

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra přírodovědných oborů

Bakalářská práce

Květen 2017

Eliška Bímová



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

Refrakce oka po operaci katarakty s implantací umělé nitrooční čočky

**Refraction of the eye after cataract surgery with implantation of an
artificial intraocular lens**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Eliška Bímová

Vedoucí bakalářské práce: doc. MUDr. Ján Lešták, CSc, MSc, MBA, LLA, DBA,
FEBO, FAOG

Konzultant bakalářské práce: MUDr. Igor Vícha, Ph.D.

Kladno, Květen 2017

Z a d á n í b a k a l á ř s k é p r á c e

Student: **Eliška Bímová**
Obor: Optika a optometrie
Téma: **Refrakce oka po operaci katarakty s implantací umělé nitrooční čočky**
Téma anglicky: Refraction of the eye after cataract surgery with implantation of an artificial intraocular lens

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je u nemocných po operaci katarakty (čočky) retrospektivně určit výslednou refrakci oka a jak se tato hodnota liší od hodnoty predikované. K výpočtu dioptrické hodnoty implantované nitrooční čočky se používá řada vzorců. Nejmodernější jsou vzorce třetí generace (Holladay, Hoffer Q, Haigis a modifikace SRK T), které počítají hodnoty předozadní délky oka, keratometrie a případně i hloubky přední komory oka. Důležitou roli bude hrát i způsob získání těchto hodnot (akustická versus optická biometrie). Na souboru pacientů budou hodnoceny výše uvedené parametry, použitý vzorec k výpočtu nitrooční čočky a diskutovány příčiny neúspěchu predikované hodnoty.

Seznam odborné literatury:

- [1] LEE, H., LEE, K., AHN, J.M., KIM, E.K., SGRIGNOLI, B., KIM, T.I., Evaluation of optical quality parameters and ocular aberrations in multifocal intraocular lens implanted eyes, Yonsei Medical Journal, ročník 55, číslo 5, 2014, 1413-20 s., DOI: 10.3349/ymj.2014.55.5.1413
- [2] FORD, J., WERNER, L., MAMALIS, N., Adjustable intraocular lens power technology, Journal of cataract and refractive surgery, ročník 7, číslo 40, 2014, 1205-1223 s., DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.05.005
- [3] KUCHYNKA, P. a kol., Oční lékařství, ed. 1, Praha: Grada Publishing, 2007, 812 s., ISBN 978-80-247-1163-8
- [4] WANG, J.K., CHANG, S.W., Optical biometry intraocular lens power calculation using different formulas in patients with different axial lengths, International Journal of Ophthalmology, ročník 6, číslo 2, 2013, 150-154 s.
- [5] KANE, J.X., VAN HEERDEN, A., ATIK, A., PETSOGLOU, C., Intraocular lens power formula accuracy: Comparison of 7 formulas, Journal of cataract and refractive surgery, ročník 42, číslo 10, 2016, 1490-1500 s.

Zadání platné do: 11.09.2018

Vedoucí: doc. MUDr. Ján Lešťák, CSc. MBA



vedoucí katedry / pracoviště



děkan

V Kladně dne 20.02.2017

Název bakalářské práce: Refrakce oka po operaci katarakty s implantací umělé nitrooční čočky

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá výslednou refrakcí oka u pacientů po operaci katarakty s implantací umělé nitrooční čočky.

Teoretická část je rozčleněna do pěti kapitol. První kapitola objasňuje příčiny vzniku zakalení a změny struktury oční čočky. Současně jsou v této kapitole vysvětleny možnosti odstranění šedého zákalu na čočce, který způsobuje nekomfortní vidění. Další dvě kapitoly se zabývají předoperačním vyšetřením, jako je biometrie oka a keratometrie rohovky. Výsledné hodnoty těchto vyšetření se následně uplatní při výpočtu dioptrické hodnoty IOL. Předposlední kapitola se věnuje vzorcům čtyř generací. Vzorce prochází různými přeměnami a modifikacemi, které svými výpočty usilují o emetropický stav pacienta. Poslední kapitola teoretické části poskytuje přehled o možnostech nitroočních náhrad a jejich materiálech.

Praktická část zjišťuje výslednou refrakci oka u pacienta po operaci katarakty a zároveň tuto hodnotu porovnává s hodnotou predikovanou. Rovněž se srovnávají zadané parametry, které z určité části ovlivňují výsledek operace.

Klíčová slova:

Umělá nitrooční čočka, katarakta, axiální délka, refrakce oka, výpočet IOL

Bachelor's paper title: Refraction of the eye after cataract surgery with implantation of an artificial intraocular lens

Abstract:

The bachelor paper deals with the resulting refraction of an eye in patients undergoing cataract surgery with an implant of an artificial intraocular lens.

The theoretical part is divided into five chapters. The first chapter clarifies the causes of lens' opacities and the structural changes of a lens. Furthermore, this chapter discusses several options of the cataract removal, causing blurred vision. The next two chapters focus on the preoperative examination of a patient, such as eye biometry and keratometry of the cornea. The value of these examinations are consequently applied in calculating the IOL value. The penultimate chapter examines formulae of four generations. These formulae go through various transformations and modifications which, by their calculations, strive to achieve emmetropic conditions in the patient. The last chapter provides an overview of possible intraocular substitutes and their materials.

The practical part finds out about resulting refraction of an eye in a patients after cataract surgery and it simultaneously compares this value with the value predicted. It also compares the defined parametres partially affecting the result of the operation.

Key words:

Artificial intraocular lens, cataract, axial lenght, refraction of eye, IOL calculation

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala doc. MUDr. Jánu Leštákovi, CSc, MSc, MBA, LLA, DBA, FEBO, FAOG a MUDr. Igoru Víchovi, Ph.D. za pomoc, cenné rady, spolupráci a vstřícnost při psaní a konzultacích bakalářské práce. Mé poděkování patří také paní doc. Ing. Marii Pospíšilové, CSc. za užitečné rady při psaní praktické části.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Refrakce oka po operaci katarakty s implantací umělé nitrooční čočky“ 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).

V dne

.....

podpis

Obsah

Úvod	1
1 Oční čočka	2
1.1 Embryonální vývoj oční čočky	2
1.2 Zakalení a změny v oční čočce	2
1.3 Historie léčby katarakty	2
1.4 Chirurgické odstranění katarakty	3
1.4.1 Intrakapsulární extrakce (ICCE).....	3
1.4.2 Extrakapsulární extrakce (ECCE)	3
2 Biometrie oka	6
2.1 Ultrazvuková biometrie.....	6
2.1.1 A – scan	7
2.1.2 B – scan	9
2.2 Optická biometrie.....	9
3 Keratometrie	10
3.1 Manuální keratometry	10
3.2 Automatické keratometry.....	11
4 Metody pro výpočet dioptrické hodnoty IOL.....	12
4.1 Vzorce první generace.....	12
4.1.1 Teoretické vzorce	14
4.1.2 Regresní vzorce	14
4.1.3 Porovnání vzorců regresních a teoretických.....	15
4.2 Vzorce druhé generace	15
4.2.1 Vzorec SRK II	15
4.3 Vzorce třetí generace.....	16
4.3.1 Holladay 1	16

4.3.2	SRK/T.....	18
4.3.3	Hoffer Q.....	19
4.4	Vzorce čtvrté generace.....	19
4.4.1	Haigis.....	20
4.4.2	Holladay 2.....	20
4.5	Porovnání vzorců a výsledky měření.....	21
5	Umělé nitrooční čočky.....	23
5.1	Historie IOL.....	23
5.2	Charakteristika nitrooční čočky.....	24
5.3	Materiály nitrooční čočky.....	24
5.3.1	Nitrooční čočky z akrylátu.....	24
5.3.2	Nitrooční čočky ze silikonu.....	25
5.4	Typy nitroočních čoček.....	25
5.4.1	Monofokální.....	25
5.4.2	Multifokální.....	26
6	Praktická část.....	28
6.1	Metodologie výzkumu.....	28
6.2	Stanovení hypotéz.....	29
6.3	Zpracování výsledků.....	29
6.4	Diskuze.....	37
	Závěr.....	38
	Seznam použité literatury.....	39
	Seznam symbolů a zkratk.....	44
	Seznam obrázků.....	45
	Seznam tabulek.....	46
	Seznam příloh.....	47

Úvod

Refrakce oka je poměr mezi lomivostí optických prostředí a délkou oka. V případě správného poměru těchto veličin se daleký bod oka nachází v nekonečnu a při uvolněné akomodaci leží ohnisko na sítnici. Jedná se tak o emetropický stav, který je současně požadován po chirurgické operaci katarakty s implantací umělé nitrooční čočky. [1]

V lidském těle dochází během života k přirozeným fyziologickým změnám. Tento proces postihuje i náš nejdůležitější smyslový orgán, kterým je lidské oko. Vlivem stárnutí dochází ke změně očních struktur, jako je například oční čočka. Na základě těchto vlivů ztrácí svoji transparentnost a tak dochází ke snížení kvality vidění.

Zakalenost čočky se řeší operativním zákrokem, tzv. operací šedého zákalu. V dnešní době se operace katarakty řadí mezi nejčastěji prováděné zákroky vůbec. Pacientovi je vyjmuta zakalená čočka a nahrazena umělou nitrooční čočkou.

Nitrooční čočka se do oka pacienta vkládá s předem vypočítanou dioptrickou hodnotou. Ke správnému vypočítání této hodnoty je nutné znát přesnou hodnotu axiální délky bulbu, zakřivení rohovky a hloubku přední komory. Nepřesné výpočty způsobují právě zbytkovou refrakční vadu, kterou ve své práci rozvedu trochu podrobněji. Zbytková refrakční vada, může vzniknout i na základě jiných vlivů.

První kapitola práce se zabývá popisem vývoje oční čočky, její funkčností a následnými fyziologickými změnami. Dále jsou vysvětleny chirurgické techniky, které vedou k odstranění zakalené čočky. Následující dvě kapitoly se zmiňují o předoperačních vyšetřeních oka, kterými jsou keratometrie rohovky a biometrie oka. V předposlední kapitole jsou popsány vývojové vzorce čtyř různých generací, podle kterých se stanovuje dioptrická hodnoty nitrooční čočky. Poslední kapitola teoretické části poskytuje přehled o možnostech nitroočních náhrad a jejich materiálech.

Cílem práce je u nemocných po operaci katarakty retrospektivně určit výslednou refrakci oka a jak se tato hodnota liší od hodnoty predikované.

Praktická část se soustředí na pacienty, kteří podstoupili operativní zákrok senilní katarakty. Do studie jsou zařazeni nemocní, kterým byla provedena operace fakoemulzifikace zakalené čočky s implantací umělé monofokální čočky.

1 Oční čočka

1.1 Embryonální vývoj oční čočky

V průběhu našeho života oční čočka prochází určitým fyziologickým a evolučním procesem. Již v prvním měsíci prenatálního života se vytváří oční vychlipky. Pozdějším vyklenutím se stávají primárními očními váčky a dorůstají až k sousedícímu ektodermu. Se zvětšováním jeho buněk vytváří čočkovitou ploténku a postupným vchlipováním vzniká čočkový váček, který je obalený bazální membránou. Postupným prodlužováním epitelu zadní části váčku, se tvoří primární čočkovitá vlákna. Ty vytváří embryonální jádro. Odloučení váčku od ektodermu podněcuje vznik přední komory. Diferenciací čočkového epitelu vznikají sekundární čočková vlákna, která zapříčiňují vytvoření fetálního čočkového jádra. Čočka se při narození skládá z fetálního a embryonálního jádra. Zonulární vlákna, na kterých je čočka zavěšená se vyvíjí na konci 3. měsíce intrauterinního života. Pouzdro čočky vzniká o měsíc dříve, jako produkt sekrece epiteliálních buněk. [2, 3, 4]

1.2 Zakalení a změny v oční čočce

Jelikož čočka nemá žádné cévní ani nervové zásobení, nemůže být postižena žádným zánětem. Její onemocnění je pouze degenerativní. Čočka může být poškozena v jakékoli fázi jejího vývoje. Například pokud dojde k zakalení čočky již v prenatálním vývoji, jedná se o kongenitální kataraktu. Dále se může jednat o juvenilní kataraktu, vzniklou v období adolescence a pak je tu senilní katarakta, která vzniká následkem stárnutí čočky a úbytkem její transparence. V zakalené čočce dochází k rozptylu světla, a s postupným zakalováním se postupně zhoršuje zrak. Transparence čočky u stárnoucího oka je způsobena sklerotizací, to znamená, že lamely uvnitř čočky ztrácí vodu a oplošťují se a tím vzniká tuhé jádro. Při sklerotizaci dochází také ke ztrátě pružnosti čočky a tím i ke ztrátě akomodace. Proto jsou lidé ve starším věku nuceni k brýlím na blízko, jejich akomodační schopnost je nedostačující. [5, 1, 6, 7, 8]

1.3 Historie léčby katarakty

Prozatím se nepřišlo na účinnější způsob odstranění šedého zákalu jinou metodou, než je chirurgická operace. První zaznamenané údaje o chirurgických operacích katarakty sahají až dva tisíce let před naším letopočtem až do starověké Babylonie na místo dnešního Iráku. Zákrok byl řešen luxací čočky do sklivcového prostoru. V první polovině 18. st.

