záleží na zakřivení rohovky. Požadované změny zakřivení dosáhne chirurg délkou, hloubkou a umístěním incize. Výsledek operace je závislý na optické zóně a na věku pacienta. U mladších pacientů jsou horší výsledky než u starších pacientů, což je způsobeno elasticitou rohovky a nitroočním tlakem. Tento zákrok může být proveden jako primární nebo sekundární. Nejčastěji se využívá ke korekci zbytkového

astigmatismu po operaci katarakty, po perforující keratoplastice nebo po jiných refrakčních operacích. [2][4][20]

5.5 Limbální relaxační incize

Od 70. let 20. století byly v oční chirurgii využívány operace rohovkových relaxačních incizí, posunutím blíže k limbu vznikl název limbální relaxační incize. Nejedná se ale o řezy přímo v anatomickém limbu, proto někteří oftalmologové považují za přesnější název periferní rohovkové incize. Tento druh zákroku se dříve spojoval s operací katarakty, v dnešní době už to ale není pravidlem. [20]

Limbální relaxační incize je jednoduchá metoda korekce astigmatismu, která je účinnější v případě astigmatismu podle pravidla. Naopak ke korekci astigmatismu proti pravidlu je tato metoda vzhledem k dlouhodobým výsledkům neúčinná.[1]

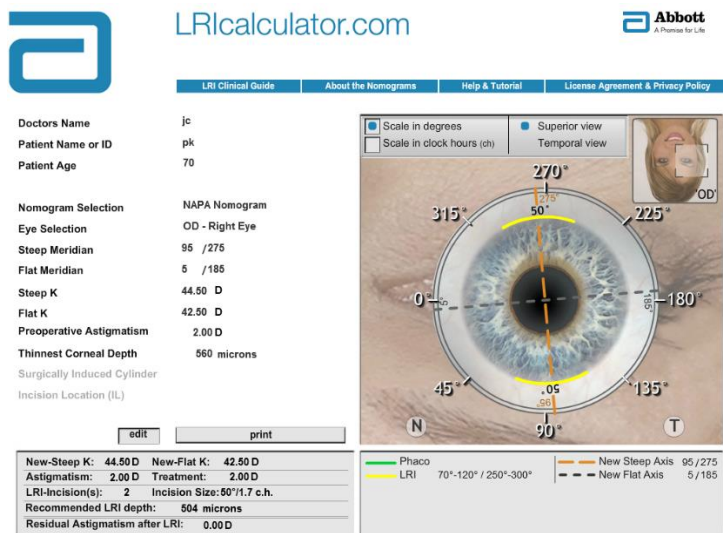
Obecné umístění řezu je v tomto případě v oblasti chirurgického limbu, tedy před Vogtovými palisádami. Zásadní rozdíl od rohovkových incizí je hlavně v rozsahu řezu, který se mění v závislosti na průměru rohovky. Jako účinná metoda se používá u hodnot cylindru od 0,75 dioptrie do 4 dioptrií. Vyšší astigmatismus je nejčastěji řešen kombinací limbálních relaxačních incizí a incizí rohovkových, případně kombinací s torickou nitrooční čočkou. Oproti rohovkovým incizím má tato technika řadu výhod, především dochází k menší deformaci topografie, jedná se o mnohem jednodušší provedení, nepřesnosti méně ovlivní výsledek a také proto vzniká menší kolísání vidění po operaci. Nedochozí tak často k překorigování a sférický ekvivalent je také téměř stejný jako před operací, což napomáhá při výpočtu nitrooční čočky. Rohovkové incize ale umí korigovat vyšší astigmatismus. [20]

Nejčastěji používaná délka nože je 600 μm , může se ale měnit podle naměřené pachymetrie nebo podle věku pacienta. Délka řezu je popsána většinou pomocí stupňů nebo délkou tětiny řezu v milimetrech. Stupně jsou ale přesnějším určením z důvodu různých průměrů rohovky.[20]

5.5.1 Plánování operace limbální relaxační incize

Rozsah a počet řezů lze určit pomocí řady nomogramů dostupných na internetu online. Jedná se o podobný způsob jako při kalkulaci nitrooční čočky. Chirurg zadá parametry a získá přesný popis umístění, rozsah a počet řezů. Dříve se nezohledňoval věk pacienta, ale v dnešní době se jedná o důležitý faktor pro určení správného postupu. Čím vyšší je

pacientův věk, tím je potřeba méně řezů a jsou menší. Podle typu astigmatismu, jestli se jedná o astigmatismus proti nebo podle pravidla, se určí také umístění vstupního řezu. K operaci se využívají speciální nože s přednastavitelnou délkou ostří, která ve většině případů činí 600 μm , vychází se z hodnot naměřených pachymetrem. [20] K naplánování přesného určení řezu se nejčastěji využívá LRI Calculator software (viz. **Obrázek 5**), který je dostupný online a je založený na nomogramech Donnenfeldra a Nichamina. [22]



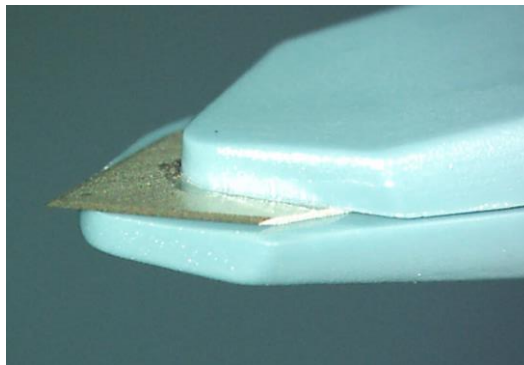
Obrázek 5 : LRI Calculator[23]

5.5.2 Nástroje

Diamantový nůž je univerzální nůž, lze nastavit hloubku řezu a použít různý tvar ostří, používá se k limbálním i rohovkovým relaxačním incizím nebo k vícešupňovým vstupním řezům. [20]

Speciální diamantový nůž je designovaný tak, aby bylo snadnější vedení řezu. Také je možné nastavit délku jeho ostří. [20]

Jednorázových kovových nožů existují tři typy podle jejich délky ostří: 550 μm , 600 μm , 650 μm (viz. **Obrázek 6**). [20]



Obrázek 6: Jednorázový nůž[23]

5.5.3 Technika relaxačních incizí

Gillsova technika

Podle nomogramu se hodnoty cylindru rovné nebo nižší než 0,5 dioptrií korigují řezem v astigmaticky neutrální zóně. U pacientů s astigmatismem velikosti nižší než 1,5 dioptrie se umísťuje jeden řez v nejstrmějším meridiánu. Pokud je hodnota astigmatismu vyšší než 1,5 dioptrie, je nutné použít dva řezy. V případě nízkého astigmatismu podle pravidla se aplikuje jeden řez v 90 stupních o hloubce 0,6 mm. U starších pacientů (kolem věku 73 let) se ke korekci cylindru o jedné dioptrii využívá délky řezu 6 mm, pro astigmatismus vyšší než 3 dioptrie je používán řez délky 7 až 8 mm. [13][20][24]

Kochova technika

Pro vytvoření řezu se při této technice využívá přednastaveného nože s délkou ostří 600 μm . Pro Kochův nomogram je určujícím věkem pacienta 65 let. U astigmatismu podle pravidla s předoperační hodnotou od 0,75 do 1,00 dioptrie se u mladších pacientů do 65 let provádí dva řezy a u skupiny starší 65 let pouze jeden o rozsahu 45 stupňů. Cylindrické dioptrie od 1 do 1,50 dioptrie se korigují dvěma řezy u mladších pacientů v rozsahu 60 stupňů a u starších pacientů 45 stupňů. U hodnot převyšujících 1,50 dioptrie se dělají dva řezy u mladších pacientů o délce 80 stupňů a u starších o rozměrech 60 stupňů. Korekce astigmatismu proti pravidlu již nezohledňuje stáří pacienta, pouze hodnotu astigmatismu. V rozsahu od 1 do 1,25 dioptrie se dělá pouze jeden řez o 35 stupních, u 1,26 až 2 dioptrií se dělá také jeden řez ale o rozsahu 45 stupňů. U vyšších astigmatismů se dělají řezy dva o velikosti 45 stupňů. [25]

