

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLMOUCI  
KATEDRA OPTIKY

**IMPLANTACE TRIFOKÁLNÍCH NITROOČNÍCH ČOČEK U  
MYOPICKÝCH OČÍ**

Diplomová práce

**VYPRACOVALA:**

Bc. Karin Novotná

obor N5345 Optometrie

Studijní rok 2016/2017

**VEDOUĆÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:**

RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením  
RNDr. Mgr. Františka Pluháčka, Ph.D. za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci dne 13. 4. 2017

.....

Bc. Karin Novotná

Poděkování:

Děkuji za pomoc při vytvoření a vedení mé práce panu RNDr. Mgr. Františku Pluháčkovi, Ph.D. a paní primářce MUDr. Kláře Marešové, Ph.D. za rady v oblasti odborné problematiky a ochotu při poskytování informací.

Tato práce byla vytvořena za podpory projektu IGA PřF UP v Olomouci s názvem “Optometrie a její aplikace“, č. IGA\_PrF\_2017\_003.

## Obsah

Úvod.....	5
1 Nitrooční čočky .....	6
1.1 Historie implantace nitroočních čoček .....	6
1.2 Konstrukce IOL, materiál .....	7
1.3 Přehled typů multifokálních IOL .....	8
1.3.1 AT LISA tri 839MP .....	10
2 Indikace a kontraindikace pro implantaci multifokální čočky .....	13
2.1 Indikace.....	13
2.2 Kontraindikace.....	14
3 Stanovení parametrů MIOL a průběh operace .....	15
3.1 Biometrie .....	15
3.1.1 Specifika biometrie v případě myopických očí .....	15
3.2 Vzorce pro výpočet IOL .....	16
3.3 Průběh operace.....	17
3.3.1 Specifika operace v případě myopických očí .....	19
3.4 Efektivní pozice čočky.....	19
3.5 Komplikace .....	19
4 Hodnocení kvality vidění po implantaci multifokálních čoček.....	22
4.1 Zraková ostrost, refrakce .....	22
4.2 Kontrastní citlivost.....	24
4.3 Defokusační křivka .....	26
4.4 Aberace vyšších řádů .....	28
4.5 Subjektivní spokojenost.....	29
5 Experimentální část .....	31
5.1 Metodika .....	31
5.2 Výsledky .....	32
5.3 Diskuze .....	36
Závěr .....	38
Použité zdroje .....	39

## Úvod

Nejvýznamnější indikací pro implantaci nitrooční čočky je vedle korekčního účinku odstranění šedého zákalu. V ekonomicky rozvinutých zemích můžeme operaci katarakty nazvat jako nejčastěji prováděnou a zároveň nejúspěšnější náhradu lidského orgánu s malým množstvím komplikací. Díky technice extrakapsulární extrakce s velikostí incize kolem dvou milimetrů je minimalizována traumatizace oka během operace. Pacient má možnost vybrat si mezi klasickou jednoohniskovou anebo prémiovou multifokální nitrooční čočkou, která zajišťuje ostré vidění do blízka, na střední vzdálenost a do dálky, a tak je možné minimalizovat, či úplně odstranit závislost na nošení brýlí. Kvůli neustále se zvyšujícím nárokům na vidění přicházejí výrobci nitroočních čoček s novými technologiemi, které se ubírají směrem pseudoakomodativních nitroočních čoček popř. čoček, u nichž by bylo možné i pooperačně měnit její optickou mohutnost.

Implantace multifokálních nitroočních čoček myopickým pacientům dříve nepatřila mezi běžně prováděné zákroky, zřejmě kvůli rozdílné situaci v presbyopickém věku oproti hypermetropům. V této souvislosti jsou informace v práci týkající se specifík v případě operace u myopických očí čerpány z praktických zkušeností prim. MUDr. Kláry Marešové, Ph.D., FN Olomouc, TANA Oční klinika Olomouc.

Jeden z cílů experimentální části této práce je porovnat vízus na tři vzdálenosti (do dálky, na střední vzdálenost a na blízko) u probandů s konkrétním typem trifokální nitrooční čočky, kteří byli před operací myopičtí. Zjištěné hodnoty jsou porovnávány s výsledky stávajících studií. Dále je u probandů stanovena zbytková pooperační refrakce a pooperační nekorigovaná kontrastní citlivost, jejíž hodnoty jsou srovnány s normou. Subjektivní spokojenost probandů je zhodnocena dotazníkem, v němž byli dotazováni na činnosti vykonávané v běžném životě.

Úvodní kapitoly teoretické části práce jsou zaměřeny na typy nitroočních čoček s důrazem na čočky multifokální. Zmíněny jsou indikace a kontraindikace pro implantaci se zaměřením na multifokální čočky, stanovení hodnoty nitrooční čočky a průběh operace se specifiky v případě myopických očí. Samostatná kapitola se věnuje aspektům hodnocení vidění po implantaci nitrooční čočky.

## 1 Nitrooční čočky

Typů nitroočních čoček (IOL) z hlediska korekce refrakčních vad je několik, klasická jednoohnisková čočka může být kalkulována na dioptrickou hodnotu do dálky nebo do blízka, dle zvyku a přání pacienta. Typy multifokálních čoček zahrnují čočky bifokální, které umožňují vidět do blízka a do dálky bez korekce. Trifokální navíc zajišťují vidění i na střední vzdálenost. Některé níže diskutované jevy budou konkrétně prezentovány na čočce typu AT LISA tri839MP, která byla využita v experimentální části práce.

### 1.1 Historie implantace nitroočních čoček

Nitrooční čočky úzce souvisí s problematikou katarakty. Pojmenování katarakta pro šedavý zákal čočky (dříve suffusio - zalití, zaplavení) zavedl mnich z Kartága C. Africanus někdy mezi lety 1010 - 1087. Poprvé se o řešení šedého zákalu dozvídáme ze starověké Indie z období kolem 800 let př. n. l. Z pramenů kolem pátého století př. n. l. indický lékař ve svém kompendiu popisuje zákrok, kdy je použita zakřivená jehla k vytlačení zakalené hmoty z dráhy vidění. Dnes tento zákrok známe pod pojmem reclinace čočky. Tato metoda byla využívána ve středověku a ještě dnes se stále užívá v některých částech Afriky. V desátém století perský lékař přišel s metodou nasátí celé čočky přes dutou jehlu a jejím vytažením přes velkou incizi. J. Daviel (1696 - 1762) poprvé extrahoval čočku z oka limbálním řezem se zanecháním čočkového pouzdra (extrakapsulární extrakce). V roce 1753 začal Angličan S. Sharp s intrakapsulární extrakcí přes limbální incizi pomocí tlaku palce. Zajímavé bylo rovněž použití kryosondy polským lékařem T. Krwawiczem, kdy se sonda přimrazila v místě kontaktu k čočce a zmrazila ji až k jádru. Technika intrakapsulární extrakce s sebou nesla značné procento komplikací ve formě infekce, krvácení, odchlípení sítnice a okulárního edému.

První implantaci nitrooční čočky provedl v Londýně v roce 1950 H. Ridley, kdy čočku z PMMA umístil po extrakapsulární extrakci do vaku původní čočky. Strampelli roku 1958 implantoval IOL do přední komory, avšak i tady se vyskytly komplikace především s rohovkovým endotelem. O fixaci na duhovku se v roce 1967 pokusil Binkhorst, nicméně se kvůli vysokému procentu komplikací vrátil k umístění do pouzdra s pomocným upevněním na duhovku. Až v roce 1977 J. Pierce položil základy totožné s operacemi, jak je známe dnes a to implantací IOL do pouzdra původní čočky bez další fixace. Velký pokrok pro chirurgii šedého zákalu znamenalo zavedení

ultrazvukové biometrie a sterilizace. V roce 1967 přišel Ch. Kelman s fakoemulzifikací, jakožto s novou technikou pro extrakci katarakty, avšak tato metoda se příliš neujala. Až zavedení kapsulorexe a zlepšení fekoemulzifikačních přístrojů v devadesátých letech vedly oftalmochirurgy a výrobce ke změnám v materiálech IOL (akrylát) a minimalizaci operačního řezu.

Ani u nás nebyly první implantace spojeny s optimismem, jako první je v Československu prováděl profesor J. Vanýsek během druhé světové války v Brně. Po sérii pokusů byla dle vzoru H. Ridleyho vyrobena podobná čočka a implantována v roce 1953. Ani u čoček z PMMA implantovaných do přední komory nebyly výsledky příznivé a tak Vanýsek implantace zavrhl. Za návrat vděčíme profesorovi M. Izákovi, který implantoval čočky sovětské výroby fixované na duhovku. Až po roce 1989 se začaly implantovat IOL zadněkomorové a došlo tak k rychlému rozvoji operačních metod. [1,2,3]

## 1.2 Konstrukce IOL, materiál

Z hlediska stavby mají jakékoliv obecné IOL dvě části - optickou a haptickou, haptická část fixuje čočku na potřebném místě, optická zprostředkovává vidění. Další dělení IOL můžeme uvažovat dle místa, kam je čočka vložena - do přední či do zadní komory. Předněkomorové a zadněkomorové IOL se liší typem haptické části. Předněkomorové se haptikou nejčastěji opírají v komorovém úhlu nebo jsou upnuty na duhovku. Zadněkomorové dáváme nejčastěji do pouzdra původní čočky (čočkového vaku), možná je i implantace do sulcus ciliaris.

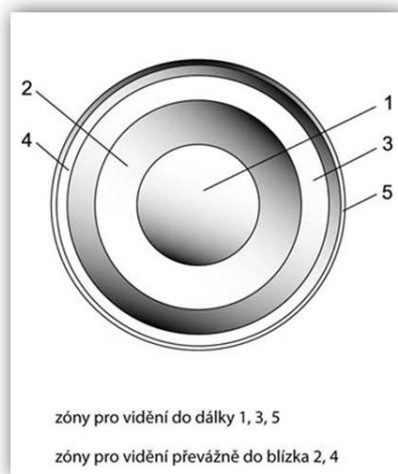
Nitrooční čočky se vyrábí z akrylátu nebo silikonu. Všechny IOL mají filtr pro UV záření vlnových délek 200 - 400 nm, některé absorbují navíc i modré světlo, o jehož vlivu na oko se v současné době hodně hovoří. Čočky z akrylátu mohou být tvrdé nebo měkké, v současnosti jednoznačně převažuje použití měkkých kvůli možnosti implantace malým řezem, kdy se snižuje riziko endoftalmitidy, poop. astigmatismu a ztráty buněk endotelu. Silikonové čočky jsou na rozdíl od akrylátových neadhesivní ke tkáním oka, ale naopak adhesivní k silikonovému oleji. Pokud má čočka asférický design, pak má v periferii menší zakřivení, kterým je odstraněna větší lámavost periferních paprsků než těch paraxiálních (sférická aberace – viz kap. č. 4.4). Pokud je čočka haptickou i optickou částí vyrobena z jednoho kusu a stejného materiálu,

nazýváme ji jakou jednodukusovou. Pokud tomu tak není, hovoříme o čočce vícekusové. Jako prevence proti sekundární kataraktě mohou být optická a haptická část úhlově spojené. Akomodativní čočky mají optickou a haptickou část spojenou pomocí velmi flexibilního materiálu, který umožňuje posunout optickou část vpřed při pseudoakomodaci. [1]

### 1.3 Přehled typů multifokálních IOL

Multifokální nitrooční čočky (MIOL) byly navrženy pro vidění bez brýlí na různé vzdálenosti díky zvýšení hloubky ostrosti oka. Konstrukčně je to zaručeno dvěma (bifokální) nebo třemi (trifokální) optickými mohutnostmi. Trifokální model čočky má navíc poskytovat lepší vidění na střední vzdálenost. Nevýhodou těchto čoček může být snížení kontrastu obrazu, který není vytvořen veškerým světlem přicházejícím do oka. To se musí rozdělit tak, aby současně došlo k vytvoření tří obrazů. Z důvodu multifokální optiky se udává i větší množství rušivých světelných fenoménů jako „glare“ (rozptýlení světla, záře, oslnění) a „halo“ (kruhy kolem světla) při řízení v noci, popř. tmavé obloukovité stíny v temporální části zorného pole. V rámci adaptace mozku mohou tyto fenomény po několika měsících vymizet. Existují dva typy konstrukce multifokální plochy:

