

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ  
PRÁCE**

**2021**

**TEREZA  
ŠEFERNOVÁ**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra přírodovědných oborů**

## **Analýza intraokulární korekce astigmatismu**

## **Analysis of Intraocular Correction of Astigmatism**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

**Autor bakalářské práce: Tereza Šefernová, DiS.**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Fůs

Konzultant bakalářské práce: Doc. MUDr. Šárka Pitrová, CSc., FEBO



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šefernová** Jméno: **Tereza** Osobní číslo: **483395**  
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:

**Analýza intraokulární korekce astigmatismu**

Název bakalářské práce anglicky:

**Analysis of Intraocular Correction of Astigmatism**

Pokyny pro vypracování:

V chirurgii katarakty nalézáme několik způsobů kalkulace optimálních parametrů torické intraokulární čočky korigující rohovkový astigmatismus. Pro optimalizaci výpočtů je nezbytná přesná analýza pooperační reziduální refrakce a případná identifikace příčiny jejího vzniku. Cílem bakalářské práce je analyzovat pooperační data pacientů za využití parametrů a metodiky vektorové analýzy dle Alpinse. Analyzovaná data budou hodnocena v kontextu s výsledky alternativních studií.

Seznam doporučené literatury:

- [1] BENJAMIN, W. J., BORISH, I. M., Borish's Clinical Refraction, ed. 2, Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2006, 1255 s., ISBN 978-0-7506-7524-6
- [2] KASCHKE, M., DONNERHACKE, K.-H., RILL, M. S., Optical Devices in Ophthalmology and Optometry: Technology, Design Principles and Clinical Applications, ed. 1, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2014, 638 s., ISBN 978-3-527-41068-2
- [3] ALPINS, N., Practical Astigmatism: Planning and Analysis. , ed. 1, Thorofare, NJ: SLACK Incorporated, 2018, ISBN 978-1617119958
- [4] HEISSIGEROVÁ, J., Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu, ed. 1, Praha: Maxdorf, 2018, Jessenius, ISBN 978-80-7345-580-4

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Martin Fůs**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

**doc. MUDr. Šárka Pitrová, CSc.**

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **18.09.2022**

  
prof. RNDr. MUDr. Petr Maršálek, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) katedry

  
prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA  
podpis děkana(ky)

**Název projektu:** Analýza intraokulární korekce astigmatismu

**Abstrakt:**

Bakalářská práce se zabývá problematikou astigmatismu a jeho korekce pomocí torických intraokulárních čoček během chirurgie katarakty. Z dat 63 očí, která zahrnují předoperační a následnou pooperační biometrii, keratometrii a vizus jsme analyzovali přesnost plánované korekce astigmatismu. K analýze jsme využili Alpíns metodu. Na základě výsledků, které jsme získaly z dat pozorovaných pacientů můžeme říct, že plánování operace i samotný zákrok jsou velice přesné, neboť většina pacientů po operaci již nemá téměř žádnou zbytkovou refrakci a nejčastější odchylkou mezi plánovanou a výslednou pooperační refrakcí je 0,25 D.

**Klíčová slova:**

IOL, katarakta, korekce astigmatismu, Alpíns metoda

**Project's Thesis title:** Analysis of Intraocular Correction of Astigmatism

**Abstract:**

This bachelor thesis deals with the issue of astigmatism and its correction using toric intraocular lenses during cataract surgery. From the data comprising 63 eyes, which include preoperative and subsequent postoperative biometrics, keratometry and visual acuity, it was analysed the accuracy of the planned correction of astigmatism. For analysis it was used the Alpíns method. Based on the results obtained from the data of observed patients, it can be said that the planning of the operation and the procedure itself are very accurate, as most patients have almost no residual refraction after surgery and the most common deviation between planned and final postoperative refraction is 0.25 D.

**Key words:**

IOL, cataract, correction of astigmatism, Alpíns method

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala především Ing. Martinu Fůsovi za vedení mé bakalářské práce a ochotu mi kdykoli pomoci.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Analýza intraokulární korekce astigmatismu*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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 .....

.....

podpis

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| 1. Úvod .....  | 8  |
| 2. Astigmatismus .....   | 9  |
| 2.1. Objektivní metody stanovení astigmatismu .....  | 11 |
| 2.2. Subjektivní vyšetřovací metody stanovení astigmatismu a metody korekce astigmatismu ..... | 14 |
| 3. Katarakta – chirurgie a korekce astigmatismu .....  | 18 |
| 3.1. Chirurgie katarakty .....   | 21 |
| 3.2. Biometrie oka a metody kalkulace IOL.....   | 21 |
| 3.3. Korekce astigmatismu v průběhu operace katarakty .....                                    | 22 |
| 3.4. Torické intraokulární čočky .....   | 23 |
| 4. Pooperační hodnocení korekce astigmatismu.....  | 25 |
| 5. Experimentální část .....   | 27 |
| 5.1. Metodika.....   | 27 |
| 5.2. Výsledky.....   | 31 |
| 5.2. Diskuse .....   | 35 |
| Závěr.....   | 37 |
| Seznam použité literatury .....  | 38 |
| Seznam symbolů a zkratek .....   | 42 |
| Seznam obrázků.....  | 43 |
| Seznam tabulek.....  | 44 |

# 1. Úvod

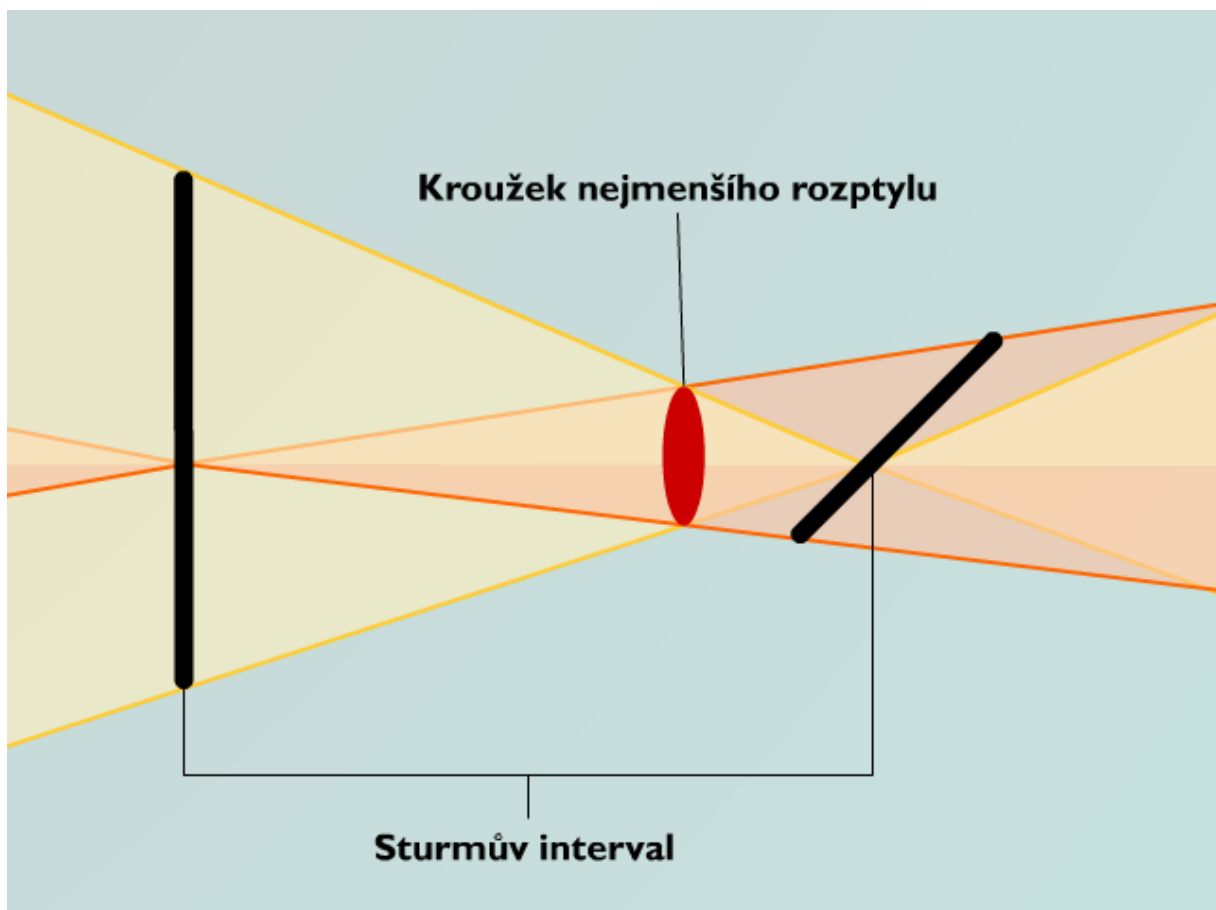
Tématem bakalářské práce je analýza intraokulární korekce astigmatismu. Pro tento záměr bylo využito před i pooperačních dat pacientů, kteří podstoupili operaci katarakty se současnou korekcí astigmatismu torickou intraokulární čočkou. V rámci chirurgie katarakty je implantace torické nitrooční čočky nejefektivnějším řešením korekce astigmatismu. Precisní úhlové polohy čočky v ose korekce cylindru lze docílit za využití navigačního systému.

Cílem práce je analýza pooperačních dat pacientů, kteří podstoupili výše zmíněnou variantu chirurgického zákroku. Teoretická část je uvedena přehledem o samotném astigmatismu, jeho objektivních i subjektivních metodách vyšetření a možnostech korekce. Druhá kapitola je věnována kataraktě, jejím typům a chirurgii se zaměřením na korekci astigmatismu. Dále je text věnován biometrii oka i metodám kalkulace intraokulárních čoček a možným způsobům korekce astigmatismu během operace katarakty, včetně vybraných modelů torických intraokulárních čoček. Poslední kapitola teoretické části pojednává o možnostech zhodnocení pooperačního stavu korekce astigmatismu. Praktická část je věnována hodnocení pooperačního stavu pacientů a využití metodiky vektorové pooperační analýzy astigmatismu podle Alpinse. Hodnocení a výsledek analýzy je diskutován v rámci komparace s alternativními studiiemi.



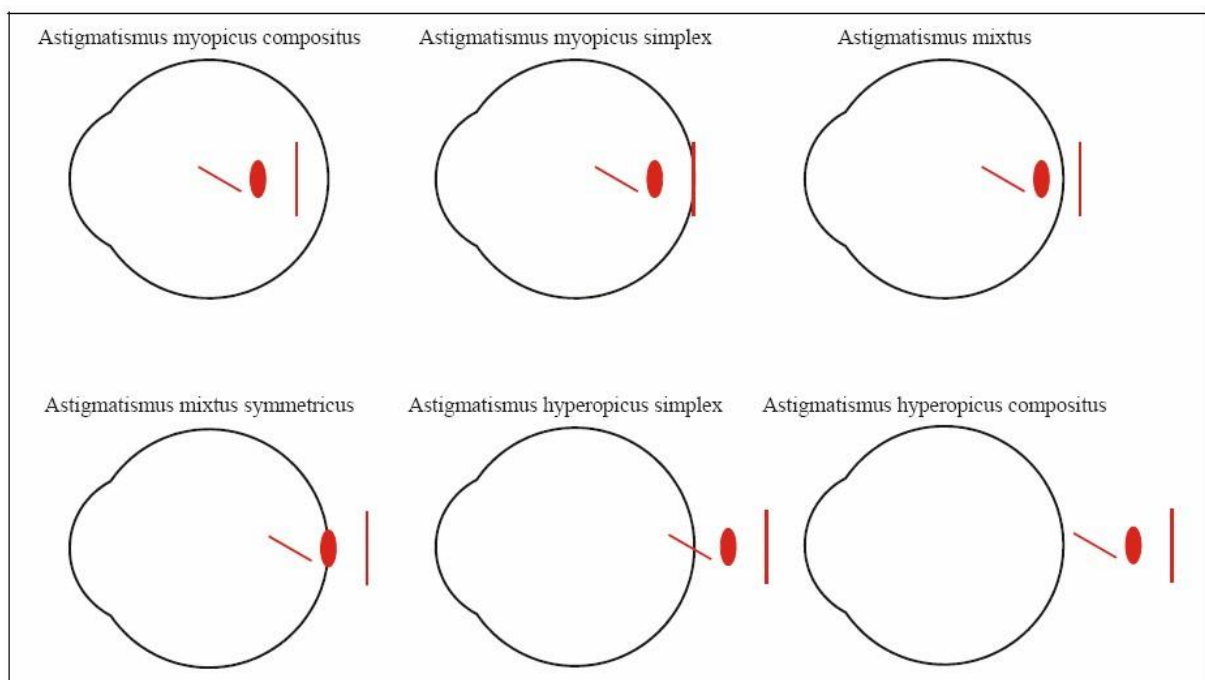
## 2. Astigmatismus

Astigmatismus řadíme spolu s myopií a hypermetropií mezi refrakční vady. Astigmatické oko má rozdílnou lomivost v různých meridiánech. Dělíme ho na pravidelný, u kterého lze na rohovce identifikovat dva hlavní řezy, a tudíž ho korigovat, a na nepravidelný, který téměř korigovat nelze. Pravidelný dále můžeme rozdělit na pravidelný podle pravidla, u něhož je více lámavý směr kolem osy  $90^\circ$  a na pravidelný proti pravidlu, kde je nejvíce lámavá osa okolo  $180^\circ$ . Při průchodu sférocyklindrickým optickým systémem není dosaženo jediného bodu zaostření. Astigmatismus můžeme také klasifikovat podle polohy fokál. Po průchodu paprsku astigmatickým okem se bod nezobrazí jako bod, ale jako dvě fokály. Prostor mezi nimi se nazývá Sturmův interval (obrázek 1), v něm je takzvaný kroužek nejmenšího rozptylu.



Obrázek 1: Sturmův interval. [1]

Pokud se jedno ohnisko pozorovaného předmětu nachází na sítnici a druhé za sítnicí, jedná se o astigmatismus jednoduchý hypermetropický (astigmatismus hypermetropicus simplex), v případě že je jedno ohnisko na sítnici a druhé před sítnicí, jedná se o astigmatismus jednoduchý myopický (astigmatismus myopicus simplex). Pokud jsou obě fokály za sítnicí, označujeme tento stav jako astigmatismus složený hypermetropický (astigmatismus hypermetropicus compositus). Pokud jsou obě fokály před sítnicí, označujeme tento stav jako astigmatismus složený myopický (astigmatismus myopicus compositus). U oka, kde leží jedna fokála před sítnicí a druhá za sítnicí, hovoříme o astigmatismu smíšeném (astigmatismus mixtus). Výše uvedené varianty prezentuje obrázek 2.



Obrázek 2: Polohy fokál u astigmatického oka. [2]

Dále dělíme astigmatismus na přirozený, který se vyskytuje přibližně u 95 % populace a astigmatismus navozený chirurgicky. Lidí s přirozeným astigmatismem vyšším než 1 D je 10-20 %, u 3-10 % nalézáme hodnoty nad 2 D. Nekorigovaný astigmatismus se projevuje jako neostře vidění zpravidla na všechny vzdálenosti, může způsobovat astenopické potíže, únavu, bolesti hlavy. Může být také zhoršené vnímání prostoru. [3, 4, 5, 6, 7]

## 2.1. Objektívni metody stanovení astigmatismu

Objektívni stanovení refrakčního stavu oka nevyžaduje interakce ze strany pacienta, nebere však v potaz neurologické zpracování obrazu. Obvykle jej využíváme před stanovením subjektivní refrakce a u pacientů, kde není možná jejich aktivní spoluúčast na subjektivním vyšetření, zejména u dětí. Pro zjištění objektívni refrakce můžeme využít několika přístrojů.