Nichaminova technika

Nichamin doporučuje řez do 90% hloubky nejtenčího místa rohovky v okolí limbu, podle toho je nutné nastavit i operační nůž. Pacienty si rozděluje do skupin podle věku postupně po 10 letech. Pro přesnost určení řezu si vytvořil vlastní nomogram zvaný NAPA (Nichamin Age and Pach-Adjusted), který využívá hlavně při kombinaci s implantací nitroočních čoček, má agresivnější přístup (viz. Tabulka 1). Na běžné operace používá klasický nomogram. U vyšších astigmatismů využívá kombinaci s rohovkovými relaxačními incizemi. [20][26]

Tabulka 1: NAPA nomogram[23]

Cylindr před operací [Dpt]	Párové incize (°)					
	20-30 [rok]	31-40 [rok]	41-50 [rok]	51-60 [rok]	61-70 [rok]	71-80 [rok]
0,75	40	35	35	30	30	25
1,00	45	40	40	35	35	30
1,25	55	50	45	40	35	35
1,50	60	55	50	45	40	40
1,75	65	60	55	50	45	45
2,00	70	65	60	55	50	45
2,25	75	70	65	60	55	50
2,50	80	75	70	65	60	55
2,75	85	80	75	70	65	60
3,00	90	90	85	80	70	65

Millerova technika

Millerův nomogram se využívá ke korekci obou typů astigmatismu, proti i podle pravidla. Umisťuje dvě incize o rozsahu jedné hodiny (odpovídající přibližně délce 3 mm) pro korekci astigmatismu podle pravidla, které řeší každou jednu dioptrii astigmatismu. Tedy v případě astigmatismu velikosti 2 dioptrie se umístí v periferii rohovky dva řezy o velikosti 6 mm. Při nízkém astigmatismu, například 0,5 dioptrie, se vytvoří pouze jeden řez o velikosti jedné hodiny. Umístění řezů je závislé na symetrii topografického obrazu. [13][20]

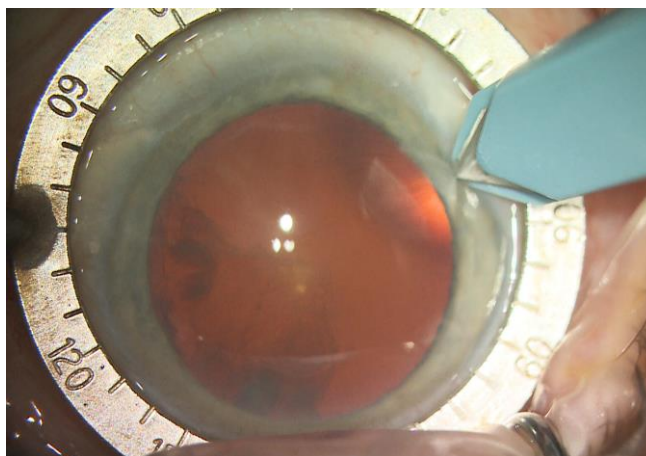
5.5.4 Provedení operace

Osa incize

Určení správné osy je velmi důležité, záměna osy o 15 stupňů zapříčiní 50 procentní snížení účinku korekce. Tedy pokud dojde k chybě umístění o 30 stupňů, účinnost není žádná. Dokonce může způsobit úplnou změnu zakřivení, a tudíž i změnu osy astigmatismu. Rotace hlavy nebo polohy pacienta může způsobit rotaci oka, která také zapříčiní komplikace během operace v momentě umísťování řezů. Pro správné vedení řezu si chirurg osu astigmatismu označí pomocí markerů při vyšetření na šterbinové lampě. Označení je lepší provést při vzpřímeném postavení hlavy, někteří oftalmologové tak činí ale u pacienta v leže. Miller si dokonce osu neoznačuje vůbec. [20]

Značení řezu

Buď si oftalmolog rozsah řezu vyznačí pomocí markerů, nebo využívá k vedení správné velikosti řezu fixační prstenec se stupnicí (viz. **Obrázek 7**). Následuje správná volba nože závislá na tloušťce rohovky případně užívané technice. [20]



Obrázek 7: Fixační prstenec se stupnicí [23]

Zákrok

Nejčastěji se relaxační incize provádějí až po operaci katarakty z důvodu rizika perforace v průběhu operace. Je možnost ale provést zákrok během jiné fáze operace, záleží na chirurgovi. Například při provedení před operací se vyhneme riziku větší tloušťky rohovky vlivem její hydratace při operaci katarakty. Vedení řezu kolmo se doporučuje hlavně u delších řezů. Někdy může docházet k malému krvácení, což nesignalizuje nic vážného. Když je řez hotový, je nutné jej vypláchnout a zkontrolovat, zda je veden všude ve stejné hloubce. [20]

5.5.5 Komplikace

K úplnému zhojení by mělo dojít 8 týdnů po operaci. V dnešní době málo se vyskytující komplikací je perforace, díky předoperačním vyšetření a nastavení délky nože. Někdy může docházet k nepředpokládaným výsledkům z hlediska refrakce, pak je nutné zkontrolovat konstantnost řezu na rohovce a jeho umístění, k tomu lze využít OCT vyšetření nebo štěrbinovou lampu. Pokud je řez umístěn příliš v periférii rohovky, může chirurg provést řez blíže centru rohovky. Příliš mělké nebo krátké řezy lze prohloubit nebo prodloužit. [20]

Komplikace spojené s limbálními relaxačními incizemi jsou perforace řezů, nízká účinnost u suchých očí, pálení očí a diskomfort, ale v dnešní době se už neobjevují příliš často. [27]

5.6 Možnost dokorekce Piggyback (add-on) torickými nitroočními čočkami

Čočky typu piggyback mohou být využívány při primární nebo sekundární implantaci. Primární byla dříve určena hlavně ke korekci vysoké hypermetropie nebo astigmatismu, v dnešní době se využívá ke korekci v kombinaci s jednoohniskovou nebo víceohniskovou nitrooční čočkou. Piggyback čočka je umístěna v sulku před implantovanou čočkou, která je v původním pouzdře, nebo přímo do vaku před implantovanou čočku. Tento druh čoček se využívá také ke korekci u malých dětí do dvou let, u kterým chybí nitrooční čočka a nemohou nosit jinou korekci. Jedná se o přechodnou implantaci, čočka se vyndá ve chvíli, kdy oko dostatečně vyrostle. Sekundární implantace se využívá k dokorekci vzniklé refrakce po operaci. Je možné implantovat čočky torické, jednoohniskové i víceohniskové. Výsledek bývá velmi dobře předvídatelný. U čoček vkládaných do sulku očekáváme celkový průměr o 13 mm a průměr optické části o 6 mm. Průměr čočky zajišťuje lepší stabilitu a polohování haptik umožňuje uložení čočky ve vyhovující vzdálenosti od duhovky. U torické varianty čočky Sulcoflex jsou použita vlnitá haptika, která napomáhají stabilizaci. Silikonovou optickou část a větší celkový průměr mají čočky Add-on od firmy Human Optics, vydutá zadní plocha čočky minimalizuje kontakt s první aplikovanou nitrooční čočkou. [14][28]

6 Hojení rohovkové rány

Nezbytný proces pro správný efekt rohovkových incizí je postup hojení rohovkového řezu. Nejprve dochází k fázi epitelové, kdy je defekt vyplněn epitelovými buňkami vlivem jejich replikace a migrace. Tak dojde po dvanácti až čtyřiceti hodinách ke vzniku epitelové zátky. Ve fázi stromální (keratocytární) dochází k migraci aktivovaných keratocytů do rány a k jejich přeměně na myofibroblasty. Díky nim se rána stáhne. Současná syntéza nového kolagenu pomůže k vytlačování epitelové zátky. Tento proces trvá okolo dvou až šesti týdnů. Poslední je fáze remodelační a stabilizační trvající od druhého do šestého měsíce od operace. Po syntéze a současném rozpadu kolagenu se začne vytvářet kolagenní síť, která pomáhá k postupnému zpevnění a stahu rány. [2] Hojení rány je velmi individuální záležitost, proto lze těžko předpovídat výsledek, a proto také dochází k časté nestabilitě a návratu astigmatismu. [2][9]

