

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

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Květen 2016**

**Barbora Kohnová**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství**

**Katedra přírodovědných oborů**

**Světlem přizpůsobitelné nitrooční čočky**

**Light adjustable lenses**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Barbora Kohnová

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Jiří Cendelín, CSc.

## Zadání bakalářské práce

Student: **Barbora Kohnová**  
Obor: Optika a optometrie  
Téma: **Světlem přizpůsobitelné nitrooční čočky**  
Téma anglicky: Light adjustable lenses

### Zásady pro vypracování:

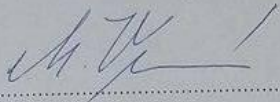
Student popíše vývoj operace šedého zákalu a historii vývoje nitroočních čoček. Rozdělí nitrooční čočky podle polohy implantace, designu a materiálů. Shrne výhody a nevýhody jednotlivých materiálů a designů. Popíše aktuální trendy v implantologii. Shrne problematiku přizpůsobitelných nitroočních čoček.

Student zhodnotí výsledky u pacientů, kterým byly implantovány světlem přizpůsobitelné nitrooční čočky.

### Seznam odborné literatury:

- [1] Adjustable intraocular lens power technology, FORD, J., WERNER, L., MAMALIS, N., Journal of cataract and refractive surgery, ročník 7, číslo 40, 2014, 1205-1223 s., DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.05.005
- [2] FINDL, O., Intraocular Lens Materials and Design, Achieving Excellence in Cataract Surgery, COLVARD, D. M., ed. 1, 2009, D.M. Colvard Publ.
- [3] STEINERT, R.F., Cataract surgery, ed. 3, USA: Saunders, Elsevier Health Sciences, 2010, ISBN 978-1-4160-3225-0

zadání platné do: 11.09.2017  
Vedoucí: MUDr. Jiří Cendelín, CSc.

  
vedoucí katedry / pracoviště

  
děkan

V Kladně dne 23.02.2016

## **Název bakalářské práce:**

Světlem přizpůsobitelné nitrooční čočky

### **Abstrakt:**

V teoretické části je shrnuta problematika týkající se designů a materiálů nitroočních čoček, jejich vývoj až po nejnovější trendy v současné implantologii. Dále je připomenut zásadní vliv těchto čoček, který mají na kvalitu vidění a na vznik pooperačních komplikací, jako je například opacifikace zadního pouzdra čočky neboli sekundární katarakta. V práci jsou též shrnuty principy nitroočních čoček, jejichž optickou mohutnost lze přizpůsobovat pooperačně. Praktická část je zaměřena na světlem přizpůsobitelné nitrooční čočky (LAL) značky Calhoun Vision, které byly v České republice poprvé implantovány v očním centru Ofta v Plzni v roce 2010. Bylo hodnoceno 12 očí u 7 pacientů z první skupiny implantovaných čoček. Cílem bylo zjistit, zda úprava čočky po operaci měla požadovaný vliv a zda nedošlo v průběhu pěti let od implantace ke změně optické mohutnosti čoček. Byla porovnávána objektivní refrakce a subjektivní korekce, aberometrie na přístroji iTrace a byly provedeny defokusační křivky. Lze shrnout, že při přizpůsobování v pooperačním období došlo ke změnám čoček u 6 očí o 40 – 60 % plánovaného. U 3 očí byly cílené změny menší než 40 % plánovaného. U 2 očí nastala výsledná změna o 50 % větší, než byla plánovaná a u jednoho oka nedošlo ke změně žádné. V průběhu pěti let nedošlo k výrazné změně refrakce. Porovnávané hodnoty sférického ekvivalentu se pohybovaly v rozmezí změn  $\pm 1,75$  D.

### **Klíčová slova:**

Design nitroočních čoček, materiály nitroočních čoček, operace katarakty, přizpůsobitelné nitrooční čočky



**Bachelor's Thesis title:**

Materials and designs of intraocular lenses

**Abstract:**

The theoretical part is summarized issues related to the design and material of intraocular lenses, their development, to the latest trends in contemporary implantology. It is also recalled significant effect of these lenses, which have a quality of vision and the formation of postoperative complications, such as posterior capsule opacification, or secondary cataract. The paper also summarizes the principles of IOLs whose optical power can be customized postoperatively. The practical part is focused on light customizable intraocular lens (LAL) brand Calhoun Vision, which were in the Czech Republic for the first time implanted in the eye center OFTA in Pilsen in 2010. It evaluated 12 eyes of the 7 patients from the first group of implanted lenses. The goal was to determine whether treatment lenses after surgery had the desired effect and whether there has been over five years from implantation to change the optical power of the lens. It compared the subjective and objective refraction correction, aberometrie the unit iTrace and were made defocus curve. We can summarize that the adaptation in the postoperative period there were changes lenses in 6 eyes about 40-60% of the planned. In 3 eyes were targeted changes of less than 40% of the planned. In 2 eyes occurred resulting change of 50% more than was planned, and in one eye there was no change no. Over five years, there was no significant change in refraction. Values compared spherical equivalent ranged from changes  $\pm 1.75$  D.