**Refrakční čočky** (viz obr. č. 1) vytváří ohniska díky pěti a více koncentrickým zónám s různým povrchovým zakřivením. Typy refrakčních čoček se liší distribucí jednotlivých zón, kdy se střídají koncentrické zóny na dálku a blízko, tzn. varianta se středovou zónou do dálky a první prstencovou zónou do blízka nebo naopak. [1,4]

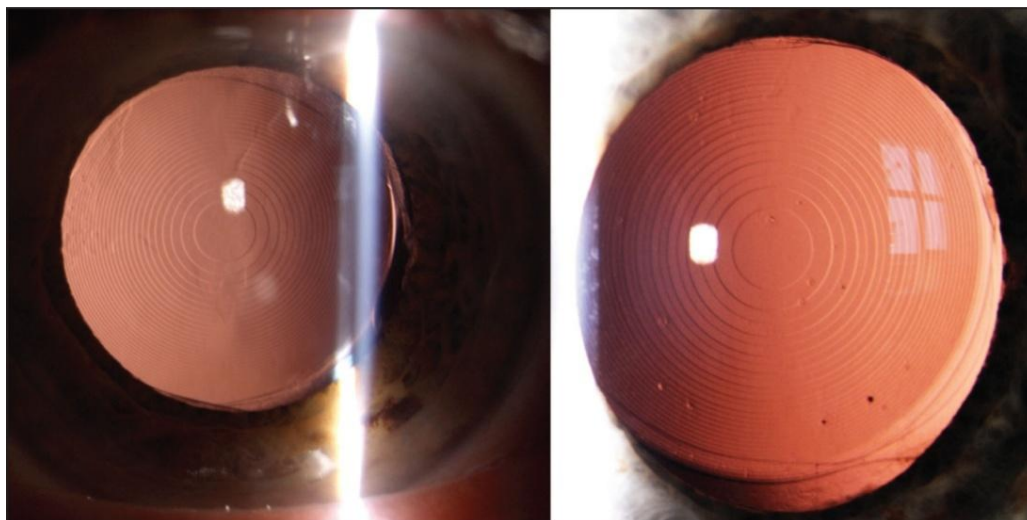


Obrázek 1 - refrakční design multifokální IOL [1]



**Difrakční čočky** využívají difrakce světla na interferenční mřížce pro vytvoření dvou různých ohnisek. Na čočce jsou patrné koncentrické kruhy (viz obr. č. 2), jejichž vzdálenost se mění od centra do periferie (apodizace). Principiálně čočka ohýbá část paprsků vstupujících do oka do jednoho difrakčního maxima (ohniska) ležícího na sítnici, kde je vytvořen ostrý obraz předmětu. Druhá část paprsků se ohýbá mimo sítnici. Mozek při pohledu do dálky nebo do blízka preferuje ohnisko, ve kterém je ostrý obraz, ostatní potlačí. Na tento proces je důležité mozek navyknout. Důležitou roli u difrakčního designu hraje šířka zornice, pokud by se při osvětlení světlem nadměrně zužovala, může potlačovat efekt MIOI nevyužitím zón položených na okraji čočky. Difrakční design bývá konstruován na zadní ploše, přední plocha je asférická pro potlačení sférické aberace. [1]

Dle Findla [5] poskytují difrakční čočky velmi dobré vidění na blízko a do dálky; na střední vzdálenost je efekt čoček slabší. U refrakčních čoček je poměr vidění právě opačný. Ve snaze dostat to nejlepší z těchto dvou designů multifokálních čoček byla pacientům implantována do jednoho oka refrakční a do druhého difrakční multifokální čočka. Proces neuroadaptace je v tomto případě poněkud delší.



Obrázek 2 - difrakční design multifokální IOL [6]

**Akomodativní čočky** se snaží využívat procesy probíhající v oku při akomodaci. Čočka interaguje s vlákny ciliárního svalu, která pohybují čočkou vpřed a vzad díky flexibilnímu spojení haptik z ohebného silikonu a optické části, předpokládá se i určitý tlak sklivce na stěnu čočky při kontrakci ciliárního svalu. Tento proces nazýváme

pseudoakomodace. Akomodativní IOL je vhodná pro pacienty, kteří měli před operací částečně zachovanou akomodaci. [1,2,7]

Budoucnost nitroočních čoček se bude zřejmě ubírat směrem **LAL (Light Adjustable Lens)** čoček. Jedná se o IOL z fotosensitivního silikonu, u které lze osvitom ultrafialovým světlem provést pooperačně změny v zakřivení, které mají za následek změny dioptrické hodnoty čočky. Při osvětlení středové části čočky dochází k jejímu nabobtnání a tím pádem ke zvýšení optické mohutnosti, k opačnému procesu (ke snížení opt. mohutnosti) dochází při osvětlení periferie. [8,9]

Nejčastější typy a parametry multifokálních nitroočních čoček od různých výrobců aktuálně dostupných a využívaných při chirurgii šedého zákalu shrnuje tabulka č. 1.

	<b>ATLISA® tri839MP</b>	<b>IQ ReSTOR®</b>	<b>TECNIS® MULTIFOCAL</b>	<b>PhysIOL®</b>	<b>Lentis Mplus</b>	<b>Crystalens®</b>
<b>materiál</b>	Hydrofilní akrylát	Hydrofobní akrylát	Hydrofobní akrylát	Hydrofilní akrylát	Hydrofilní akrylát	Silikon
<b>hodnota adice</b>	+3,3D/ +1,66D	+3D/+2,5 D	+2,75D/+3,2D/+ 4,0D	+3,5D/ +1,75D	+2D/+3D	-
<b>průměr optické zóny</b>	6,0 mm	6,0 mm	6,0 mm	6,0 mm	6,0 mm	5,0 mm
<b>design</b>	Trifokální/ difrakční/ asférická	difrakční	Asférická/ difrakční	Trifokální/ asférická/ difrakční	Asférická/ refrakční	akomodativní
<b>šířka incize</b>	1,6 mm	-	1,68 mm	≥2,0mm	2,2 /2,6mm	3,5-3,7 mm

Tabulka 1 - aktuálně dostupné multifokální IOL [10,11,12,13,14]

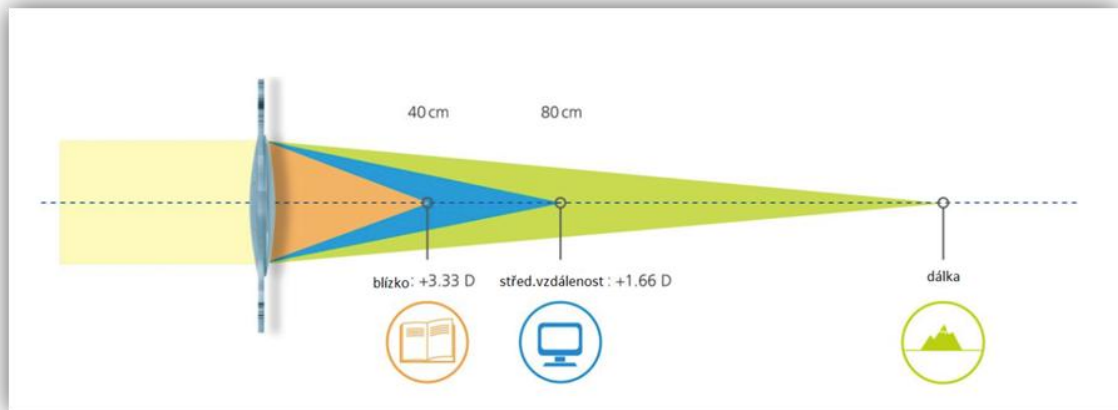
### 1.3.1 AT LISA tri 839MP

Všechny měřené a srovnávané vlastnosti v experimentální části této práce se týkají prémiové MIOL AT LISA tri 839MP (viz obr. č. 3), která byla naimplantována probandům účastnících se experimentu. Jedná se o trifokální asférickou jednokusovou

čočku firmy Carl Zeiss Meditec s difrakčním designem z hydrofilního akrylátu s obsahem vody 25 % a hydrofobní povrchovou úpravou. Optická část má velikost 6 mm, celková délka čočky je 11 mm. Optická část je rozdělena na trifokální zónu do 4,34 mm a od 4,34 do 6,00 mm na bifokální. Povrch je rozdělen do hlavních a fázových zón a mezi těmito zónami má čočka „měkký“ přechod. Zaoblené hrany jednotlivých difrakčních schodů významně zabraňují rušivým rozptylům světla. Čtvercový profil hrany čočky a hydrofobní povrch zajišťuje ochranu proti sekundární kataraktě. Čočka poskytuje adici do blízka v hodnotě +3,33 D a na střední vzdálenost +1,66 D. Nabízeny jsou v dioptrickém rozsahu od 0 do 32 D s krokem po 0,5 D. Doporučená velikost incize je 1,6 mm. Výrobce na svých oficiálních stránkách udává rozložení světelné energie 50 % pro dálku, 20 % pro střední a 30 % pro blízké ohnisko paprsků, což by mělo poskytovat lepší vizuální výsledky u mladších pacientů s aktivní činností zornice. Pro zlepšení vidění v noci má čočka centrálně trifokální design a periferii bifokální. Doporučené vzdálenosti pro optimální využití této čočky ukazuje obrázek č. 4. [10,15]

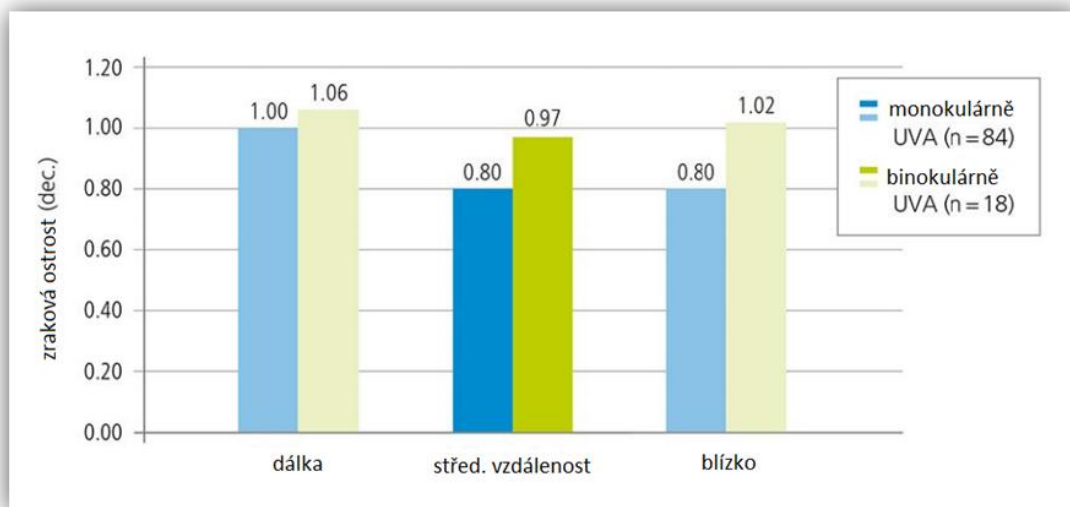


Obrázek 3 - AT LISA tri839MP [10]



Obrázek 4 - vzdálenosti pro využití IOL AT LISA tri839MP [10]

Na obrázku č. 4 jsou uvedeny monokulární a binokulární hodnoty centrální zrakové ostrosti (CZO). Přepočítané hodnoty CZO na jednotky logMAR jsou následující: UCDVA = 0,0 logMAR; UCIVA = 0,1 logMAR; UCNVA = 0,1 logMAR.



Obrázek 5 - CZO uvedené výrobcem [10]

## 2 Indikace a kontraindikace pro implantaci multifokální čočky

Nejvýznamnějšími indikacemi pro implantaci MIOL je odstranění šedého zákalu a korekce refrakční vady v presbyopickém věku. V rámci indikace je nutné dotázat se pacienta na činnosti spojené s jeho běžným životem. S kontraindikacemi souvisí bezesporu stav oka, k jehož zjištění je nutno provést řadu vyšetření.

### 2.1 Indikace

Katarakta (šedý zákal) je zákal nitrooční čočky, který způsobuje rozptýl světelných paprsků vstupujících do oka a špatnou průhlednost, která postupně zhoršuje vidění. Příčiny vzniku šedého zákalu vlivem stárnutí nejsou dosud přesně popsány, existují však rizikové faktory, u kterých je účast na tvorbě šedého zákalu prokázána, například větší expozice UV záření, kouření, alkoholismus, diabetes, průjmová onemocnění, vyšší krevní tlak a výživa.