7 Navigační systémy při operaci katarakty

Tyto systémy napomáhají chirurgovi k lepším výsledkům operace. Pro výpočet nitrooční čočky nebo pro velikost řezů jsou schopné zvolit správný kalkulační vzorec a mimo jiné určit osu a sílu astigmatismu. Pomáhají ke správné centraci umístění nitrooční čočky, při tvorbě limbálních relaxačních incizí nebo při umístění vstupních a pomocných řezů. Fungují na principu refrakčního snímku oka po měření na keratometru, kdy vyhodnocují umístění limbu a sklerálních cév. Za daných světelných podmínek měří šířku zornice a průměr rohovky od limbu k limbu (WtW). [1][29]

Verion je schopný zpřesnit výpočty díky jeho statistické funkci související s chirurgem indukovaným astigmatismem. Vzhledem k umístění cév na limbu je schopný určit polohu řezů při operaci a na oko umístí digitální značku. Při navádění ukáže chirurgovi také polohu osy implantované čočky. Obecně velmi dobře minimalizuje chyby při operaci. [1][14][30]

Callisto je systém používající snímek z IOL Master 500 nebo 700, tudíž je schopen sám přenést informace získané z biometrie a určí umístění značek pro chirurga, což značně ulehčí práci a šetří čas. Hlavně nezpůsobí chybu, kterou by mohl zapříčinit proces při překreslování značek, což by mohlo vést ke vzniku indukovaného astigmatismu. [14][31]

Zásady operace s implantací torické čočky

Před operací je nutné provést subjektivní i objektivní refrakci, vyšetření na šterbinové lampě a na biometru. Je dobré domluvit se s pacientem na představě o výsledku operace a určit postup. Pro zjištění hodnoty astigmatismu nestačí údaje z automatického refraktometru, kde jsou sečteny hodnoty rohovky i čočky, při odstranění čočky by mohlo dojít ke vzniku chyby. K volbě správné torické nitrooční čočky lze využít některý z kalkulatorů, kde nám budou nabídnuty konkrétní návrhy čoček i s jejich přesným umístěním. Osu implantované čočky je nutné si vyznačit, když má pacient hlavu ve vzpřímené poloze, lze k tomu použít marker pracující na principu vodováhy ASICO. V průběhu operace je dobré vypláchnout pouzdro na čočku, aby se zabránilo následné rotaci při hojení. [9]

8 Účinnost metod korekce astigmatismu při operaci katarakty

Cochrenova databáze porovnávala výsledky deseti studií z celého světa, zabývajících se porovnáním účinnosti torické nitrooční čočky a limbální relaxační incize. Za tímto účelem byl zpracován soubor 517 pacientů (626 očí), kteří byli náhodně vybráni pomocí počítačové databáze. Hodnota rohovkového astigmatismu před operací se pohybovala mezi 0,75 dioptrií a 3,00 dioptriemi. Pro implantaci byly využity monofokální torické nitrooční čočky. K určení velikosti limbální relaxační incize byly používány tři nomogramy. Pacienti s implantovanou čočkou vykazovali šest a více měsíců po operaci astigmatismus nižší než 0,50 dioptrie. Zraková ostrost u pacientů s torickou čočkou byla mírně lepší než u pacientů s limbálními relaxačními incizemi a nebyla potřeba brýlová korekce po operaci. Závěrem u srovnávaných studií bylo, že lepší výsledky byly u pacientů s torickou čočkou. Přestože byl rozdíl zrakové ostrosti mezi oběma typy operace zanedbatelný. Ve výsledku bylo doporučeno využití torických nitroočních čoček pro případy, kdy pacient nebere v potaz ekonomické náklady a může si dovolit co nejlepší materiál čočky, i tak by měl být však upozorněn na možnosti vzniku zbytkového astigmatismu po operaci. Pro ostatní pacienty byla doporučena kombinace sférické nitrooční čočky a limbálních relaxačních incizí. [32]

Kent ve své studii uvádí, že někteří operatéri upřednostňují stále implantaci nitrooční torické čočky pro korekci astigmatismu před použitím metody laseru nebo řezů. Při volbě správné hodnoty nitrooční torické čočky tvrdí, že je nejlepší. když pacientovi operací astigmatismus pouze sníží, ale nezmění jeho osu. Domnívá se, že změnu osy by pacient nevnímal dobře. Obecně upřednostňuje metodu torické čočky před limbálními relaxačními incizemi, protože nitrooční čočku lze vždycky ještě upravit při opětovném vstupu do oka, řez na rohovce již změnit nelze. Podle jeho studie je nejlepší volbou korekce nejvyšší možnou hodnotou torické čočky a v případě nutnosti dokorekce využít metody limbálních relaxačních incizí, keratotomie nebo laseru. [12]

V Kesselově studii porovnávající účinnost korekce torickou nitrooční čočkou a sférickou nitrooční čočkou byly z hlediska snížení astigmatismu po operaci vyhodnoceny jako lepší torické nitrooční čočky i v případě, že čočky sférické byly kombinovány s metodou limbálních relaxačních incizí. Stejně výsledky šlo pozorovat i v případě

pooperační zrakové ostrosti. Avšak všichni tito pacienti museli podstoupit ještě další zákrok pro srovnání nitrooční čočky nebo byli nuceni léčit trhliny na sítnici. Soubor pacientů se skládal z případů s hodnotou astigmatismu mezi 0,75 dioptrie a 3,00 dioptriemi a byli pozorováni po dobu šesti měsíců po operaci. [22]

V případě použití keratotomie jako metody ke snížení hodnoty astigmatismu, lze pozorovat snížení rohovkového astigmatismu po operaci oproti stavu před operací, uvádí Titiyal ve své studii. Bylo pozorováno 34 pacientů, kde 17 pacientů podstoupilo implantaci torické čočky a 17 pacientů absolvovala operaci katarakty a keratotomie pro korekci astigmatismu. U první skupiny byla průměrná hodnota cylindru před operací 2,00 dioptrie se směrodatnou odchylkou 0,49, po operaci hodnota cylindru průměrně klesla na $0,33 \pm 0,17$ dioptrie. Ve druhé skupině byl předoperační astigmatismus $1,95 \pm 0,47$ dioptrie a po operaci $0,57 \pm 0,41$ dioptrie. Po třech měsících byla u první skupiny průměrná hodnota cylindru $0,44 \pm 1,89$ dioptrií, ve druhé skupině byla hodnota cylindru $0,77 \pm 1,92$ dioptrií. Zraková ostrost obou skupin se oproti stavu před operací zlepšila. Visu 1,00 dosáhli po třech měsících po operaci všichni pacienti, kteří požadovali pooperační nezávislost na brýlové korekci do dálky. Závěrem této studie bylo že keratotomie i torická nitrooční čočka vykazují podobné výsledky, co se týče visu i astigmatismu jako takového. Volba metody tedy závisí na pacientovi a preferenci operatéra. [33]

Limova studie zpracovala výsledky u 20 pacientů (25 očí) a zkoumala dlouhodobou účinnost limbálních relaxačních incizí. Pět z těchto pacientů mělo operované obě oči. Metodikou této práce bylo změřit keratometrický astigmatismus před operací, dva týdny po operaci, deset týdnů po operaci a ve tři letech od operace. Medián keratometrického astigmatismu před operací byl 2,1 dioptrie, dva týdny od operace byl 1,3 dioptrie, 10 týdnů od operace byl 1,2 dioptrie a tři roky od operace byl 1,0 dioptrie. Rohovkový astigmatismus se snížil výrazně u všech operovaných pacientů oproti stavu před operací. Studie zkoumá také vývoj chirurgicky indukovaného astigmatismu a ten po třech letech byl vyšší u skupiny pacientů s astigmatismem proti pravidlu s hodnotou 1,9 dioptrií. Naopak nižší hodnota chirurgicky indukovaného astigmatismu byla u pacientů s astigmatismem podle pravidla, ta činila 1,7 dioptrie. V průběhu vyšetření po operaci docházelo k významnému snižování chirurgicky indukovaného astigmatismu. Rohovkový astigmatismus se z dlouhodobého hlediska vlivem limbálních relaxačních incizí průměrně snížil z hodnoty 2,1 dioptrie na 1,0 dioptrie. Hodnoty astigmatismu se

výrazně měnily během deseti týdnů po operaci, poté až do období tří let po operaci byly stabilní. [27]