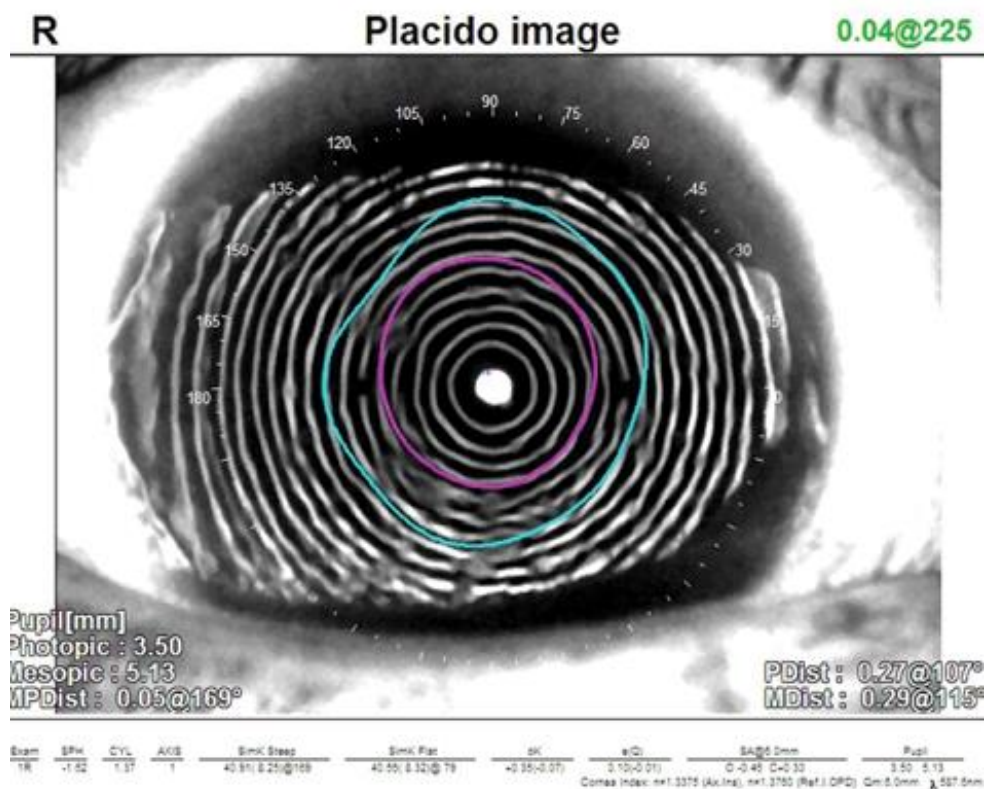
Prvním příkladem je autorefraktometr, který analyzuje oko jako celek. Skládá se z osvětlovací a detekční části. Osvětlovací paprsek o vlnové délce 800-950 nm proniká zornicí skrz oko a od fundu se odráží a opouští oko, principem je tedy detekce a analýza odraženého paprsku. Během vyšetření se pacient dívá do přístroje na obrázek v dálce, je důležité, aby byl pacientův pohled uvolněný, a tím co nejméně akomodoval. Autorefraktometry se vzájemně liší podle toho, na jakém principu pracují. Mezi nejvyužívanější patří: Best Focus, Scheinerova (koincidenční), Ray-deflection, Retinoscopy a Knife edge metoda.

Aberometrie nám umožňuje stanovit aberace optického systému oka. Pro účely korekce refrakčních vad použitím korekčních pomůcek využíváme zejména znalosti aberací nižšího řádu (defokusace, astigmatismus). Znalost aberací vyšších řádů optického systému využíváme zejména v rámci refrakční chirurgie. Moderní systémy jsme schopni odlišit refrakční i astigmatickou složku rohovky a vlastní čočky.

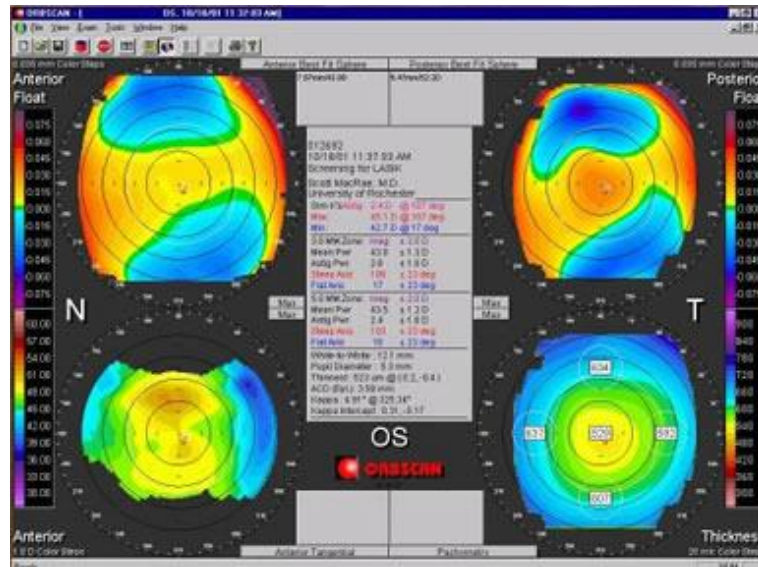
Přístroj, který měří centrální zakřivení rohovky se nazývá keratometr, měří nejstrmější a nejplošší meridián. Principem je využití rohovky jako konvexního zrcadla, na které jsou promítány testovací značky. Keratometry jsou využívány zejména před aplikací kontaktních čoček a pro diagnostiku před operací katarakty. Centrální rohovkové zakřivení je jedním z nejdůležitějších parametrů pro kalkulaci IOL, neboť rohovka se nejvíce podílí na celkové refrakci oka.

V případech, kde nám nestačí vyšetřit pouze centrální část rohovky, ale potřebujeme znát oblast většího průměru, využíváme metody rohovkové topografie. Topografy nám dávají informace o celém povrchu rohovky, na rozdíl od keratometrů umožňují identifikovat nepravidelný astigmatismus a keratokonus. Proto nachází topografie využití v rámci rohovkové refrakční chirurgie a při aplikaci tvrdých kontaktních čoček. Moderními topografy zobrazujeme i zadní plochu rohovky a lze tak vytvořit 3D model. Rozložení optické mohutnosti a pachymetrie je prezentováno formou barevných map. Mezi metody topografie rohovky řadíme Placidovy kruhy (obrázek 3), Slit-scanning, Scheimpflugovu kameru. Placidovy kruhy jsou soustředné

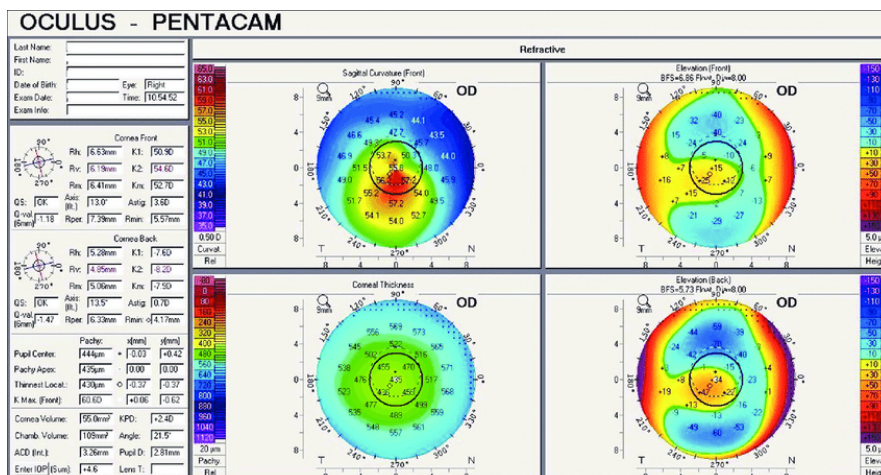
kružnice promítané na přední plochu rohovky, část světla dopadajícího na rohovku se odráží od rozhraní slzného filmu a vzduchu, tento odražený obraz dává informaci o tvaru přední plochy rohovky. Slit-scanning je metoda, při níž se skenují rychle promítané štěrbinové paprsky světla, kamera tyto paprsky, které se odráží zachytává a následně nám podává informaci nejen o přední, ale také o zadní ploše rohovky. Na tomto principu pracuje například Orbscan (obrázek 4). Scheimpflug imaging je rotující kamera, která zachycuje rohovkové průřezy osvětlované štěrbinovými paprsky z různých úhlů a vytváří 3 D mapu rohovky. Tohoto principu využívá Pentacam (obrázek 5 a 6). Výsledný obraz z Pentacamu zobrazuje příčný řez rohovkou, přední komorou, duhovkou a čočkou. [8, 9, 10, 11]



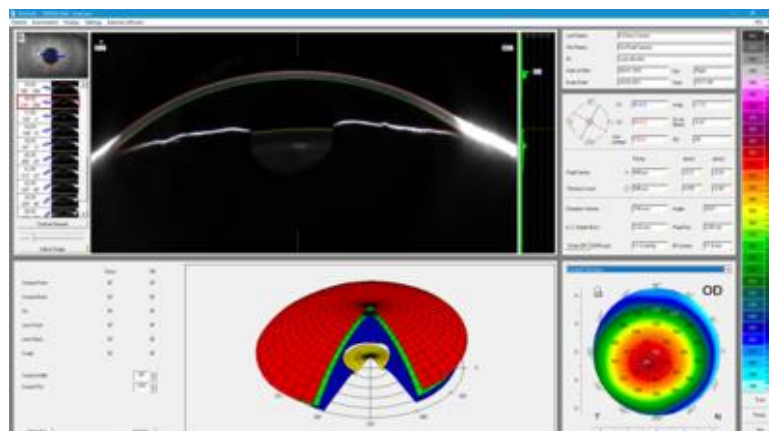
Obrázek 3: Placidovy kruhy promítané na rohovku. [12]



Obrázek 4: Zobrazení rohovky z Orbscan. [13]



Obrázek 5: Zobrazení rohovky z Pentacamu. [14]



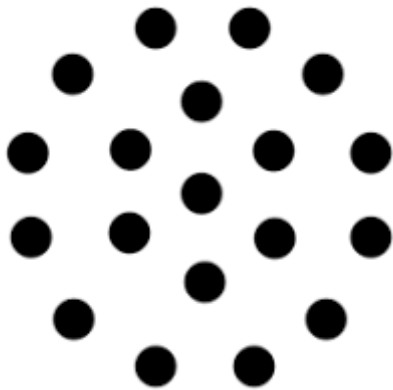
Obrázek 6: Zobrazení rohovky na Pentacamu. [15]

## 2.2. Subjektivní vyšetřovací metody stanovení astigmatismu a metody korekce astigmatismu

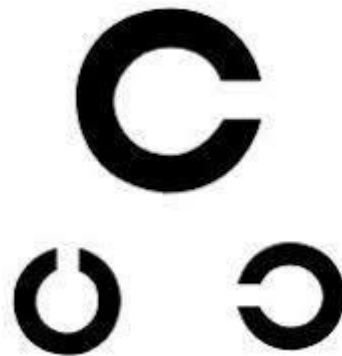
Subjektivní refrakce se skládá ze čtyř základních kroků: zjištění nejlepší sféry, stanovení osy i síly cylindru, a závěrečné kontroly sférické korekce. Během subjektivní refrakce, kdy korigujeme nejprve pomocí sférických čoček posouváme kroužek nejmenšího rozptylu na sítnici. Hodnota, při které je kruh rozostření na sítnici je první aproximací sférického ekvivalentu korekce. Astigmatismus vyšetřujeme až po stanovení nejlepší sférické hodnoty, tedy kdy je oko bez astigmatismu plně korigováno a u oka s astigmatismem leží kroužek nejmenšího rozptylu na sítnici. Zpravidla zjišťujeme nejprve hodnoty astigmatismu monokulárně a následně provedeme binokulární kontrolu. [6, 1, 16]

### *Vyšetření astigmatismu Jacksonovým zkříženým cylindrem*

K zjištění přesné osy a síly cylindru používáme Jacksonův zkřížený cylindr. Jedná se o dva plancylindry, se shodnou velikostí opačného znaménka, které jsou vzájemně kolmé. Minusová osa bývá zpravidla označena červenými značkami, plusová bílými. Pro testování využíváme bodový test, Landoltovy kruhy (obrázek 8) nebo jiný kulatý znak (obrázek 7).



Obrázek 7: Bodový test, upraveno dle. [17]



Obrázek 8: Landoltovy kruhy, upraveno dle. [18]

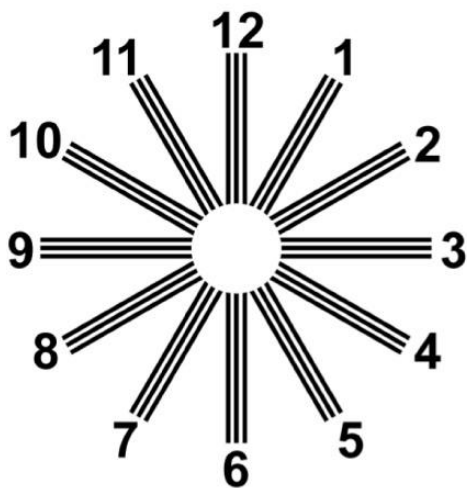
Jacksonův cylindr předsadíme před vyšetřované oko tak, aby minusová osa byla ve  $180^\circ$  a plusová v  $90^\circ$ , poté protočíme tak, aby plusová hodnota byla ve  $180^\circ$  a minusová v  $90^\circ$ .

Zeptáme se vyšetřovaného, jaká z obou variant je „lepší“. Následně dáme cylindr tak, aby byla minusová osa ve  $45^\circ$  a plusová ve  $135^\circ$ . Opět cylindr o  $180^\circ$  protočíme a zeptáme se, jaká ze dvou variant byla „lepší“. V případě, kdy klient ani u jedné z poloh neřekne, že by nějaká z variant byla lepší, astigmatismus není přítomen. Pokud však dokáže stanovit jaká ze dvou pozic se mu jeví jako lepší, ostřejší, předsadíme korekční cylindr. Nejčastěji se pro zjištění osy a síly cylindru využívají minusové cylindry, stejně tak pro korekci. Řídíme se tedy podle minusové osy. Osa výsledného korekčního cylindru se bude nacházet někde mezi hodnotami, u kterých klient řekl, že se jeví jako lepší. Přesnou osu zjistíme tak, že Jacksonův cylindr dáme do takové pozice, kdy se osa korekčního cylindru ve zkušební obrubě nachází mezi plusovou a minusovou osou. Cylindr opět protočíme a zeptáme se, jaká z pozic je lepší, korekční cylindr poté posouváme ve směru minusové osy. V momentě, kdy se klient nedokáže rozhodnout, či se mu obě varianty jeví jako stejné (stejně špatné), máme stanovenou přesnou osu a můžeme se věnovat síle cylindru. Tu zjistíme tak, že Jacksonův cylindr předložíme před korekční cylindr tak, aby lícovala minusová osa osou korekční, následně cylindr protočíme tak, že s korekční osou lícuje plusová osa. Pokud jsou obě varianty stejně ostré, černé, je tato hodnota korekčního cylindru výsledná. Pokud je obraz lepší s předsazenou minusovou osou, je třeba zvýšit hodnotu cylindru, pokud je obraz lepší s předsazenou plusovou osou, je třeba cylindr snížit (v případě že ve zkušební obrubě máme cylindr  $-0,25\text{ D}$  ho vyjmeme). Při každé změně cylindru nezapomeneme upravit sférickou hodnotu tak, abychom zachovávali stejný sférický ekvivalent.