Nejčastější typ katarakty je **katarakta senilní**, která vzniká vlivem přirozeného stárnutí organismu, počínajícího cca po čtyřicátém roce věku. Jedná se především o chemické změny v čočkových proteinech (krystalinách) se současnou tvorbou pigmentace. Čočka se vlivem stárnutí zvětšuje, zvyšuje se její hmotnost, ztrácí elasticitu a tím pádem i svou akomodační schopnost. To má za následek změnu refrakčního indexu, snížení průhlednosti, optické aberace a zvětšující se zabarvení jádra od slabě žluté po hnědou barvu. Senilní katarakta se dle místa zkalení dělí na tři typy - kataraktu kortikální, nukleární a zadní nebo přední subkapsulární. Dále je možno kataraktu klasifikovat dle stadia, a to na kataraktu incipiens, progrediens, intumescens. Katarakta matura (zralá) je charakteristická zakalením všech vrstev až k pouzdru čočky. Vízus je výrazně snížen, čočka je šedobělavá, popř. do hněda. Katarakta hypermatura nastává po dlouhodobě neřešené maturní kataraktě. Čočkové hmoty zkapalňují, pouzdro je sraštělé a čočka je mléčně bělavá. [1,16,17, 18]

Co se týče načasování zákroku a šedého zákalu, pro MIOL taktéž platí, jako pro jednoohniskové IOL, že operace již není usnadněna zralostí katarakty, ale naopak. Pacient je k operaci indikován ve chvíli, kdy mu zhoršená centrální zraková ostrost působí potíže v běžném životě. V případě, že je katarakta přítomna na obou očích, operuje se nejdříve oko, na kterém je zákal pokročilejší. [2]

Dle prim. MUDr. K. Marešové, Ph.D., by předoperační setkání pacienta s lékařem před implantací MIOL mělo v první části zahrnovat rozhovor s pacientem a ve

druhé pak potřebná vyšetření. V případě vyššího předoperačního rohovkového astigmatizmu je možné zvolit tórickou MIOL. V rámci rozhovoru s pacientem je třeba zjistit osobnost pacienta a konkrétní informace o jeho životě. Například zda jsou na jeho pracovišti dobré světelné podmínky, které jsou pro správnou funkci multifokálních IOL žádoucí. Dotazujeme se rovněž na vzdálenosti související s často vykonávanou činností, např. vzdálenost počítače. Nejvíce multifokální čočku ocení pacienti s aktivním stylem života, kdy je možnost se díky čočce maximálně oprostít od nošení brýlí. Proto jsou v rozhovoru důležité otázky na záliby, sport, řízení. Přínosné jsou také dotazy ohledně prodělaných operací (např. kloubů, plastická/estetická chirurgie) a spokojenosti s nimi, které mohou poukázat na osobnost pacienta. K nespokojenosti pacientů nejčastěji vedou příliš nereálná očekávání.

## **2.2 Kontraindikace**

Provedením potřebných vyšetření před operací můžeme rozhodnout, zda je pacient pro implantaci víceohniskové čočky indikován. Jak prim. K. Marešová uvádí, standardně se provádí keratometrie, topografie a OCT, kvůli stavu rohovky a sítnice (zejm. vyloučení VPMD). Kontraindikacemi pro operaci jsou oční úrazy, onemocnění sítnice, těžká amblyopie, monokulus. Pro vyloučení syndromu suchého oka, který je rovněž kontraindikací, je nutno provést také Break up time test a Schirmerův test, v případě horší kvality slzného filmu upozornit pacienta na zhoršení. Je nutné vyloučit pseudoexfolizační syndrom, při kterém se na přední stěně čočky a závěsném aparátu ukládá fibrinový materiál, což způsobuje porušení závěsného aparátu čočky, které může vyvolat destabilizaci MIOL. Pro implantaci MIOL je kontraindikací příliš úzká zornice, kdy by nebylo možno využívat okrajové zóny čočky. Pokud je po operaci přítomna vyšší zbytkové refrakce, je možno pacientovi nabídnout dokorekci laserovým zákrokem Lasik či Lasek. [2]

### 3 Stanovení parametrů MIOL a průběh operace

Pro stanovení parametrů nitrooční čočky je významná znalost biometrie, jejíž přesnost má velký vliv na výsledek zejména při implantaci MIOL.

#### 3.1 Biometrie

Biometrie spočívá v měření axiální délky oka tj. vzdálenost mezi středem povrchu rohovky a foveou. Spolu s keratometrií slouží biometrie k výpočtu optické mohutnosti nitrooční čočky. Přesné měření biometrie je jednou z podmínek vedoucích ke spokojenosti pacienta s pooperačním výsledkem.

**Ultrazvuková biometrie** pracuje na principu odrazu ultrazvukového signálu od rozhraní. U techniky A-scan jsou impulzy od jednotlivých rozhraní v oku registrovány jako vertikální výchylky neboli echa. Vzdálenosti jednotlivých ech od sebe odpovídají skutečným vzdálenostem tkání v oku. Ultrazvukovou biometrii můžeme rozdělit na kontaktní a imerzní. V případě kontaktní je nutno použít anestetikum, jelikož je sonda přiložena přímo na rohovku. Imerzní technika využívá navíc sklerální plastovou předsádku s roztokem, čímž částečně minimalizuje aplanaci rohovky. Přesnost biometrických přístrojů činí  $\pm 0,1$  mm.

**Optická biometrie** pracuje na principu koherentní interferometrie. Metoda je velmi přesná i u myopických očí a očí se silikonovým olejem, využívá se u dětských pacientů na rozdíl od biometrie kontaktní. Nevýhodou může být pohlcování světla neprůhledným optickým rozhraním, jako jsou maturní a intumescentní katarakty a hemoftalmus. [19]

##### 3.1.1 Specifika biometrie v případě myopických očí

U myopických očí může být biometrie nepřesná z důvodu nastavení formulí biometrických přístrojů na průměrné hodnoty vzdáleností a tloušťky tkání v oku, které u myopického oka nemusí odpovídat. V dalších případech může být makula posunuta vůči optické ose a tím pádem není biometrické měření zacíleno přímo do místa nejostřejšího vidění, což má vliv na výpočet potřebné IOL a následnou zbytkovou refrakci. [8]

### 3.2 Vzorce pro výpočet IOL

Aktuálně používané moderní vzorce navazují na předchozí generace a statisticko-empirický přístup. Klade se velký důraz na individualizaci výpočtu pozice IOL a určení hodnoty hloubky přední komory podle axiální délky oka a zakřivení rohovky. Například vzorec Haigis, který je sestaven na základě pooperačních výsledků. Nová modifikace vzorce Hoffer, Hoffer Q, přináší individualizaci pozice IOL tehdy, kdy vzorec vykazuje nejlepší průměrné výsledky. V rámci zlepšení přesnosti pracuje vzorec Holladay 2 s proměnnými jako je průměr rohovky, věk pacienta, rozměrem white-to-white, hloubkou přední komory, tloušťkou čočky a hodnotami předoperační a plánované pooperační refrakce. Tyto vzorce obsahují faktory, které lze personalizovat a optimalizovat podle techniky chirurga, typu čočky a přístrojů. Pro standardní délky oka mezi 22 - 26 mm a centrální rohovkové mohutnosti mezi 44 - 47 D dávají všechny vzorce přesné výsledky. Zvýšenou pozornost je nutno věnovat pacientům po keratorefrakčním zákroku, pro tyto případy je k dispozici vzorec Haigis-L. Jednotlivé vzorce a k nim doporučené axiální délky oka shrnuje tabulka č. 2.

Každý výrobce udává pro konkrétní čočku **konstantu A** (někdy může být uvedena jako „surgeon factor“), která v sobě nese údaje o typu čočky, materiálu, průměru, designu, indexu lomu, sklonu haptik a slouží k předoperačnímu výpočtu dioptrické hodnoty IOL a její pravděpodobné pozici v oku, která je nejhůře predikovatelným faktorem (efektivní pozici čočky se věnuje kapitola č. 3.4). Konstanty A se liší i pro jednotlivé vzorce. [1,8,20]

Vzorec	Doporučená délka osy oka
Hoffer Q, Holladay 2	< 22,0 mm
Průměr ze všech vzorců	22 - 24,5 mm
Holladay 1	24,5 - 26 mm
SRK/T, Holladay 2	> 26,0 mm

Tabulka 2 - kalkulační vzorce a jejich doporučené použití u různých axiálních délek oka [8]

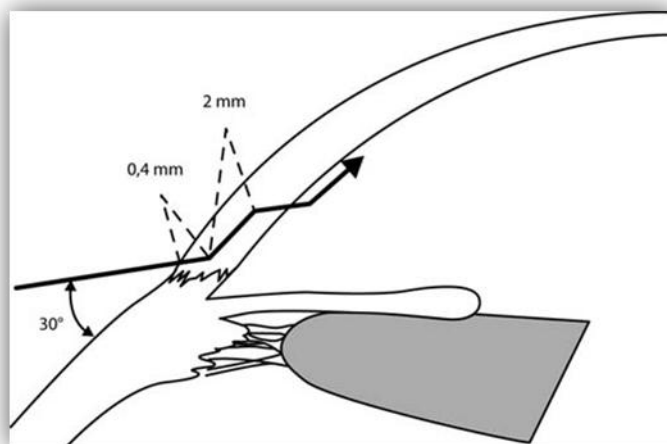


### 3.3 Průběh operace

Dle Maška [2] jsou nároky na chirurga, asistující personál, přístrojové vybavení a dobu zákroku v případě implantace MIOL dvojnásobné, než při běžné operaci katarakty.

Pro zabránění vzniku pooperační infekce je nutná sterilizace spojivkového fornixu a více aplikací povidon-iodinu a kapáním antibiotik do spojivkového vaku. Anestezii lze použít lokální, či celkovou u hůře spolupracujících pacientů, z lokálních typů se využívá topická, infiltrační či intrakamerální. Bezprostředně před operací tzn. méně než jednu hodinu, aplikujeme také mydriatika. Obvykle se používá Tropicamid, Neosynephrin, Cyclopentolat a Homatropin.

Operační techniky můžeme rozdělit na intrakapsulární a extrakapsulární extrakci, přičemž intrakapsulární metoda se využívá poměrně zřídka a především jen v rozvojových zemích. Extrakapsulární metoda se provádí v místní lokální anestezii a spočívá v otevření přední komory malým řezem v oblasti limbu. Většinou se užívá jednorázový řez ve třech rovinách, viz obrázek č. 6. Velikost řezu pod 2 mm je označována jako micro incision cataract surgery (MICS), takto malý řez není nutno šít. Další rohovkové řezy (standardně tři) jsou pro stabilizaci oka, manipulaci s nástrojem druhou rukou a na pomocné nástroje (irigačně-aspirační sondy). Délka těchto řezů je asi 1 mm a bývají situovány na třech nebo devíti hodinách, řez pro zavedení IOL a fakosondu na dvanácti hodinách, záleží však na operátorovi. [1]



Obrázek 6 - řez ve třech rovinách rohovky [1]

**Kapsulorexi** (CCC - continuous curvilinear capsulorhexis) neboli otevření předního pouzdra čočky lze realizovat dvěma způsoby – pomocí zahnuté jehličky či pinzety anebo femtosekundovým laserem. Ve středu předního pouzdra čočky je odstraněn kruh o průměru 5 - 5,5 mm, aby se dosáhlo malého překrytí optické části IOL. Konkrétně pro multifokální čočky je zapotřebí klást důraz na pravidelně okrouhlou kapsulorexi, v případě nepravidelností nebo zatřetí se dá očekávat decentrace čočky, která může mít u multifokální IOL velké důsledky na vidění pacienta. **Hydrodisekce** znamená aplikaci tekutiny mezi pouzdro a kortex, aby došlo k jejich oddělení a mobilizaci jádra čočky. Pro udržení hloubky přední komory a ochranu rohovkového endotelu je použit viskoelastický materiál. Jádro čočky lze odstranit po částech anebo je odsát po rozdrčení.