Jako nejúčinnější kombinaci korekce astigmatismu při operaci katarakty uvádí Lim kombinaci torické nitrooční čočky a limbálních relaxačních incizí. Také tvrdí, že limbální relaxační incize jsou více tolerantní vůči případným nepřesnostem operátora při vedení řezu oproti technice keratotomie. Dalším významným poznatkem je fakt, že u hodnot astigmatismu vyšších než 2,25 dioptrií předpokládá menší předvídatelnost účinnosti operace limbálními relaxačními incizemi. Nejefektivnější je tato metoda pro korekci astigmatismu kolem 1,50 dioptrie. U hodnot astigmatismu vyšších než 3,50 dioptrie lze pozorovat návrat k předoperačním hodnotám při dlouhodobém sledování pacientů. [27]

Experimentální část

Cílem práce bylo vyhodnotit dlouhodobou účinnost limbálních relaxačních incizí pomocí keratometrických dat pacientů, kteří podstoupili operaci relaxačních incizí při operaci katarakty před více než třemi lety. Na základě dostupných dat bylo mým úkolem zhodnotit, zda účinek operace přetrval od prvního vyšetření po operaci.

Hypotézy

Limbální relaxační incize je účinnou metodou pro korekci astigmatismu. Ovšem vzhledem k mnoha faktorům, které je nutné vzít v potaz při operaci, může s odstupem času účinnost incizí klesat. Velký vliv by na to mohl mít proces hojení řezu na limbu nebo věk pacienta.

9 Metodika

9.1 Soubor pacientů

Pro experimentální část byli ze záznamů operací na pracovišti Ofta v Plzni vyhledáni pacienti, u kterých byla při operaci katarakty provedena korekce astigmatismu limbálními relaxačními incizemi.

V letech 2014 až 2016 jsem našla celkem 116 pacientů, kteří odpovídali požadavkům a byli pozváni na kontroly za účelem změření potřebných parametrů. Z důvodu koronavirové krize byla však měření zrušena a byla jsem nucena využít pouze dat dostupných z dokumentace pacientů. Vznikl tak soubor deseti pacientů, u kterých byla dostupná keratometrická měření 4-11 týdnů od operace a s odstupem 3 až 4 roky od operace (viz. **Tabulka 2**). Ve všech případech byl operatér stejný.

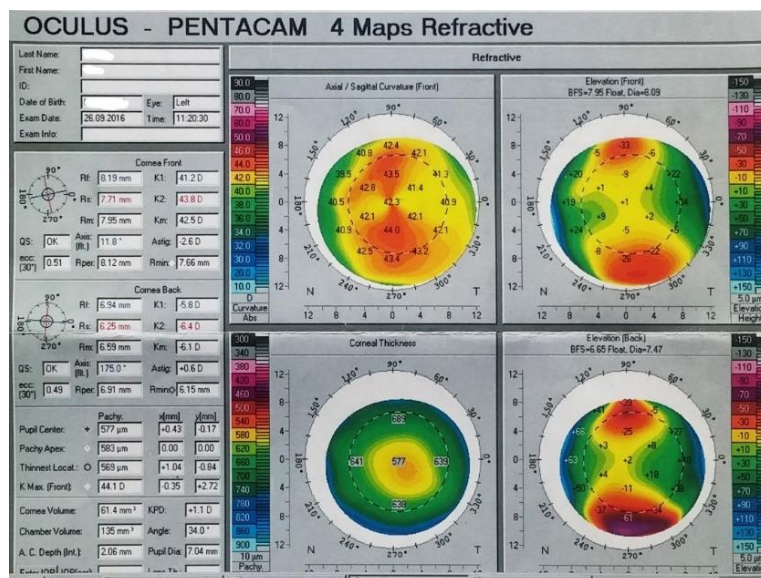
Tabulka 2: Soubor pacientů a hodnota cylindru před operací

	pohlaví	věk [roky]	operace	Cyl. před operací [D]
1	ŽENA	55	OL	-1,75
2	MUŽ	43	OP	-1,50
			OL	-1,00
3	ŽENA	74	OL	-2,25
4	ŽENA	54	OP	-3,00
			OL	-2,00
5	ŽENA	42	OP	-2,50
6	MUŽ	59	OP	-6,00
7	ŽENA	66	OL	-1,75
8	MUŽ	60	OL	-1,00
9	ŽENA	63	OL	-1,25
10	ŽENA	55	OP	-1,50
			OL	-1,75

Jedná se o 7 žen a 3 muže ve věku od 42 let do 74 let. U dvou žen a jednoho muže porovnávám účinnost limbální relaxační incize na obou očích. U ostatních porovnávám vždy účinnost buď na levém nebo pravém oku. V prvním sloupci tabulky (**Tabulka 2**) je číslo pacienta. Ve druhém sloupci je pohlaví pacienta. Třetí sloupec je věk pacienta v roce operace. Čtvrtý sloupec informuje o oku, které bylo operováno způsobem limbální relaxační incize a u kterého budu sledovat účinnost operace (OP = oko pravé, OL = oko levé). V posledním sloupci je hodnota cylindru změřeného před operací na keratometru. Nejnižší hodnota cylindru před operací byla -1,00 dioptrie a byla naměřena u pacientů číslo 2 a 8, v obou případech byla tato hodnota na levém oku. Nejvyšší hodnota cylindru před operací je - 6,00 dioptrií a byla naměřena u pacienta číslo 6.

9.2 Postup předoperačního vyšetření

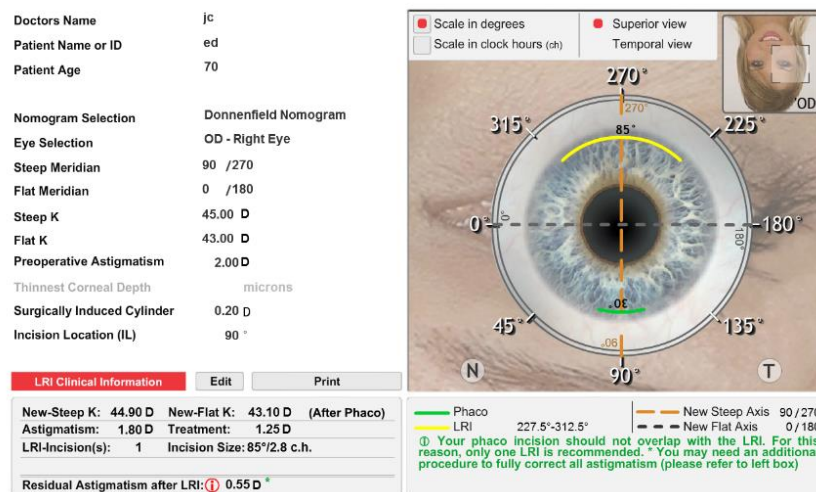
Před operací byla provedena běžná předoperační vyšetření. Astigmatismus rohovky byl posuzován podle keratometrie z autorefraktometru, keratometrie změřené na IOL Masteru a podle topografických map z Pentacamu (viz. **Obrázek 8**). Kontraindikací pro provedení limbálních relaxačních incizí byly patologické změny rohovky, nepravidelný astigmatismus, ztenčení rohovky a výrazně suché oko. Těmto pacientům byla nabídnuta alternativa ve formě torické nitrooční čočky nebo refrakční laserový zákrok.



Obrázek 8: Topografická mapa z Pentacamu před operací [23]

9.3 Postup operace

Rozsah limbálních relaxačních incizí byl vypočítán na základě online LRI Calculatoru (viz. Obrázek 9).