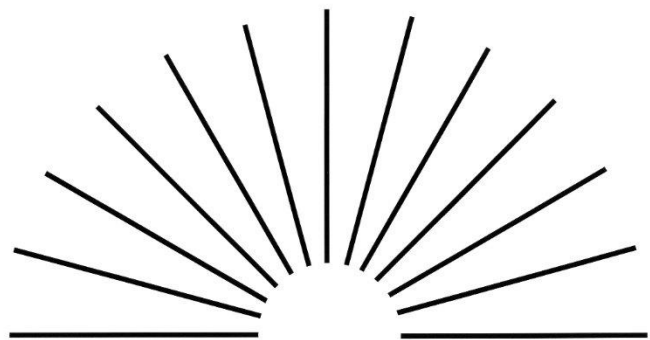
[16]

### *Zamlžovací metoda u vyšetření astigmatismu*

Zamlžovací metodu pro vyšetření astigmatismu zpravidla používáme u pacientů s vyššími hodnotami astigmatismu. Stejně jako u vyšetření Jacksonovým zkříženým cylindrem je třeba nejprve plná sférická korekce. Zkušebním optotypem je zde astigmatická růžice (obrázek 9) či astigmatický vějíř (obrázek 10).



Obrázek 9: Astigmatická růžice. [19]



Obrázek 10: Astigmatický vějíř. [20]

Klientovi předsadíme do zkušební obruby plusovou sférickou čočku tak, aby došlo k zamlžení a zhoršení visu o několik řádků. Poté ho vyzveme, aby identifikoval, jaká z čar na růžici či na vějíři je ostřejší, černější než ostatní. V kolmém směru na nejostřejší linii vložíme korekční cylindr. V případě že budou všechny čáry stejně ostré, našli jsme přesnou osu i sílu korekčního cylindru. Pokud bude stále výraznější původní osa, je třeba zvýšit hodnotu cylindru, pokud bude výraznější osa kolmá na původně nejostřejší linii, je síla cylindru příliš vysoká a je třeba ji snížit. Na konci vyjmeme čočky, kterými jsme zamlžovali. Po provedení zamlžovací metody je vhodné ještě velikost i osu zkontrolovat a jemně dokorigovat pomocí Jacksonova cylindru. [16]



**Transpozice sférocylindrického zápisu**

Hodnotu torické čočky, kterou se koriguje astigmatismus lze zapsat několika způsoby. Prvním z nich, se který se však nepotkáváme příliš často je zápis pomocí dvou plancylindrů.

příklad plan cylindrického zápisu:

$$(\text{plan}) -1,0 \quad \text{ax } 130^\circ$$

$$(\text{plan}) -1,5 \quad \text{ax } 40^\circ$$

Dalším, častěji používaným je sférocylindrický zápis, který zapisujeme jako hodnotu sférické dioptrie v kombinaci s hodnotou cylindru a jeho osy. Ve sférocylindrickém zápisu můžeme použít buď plusovou, nebo minusovou hodnotu cylindru, přičemž oba zápisy se dají mezi sebou přepočítávat a jsou ekvivalentní. Tuto změnu mezi plusovým a minusovým zápisem označujeme jako transpozici. Transpozici provádíme tak, že cylindrickou hodnotu přičteme k té sférické, změníme znaménko u cylindru a k jeho ose přičteme, případně odečteme  $90^\circ$ .

příklad:

- sférocylindrický zápis s minusovým cylindrem:

$$-1,0 \text{ D } -0,5 \text{ D ax } 40^\circ$$

$$-1,0 + (-0,5) = -1,5 \text{ (hodnota sférické dioptrie)}$$

$$-0,5 \rightarrow +0,5 \text{ (hodnota cylindru)}$$

$$40 + 90 = 130^\circ \text{ (osa cylindru)}$$

- výsledný sférocylindrický zápis s plusovým cylindrem:

$$-1,5 \text{ D } +0,5 \text{ D ax } 130^\circ$$

Cylindrické čočky mají dva hlavní řezy, které jsou vzájemně kolmé. První hlavní řez je v tomto případě  $-1,5 \text{ D}$  v ose  $130^\circ$ , druhý hlavní řez je  $-1,0 \text{ D}$  v ose  $40^\circ$ . Cylindr má hodnotu  $+0,5 \text{ D}$  a nachází se ve  $130^\circ$ , respektive jeho neúčinná osa. [16, 9]

### *Metody korekce astigmatismu*

Možnosti korekce astigmatismu, stejně jako sférických refrakčních vad zahrnují brýle, kontaktní čočky a chirurgické zákroky. Nejčastěji jsou ke korekci využívány dioptrická brýlová skla, která jsou přesná a rotačně stabilní. Astigmatismus korigujeme cylindrem, který má svou určitou velikost a osu. Hodnoty můžeme zapisovat buď v plusových nebo v minusových dioptriích. Oba zápisy lze mezi sebou přepočítávat. Pro předpis brýlové korekce lze využít obě tyto metody. Osa cylindru astigmatismu se nachází v rozmezí 0 - 180°. Kontaktní čočky využívané ke korekci astigmatismu mají oproti sférickým stabilizační mechanismy, aby kontaktní čočka na oku nerotovala, a neměnila tak osu cylindru. Ve srovnání s brýlovými čočkami nejsou v korekci tak přesné, neboť se sériově nevyrábí po 0,25 D, ale po 0,5 D. [6, 21]

## **3. Katarakta – chirurgie a korekce astigmatismu**

Katarakta, známá jako šedý zákal je označením pro jakékoli zakalení oční čočky. Čočka ztrácí svou transparentnost a vlivem zakalení dochází při průchodu světla k rozptylu. I když lze kataraktu operovat, je světově nejčastější příčinou slepoty. V současné chvíli není známo, jak předcházet a zabránit vzniku šedého zákalu, existují však určité rizikové faktory, které přispívají k jeho rozvoji. Jsou jimi například UV záření, kouření, Diabetes a alkohol, věk, pohlaví, rasa, podvýživa či obezita. [3, 22]

Šedý zákal, lze chirurgicky odstranit. K operaci katarakty jsou indikováni pacienti s výrazně zhoršenou zrakovou ostroší. U této indikace bereme v potaz individualitu klienta. Je třeba zohlednit rozdílné zrakové nároky a aktivity. U lidí, pro které zraková ostrost není příliš důležitá a nevěnují se žádným činnostem vyžadujícím kvalitní vidění, bude tudíž chirurgické odstranění zakalené čočky pravděpodobně indikováno později než u lidí, kteří například hodně čtou, řídí, či se aktivně věnují nějakému sportu. Při diagnostice katarakty je velmi důležité vyšetření pacienta na šterbinové lampě. U rohovky se soustředíme především na její stav endotelu, zejména s ohledem na Fuchsovu endotelovou dystrofii. Hodnocení přední komory provádíme pro posouzení komorového úhlu, a u pacientů, kterým má být implantována předněkomorová IOL je třeba provést gonioskopii. U duhovky pozorujeme hlavně dynamiku zornice případně přední synechie a vaskularizace. V neposlední řadě vyšetřujeme čočku, a to v mydriáze. U nukleární katarakty v časných stádiích na šterbinové lampě pozorujeme jádro čočky žluté barvy, později až hnědé. [3, 22]

V důsledku operace katarakty dochází ke změnám pacientovy refrakce. Jednak ztrácí schopnost akomodace, ale zejména při implantaci torických intraokulárních čoček (IOL) máme možnost zkorrigovat původní sférickou, ale také torickou refrakční vadu. Až u třetiny pacientů, kteří podstupují operaci katarakty je přítomen astigmatismus vyšší než 1 D, s hodnotou 1,5 D a větší se setkáváme u 26,2 % pacientů, 8-14,9 % mají astigmatismus 2 D a víc, na 3 D má 2,6-7,4 % pacientů. Zbytkové ametropie po operaci katarakty jsou dány zejména omezenými možnostmi výběru IOL. Dioptrické rozsahy korekčního cylindru torických intraokulárních čoček se liší dle výrobce. I toto je jednou z příčin zbytkového pooperačního astigmatismu. Rotace torických IOL se projeví v krátkém čase po operaci, k malým rotacím může docházet do týdne po operaci. [23, 24, 25, 26]

### ***Subjektivní potíže pacienta s kataraktou***

Mezi potíže, které může pacient s kataraktou pozorovat je snížení zrakové ostrosti, glare, snížení kontrastní citlivosti, myopizace a monokulární diplopie. Prvním příznakem počínajícího zakalení čočky bývá glare, které se projevuje při velmi silném osvětlení. Zhoršuje zrakovou ostrost i kontrastní citlivost vlivem rozptýlení světla při průchodu optickým prostředím. Ke snížení kontrastní citlivosti také dochází již v počátcích katarakty, a to ještě před tím, než dojde ke zhoršení visu. Myopizace a monokulární diplopie bývají příznakem především nukleární katarakty. K myopizaci dochází již v ranném stádiu, monokulární diplopie se vyskytuje v případech, kdy jsou postiženy vnitřní vrstvy jádra čočky. [3]

### ***Senilní katarakta***

V rámci fyziologického stárnutí organismu dochází v oční čočce k několika změnám – zvětšuje vlastní objem, zvyšuje se její hmotnost, postupně ztrácí svou elasticitu a vlivem změny konformace proteinů a krystalinů, na vysokomolekulární látky i transparentnost. Pokud tyto změny probíhají přirozeně, jedná se o senilní kataraktu, kterou lze kategorizovat na nukleární, kortikální, přední subkapsulární, zadní subkapsulární a kombinace všech zmíněných typů. Zákaly či opacity nevznikají v oční čočce pouze vlivem stárnutí organismu. Mohou se však objevit i u mladších jedinců, a to například z důvodu nějaké metabolické poruchy, úrazu, nitroočního zánětu nebo úrazu, nebo vlivem radiačního záření. [3]

### ***Nukleární katarakta***

Nukleární katarakta vzniká v závislosti na změnách spojených s přibývajícím věkem, jakými jsou zažloutnutí a tvrdnutí jádra oční čočky. Nukleární katarakta bývá zpravidla oboustranná a vyvíjí se pomalu. Postupně dochází k opacifikaci jádra. Můžeme ji pozorovat na šterbinové lampě u všech lidí nad 60 let. Často bývá spojena s myopizací, neboť narůstá lomivost jádra oční čočky. Díky myopizaci způsobené kataraktou se tak může stát, že i presbyop vidí dobře do blízka bez nutnosti adice. Dále dochází k nárůstu sférické aberace, poruchám vnímání barev, a to hlavně v oblasti modré složky. Pro lidi s nukleární kataraktou bývá také nepříjemná vysoká intenzita osvětlení. [3, 27]

### ***Kortikální katarakta***

Kortikální kataraktu můžeme identifikovat díky drobným vakuolám a trojúhelníkovým opacitám, které svým vrcholem míří do středu čočky.

Kortikální katarakta je způsobena poruchou iontové nerovnováhy, která má za následek hydrataci čočkových vláken. Zpravidla bývá oboustranná, ale často není stranově symetrická. Na šterbinové lampě pozorujeme kortikální kataraktu jako malé vakuoly lokalizované v předním či zadním kortexu, v dalším stádiu jako trojúhelníkové opacity. V závislosti na lokalizaci mohou tyto zákaly méně či více ovlivňovat zrakovou ostrost. Jako maturní neboli zralou ji označujeme, pokud dojde k opalescenci celého kortexu. Hypermaturní se stává, pokud jádro zkapalní a začne vytékat z pouzdra. [3]

### ***Zadní subkapsulární katarakta***

Zadní subkapsulární katarakta je lokalizována v zadní vrstvě kortexu oční čočky, často v oblasti optické osy. Pacienti se zadní subkapsulární kataraktou mívají problémy s viděním do blízka a s oslněním. Na rozdíl od kortikální a nukleární katarakty se častěji objevuje i u mladých lidí a mívá větší vliv na vidění. [3, 27]

### ***Přední subkapsulární katarakta***

U senilní katarakty je tento typ vzácný. Oční čočka u přední subkapsulární katarakty je zakalená těsně před pouzdrem. [3]

### 3.1. Chirurgie katarakty

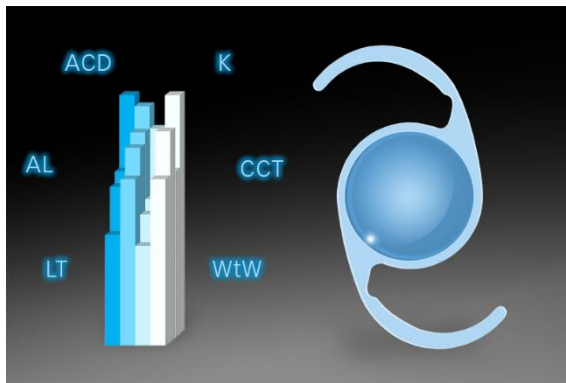
Existuje několik chirurgických metod, kterými lze operovat kataraktu. Historicky prováděnou technikou je intraokulární extrakce. Během zákroku dochází k odstranění celé oční čočky včetně intaktního pouzdra a oko zůstává afakické. Aktuální využívanou technikou je fakoemulzifikace, během které se ultrazvukem rozbije hmota oční čočky, která je následně odsáta. Do ponechaného čočkového pouzdra se následně vloží umělá nitrooční čočka. Výhodou je velmi malý řez, díky kterému nedochází tak často k pooperačním komplikacím. Nejmodernější metodou operace katarakty je zákrok prováděný pomocí femtosekundového laseru, Femtosecond-laser cataract surgery (FLACS). Femtosekundový laser vlnové délky blízké infračervenému záření o délce 1053 nm a pulz, který trvá  $10^{-15}$  s. Pomocí femtosekundového laseru je operátor schopen udělat kapsulorexi, rohovkové incize i fragmentaci čočky, kterou musí následně fakoemulzifikovat. Princip je založen na fotodisrupci. FLACS je oproti manuální fakoemulzifikaci přesnější a může být šetrnější k vnitřním strukturám oka. [28, 29, 3]

### 3.2. Biometrie oka a metody kalkulace IOL

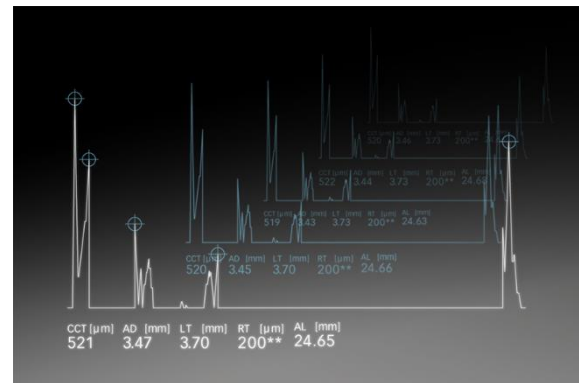
Pro dosažení požadovaného refrakčního výsledku po operaci je nezbytné precizní předoperační vyšetření, a to zejména axiální délky oka a keratometrie. Studie založené na předoperační a pooperační ultrazvukové A-scan biometrii ukazují, že 54 % předpokládané pooperační refrakce po implantaci IOL je dáno právě axiální délkou oka, je tedy parametrem, který se nejvíce podílí na refrakci oka po implantaci IOL. Optická mohutnost rohovky má, dle této studie, 8% vliv na zbytkovou refrakci. A zbylých 38 % přísluší hloubce pření komory. Přesná biometrie oka může zlepšit refrakční výsledek po operaci. [30]

Biometrické vyšetření provádíme ultrazvukem, a to kontaktně anebo za použití imerze, což je metoda přesnější. Modernější a nejběžnější možností bezkontaktního měření parametrů oka je optická biometrie, jako příklad byl zvolen biometr Lenstar LS900. Technologie kombinuje keratometrické měření ke zjištění zakřivení rohovky a metodu založenou na šterbinovém obraze k měření axiálních parametrů oka laserovou interferometrií. Mezi parametry, které jsou v rámci jediného měření získány patří: axiální délka oka, hloubka přední komory, tloušťka rohovky, tloušťka oční čočky, keratometrie (stanovení astigmatismu a jeho osy) a průměr limbu (WtW). Výsledkem vyšetření je průměrná hodnota keratometrie ze čtyř snímků a interferogram, ze kterého lze odečíst hodnoty A-scanu (obrázek 11 a 12).