Francouz Jacques Daviel provedl první extrakci šedého zákalu. Jednalo se o malý intrakapsulární řez v dolní části limbu se vsunutím jehly za čočku. Následně rozřezal pouzdro čočky, extrimoval jádro a kortex čočky odstranil kyretáží. Celá tato operace byla prováděna bez jakékoli anestezie a aseptických zásad. Velké změny nastaly až po druhé světové válce, kdy byly prvně použity umělé nitrooční čočky a také vynález Charlese Kelmana, který jako první použil ultrazvuku k rozmělnění zakalené čočky – fakoemulzifikace. Tato technika se tak stala nejrozšířenější metodou v celém světě a používá se dodnes. [9, 5, 6, 10]

1.4 Chirurgické odstranění katarakty

Ročně je v ČR provedeno zhruba 60 000 operací šedého zákalu. Jedná se tak o nejčastěji prováděné chirurgické zákroky vůbec. Oční zakalená čočka je vyjmuta a nahrazena novou umělou nitrooční čočkou. Existuje několik základních technik operace šedého zákalu: extrakapsulární extrakce, intrakapsulární extrakce, fakoemulzifikace a laserem asistovaná operace. [5, 9]

1.4.1 Intrakapsulární extrakce (ICCE)

Tato extrakce spočívá v odstranění celé čočky i s pouzdrem. Mezi prvního operátora, kterému se tento druh extrakce připisuje, byl Samuel Sharp v roce 1753. Nejprve udělal řez v dolní části limbu a poté tlakem svého palce vytlačil čočku ven z oka. V pozdějších letech se techniky neustále vylepšovaly. Dříve se tato technika považovala jako běžný standart. V dnešní době je pouhou výjimkou a používá se pouze v případě subluxované čočky. Operace probíhá za použití kryoextraktoru. Jeho hrot, který má teplotu kolem -40°C , je zaveden sondou korneosklerálním operačním přístupem a přimrazí určité části čočky a následně může být provedena extrakce čočky. V případě tohoto způsobu vzniká nespočet komplikací, jako je například pooperační odchlípení sítnice nebo prolaps sklivce do přední komory.

Další možností intrakapsulární extrakce je využití rohovkového řezu. Tím snížíme riziko krvácení, ale naopak zvýšíme pooperační rohovkový astigmatismus. [11, 6, 3, 1]

1.4.2 Extrakapsulární extrakce (ECCE)

Jedná se o nejpoužívanější techniku operace katarakty vůbec. Na rozdíl od intrakapsulární extrakce tato operativní technika ponechává pouzdro čočky v oku a vyjmou se pouze kortex a zakalená jádro čočky. Jako první s touto metodou přišel francouzský lékař Jacques Daviel v roce 1748. Při operaci katarakty provedl incizi v dolní části limbu a nůžkami

ji rozšiřoval. Následně jádro exprimoval a kortex odstranil kyretáží. Výkon trval krátkou dobu, ovšem bez jakéhokoli umrtvení.

Ponechání pouzdra je zásadní pro vložení nové umělé nitrooční čočky. Velice důležité je jeho neporušení. Mohlo by tak dojít k narušení sklivcového obsahu a následně k poškození a ochlípení sítnice. [1, 3, 12]

Tři různé metody provedení extrakapsulární extrakce:

S expresí jádra čočky

V současné době je průběh operace následovný. Začíná se malým limbálním řezem, který ještě plně neotvírá přední komoru. K provedení kapsulotomie je zapotřebí zavedení adaptované injekční jehly nebo cystotomu, pomocí kterých se v přední kapsule vytvoří otvor o průměru 6-7 mm. Následně se nůžkami rozšíří limbální řez, aby se mohlo vyjmout samotné jádro zakalené čočky. S pomocí speciálního nástroje se odstraní jádro čočky a poté se odsají kortikální hmoty. Jakmile je pouzdro vyčištěné, do oka se tak může implantovat umělá nitrooční čočka, kterou si klient sám vybral a následně je nutno operační ránu zašít několika stehy. [1, 3, 12]

Fakoemulzifikací jádra

Tato technika se provádí extrakapsulárně, jak je uvedeno výše. Jádro je při fakoemulzifikaci fragmentováno ultrazvukovou sondou a vzniklé úlomky jsou aspirovány pomocí kanyly. Fakoemulzifikace se činí velmi malým řezem, který je výhodou rychlého hojení rány, urychlení zrakové rehabilitace a snížení výskytu časných komplikací. [13, 12]

Fakoemulzifikací za asistence femtosekundového laseru

Jedná se o nejnovější techniku, která řeší problém zakalené čočky. Tato metoda za použití femtosekundového laseru je o 96% šetrnější a až 10x přesnější než zásah do oka člověkem. Mezi další výhody, které laser obnáší je doba provedení zákroku. Odhaduje se na 40-50 sekund. Celková doba operace se ale nezkrátí. Použitím laserového paprsku se výrazně snižuje doba hojení a rekonvalescence.

Začátek operace je stejný jako u extrakapsulární a intrakapsulární extrakce. Do spojivkového vaku se aplikují anestetika, které zaručí bezbolestnost zákroku. Okolí oka je vyčištěno dezinfekcí a víčka jsou drženy speciálním fixátorem. Samotná operace je řízena laserovým zařízením typu LenSX a VICTUS. Laser, který tento chirurgický výkon uskutečňuje je fotodisrupční YAG. Součástí laserové operace je vyšetření pomocí optické

koherenční tomografie, která proměří všechny vnitřní struktury oka. Na základě změřených výsledků lékař zajistí správné nastavení přístroje včetně velikosti řezů, které projdou okem. Femtolaserem se provedou řezy rohovky, které jsou dvojitě lomené a samotěsnící, tzn. že dochází k rychlému uzavření operačních otvorů a doba hojení se výrazně snižuje. Dále následuje přední kapsulotomie a poté se zakalená čočka „nařeže“ laserem na jemné kousky. Tím pádem může chirurg použít jen minimum ultrazvukové energie k rozbití a odsátí zakalených hmot. Metoda laserové operace se používá pouze u katarakt, které zvládne laser rozřezat. To znamená, že tuto metodu nelze použít u zralých a přezrálých katarakt.

Laserová operace není hrazena zdravotními pojišťovnami a klient se operaci hradí sám. Zdravotní pojišťovny hradí pouze samotné odsátí zakalené čočky ultrazvukovou metodou.

[14]

2 Biometrie oka

Biometrie, neboli měření axiální délky oka tvoří nedílnou součást vyšetření před operací katarakty. Důležitá je přesnost změření této hodnoty. Následně hodnotu uplatníme při výpočtu dioptrické hodnoty implantované nitrooční čočky.

Pomocí biometrie měříme vzdálenost mezi centrem povrchu rohovky a místem nejostřejšího vidění na sítnici. Přístroj určený k měření této délky je nastavený na indexy lomu prostředí, které se v oku fyziologicky nacházejí. Mohou zde proto vzniknout nepřesná měření, například pokud dojde k výměně sklivcového obsahu za silikonovou výplň. Silikon má jiný index lomu a jinou hustotu než sklivec, tudíž se v něm světelné paprsky nebo ultrazvukové vlny šíří jinou rychlostí než ve sklivci. [15]

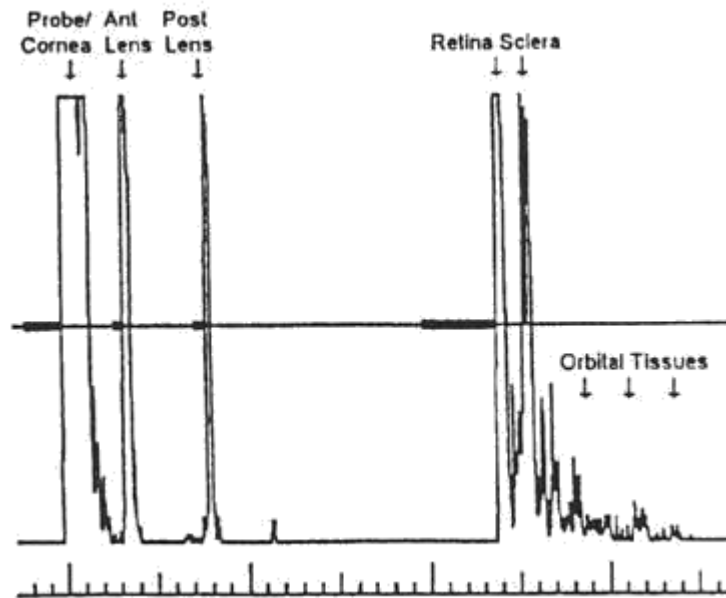
Rozlišujeme dva typy biometrie oka a to biometrii optickou a ultrazvukovou.

2.1 Ultrazvuková biometrie

Ultrazvuková biometrie se využívá k měření tloušťky rohovky a k měření vzdáleností v oku. Metoda spočívá na principu piezoelektrického jevu, který popsali bratři Curieovi v roce 1880. Na základě mechanické deformace některých krystalů dojde ke změně jejich struktury a na jejich povrchu dochází ke vzniku volného elektrického náboje. Obrácený piezoelektrický jev nastává tehdy, pokud na povrch krystalu připojíme elektrické pole. Jeho vlivem dochází k posunu iontů a tím dochází k deformaci krystalu. Jedním ze způsobů, jakým dochází ke vzniku ultrazvukového vlnění, je právě tento. [7, 16]

Ultrazvukem je označováno mechanické vlnění částic, šířící se kolem rovnovážné klidové polohy s frekvencí vyšší než 20 kHz, což už je za prahem slyšitelnosti lidského ucha. Oční lékařství využívá ultrazvuk o frekvenci mezi 8-10 MHz. Úzký paralelní paprsek vystupující ze sondy o dané frekvenci, se odráží od každého rozhraní v oku a s ozvěnou se vrací zpět do sondy. Tato extrémně vysoká frekvence neumožňuje pouze pronikání zvuku do těla, ale zároveň umožňuje vynikající rozlišení těch nejmenších struktur. Rychlost šíření ultrazvukových vln závisí na jejich frekvenci a zároveň na akustických vlastnostech prostředí. Jako akustická prostředí oka označujeme 5 rozhraní, rohovka – komorová voda, komorová voda – čočka, čočka – sklivec, sklivec – sítnice a skléra – retrobulbární tkáň. [17, 18]

2.1.1 A – scan



Obrázek 1: Průchod A-scanu skrz optické prostředí [18]

Měření axiální délky ultrazvukem se nejčastěji provádí pomocí kontaktní metody A - scan. Tato metoda nabízí jednorozměrný, lineární způsob zobrazení ve směru šíření vysílaných ultrazvukových vln. Impulzy od jednotlivých tkáňových rozhraní se přenášejí do grafického počítačového zobrazení. Výchylky, které jsou zde zobrazeny, označujeme jako echa. Vzdálenost těchto výchylek odpovídá skutečným vzdálenostem mezi jednotlivými tkáňovými rozhraní v oku. Výška impulzu charakterizuje velikost zpětně přijímaného akustického impulzu. Je ovlivněná hustotou očních médií, ale také úhlem dopadu, který je determinovaný orientací sondy vzhledem k optické ose. Čím větší je úhel dopadu, tím slabší je signál a zároveň kratší amplituda. [17, 19, 18]

V A-scanu prochází zvuk přes jednotlivá oční média, jako je rohovka, komorová voda, oční čočka, obsah sklivce, sítnice, cévnatka, bělma a orbitální tkáň. Rychlosti v těchto médiích se šíří různou rychlostí. Starší typy přístrojů užívaly jednu rychlost pro celé oko. Novější přístroje počítají již s různými rychlostmi v odlišných prostředích. [18]

Tabulka 1: Průměrná rychlost šíření ultrazvukových vln v různých očních strukturách [1]

Oční struktura	Rychlost šíření ultrazvuku v (m/s)
Rohovka	1620
Komorová voda, sklivec	1532
Čočka	1641
Nukleární katarakta	1610
Kapsulární opacity	1670
Intumescentní katarakta	1590
Silikonový olej	1040
IOL silikonová	980-1090
IOL PMMA	2780
IOL akrylátová	2180

Výskyt existence různých faktorů ovlivňuje výsledné grafické znázornění a průchod paprsků. Jeden z faktorů je hustota struktury. Čím větší je hustota prostředí, kterou ultrazvuk prochází, tím větší množství je absorbováno. Tento princip vysvětluje obtížný průchod ultrazvukových vln přes hustě zakalenou čočku v případě katarakty a dochází tak ke vzniku horšího grafického zobrazení. Kvalita vrcholu, zobrazeného na grafu, je ovlivněna tvarem a hladkostí každého rozhraní. Odrazivost a lomivost vysílané zvukové vlny, která se odchyluje od vrcholu sondy, je způsobena nepravidelností povrchového rozhraní. Na základě této odchylky vznikají slabší ozvěny. Proto je důležité, znát všechny makulární patologie, které by tyto kvality mohly ovlivňovat. [18]

Metoda A-scan se dělí na dva měřicí módy - kontaktní a imerzní. [18]

Kontaktní metoda

Při této metodě je do oka vkápnuto lokální anestetikum a na vrchol rohovky se umístí sonda. Pacient je vyzván k tomu, aby sledoval fixační bod. Fixováním jednoho bodu se zajistí šíření ultrazvukových vln v ose vidění. [17]

Imerzní metoda

Technika imerzní biometrie spočívá v tom, že na oko pacienta se umístí sklerální plastová předsádka naplněná imerzním roztokem. Tato metoda je přesnější než metoda

kontaktní a to z důvodu zabránění oploštění rohovky. Zároveň eliminuje mrkání, což je výhodou u neklidných pacientů. [17, 18]

2.1.2 B – scan

Nabízí přímou vizualizaci vnitřních struktur oka a to ve dvourozměrném zobrazení. Metoda B-scan je velice nápomocná při zobrazení patologických nálezů, k posouzení jejich poloze, tvaru a velikosti. [19]

2.2 Optická biometrie

Optická biometrie je bezkontaktní metoda, která využívá koherentní interferometrie, konkrétně principu Michaelsonova interferometru. Cílem je změřit tloušťku jednotlivých optických rozhraní v oku. Přístroj emituje infračervený laserový paprsek o vlnové délce 780nm a koherenční délce 100 μ m. Laserový paprsek je Michaelsonovým interferometrem rozdělen na dva souosé parciální svazky paprsků. Paprsky se odráží na jednotlivých optických rozhraních. K interferenci dochází pouze v případě, pokud rozdíl optických drah je menší než jejich koherentní délka. [19, 17, 20]