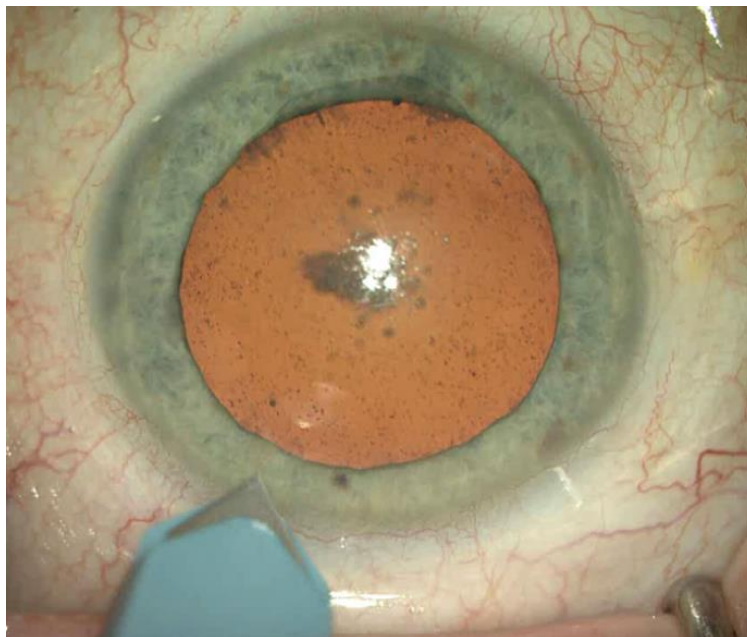


Obrázek 9: LRI Calculator online [23]

Velikost řezu závisí na síle astigmatismu a na věku pacienta. Rozsah incize byl značen manuálně bez použití navigačních přístrojů.

Operace katarakty byla provedena standardním způsobem tedy fakoemulzifikací s implantací ohebné nitrooční čočky do vaku. U žádného z pacientů nedošlo ke vzniku komplikací při operaci.

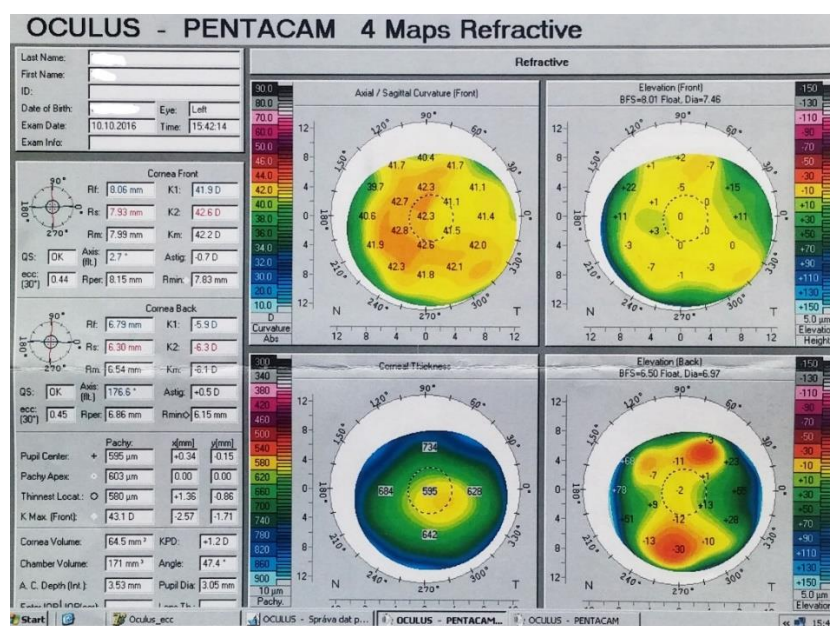
Na konci operace byla provedena limbální relaxační incize diamantovým nebo jednorázovým nožem (viz. **Obrázek 10**).



Obrázek 10: Řez jednorázovým nožem[23]

9.4 Pooperační vyšetření

S odstupem 4 až 11 týdnů od operace bylo provedeno vyšetření astigmatismu pomocí keratometrie a Pentacam (viz. **Obrázek 11**). Na obrázku lze vidět snížení rohovkového astigmatismu oproti vyšetření před operací, ilustrace náleží ke stejnému pacientovi.



Obrázek 11: Pooperační vyšetření na Pentacam [23]

Protože nebylo možné podle plánu vyšetřit pacienty s určitým odstupem. Vyhledala jsem pacienty, kteří se na pracoviště Ofta v Plzni dostavili z různých jiných důvodů a byla u nich změřena keratometrie.

9.5 Zpracování výsledků

K vyhodnocení výsledků byla použita keratometrická měření z autorefraktometru před operací, 4 až 11 týdnů po operaci a v průběhu čtvrtého roku od operace. Jsou prezentovány výsledky formou individuálních grafů a průměrných hodnot se směrodatnou odchylkou.

10 Výsledky

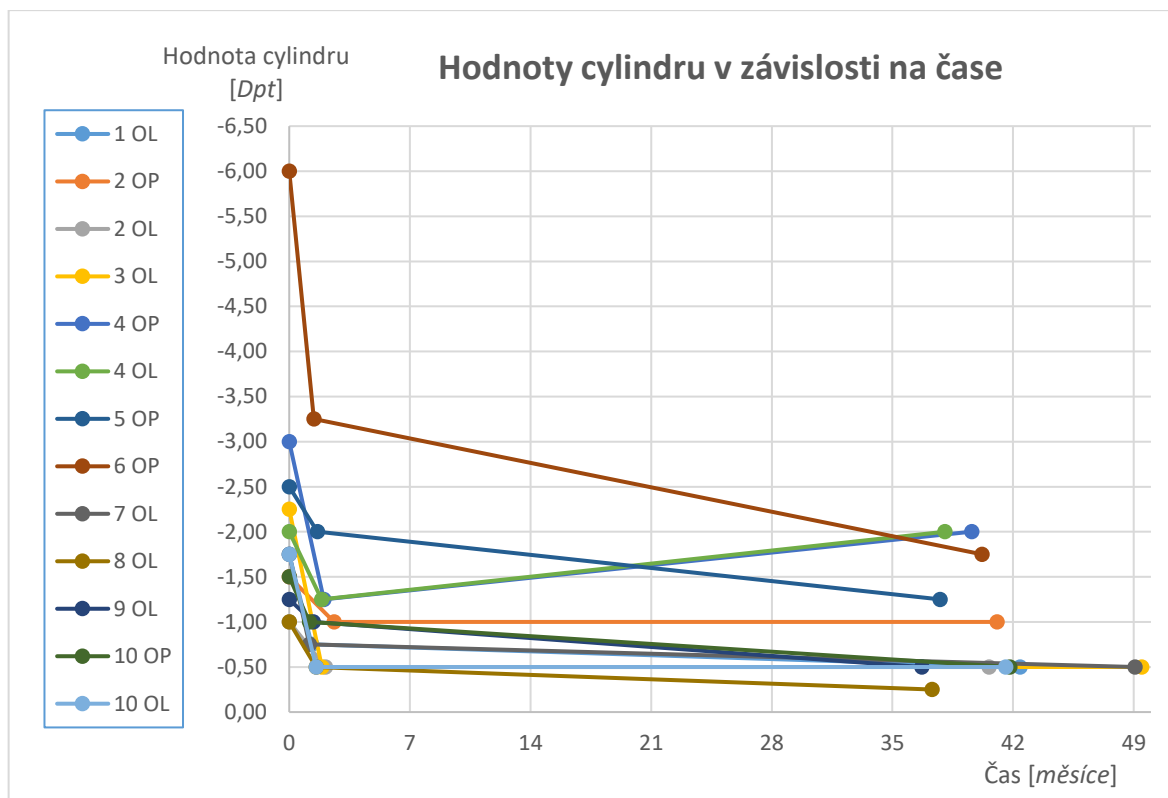
10.1 Hodnota cylindru

Byly porovnány hodnoty cylindru ve strmém meridiánu naměřené u pacientů před operací a hodnoty naměřené během dvou vyšetření po operaci. Tyto hodnoty jsem vypsala do tabulky (**Tabulka 3**).