**Keywords:**

Design of intraocular lenses, materials of intraocular lenses, cataract surgery, adjustable intraocular lens

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce, MUDr. Jiřímu Cendelínovi, CSc., za jeho ochotu, lidský přístup při konzultacích a také za cenné rady a poskytnuté materiály, které mi byly značnou oporou při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Laserovému centru a centru mikrochirurgie oka OFTA s.r.o. v Plzni za poskytnutí podkladů a zázemí pro praktickou část práce a také za vlídný přístup a skvělou spolupráci sestřiček. V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům za velkou podporu.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem práci s názvem „*Světlem přizpůsobitelné nitrooční čočky*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k 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 Vývoj operačních technik .....	2
1.1 Intrakapsulární extrakce .....	2
1.2 Extrakapsulární extrakce .....	4
1.3 Fakoemulzifikace .....	4
1.4 Femtosekundový laser.....	5
2 Vývoj nitroočních čoček.....	6
3 Design nitroočních čoček.....	9
3.1 Optická část.....	9
3.1.1 Materiál.....	9
3.1.2 Tvar.....	12
3.2 Opěrná část.....	15
3.2.1 Materiál.....	15
3.2.2 Tvar.....	17
4 Rozdělení nitroočních čoček podle umístění .....	20
4.1 Předněkomorové nitrooční čočky .....	20
4.2 Zadněkomorové nitrooční čočky.....	21
4.3 Čočky se závěsem na duhovku (iris – claw) .....	22
5 Komplikace související s materiály a designy nitroočních čoček .....	23
5.1 Změny průhlednosti čočky .....	23
5.2 Ovlivnění sekundární katarakty .....	23
6 Přizpůsobitelné nitrooční čočky.....	26
6.1 Čočky vyžadující sekundární zásah pro přizpůsobení .....	26
6.1.1 Multikomponentní čočky .....	26
6.1.2 Mechanicky přizpůsobitelné čočky .....	27
6.1.3 Opakovaně přizpůsobitelné čočky .....	28
6.2 Čočky přizpůsobované neinvazivními metodami .....	29
6.2.1 Magneticky přizpůsobitelné čočky .....	29
6.2.2 Čočky s kapalnými krystaly.....	29
6.2.3 Světlem přizpůsobitelné čočky (LAL).....	29
6.2.4 Studie v souvislosti s LAL.....	32

---

7	Praktická část .....	34
7.1	Cíl výzkumu .....	34
7.2	Metodika .....	34
7.2.1	Soubor pacientů .....	34
7.2.2	Biometrie oka.....	34
7.2.3	Postup operace .....	34
7.2.4	Pooperační postup přizpůsobování a fixace čočky .....	35
7.2.5	Způsob hodnocení.....	38
7.2.6	Zpracování výsledků.....	41
7.3	Kazuistiky pacientů a výsledky.....	42
	Diskuse.....	66
	Závěr .....	68
	Seznam použité literatury .....	70
	Seznam symbolů a zkratk .....	73
	Seznam obrázků.....	74
	Seznam tabulek .....	75
	Seznam grafů .....	76
	Seznam příloh .....	77

# Úvod

Korekce zraku nitrooční čočkou představuje v dnešní době velmi kvalitní, bezpečný a rychlý způsob. Očekávaná kvalita vidění po operaci závisí na mnoha parametrech. Pacienti jsou seznámeni s různými možnostmi výběru typu nitrooční čočky. Dnes používáme nitrooční čočky sférické, asférické, torické, multifokální, akomodační, nebo přizpůsobitelné nitrooční čočky, kterými se práce též zabývá. Abychom však mohli dosahovat pozitivních výsledků, je zapotřebí zvládnutí několika úkonů, jako je například bezchybné měření parametrů oka před implantací, pomocí kterých dochází k výpočtu výsledné optické mohutnosti implantované čočky. Hodnoty zbytkové refrakce po operaci se pohybují u 90 % pacientů v rozmezí - 0,5 D až + 0,5 D. Dále bychom neměli zapomínat na pooperační komplikace, jako je například opacifikace zadního pouzdra čočky, nazývaná také jako sekundární katarakta. Této komplikaci můžeme předejít volbou speciálního designu nitrooční čočky, tzv. hranatým designem zadní plochy.