U obou metod probíhá měření podél osy vidění, kdy pacient fixuje červenou fixační značku. Výhodou optické biometrie je možnost získání i jiných parametrů oka. Mezi takové řadíme: keratometrii, pupilometrii, pachymetrii, měření šířky rohovky (white-to-white), měření tloušťky sítnice. Mezi rušivé momenty, kdy mohou vzniknout nepřesná měření, patří zákaly rohovky a pokročilé zákaly oční čočky. Světlo je tak pohlcováno neprůhledným optickým prostředím. [19, 17, 20]

Rozdíl mezi těmito dvěma metodami je především v přesnosti jednotlivých měření a v tom, že ultrazvuková biometrie měří vzdálenost od rohovky k membráně limitans interna na rozdíl od optické, která měří vzdálenost od rohovky k pigmentovému epitelu. [osobní konzultace s vedoucím práce]

Mezi přístroje pro měření optické biometrie patří IOL Master firmy Zeiss. Softwarové vybavení tohoto přístroje umožňuje výpočet optické mohutnosti nitrooční čočky pomocí zabudovaných vzorců, jako jsou SRK II, SRK/T, Holladay 1 a 2, Hoffer Q, Haigis. IOL Master je rychlý bezkontaktní přístroj bez použití jakýchkoli anestetik. S pomocí fixačního paprsku měří axiální délku bulbu podél optické osy oka. [21, 19, 17, 20]

3 Keratometrie

Nejrozšířenější nástroj pro měření zakřivení přední plochy rohovky je keratometr. Využívá se ke zjištění nejstrmějšího a nejploššího meridiánu rohovky. Keratometr se vyskytuje ve dvou podobách a to v mechanické nebo automatické. Nejenže se tato metoda uplatní při výpočtech nitrooční čočky, ale zároveň je velmi důležitá k vhodnému výběru kontaktní čočky. [1, 22]

Keratometrie je založená na faktu, že přední plocha rohovky se jeví jako konvexního zrcadlo a velikost jejího zakřivení se mění v závislosti na zakřivení. To znamená čím větší zakřivení, tím menší je velikost obrazu. [23]

3.1 Manuální keratometry

Manuální keratometry se řadí mezi původní průkopníky k analýze přední plochy rohovky, k velikosti astigmatismu a ke zjištění hlavních meridiánů. Ke zjištění těchto meridiánu je zapotřebí promítnout obrazy testových značek na povrch rohovky, které jsou od sebe v určité vzdálenosti a je zapotřebí, aby rotovaly kolem své osy. [24]

Jednou z možností je projekce kruhu se čtyřmi vztažnými body, které nemusí být rotovány. Přístroj předpokládá, že hlavní meridiány jsou na sebe kolmé. Výsledný elipsovité odražený obraz indikuje astigmatismus. [24]

Tímto se můžeme dočkat spolehlivých měření týkající se přední strany rohovky. Problém nastává při měření zadní plochy rohovky nebo při odlišení zda má rohovka pravidelné či nepravidelné zakřivení. [24]

Nevýhodou manuálních keratometrů jsou mimovolní pohyby očí, které výslednou hodnotu zakřivení mohou pozměnit. Jejich výhodou je použití u imobilních pacientů. Aby se zamezilo těmto pohybům, používá se zdvojující soustava. Původní testové značky se tak rovnou odrazí na měřící stupnici. U **Helmoltzova keratometru** jsou zdvojené testové značky zobrazeny na rohovce díky planparalelní destičce. **Littmanův keratometr** naopak ke zdvojení testových značek používá prizma, které zde působí jako částečný dělič paprsků. U **Hartingerova keratometru** je zdvojení způsobeno pomocí otočného dvojprizmatu. Poslední zmíněný, je od autorů **Javal a Schiötz**, který byl zkonstruován v roce 1881^[25]. Dvě testové značky se promítají na přední ploše rohovky a obrazy jejich vzdáleností jsou proměřeny zdvojenou soustavou využívající Wollastův hranol. Tento hranol dělí paralelní paprsky na paprsky, které se lámou pod daným úhlem a jsou vzájemně polarizované. [19, 25]

3.2 Automatické keratometry

Automatické keratometry jsou dnes součástí mnohých přístrojů. Jako například: autorefraktometr, pachymetr, tonometr, nebo v kombinaci těchto přístrojů dohromady. Měření zakřivení a hlavních meridiánu probíhá automaticky. [26]

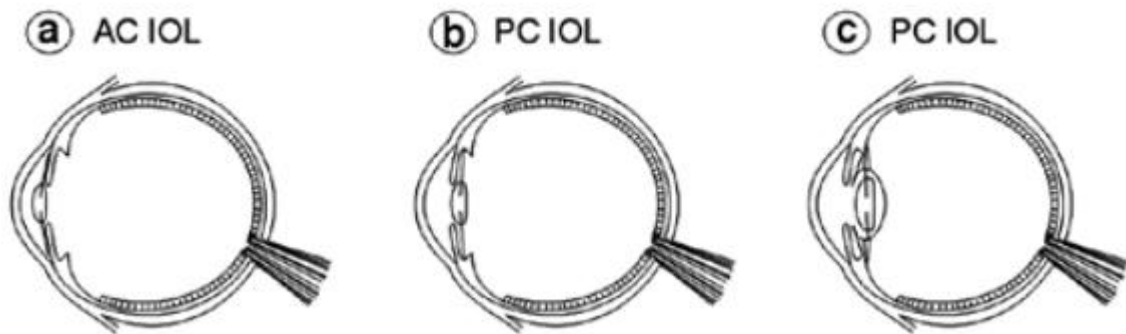
Mezi automatické keratometry řadíme různé druhy zařízení. Jedním z nich je IOL Master, který analyzuje zakřivení rohovky pomocí šesti světelných odrazů, které jsou projektovány na přední plochu rohovky v průměru 2,3 mm. Tento přístroj neslouží k přímému změření tloušťky rohovky ani k měření zakřivení zadní plochy rohovky. Vzorce, které jsou součástí tohoto přístroje, používají pro výpočet dioptrické hodnoty IOL index lomu, který je založený na předpokladu tloušťky rohovky a hodnoty předního a zadního korneálního zakřivení. Předchozí refrakční operace rohovky, které zredukovaly šířku rohovky, do velké míry ovlivňují hodnotu měření mezi přední a zadní plochou. V případě refrakčních operací na rohovce, může IOL Master zkreslovat požadované údaje. [24]

Dalším přístrojem, který měří zakřivení rohovky je Pentacam. K vyobrazení předního segmentu oka používá Scheimpflugovu kameru. Pentacam neslouží pouze k měření keratometrie, ale také ke zjištění pachymetrie, korneální topografie a zobrazení přední komory. Na rozdíl od manuálních a automatických keratometrů Scheimpflugovo zařízení zachycuje jak přední, tak i zadní korneální plochu a stejně tak dovede změřit tloušťku rohovky. [24]

4 Metody pro výpočet dioptrické hodnoty IOL

Po operaci katarakty, kdy je do oka implantovaná nitrooční čočka, se očekává nulový refrakční deficit a výborné výsledky v této oblasti. Do oka se implantuje čočka s předem vypočítanou dioptrickou hodnotou přímo pro konkrétního pacienta. Implantace této čočky by měla zajistit nejčastěji emetropický stav pacienta. Zapotřebí je vhodný výběr vzorce a správné dosazení konstanty. Dobrý výsledek je závislý jak na šikovnosti operátora, tak na přístrojovém vybavení operačního sálu. Vzorce, které mají určit dioptrickou hodnotu nitrooční čočky, obsahují hodnoty z předešlých předoperačních vyšetření, jako je biometrie a keratometrie.

Nitrooční čočku lze do oka umístit do jedné ze tří pozic – do přední komory (obr. a), do ciliárního sulku (obr. b) a do pouzdra, které zbylo po odstranění jádra a kortexu původní nitrooční čočky, přičemž toto umístění umělé nitrooční čočky se nejvíce blíží fyziologickému stavu oka a je nejideálnější (obr. c). [27]



Obrázek 2: Umístění IOL v oku [27]

Vzorce se rozdělují do čtyř generací a jsou seřazené podle vývoje.

4.1 Vzorce první generace

V období prvních implantací se do oka vkládala nitrooční čočka o konstantní hodnotě +18 dpt. Tato extrémní hodnota způsobila vysoké pooperační refrakční odchylky. Bylo za potřebí tuto hodnotu určitým způsobem snížit. A to stanovením optické mohutnosti čočky. Hodnota implantované čočky byla dále modifikovaná hodnotou brýlové korekce.

$$P = 21 + 1,25 * B \quad (1)$$

P - předpokládaná optická mohutnost IOL v dioptriích

B - dioptrická hodnota brýlové korekce

Výše uvedený vztah nám nabízí pouze přiblížení dioptrické hodnoty implantované čočky. Je zapotřebí přesné vypočítání vnitřních struktur oka. S prvním nápadem, který tento problém z části řeší, přišel ruský chirurg Fjodorov s jeho vergenční rovnicí:

$$P = \frac{1336}{AL - ELP} - \frac{1336}{\frac{1336}{\frac{1000}{D_{PostRx}} - V} + K} - ELP \quad (2)$$

P - optická mohutnost čočky v dioptriích

AL - axiální délka oka

ELP - pozice IOL po operaci v mm

K - optická mohutnost rohovky v dioptriích

V - vzdálenost korekční brýlové čočky od oka v mm

D_{PostRx} - požadovaná refrakce oka po operaci

Podobné rovnice pro zpřesnění výpočtů IOL přinesli autoři jako Binkhorst, Colebrander, Hoffer. Vzorce se lišili jak v interpretaci, tak v rozdílných rohovkových indexech lomu. [27]

Do roku 1975 se dioptrická hodnota nitrooční čočky počítala za použití rovnice, založené na klinické historii pacienta.

$$P = 18 + (1,25 * ref) \quad (3)$$

P - dioptrická hodnota vložené IOL počítaná pro emetrii

Ref - předoperační refrakční chyba v dioptriích před vznikem katarakty

Ve více než 50% případů byly výsledné refrakční odchylky vyšší než 1 dpt. Některé chyby byly tak velké, že dosahovali hodnot až k 9 dpt. Tyto vysoké dioptrické chyby byly

způsobené predešlým, obtížně stanovitelným, refrakčním stavem pacienta před vývojem katarakty. Všechny tyto vzorce jsou založené na co nejpřesnějším změření lomivosti rohovky a axiální délky oka. Mnoho z nich bylo po roce 1980 modifikováno pro případy krátkých a dlouhých očí. A staly se tak základem pro dnešní zmodernizované způsoby jak docílit nulového refrakčního stavu pacientu. [28]

Vzorce první generace se dělí na regresní a teoretické. Teoretické vzorce vycházejí z rovnic geometrické optiky, které platí pro zjednodušený model oka. U těchto vzorců se předpokládá nezávislost přední komory na axiální délce oka. Právě tento zjednodušený model oka je příčinou vzniku těchto nepřesností. Regresní vzorce zlepšila až statistická metoda regresní analýza, která slouží pro zkoumání vztahů mezi více proměnnými. Tato metoda tak předpovídá optickou mohutnost čočky před operací. K vypočítání zmíněné optické mohutnosti je zapotřebí zhodnotit dosažené výsledky a dát je do vztahu s naměřené a vypočítanými veličinami. Následně můžeme vzorce modifikovat tak, aby dosahované výsledky byly co nejpřesnější. Konstanty, určené regresní analýzou jsou součástí těchto upravených vzorců. [1]

4.1.1 Teoretické vzorce

Mezi průkopníky původních teoretických vzorců patří jména jako Thijssen, Colendrander, Fyodorov, van der Heijdy a Binkhorst. Všichni tito autoři svými vzorci dosahují přibližně stejných dioptrických hodnot implantované IOL. Vzorec posledního zmíněného autora se blíží dioptrickým odchylkám okolo 0,5 dpt. [29]

4.1.2 Regresní vzorce

Vzorec SRK se řadí mezi regresní a užívá tři konstanty:

$$P = A - (2,5 * L) - (0,9 * K) \quad (4)$$

P - dioptrická hodnota počítaná pro emetropické oko

A - konstanta závislá na typu nitrooční čočky

B - konstantní hodnota 2,5

C - konstantní hodnota 0,9

L - axiální délka oka v mm

K - keratometrie rohovky v dpt

[29, 1]

Tento vzorec předpokládá až 70% přesnost, kdy pooperační hodnota dioptrie nepřesáhne ± 1 dpt. V případě předněkomorových čoček vykazuje vzorec v celku přijatelné výsledky. Pokud se jedná o čočky, které byly implantovány do zadní komory, velikosti chyb byly nepoměrně větší. Tato nepřesnost se vysvětluje vzdáleností čočky od uzlových bodů oka, kterou se mění i vliv na celkové zobrazení. Předněkomorové čočky jsou více vzdáleny od těchto bodů než čočky zadněkomorové. [27]

Aby autoři zamezili tak velkým refrakčním odchylek, neustále se snažili vzorce vylepšovat. Jedním takovým řešením bylo upravení hodnoty pro A konstantu. Zpřesnění této konstanty vyžadovalo poměr mezi implantovanou IOL a okem ale také by zahrnovala údaje o přední komoře. Po implantaci se změřila zbytková refrakce oka. Hodnota pro předpokládanou A – konstantu se vypočítala pro každého operátora a pro každou IOL zvlášť. [27]

4.1.3 Porovnání vzorců regresních a teoretických

Výsledná dioptrická hodnota u pacientů s aplikovanou IOL mezi původním regresním vzorcem (SRK) a původním teoretickým (např. Colendranderův vzorec) je následující: v případech pro axiální délku oka mezi 23-24 mm je refrakční hodnota téměř stejná u obou vzorců. Pokud bulbus dosahuje větších délek, než 24 mm vzorec SRK vypočítává vyšší dioptrickou hodnotu než původní teoretické vzorce. A naopak u bulbů, které jsou kratší, než 23 mm se hodnota umělých nitroočních čoček pohybuje v nižších dioptriích, než u původních teoretických vzorců. [29]