Tabulka 3: Změna hodnoty cylindru

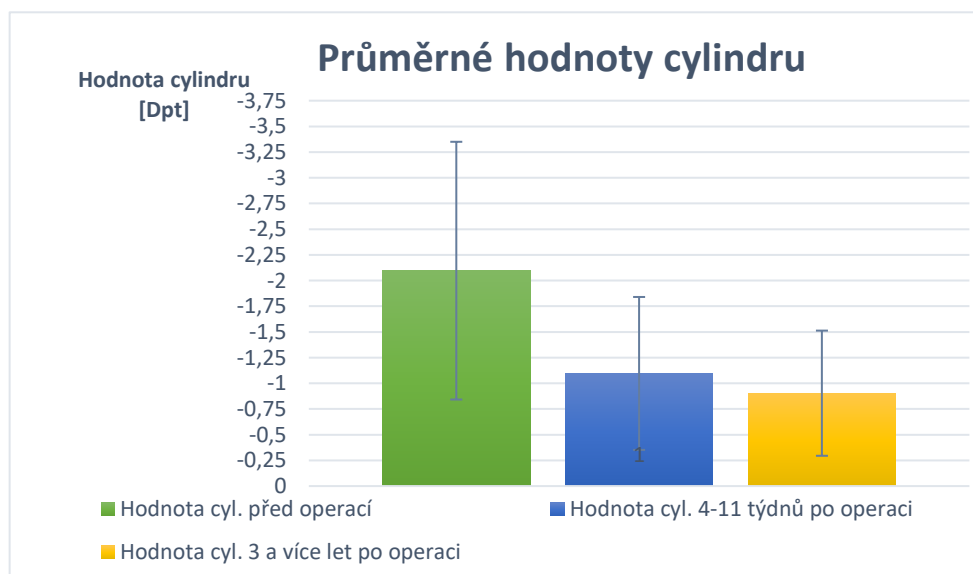
1 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,3	42,4
	cylindr [Dpt]	-1,75	-0,75	-0,50
2 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	2,6	41,1
	cylindr [Dpt]	-1,50	-1,00	-1,00
2 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	2,1	40,6
	cylindr [Dpt]	-1,00	-0,50	-0,50
3 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,9	49,5
	cylindr [Dpt]	-2,25	-0,50	-0,50
4 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	2,0	39,6
	cylindr [Dpt]	-3,00	-1,25	-2,00
4 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,9	38,0
	cylindr [Dpt]	-2,00	-1,25	-2,00
5 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,6	37,8
	cylindr [Dpt]	-2,50	-2,00	-1,25
6 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,4	40,2
	cylindr [Dpt]	-6,00	-3,25	-1,75
7 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,2	49,1
	cylindr [Dpt]	-1,75	-0,75	-0,50
8 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,6	37,3
	cylindr [Dpt]	-1,00	-0,50	-0,25
9 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,4	36,7
	cylindr [Dpt]	-1,25	-1,00	-0,50
10 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,2	41,8
	cylindr [Dpt]	-1,50	-1,00	-0,50
10 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,6	41,6
	cylindr [Dpt]	-1,75	-0,50	-0,50

V **Tabulka 3** jsou u každého operovaného oka každého pacienta tři hodnoty odpovídající třem vyšetřením v různých časových obdobích. Čas je udáván v jednotkách měsíců a hodnota cylindru v dioptriích. Předoperační vyšetření je vyjádřeno jako nulový časový odstup od operace, jedná se o měření provedené v den operace. Tato data jsem zpracovala do **Graf 1**.



Graf 1: Hodnoty cylindru v závislosti na čase

Průměrná hodnota předoperačního cylindru byla $-2,10 \pm 1,25$ dioptrií. Při prvním vyšetření po operaci byla hodnota cylindru snížena průměrně na $-1,10 \pm 0,74$ dioptrií. Průměr hodnot naměřených při druhé kontrole po operaci je $-0,90 \pm 0,61$ dioptrií. První vyšetření tedy ukázalo průměrné snížení cylindru o 1 dioptrie. Z dlouhodobého hlediska došlo ke snížení hodnoty cylindru průměrně o 1,20 dioptrie (viz. **Graf 2**).



Graf 2: Průměrné hodnoty cylindru a směrodatná odchylka

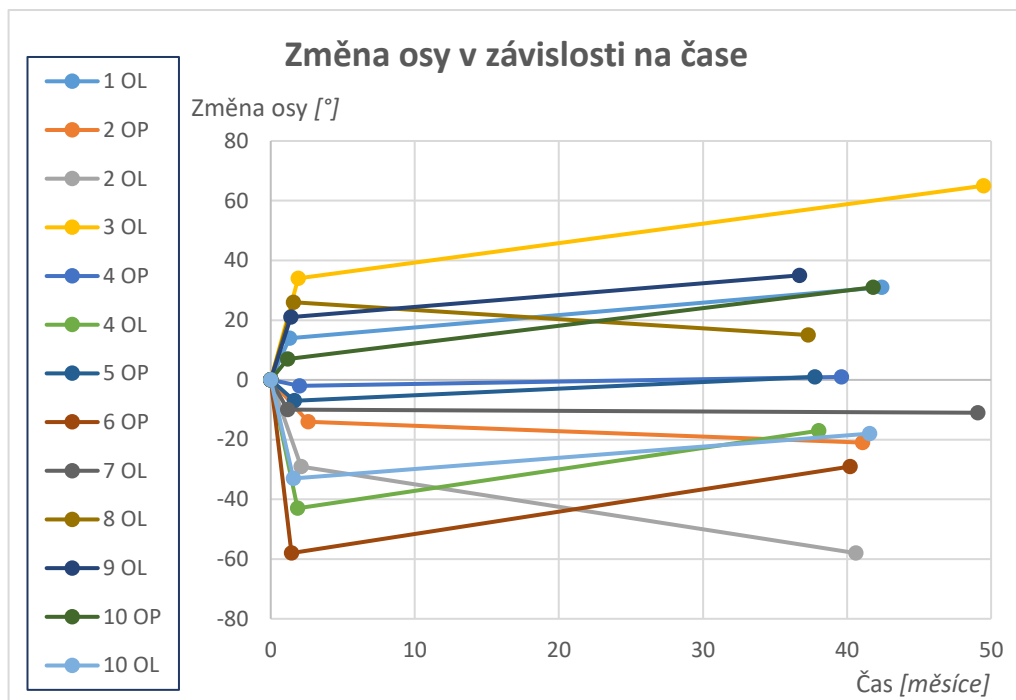
10.2 Změna osy cylindru

Následně byla porovnána změna osy v průběhu provedených třech měření na keratometru. V **Tabulka 4** jsou opět vypsáni pacienti. Pro každého z nich je v určitém čase, který je vyjádřen počtem měsíců, vypsána hodnota změny osy cylindru ve stupních oproti ose před operací. Záporné hodnoty vyjadřují změnu osy v proti směru hodinových ručiček a kladné hodnoty vyjadřují změnu po směru.