**Fakoemulzifikace** využívá k odstranění jádra ultrazvukovou energii rozkmitanou jehlou. Jehla jádro rozdrťí na malé fragmenty, které jsou odsáty aspirační kanylou. Jádro můžeme rozdělit dvěma způsoby: technika Divide and conquer spočívá v hlubokém vrypu do jádra, následné rozdělení jádra na poloviny, které jsou ještě sektorovitě děleny a nakonec rozdrčeny a odsáty ultrazvukovou kanylou. Technika Phaco chop, využívá stabilizace jádra hrotem jednoho nástroje a řezu jádra druhým nástrojem (chopper) od kraje k centru. Existují i různé modifikace těchto metod např. Phaco quick chop. Technika fakoemulzifikace je výhodná pro snížený výskyt raných komplikací, urychlení hojení a rychlou rehabilitaci vidění. Před samotnou implantací IOL je nutno pouzdro řádně vypláchnout a odsát zbytky kortexu. Při komplikovaném odstraňování jádra (zejm. u intumescentních katarakt) lze použít zahnutou kanylu. Tekutina k vyplachování zhruba odpovídá složení komorové vody, navíc obsahuje antibiotika a adrenalin a používá se při hydrodisekci a pro uzavření řezu na konci operace. V literatuře se můžeme setkat s názvem BSS (balanced physiological solution).

Čočku implantujeme ve většině případů injektorem, který umožní implantaci malou incizí, s dávkou viskoelastického materiálu se IOL lehce rozvine. IOL se s pomocí haptik umístí do původního zadního pouzdra nebo je možné ji umístit do pevného sulku popř. upevnit do trabekula komorového úhlu či na duhovku. Multifokální čočky vkládáme do pouzdra anebo do sulcus ciliaris, v případě, že by v původním pouzdře pacient již měl monofokální IOL. Ke konci operace je odsát viskoelastický materiál a oko je tonizováno. Operační ránu není nutno šít, jen aplikujeme do stromatu rohovky roztok BSS. Vidění je obnoveno v řádech několika hodin nebo dní. [1,18,21,34]

### **3.3.1 Specifika operace v případě myopických očí**

Dle prim. MUDr. K. Marešové, Ph.D., můžeme za hlavní specifikum u myopických očí považovat hlubší přední komoru, jejíž výhodou je více prostoru pro nástroje chirurga, na rozdíl od hypermetropických očí, kde je prostor stísněnější a s okem je třeba při operaci více manipulovat. Při vysoké myopii bývá kvůli hodně hluboké přední komoře zapotřebí mít operační nástroje skloněné dolů do oka, aby bylo možno operovat v hloubce čočky. U myopického pacienta je doporučeno použít intrakamerální anestezii k zajištění absence bolesti, kterou by mohla vyvolat výrazná změna tlaku v oku, a to především kvůli většímu prohlubování a změlčování přední komory, jež je důsledkem volnějšího závěsného aparátu čočky a celkově volnější soustavy duhovka - čočka.

### **3.4 Efektivní pozice čočky**

Efektivní pozice čočky (ELP) je velmi důležitá pro kalkulaci výpočtu IOL a určuje tak pacientovo vidění po implantaci. Posun IOL o 0,5 mm znamená změnu v dioptrickém výsledku o 1 dioptrii. Na efektivní pozici čočky má vliv kapsulorexe, pokud je otvor v předním pouzdře příliš velký, čočka má tendenci se tlačit dopředu a tím pádem se oko myopizuje. V opačném případě malé kapsulorexe je čočka v původním pouzdře více stabilní. Pozice čočky může být ovlivněna roztržením či smrštěním čočkového pouzdra při operaci nebo po ní, jehož následkem bývá navozený astigmatismus. Vidění může ovlivnit i větší množství viskoelastického materiálu aplikovaného do pouzdra, s čím souvisí hlubší usazení IOL. Odchyly při implantaci se více projeví u torických a multifokálních nitroočních čoček. [18]

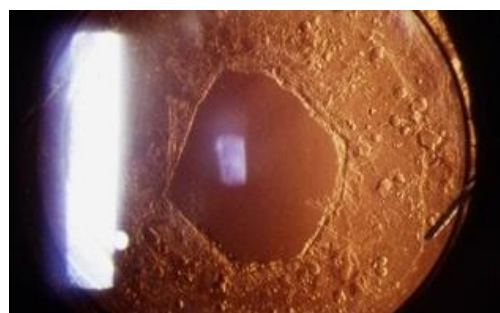
### **3.5 Komplikace**

Kuchynka [1] uvádí četnosti jednotlivých komplikací následovně: zkalení zadního pouzdra - 19 až 40 %; dislokace IOL, hypertenze, makulární edém pod 2 %; odchlípení sítnice pod 0,7 %; endoftalmitida pod 0,1 %. Ostatní komplikace, od malých očních zánětů po devastující ztráty zraku, jsou většinou velmi vzácné a často způsobené infekcí či krvácením do oka.

**Opacifikace zadního pouzdra** (viz obr. č. 7), známá také jako sekundární katarakta je nejčastější a zároveň nejméně závažnou komplikací. Spočívá v zakalení původního čočkového pouzdra po několika měsících až letech po operaci, pacient si opět stěžuje na stejné příznaky jako u šedého zákalu. Příčinou je migrace a proliferace epitelových buněk původní čočky z ekvatoriální části. Terapie spočívá v ambulantním vytvoření otvoru v zadním pouzdru paprskem Nd:YAG laseru, tzv. kapsulotomie (viz obr. č. 8). [16]



Obrázek 7 - opacifikace zadního pouzdra [22]



Obrázek 8 - zadní pouzdro po kapsulotomii [22]

Další komplikací působící horší vidění je **dislokace nitrooční čočky**. Pacient může vnímat okraj implantátu nebo může docházet až k dvojitému vidění. Čím více je IOL dislokována, tím více zhoršuje vidění. K dislokaci může dojít z důvodu poškození vláken, která drží pouzdro nebo pokud je haptická část IOL v pouzdře nesprávně umístěna. Repozice čočky by měla být provedena co nejdříve po zákroku, jelikož tři měsíce po operaci již dochází k jizvení haptik IOL k původnímu pouzdru čočky. [23]

**Hypertenze** probíhá většinou krátkodobě (1 - 3 dny) a samovolně se vrací do normálu, hodnoty nitroočního tlaku bývají obvykle kolem 30 mm Hg. U glaukomatiků může zvýšení tlaku přetrvávat déle a je proto nutné nasadit léčbu. Příčiny jsou multifaktoriální, uvádí se také korelace mezi vysokou zručností chirurga a sníženým rizikem hypertenze po operaci. [1,24]

**Cystoidní makulární edém** vzniká nahromaděním tekutiny v oblasti makuly v důsledku narušení bariéry krevní oběh - sítnice. To způsobí únik z perifoveálních sítnicových kapilár a nahromaděním tekutiny ve vnější plexiformní vrstvě. Redukce zraku nastane shromažďováním tekutiny, jež narušuje architekturu fotoreceptorů. Mezi

symptomy patří již zmíněná redukce zraku, ztráta kontrastní citlivosti, barevného vidění, metamorfopsie, mikropsie a centrální skotom. [25]

**Odchlípení sítnice** může nastat v řádech měsíců či let po naprosto úspěšné operaci katarakty. Většina pacientů s odchlípenou sítnicí může mít dobrý vÍzus, pokud je léčba zahájena v raném stádiu. Riziko odchlípení sítnice se zvyšuje při rupnutí zadního pouzdra či vitrektomie během operace, u predisponovaných očí s délkou nad 25 mm a periferní degenerací sítnice nebo již po prodělaném odchlípení sítnice. Kuchynka [1] udává čtyřnásobné zvýšení rizika odchlípení sítnice po Nd:YAG kapsulotomii. Po intrakapsulární extrakci byla tato komplikace relativně častá. [1,26]

**Endoftalmitida** je zánět nitroočních struktur, který se nejčastěji projevuje druhý až pátý den po operaci. Příznačná je pro ni silná bolest oka, světloplachost a snížená zraková ostrost. Zároveň lze pozorovat akutní zánět duhovky a řasnatého tělíska, hypopyon a chemózu spojivky. Nejčastějším původcem bývá *Staphylococcus epidermidis*. Léčba spočívá v lokálním a intravitreálním podání širokospektrých antibiotik, popř. kortikoidů. Při velmi snížené CZO je indikována vitrektomie. [1]

## 4 Hodnocení kvality vidění po implantaci multifokálních čoček

Kvalitu vidění po implantaci multifokálních nitroočních čoček lze hodnotit s pomocí několika aspektů vyšetření. V podkapitolách níže jsou uvedeny obecné informace vztahující se k vyšetřovacím metodám a dále jsou zmíněny výsledky již provedených studií uvedených v letech 2013, 2014 a 2015. Důraz je kladen zejména na hodnocení vidění s čočkou AT LISA tri839MP, použitou v experimentální části práce.

### 4.1 Zraková ostrost, refrakce

Nejčastěji využívaným aspektem k zhodnocení optické korekce je zraková ostrost, tu můžeme stanovovat na dálku (5 nebo 6 m), na střední vzdálenost (80/ 66 / 60 cm) a na blízko (40 /33 cm). V různých studiích se lze setkat s porovnáváním CZO v různých časových intervalech po operaci (1, 3 a 6 měsíců). Výhodou může být i porovnání pooperační CZO s CZO předoperační, pokud jsou tyto data k dispozici. Zjištěné hodnoty vízu jsou udávány v jednotkách logMAR či decimálně. Mezinárodně je pro zrakovou ostrost využíváno označení vycházející z anglických zkratk tj. nekorigovaná CZO do dálky/ na střed. vzdálenost/ do blízka: UCDVA/UCIVA/UCNVA. Korigovaná CZO do dálky/ na střed. vzdálenost/ do blízka: CDVA/CIVA/CNVA.

Studie s názvem *Outcomes of a new diffractive trifocal intraocular lens* [15] udává hodnoty CZO a refrakce 6 měsíců po implantaci AT LISA tri839MP (rozsah od 0,0 do +32 D) následovně, viz tabulky č. 3 a č. 4.

	CZO poop. / logMAR					
	UCDVA	UCIVA	UCNVA	CDVA	CIVA	CNVA
Ø	-0,03	0,08	0,20	-0,05	0,06	0,13
STD	0,09	0,10	0,12	0,08	0,11	0,10

Tabulka 3 – CZO poop.[15]

	Subj.ref.poop.		
	sph/D	cyl/D	SE/D
Ø	0,02	-0,28	-0,12
STD	0,38	0,24	0,39

Tabulka 4 – subj.refrakce poop.[15]

Studie [27] udává výsledky s téže implantovanou IOL (rozsah od 15,5 do 25,5 D) 3 měsíce po operaci následovně: Ø UCDVA: 0,1 logMAR; Ø UCIVA: 0,15 logMAR; Ø UCNVA: 0,1 logMAR. Průměrné hodnoty pooperační refrakce jsou uvedeny v tabulce č. 5.

	Subj.ref.poop.		
	sph/D	cyl/D	SE/D
Ø	0,05	-0,1	-0,08
STD	0,25	0,18	0,25

Tabulka 5 – subj.refrakce poop. [27]

Monokulární průměrné hodnoty korigované a nekorigované CZO jsou uvedeny v tabulce č. 6. Studie [28] hodnotila vidění probandů s difrakční trifokální IOL PhysiOL.

	CZO poop. / logMAR					
	UCDVA	UCIVA	UCNVA	CDVA	CIVA	CNVA
Ø	0,18	0,2	0,26	0,05	0,17	0,16
STD	0,13	0,11	0,15	0,06	0,09	0,13

Tabulka 6 – CZO poop. [28]

Studie [29] realizovaná s difrakční MIOL (AcryvaReviol MF613) a hypermetropickými pacienty (předoperační Ø SE= +7.88 D s rozsahem +5.00 až +12.00 D) udává hodnoty CZO viz tabulka č. 7. Pooperační průměrný sférický ekvivalent Ø SE = +0,47±0,34 D.

	CZO poop. / logMAR					
	UCDVA	UCIVA	UCNVA	CDVA	CIVA	CNVA
Ø	0,04	0,03	0,06	0,01	0,03	0,03
STD	0,07	0,06	0,08	0,03	0,07	0,07

Tabulka 7 - CZO poop. [29]

Studie [30] porovnávala vidění s bifokální (AT LISA 801) a trifokální (AT LISA 839 MP) IOL. Lepší výsledky byly zjištěny u UCNVA, CNVA, UCIVA, CIVA pro trifokální čočku, než pro bifokální. U CZO do dálky nejsou žádné statisticky významné rozdíly.

Výsledky studie dle Alió a kol. [28] uvádí nejlepší nekorigovanou hodnotu pro UCDVA, poté pro UCIVA a nejhůře hodnocenou byla UCNVA. Ve sledovaných

studiiích prováděných pro AT LISA tri839MP dle Kretze a kol. [27] vycházely nejlepší nekorigované hodnoty CZO do dálky a na blízko, mírně hůř na tom byla střední vzdálenost. Mojzis a kol. [15] udává stejné pořadí nejlepších hodnot CZO jako Alió [28], přičemž výsledky hodnot čočky AT LISA vykazují lepší čísla než pro PhysIOL. Při srovnání trifokální a bifokální IOL studie [30] poukazuje na lepší CZO na střední vzdálenost a do blízka (korigovanou i nekorigovanou) u trifokální čočky oproti bifokální.