4.2 Vzorce druhé generace

Vzorce druhé generace jsou modifikované na základě předešlých měření u vzorců v první generaci. Jsou čistě empirické a nevycházejí z žádných rovnic pro optiku. Snaží se odstranit chyby u extrémně dlouhých a u extrémně krátkých očí. Jisté změny nastaly i u měření hloubky přední komory. Už se nepočítá jako konstantní hodnota, ale je závislá na délce oka. [1]

4.2.1 Vzorec SRK II

Tento vzorec vznikl modifikací z původního vzorce SRK. SRK II koriguje konstantu přední komory v závislosti na délce oka.

$$P = A - 2,5 * L - 0,9 * K + C \quad (5)$$

<i>P</i>	-	<i>dioptrická hodnota počítaná pro emetropické oko</i>	
<i>A</i>	-	<i>variabilní konstanta, mění se podle typu nitrooční čočky</i>	
<i>L</i>	-	<i>axiální délka oka v mm</i>	
<i>K</i>	-	<i>lomivost rohovky v dpt</i>	
<i>C</i>	-	<i>korekce pro dlouhé a krátké oči</i>	[30]

Krátké oči (axiální délka menší než 22 mm)

- Axiální délka oka v rozmezí 21 – 22 mm – přidat +1 dpt ke konstantě P
- Axiální délka oka v rozmezí 20 – 21 mm – přidat +2 dpt ke konstantě P
- Axiální délka oka v rozmezí 10 – 20 mm – přidat +3 dpt ke konstantě P

Dlouhé oči (axiální délka větší než 24,5 mm)

- Axiální délka oka větší než 24,5 mm – odečteme – 0,5 dpt od konstanty P [30]

4.3 Vzorce třetí generace

Tyto vzorce jsou kombinací teoretické optiky a optických rovnic s empirií (jsou založené na předešlém rozboru výsledků). Velkou pozornost věnují hloubce přední komory, jejíž hodnotu upravují na základě zakřivení rohovky a axiální délce oka. Do této skupiny řadíme výpočty Holladayovy, SRK/T a Hoffer Q. [31, 32]

Výpočty Holladayovy využívají regresní analýzu. [27]

Na Holladayovu formuli 1 navazuje vzorec SRK/T, který používá A-konstantu. Tato konstanta zahrnuje údaje o přední komoře ale také údaje o umístění nitrooční čočky v oku. Čočka se například může nacházet v přední oční komoře, v sulcus ciliaris nebo v kapsulárním bagu. [29, 27]

Posledním vzorcem této generace je formule Hoffer Q, který ve svém vztahu počítá s novou předpovědí pro hodnotu hloubky přední komory. [28, 29]

4.3.1 Holladay 1

Holladay 1 je modifikací teoretických vzorců založených na vícedílném systému, který zahrnuje:

Screening dat

Jedná se o určitá data, které mohou vyžadovat přeměření. Do těchto hodnot spadají:

- axiální délka oka menší než 22 mm a větší než 25 mm
- průměrná optická mohutnost rohovky menší než 40 dpt a větší než 47 dpt
- rozdíl lomivosti rohovky pravého a levého oka větší než 1 dpt
- rozdíl 0,3 mm v axiální délce oka mezi pravým a levým okem. [28, 29]

Zpřesnění odhadované pooperační hloubky přední komory

Hraje zde roli několik činitelů:

- S (hodnota individualizovaného faktoru chirurga) vzdálenost mezi přední plochou duhovky a optickým centrem IOL
- ELP (odhadovaná pozice čočky) vzdálenost mezi vrcholem rohovky a optickým centrem IOL
- aACD (vzdálenost mezi vrcholem rohovky a přední plochou duhovky) [29]

$$ELP = aACD + S \quad (6)$$

ELP - odhadovaná pozice čočky

aACD - hloubka přední komora (anatomická)

S - individualizovaný faktor chirurga

Lze také pomocí matematického vzorce docílit zpřesnění hodnoty aACD. Ve vzorci jsou zahrnuty informace o axiální délce oka a o poloměru zakřivení přední plochy rohovky. [29]

Personalizovaný faktor chirurga (S-faktor)

Tento faktor značí vzdálenost mezi přední plochou duhovky a plochou implantované nitrooční čočky. Pokud se jedná o výpočet, v praxi se zpětně počítá z lomivosti rohovky, dioptrické hodnoty IOL, axiální délky oka a ze stabilizované pooperační refrakce.

Následující vzorec nám značí vztah mezi S-faktorem, A-konstantou a hodnotou hloubky přední komory.

$$S \text{ factor} = (A * 0,5663) - 65,60$$

$$S \text{ factor} = (ACD * 0,9704) - 3,595$$

(7)

<i>S factor</i>	-	<i>individualizovaný faktor chirurga</i>	
<i>A</i>	-	<i>variabilní konstanta, mění se podle typu nitrooční čočky</i>	
<i>ACD</i>	-	<i>hloubka přední komory</i>	[29, 28]

4.3.2 SRK/T

Vzhledem k předešlým podobným vzorcům SRK a SRK II vystupuje tento vzorec jako teoretický. Oproti předešlým vzorcům jako jsou SRK a SRK II je vzorcem teoretickým, založeným na Fjodorovově vzorci. Zmíněný vzorec využívá empirickou regresní metodologii, korekční faktor retinální tloušťky a refrakční index rohovky. Všichni tyto činitele vedou k optimalizaci předpovědi pooperační hloubky přední komory. [28, 29]

Ve výše zmíněném vzorci se objevuje nová vstupní veličina označovaná jako HVID (Horizontal Visible Iris Diameter). Jedná se horizontální viditelný průměr rohovky, který také užívá popisku WTW (White to White) „bílá k bílé. [27]

Optimalizace odhadované pooperační hloubky přední komory (ACD) se počítána následovně:

$$ACD = H + offset \quad (8)$$

ACD_{odhadovaná} - *odhadovaná hloubka přední komory*

H - *výška rohovky*

Offset - *kompensace*

$$offset = ACD_{konst} - 3,336 \quad (9)$$

Offset - *kompensace*

ACD_{konst} - *konstantní hloubka přední komory*

Tato metoda je založená na předpokladu, že IOL leží v konstantní vzdálenosti od vypočítané plochy duhovky. ACD konstanta může být změřena pomocí A konstanty:

$$ACD_{konst} = (0,62467 * A) - 68,747 \quad (10)$$

- ACD* - konstantní hloubka přední komory
- A* - konstanta zahrnuje více proměnných; způsob implantace IOL, chirurgickou techniku, místo implantace v oku a použité přístroje pro měření [28, 29]

Refrakční rohovkový index, který nám u vzorce SRK/T zajistí výpočet optické mohutnosti rohovky, se vypočítá následovně:

$$r = \frac{337,5}{K} \quad (11)$$

- r* - rohovkový refrakční index
- K* - poloměr zakřivení rohovky v mm [29]

I přes všechna vylepšení, tento vzorec nadále přináší neuspokojivé výsledky při měření extrémně dlouhých očí. [27]

4.3.3 Hoffer Q

Hoffer Q využívá základy Hofferovi modifikace a Collenbranderova vzorce s novou předpovědí pro hloubku přední komory (ACD). Po dlouhém bádání přišel Hoffer na skutečnost, že ve vztahu mezi ACD a AL se nejedná o lineární přímku ale o tangenciální křivku. Následně zkoušel různé variace matematických vzorců do té doby, než požadovanou křivku začnou produkovat. [28, 29]

Vzorce se skládají z:

- faktoru, který zvyšuje hodnotu ACD s narůstající axiální délkou
- faktoru, který zvyšuje hodnotu ACD s narůstající rohovkovou lomivostí
- faktoru, který reguluje hodnotu ACD pro extrémní délky očí (více než 26 mm a méně než 22 mm)
- personalizované hodnoty ACD, která je odvozená se sledovaného souboru IOL se stejným designem [28, 29]

4.4 Vzorce čtvrté generace

Do poslední zmíněné generace se řadí vzorce jako Haigis a Holladay 2. V obou případech se jedná o výrazné zpřesnění pooperačních refrakčních hodnot. Například vzorec Haigis používá ke svým výpočtům ELP (effective lens position) řadu konstant, které zajistí přesnější výsledky. Zároveň se snaží o individualizaci těchto proměnných zvlášť. Druhý

vzorec spadající do této generace Hollady 2 ve svých výpočtech nezohledňuje pouze axiální délku oka, ale zároveň počítá s hodnotou White to White tedy s průměrem rohovky, věkem pacienta a hodnotou tloušťky čočky fakického oka. [27, 32]

4.4.1 Haigis

Vzorec Haigis je založený na velmi podobném matematickém základu jako vzorec předešlé. Jediný rozdílem je, že k výpočtu ELP vzorec počítá se třemi konstantami - a_0 , a_1 , a_2 , které zároveň upravují hloubku přední komory, optickou mohutnost čočky a axiální délku oka. Velkou výhodou je individualizace všech těchto proměnných zvlášť. Na rozdíl od ostatních vzorců, které slučovali individualizaci do jedné proměnné. Díky této individualizaci můžeme zpřesnit měření a zlepšit výsledky u různých axiálních délek. Zapotřebí je vzorek minimálně 200 očí pro každou specifickou délku. Problém nastává u extrémních délek, protože zastoupení v těchto extrémních hodnotách není v lidské populaci tak běžné. [27, 32]

4.4.2 Holladay 2

Holladay 2 nabízí určitá vylepšení od vzorců předešlých. Snaží se o zpřesnění hodnoty ELP. Konstanta zahrnuje WTW („white to white“ – bílá k bílé), což značí rozměr rohovky od bělimy k bělimě. Současně zohledňuje tloušťku čočky fakického oka, věk a pohlaví pacienta. Zatímco u vzorce Holladay I, byla hodnota ELP založená pouze na axiální délce oka a na lomivosti rohovky.

Holladay 2 doposud nebyl nikde zveřejněn. Lze ho však najít jako součást přístroje Holladay IOL Consultant. [28, 29]

Tabulka 2: Výběr vhodného vzorce pro výpočet optické mohutnosti IOL [1]

Axiální délka oka	mm	Vhodný vzorec
krátká	20,00 – 21,99	Haigis, Holladay 2, Hoffer Q
průměrná	22,00 – 25,99	Holladay 1, SRK/T, Hoffer Q
středně dlouhá	26,00 – 28,00	Holladay 2, SKR/T
dlouhá	28,00 – 30,00	Holladay 2, Holladay 1

4.5 Porovnání vzorců a výsledky měření

I přes nejmodernější metody a vylepšené vzorce, u pacientů po implantaci IOL zůstává zbytková refrakční vada. Velkou roli zde hraje axiální délka oka, biometrie oka, zakřivení rohovky a další faktory.

Studie založené na předoperační a pooperační ultrazvukové biometrii prokázaly, že u 54%^[21] je zbytková refrakční vada způsobena nepřesným změřením axiální délky oka. Proto přesnost změření této hodnoty je nejdůležitějším krokem ke zlepšení předpovědi dioptrické hodnoty IOL. [21]

Následně budou představeny 2 různé studie, které porovnávají vzorce různých generací s cílem nejlepší přesnosti u pooperační refrakce.

Studie Wang a Changa byla prováděna na vzorku 200 očí s různou axiální délkou. První skupina se soustředila na axiální délku menší než 22 mm, druhá měřila hodnoty v rozmezí 22–26 mm a ve třetí skupině se nacházely axiální délky oka větší než 26 mm. Výzkumem se zjistilo, že nejpřesnějším vzorcem v první skupině pro AL 21,59 mm byl vzorec Haigis s odchylkou 0,57 dpt a naopak nejméně přesným byl vzorec SKR/T s odchylkou 0,69 dpt. Rozdíly mezi těmito hodnotami nebyly tak významné. Ve druhé skupině s průměrnou AL 23,18 mm měl nejmenší refrakční odchylku vzorec Haigis a největší Hoffer Q. Refrakční odchylky se pohybovaly kolem 0,40 dpt. Ve třetí skupině s průměrnou axiální délkou 28,09 mm byl nejpřesnějším vzorcem Haigis s refrakční odchylkou 0,39 dpt a naopak největších refrakčních odchylek dosahoval vzorec Hoffer Q s hodnotou 0,48 dpt. [21]

Z těchto dat vyplývá, že nejmenších refrakčních odchylek docílil vzorec Haigis. [21]

V jiných studiích se například porovnávaly výsledky sedmi různých vzorců. Vzorce Barrett Universal II a T2, z nedostatku podkladů autorka ve své práci neuvádí. Studie byla prováděna na vzorku 3241 pacientů. V kategorii axiální délky kratší než 22 mm se 156 očima byl nejpřesnějším vzorcem Holladay 1 a nejméně přesným vzorec Hoffer Q. V nejpočetnější skupině, která obsahovala 2638 očí s axiální délkou mezi 22-24,5 mm se jako vzorec s nejmenší refrakční odchylkou jevil Barrett Universal II. Hned za ním již známější vzorec Holladay 1 a vzorec s největší refrakční odchylkou Hoffer Q. Ve třetí skupině, která obsahovala 372 očí s axiální délkou mezi 24,5-26 mm nejakurátnějším vzorcem byl Barrett Universal II. Za ním následoval T2, Holladay I a místě posledním Hoffer Q. Ve čtvrté kategorii s axiální délkou větší než 26 mm bylo hodnoceno 77 očí a vzorec s nejpříznivějšími

výsledky byl Barrett Universal II a hned za ním následoval vzorec SRK/T a jako poslední vzorec Hoffer Q. [33]

Z těchto dat plyne, že celkově nejpresnějšími vzorci skrze všechny zmíněné délky očí jsou: Barrett Universal II a Holladay I. A nejméně přesným vzorcem je Hoffer Q.

5 Umělé nitrooční čočky

Umělé nitrooční čočky jsou implantovány do oka za účelem nahrazení původní oční čočky, která se vlivem katarakty zakalila a musela být operativně odstraněna. IOL se do oka vkládá s předem vypočítanou dioptrickou hodnotou, která byla individuálně stanovena pro konkrétní oko a konkrétního pacienta. Od tohoto zákroku se většinou požaduje nulová zbytková refrakční vada. Z předešlých kapitol se zjistilo, že ne vždy je emetropického stavu dosaženo.