V práci je dále objasněn vývoj operačních technik katarakty, vývoj nitroočních čoček se zaměřením na jejich materiál a design. Zajímavostí jsou přizpůsobitelné nitrooční čočky. Jsou to speciální čočky, u kterých dochází k přizpůsobení konkrétní dioptrické hodnoty až po implantaci čočky. Existuje několik mechanismů těchto úprav. Jsou to např. multikomponentní čočky, mechanicky přizpůsobitelné čočky, magneticky přizpůsobitelné čočky nebo světlem přizpůsobitelné čočky.

Praktická část bakalářské práce je věnována právě těmto světlem přizpůsobitelným čočkám. Cílem výzkumu bylo zjistit, k jak velké změně dioptrické hodnoty došlo u pacientů, kterým byla tato čočka před pěti lety implantována. Do výzkumu jsme zahrnuli 7 pacientů, kteří patřili do první skupiny implantovaných pacientů a dostavili se po pěti letech na kontrolu. Důvodem výběru pacientů do první skupiny byl složitější výpočet nitrooční čočky např. z důvodu dříve nekorigovaného, vysokého či nepravidelného astigmatismu nebo v minulosti prodělané laserové rohovkové zákroky. Další vlastností světlem přizpůsobitelných čoček, která nás zajímala, bylo zjistit, jak čočka dokázala změnit svou optickou mohutnost během přizpůsobování. K tomu docházelo vždy v rozmezí cca 3 týdnů po implantaci, pomocí působení UV záření. Výsledky jsou zpracovány v praktické části bakalářské práce.

# 1 Vývoj operačních technik

Jeden z prvních oftalmologických zápisů, který se dodnes zachoval, je z území Mezopotámie v Babylonii a pochází z doby starší než 2000 let před naším letopočtem [1].

První operace šedého zákalu se prováděly pomocí ostrých jehel. Byla to tzv. metoda luxace čočky do sklivce, označována jako **reklinace**. Její princip spočívá v luxaci čočky pomocí ostré jehly, která je do oka vpíchnuta přes rohovku. I přes to, že po operaci docházelo často k zánětům, tato technika se využívala po dlouhá staletí. Dokonce v některých zemích, například v Indii, se používá dodnes [1].

První chirurgická extrakce oční čočky byla provedena roku 1747 Davielem. Jehlou porušil její přední pouzdro a čočku extrakapsulárně odstranil. O pár let později, v roce 1753, provedl Scharp intrakapsulární extrakci čočky. Po obdobném řezu vytlačil oční čočku palcem přiloženým na limbus. Současně s těmito operacemi se vyvíjela snaha korigovat následně vzniklou afakii. Kolem roku 1795 se oftalmolog Casaamata pokusil po extrakci čočky vložit skleněnou čočku do zornice, která ovšem vzhledem ke své hmotnosti sklouzla na dno oka. Tento rok je tedy zapsán jako první rok, kdy byl uskutečněn pokus o implantaci nitrooční čočky. Mezi tím se od té doby, až do roku 1949, řešila korekce afakie brýlovou nebo kontaktní čočkou [1, 2, 3, 4].

## 1.1 Intrakapsulární extrakce

Tato metoda ovládla 60. a 70. léta 20. století. Docházelo k odstranění čočky bez následné náhrady umělou nitrooční čočkou. Pacienti tak museli po operaci nosit buď brýle, s hodnotami kolem + 10 až + 12 dioptrií, nebo kontaktní čočky. Techniku intrakapsulární extrakce využíváme v případě, že je čočka subluzovaná. Jelikož tato operační technika vyžaduje poměrně velkou operační ránu, dochází k ustálení refrakce až za 2 – 3 měsíce po operaci. Tato technika se dnes používá jen ve výjimečných případech, ale v některých oblastech světa stále převažuje [1, 4, 5, 6].

Tabulka 1: Vývoj intrakapsulární extrakce a lidé, kteří se o něj významně zasloužili [4].