Tabulka 4: Změna osy cylindru

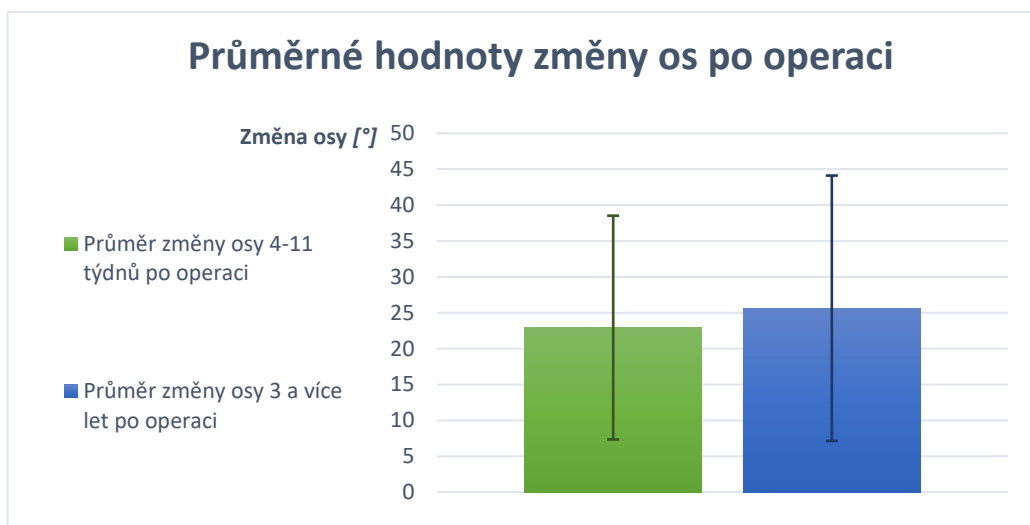
1 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,3	42,4
	změna osy [°]	0	14	31
2 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	2,6	41,1
	změna osy [°]	0	-14	-21
2 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	2,1	40,6
	změna osy [°]	0	-29	-58
3 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,9	49,5
	změna osy [°]	0	34	65
4 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	2,0	39,6
	změna osy [°]	0	-2	1
4 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,9	38,0
	změna osy [°]	0	-43	-17
5 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,6	37,8
	změna osy [°]	0	-7	1
6 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,4	40,2
	změna osy [°]	0	-58	-29
7 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,2	49,1
	změna osy [°]	0	-10	-11
8 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,6	37,3
	změna osy [°]	0	26	15
9 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,4	36,7
	změna osy [°]	0	21	35
10 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,2	41,8
	změna osy [°]	0	7	31
10 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,6	41,6
	změna osy [°]	0	-33	-18

Hodnoty z **Tabulka 4** jsem zpracovala do **Graf 3**, kde jsou u každého oka tři body vyjadřující tři vyšetření, která jsou spojena linií. První vyšetření je u všech pacientů vyjádřeno bodem (0,0), protože vyjadřuje výchozí osu cylindru naměřenou před operací.



Graf 3: Změna osy cylindru v závislosti na čase

Průměrně se osa cylindru při prvním vyšetření od operace změnila o $22,9 \pm 15,6$ stupňů. Hodnota průměrné změny osy cylindru při druhém vyšetření po operaci byla $25,6 \pm 18,5$ stupňů. Průměrné hodnoty naměřených změn os a jejich směrodatné odchylky lze vyčíst z **Graf 4**.



Graf 4: Průměrné změny os po operaci

11 Diskuze

Pro stanovení dlouhodobé účinnosti limbálních relaxačních incizí byl vybrán soubor deseti pacientů (13 očí), u kterých byla provedena keratometrická měření před operací, s odstupem 4-11 týdnů od operace a v období 3 a více let od operace. U všech těchto pacientů byly limbální relaxační incize součástí operace katarakty. Dále byly zpracovány naměřené hodnoty a porovnány hodnoty cylindru a změny os cylindru.

Průměrná hodnota rohovkového astigmatismu před operací u zmíněného souboru pacientů je $-2,10 \pm 1,25$ dioptrií. Operace vedla ke snížení průměrné hodnoty astigmatismu v období 4-11 týdnu po operaci na $-1,10 \pm 0,74$ dioptrií a s odstupem 3 a více let průměrně ke snížení na $-0,90 \pm 0,61$ dioptrií. Z dlouhodobého hlediska lze tedy říci, že hodnota astigmatismu byla vlivem operace snížena.

V některých případech pacientů, konkrétně u levého oka pacienta číslo 4, došlo při druhé kontrole k návratu hodnoty cylindru v plné výši jako byl změřen před operací, tedy nenastal žádný pokles hodnoty. Jednalo se o ženu věku 54 let s předoperační hodnotou - 2,00 dioptrie cylindru. Z výsledků předchozích studií však takováto hodnota cylindru nepředstavuje problém, tedy přisuzují důvod neúčinnosti operace k nízkému věku pacientky. [27]

Oproti tomu pacient číslo 6 měl před operací hodnotu cylindru -6,00 a po třech letech od operace byla hodnota snížena na -1,75 dioptrií. Což opět neodpovídá předešlým studiím, které předpokládají nepředvídatelný průběh účinnosti operace z dlouhodobého hlediska. [27]

Při hodnocení změny osy cylindru před a po operaci bylo zjištěno, že při prvním vyšetření po operaci se osa cylindru změnila průměrně o $22,9 \pm 15,6$ stupňů a při druhém vyšetření o $25,6 \pm 18,5$ stupňů. Z dlouhodobého hlediska došlo k lehkému posunu osy cylindru

K velkým změnám osy astigmatismu mohlo vést manuální značení a použití jednorázových nožů, u kterých je velké riziko nerovnoměrné hloubky řezu. Zlepšení by mělo přinést použití navigačních systémů a standardní používání diamantových nožů.

Ovšem vzhledem k malému souboru pacientů, není možné pokládat tyto výsledky za zcela relevantní. Pro přesnější výsledky by bylo třeba pracovat s rozsáhlejším souborem pacientů.

V průběhu tří let dochází většinou k prohloubení účinku limbálních relaxačních incizí. Překvapivá je velká změna osy cylindru v časném období, která se z dlouhodobého hlediska nezlepšuje. Řešením by mělo být používání navigačních systémů a diamantových nožů při operaci.

12 Závěr

Cílem práce bylo uvést v teoretické části možnosti korekce astigmatismu při operaci katarakty, srovnat tyto metody z hlediska účinnosti a v experimentální části se zaměřit hlavně na metodu limbálních relaxačních incizí a jejich účinnost z dlouhodobého hlediska. Astigmatismus při operaci katarakty lze řešit torickou nitrooční čočkou, excimerovým laserem změnit tvar zakřivení rohovky nebo pomocí rohovkových incizí, případně metodou limbálních relaxačních incizí.

Limbální relaxační incize je metodou účinnější v případě astigmatismu podle pravidla. Její metodika spočívá v určité délce a umístění řezu v okolí limbu. Stanovení těchto parametrů lze získat pomocí online LRI kalkulátoru, který operátorovi přesně určí parametry a množství potřebných řezů.

Stanovená hypotéza, že z dlouhodobého hlediska jsou limbální relaxační incize úspěšným řešením astigmatismu, se potvrdila. Průměrně došlo při časném vyšetření ke snížení hodnoty cylindru o 1,00 dioptrií a při vyšetření s odstupem o snížení až 1,20 dioptrie. Osa cylindru se průměrně změnila o 22,9 stupňů při prvním vyšetření a při druhém vyšetření o 25,6 stupňů.

S odstupem tří let od operace dochází k prohloubení účinnosti limbálních relaxačních incizí. Změna osy pozorovaná na tomto souboru pacientů byla pravděpodobně způsobena užitím jednorázových nožů při operaci nebo absenci využití navigačního systému pro přesné označení řezů.

Práce byla omezena nemožností zvát pacienty na vyšetření v době koronavirové krize. Bylo by proto vhodné rozšířit soubor pacientů a zhodnotit aktuální výsledky včetně vyšetření na Pentacamu. Dále by bylo možné porovnat pacienty, u kterých bylo použito manuální značení a značení pomocí navigačních přístrojů a rozdíly mezi jednorázovými a diamantovými noži.

Seznam použité literatury

[1] ROZSÍVAL, Pavel. *Trendy soudobé oftalmologie. Svazek 10*. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-305-0.

[2] KUČHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 9788024750798.

[3] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 9788023989069.

[4] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, c2006. ISBN 8072624040.