Stejně jako když si klient vybírá brýlové sklo do své obruby, tak i při implantaci umělé čočky má na výběr z několika možností. Za prvé IOL lze rozdělit na čočky s doplatkem a bez doplatku.

Do nitroočních čoček bez doplatku se řadí čočky monofokální (jednoohniskové). Mezi nitrooční čočky s doplatkem patří monofokální čočky torické nebo asférické, dále pak čočky multifokální a jejich různé varianty. [34]

5.1 Historie IOL

První zmínky o implantaci nitroočních čoček sahají do 40. let 20. století. Jako první průkopník nitroočních čoček byl anglický oftalmolog Harold Ridley. Tehdy ho zaujaly případy členů posádky vojenských letadel, kterým se při leteckých úrazech dostaly úlomky z polymethylmethakrylátového skla (plexiskla) kokpitu přímo do oka. Tyto úlomky byly v oku v celku tolerovány bez jakýchkoli obtíží. Proto ho napadla myšlenka o výrobě nitrooční čočky z tohoto materiálu. 29. listopadu roku 1949^[34] po extrakapsulární extrakci oční čočky poprvé aplikoval do čočkového vaku lidského oka umělou nitrooční čočku z akrylátu. Během deseti let se ve své praxi stále snažil zlepšovat a počet implantovaných nitroočních čoček se pohyboval kolem 750^[1]. Ovšem výsledky operací stále nebyly uspokojivé. Stále vzrůstal nespočet různých komplikací. V pozdějších letech na výzkum Ridlyeho navázali Binkhorst (1967) a Worst (1976). Tito profesori se zabývali upevněním IOL na duhovku. I tady vznikaly velké pooperační komplikace. Až v roce 1977 došlo k velkému vývoji nitroočních čoček do podoby, jak je známe dnes. Tento objev je připisován Johnu Piercovi, který umístil IOL do čočkového pouzdra bez další fixace. [1, 35, 36]

V historii vývoje nitroočních čoček měla zasloužení i československá společnost. Prvním českým oftalmologem, který se zabýval aplikací nitroočních čoček, byl profesor Jan Vanýsek. První pokusy se uskutečnily během druhé světové války v polovině 40. let.

Ale ani ty se neobešly bez komplikací. V případě plných skleněných čoček se buď utápěly ve sklivci, nebo naopak prázdné skleněné čočky měly tendenci zdvihát duhovku. Po dalších pokusech jak vyrobit nitrooční čočku bez komplikací se Vanýsek společně se svým kolegou J. Altmanem na základě Ridleyho objevu rozhodli vyrobit podobnou čočku ze superakrylu. Ani ta nepřinesla žádný velký úspěch. Následně přišel experiment s IOL, která byla v oku fixována závěsným aparátem z polyamidu (nylonu) a její optická část byla vyrobena z polymethylmethakrylátu. Po rozporech s československou společností svého výzkumu zanechali a o další vývoj se zasloužil až v roce 1979 primář Izák. Na základě jeho touhy o rozšíření aplikace IOL se začalo implantovat po celé republice. [37]

5.2 Charakteristika nitrooční čočky

Nitrooční čočka se skládá ze dvou hlavních částí, a to z části haptické a optické. Haptická část slouží k upevnění čočky v oku a tím zamezení volného pohybu čočky, aby nedráždila okolní struktury oka. Zároveň by měla zajistit centraci čočky. Optická část zde funguje jako náhrada optické funkce původní oční čočky. K zajištění co nejlepšího zobrazení na sítnici je důležité, aby i v mydriáze nitrooční čočka plně zakrývala zornici. Nitrooční čočky se na základě umístění v oku dělí na předněkomorové a zadněkomorové (více informací viz. kapitola číslo 4). Dále se nitrooční čočky mohou rozdělovat podle počtu ohnisek. Čočka jednoohnisková (tedy monofokální) a čočka se dvěma a více ohnisky – multifokální. Další charakteristiky, podle kterých se nitrooční rozlišují, jsou: zakřivení povrchu, materiál z jakého jsou vyrobeny, optická mohutnost, druh spojení mezi haptickou a optickou částí ale také tvar a okraje optické části. Dalším důležitým aspektem je samozřejmě sterilizace čočky a kompatibilita s prostředím oka. [37, 1, 35]

5.3 Materiály nitrooční čočky

Základní materiál pro IOL je akrylát a silikon. Akrylátové čočky se rozdělují na tvrdé a měkké. Měkké akrylátové čočky se rozlišují hydrofobní a hydrofilní. [35]

5.3.1 Nitrooční čočky z akrylátu

Akrylátové čočky se dále dělí na tvrdé a měkké. **Tvrdé čočky** jsou vyrobeny z polymethylmethakrylátu (PMMA). Ještě před rokem 1950 součástí vzorce PMMA byla molekula fenolu, která měla za následek zánětlivé reakce v oku. Tato čočka vykazuje výborné optické vlastnosti. Teplota skelného přechodu PMMA je velmi vysoká a pohybuje se kolem $105^{\circ}\text{C}^{[39]}$, čímž vykazuje nízkou elasticitu. Z tohoto důvodu není možné čočku použít

při malém rohovkovém řezu, který snižuje riziko endoftalmitidy. PMMA je tuhý materiál, jehož hodnota indexu lomu je 1,49^[38] a obsah vody je méně než 1%^[38]. [37, 35, 39, 38]

Měkké akrylátové čočky se rozdělují na hydrofilní a hydrofobní.

Nejčastějším materiálem pro výrobu **hydrofilních čoček** je 2-hydroxyethylmetakrylát (HEMA), používá se v kombinaci i s dalším polymerem třeba s hydrofobním metylmetakrylátem. Obsah vody v této čočce se pohybuje kolem 18% - 38%^[40]. Díky velkému obsahu vody vykazují hydrofilní čočky velkou flexibilitu a výbornou biokompatibilitu s prostředím oka. U tohoto materiálu je zapotřebí dosáhnout co největší elasticity a tenčí optické zóny z důvodu malého rohovkového řezu. [37, 35, 40]

Hydrofobní akrylátové čočky jsou vyrobeny z podobného materiálu jako tvrdé akrylátové čočky s jediným rozdílem a to v navázání postranních skupin na hlavním řetězci. Nitrooční čočky se nejčastěji používají ve tvaru sférickém. Asférické, torické a "multifokální" jsou prémiové. Hydrofobní čočky obsahují menší procento vody než hydrofilní čočky, a to < 1%^[1].

5.3.2 Nitrooční čočky ze silikonu

Jejich první použití bylo více než před 20 lety konkrétně v roce 1984^[38] a jejich využití je dodnes. Silikon je hydrofobní materiál a jeho index lomu se pohybuje od 1,41 – 1,46^[38]. Pro výrobu silikonu se používají především metyldifenylsiloxan, metylsiloxan a biosil. Silikony vykazují velkou elasticitu a jsou biokompatibilní s prostředím oka. Jedním z problémů silikonových čoček je přilnavost ke sklivcovému oleji, který nahrazuje odstraněný sklivec a udržuje tak odchlípenou sítnici. Tyto čočky se dodávají ve formě asférického, torického a multifokálního povrchu. [38, 1]

5.4 Typy nitroočních čoček

5.4.1 Monofokální

Jednou z možností, kterou mohou pacienti využít, je implantace monofokální čočky. Nejjednodušší volba je právě tato. Pacient si na čočku snadněji zvyká a po implantaci nosí brýle buď na dálku, nebo na čtení. Nejčastější volbou jsou brýle do blízka a plné vykorigování dálky. Čočka monofokální, jednoohnisková láme světlo pouze do jednoho místa na sítnici. [41]

Další možnou volbou je monovision. Jedná se o techniku, kdy chirurg implantuje do jednoho oka (ve většině případů se jedná o oko vedoucí – oko se senzorickeou oční dominancí) monofokální čočku s vykorigováním na dálku. Do druhého oka implantuje čočku, která je upravená na vidění do blízka. Pacientovi může chvíli trvat, než si na tuto změnu zvykne. Jednou z možností, jak monovision vyzkoušet, je pomocí aplikace kontaktních čoček. [41]

Jednou z úprav monofokální čočky je asférická úprava. Jedná se o speciální čočku, která má na periferii menší zakřivení a je tenčí. Čočka vyniká výbornou kontrastní citlivostí, kterou pacienti velmi ocení především za snížených světelných podmínek. Další výhodou je snížení sférických aberací, které jsou způsobené větším lámáním paprsků na periferii. Jelikož je čočka na periferii tenčí, tyto aberace značně redukuje. Mezi zástupce nitroočních čoček s asférickou úpravou patří například čočka firmy Bausch + Lomb SofPort® AO. [41], [35]

Další možnost, jak si zlepšit vidění s nitrooční čočkou je úprava, která filtruje škodlivé modré světlo. Modré světlo včetně škodlivého UVA záření má neblahý vliv na naše vidění. Může tak podnítit rychlejší vznik katarakty, věkem podmíněnou makulární degeneraci a různé formy poškození sítnice. Čočky s touto speciální úpravou mají lehké žluté zbarvení, které právě toto škodlivé záření blokuje. I přesto, že čočka není čirá, neměla by mít vliv na vnímání okolních barev. V některých případech může ovlivňovat kontrastní citlivost. [41]

K vykorigování astigmatismu, slouží torické nitrooční čočky. [41]

5.4.2 Multifokální

Multifokální nitrooční čočky mají ve všech zónách vidění, jak na dálku, střední vzdálenost tak na blízko, dioptrickou hodnotu určenou pro konkrétního pacienta. V těchto čočkách jsou řady vizuálních zón a náš mozek si vybírá, na kterou vzdálenost právě potřebuje vidět. Na tento typ čoček je trochu obtížnější si zvyknout. Zdaleka ne všichni pacienti se této variantě přizpůsobí. Velmi důležitým faktorem pro snesitelnost "multifokální čočky" je keratometrická mapa. [41]

Multifokální čočky můžeme rozdělit na refrakční a difrakční.

Refrakční

Běžný vzhled tohoto typu nitrooční čočky je ve tvaru 5 soustředných kruhů. Jednotlivé kruhy umožňují vidění na určité vzdálenosti. Mozek si následně vybere, na kterou vzdálenost potřebuje vidět. Část pro blízko, se obvykle nachází v centru čočky. Refrakční typ

multifokálních IOL čoček závisí na velikosti pupily. Při pohledu do blízka, kdy se zornice zúží, je důležité, aby se rozměr pupily nacházel v určitém milimetrovém rozmezí. Pacienti, kteří si do oka nechali implantovat refrakční nitrooční čočku konkrétně typ ReZoom™ IOL oznámili, že pociťují skvělé vidění při pohledu do dálky, až 95%^[43] komfort na střední vzdálenost a 71%^[43] na blízko. Někteří pacienti jsou tedy stále nuceni k nošení brýlí na blízko. [42, 43, 44]

Difrakční

Součástí předního nebo zadního povrchu difrakční čočky jsou soustředné kruhy, které způsobují difrakci přicházejícího světelného paprsku. Světelný paprsek je fokusován do dvou míst: do blízka a do dálky. Difrakční typ multifokálních IOL není tak závislý na velikosti pupily jako refrakční IOL. [44, 42]

Porovnáním těchto dvou typů nitroočních čoček se dospělo k závěru, že difrakční nitrooční čočky poskytují lepší vidění do blízka. Refrakční IOL umožňují lepší vidění na střední vzdálenost. Oba typy vykazují výbornou zrakovou ostrost na vzdálené předměty. Soustředné kruhy, které jsou součástí obou typů nitroočních čoček, způsobují nepříjemné haló efekty. U refrakčních IOL je tento jev pozorován více. [44]

6 Praktická část

6.1 Metodologie výzkumu

Soubor

Operace katarakty, dnes již jako běžná součást operatérské praxe. I přesto, že se tento zákrok stal denní rutinou, zůstává otázkou, proč pacientova refrakce není po operaci plně korigována.

Praktickou část tvořil soubor pacientů, kteří podstoupili zákrok senilní katarakty v Krajské nemocnici v Liberci. Tito pacienti jsou pravidelnými návštěvníky ordinace očního lékaře v obci Frýdštejn, ze které byly informace o pacientech získány.

Existují různé chirurgické varianty proveditelnosti zákroku. V tomto případě byla zvolena metoda fakoemulzifikace, kdy pouzdro čočky je ponecháno pro vložení nové umělé nitrooční čočky. Tato technika spočívá v odstranění čočkových hmot a nadrceného jádra, pomocí ultrazvukem ovládané kanyly. Po vyčištění čočkového pouzdra se implantovala monofokální čočka.

K vyhodnocení různých požadavků a k dosažení několika cílů, bylo zapotřebí získat určitá data. Nejdůležitějším a stěžejním požadavkem byla informace o refrakci pacienta před a po operaci, a také údaj, na jakou hodnotu dioptrie byla operace cílena. Jednotlivé prvky, související s refrakcí, byly následně srovnávány z různých hledisek, které by pooperační dioptrickou hodnotu mohly určitým způsobem ovlivňovat.

Aby se docílilo srovnatelného souboru pacientů a zamezilo se tak velkým odchylkám, které by mohly zkreslovat výsledné údaje, byli vybráni pacienti, jejichž dioptrické hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 0 dpt do ± 5 dpt. U většiny byla rovněž naměřena i cylindrická hodnota astigmatismu do velikosti ± 1 dpt.

Všechny uvedené dioptrické hodnoty byly získány objektivní metodou pomocí Auto Kerato-Refrakto-Tonometru značky TRK-1P.

Za pomoci přístroje IOL Master firmy Zeiss, byl získán další důležitý požadavek, a to axiální délka oka. Ten pomohl rozklíčovat hlavní chyby ve velikosti vzniku refrakčních odchylek. Rozmezí axiální délky tohoto přiděleného souboru pacientů se pohybovalo od $\pm 22,00$ mm do $\pm 26,00$ mm.