Samuel Sharp	Londýn, 1753	První úspěšná intrakapsulární extrakce – exprimace zakalené čočky spolu s pouzdrem, limbální incizí tlakem palce
Henry Smith	Přelom 19. a 20. století, Indie	Zavedení svalového háčku, kterým docházelo k přerušení dolního závěsného aparátu, poté stejným nástrojem došlo k vytlačení čočky z oka limbálním řezem, odoperováno více než 50 000 očí
Frederick Verhoeff a Jean Baptise Kalt		Intrakapsulární extrakce čočky pomocí pinzety
Ignacio Barraquer	1884 - 1965	Zavedl tzv. přísávací nástroj, který se používal během trakčního vybavování čočky
Joaquin Barraquer	1957	První zmínka o chemickém rozpouštění zonulárních vláken pomocí $\alpha$ -chymotripsinu
Tadeusz Krwawicz	1961	Použití kryosondy za účelem snížení rizika ruptury pouzdra čočky



## 1.2 Extrakapsulární extrakce

První zapsané zmínky o extrakapsulární extrakci, jejichž autorem je francouzský oční lékař Daviel, pocházejí z roku 1748. Tato metoda se zejména v 80. letech velmi rozšířila. Umožnila totiž následnou implantaci nitrooční čočky, jelikož zde nedocházelo k odstranění čočkového pouzdra. Prováděla se dlouhým, velmi širokým řezem na rohovce, který zvyšoval riziko komplikací a prodlužoval zrakovou rehabilitaci. Později se řez zmenšil na 6 – 7 mm. Zavedením adaptované injekční jehly nebo cystotomu je otevřena přední kapsula. Následně je provedeno otevření pouzdra technikou kapsulotomie nebo kapsulorhexe. Operaci můžeme provést dvěma způsoby a to buď expresí jádra čočky, nebo fakoemulzifikací [1, 5, 6].

Tabulka 2: Vývoj extrakapsulární extrakce a lidé, kteří se o něj významně zasloužili [1, 4].

Jacques Daviel, Francouz	1747	První publikace o extrakci zkalené čočky, výkon trval 4 minuty a byl proveden bez umrtvení
Albrecht von Graefe	1828 - 1870	Zdokonalení extrakapsulární techniky - zavedení nože, který umožňoval dokonalejší adaptaci okrajů rány

## 1.3 Fakoemulzifikace

Další metodou extrakapsulární extrakce je **fakoemulzifikace**. Využívá možnosti malého řezu, tím pádem je i snižena doba zrakové rehabilitace po operaci.

Tato metoda naprosto ovládla 90. léta, a to nejen z důvodu své šetrnosti a možnosti implantace nitrooční čočky. Do praxe ji zavedl Charles Kelman (New York, 1976). Při fakoemulzifikaci je do oblasti limbu proveden úzký řez (2,2 – 3,0 mm), přední pouzdro je otevřenou okrouhlou kapsulorhexí a je zaveden hrot ultrazvukové sondy, pomocí které je drcen a odsáván obsah čočky. Kůra je odsávána aspirační kanylou. Vlastní pouzdro čočky musí zůstat zachováno. Do pouzdra je poté umístěna umělá nitrooční čočka. Rohovkový řez se nešíje, popřípadě se může uzavřít jedním stehem. Operace se čím dál tím více a častěji provádějí ambulantně a to pouze v instilační anestézii (tzv. „v kapkách“). Například v roce 2003 bylo v ČR operováno 99 % pacientů fakoemulzifikací [1, 4, 5, 6].

## 1.4 Femtosekundový laser

Femtosekundový laser řadíme do skupiny laserů s velmi krátkými pulzy. Každý puls trvá  $10^{-15}$  sekund. Vyzařuje záření v oblasti infračerveného spektra o vlnové délce mezi 1000 – 1600 nm, které je pro lidské oko neviditelné. Působením laserového paprsku se vytváří zdroj tzv. elektronové plasmy, která způsobuje mikroevaporaci (mikrovypařování tkáně v místě působení laserového paprsku). V oftalmologii se femtosekundový laser využívá nejen k refrakčním zákrokům, ale lze ho uplatnit i pro operaci šedého zákalu a různých dalších operací. Při operaci šedého zákalu se používá k vytvoření řezu, otevření předního pouzdra a rozdělení jádra. Jedná se o femtosekundovým laserem asistovanou operaci katarakty [16].

## 2 Vývoj nitroočních čoček

Za více než 150 let po prvním pokusu o implantaci, koncem 40. let 20. století se pokusil anglický doktor, syn očního chirurga, Harold Ridley (obr. 1) v roce 1950 o totéž, tedy o implantaci nitrooční čočky. Čočka byla bikonvexní, full-size a bez haptik. Byla implantována do zadního pouzdra naturální čočky. Některé čočky se však dislokovaly do sklivce z důvodu špatné fixace. Čočka byla vyrobena z plexiskla, které bylo během 2. světové války používáno v ochranných sklech letadel. K tomuto materiálu se dostal, dá se říci, náhodou. Střípky tohoto materiálu totiž našel ve tkáních poraněných letců. Zjistil tak, že plexisklo je biologicky inertní. Tímto poznatkem dal podnět ke vzniku implantologie. Málo kdo v té době tušil, co vše se tímto klinickým experimentem otevírá. Začaly vznikat nitrooční čočky o různých tvarech, materiálech a také o různém anatomickém uložení v oku [1, 2, 3, 4].