## 4.2 Kontrastní citlivost

Kontrastní citlivost (CS) popisuje rozlišovací schopnosti oka při různých stupních kontrastu a bývá obvykle hodnocena při různých prostorových frekvencích. Můžeme ji popsat jako převrácenou hodnotu kontrastního prahu, který můžeme definovat, jako nejmenší hodnotu kontrastu kterou může oko vnímat. Často se měří v závislosti na tzv. prostorové frekvenci, která udává periodu sinusové mřížky v cyklech na úhlový stupeň (c/st nebo cpd). Maximum a minimum jasu mřížky pak určuje pozorovaný kontrast. Kontrastní citlivost se s prostorovou frekvencí mění - největší hodnotu lze očekávat u cca 8 cyklů na stupeň (cpd). Měření kontrastní citlivosti má význam v diagnostice některých očních onemocnění, což spočívá v typickém průběhu křivky. Křivku lze prakticky měřit pomocí vyšetřovacích tabulí nebo optotypů s proměnným kontrastem na LCD monitoru. [1]

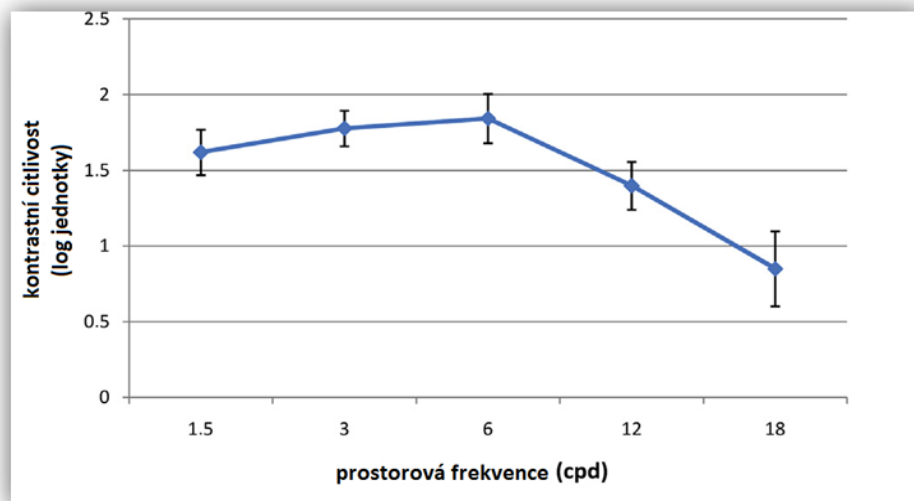
V tabulce č. 8 jsou uvedeny normální hodnoty kontrastní citlivosti pro věkovou skupinu od 50 - 75 let uváděné výrobcem tabule pro měření kontrastní citlivosti CSV-1000, který byl využit v experimentální části této práce. [31]

	<b>Normální hodnoty kon.citl. [log. jednotky]</b>			
	<b>3 cpd</b>	<b>6 cpd</b>	<b>12 cpd</b>	<b>18 cpd</b>
<b>Ø</b>	1,56	1,80	1,5	0,93
<b>STD</b>	0,15	0,17	0,15	0,25

Tabulka 8 - normální hodnoty kontrastní citlivosti [31]

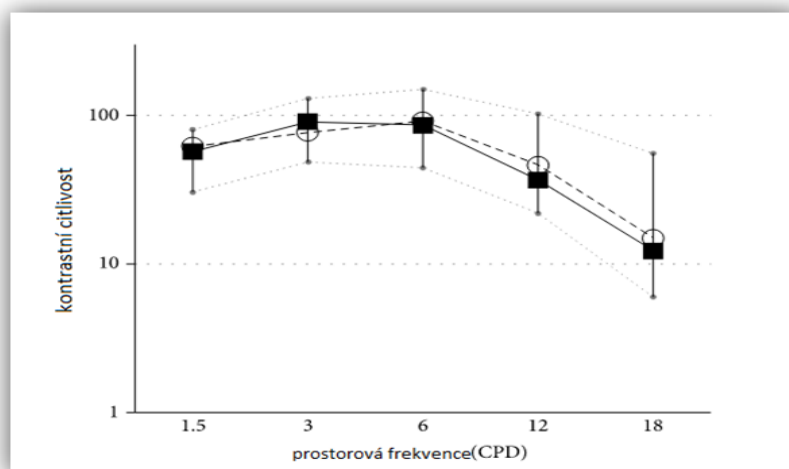


Studie [15] porovnávala CS 1 měsíc a 6 měsíců po operaci, měření bylo realizováno na testu CSV-1000. Křivka na obrázku č. 9 ukazuje hodnoty 6 měsíců po operaci. Od prvního do šestého měsíce po operaci došlo k mírnému, ale statisticky významnému zlepšení kontrastní citlivosti u prostorových frekvencí 1,5; 12 a 18 cpd. Kontrastní citlivost se mezi 3 c/st a 6 c/st od prvního do šestého měsíce po operaci nijak významně nezlepšila.



Obrázek 9 - křivka CS [15]

Studie [27] udává na obr. č. 10 průměrnou kontrastní citlivost pro čočku AT LISA tri839MP při fotopických podmínkách měřenou bez zdroje „glare“ (přerušovaná čára) a se zdrojem (plná čára se čtverečky).



Obrázek 10 - křivka CS [27]

Studie [32] porovnávala kontrastní citlivost mezi multifokálními čočkami Acrysof ReSTOR a Acri.LISA (dřívější název pro AT LISA). Obě čočky za fotopických podmínek poskytovaly hodnoty kontrastní citlivosti v normálním rozmezí. Za zhoršených světelných podmínek došlo u obou čoček ke snížení kontrastní citlivosti, zejm. při vyšších prostorových frekvencích. Nebyly zjištěny žádné významné rozdíly mezi oběma IOL při jakýchkoliv světelných podmínkách.

V tabulce normálních hodnot kontrastní citlivosti lze pozorovat nejlepší výsledky u prostorové frekvence 6 cyklů na stupeň a to 1,8 log. Studie [15] vykazuje nejlepší hodnotu CS rovněž při 6 cpd, Kretz a kol. [27] uvádí nejlepší hodnoty u 6 a 3 cpd. Alió a kol. [28] sledoval CS za skotopických podmínek první a šestý měsíc po operaci, mezi těmito obdobími nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly.

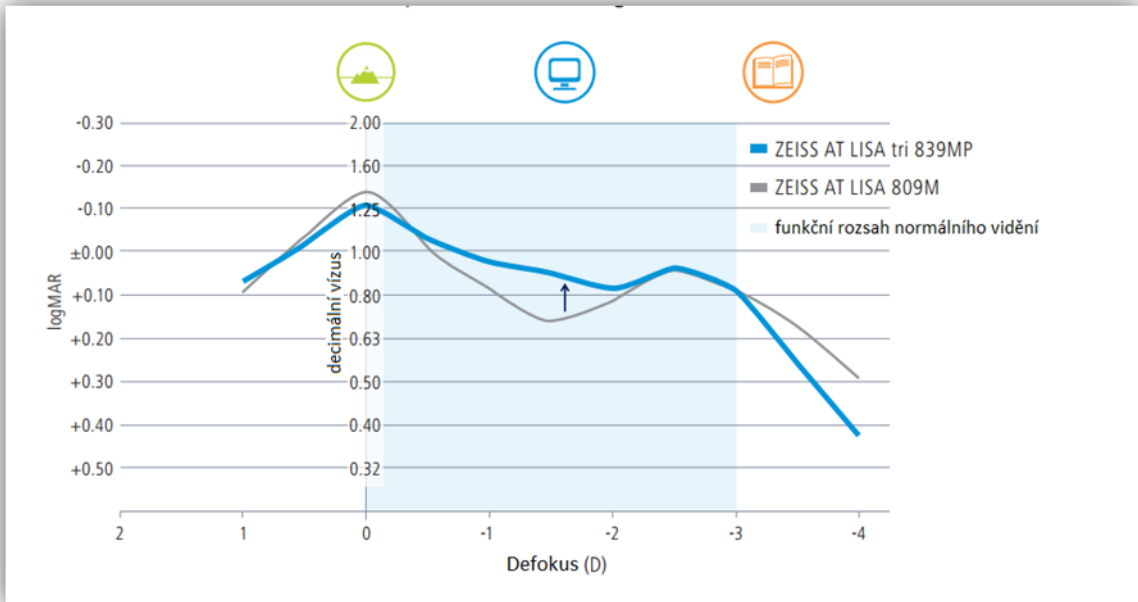
### 4.3 Defokusační křivka

Defokusační křivka využívá skutečnosti, že vidění na danou vzdálenost lze při pohledu do dálky simulovat předložením vhodných rozptylných čoček, které navozují ekvivalentní akomodační požadavek. Pro emetropické či plně vykorigované oko je simulovaná vzdálenost před okem rovna velikosti převrácené hodnoty předkládané čočky, viz tabulka č. 9. Spojné čočky pouze simulují zhoršené vidění, nelze je ztotožnit s reálnou vzdáleností. Měření bývá realizováno do dálky pomocí optotypu a sady zkušebních čoček, kdy jsou pacientovi náhodně předřazovány čočky v dioptrickém rozsahu např. od -5 do +2 D s krokem po 0,5 D; dioptrický rozsah se může lišit. Níže budou prezentovány výsledky studií zabývajících se hodnocením MIOL AT LISA tri839MP, použité v experimentální části práce.

	vízus s předřazenou sférou / logMAR											
předřazená sféra / D	-5	-4,5	-4	-3,5	-3	-2,5	-2	-1,5	-1	-0,5	0	0,5
ekvival. vzdálenost / m	0,2	0,22	0,25	0,29	0,33	0,4	0,5	0,67	1,0	2,0	6,0	-

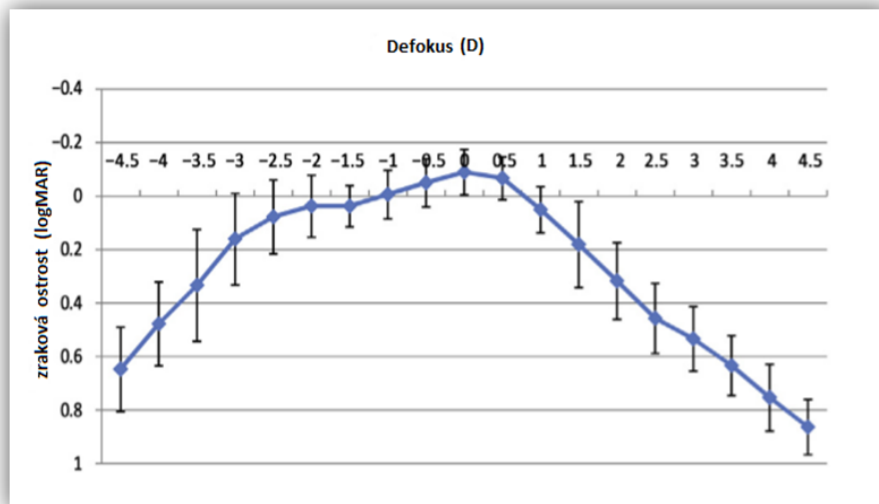
Tabulka 9 - ekvivalentní vzdálenosti k předřazeným dioptrickým hodnotám

Na obrázku č. 11 jsou uvedeny defokusační křivky pro čočku AT LISA tri 839MP a AT LISA 809M ze studie provedené výrobcem IOL firmou Carl Zeiss Meditec. Na obrázku je patrné zlepšení vidění u trifokální čočky na střední vzdálenost.