Získáme tak všechna data potřebná pro výpočet nitrooční čočky, přičemž software umožňuje výpočet dle několika nejpoužívanějších vzorců a databázi modelů IOL. [30, 31]



Obrázek 11: Parametry měřené LENSTAR. [31]



Obrázek 12: Biometrie na LENSTAR. [31]

Při kalkulaci optimálních parametrů torické IOL je nezbytné zohlednit faktory, které ovlivňují její účinnost. Prvním z nich je axiální pozice v oku, tedy čím hlouběji je IOL umístěna, tím nižší je efekt korekčního cylindru. Druhým faktorem je axiální délka oka a zakřivení rohovky – čím kratší předozadní délka a plošší rohovka, tím efektivněji bude čočka neutralizovat astigmatismus. Proto oko hypermetropické potřebuje nižší hodnotu cylindru než myopické. Stejně je také náklon a rotační stabilita v korekční ose. [4]

### 3.3. Korekce astigmatismu v průběhu operace katarakty

Astigmatismus může být korigován implantováním torické intraokulární čočky, nebo modelací zakřivení rohovky fotoablačním laserem či provedením relaxačních řezů k oploštění rohovky. Relaxační řezy mohou korigovat astigmatismus do 3 D, zatímco torické IOL v současnosti mohou korigovat astigmatismus od 0,75 D do 15 D v závislosti na typu torické IOL. Nejčastěji je torickými IOL korigován pravidelný rohovkový astigmatismus v rozmezí od 0,75 D do 4,75 D. Jak řezy do rohovky, tak torické IOL s sebou přináší benefity i komplikace. U torických IOL může docházet k rotaci. Malé rotace nízkých hodnot cylindru příliš neovlivní hodnotu astigmatismu, ale i malé rotace vysokých hodnot cylindru významně ovlivní pooperační visus. Jako hranice, kdy je zapotřebí chirurgický zákrok k adjustaci úhlové polohy IOL se uvádí rotace o 10° a více. Relaxační řezy mohou být místem infekce keratitidy a výsledná refrakce se během hojení rohovky může změnit. Dlouhodobé studie stability rohovkových řezů se příliš neprovádí, ale uvádí se, že chirurgicky indukovaný astigmatismus se nejvíce mění během prvních deseti týdnů po operaci, k malým změnám dochází až během

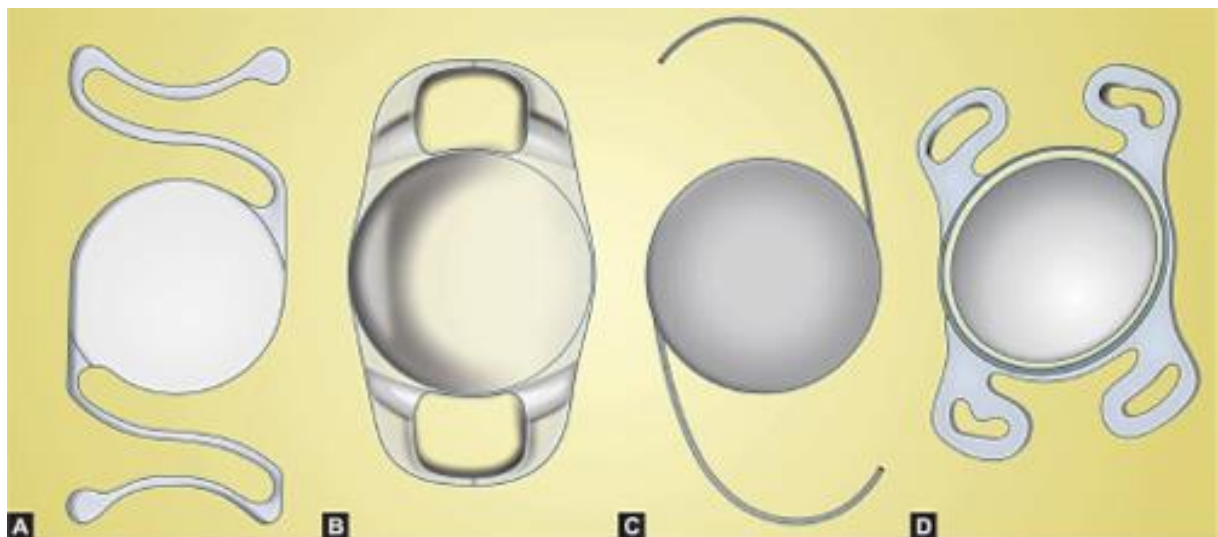
tří let po zákroku. Relaxačními řezy se nejčastěji provádí v rámci operace katarakty. Ke korigování astigmatismu dochází díky přizpůsobení délky, tvaru, typu a umístění řezu. Tímto zákrokem je operující schopen zkorigovat rohovkový astigmatismus pouze do hodnoty 1 D. [6, 21, 32, 23, 33, 6]

### 3.4. Torické intraokulární čočky

IOL můžeme dělit podle toho, kam se v oku umisťují na předněkomorové (AC IOL) a zadněkomorové (PC IOL). AC IOL, které jsou fixovány v duhovko-rohovkovém úhlu, nebo jsou svými haptikami esovitého tvaru typu Kelman, méně často pak iris-claw (Worst) uchyceny do trámčiny duhovky. Zadněkomorové (PC IOL), které se umisťují buď do čočkového vaku, nebo před přední pouzdro do sulcus ciliaris. Navzájem se od sebe liší tvarem haptické a optické části určující A-konstantu. Což je teoretické číslo udávané výrobcem a slouží jako adjustace předoperačního výpočtu optické mohutnosti IOL. [3]

#### *Typy IOL podle tvaru haptické části*

Na základě technik, kterými jsou IOL v oku upevněny rozlišujeme několik typů IOL lišících se navzájem hlavně tvarem haptické části. Předněkomorovou čočkou je Kelmanův typ IOL (obrázek 13A), iris-claw čočky, které jsou upevněny v duhovce, tyto typy čoček jsou Singhovy a Worstovy (obrázek 13B). Zadněkomorovou čočku je quadri loop (obrázek 13D). [34]



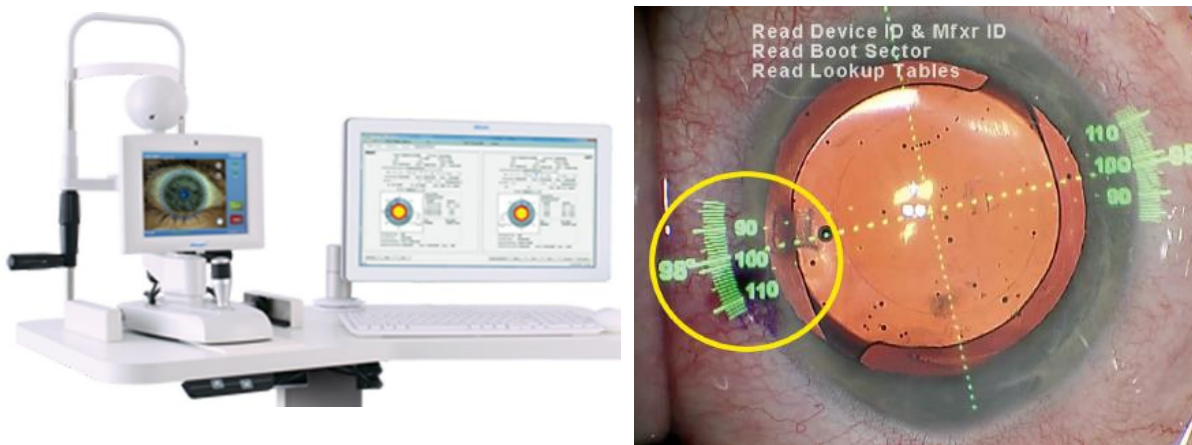
Obrázek 13: Typy IOL. [34]

#### *Výhody torických IOL v porovnání s ablačními laserovými metodami*

Metoda LASIK, která spolu s PRK a LASEK patří mezi povrchové laserové refrakční zákroky. LASIK využívá ultrafialového laserového paprsku a trvale mění tvar rohovky. Během tohoto zákroku ovšem dochází pouze ke korekci ametropie, nikoli však katarakty. Operace jednoho oka trvá 10-15 minut. Nevýhodou této metody je dlouhé a bolestivé hojení a riziko infekce rohovky během hojení. Další nevýhodou může být návrat dioptrií, který se vyskytuje přibližně u 10 % pacientů 10 let od zákroku. [35, 36]

Výhodou torických IOL v porovnání s ablačními laserovými metodami, i s rohovkovými incizemi je především to, že současně se zkorigováním astigmatismu jsme schopni odstranit čočku s kataraktou. Nevýhodou je, že v momentě, kdy původní oční čočku z oka vyjmeme, oko ztratí schopnost akomodace. Další nevýhodou je nutnost rotační stability IOL, aby byl cylinder přesně a trvale zkorigován. Během operace je zásadní, aby IOL byla do oka vložena přesně s ohledem na korekční osu. Pro navigování během implantace slouží operátorovi Verion, který je schopen vytvořit navigační mapu.

Verion je virtuální navigační systém, který u pacientů s kataraktou využijeme jak při předoperační diagnostice stanovení parametrů oka, tak pro výběr ideální nitrooční čočky a navigaci operátora během operace. Verion dokáže změřit keratometrii, průměr a pozici limbu, horizontální průměr limbu (HVID), pupilometrii a optické osy oka včetně jejich odchylek. Na základě naměřených dat je Verion schopen spočítat ideální IOL, která by korigovala pacientovu dioptrickou vadu oka. Během operace promítá navigační linie na pacientovo oko, aby operátor mohl IOL do oka implantovat a korigovat osu astigmatismu s přesností na 1 úhlový stupeň (obrázek XYZ). [37]



Obrázek 14: Navigační systém VERION a virtuální projekce implantační osy torické IOL. [4]

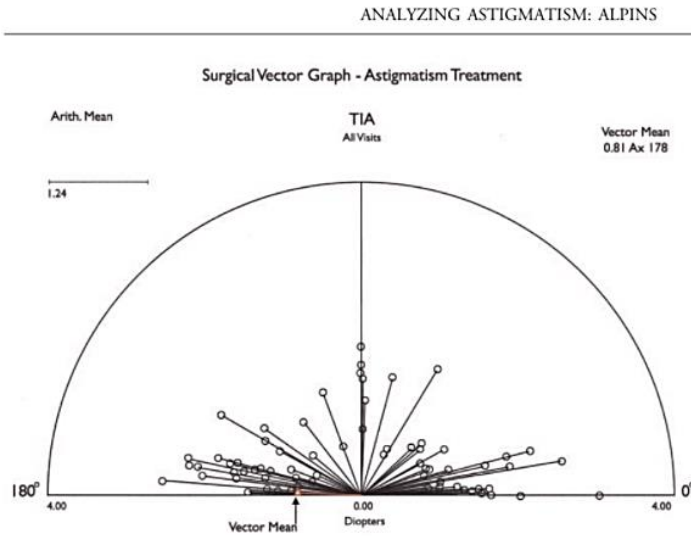


## 4. Pooperační hodnocení korekce astigmatismu

Při posouzení refrakčního výsledku implantace torické IOL je hlavním faktorem pozice IOL a její případná rotace, která by mohla snížit astigmatickou korekci. Nejjednodušší metodou, jak posoudit rotaci je použití stupnice na štěrbinové lampě. Objektivní posouzení můžeme udělat pomocí přístroje Nidek OPD-Scan wavefront, který spočítá čočkový astigmatismus, a tedy i polohu IOL na základě odečtení aberací celého oka od rohovkové aberace. Axiální polohu lze identifikovat pomocí přístrojů zobrazujících přední segment oka, či použitím optické biometrie. [38]

### *Parametry hodnocené po operaci katarakty s implantací IOL*

Pro zhodnocení úspěšnosti operace astigmatismu využíváme tři základních vektorů. Prvním z nich je cílová změna astigmatismu (TIA), dále vektor chirurgicky indukovaného astigmatismu (SIA) a rozdílový vektor (DV). Takzvaný korekční index (CI) udává, do jaké míry chceme korigovat astigmatismus. Vypočítává se jako poměr požadované změny astigmatismu ku celkové hodnotě astigmatismu. Z toho vyplývá, že v případě, kdy CI bude roven jedné, dojde k plnému zkorigování. To, jak byl zamýšlený zákrok úspěšný říká index úspěšnosti (IOS). IOS je dán jako poměr vektoru difference ku plánované korekci. V ideálním případě je IOS roven nule. Vztahy mezi TIA a IOS podávají informaci o tom, zda byl astigmatismus zkorigován ve správné ose či nikoli, a zda došlo k překorigování, nebo naopak podkorigování. Tyto informace mohou být dále použity k přizpůsobení monogramů pro vylepšení očekávaných výsledků astigmatismu. [39]



**Figure 3.** (Alpins) Vectorial display of targeted astigmatism treatments (TIA) at their own vector axis (of maximum ablation), with summated vector mean of group.

Obrázek 15: Polární graf TIA, upraveno dle. [39]

Graf na obrázku 15 je modelovou ukázkou polárního grafu TIA.

### ***Subjektivní zhodnocení pooperačního stavu***

Subjektivní refrakce je nezbytnou součástí pooperační analýzy. I přes případné odchylky předoperačního biometrického vyšetření, kalkulace nebo změny polohy čočky v oku (v případě torické čočky zejména její úhlová poloha) může být subjektivně vnímaná zraková ostrost optimální. Zraková ostrost je testována standardním způsobem, tedy monokulární a binokulární vizus do dálky i blízka, případně i doplňkové testy kontrastní citlivosti. Významné odchylky od plánované pooperační refrakce označujeme jako refrakční překvapení.

## 5. Experimentální část

Pro výpočet vhodné implantované IOL je nezbytné znát určité parametry oka, zejména axiální délku a optickou mohutnost rohovky. Po operaci je třeba zhodnotit refrakční stav oka, abychom mohli posoudit přesnost celého procesu. Pro tento účel bylo využito zavedené metodiky podle Alpinse, tedy vektorových kalkulací využívajících polární grafy. Metodika je v oblasti oftalmologie uznávána jako nepsaný zlatý standard pro hodnocení pooperačních výsledků korekce astigmatismu při plánování a posuzování kataraktové a refrakční chirurgie.

Hodnoceny byly parametry: TIA (tedy celkový cílený indukovaný astigmatismus), SIA (vyjadřující chirurgicky indukovaný astigmatismus rohovky, tedy skutečnou velikost a změnu astigmatismu rohovky chirurgickým postupem); centroid předoperačního, plánovaného a pooperačního astigmatismu; DV (vektor diference mezi plánovaným a výsledným pooperačním astigmatismem); IOS (index úspěšnosti korekce); CI (korekční index) procentuálního zastoupení rohovkového astigmatismu před a po operaci a ME (magnitude error). [40]

Cílem experimentální části je provést komplexní pooperační analýzu včetně výše zmíněných parametrů k hodnocení úspěšnosti korekce astigmatismu torickou nitrooční čočkou a výsledné hodnoty porovnat s výsledky alternativních studií.

### 5.1. Metodika

Pro analýzu bylo využito pooperačních dat pacientů s kataraktou (viz Příloha Aú, kterým byla implantována torická IOL modelu SN6ATx. Všichni pacienti podstoupili identickou metodiku předoperační a pooperační diagnostiky i chirurgický postup operačního zákroku. Lokalizace primární incize byla identicky ve všech případech v  $90^\circ$  o šíři 2,2 mm a dvě pomocné paracentézy o šíři 1,1 mm v osách  $180^\circ$ , respektive  $30^\circ$ . Do studie bylo zahrnuto 55 pacientů, přičemž některým byly operovány obě oči, jiným pouze jedno. Celkem byla analyzována data 63 očí. Průměrný věk pacienta v době operace byl 68 let (viz Tabulka 1). Z celkového počtu pozorovaných pacientů bylo 24 mužů a 31 žen. Všechny operace byly prováděny na Privátní oční klinice JL v Praze mezi roky 2018 a 2021. Do studie byly zahrnuti pouze pacienti bez jiné oční patologie a u kterých operace i pooperační období proběhly bez komplikací.