Dalšími parametry, které doplňovaly úlohu statistického zpracování, byly: pohlaví, věk a osa rohovkového astigmatismu.

Posledním, velmi podstatným údajem určující dioptrickou hodnotu IOL, nám přinesl vzorec 3. generace. V případě tohoto zkoumaného vzorku pacientů, byl u všech použit vzorec SRK/T.

Implantovaný typ nitrooční čočky

Po osobní anamnéze s pacientem, ať už na základě jistých doporučení, z osobních, či finančních důvodů, si tento soubor pacientů nechal implantovat monofokální nitrooční čočku. Zjištěné informace, byly zapsány do operačního protokolu (viz. příloha č. 1), který obsahoval potřebná data, sloužící k chirurgickému výkonu. U každého z pacientů byl vybrán stejný typ IOL, a to čočka Acrysof, model SA60AT firmy Alcon. Tato čočka je charakterizována svým tvarem a jedinečnou adaptací ke zrakovému systému. Čočka zaujímá sférický bikonvexní tvar, kde na jejích stranách obsahuje pomocné haptiky. Ty především plní svou úlohu v uchycení IOL v oku. Zároveň tato čočka obsahuje blokátor proti škodlivému modrofialovému záření. [45]

6.2 Stanovení hypotéz

Hlavním cílem této práce bylo porovnání výsledné dioptrické hodnoty oka po operaci senilní katarakty s hodnotou predikovanou a současné zjištění velikosti odchylek. Zároveň se hledaly souvislosti, které z velké části souvisejí se vznikem zbytkové refrakční vady. Jednalo se o spojitost se změnou velikosti osy rohovkového astigmatismu a typem pacientovy refrakční vady před operací.

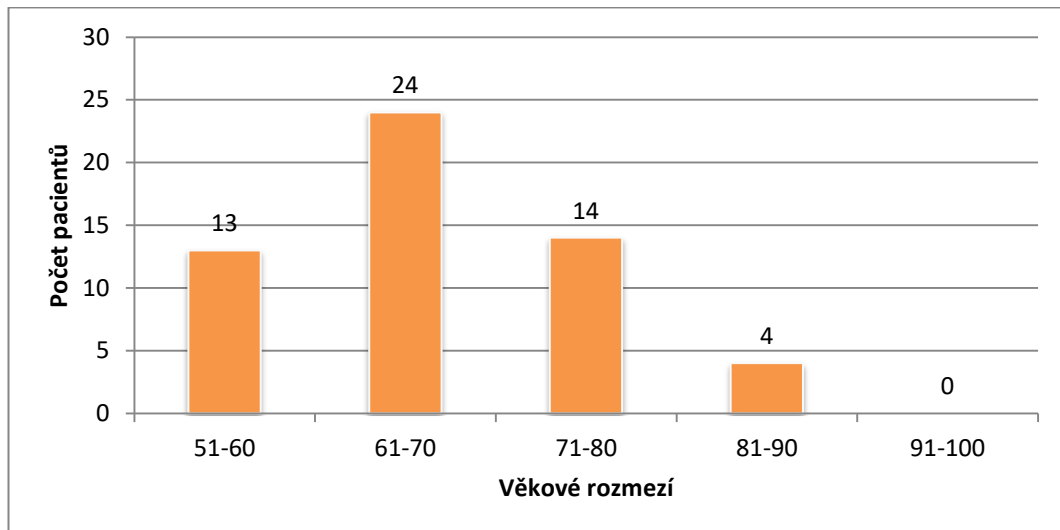
Na základě poznatků z teoretické části a zároveň dle stanovení cílů, si autorka určila tyto hypotézy:

- 1) Délka oka ovlivňuje výslednou refrakci.
- 2) Dioptrická hodnota sférického ekvivalentu po operaci senilní katarakty bude vyšší, než hodnota predikovaná.

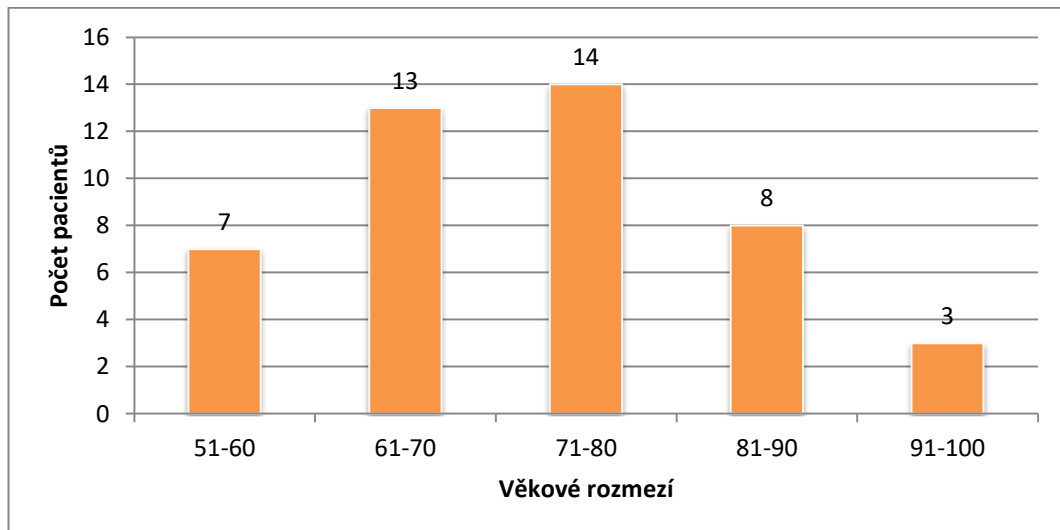
6.3 Zpracování výsledků

Za zmínku jistě stojí připomenutí celkového sledovaného vzorku, které tvořil soubor 100 pacientů. Z toho operaci katarakty podstoupilo 55 žen a 45 mužů. Pomocí četnostního rozdělení se dále zjistilo, v jakém věku se tento typ operace nejvíce podstupuje. Šedý zákal

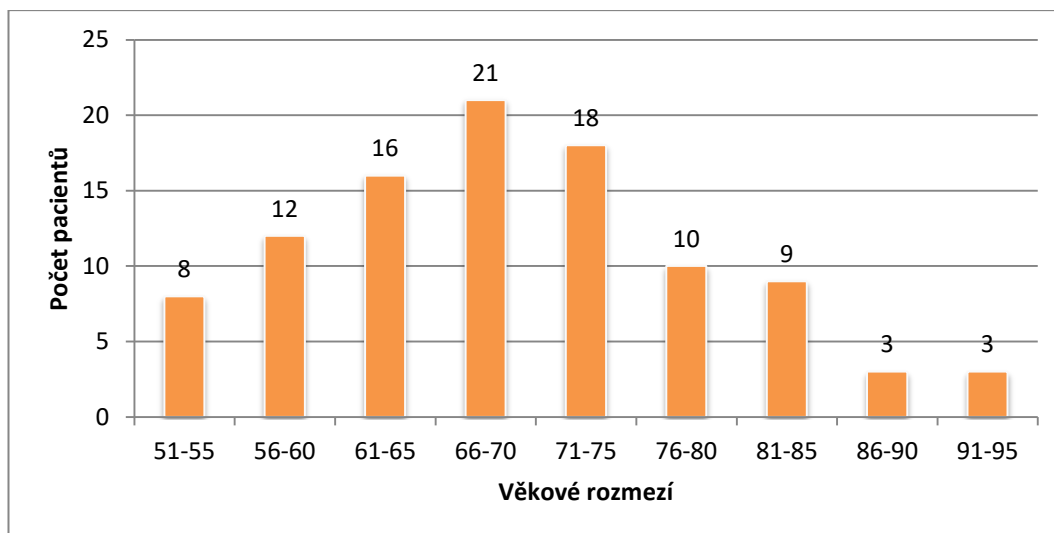
značně ovlivňuje životy lidí v různém věku na základě různých okolností. Pokud se jedná o senilní kataraktu, která tvořila celkový záměr této práce, zjistilo se, že na základě tohoto výzkumu postihuje pacienty zhruba od 50 let jejich věku. V případě věku žen, se operace katarakty provádí ve věku mezi 61 - 70 lety. Naopak u mužů nebyl ve věkových skupinách markantní rozdíl.



Obrázek 3: Histogram rozložení četností věkových skupin u žen



Obrázek 4: Histogram rozložení četností věkových skupin u mužů



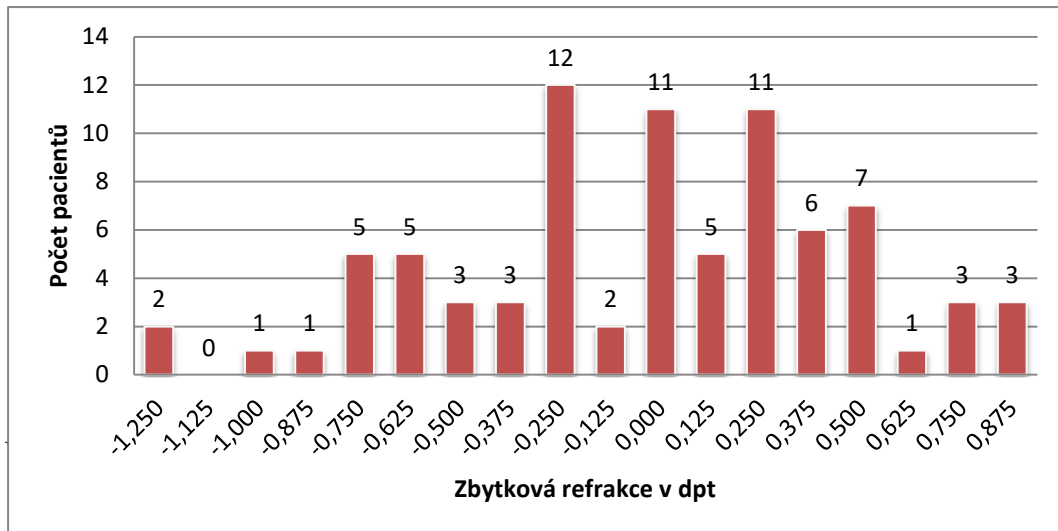
Obrázek 5: Histogram rozložení četností věkových skupin u obou pohlaví

Ve výše uvedeném grafu je znázorněn počet pacientů v závislosti na věku. Rozložení odpovídá Gaussově křivce. Klasické Gaussovo rozlišení je symetrické na obě strany. V tomto případě Gaussova rozložení dochází v krajních mezích k většímu rozptýlení průměrných hodnot. Nejčastější věk pro podstoupení operace senilní katarakty je ve věku 66 - 70 let.

Členění pacientů dle jejich požadované refrakce

Dalším zohledněným bodem tohoto analytického rozboru byla klasifikace pacientů dle jejich požadované refrakce. Pozorným zkoumáním byli pacienti rozděleni do dvou následujících skupin. **První skupina** byla zastoupena vzorkem **81 očí** s požadovanou refrakcí **od plan do -0,25 dpt**. **Druhá skupina** byla tvořena poněkud menším procentem, a to s celkovým počtem **19 očí**. U této kategorie pacientů byla vyžadovaná pooperační refrakce od **-2,00 dpt do -2,50 dpt**. Jedná se o skupinu myopů, kteří jsou zvyklí nosit brýlovou korekci od mládí a tato jim nevádí.

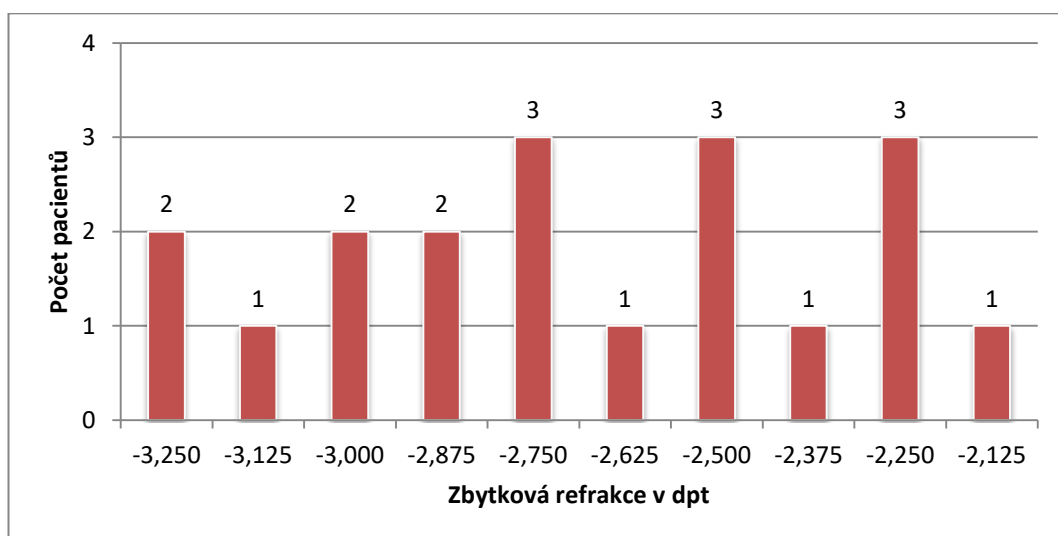
Následující grafy poskytují přehled o dioptrických odchylkách, vzniklých po chirurgické operaci zakalené nitrooční čočky.



Obrázek 6: Směrodatná odchylka u 1. skupiny pacientů

V tomto grafu je uvedeno zastoupení různých velikostí odchylek u 1. první skupiny pacientů. Lze si povšimnout, že nejvíce odchylek vzniklo v rozmezí od -0,25 dpt do +0,50 dpt. **Směrodatná chyba** v této skupině je **0,3 dpt**. Vzhledem k tomu, jak snadno se mohla vyskytnout nějaká chyba, ať už se jedná o nedokonalé proměření očních struktur, nebo špatné usazení nitrooční čočky v původním pouzdře. Díky těmto skutečnostem, chyba vzniklá v této skupině, je plně akceptovatelná. **Úspěšnost** proveditelnosti na požadovanou dioptrickou hodnotu v této skupině pacientů je **30,9 %**.