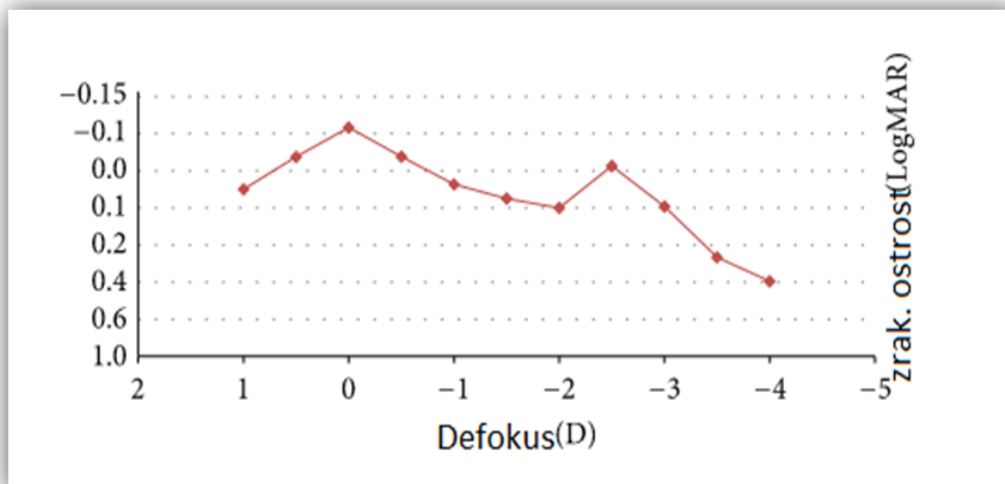
Obrázek 11 - defokusační křivka pro AT LISA tri839MP a AT LISA809M [10]

Dle studie [15] se hodnoty CZO pohybovaly od -0,09 do 0,16 logMAR, při měření defokusační křivky v intervalu od 0 D do -3 D. Křivka zůstala stabilní i v širším intervalu (+0,5 D do -0,5 D). U křivky je patrný malý propad v oblasti ekvivalentní pro střední vzdálenosti, což je typické pro trifokální design čočky.



Obrázek 12 - defokusační křivka [15]

Studie [27] prezentuje výsledky defokusační křivky pro nitrooční čočku AT LISA tri839 MP 3 měsíce po operaci následovně.



Obrázek 13 - defokusační křivka [27]

Defokusační křivky měřené pro stejné trifokální čočky vykazaly dva zřetelné vrcholy maximálního vidění. U studie [27] byla maximální hodnota CZO -0,1 logMAR při předřazené 0 D, maximum druhého vrcholu bylo v -2,5 D s hodnotou CZO 0,0 logMAR. U studie [15] mělo první maximum stejné hodnoty, tzn. vízus -0,1 při nulové předřazené hodnotě, druhý vrchol defokusační křivky je patrný při předřazených -2 D a dosažená hodnota CZO  $\doteq$  0,02 logMAR. Alió a kol. [28] udává pro čočku PhysiOL maximální hodnotu vízu rovněž při předřazené nule (CZO  $\doteq$  0,02 logMAR), maximum pro blízkou vzdálenost nastalo při předřazených -2,5 D a hodnota CZO dosáhla na 0,2 logMAR. Je nutno uvést, že daná defokusační křivka byla měřena s korekcí do dálky, což může mít pozitivní vliv na hodnoty vízu. Carl Zeiss Meditec uvádí pro AL LISA tri839MP hodnoty CZO -0,1 logMAR pro 0 předřazených dioptrií, pro předřazených -2,5 D hodnotu CZO  $\doteq$  0,03 logMAR, což můžeme pokládat za prakticky totožné výsledky se studii týkajícími se stejné IOL.

#### 4.4 Aberace vyšších řádů

Aberace vyšších řádů (HOA) vznikají kvůli nepravidelnému povrchu očních médií a působí tak negativně na kvalitu obrazu vytvořeného na sítnici. Vznik a účinek aberací vyšších řádů ovlivňuje šířka zornice, která narůstá při zhoršených světelných

podmínkách (v mlze, za šera nebo v deštivém počasí) a zvyšuje se tak i vliv aberací vyšších řádů. Při denním světle mají negativní dopad na vidění pouze velmi vysoké hodnoty HOA. Ze všech aberací oka tvoří HOA asi 15 %. Ve studiích zhodnocujících vidění po implantaci IOL bývají nejčastěji zjišťovány hodnoty sférické aberace, komy a trefoilu. **Sférická aberace** vzniká především větší lomivostí neparaxiálních paprsků, což působí rozmazaný vjem a bývá příčinou noční myopie. **Trefoil** působí paprskovité vnímání světelných zdrojů a rozostřenost obrazů ve třech směrech. Rozmazané a neostře vidění způsobuje i **koma**, která má navíc za následek vnímání „duchů“ kolem světelných zdrojů. Někdy se pro hodnocení kvality vytvořeného obrazu používá hodnota **Strehlova poměru**, tyto hodnoty se pohybují v rozmezí od 0 - 1, kdy 0 představuje soustavu nezobrazující obraz a 1 ideální bezvadnou soustavu.

Redukce sférické aberace u IOL bývá realizována jejím asférickým designem. Neutrální asféricita IOL řeší vlastní sférickou aberaci IOL, záporná asféricita IOL kompenzuje sféricitu rohovky. [33]

Mojzis a kol. [15] neuvádí žádný statisticky významný rozdíl mezi předoperačními a pooperačními rohovkovými aberacemi. Nedocházelo ke změnám ani při srovnání hodnot aberací mezi 1., 3. a 6. měsícem po operaci.

#### 4.5 Subjektivní spokojenost

Subjektivní spokojenost se hodnotí dotazováním na vykonávání činností v běžném životě a dále může být korelována se zrakovou ostroší, kontrastní citlivostí nebo s aberacemi vyšších řádů.

Ve studii [15] byly hodnoceny činnosti jako sledování televize, sledování divadelního představení/koncertu, řízení v noci a ve dne, čtení novin, práci s počítačem, vaření, děláni domácích prací a hodnocení všech činností jako celku. Toto celkové hodnocení všech činností vysoce korelovalo s hodnocením pro domácí práce ( $r = 0,512$ ), pro čtení novin ( $r = 0,48$ ) a řízení v noci ( $r = 0,473$ ). Ve srovnání s ostatními naměřenými vizuálními parametry mezi sebou významně korelovaly hodnoty HOA ( $r = 0,3$ ) a Strehlova poměru ( $r = -0,25$ ) s činností *Řízení v noci*. *Vaření* korelovalo s kontrastní citlivostí ( $r = -0,35$ ) a sférickým ekvivalentem refrakčních vad ( $r = 0,35$ ). *Čtení novin* korelovalo s nekorigovanými a korigovanými hodnotami CZO do blízka

( $r = 0,28$ ). Kretz a kol. [27] uvádí 100% spokojenost probandů při čtení a používání počítače a vidění na všechny vzdálenosti označují za kvalitní.

První měsíc po chirurgickém zákroku 90 % probandů hlásilo vnímání rušivých fenoménů jako „halo efekt“, 80 % z těchto probandů ale označilo tento efekt jako nerušivý. Tři měsíce po operaci probandi uvedli 50% snížení vnímání efektů. Dle Mojzise a kol. [15] 20 % probandů vykazovalo vnímání „halo“ a „glare“, ale došlo ke zlepšení v průběhu času. 10 % probandů uvedlo nerušivé barevné zkreslení, také pouze dočasně. Ve studii [29] prováděné s hypermetropickými probandy uvedlo 15 % vnímání „halo“ efektu 3 měsíce po operaci a 15 % vnímání „glare“. Studie také uvádí 84% spokojenost probandů s operací.

## 5 Experimentální část

Praktická část práce se týkala hodnocení vidění na různé vzdálenosti u probandů s implantovanou trifokální nitrooční čočkou AT LISA tri839MP, kteří byli před operací myopičtí. Cílem experimentu bylo porovnat vizení na tři vzdálenosti (do dálky, na blízko a na střední vzdálenost), stanovit zbytkovou refrakci a zjistit pooperační nekorigovanou kontrastní citlivost a srovnat ji s normou. Dle hodnot CZO stanovených výrobcem (viz kapitola č. 1.3.1) očekáváme nejlepší vidění do dálky a mírně horší na blízko a střední vzdálenost. Subjektivní spokojenost probandů po implantaci MIOL byla vyhodnocena pomocí odpovědí v dotazníku spokojenosti.

### 5.1 Metodika

Vyšetření se zúčastnilo 16 probandů s implantovanou trifokální IOL AT LISA tri839MP na jednom nebo na obou očích, celkem tak bylo vyšetřeno 29 očí. Všichni probandi byli před operací myopičtí, při účasti na experimentu byli po operaci řádově 6 až 14 měsíců. Předoperační průměrné hodnoty ( $\emptyset$ ) refrakce u probandů naměřeny subjektivně byly následující:  $\emptyset$  sph = -3,23 D;  $\emptyset$  cyl = -0,75 D. Věkový rozsah probandů se pohyboval od 46 do 71 let, průměrný věk byl 58 let se směrodatnou odchylkou sedm let. Pro výpočet MIOL byl při biometrii použit vzorec SRK/T. Probandi se studii účastnili dobrovolně.

Měření bylo realizováno ve spolupráci s prim. MUDr. K. Marešovou, Ph.D., která působí na pracovištích FN Olomouc a TANA Oční klinika Olomouc, kde bylo provedeno předoperační vyšetření a pooperační vyplnění dotazníku spokojenosti. Ostatní měření probíhala v optometrické laboratoři katedry optiky na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci od dubna do července 2016. V rámci jednoho měření byla stanovena korigovaná i nekorigovaná CZO na tři vzdálenosti (dálka, střední vzdálenost, blízko), zbytková refrakce a nekorigovaná kontrastní citlivost.

Jako první se vyšetřovalo v naturálním stavu bez korekce, kdy bylo každé oko měřeno samostatně a pořadí očí bylo náhodné. Nejdříve byla změřena nekorigovaná centrální zraková ostrost (logMAR) na střední vzdálenost tj. 60 cm a na blízko tj. 33 cm na prosvětlovacím optotypu s textem ve formě 6 náhodných slov na řádku. Řádek se považoval za přečtený, pokud z něj proband přečetl alespoň 60 % slov. Při čtení na blízko a střední vzdálenost měl vyšetřovaný hlavu v opěrce se zapřenou bradou a čelem.

Poté následovalo zjištění vízu do dálky (logMAR) na LCD optotypu s použitím znaků Sloan letters (vždy 5 znaků na řádku) ve vzdálenosti 5 m. Kontrastní citlivost byla měřena monokulárně pomocí testu CSV-1000 ze vzdálenosti 220 cm za fotopických podmínek. Naměřené hodnoty byly poté přepočítány z jednotek cpd na logaritmické jednotky dle přepočtové tabulky uvedené na stránkách výrobce testu. Dále byla stanovena subjektivní refrakce do dálky pomocí zkušební obruby se sadou zkušebních čoček a Jacksonova zkříženého cylindru v hodnotách  $\pm 0,25$  D a výše zmíněného LCD optotypu se znaky Sloan letters. Astigmatismus byl korigován pomocí záporných korekčních cylindrů. V druhé fázi byla výše zmíněná centrální zraková ostrost na tři vzdálenosti změřena se stanovenou subjektivní refrakcí, v případě absence zbytkové refrakce do dálky jsme uvažovali nekorigovanou centrální zrakovou ostrost. Všechny hodnoty byly zaznamenávány do protokolů a dále vyhodnocovány.

Subjektivní spokojenost byla zhodnocena dotazníkem spokojenosti a kvality života, kdy všech 16 probandů odpovídalo na 13 otázek týkajících se činností spojených s každodenním životem. Odpovědi se týkaly míry zrakových obtíží, které nastaly po implantaci. Probandi mohli odpovídat, zda jim vybrané činnosti působí: ŽÁDNÉ OBTÍŽE/ MÍRNÉ OBTÍŽE/ STŘEDNÍ OBTÍŽE/ VÝRAZNÉ OBTÍŽE/ NEMOHU DĚLAT.

Naměřené hodnoty byly vzájemně porovnávány s pomocí programu Microsoft Office Excel 2007 a Statistica 12 metodou ANOVA na hladině významnosti 5 %. U jednotlivých výsledků jsou též uvedeny mezní hodnoty hladiny významnosti  $p$ , při kterých by právě došlo k zamítnutí testované rovnosti. U jednotlivých zrakových ostrotí, hodnot pooperační subjektivní refrakce do dálky a nekorigované kontrastní citlivosti byla stanovena průměrná hodnota a směrodatná odchylka.

## 5.2 Výsledky

Průměrné hodnoty ( $\bar{O}$ ) nekorigovaných a korigovaných zrakových ostrotí měřených monokulárně a jejich směrodatné odchylky zaokrouhlené na dvě desetinná místa jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č. 10. Metoda ANOVA při opakovaných měřeních na hladině významnosti 5 % vykazovala statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými nekorigovanými zrakovými ostrotmi ( $p < 0,0001$ ). Následně provedený post-hoc Tukeyův HSD test prokázal, že všechny sledované vízy se mezi sebou statisticky



významně liší. ANOVA vykázala statisticky významný rozdíl také mezi CDVA, CIVA, CNVA ( $p < 0,0001$ ).