Data byla získána ze zdravotnické dokumentace pacientů Privátní oční kliniky JL, v souladu s etickými zásadami Helsinské deklarace. Předoperační i pooperační údaje o parametrech operovaných očí se současnou korekcí astigmatismu byly přepsány do tabulek v Excelu,

ze kterých byly následně prováděny výpočty a analýza jak předoperačních, tak i pooperačních dat.

Tabulka 1: Údaje o operovaných pacientech.

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| celkový počet operovaných očí        | 63         |
| počet OP                             | 46         |
| počet OL                             | 17         |
| počet operovaných mužů               | 24         |
| počet operovaných žen                | 31         |
| průměrný věk pacienta v době operace | 68,06±8,44 |

V tabulce 2 vidíme četnost jednotlivých typů torických IOL, které byly pacientům implantované. IOL typu T7 a T8 s hodnotou korekčního cylindru 4,5 D a 5,25 D v této studii nebyly implantovány žádnému ze sledovaných pacientů. Nejčastěji byla implantována IOL typu T3 (ve 28,57 % případů), následovaná typem T4 (ve 25,40 % případů). Přehled parametrů jednotlivých implantovaných torických IOL znázorňuje tabulka 3.

Tabulka 2: Tabulka četnosti typů implantovaných torických IOL.

|    |         |
|----|---------|
| T2 | 20,63 % |
| T3 | 28,57 % |
| T4 | 25,40 % |
| T5 | 14,29 % |
| T6 | 6,35 %  |
| T9 | 4,76 %  |

Tabulka 3: parametry implantovaných torických IOL. [45]

| SN6ATx | hodnota korekčního cylindru IOL [D] | hodnota cylindru v rovině rohovky [D] | rozsah astigmatismu rohovky [D] |
|--------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| T2     | 1,00                                | 0,68                                  | <0,75                           |
| T3     | 1,50                                | 1,03                                  | 0,75-1,50                       |
| T4     | 2,25                                | 1,55                                  | 1,50-2,00                       |
| T5     | 3,00                                | 2,06                                  | 2,00-2,50                       |
| T6     | 3,75                                | 2,57                                  | 2,50-3,00                       |
| T7     | 4,50                                | 3,08                                  | 3,00-3,50                       |
| T8     | 5,25                                | 3,60                                  | 3,50-4,00                       |
| T9     | 6,00                                | 4,11                                  | >4,00                           |

Pro měření parametrů, které nám slouží k analýze intraokulární korekce astigmatismu, využíváme několika přístrojů, v našem případě Lenstar LS900 a Verion. Pomocí přístroje Lenstar a Verion byla stanovena optická mohutnost rohovky (K1, K2) v daných meridiánech (Ax1, Ax2). Veškeré výpočty vycházely z průměrných hodnot z obou přístrojů. Z biometrických dat byla kromě keratometrie pro výpočet optické mohutnosti a výše cylindrické korekce nitrooční čočky využita axiální délka oka (AL), hloubka přední komory (ACD) průměr limbu (WtW) a tloušťku čočky (LT). Měření na výše zmíněných přístrojích bylo před operací provedeno za účelem kalkulace a po zákroku za účelem hodnocení.

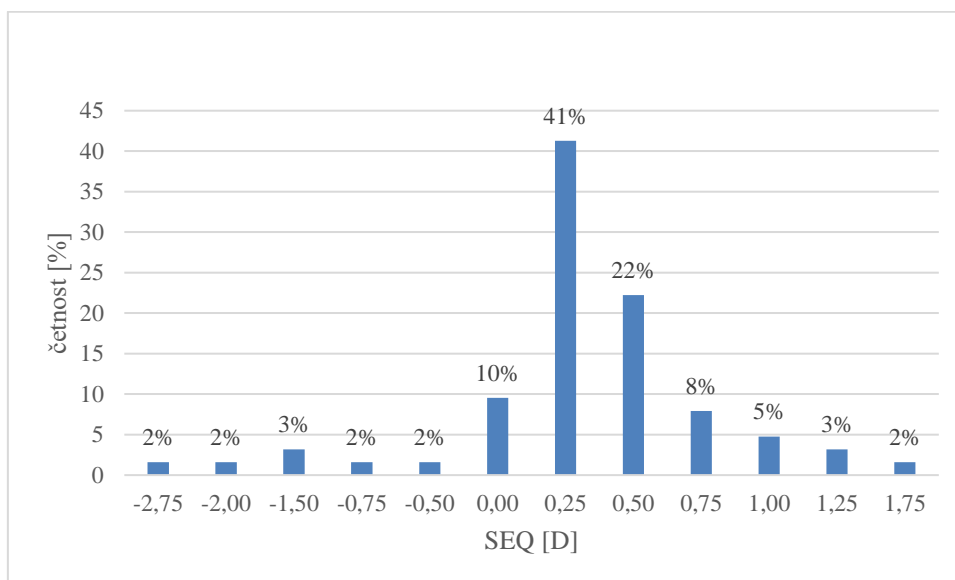
Pro výpočet hodnoty SIA byl použit SIA Calculator (Version 2.1). [41] Vstupními daty jsou individuální hodnoty předoperační a pooperační keratometrie, plánovaná reziduální refrakce a pooperační zbytková refrakce. CI, neboli korekční index je vypočten stanovením poměru mezi předoperačním rohovkovým astigmatismem a TIA, v ideálním případě je korekční index roven jedné. V případě, že je menší než 1,0, nedošlo během operace k dostatečné korekci astigmatismu, naopak, když je CI větší než 1,0, došlo k překorigování. Chyby v operaci jsou vyjádřeny dvěma vektory, prvním z nich je velikost chyby ME (magnitude error), který je dán jako aritmetický rozdíl velikosti celkového indukovaného astigmatismu (tedy SIA chirurgickým postupem a implantovanou nitrooční čočkou) a TIA. Nabývá kladných hodnot, pokud došlo k překorigování a záporných, pokud k nedokorigování. DV je rozdílový vektor mezi výslednou a plánovanou pooperační refrakcí, udává tedy absolutní míru úspěšnosti zákroku (preferujeme jeho rovnost nule). Na základě rozdílového vektoru a cíleně indukovaného astigmatismu můžeme stanovit index úspěšnosti (IOS). Vypočteme jej jako  $DV/TIA$ . IOS je relativním měřítkem úspěšnosti, a stejně jako u DV preferujeme, aby byl roven nule. [39]

## 5.2. Výsledky

V tabulce 4 jsou uvedeny průměrné před a pooperační hodnoty celého souboru.

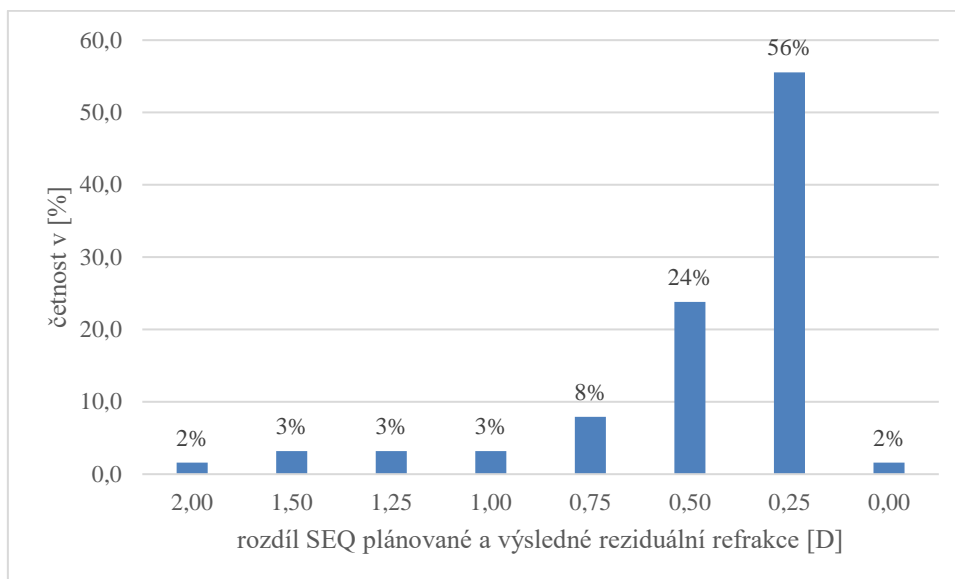
Tabulka 4: průměrné předoperační a pooperační hodnoty celého zkoumaného souboru.

| předoperační data |              |              | pooperační data |              |
|-------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|
|                   | K1 [D]       | K2 [D]       | K1 [D]          | K2 [D]       |
| K [D]             | 42,544±1,478 | 43,053±1,736 | 42,617±1,587    | 44,133±1,812 |
| AL [mm]           | 23,831±1,089 |              | 23,775±1,090    |              |
| ACD [mm]          | 3,119±0,373  |              | 4,616±0,344     |              |



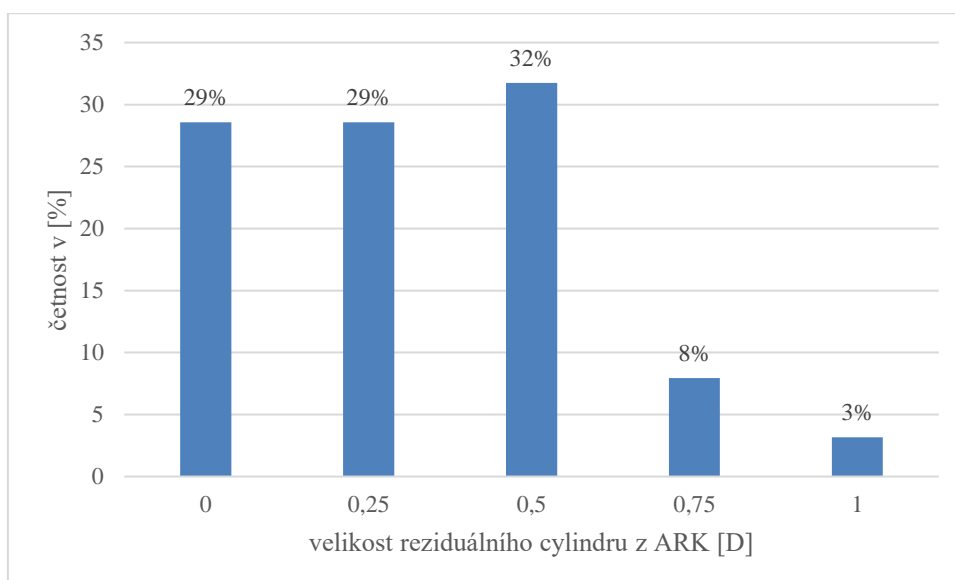
Obrázek 16: Graf četnosti pooperační reziduální refrakce.

Prvním z parametrů, který po operaci katarakty s implantovanou torickou IOL hodnotíme, je pooperační reziduální refrakce v dioptriích, respektive její sférický ekvivalent (SEQ). Obrázek 16 znázorňuje graf četnosti sférického ekvivalentu pooperační refrakce. Dle tohoto grafu lze stanovit, že u naprosté většiny očí (tedy u 75 %) byl dosažený SEQ v intervalu - 0,50 až 0,5 D.



Obrázek 12: Graf rozdílu plánované a výsledné reziduální refrakce.

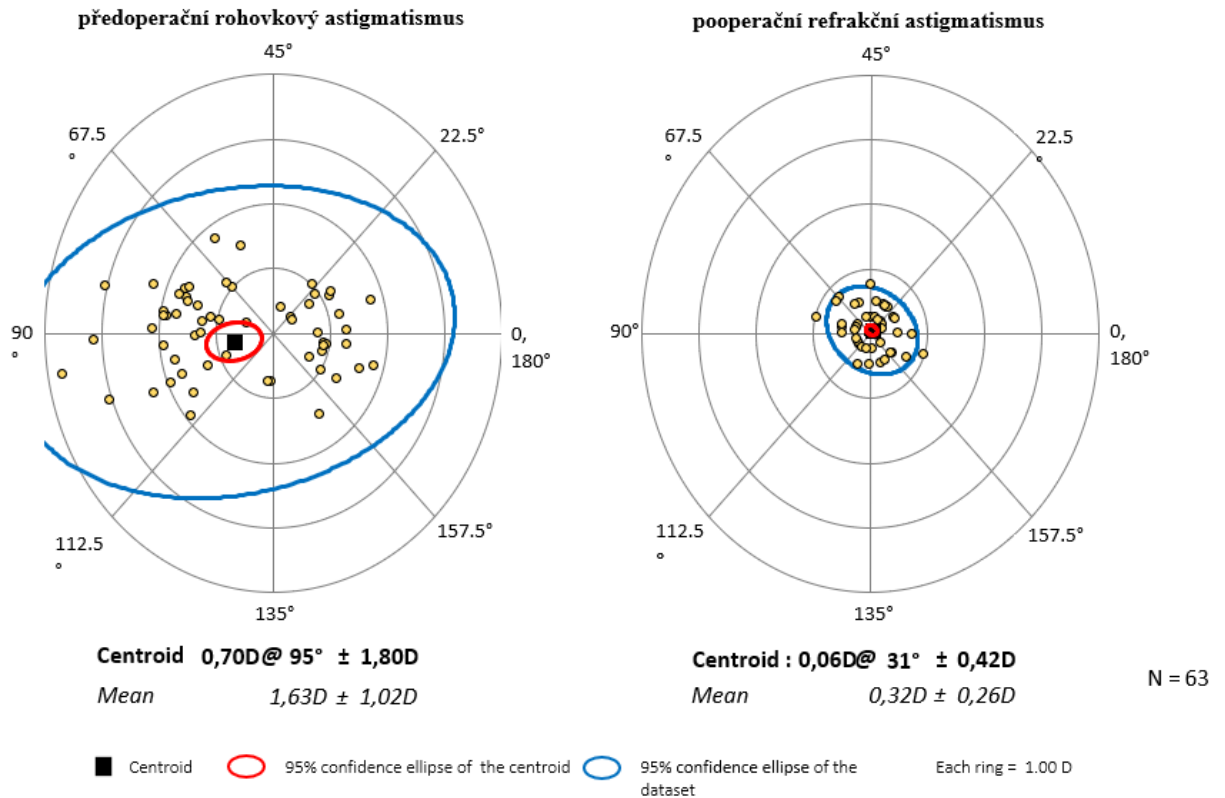
Graf četnosti na obrázku 17 znázorňuje procentuální zastoupení dioptrického rozdílu výsledné axiální refrakce oproti plánované. Nejčetnější hodnotou (56 % ze zkoumaného souboru) je hodnota 0,25 D rozdílu. Rozdíl byl počítán jako absolutní hodnota, tudíž bez zohlednění, zda se výsledná refrakce od té plánované lišila více do plusových hodnot či do minusových



Obrázek 13: Graf procentuálního zastoupení reziduálního astigmatismu po operaci měřeném na ARK.