Tímto dochází k **potvrzení hypotézy číslo dvě**, která říká, že dioptrická hodnota sférického ekvivalentu po operaci, bude vyšší, než hodnota predikovaná. Jak je zde zřejmé, výsledná dioptrická chyba neodpovídá hodnotě požadované.



Obrázek 7: Směrodatná odchylka u 2. skupiny pacientů

Z grafu je patrné, že vzorek pacientů je zde mnohem nižší, než ve skupině předešlé. Proto, výsledné hodnoty zde nemusí zaručit explicitu výsledků. Směrodatná chyba v této skupině je **0,36 dpt**. I přesto, že úspěšnost proveditelnosti v této skupině je 42,1 %, lze si povšimnout, že zde nedochází k tak velkým výkyvům hodnot, jako u skupiny předešlé. Proto lze usuzovat, že zajištění korektního výsledku u vyšších požadovaných hodnot je poněkud obtížnější.

Rozdělení pacientů dle jejich refrakční vady před operací

Další dělení se odvíjelo od pacientovy refrakční vady ještě před operací. Hledaly se zde určité spojitosti, které ovlivňují výsledek operace. V tabulce si lze povšimnout poměrného zastoupení myopů a hypermetropů. Počty jsou celkem vyrovnané.

Tabulka 3: Rozdělení pacientů dle jejich refrakční vady před operací a výsledná dioptrická odchylka vzniklá po operaci

Refrakční vada	Dioptrické rozmezí [dpt]	Počet pacientů	Směrodatná odchylka [dpt]
Myop	až -5,0	44	0,2
Emetrop	0	3	0,9
Hypermetrop	až 5,0	53	0,4

Statisticky méně významnou skupinu zde tvořila skupina emetropů, jejichž zastoupení bylo poměrně malé. Směrodatná odchylka se zde pomalu blížila k hodnotám jedné dioptrie. Co zde stojí za zmínku, je srovnání dvou refrakčních vad, myopie a hypermetopie. Každá z nich vykazovala jiné hodnoty. Rozdíl mezi nimi tvoří 0,2 dpt. Tedy lze usuzovat, že u hypermetropických pacientů dochází k větším dioptrickým odchylkám.

Vliv axiální délky oka na výslednou refrakci

Součástí přesného zjištění dioptrické hodnoty IOL je informace o délce bulbu. Každý milimetr zde hraje svou roli, proto zvláštní důraz by měl být vkládán právě na její změření. Vzhledem k velkému počtu pacientů s různou délkou oka, se další dělení odvíjelo právě od její rozlišnosti. Vzhledem k obvyklým hodnotám axiálních délek, které tvoří střední rozmezí, by zde nemělo docházet k velkým dioptrickým odchylkám. Pokud by tu byli pacienti, jejichž velikost bulbu je <22 mm nebo >26 mm, musely by se zde zohlednit další

skutečnosti. Mezi ně, by určitě patřilo zamyšlení se nad jiným výběrem vzorce, který vykazuje přesnější výsledky v takto extrémních hodnotách.

Celkový soubor pacientů se rozčlenil do čtyř dále uvedených skupin:

1. 22 mm – 22,99 mm
2. 23 mm – 23,99 mm
3. 24 mm – 24,99 mm
4. 25 mm – 26,11 mm

V následující tabulce je znázorněn přehled podstatných dat, které se odvíjely právě na základě různé délky oka.

Tabulka 4: Směrodatná odchylka u různých délek očí

Axiální délka [mm]	Počet pacientů ve skupině	Směrodatná odchylka [dpt]
22 – 22,99	25	0,22
23 – 23,99	39	0,28
24 – 24,99	16	0,36
25 – 26,11	20	0,36

Z výše uvedených dat vyplývá, že nejmenší chybu operatér vykonal u první a druhé skupiny pacientů. V této situaci lze říci, že se stoupající délkou oka se zvyšuje i hodnota dioptrické odchylky. V případě delšího oka dochází i k lehce pozměněné struktuře oka. V oku se celkově nachází více hmot, které mohou určitým způsobem zkreslovat výsledek měření.

K vyhodnocení druhé hypotézy bylo za potřebí znát směrodatné chyby v jednotlivých skupinách axiálních délek. Jak si lze povšimnout, axiální délka plní velkou funkci ve výsledné refrakci. Na tomto údaji jsou všechny výpočty založené. Všechny vzorce tuto hodnotu potřebují znát. Po krátkém shrnutí lze říci, že axiální délka ovlivňuje konečnou refrakci. Čímž se potvrzuje **pravdivost první hypotézy**.

Pooperační vliv osy rohovkového astigmatismu na výslednou hodnotu dioptrie

Další bod praktické části měl za úkol zjistit další vlivy na výslednou refrakce. Tentokrát se jednalo o změnu osy rohovkového astigmatismu, a její působení na cylindrickou hodnotu

právě této oční vady. Zda určité řezy rohovkou způsobí změnu dioptrické cylindrické hodnoty.

V první řadě si autorka rozdělila osy podle vychýlení od jejich původního směru. V **první skupině** se nacházely osy, jejichž hodnoty rostly do plusových hodnot, tedy došlo ke změně směru **podle hodinových ručiček**. **Druhá skupina** obsahovala hodnoty os, jež byly orientovány **proti směru hodinových ručiček**.

Tabulka 5: Směr vychýlení osy rohovkového astigmatismu

Směr vychýlení osy	Počet pacientů
Plus	49
Mínus	43
Beze změny (na počátku bez astigmatismu)	8

Tabulka 6: Vychýlení osy podle směru hodinových ručiček

Změna stavu cylindrické hodnoty	Počet pacientů
Snížení rohovkového astigmatismu	36
Beze změny	7
Zhoršení rohovkového astigmatismu	6

Tabulka 7: Vychýlení osy proti směru hodinových ručiček

Změna stavu cylindrické hodnoty	Počet pacientů
Snížení rohovkového astigmatismu	17
Beze změny	7
Zhoršení rohovkového astigmatismu	19

Po posouzení výsledných hodnot se zjistilo, že vychýlení osy podle směru hodinových ručiček, má značný vliv na výslednou refrakci oka. Téměř u **75 %** pacientů dochází k výraznému snížení dioptrické hodnoty rohovkového astigmatismu. Zatímco u skupiny

druhé, jsou výsledky prakticky srovnatelné. Nejeví se zde žádná známka souvislosti při změně směru osy proti směru hodinových ručiček.

Srovnání výsledných hodnot s ohledem na výběr vzorce

Mezi moderními vzorci, počítající výslednou refrakci IOL, patří několik zástupců. Vzhledem k axiální délce zkoumaného vzorku pacientů byl zvolen právě vzorec 3. generace. Dle Kuchyňky^[1] právě vzorec SRK/T přináší uspokojivé výsledky u axiálních délek od 22,00 mm o 25,99 mm. Vzorec počítá s několika konstantami, zpřesňující výsledek operace. K optimalizaci hloubky přední komory vede faktor retinální tloušťky a keratometrická data. Všechny tyto činitele společně s veličinou HVID počítající průměr rohovky, vedou ke korektnímu výsledku.

U operovaného vzorku pacientů nebyly známy žádné jednotlivé prvky tohoto vzorce, poskytující doplňující informace k výpočtu dioptrické hodnoty IOL. Předpokládala se tedy správnost a přesné zjištění těchto údajů na pracovišti, na kterém byla operace provedena. Jedním z důležitých údajů, které byly k dispozici, patřila informace o velikosti axiální délky, ze které se dalo mnohé zjistit. Ta sehrála velkou roli ve vypočítání refrakčního deficitu.

Následující část měla za úkol porovnat několik podstatných informací ohledně vzorců obsažených ve dvou různých studiích. Vzorce byly srovnávány dle jejich výsledných dioptrických hodnot za účelem jejich nejlepší predikce požadované refrakce pacienta. V tomto přehledu se především jednalo o zhodnocení přesnosti vzorce SRK/T v jednotlivých skupinách axiálních délek.

V první studii vědců Wanga a Changa se zjistilo, že vzorec SRK/T neposkytuje dobré výsledky ve skupině s axiální délkou menší než 22 mm. Svou chybou se přiblížil téměř k $\pm 0,75$ dpt. Ve zbylých skupinách axiálních délek vykazoval přijatelné výsledky, které se vždy vešly do $\pm 0,50$ dpt.

Druhá studie s podstatně větším vzorkem pacientů, ukázala, že vzorec SRK/T přinesl nejlepší výsledek u očí s nejkratší axiální délkou, a to pod 22 mm. Co se týče hodnot pro střední délku oka, přinesl tento vzorec opět uspokojivé výsledky do $\pm 0,50$ dpt. A pokud jde o axiální délku nad 26 mm, dalo by se říci, že výsledky byly celkem obstojné.

Po srovnání s výzkumem, nacházejícím se v experimentální části této práce se zjistilo, že vzorec SRK/T přinesl vynikající výsledek v rozmezí axiálních délek od 22 do 24 mm. Objevily se tu pouze minimální odchylky.

Po zhlédnutí uvedených dat se zjistilo, že zmíněný vzorec 3. generace přinesl velmi přívětivé výsledky napříč všemi axiálními délkami. Dle těchto závěrů lze usoudit, že je vhodnou volbou pro různé délky bulbu.

6.4 Diskuze

Experimentální část představila stručný přehled o zajímavé problematice, týkající se celkové většiny naší populace. Hlavní prioritou bylo posouzení výsledků a úspěšnost proveditelnosti chirurgické operace katarakty. Byla vyhodnocena příslušná data a parametry, vypovídající důležité informace o stavu pacienta před a po operaci.

Výměnu nitrooční čočky za umělou, v případě jejího zakalení, nejčastěji podstupují pacienti ve věku 66 – 70 let. V závislosti na pohlaví se tento věk mírně liší. Vzhledem k fyziologickým změnám oční čočky, které jsou součástí jejího vývoje, je tento věk zcela běžný.

Zásadní výsledek přineslo vyhodnocení dle požadované refrakce pacienta. U první skupiny pacientů bylo zadáním dosáhnout pooperační refrakční hodnoty 0 dpt nebo -0,25 dpt, což odpovídá procentuální úspěšnosti téměř 31 %, s tím, že se operace provede dle zadaných požadavků. Odchytky v této skupině dosahovaly 0,3 dpt. Vzhledem k těmto hodnotám je výsledek pokládán za příznivý. Ve druhé skupině s požadovanou refrakcí -2,00 dpt nebo -2,50 dpt, byla odchytky o něco vyšší, přesněji 0,36 dpt, s úspěšností proveditelnosti 42 %.

Dalším vyhodnoceným parametrem byl vliv původní refrakční vady pacienta na výsledek operace. Před operací tu byl vzorek 44 myopů a 53 hypermetropů. Po vypočítání směrodatné chyby se zjistilo, že myop před samotným zákrokem má větší šanci na úspěšnější operaci. Celkem se jednalo o rozdíl 0,2 dpt. V této kategorii se vyskytli i tři emetropové, jejichž odchýlení dosahovalo 0,9 dpt. Ovšem tento výsledek není nijak statisticky významný, vzhledem k nízkému počtu pacientů ve skupině.

Následně se zjistilo, že se vrůstající délkou oka roste i hodnota zbytkové refrakce. Rovněž je důležité připomenout, že axiální délka oka zde dosahovala hodnot od 22,00 mm do 26,11 mm.

Posledním zajímavým zjištěním byla změna osy rohovkového astigmatismu. Při vychýlení osy podle po směru, až ze 75 % snižuje hodnotu cylindrické hodnoty.

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo stanovení výsledné refrakce oka u pacientů po operaci katarakty, což se podařilo splnit. Dle uvedených výsledků, lze zhodnotit i odchýlení od požadované hodnoty z různých směrů pohledu.

Při zpracování údajů v části praktické, došlo k velice zajímavým výsledkům. Například, že při stoupající hodnotě velikosti délky oka, dochází ke zvýšení nežádoucí zbytkové refrakci. Tyto hodnoty však nepřesahují velikost 0,5 dpt. Současně byla zjištěna výsledná dioptrická odchylka u dvou různých skupin pacientů. V první skupině, kde plánovaná hodnota se měla blížit k 0 dpt a -0,25 dpt, byla necelých 31 % úspěšnost proveditelnosti operace na požadovanou hodnotu. Odchylky se blížily k 0,3 dpt. Ve druhé skupině pacientů s predikovanou hodnotou -2,00 dpt a -2,50 dpt, byla naměřena odchylka 0,36 dpt. Procentuální zdaření operace zde činilo zhruba 42 %.

Současně bylo zjištěno, že stočení roviny osy rohovkového astigmatismu po směru, vede ke snížení dioptrické hodnoty cylindru.

Při zohlednění refrakční vady pacienta před operací, došlo k velmi zajímavým výsledkům. Pokud máme pacienta myopa, jeho předpověď pro přesnější výsledek po operaci je zde mnohem vyšší, než u hypermetropa. Rozdíl zde dosahoval 0,2 dpt.

I když tu bylo pár odchylek, nelze přesně diagnostikovat původní problém, který zde mohl ovlivnit výsledek operace. Mohlo se jednat o pokročilé stádium katarakty, které z velké části způsobí zkreslený obraz při měření délky oka. Rovněž mohlo být příčinou chybné vycentrování IOL v optické ose, nebo způsob zašití stehů na rohovce či sklěře. [osobní konzultace]

Medicína je v dnešní době velmi pokročilá, ať už se jedná o jakékoliv její odvětví. I přesto, jak je problematika zbytkových refrakčních vad komplikovaná, výzkum uvedený v praktické části bakalářské práce, přinesl velmi uspokojivé výsledky.