	VA poop. / logMAR					
	UCDVA	UCIVA	UCNVA	CDVA	CIVA	CNVA
<b>Ø</b>	0,04	0,15	0,23	-0,04	0,12	0,23
<b>STD</b>	0,15	0,12	0,1	0,12	0,1	0,16

Tabulka 10 - pooperační průměrné zrakové ostrosti

Průměrné hodnoty monokulární pooperační zbytkové refrakce naměřené subjektivně a jejich směrodatné odchylky, vše zaokrouhlené na dvě desetinná místa, jsou uvedeny v tabulce č. 11. Rozsah sférické složky byl od +0,75 do -1,0 D; u cylindru od 0 do -0,75 D. Při hodnocení absolutní hodnoty sféry byla zjištěna průměrná hodnota  $0,3 \pm 0,28$  D.

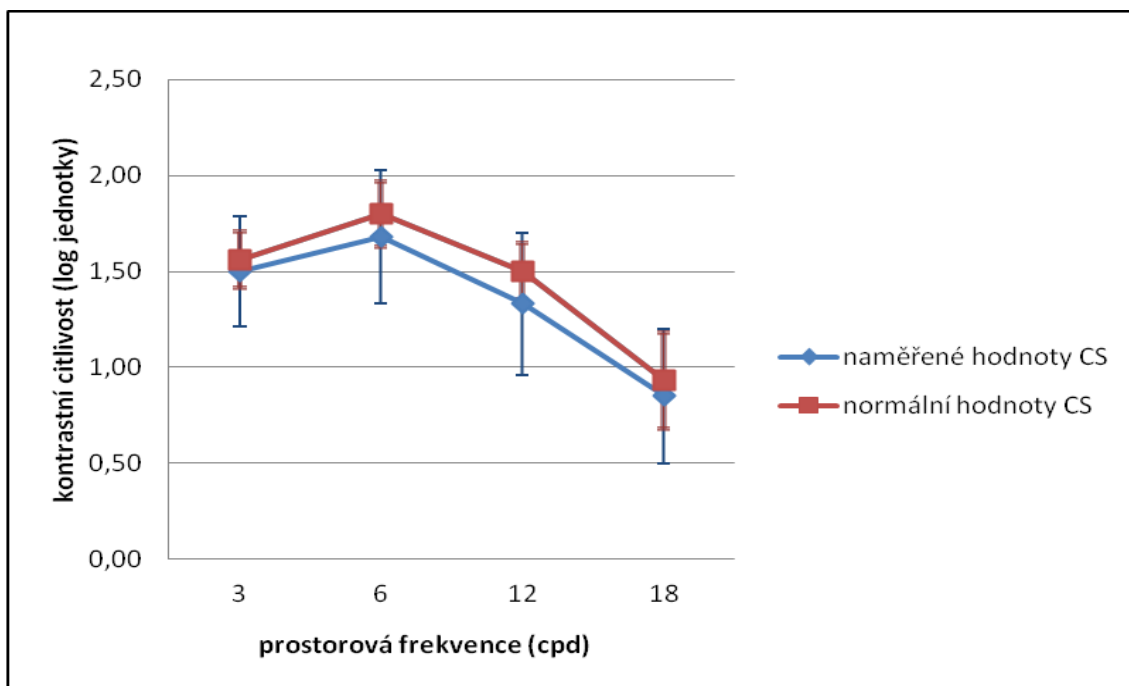
	Subj.ref.poop.		
	sph/D	cyl/D	SE/D
<b>Ø</b>	0	-0,28	-0,14
<b>STD</b>	0,42	0,23	0,41

Tabulka 11 - pooperační průměrná subjektivní refrakce

Průměrné hodnoty nekorigované pooperační kontrastní citlivosti a jejich směrodatné odchylky jsou v logaritmických jednotkách uvedeny v tabulce č. 12. Křivka naměřené CS a křivka normálních hodnot CS je uvedena na obr. č. 14.

	Kon.citl.nekorig. poop. [log. jednotky]			
	3 cpd	6 cpd	12 cpd	18 cpd
<b>Ø</b>	1,5	1,68	1,33	0,85
<b>STD</b>	0,29	0,35	0,37	0,35

Tabulka 12 - pooperační průměrná kontrastní citlivost



Obrázek 14 - křivky naměřené a normální CS

Celková četnost odpovědí v dotazníku byla 198 u celkem 13 položek, do počtu nebyly započítány činnosti, u nichž proband uvedl, že je neprovádí. U 87 % činností probandi uvedli, že jim nepůsobí žádné potíže. Mírné potíže probandům působilo 10 % činností, 2 % střední potíže a 1 % výrazné potíže. U činností v dotazníku ani jeden proband neodpověděl, že činnost nemohl vůbec vykonávat.

U činností: *Čtení knih a časopisů s velkými texty, čísla na telefonu*

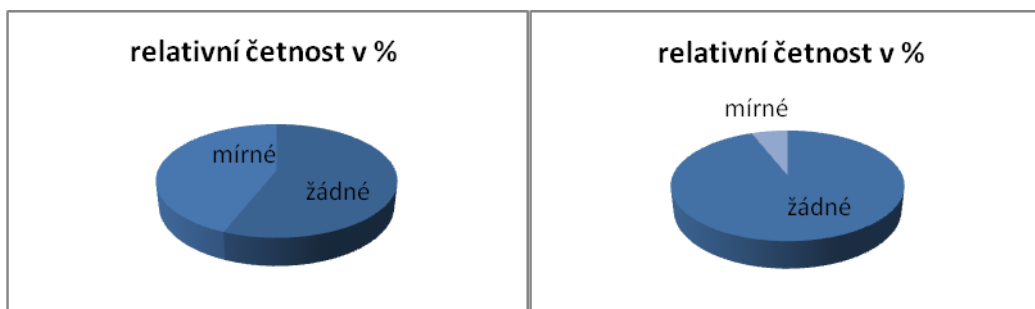
*Rozpoznávání osob na blízkou vzdálenost*

*Vyplňování formulářů*

*Sporty jako tenis, golf, volejbal, házená*

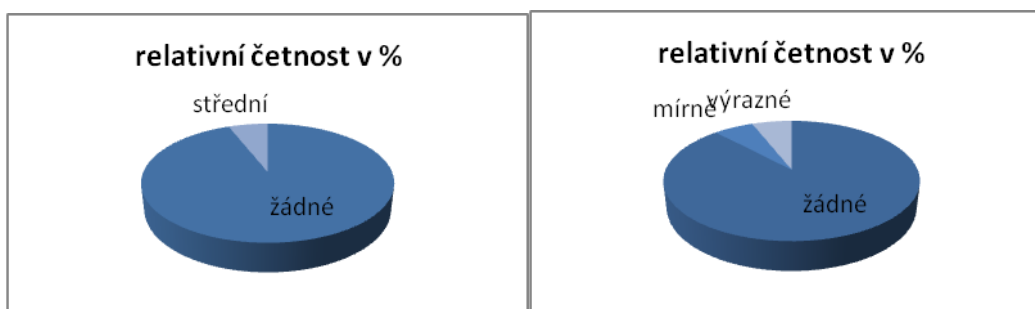
*Vaření, práce na ponku*

odpověděli všichni pacienti, že nemají žádné obtíže. Následující grafy (č. 1 - 8) zobrazují podíl relativních četností u odpovědí na ostatní činnosti.



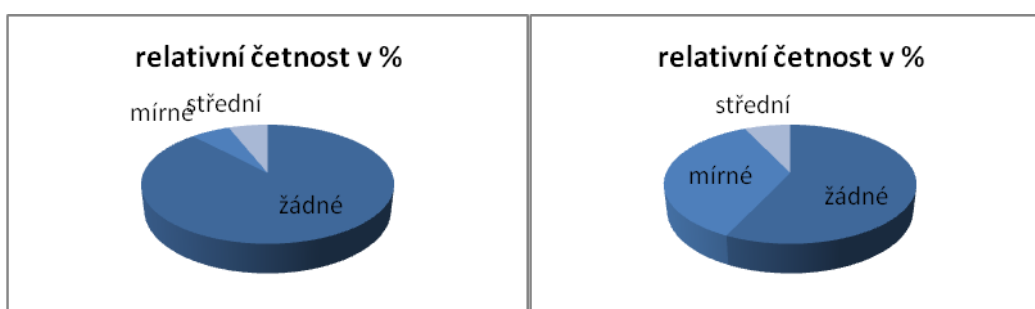
Graf č. 1: Čtení malých textů jako jsou nápisy na lécích, telefonní seznam, nápisy na potravinách

Graf č. 2: Čtení novin a knih



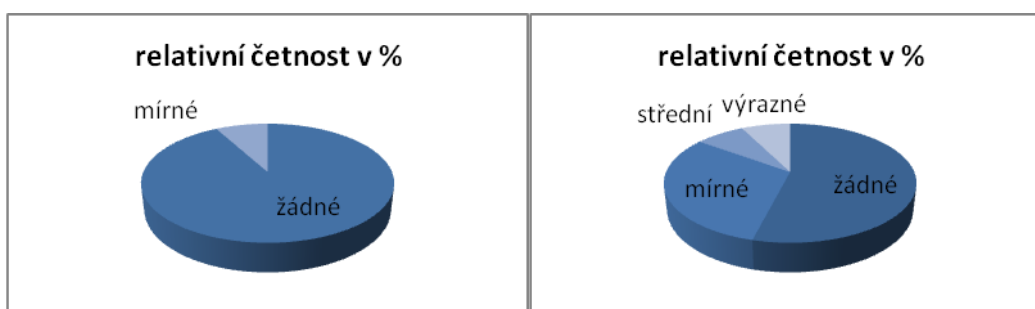
Graf č. 3: Sledování televize

Graf č. 4: Vidění schodů a obrubníků



Graf č. 5: Čtení dopravních značek, označení ulic a obchodů

Graf č. 6: Provádění domácích prací jako šití, pletení a háčkování



Graf č. 7: Řízení auta ve dne

Graf č. 8: Řízení auta v noci

### 5.3 Diskuze

Cílem studie bylo zhodnocení vybraných aspektů vidění s implantovanou MIOL AT LISA tri 839MP u myopických pacientů. Sledována byla hodnota pooperační refrakce, pooperační zraková ostrost na tři obvyklé vzdálenosti, pooperační kontrastní citlivost a subjektivní spokojenost probandů.

Nejlepší naměřené hodnoty zrakové ostrosti byly zjištěny do dálky, mírně slabší na střední vzdálenost a nejslabší do blízka. Tyto výsledky částečně souhlasí s údaji, které poskytuje výrobce čočky, viz obr. 5. Ten uvádí nejlepší hodnotu vízu do dálky; na střední vzdálenost a do blízka jsou hodnoty stejné. Nejvíce se od hodnot stanovených výrobcem liší hodnoty UCNVA, tj. o 0,13 logMAR. Klinicky se hodnoty jednotlivých zrakových ostrostí mezi sebou se lišily o 0,1 logMAR, tj. o jeden řádek optotypu, rozdíl mezi všemi sledovanými hodnotami byl statisticky signifikantní. Odlišnost námi získaných údajů a údajů od výrobce může být způsobena rozdílnou metodikou při měření vízu na střední vzdálenost a do blízka oproti dálce, kdy byl v naší studii použit jiný typ optotypu. Při srovnání dat z naší studie prováděné na myopech se studií [29] zaměřenou na hypermetropické pacienty s difrakční MIOL nebyl zjištěn rozdíl v UCDVA, hodnota UCIVA byla u námi sledovaných myopů mírně horší a největší rozdíl byl u UCNVA, kde myopové vykazovali výrazně horší výsledky. Ve studii byla použita čočka jiného výrobce. Při srovnání se studiemi [15,27] realizovanými se stejnou MIOL (s myopickými i hypermetropickými probandy) jsou naše nekorigované hodnoty CZO víceméně totožné.

Pooperační hodnota refrakce byla v průměru 0 D s relativně malou směrodatnou odchylkou, tato hodnota je víceméně totožná s průměrnými hodnotami v porovnání s jinými studiemi [15,27] se stejnou MIOL. Průměrný sférický ekvivalent u studie [29] s dříve hypermetropickými pacienty vychází  $+0,47 \pm 0,34$  D s rozsahem od 0 do +1,0 D přičemž studie uvádí velmi dobré hodnoty CZO na všechny vzdálenosti. Z toho lze usuzovat, že vlastnosti zraku jsou ovlivněny především multifokalitou čočky než zbytkovou refrakční vadou, která je obvykle malá.