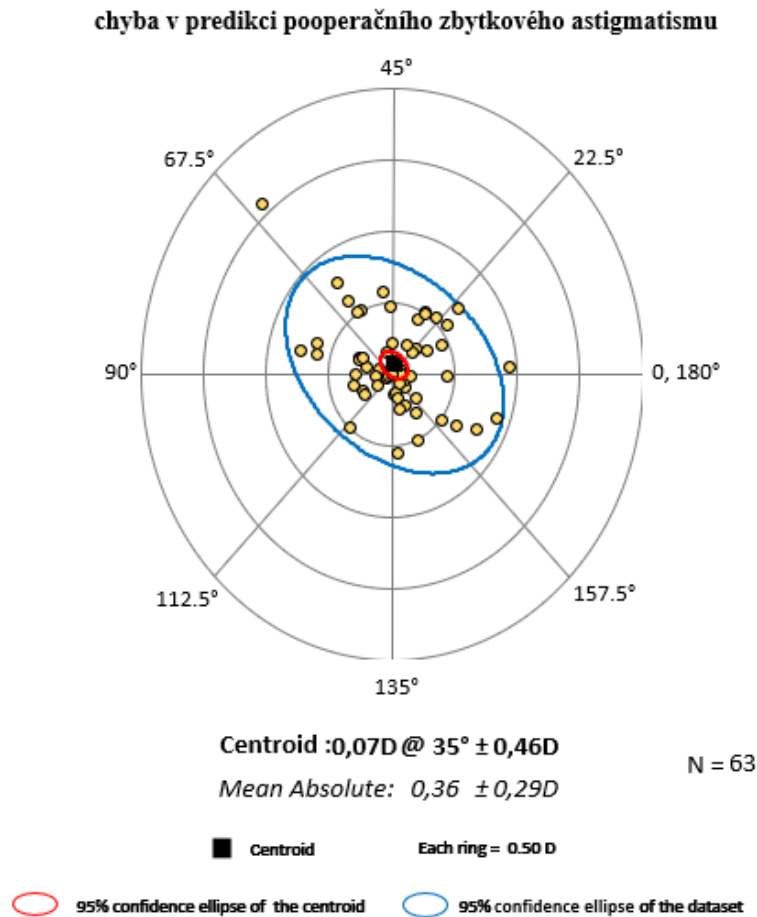
Na grafu procentuálního zastoupení reziduálního astigmatismu (viz obrázek 18) je znázorněna četnost velikosti cylindru pacientů po operaci katarakty s implantovanou torickou IOL.





Obrázek 14: Centroid předoperačního a pooperačního astigmatismu.

Dle Alpíns metodiky lze korekci astigmatismu hodnotit pomocí polárních grafů a tzv. výsledných centroidů vzniklých na základě shlukové analýzy. Obrázek 19 znázorňuje hodnoty předoperačního rohovkového astigmatismu (centroid vlevo) – dvě hodnoty, se kvůli svému přesahu do grafu nevešly a pooperačního refrakčního astigmatismu (centroid vpravo). Třetí centroid na obrázku 20 vykresluje chybu v predikci pooperačního zbytkového astigmatismu neboli vektor diference. Chyba v predikci reziduálního astigmatismu vychází na  $0,36 \pm 0,29$  D. Průměrnou předoperační hodnotou rohovkového astigmatismu u pacientů před operací katarakty s následnou implantací torické IOL byl  $1,63 \text{ D} \pm 1,02 \text{ D}$ . Průměrný pooperační refrakční astigmatismus je roven  $0,32 \text{ D} \pm 0,26 \text{ D}$ .



Obrázek 15: Centroid chyby v predikci pooperačního refrakčního astigmatismu.

Tabulka 4: Průměrné hodnoty výsledků Alpíns metody.

|             |                              |
|-------------|------------------------------|
| SIA rohovky | $0,43 D \text{ ax } 8^\circ$ |
| TIA         | $1,642 \pm 1,016$            |
| DV          | $0,36 \pm 0,29$              |
| CI          | $1,008 \pm 0,099$            |
| ME          | $-0,142 \pm 0,944$           |
| IOS         | $0,278 \pm 0,247$            |

V tabulce 5 jsou shrnuty výsledky analýzy předoperačních a pooperačních parametrů očí s kataraktou, kterým byla implantována torická IOL. Hodnocenými parametry dle Alpíns metody byly: SIA, TIA, DV, CI, ME a IOS. Průměrnou hodnotou SIA rohovky bylo  $0,43 D$  v ose  $8^\circ$  s koherencí 66 % a TIA  $1,642 \pm 1,016$ . Vektor diference vyšel  $0,36 \pm 0,29$ , korekční index  $1,008 \pm 0,099$ , chyba magnitudy  $1,531 \pm 0,905$  a index úspěšnosti  $0,278 \pm 0,247$ .

## 5.2. Diskuse

Tabulka číslo 4, shrnující průměrné předoperační biometrické hodnoty prokazuje, že vstupní soubor pacientů zahrnoval průměrné fyziologické hodnoty bez významnějších extrémů. Na grafu pooperační axiální refrakce (obrázek 16) můžeme vidět, že v 75 % případů byla pooperační reziduální refrakce blízka emetropii., respektive intervalu hodnot od - 0,50 D do +0,5 D sférického ekvivalentu. Sférický ekvivalent rozdílu plánované a výsledné pooperační refrakce dosahoval nejčastější velikosti 0,25 D (dosaženo v 56 % hodnocených očí), dále nejvíce zastoupeným rozdílem je 0,5 D u necelých 20 %. Ve 2 % případů se povedlo operací indukovat přesný refrakční deficit, jaký byl plánován.

Na centroidu (obrázek 19) znázorňujícího předoperační rohovkový astigmatismus pozorujeme značně rozptýlené hodnoty jak velikosti, tak směru astigmatismu, oproti tomu na centroidu pooperačního refrakčního astigmatismu (obrázek 19) vidíme všechny body soustředěné ve středu, což značí minimalizaci hodnot astigmatismu, a tudíž úspěšnost celého procesu od měření předoperačních dat, přes výpočet IOL, až po samotný chirurgický zákrok. Na centroidu chyby predikce pooperačního zbytkového astigmatismu, též označovaného jako DV, nalézáme průměrné hodnoty  $0,36 \pm 0,29$ .

Studie zabývající se vektorovou analýzou astigmatické korekce po implantaci torické IOL sledovala výsledky 71 pacientů (88 očí), kterým byla implantována monofokální asférická bitorická IOL AT Torbi 709M, pro naši analýzu jsme měli data pouze od 55 pacientů (63 očí) a byla jim implantována IOL SN6ATx. Střední hodnotou SIA u těchto pacientů byla  $2,54 \text{ D} \pm 1,21$ , SIA námi pozorovaných pacientů byla v rovině rohovky  $0,43 \text{ D}$ . Vektor TIA zde vyšel  $2,37 \pm 1,15 \text{ D}$ , což je vyšší hodnota než u námi pozorovaných pacientů, kde jsme měli hodnotu TIA  $1,642 \pm 1,016$ . Vektor diference ve výše zmíněné studii dosahoval hodnoty  $0,46 \pm 0,46 \text{ D}$ , náš DV byl nižší,  $0,36 \pm 0,29$ . Korekční index  $1,09 \pm 0,21$  je svými hodnotami velmi podobný CI, které vyšlo nám a to  $1,008 \pm 0,099$ . Posledním parametrem je ME, které se opět liší, zatímco v popisované studii nabývá kladných hodnot  $0,16 \pm 0,46 \text{ D}$ , náš ME byl záporný,  $-0,142 \pm 0,944$ , značí tedy, že zatímco u námi pozorovaných pacientů došlo spíše k nedokorigování, v dané studii byli pacienti spíše překorigováni. [42]

Další studie, kterou můžeme porovnat s našimi výsledky, prováděla vektorovou analýzu u 16 pacientů (18 očí). Těmto pacientům byla během operace katarakty implantována torická IOL TheAcrySof IQ Toric. U pacientů byly hodnoty reziduálního astigmatismu  $0,73 \pm 0,55 \text{ D}$  což je rozdíl o  $0,29 \text{ D}$  od plánovaného reziduálního astigmatismu  $0,44 \pm 0,28 \text{ D}$ . Velikost SIA

byla  $1,90 \pm 0,99$  D, SIA námi pozorovaných pacientů byla v rovině rohovky  $0,43$  D. TIA  $2,00 \pm 0,85$  D, naše TIA byla  $1,642 \pm 1,016$ . Vektor diference  $0,87 \pm 0,56$  D, i v tom to případě jsme měli menší hodnotu DV a to  $0,36 \pm 0,29$ . Korekční index (SIA/TIA)  $0,95$ , v našem případě je CI  $1,008 \pm 0,099$ . Index úspěšnosti (DV/TIA) byl  $0,44$ , což je poměrně daleko od ideální hodnoty, kterou je  $0$ , zatímco náš IOS je  $0,278 \pm 0,247$ , tedy blíže k žádoucí hodnotě. [43]

Všichni zkoumaní pacienti měli po přepočtení na sférický ekvivalent pooperační axiální refrakce  $\pm 1,0$  D a  $88\%$  dokonce  $\pm 0,5$  D. Korekce astigmatismu přinesla podobné výsledky:  $94\%$  odoperovaných očí nemělo zbytkový astigmatismus vyšší než  $\pm 0,5$  D. Refrakční i vizuální výsledky vykazovali u pacientů dlouhodobou stabilitu. Během ročního pozorování, kdy probíhala studie, nerotovala IOL u žádného z pacientů o více jak  $5^\circ$ . Závěrem této studie tedy je, že výsledky implantace torické IOL jsou dobře předvídatelné a rotační stabilita zajišťuje dlouhodobý vizuální komfort. [44]

## Závěr

Cílem práce byla analýza intraokulární korekce astigmatismu u pacientů, kterým spolu s odstraněním kataraktou zakalené čočky byla implantovaná torická IOL. Na základě hodnocení dat a analýze dle Alpinse můžeme tedy říct, že u pacientů, kteří podstoupili operaci katarakty s implantací torické IOL, došlo téměř k vykorigování refrakčního astigmatismu, shodně 29 % pacientů mělo pooperační hodnotu velikosti cylindru 0,0 D a 0,25 D. Pouze 11 % mělo cylindr vyšší než 0,5 D. Po porovnání předpokládaného pooperačního refrakčního astigmatismu a pooperačního refrakčního astigmatismu můžeme říct, že očekávané hodnoty odpovídaly reálným pooperačním hodnotám. Respektive očekávaná průměrná hodnota  $0,36 \text{ D} \pm 0,29 \text{ D}$  reziduálního astigmatismu byla o 4 desetiny vyšší než průměrné reálné pooperační hodnoty  $0,32 \text{ D} \pm 0,26 \text{ D}$ . Pooperační reziduální refrakce a všechny parametry vektorové analýzy dosahují uspokojivých hodnot, a to i v rámci diskutovaném porovnání s výsledky dalších studií.

Vytvořením teoretické rešerše problematiky intraokulární korekce astigmatismu, úspěšně realizovanou analýzou dat na reprezentativním počtu očí a komparací výsledků s alternativními studii byly splněny všechny cíle bakalářské práce.

## Seznam použité literatury

- [1] Základní rozdělení subjektivních metod korekce refrakčních vad: Jacksonovy zkřížené cylindry. Základní rozdělení subjektivních metod korekce refrakčních vad: Jacksonovy zkřížené cylindry [online]. Fakulta informatiky Masarykovy univerzity: Centrum interaktivních a multimediálních studijních opor pro inovaci výuky a efektivní učení | CZ.1.07/2.2.00/28.0041, 2016 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/pages/04-rozdeleni-metod.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/04-rozdeleni-metod.html)
- [2] Astigmatismus - Masarykova univerzita. Ana səhifə [online]. Copyright ©azkurs.org 2020 [cit. 11.12.2020]. Dostupné z: <https://azkurs.org/masarykova-univerzita-v3.html?page=4>
- [3] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [4] HENDERSON, Bonnie An a James P. GILLS. *A complete surgical guide for correcting astigmatism: an ophthalmic manifesto*. 2nd ed. Thorofare, NJ: SLACK, c2011. ISBN 978-1-55642-935-4.
- [5] REMINGTON, Lee Ann. *Clinical Anatomy of the Visual System*. 2nd ed. Windsor: Butterworth Heinemann Elsevier 2005. ISBN 0-7506-7490-3
- [6] KOLKER, MD, Richard J. a Andrew F. KOLKER, MD. *Subjective Refraction and Prescribing Glasses: The Number One (or Number Two) Guide to Practical Techniques and Principles*. Third edition. SLACK Incorporated, 2018. ISBN 13 978-1630915599.
- [7] BENEŠ, Jiří, Jaroslava KYMPLOVÁ a František VÍTEK. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory: pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-4712-5.
- [8] KASCHKE, Michael, Karl-Heinz DONNERHACKE a Michael Stefan RILL. *Optical devices in ophthalmology and optometry: technology, design principles, and clinical applications*. Weinheim: Wiley-VCH, c2014. ISBN 978-3-527-41068-2.
- [9] KOLARČÍK, Lukáš, Václav DEDEK a Michal PTÁČEK. *Průručka pro sestry v oftalmologii*. Praha: Grada Publishing, 2016. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-5458-1.
- [10] D KLYCE, PHD, Stephen a Steven E WILSON, MD. Methods of Analysis of Corneal Topography. *Journal of Refractive Surgery* [online]. 1989, , 4 [cit. 2020-12-19]. Dostupné z: doi:10.3928/1081-597X-19891101-05
- [11] GREENWALD, BS, Miles F., Brittni A. SCRUGGS, MD, PHD, Jesse M. VISLISEL, MD a Mark A. GREINER, MD. *Corneal Imaging: An Introduction* [online]. In: . October 19, 2016 [cit. 2020-12-19]. Dostupné z: <https://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/tutorials/Corneal-Imaging/Index.htm>
- [12] CRSTEurope: Topography to Screen Refractive Cataract Surgery Patients for OSD. *CRSTEurope: Topography to Screen Refractive Cataract Surgery Patients for OSD* [online]. COVER FOCUS, 2015, MAY 2015 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://crstodayeurope.com/articles/2015-may/topography-to-screen-refractive-cataract-surgery-patients-for-osd/>

- [13] UR Medicine Flaum Eye Institute: LASIK & Advanced Vision Correction. *UR Medicine Flaum Eye Institute: LASIK & Advanced Vision Correction* [online]. University of Rochester Medical Center Rochester, NY: University of Rochester Medical Center Rochester, NY, 2021 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.urmc.rochester.edu/eye-institute/lasik/technology/orbscan-corneal-topographer.aspx>
- [14] ResearchGate: Figure 1 - available via license: Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported. ResearchGate: Figure 1 - available via license: Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported [online]. [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/Pentacam-quad-maps-showing-inferiorly-skewed-regular-bow-tie-pattern-on-sagittal-curvature\\_fig1\\_255706615](https://www.researchgate.net/figure/Pentacam-quad-maps-showing-inferiorly-skewed-regular-bow-tie-pattern-on-sagittal-curvature_fig1_255706615)
- [15] OCULUS: Pentacam HR. *OCULUS: Pentacam HR* [online]. [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://www.pentacam.com/us/start/models/pentacamr-hr/standard-software.html>
- [16] Subjektivní refrakce. Přednášky Bc. Přemysl Kučera
- [17] Test Chart 2016: Refraction targets. *Test Chart 2016: Refraction targets* [online]. [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://www.thomson-software-solutions.com/OnlineResources/Test%20Chart%202016/Help/Test%20Chart%202016.html?Refractiontargets.html>
- [18] Jägerovy tabulky. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/J%C3%A4gerovy\\_tabulky](https://www.wikiskripta.eu/w/J%C3%A4gerovy_tabulky)
- [19] *Astigmatism test* [online]. In: . [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://eye-qvision.com/test6.html>
- [20] Astigmatism – Mairead O'Leary Opticians. Mairead O'Leary Opticians – Dublin Opticians| Designer Frames, Sunglasses, Spectacles, Contact Lenses [online]. Copyright © 2012 [cit. 12.12.2020]. Dostupné z: <https://maireadoleary.ie/eyecare-over-40/astigmatism/>
- [21] ARTAL, Pablo, ed. *HANDBOOK OF VISUAL OPTICS: Fundamentals and Eye Optics*. Boca Raton: CRC Press, 2016. ISBN 13: 978-1-4822-3785-6.
- [22] Přednášky z Oftalmologie, Doc MUDr. Šárka Pitrová, CSc.
- [23] 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. 2020-11-08]. ISSN 01616420. Dostupné z: doi:10.1016/j.ophtha.2015.10.002
- data for corneal astigmatism in 23 239 eyes. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [online]. 2010, **36**(9), 1479-1485 [cit. 2020-11-14]. ISSN 0886-3350. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcrs.2010.02.025
- [25] OLSON, Randall J., Rosa BRAGA-MELE, Sherleen Huang CHEN, Kevin M. MILLER, Roberto PINEDA, James P. TWEETEN a David C. MUSCH. Cataract in the Adult Eye Preferred Practice Pattern®. *Ophthalmology* [online]. 2017, **124**(2), P1-P119 [cit. 2020-11-14]. ISSN 01616420. Dostupné z: doi:10.1016/j.ophtha.2016.09.027