[5] SAVINI, Giacomo, Kenneth J. HOFFER a Pietro DUCOLI. A New Slant on Toric Intraocular Lens Power Calculation. *Journal of Refractive Surgery* [online]. 2013, **29**(5), 348-354 [cit. 2020-01-12]. DOI: 10.3928/1081597X-20130415-06. ISSN 1081-597X. Dostupné z: <http://www.healio.com/doiresolver?doi=10.3928/1081597X-20130415-06>

[6] VISSER, Nienke, Noël J.C. BAUER a Rudy M.M.A. NUIJTS. Toric intraocular lenses: Historical overview, patient selection, IOL calculation, surgical techniques, clinical outcomes, and complications. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [online]. 2013, **39**(4), 624-637 [cit. 2020-01-12]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.02.020. ISSN 08863350. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335013001910>

[7] ROACH, Linda. Toric IOLs: Four Options for Addressing Residual Atigmatism. *EyeNet Magazine* [online]. Duben 2012 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://www.aao.org/eyenet/article/toric-iols-four-options-addressing-residual-astig>

[8] HLOŽÁNEK, Martin a Blanka BRŮNOVÁ. *Přístrojová technika v oftalmologii*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, 2006. ISBN 80-902160-9-9.

[9] ROZSÍVAL, Pavel. *Trendy soudobé oftalmologie. Svazek 7*. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-691-5.

[10] ROBERTS, Harry W., Vijay K. WAGH, Daniel L. SULLIVAN, Timothy J. ARCHER a David P.S. O'BRART. Refractive outcomes after limbal relaxing incisions or femtosecond laser arcuate keratotomy to manage corneal astigmatism at the time of cataract surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [online]. 2018, **44**(8), 955-963 [cit. 2020-01-12]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2018.05.027. ISSN 08863350. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S088633501830511X>

[11] KENT, Christopher. Toric IOLs: Nailing The Alignment. REVIEW of Ophthalmology [online]. 22. Ledna 2013 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/toric-iols-nailing-the-alignment>

[12] KENT, Christopher, 2014. Toric IOLs: More Options, More Patients. In: Review of Ophthalmology [online]. Newtown Square, Pennsylvania [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/toric-iols-more-options-more-patients>

[13] HENDERSON, Bonnie An a James P. GILLS. *A complete surgical guide for correcting astigmatism: an ophthalmic manifesto*. 2nd ed. Thorofare, NJ: SLACK, c2011. ISBN isbn978-1556429354.

[14] HEŘMANOVÁ, Denisa. Porovnání metod výpočtu torické nitrooční čočky a zjištění její pooperační stability. Kladno, 2018. Bakalářská práce. ČVUT, Fakulta biomedicínského inženýrství, Obor: Optika a optometrie. Vedoucí práce: MuDr. Jiří Cendelín, CSc.

[15] ALPINS, Noel, Graham D. BARRETT, Mark S. HANSEN, John P. BERDAHL, David R. HARDTEN a Jack T. HOLLADAY. Innovative Toric IOL Calculators and How to Use Them: Surgeons describe tools they have created to improve toric IOL calculations and to fix refractive surprises. CRSTEurope [online]. květen 2015 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://crstodayeurope.com/articles/2015-may/innovativetoric-iol-calculators-and-how-to-use-them/>

[16] ASSORT Toric IOL Calculator. ASSORT [online]. [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <http://assort.com/assort-toric-iol-calculator>

[17] Barrett Toric Calculator. ASCRS: American Society of Cataract and Refractive Surgery [online]. [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <http://www.ascrs.org/barrett-toriccalculator>

[18] ONLINE ALCON KALKULÁTOR PRO TORICKÉ NITROOČNÍ ČOČKY. MYALCON [online]. [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://www.myalcontoriccalc.com/#/calculator>

[19] BRENNAN, Kristine, Senior Associate Editor. Planning for the Best outcomes. REVIEW of Ophthalmology [online]. 10. Května 2018. Dostupné z: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/planning-for-the-best-outcomes>

[20] ROZSÍVAL, Pavel. *Trendy soudobé oftalmologie. Svazek 5*. Praha: Galén, 2008. ISBN 978-80-7262-534-5.

[21] CENDELÍN, J. Rohovkové incize. Praha. 2014. [prezentace na Kataraktové škole ČSRKCH]

[22] KESSEL, Line, Jens ANDRESEN, Britta TENDAL, Ditte ERNGAARD, Per FLESNER a Jesper HJORTDAL. Toric Intraocular Lenses in the Correction of Astigmatism During Cataract Surgery. *Ophthalmology* [online]. 2016, **123**(2), 275-286 [cit. 2020-05-26]. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.10.002. ISSN 01616420. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0161642015011483>

[23] CENDELÍN, J. Korekce astigmatismu. Praha. 2017. [prezentace na Kataraktové škole ČSRKCH]

[24] CHANG, David F. *Mastering refractive IOLs: the art and science*. Thorofare, NJ: SLACK, c2008. ISBN 9781556428593.

[25] KOHNEN, Thomas a Douglas D. KOCH. *Cataract and refractive surgery*. New York: Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2004. ISBN 3540200460.

[26] GOGGIN, Michael: Astigmatism: Optics, Physiology and Management, BoD – Books on Demand, 2012. ISBN 978-953-51-0230-4

[27] LIM, Rongxuan, Edmondo BORASIO a Luca ILARI. Long-term stability of keratometric astigmatism after limbal relaxing incisions. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [online]. 2014, **40**(10), 1676-1681 [cit. 2020-05-18]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.01.045. ISSN 0886-3350. Dostupné z: <http://journals.lww.com/10.1016/j.jcrs.2014.01.045>

[28] ROZSÍVAL, Pavel. *Trendy soudobé oftalmologie. Svazek 8*. Praha: Galén, 2012. ISBN 978-80-7262-818-6.

[29] MAMALIS, Nick. Management of astigmatism during cataract surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [online]. 2019, **45**(5), 537-538 [cit. 2020-05-25]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2019.03.022. ISSN 0886-3350. Dostupné z: <http://journals.lww.com/02158034-201905000-00001>

[30] VERION: Image Guided System. My Alcon: Resources for Eye Care and Health Care Professionals [online]. [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://www.myalcon.com/products/surgical/verion-guided-system/>

- [31] CALLISTO eye: Computer assisted cataract surgery. ZEISS [online]. [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://www.zeiss.com/meditec/int/products/ophthalmologyoptometry/cataract/visualization/computer-assisted-cataract-surgery/callistoeye.html#highlights>
- [32] LAKE, Jonathan C, Gustavo VICTOR, Gerry CLARE, Gustavo JM PORFÍRIO, Ashleigh KERNOHAN a Jennifer R EVANS. Toric intraocular lens versus limbal relaxing incisions for corneal astigmatism after phacoemulsification. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. [cit. 2020-05-27]. DOI: 10.1002/14651858.CD012801.pub2. ISSN 14651858. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD012801.pub2>
- [33] TITIYAL, Jeewan S., Mukesh KHATIK, Namrata SHARMA, et al. Toric intraocular lens implantation versus astigmatic keratotomy to correct astigmatism during phacoemulsification. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [online]. 2014, **40**(5), 741-747 [cit. 2020-05-26]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.10.036. ISSN 0886-3350. Dostupné z: <http://journals.lww.com/10.1016/j.jcrs.2013.10.036>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Staar plate-haptic torická nitrooční čočka [12].....	8
Obrázek 2: Acrysof loop-haptic torická nitrooční čočka [12].....	9
Obrázek 3: Assort kalkulátor[14]	11
Obrázek 4: Radiální keratotomie[21]	14
Obrázek 5 : LRI Calculator[23]	16
Obrázek 6: Jednorázový nůž[23].....	17
Obrázek 7: Fixační prstenec se stupnicí [23]	19
Obrázek 8: Topografická mapa z Pentacamu před operací [23].....	28
Obrázek 9: LRI Calculator online [23]	28
Obrázek 10: Řez jednorázovým nožem[23]	29
Obrázek 11: Pooperační vyšetření na Pentacamu [23]	29

Seznam Tabulek

Tabulka 1: NAPA nomogram[23]	18
Tabulka 2: Soubor pacientů a hodnota cylindru před operací	27
Tabulka 3: Změna hodnoty cylindru.....	31
Tabulka 4: Změna osy cylindru	33

Seznam Grafů

Graf 1: Hodnoty cylindru v závislosti na čase	32
Graf 2: Průměrné hodnoty cylindru a směrodatná odchylka.....	32
Graf 3: Změna osy cylindru v závislosti na čase.....	34
Graf 4: Průměrné změny os po operaci	34