Naměřená poop. nekorigovaná kontrastní citlivost byla porovnána s normálními hodnotami stanovenými výrobcem použitého testu CSV-1000 (viz obr. č. 14) Průměrné hodnoty pooperační kontrastní citlivosti jsou ve srovnání s průměrem normálních hodnot mírně nižší, nicméně jsou stále v rozmezí těchto normálních hodnot pro věkovou skupinu od 50 do 75 let. Nejvíce se naměřené hodnoty CS liší od normálních hodnot

stanovených výrobcem u prostorových frekvencí 12 cpd a to o 0,17 logMAR. Nejlepší hodnoty byly naměřeny pro prostorové frekvence 6 cpd. Křivka CS uvedená ve studii [15] se stejnou MIOL vykazuje téměř totožné výsledky.

V dotazníku spokojenosti probandi uvedli nejvíce obtíží s viděním u činnosti „Řízení auta v noci“, což pravděpodobně může souviset s mírně sníženou nekorigovanou poop. kontrastní citlivostí oproti normě (viz obr. č. 14). Navíc při sníženém jasu lze předpokládat širší zornici, kdy může ve zvýšené míře docházet k nežádoucím světelným efektům na difrakčním designu MIOL a tím může být zvýšena míra oslnění působící další pokles CS. Činnost: „Provádění domácích prací jako šití, pletení a háčkování“, kterou probandi uvedli na druhém místě s počtem nejvíce potíží v dotazníku spokojenosti, je prováděna na velmi blízkou vzdálenost, což může souviset se stanovením CZO na blízko jako nejslabší ze všech tří zkoumaných vzdáleností. U ostatních činností výrazně převažovaly odpovědi (> 88 %), že probandi nemají při vykonávání žádné potíže. Ve studii [29] s hypermetropickými probandy je uvedena jejich 84% spokojenost po operaci, v experimentu této práce uvedli probandi u 87 % odpovědí, že jim aktuální stav nepůsobí žádné potíže v běžném životě, což odpovídá obdobně vysoké spokojenosti po operaci.

## Závěr

Implantace multifokálních nitroočních čoček má za cíl zlepšit vidění na různé vzdálenosti a minimalizovat či úplně odstranit závislost na brýlové korekci. Výhodou trifokálního designu nitrooční čočky je zprostředkování lepšího vidění na střední vzdálenost oproti čočkám bifokálním. Ve starší literatuře se můžeme setkat s tvrzením, že trifokální čočky fungují dobře u hypermetropických pacientů. Předsudky u myopů mohla vyvolávat možná nepřesně změřené biometrie (zadní stafylom), rozdílná situace myopů v období presbyopie oproti hypermetropům v souvislosti s potřebou brýlí na čtení a na dálku a malá možnost akomodace. Cílem experimentální části práce bylo popsat vidění myopických probandů s implantovanou trifokální čočkou. Vidění lze charakterizovat dle několika hledisek, v této práci byla zjišťována centrální zraková ostrost, kontrastní citlivost a subjektivní spokojenost; navíc byla stanovena zbytková subjektivní refrakce, která by umožnila případné mírné zlepšení zrakové ostrosti. Naměřené hodnoty nekorigované zrakové ostrosti jsou porovnány s hodnotami udávanými výrobcem čočky a kontrastní citlivost je srovnána s normálními hodnotami. Výrobce nitrooční čočky udává nejlepší monokulární zrakovou ostrost do dálky a mírně horší hodnoty na střední vzdálenost a do blízka. Experimentálně naměřené hodnoty vykazovaly nejvyšší průměrný vízus do dálky, mírně nižší na střední vzdálenost a nejnižší hodnoty vízu do blízka. Průměrné hodnoty pooperační kontrastní citlivosti byly ve srovnání s průměrem normálních hodnot mírně nižší, nicméně jsou stále v rozmezí těchto normálních hodnot pro danou věkovou skupinu. Subjektivní spokojenost pacientů byla zhodnocena pomocí dotazníku, v němž probandi udávají vysokou míru spokojenosti s užitím čoček při běžných činnostech. Přestože ve srovnání s některými studii zaměřenými na hypermetropy, byly u myopů vykazány horší hodnoty vízu zejména do blízka, subjektivní hodnocení spokojenosti u myopů je srovnatelné s hypermetropy.

## Použité zdroje

[1] KUCHYNKA, P. et al. *Oční lékařství*. 2.vyd. Praha: Grada, 2016, 936 s. ISBN 978-80-247-5079-8.

[2] MAŠEK, P., PAŠTA, J. a kol. *60 let nitrooční čočky*. 1.vyd. Hradec Králové: Nucleus HK, 2010. ISBN 9788087009734.

[3] *Cataract surgery*. Wikipedia [online]. 2017 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cataract\\_surgery#History](https://en.wikipedia.org/wiki/Cataract_surgery#History)

[4] BELLUCCI, R. *Multifocal and Accommodative Intraocular Lenses* [online]. 2013, 3 [cit. 2017-04-04]. DOI: 10.1159/000350900. Dostupné z: [https://www.karger.com/ProdukteDB/Katalogteile/isbn3\\_318/\\_024/\\_10/esaso3\\_03.pdf](https://www.karger.com/ProdukteDB/Katalogteile/isbn3_318/_024/_10/esaso3_03.pdf)

[5] FINDL, O. *Intraocular lens materials and design* [online]. [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://phaco.ascrs.org/sites/phaco.ascrs.org/files/textbooks/Achieving%20Excellence%20in%20Cataract%20Surgery%20-%20Chapter%2012.pdf>

[6] MOJZIS, P. a kol. *Comparative analysis of the visual performance after cataract surgery with implantation of a bifocal or trifocal diffractive IOL* [online]. 2014 [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <http://www.healio.com/ophthalmology/journals/jrs/2014-10-30-10/%7Be3200c1c-4a15-4378-b3b4-3ecf238a9435%7D/comparative-analysis-of-the-visual-performance-after-cataract-surgery-with-implantation-of-a-bifocal-or-trifocal-diffractive-iol>

[7] *Intraocular lens*. Wikipedia [online]. 2017 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Intraocular\\_lens](https://en.wikipedia.org/wiki/Intraocular_lens)

[8] FALHAR, M. *Výpočet optické mohutnosti intraokulární čočky při paraxiálních délkách očí větších než 25 mm: disertační práce*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 2010.

- [9] *Grane* [online]. 2017 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z:  
[http://www.grane.cz/index.php?url\\_obsahu\\_dokument=lal-light-adjustable-lens&id=166](http://www.grane.cz/index.php?url_obsahu_dokument=lal-light-adjustable-lens&id=166)
- [10] *ZEISS International* [online]. 2015 [cit. 2017-03-06]. Dostupné z:  
<https://www.zeiss.com/meditec/int/products/ophthalmology-optometry/cataract/iol-implantation/mics-platform/mics-preloaded-trifocal-iol/at-lisa-tri-family/at-lisa-tri-family-product-details.html#downloads>
- [11] *Oculentis* [online]. 2016 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z  
<http://www.oculentis.com/lentis-mplus-family.html>  
*PhysIOL* [online]. [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: [http://www.physiol.eu/en/multifocal-iol/finevision-\(pod-f\)/](http://www.physiol.eu/en/multifocal-iol/finevision-(pod-f)/)
- [12] *Bausch + Lomb* [online]. 2017 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z:  
<http://www.bausch.com/ecp/our-products/cataract-surgery/lens-systems/crystalens-ao>
- [13] *MyAlcon* [online]. 2016 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z:  
<https://www.myalcon.com/products/surgical/acrysof-iq-restor-multifocal-iol/restor-25.shtml>
- [14] *Tecnisiol* [online]. 2015 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z:  
[http://www.tecnisiol.com/us/media/pdf/tmf/Multifocal%20Specsheets%20\(x3\).pdf](http://www.tecnisiol.com/us/media/pdf/tmf/Multifocal%20Specsheets%20(x3).pdf)
- [15] MOJZIS, P. a kol. *Outcomes of a new diffractive trifocal intraocular lens. Journal of cataract and refractive surgery* [online]. 2014, **40**(1) [cit. 2017-04-03]. DOI:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.06.025>. ISSN 0886-3350. Dostupné z:  
[http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350\(13\)01197-8/abstract](http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350(13)01197-8/abstract)
- [16] PITROVÁ, Š., VLKOVÁ, E., VLK, F. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2008, 607 s. ISBN 978-802-3989-069.
- [17] KRAUS, H. a kol. *Kompendium očního lékařství*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1997, 341 s. ISBN 80-716-9079-1.



- [18] *Česká oční optika*. 2016, **57**(4/2016). ISSN 1211-233X.
- [19] *Česká oční optika*. 2010, **51**(2/2010). ISSN 1211- 233X.
- [20] *Česká oční optika*. 2017, **58**(1/2017). ISSN 1211-233X.
- [21] KRAUS, H., KAREL, I., RŮŽIČKOVÁ, E. *Oční zákaly*. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-7169-967-5.
- [22] *Advanced Vision Surgery Ltd* [online]. 2015 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <https://advancedvisionsurgery.com/blog/2642015posterior-capsular-opacification-can-result-in-blurred-vision-after-cataract-surgery>
- [23] *All about vision* [online]. 2016 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.allaboutvision.com/conditions/cataract-complications.htm>
- [24] *Cataract and refractive surgery today* [online]. 2008 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: [http://crstoday.com/articles/2008-jul/crst0708\\_18-php/](http://crstoday.com/articles/2008-jul/crst0708_18-php/)
- [25] *EyeWiki - American academy of ophthalmology* [online]. 2015 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: [http://eyewiki.aao.org/Cystoid\\_Macular\\_Edema](http://eyewiki.aao.org/Cystoid_Macular_Edema)
- [26] *All about vision* [online]. 2016 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.allaboutvision.com/conditions/cataract-complications.htm>
- [27] KRETZ, F.T.A. a kol. Clinical Outcomes after Binocular Implantation of a New Trifocal Diffractive Intraocular Lens. *Journal of Ophthalmology* [online]. 2015 [cit. 2017-04-03]. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/962891>. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/joph/2015/962891/>

- [28] ALIÓ, J.L. *Visual outcomes of a trifocal aspheric diffractive intraocular lens with microincision cataract surgery* [online]. 2013, **29**(11) [cit. 2017-04-08]. DOI: 10.3928/1081597X-20131021-05. Dostupné z: <http://www.healio.com/ophthalmology/journals/jrs/2013-11-29-11/%7Ba2d75d80-ffc5-4f91-92ea-8fabd6e61ca8%7D/visual-outcomes-of-a-trifocal-aspheric-diffractive-intraocular-lens-with-microincision-cataract-surgery>
- [29] CETINKAYA, S. a kol. *Visual outcomes of multifocal intraocular lens implantation in patients with cataract and high hyperopia and patient selection* [online]. 2015 [cit. 2017-04-11]. DOI: 10.3980/j.issn.2222-3959.2015.06.34.
- [30] MOJZIS, P. a kol. *Comparative analysis of the visual performance after cataract surgery with implantation of a bifocal or trifocal diffractive IOL* [online]. 2014 [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <http://www.healio.com/ophthalmology/journals/jrs/2014-10-30-10/%7Be3200c1c-4a15-4378-b3b4-3ecf238a9435%7D/comparative-analysis-of-the-visual-performance-after-cataract-surgery-with-implantation-of-a-bifocal-or-trifocal-diffractive-iol>
- [31] *Vector Vision* [online]. 2017 [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: <http://www.vectorvision.com/csv1000-norms/>
- [32] ALFONSO, J. F. a kol. *Contrast Sensitivity Comparison Between AcrySof ReSTOR and Acri.LISA Aspheric Intraocular Lenses* [online]. 2010 [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <http://www.healio.com/ophthalmology/journals/jrs/2010-7-26-7/%7B84959b50-8ae4-4e6e-bffe-f0921c0365a3%7D/contrast-sensitivity-comparison-between-acrysof-restor-and-acrilisa-aspheric-intraocular-lenses>
- [33] SUDER, M., *Aberace oka v optometrické praxi - výukové materiály k předmětu Aberace oka v optometrické praxi*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2016.
- [34] PAŠTA, J., MAŠEK, P. *Fakoemulzifikace*. Praha: Mladá fronta, 2015. Aeskulap. ISBN 9788020435347.