- [26] MOHAMMADI, Mehran, Mohammad NADERAN, Rozhin PAHLEVANI a Ali JAHANRAD. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery. *International Ophthalmology* [online]. 2016, **36**(6), 807-817 [cit. 2020-11-14]. ISSN 0165-5701. Dostupné z: doi:10.1007/s10792-016-0201-z
- [27] KANSKI, Jack J. *Clinical Ophthalmology a systematic approach*. 6., vydání. Windsor: Butterworth Heinemann Elsevier, 2007. ISBN-13: 978-0-08-044969-2. ISBN-10: 0-08-044969-7
- [28] AGARWAL, Ashvin a Soosan JACOB. Current and effective advantages of femto phacoemulsification. *Current Opinion in Ophthalmology* [online]. 2017, **28**(1), 49-57 [cit. 2020-12-13]. ISSN 1040-8738. Dostupné z: doi:10.1097/ICU.0000000000000333
- [29] Operace katarakty a komplikace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Operace\\_katarakty\\_a\\_komplikace](https://www.wikiskripta.eu/w/Operace_katarakty_a_komplikace)
- [30] KOHNEN, Thomas, ed. *Modern Cataract Surgery*. Vo.34. Basel: KARGER, 2002. ISBN 3-8055-7364-2.
- [31] HAAG-STREIT USA. *HAAG-STREIT USA* [online]. USA [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://www.haag-streit.com/haag-streit-usa/products/haag-streit-diagnostics/lenstar-biometry/>
- [XYZ042] LASIK MD vision: ORBSCAN TOPOGRAPHY. *LASIK MD vision: ORBSCAN TOPOGRAPHY* [online]. [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://www.lasikmd.com/technology/orbscan-topography>
- [32] *Astigmatism: optics, physiology and management*. 1st. Rijeka: InTech, 2012, s. 293-308. ISBN 978-953-51-0230-4. Dostupné z: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/29998.pdf> [XYZ033]
- [33] XU, Zequan. Toric Intraocular Lenses. WANG, Xiaogang a Felicia M. FERRERI, ed. *Intraocular Lens* [online]. IntechOpen, 2020, 2020-6-17 [cit. 2020-11-14]. ISBN 978-1-83880-484-8. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.90153
- [34] KHURANA, AK, Bhawna KHURANA a Aruj KHURANA. Diseases of Lens. KHURANA, Aruj. *Comprehensive Ophthalmology* [online]. Jaypee Brothers Medical Publishers (P), 2015, 2015, s. 179-179 [cit. 2020-12-28]. ISBN 9789351526575. Dostupné z: doi:10.5005/jp/books/12532\_10
- [35] MedlinePlus Trusted Health Information for You: LASIK eye surgery. *MedlinePlus Trusted Health Information for You: LASIK eye surgery* [online]. [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://medlineplus.gov/ency/article/007018.htm>
- [36] OFTUM PRAGUE: LASEROVÁ CHIRURGIE OKA. *OFTUM PRAGUE: LASEROVÁ CHIRURGIE OKA* [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.oftum.cz/ktera-metoda-je-najlepsi#POVRCHOV%C3%89%20MET%C3%93DY%20PRK,%20LASEK,%20EPILASIK>
- [37] AGEL OČNÍ CENTRUM. *AGEL OČNÍ CENTRUM* [online]. AGEL, 2021 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://ocnicentrum.agel.cz/sluzby/sedy-zakal/operacni-system-verion.html>



- [38] 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. 2020-11-28]. ISSN 1081-597X. Dostupné z: doi:10.3928/1081597X-20130415-06
- [39] ALPINS, Noel. Astigmatism analysis by the Alpíns method. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [online]. 2001, **27**(1), 31-49 [cit. 2020-12-30]. ISSN 0886-3350. Dostupné z: doi:10.1016/S0886-3350(00)00798-7
- [40] ALPINS, Noel. *Practical astigmatism: planning and analysis*. Thorofare, NJ: Slack Incorporated, [2018]. ISBN 978-1-61711-995-8.
- [41] *Ophthalmic Calculators: by Saurabh Sawhney and Ashima Aggarwal* [online]. 2019 [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <https://saurabhsawhney.wixsite.com/calculators>
- [42] KRALL, Eva M., Eva M. ARLT, Melchior HOHENSINN, et al. Vector analysis of astigmatism correction after toric intraocular lens implantation. *Journal of Cataract and Refractive Surgery* [online]. 2015, **41**(4), 790-799 [cit. 2021-5-8]. ISSN 0886-3350. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcrs.2014.07.038
- [43] KAWAHARA, Atsushi a Yoshinori TAKAYANAGI. Vector analysis investigation of toric intraocular lens with no deviation from the intended axis. *Clinical Ophthalmology* [online]. 2016, **10**, 2199-2203 [cit. 2021-5-8]. ISSN 1177-5483. Dostupné z: doi:10.2147/OPHTH.S119755
- [44] NOVÁČEK, Ladislav Viktor, Marie NĚMCOVÁ, Kateřina TYX, Kristýna LAHODOVÁ, Leoš REJMONT, Pavel ROZSÍVAL a Pavel STUDENÝ. Evaluation of Astigmatism-Correcting Efficiency and Rotational Stability after Cataract Surgery with a Double-Loop Haptic Toric Intraocular Lens: A 1-Year Follow-Up. *Biomedicine Hub* [online]. , 30-41 [cit. 2021-04-22]. ISSN 2296-6870. Dostupné z: doi:10.1159/000513894
- [45] *Stanovení angulární pozice torických intraokulárních čoček* [online]. Kladno, 2017 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/75003/FBMI-DP-2017-Fus-Martin-prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ Katedra biomedicínské techniky. Vedoucí práce Doc. MUDr. Šárka Pitrová, CSc., FEBO.

## Seznam symbolů a zkratek

### Seznam symbolů

| Symbol   | Jednotka | Význam            |
|----------|----------|-------------------|
| <i>D</i> | m/-1     | Optická mohutnost |

### Seznam zkratek

| Zkratka | Význam   |
|---------|--|
| IOL     | Intraocular lens (nitrooční čočka)   |
| FLACS   | Femtosecond-laser cataract surgery (Operace katarakty femtosekundovým laserem) |
| AC IOL  | Anterior Chamber Intraocular lens  |
| PC IOL  | Posterior Chamber Intraocular lens   |
| ax      | axis (osa)   |
| CI      | Correction Index (korekční index)  |
| IOS     | Index of Success (index úspěšnosti)  |
| TIA     | Target Induced Astigmatism (Cílová změna astigmatismu)                         |
| DV      | Diference Vector (rozdílový vektor)  |
| K1      | Keratometrie přední plochy rohovky   |
| K2      | Keratometrie zadní plochy rohovky  |
| Ax      | Osa  |
| ACD     | Hloubka přední komory  |
| AL      | Axiální délka oka  |
| WtW     | Průměr limbu   |
| LT      | Tloušťka oční čočky  |
| AR      | Axiální refrakce   |

## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1: Sturmův interval. [1]  | 9  |
| Obrázek 2: Polohy fokál u astigmatického oka. [2]   | 10 |
| Obrázek 3: Placidovy kruhy promítané na rohovku. [12]   | 12 |
| Obrázek 4: Zobrazení rohovky z Orbscan. [13]  | 13 |
| Obrázek 5: Zobrazení rohovky z Pentacamu. [14]  | 13 |
| Obrázek 6: Zobrazení rohovky na Pentacamu. [15]   | 13 |
| Obrázek 7: Bodový test, upraveno dle. [17]  | 14 |
| Obrázek 8: Landoltovy kruhy, upraveno dle. [18]   | 14 |
| Obrázek 9: Astigmatická růžice. [19]  | 16 |
| Obrázek 10: Astigmatický vějíř. [20]  | 16 |
| Obrázek 11: Parametry měřené LENSTAR. [31]  | 22 |
| Obrázek 12: Biometrie na LENSTAR. [31]  | 22 |
| Obrázek 13: Typy IOL. [34]  | 23 |
| Obrázek 14: Navigační systém VERION a virtuální projekce implantační osy torické IOL. [4]       | 25 |
| Obrázek 15: Polární graf TIA, upraveno dle. [39]  | 26 |
| Obrázek 16: Graf četnosti pooperační reziduální refrakce.                                       | 30 |
| Obrázek 17: Graf rozdílu plánované a výsledné reziduální refrakce.                              | 31 |
| Obrázek 18: Graf procentuálního zastoupení reziduálního astigmatismu po operaci měřeném na ARK. | 31 |
| Obrázek 19: Centroid předoperačního a pooperačního astigmatismu.                                | 32 |
| Obrázek 20: Centroid chyby v predikci pooperačního refrakčního astigmatismu.                    | 33 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1: Údaje o operovaných pacientech.                                       | 28 |
| Tabulka 2: Tabulka četnosti typů implantovaných torických IOL.                   | 28 |
| Tabulka 3: parametry implantovaných torických IOL. [45]                          | 29 |
| Tabulka 4: průměrné předoperační a pooperační hodnoty celého zkoumaného souboru. | 30 |
| Tabulka 5: Průměrné hodnoty výsledků Alpíns metody.                              | 33 |

## Příloha

## Příloha A

| kód        | PRESURGERY                       |    |     |     |     |    |     |    |     |    | implanted IOL  |     |     |     |        |     |     |                        |     | buva AR |     |     |     | postoperative biometry - Lenstar |     |     |     |     |     |     |
|------------|----------------------------------|----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|----------------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|------------------------|-----|---------|-----|-----|-----|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|            | preop protokol VERION (prumer K) |    |     |     |     |    |     |    |     |    | only LENSTAR K |     |     |     | SN6ATx |     |     | planovany ref. deficit |     |         |     |     |     |                                  |     |     |     |     |     |     |
|            | BCVA                             | AL | ACD | LT  | WTW | K1 | Ax1 | K2 | Ax2 |    | K1             | Ax1 | K2  | Ax2 | SQ     | CYL | AX  | sph                    | cyl | ax      |     | sph | cyl | ax                               | AL  | ACD | K1  | Ax1 | K2  | Ax2 |
| M75albOL   | 0,3                              | 24 | 2,9 | 5,1 | 12  | 43 | 171 | 43 | 81  | 42 | 12             | 43  | 102 | 23  | t2     | 72  | -0  | -0                     | 162 | 1       | -0  | 0   | 0   | 23                               | 4,6 | 42  | 38  | 43  | 128 |     |
| M269allIOL | 0,2                              | 24 | 3,6 | 4,5 | 12  | 43 | 62  | 45 | 152 | 43 | 61             | 44  | 151 | 21  | t5     | 161 | -0  | -0                     | 161 | 0,6     | 0   | 0   | 0   | 24                               | 5,6 | 43  | 78  | 44  | 168 |     |
| M69allOP   | 0,5                              | 24 | 3,6 | 4,4 | 12  | 44 | 108 | 44 | 18  | 43 | 116            | 44  | 116 | 21  | t3     | 6   | 0   | 0                      | 96  | 1       | 0,3 | 0   | 0   | 23                               | 4,8 | 44  | 100 | 44  | 10  |     |
| M69bilOP   | 0,5                              | 24 | 3   | 4,5 | 12  | 43 | 168 | 45 | 78  | 43 | 168            | 45  | 78  | 18  | t3     | 70  | -0  | -0                     | 70  | 1       | 0,5 | -0  | 169 | 24                               | 4,4 | 43  | 163 | 44  | 73  |     |
| M66cerOL   | 0,4                              | 24 | 3,3 | 4,7 | 12  | 41 | 12  | 43 | 102 | 41 | 11             | 43  | 101 | 21  | t4     | 108 | -0  | -0                     | 108 | 1,0     | 0,3 | -1  | 119 | 24                               | 4,7 | 41  | 21  | 44  | 111 |     |
| F69cimOL   | 0,6                              | 24 | 2,4 | 5,3 | 12  | 42 | 44  | 43 | 134 | 42 | 44             | 43  | 134 | 22  | t3     | 157 | -0  | -0                     | 157 | 1,0     | 0   | -1  | 45  | 24                               | 4,2 | 42  | 64  | 43  | 154 |     |
| F75ferOP   | 0,6                              | 23 | 2,9 | 4,7 | 12  | 44 | 157 | 45 | 67  | 44 | 159            | 45  | 69  | 21  | t2     | 43  | -0  | -0                     | 43  | 1,2     | 0,5 | -0  | 111 | 23                               | 4,3 | 44  | 142 | 45  | 52  |     |
| F63firOP   | 0,3                              | 22 | 2,7 | 5   | 12  | 43 | 152 | 44 | 62  | 43 | 157            | 44  | 67  | 27  | t4     | 49  | -0  | -0                     | 49  | 1       | 0,3 | -0  | 132 | 22                               | 4,4 | 44  | 144 | 45  | 54  |     |
| M49gruOP   | 0,6                              | 25 | 3,6 | 3,7 | 13  | 40 | 21  | 42 | 111 | 40 | 15             | 42  | 105 | 21  | t4     | 120 | 0,1 | -0                     | 120 | 1,2     | 0   | -1  | 134 | 25                               | 4,1 | 40  | 24  | 41  | 114 |     |
| M63hadOL   | 0,6                              | 24 | 3   | 4   | 13  | 41 | 12  | 42 | 102 | 41 | 6              | 43  | 96  | 21  | t2     | 114 | 0,1 | -0                     | 82  | 1,0     | 0,3 | -1  | 70  | 24                               | 4,6 | 41  | 8   | 42  | 98  |     |
| F49hajOP   | 0,9                              | 23 | 3,1 | 4,3 | 12  | 44 | 170 | 45 | 80  | 43 | 169            | 45  | 79  | 21  | t2     | 71  | 0   | -0                     | 161 | 1,0     | 0   | -0  | 165 | 23                               | 4,5 | 44  | 165 | 45  | 75  |     |
| M69hejOP   | 0,6                              | 25 | 3,9 | 4,1 | 12  | 41 | 113 | 42 | 23  | 41 | 114            | 42  | 24  | 20  | t4     | 14  | -0  | -0                     | 14  | 1,0     | -0  | 0   | 0   | 25                               | 4,6 | 41  | 95  | 42  | 5   |     |
| M63hitOP   | 0,1                              | 27 | 4,1 | 3,8 | 12  | 44 | 85  | 44 | 175 | 43 | 84             | 44  | 174 | 12  | t4     | 177 | -0  | -0                     | 177 | 1       | 0   | 0   | 0   | 27                               | 5,1 | 44  | 81  | 45  | 171 |     |
| M62hlaOP   | 0,6                              | 24 | 3,3 | 4   | 12  | 45 | 1   | 46 | 91  | 44 | 179            | 45  | 89  | 20  | t2     | 92  | 0,1 | -0                     | 92  | 1,0     | 0,3 | 0   | 0   | 24                               | 4,5 | 45  | 173 | 46  | 83  |     |
| F44hneOP   | 0,1                              | 26 | 3,6 | 4,1 | 12  | 45 | 45  | 50 | 135 | 45 | 49             | 50  | 139 | 11  | t9     | 138 | -2  | -1                     | 48  | 1,0     | -1  | -1  | 173 | 26                               | 4,9 | 45  | 46  | 50  | 136 |     |
| F72hruOP   | 0,4                              | 24 | 2,8 | 5   | 11  | 45 | 105 | 46 | 15  | 45 | 110            | 46  | 20  | 19  | t5     | 9   | 0,2 | -0                     | 9   | 1,0     | -0  | -1  | 116 | 23                               | 4,5 | 45  | 95  | 47  | 5   |     |
| F69hunOP   | 0,6                              | 23 | 3,2 | 4,9 | 12  | 45 | 167 | 46 | 77  | 45 | 166            | 46  | 76  | 22  | t3     | 67  | 0,2 | -0                     | 67  | 0,8     | 0,3 | -0  | 23  | 23                               | 4,9 | 45  | 166 | 46  | 76  |     |
| F72chowOP  | 0,6                              | 25 | 3,2 | 4,9 | 13  | 41 | 176 | 43 | 86  | 41 | 174            | 43  | 84  | 20  | t3     | 83  | -0  | -0                     | 83  | 1,0     | 0,3 | -0  | 17  | 25                               | 4,8 | 41  | 171 | 42  | 81  |     |
| F61churOL  | 0,5                              | 24 | 2,4 | 5,1 | 12  | 40 | 10  | 43 | 100 | 40 | 31             | 43  | 121 | 22  | t6     | 101 | -0  | -0                     | 11  | 1,0     | 0,5 | -1  | 89  | 24                               | 4,3 | 41  | 31  | 43  | 121 |     |
| F68janOP   | 0,8                              | 24 | 3,4 | 4,5 | 12  | 41 | 0   | 42 | 90  | 41 | 0              | 42  | 90  | 21  | t2     | 90  | 0,3 | -0                     | 90  | 1       | 0   | 0   | 0   | 24                               | 4,6 | 41  | 149 | 42  | 59  |     |