Seznam použité literatury

- [1] KUCHYŇKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada, 2016, 936 s. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [2] GERINEC, Anton. *Detská oftalmológia*. Martin: Osveta, 2005, 592 s. ISBN 80-8063-181-6.
- [3] KRAUS, Hanuš a kol. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997, 360 s. ISBN 8071690791.
- [4] HORNOVÁ, Jana. *Oční propedeutika*. Praha: Grada, 2011, 103 s. ISBN 978-80-247-4087-4.
- [5] KUCHYŇKA, Pavel. Chirurgie katarakty a refrakční chirurgie. *Progresdent*. 2007, **13**(1), 16-17. ISSN 1211-3859.
- [6] ŘEHÁK, Svatopluk. *Oční lékařství - učebnice pro lékařské fakulty*. 2. přepracované. Praha: Avicenum, 1989, 254 s.
- [7] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. *Lexikon očního lékařství*. Brno: František Vlk, 2008, 607 s. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [8] KURZ, Jaromír. *Základy očního lékařství*. 3. doplněné a přepracované vydání. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1958, 518 s.
- [9] KWITKO, Marvin L. a Charles D. KELMAN. The History of Modern Cataract Surgery [online]. Kugler Publications, 1998, 279 s. [cit. 2017-01-02]. ISBN 90-6299-154-8. Dostupné z: https://books.google.cz/books/about/The_History_of_Modern_Cataract_Surgery.html?id=bzPXRRuCbAcC&redir_esc=y
- [10] RUCKER, C. Wilbur. Early Extracapsular Cataract Extraction: Cataract: a historical perspective. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* [online]. 1965, **4**(4), 377–383 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://www.aao.org/bcscsnippetdetail.aspx?id=01c98350-3658-4308-a44f-9f646f3446f0>
- [11] GARG, Ashok. *Mastering the Art of Bimanual Microincision Phaco (Phaconit/Mics)* [online]. Jaypee Brothers Publishers, 2005, 522 s. [cit. 2017-01-02]. ISBN 81-8061-542-1. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=SHjgbQ9auqYC&dq=k.+Mastering+the+Art+of+Bimanual+Microincision+Phaco+Phaconit/+MICS&hl=cs&source=gbs_navlinks_s
- [12] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, 2006, 373 s. ISBN 80-7262-40-40.
- [13] KRAUS, Hanuš, Ivan KAREL a Eva RŮŽIČKOVÁ. *Oční zákaly*. Praha: Grada, 2001, 149 s. ISBN 80-7169-967-5.

- [14] Šedý zákal [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupné z:
<http://www.operacesedehozakalu.cz/wp-content/uploads/e-book-sedy-zakal.pdf>
- [15] ČECH, R., T. UTÍKAL a J. JUHÁSZOVÁ. Srovnání optické a ultrazvukové biometrie a zhodnocení užívání obou metod v praxi. *Česká a slovenská oftalmologie*. 2014, **70**(1), 3 - 9. ISSN 1211-9059.
- [16] KOUKOLÍK, Václav. *Využití piezoelektrického jevu v praxi* [online]. Plzeň, 2013, 77 s. [cit. 2017-01-09]. Dostupné z:
<https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/10094/DIPLOMKA.pdf?sequence=1>.
Diplomová práce. Západočeská univerzita V Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Eva Kučerová, CSc.
- [17] VESELÝ, Petr, Jana HŘEBCOVÁ a Renata MATĚJKOVÁ. Biometrie v klinické praxi. *Česká oční optika*. 2010, **51**(2), 56 - 59. ISSN 1211-233X.
- [18] WALDRON, Rhonda G. A-Scan Biometry. In: *Medscape* [online]. 2016 [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: <http://emedicine.medscape.com/article/1228447-overview>
- [19] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: NCO NZO, 2015, 250 s. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [20] SKORKOVSKÁ, Š., J. MICHÁLEK, M. RUBEROVÁ a S. SYNEK. Srovnání ultrazvukové a optické biometrie s ohledem na refrakci očí po operaci katarakty. *Česká a slovenská oftalmologie*. 2004, **60**(1), 24 - 29. ISSN 1211-9059.
- [21] WANG, Jia-Kang a Shu-Wen CHANG. Optical biometry intraocular lens power calculation using different formulas in patients with different axial lengths. *International Journal of Ophthalmology* [online]. 2013, **6**(2), 1-5 [cit. 2017-01-09]. DOI: 10.3980/j.issn.22223959.2013.02.08.
Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3633751/>
- [22] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. *Borish's Clinical Refraction*. 2. vyd. Missouri: Butterworth-Heinemann, 2006, 1694 s. ISBN 978-0-7506-7524-6.
- [23] KHURANA, A. K. *Theory And Practice Of Optics And Refraction* [online]. 2. vyd. India: Elsevier India, 2008, 460 s. [cit. 2017-01-09]. ISBN 978-81-312-1132-8. Dostupné z: https://books.google.cz/books/about/Theory_And_Practice_Of_Optics_And_Refrac.html?hl=cs&id=qYeD3VHi8OsC
- [24] CHAKRABARTI, Arup. *Cataract Surgery in Diseased Eyes* [online]. New Delhi, India: Jaypee Brothers Medical Publishers, 2014, 260 s. [cit. 2017-01-09]. ISBN 978-93-5152-092-4.

- Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=4UuVAwAAQBAJ&dq=Cataract+Surgery+in+Diseased+Eyes&hl=cs&source=gbs_navlinks_s
- [25] PETROVÁ, Sylvie. *Základy aplikace kontaktních čoček*. 2. přepracované a doplněné. Brno: NCO NZO, 2008, 219 s. ISBN 978-80-7013-470-2.
- [26] BENEŠ, Pavel. *Keratometrie – princip, měření, rozvržení a excentricita keratometrických hodnot v populaci* [online]. Brno, 2012 [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: http://147.251.49.10/th/15347/lf_d/benes-DIS.p.pdf. Disertační práce. Masarykova universita v Brně. Vedoucí práce Doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc.
- [27] FALHAR, Martin. Vzorce pro výpočet optické mohutnosti intraokulárních čoček. *Jemná mechanika a optika*. 2008, (2), 35 - 40. ISSN 0447-6441.
- [28] SHAMMAS, H. John. *Intraocular Lens Power Calculations* [online]. California: SLACK Incorporated, 2003, 240 s. [cit. 2017-01-02]. ISBN 1-55642-652-6. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=NhWJsGFK6qgC&hl=cs&source=gbs_navlinks_s
- [29] VÍCHA, Igor. *Optimalizace výpočtů dioptrické hodnoty nitroočních implantátů*. Brno, 2007, 144 s. Doktorandská disertační práce. Masarykova univerzita v Brně. Vedoucí práce Prof. MUDr. Eva Vlková, CSc.
- [30] SINGH, kamaljeet. *Small Incision Cataract Surgery (Manual Phaco)* [online]. 2. vyd. New Delhi, India: Jaypee Brothers Medical Publishers, 2010 [cit. 2017-01-02]. ISBN 978-81-8448-980-4. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=pCdj6FTLN4QC&hl=cs&source=gbs_navlinks_s
- [31] HŘEBCOVÁ, Jana. *Optimalizace stanovení optické mohutnosti nitrooční čočky při operaci katarakty*. Brno, 2008. Disertační práce. Masarykova univerzita v Brně.
- [32] ORAVEC, Amy. *IOL Power Calculation: Personalizing the A-constant is key* [online]. 2002 [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: http://crstoday.com/articles/2002-feb/0202_1_041.html/
- [33] KANE, Jack, Anton Van HEERDEN, Alp ATIK a Constantinos PETSOGLOU. Intraocular lens power formula accuracy: Comparison of 7 formulas. *Journal of Cataract and Refractive Surgery* [online]. 2016, **42**(10), 1490-1500 [cit. 2017-01-09]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.07.021. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/309954987_Intraocular_lens_power_formula_accuracy_Comparison_of_7_formulas
- [34] *Nitrooční čočky* [online]. [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: <http://www.oftal.cz/nitroocni-cocky/>

- [35] KUCHYŇKA, Pavel a Lukáš MAGERA. Nitrooční náhrady ve stáří. *Revue ČLA*. 2014, **10**(10), 25-30.
- [36] APPLE, David J. a John SIMS. Harold Ridley and the invention of the intraocular lens. *Survey of Ophthalmology*. 1996, **40**(4), 279-292. DOI: 10.1016/S0039-6257(96)82003-0.
- [37] NOVÁK, Jan. *Nitrooční čočka - cizí těleso v oku*. Praha: Galén, 1999, 133 s. ISBN 80-85824-97-3.
- [38] BELLUCCI, Roberto. An Introduction to Intraocular Lenses: Material, Optics, Haptics, Design and Aberration. *ESASO Course Series* [online]. 2013, (3), 38-43 [cit. 2017-01-09]. DOI: 10.1159/000350902. Dostupné z: https://www.karger.com/ProdukteDB/Katalogteile/isbn3_318/_024/_10/esaso3_04.pdf
- [39] PROKOPOVÁ, Irena. *Makromolekulární chemie*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2007, 207 s. ISBN 80-7080-554-4.
- [40] PANAHI-BAZAZ, Mahmoud-Reza, Mitra ZAMANI a Bijan ABAZAR. Hydrophilic Acrylic versus PMMA Intraocular Lens Implantation in Pediatric Cataract Surgery. *Journal of Ophthalmic and Vision Research* [online]. 2009, **4**(4), 201-207 [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3498857/#b4-jovr-04-201>
- [41] *Intraocular lenses* [online]. 2015 [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: <http://www.docshop.com/education/vision/refractive/iol>
- [42] SPAETH, George L., Helen DANESH-MEYER, Ivan GOLDBERG a Anselm KAMPIK. *Ophthalmic Surgery: Principles and Practice*. 4. vyd. ELSEVIER, 2011, 696 s. ISBN 9781437722505. Dostupné také z: https://books.google.cz/books?id=wHWMUGH-5csC&dq=Ophthalmic+Surgery:+Principles+and+Practice&hl=cs&source=gbs_navlinks_s
- [43] CHANG, David F. *Mastering Refractive IOLs: The Art and Science* [online]. USA: SLACK incorporated, 2008, 915 s. [cit. 2017-01-10]. ISBN 978-1-55642-8593. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=R3lYDUkoxYoC&dq=ss.+Mastering+Refractive+IOLs:+The+Art+and+Science&hl=cs&source=gbs_navlinks_s
- [44] SAXENA, Sandeep. *Clinical Ophthalmology* [online]. 2. vyd. India: Jaypee Brothers Publishers, 2011, 877 s. [cit. 2017-01-10]. ISBN 978-93-5025-004-4. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=5jyusUAXg-EC&dq=clinical+ophthalmology&hl=cs&source=gbs_navlinks_s

- [45] *AcrySof natural* [online]. In: Novartis, 2013 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: http://pdf.medicaexpo.com/pdf/alcon/model-sn60at/80586-137184-_2.html

Seznam symbolů a zkratk

IOL	-	umělá nitrooční čočka (intraocular lens)
ECCE	-	extrakapsulární extrakce (extracapsular cataract extraction)
ICCE	-	intrakapsulární extrakce (intracapsular cataract extraction)
SRK	-	Sander-Retzlaff-Kraff vzorec
ELP	-	efektivní pozice čočky (effective lens position)
AL	-	axiální délka bulbu
aACD	-	anatomická hloubka přední komory
ACD	-	hloubka přední komory
HVID	-	horizontální viditelný průměr rohovky (horizontal visible iris diameter)
WtW	-	horizontální průměr rohovky (white to white)
UVA	-	ultrafialové záření typu A
PMMA	-	polymethylmethakrylát
HEMA	-	2-hydroxyethylmethakrylát
DpostRx	-	požadovaná refrakce oka po operaci

Seznam obrázků

Obrázek 1: Průchod A-scanu skrz optické prostředí [18]	7
Obrázek 2: Umístění IOL v oku [27]	12
Obrázek 3: Histogram rozložení četností věkových skupin u žen	30
Obrázek 4: Histogram rozložení četností věkových skupin u mužů.....	30
Obrázek 5: Histogram rozložení četností věkových skupin u obou pohlaví.....	31
Obrázek 6: Směrodatná odchylka u 1. skupiny pacientů	32
Obrázek 7: Směrodatná odchylka u 2. skupiny pacientů	32

Seznam tabulek

Tabulka 1: Průměrná rychlost šíření ultrazvukových vln v různých očních strukturách [1].....	8
Tabulka 2: Výběr vhodného vzorce pro výpočet optické mohutnosti IOL [1].....	20
Tabulka 3: Rozdělení pacientů dle jejich refrakční vady před operací a výsledná dioptrická odchylka vzniklá po operaci	33
Tabulka 4: Směrodatná odchylka u různých délek očí	34
Tabulka 5: Směr vychýlení osy rohovkového astigmatismu	35
Tabulka 6: Vychýlení osy podle směru hodinových ručiček	35
Tabulka 7: Vychýlení osy proti směru hodinových ručiček	35

Seznam příloh

Příloha 1: Příklad operačního protokolu	48
---	----

Příloha 1: Příklad operačního protokolu

Krajská nemocnice Liberec, a.s., Husova 357/10, 46001 Liberec I
Oddělení oční
Ambulance oční (OFTA)

Zpráva o ambulantním vyšetření

Str.: 1

Pacient :
Bydliště:

Pohlaví:

Datum a čas příchodu pacienta do amb.:
Diagnóza : H251 Senilní katarakta nukleární

Vyšetření :
CAT oc.sin Operatér:

č.záznamu:

V topické as. sup. CCI: 2.2 mm, Omnivisc do PK,
CCC hydrodissekce, FAKO (Constellation), implantace ZK IOL
Acrysof do vaku, výplach, hydratace a doplnění PK, cefuroxim 1mg.
Zde Maxitrol, 2% pilokarpin, Oftaquix gtt, krytí.

DOPORUČENÍ:

- doma relat. klid, oko odlepit zítra ráno a začít kapat kapky Tobradex á 2hodiny, analgetika dle potřeby.
- kontrola ZÍTRA u svého očního lékaře, při potížích na oční pohotovosti KNL ihned.

MODEL: SA60AT
POWER: **17.5D**
LENGTH(Ø_r): 13.0mm
OPTIC(Ø_B): 6.0mm
SN 21159490 034

EXP DATE
2021-04-30
UV
Acrysof SINGLE
PIECE IOL
Alcon Laboratories, Inc.