|           |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |    |     |    |     |    |     |
|-----------|-----|----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| F77jenOP  | 0,4 | 27 | 3,3 | 4,2 | 12 | 42 | 173 | 45 | 83  | 42 | 175 | 45 | 85  | 13 | t2 | 80  | 0,3 | -0 | 170 | 1   | 0   | 0   | 0   | 26 | 4,2 | 43 | 172 | 45 | 82  |
| F277jenOL | 0,4 | 25 | 3,3 | 4,2 | 12 | 42 | 7   | 44 | 97  | 42 | 8   | 44 | 98  | 18 | t3 | 102 | -0  | -0 | 102 | 1   | -1  | -1  | 90  | 25 | 4,5 | 43 | 14  | 43 | 104 |
| F72kacOP  | 0,6 | 22 | 2,4 | 4,9 | 12 | 43 | 170 | 45 | 80  | 43 | 171 | 45 | 81  | 28 | t3 | 71  | 0,1 | -0 | 71  | 1,2 | 1,5 | 0,5 | 123 | 21 | 4,2 | 44 | 166 | 46 | 76  |
| F64karOL  | 0,8 | 24 | 3,5 | 4,1 | 12 | 41 | 124 | 41 | 34  | 41 | 137 | 41 | 47  | 22 | t3 | 13  | -0  | -0 | 13  | 1,0 | 0,5 | -0  | 30  | 24 | 4,9 | 41 | 117 | 41 | 27  |
| M272karOL | 0,5 | 23 | 3,2 | 4,7 | 12 | 43 | 175 | 45 | 85  | 43 | 177 | 45 | 87  | 22 | t3 | 81  | 0   | -0 | 171 | 1,0 | 0,5 | -1  | 75  | 23 | 4,8 | 43 | 7   | 45 | 97  |
| M72karOP  | 0,6 | 23 | 3,2 | 4,3 | 12 | 43 | 12  | 45 | 102 | 43 | 9   | 45 | 99  | 22 | t3 | 109 | 0   | -0 | 19  | 1,0 | 1,5 | -1  | 157 | 23 | 4,1 | 44 | 13  | 45 | 103 |
| F76kasOP  | 0,6 | 23 | 3,1 | 5   | 11 | 45 | 82  | 47 | 172 | 45 | 85  | 46 | 175 | 23 | t6 | 175 | 0   | -0 | 175 | 1   | 0,5 | -1  | 120 | 23 | 4,5 | 45 | 84  | 47 | 174 |
| M76kohOL  | 0,6 | 26 | 3,4 | 4,3 | 12 | 40 | 170 | 43 | 80  | 40 | 170 | 42 | 80  | 18 | t4 | 75  | 0,1 | -0 | 75  | 0,8 | 0,3 | -1  | 175 | 26 | 4,8 | 40 | 171 | 42 | 81  |
| F67kolOP  | 0,6 | 23 | 2,7 | 4,8 | 12 | 43 | 171 | 44 | 81  | 42 | 171 | 44 | 81  | 23 | t2 | 72  | -0  | -0 | 162 | 1,5 | 0   | -0  | 140 | 23 | 4,3 | 43 | 165 | 44 | 75  |
| F72kouOP  | 0,2 | 22 | 3,1 | 4,3 | 12 | 46 | 175 | 48 | 85  | 46 | 176 | 48 | 86  | 22 | t2 | 80  | 0,1 | -0 | 170 | 1,0 | 0,3 | -1  | 116 | 22 | 4,6 | 46 | 169 | 48 | 79  |
| M76kraOP  | 0,5 | 24 | 2,6 | 5,5 | 12 | 41 | 12  | 46 | 102 | 41 | 11  | 46 | 101 | 22 | t9 | 105 | -0  | -0 | 15  | 0,8 | 1   | -1  | 56  | 23 | 4,9 | 42 | 15  | 46 | 105 |
| F61kraOP  | 0,6 | 23 | 3,2 | 4,4 | 12 | 45 | 11  | 46 | 101 | 44 | 10  | 46 | 100 | 21 | t3 | 109 | 0,1 | -0 | 109 | 1,0 | 0   | 0   | 0   | 23 | 4,8 | 45 | 176 | 46 | 86  |
| F59kriOP  | 0,2 | 23 | 3,5 | 4,1 | 12 | 44 | 174 | 46 | 84  | 45 | 172 | 46 | 82  | 23 | t2 | 73  | -0  | -0 | 73  | 0,8 | -1  | -1  | 180 | 23 | 4,3 | 45 | 8   | 45 | 98  |
| M65kroOP  | 0,2 | 25 | 3,4 | 3,9 | 12 | 42 | 107 | 43 | 17  | 42 | 107 | 43 | 17  | 20 | t4 | 9   | 0,2 | -0 | 9   | 1,5 | 0,3 | -0  | 170 | 25 | 4,6 | 42 | 100 | 44 | 10  |
| M265kroOL | 0,8 | 25 | 3,3 | 4,1 | 12 | 42 | 75  | 43 | 165 | 42 | 84  | 43 | 174 | 19 | t4 | 173 | 0,2 | -0 | 173 | 1,2 | 0,5 | -0  | 175 | 25 | 4,7 | 41 | 85  | 43 | 175 |
| M78kudOL  | 0,5 | 25 | 2,7 | 5,2 | 12 | 39 | 80  | 41 | 170 | 39 | 84  | 40 | 174 | 22 | t5 | 173 | -0  | -0 | 83  | 0,8 | 1,3 | -0  | 106 | 25 | 4,6 | 39 | 86  | 41 | 176 |
| F76merOP  | 0,5 | 24 | 2,8 | 4,7 | 12 | 43 | 90  | 43 | 180 | 42 | 90  | 43 | 180 | 22 | t4 | 180 | 0,1 | -0 | 0   | 1,0 | 0   | 0   | 0   | 24 | 4,3 | 43 | 94  | 44 | 4   |
| F69micOP  | 0,1 | 23 | 3,3 | 4,2 | 12 | 43 | 12  | 44 | 102 | 43 | 13  | 43 | 103 | 23 | t2 | 130 | 0   | -0 | 130 | 1,0 | 0,5 | -0  | 123 | 23 | 4,6 | 43 | 6   | 43 | 96  |
| F58mulOP  | 0,4 | 24 | 3   | 4,3 | 12 | 41 | 158 | 42 | 68  | 41 | 148 | 42 | 58  | 22 | t2 | 48  | 0   | 0  | 138 | 1,5 | 0,3 | 0   | 0   | 24 | 4,2 | 41 | 153 | 42 | 63  |
| F70novOP  | 0,6 | 23 | 2,7 | 4,8 | 12 | 43 | 1   | 46 | 91  | 43 | 4   | 46 | 94  | 24 | t5 | 91  | 0,1 | -0 | 92  | 1,0 | 0   | -0  | 70  | 22 | 4,1 | 43 | 176 | 45 | 86  |
| F270novOL | 0,6 | 23 | 2,9 | 4,4 | 12 | 42 | 5   | 46 | 95  | 42 | 5   | 46 | 95  | 23 | t6 | 97  | -0  | -0 | 97  | 1,0 | 0   | -1  | 145 | 23 | 4,1 | 42 | 4   | 46 | 94  |
| M76panOP  | 0,8 | 22 | 2,9 | 4,9 | 13 | 43 | 17  | 45 | 107 | 43 | 17  | 45 | 107 | 25 | t3 | 119 | 0   | -0 | 119 | 0,9 | 0   | -1  | 105 | 22 | 4,4 | 44 | 167 | 45 | 77  |
| F73petOP  | 0,1 | 24 | 3   | 4,1 | 12 | 41 | 74  | 42 | 164 | 41 | 69  | 42 | 159 | 24 | t5 | 170 | -0  | -0 | 170 | 1,0 | 0   | -1  | 128 | 24 | 4,4 | 41 | 84  | 43 | 174 |
| M73pirOP  | 0,8 | 24 | 3,1 | 4,4 | 12 | 41 | 98  | 42 | 8   | 41 | 97  | 42 | 7   | 23 | t6 | 6   | 0,2 | -0 | 6   | 0,8 | 0   | -1  | 61  | 24 | 5,3 | 41 | 102 | 43 | 12  |
| F52repOP  | 0,6 | 25 | 3,2 | 3,9 | 12 | 45 | 146 | 46 | 56  | 44 | 147 | 46 | 57  | 17 | t3 | 42  | -2  | -0 | 132 | 1,0 | -3  | -0  | 99  | 25 | 4,6 | 44 | 131 | 46 | 41  |
| M67rocOP  | 0,4 | 23 | 3   | 5,2 | 12 | 43 | 14  | 48 | 104 | 43 | 17  | 48 | 107 | 20 | t9 | 107 | -0  | -0 | 107 | 1,0 | 0   | 0   | 0   | 23 | 5,1 | 43 | 9   | 47 | 99  |
| F83sisOP  | 0,6 | 24 | 2,8 | 5,4 | 12 | 42 | 85  | 43 | 175 | 42 | 92  | 43 | 2   | 22 | t4 | 177 | -0  | -0 | 87  | 1   | 0,5 | -0  | 10  | 24 | 4,7 | 40 | 87  | 42 | 177 |
| F283sisOL | 0,8 | 24 | 2,8 | 5,2 | 12 | 41 | 86  | 43 | 176 | 41 | 90  | 43 | 0   | 22 | t5 | 178 | 0,1 | -0 | 178 | 1   | 0,5 | 0   | 0   | 24 | 4,7 | 41 | 83  | 42 | 173 |
| F80skoOP  | 0,5 | 23 | 2,7 | 5,1 | 11 | 43 | 176 | 44 | 86  | 44 | 8   | 44 | 98  | 24 | t2 | 79  | 0,1 | -0 | 79  | 0,8 | 0   | 0   | 0   | 23 | 4,4 | 45 | 110 | 45 | 20  |

|           |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |    |     |     |    |     |     |     |    |     |    |     |    |     |    |     |
|-----------|-----|----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| M69sluOP  | 0,6 | 24 | 3,2 | 4,6 | 13 | 42 | 3   | 44 | 93  | 43 | 4   | 44 | 94  | 21 | t3 | 95  | -0  | 0  | 5   | 1,0 | 0,3 | -1 | 119 | 24 | 4,7 | 43 | 0   | 44 | 90  |
| F66spaOL  | 0,6 | 25 | 3,5 | 4,5 | 13 | 40 | 106 | 41 | 16  | 40 | 112 | 42 | 22  | 20 | t4 | 10  | 0,2 | -0 | 100 | 1   | 0,3 | -1 | 103 | 25 | 5,8 | 40 | 113 | 42 | 23  |
| M75staOP  | 0,5 | 23 | 2,9 | 4,9 | 12 | 44 | 174 | 45 | 84  | 44 | 174 | 46 | 84  | 24 | t3 | 79  | -0  | -0 | 169 | 1,0 | 0   | -1 | 70  | 22 | 4,5 | 45 | 170 | 46 | 80  |
| M66staOP  | 0,6 | 26 | 3,4 | 4,8 | 12 | 42 | 109 | 43 | 19  | 42 | 110 | 43 | 20  | 16 | t4 | 11  | -0  | -0 | 11  | 1,5 | 0,3 | -0 | 51  | 26 | 4,9 | 41 | 94  | 42 | 4   |
| M70steOP  | 0,8 | 24 | 3   | 4   | 12 | 42 | 97  | 43 | 7   | 42 | 99  | 43 | 9   | 22 | t5 | 4   | -0  | -0 | 4   | 1,0 | 0,5 | -1 | 160 | 24 | 4,4 | 42 | 94  | 43 | 4   |
| F73stuOP  | 0,5 | 23 | 3,2 | 4,1 | 12 | 43 | 81  | 43 | 171 | 43 | 80  | 43 | 170 | 23 | t4 | 175 | -0  | -0 | 175 | 0,8 | 0   | 0  | 0   | 23 | 4,6 | 41 | 92  | 43 | 2   |
| F66tolOP  | 0,6 | 22 | 2,8 | 4,5 | 12 | 42 | 84  | 43 | 174 | 42 | 74  | 43 | 164 | 30 | t4 | 177 | 0,3 | -0 | 87  | 1,0 | 0,5 | -0 | 116 | 22 | 4,3 | 41 | 95  | 42 | 5   |
| F42tonOP  | 0,6 | 23 | 2,8 | 4,9 | 12 | 45 | 42  | 45 | 132 | 44 | 52  | 45 | 142 | 24 | t3 | 156 | -2  | -0 | 156 | 1,0 | -3  | 0  | 0   | 23 | 4,7 | 45 | 83  | 45 | 173 |
| M268tosOL | 0,8 | 24 | 3,7 | 4   | 12 | 42 | 179 | 45 | 89  | 42 | 1   | 44 | 91  | 20 | t3 | 88  | 0,2 | -0 | 73  | 1,0 | 0,5 | -1 | 172 | 24 | 5,5 | 43 | 173 | 45 | 83  |
| M68vanOP  | 0,4 | 23 | 3,8 | 4,1 | 12 | 43 | 104 | 44 | 14  | 43 | 111 | 44 | 21  | 23 | t3 | 5   | -0  | -0 | 95  | 0,8 | 1   | -1 | 150 | 23 | 5   | 43 | 99  | 43 | 9   |
| M74vanOP  | 0,5 | 23 | 3,7 | 4,1 | 12 | 43 | 91  | 44 | 1   | 42 | 96  | 44 | 6   | 23 | t5 | 1   | 0,1 | -0 | 1   | 0,8 | 0,5 | -0 | 40  | 23 | 4,9 | 42 | 84  | 43 | 174 |
| M274vejOL | 0,8 | 24 | 2,8 | 4,6 | 13 | 42 | 176 | 44 | 86  | 42 | 173 | 44 | 83  | 21 | t5 | 83  | 0   | -0 | 83  | 1   | 0   | 0  | 0   | 24 | 4,5 | 42 | 177 | 44 | 87  |
| F69vejOP  | 0,8 | 24 | 2,8 | 4,9 | 12 | 41 | 171 | 43 | 81  | 42 | 175 | 43 | 85  | 22 | t4 | 77  | -0  | -0 | 77  | 1   | 0   | 0  | 0   | 24 | 4,6 | 42 | 171 | 43 | 81  |
| F50zalOP  | 0,4 | 22 | 2,9 | 4,7 | 12 | 45 | 73  | 46 | 163 | 45 | 76  | 46 | 166 | 26 | t4 | 171 | -0  | -0 | 81  | 0,8 | 0,5 | -1 | 80  | 22 | 4,4 | 44 | 78  | 46 | 168 |