Obrázek 1: Harold Ridley na přelomu 40. a 50. let 20. století, kdy aplikoval svou první nitrooční čočku [2].

Tabulka 3: Vývoj nitroočních čoček [4].

1. generace (1949 – 1954) – zadněkomorové čočky (Ridley)
2. generace (1952 – 1962) – předněkomorové čočky
3. generace (1953 – 1937) – čočky fixované na duhovku
4. generace (1963 - ?) – moderní předněkomorové čočky
5. generace (1975 - ?) – zadněkomorové čočky

První oftalmolog, který se u nás zabýval problematikou chirurgické korekce afakie, byl prof. Jan Vanýsek (obr. 2). Jeho první pokusy, které prováděl v Brně, jsou datovány z poloviny 40. let 20. století. Pokusy ovšem nebyly příliš úspěšné. Čočky se buď utápěly ve sklivci, nebo v případě dutých čoček, kterým se také spolu s plnými čočkami věnoval, zdvihaly duhovku. Ještě před Ridleyho zprávou o implantaci vyvinul nitrooční čočku z československého materiálu, superakrylu. První model (čočky podobného typu iris clip) neměl vyřešenou fixaci v úhlu – proto také nebyl nikdy na oku implantován. Po Ridleyově zprávě o implantaci nitrooční čočky se prof. Vanýsek spolu s J. Altmanem pokusili vyrobit podobnou čočku, a to opět z materiálu superakrylu. Ta byla implantována poprvé v roce 1954 na klinice v Hradci Králové 72 letému pacientovi. Operace dopadla velmi úspěšně a to i při dlouhodobém sledování [3].



Obrázek 2: Profesor Jan Vanýsek jako plukovník – náčelník oční kliniky Vojenské lékařské akademie v Hradci Králové (vlevo). Profesor Vanýsek na konci 80. let (vpravo) [3].

Další zkonstruovanou čočkou byla čočka předněkomorová, kterou implantovali poprvé v roce 1958 (obr. 3). Jednalo se o čočku, která měla flexibilní závěs z polyamidu (Nylonu) a optickou část z polymethylmetakrylátu (PMMA). Implantací tohoto typu nitroočních čoček provedl šestnáct. Jeho vlastní kritický rozbor výsledků a komplikací však způsobil stagnaci oftalmochirurgie v Československu, zatímco ve světě se dále pokračovalo ve vývoji. Teprve na počátku 80. let byli naši českoslovenští oftalmologové stimulováni k jinému náhledu na nitrooční implantáty. Ještě však v polovině 80. let většina (více než 2/3) oftalmologů myšlenku o implantaci čoček odmítala. Razantní nárůst implantací byl zaznamenán na přelomu let 1992 – 1993 (viz tabulka 4) [3].



Obrázek 3: Vanýskova IOČ z roku 1958, originální snímek po zhotovení [3].

Tabulka 4: Statistiky operací na oční klinice FN v Hradci Králové [3].

Rok	Počet operací katarakt		Počet implantovaných IOČ	
	iris clip	RP IOČ	RP IOČ	PK IOČ
1985	402	42	-	-
1986	547	52	-	-
1987	520	62	-	-
1988	419	37	-	-
1989	578	106	-	-
1990	659	95	120	2
1991	671	58	96	1
1992	649	22	222	6
1993	1139	0	862	30
<b>celkem</b>	<b>5584</b>	<b>474</b>	<b>1300</b>	<b>39</b>

Jak je vidět v tabulce 4, výrazný nárůst implantací nitroočních čoček zaznamenal rok 1993. Tento růst podnítily nové náhledy na implantaci, nové postupy při operacích, lepší přístrojové vybavení a dostupnější informace současně se stážemi v zahraničí. Operační čas se zkrátil na 5 – 10 minut. Zvýšila se bezpečnost operací. Zkrátila se také doba hospitalizace. Stále však nebyla dořešena otázka optimálního materiálu a tvaru nitroočních čoček - oftalmologové dávali přednost ověřenému materiálu, a to PMMA [3].

## 3 Design nitroočních čoček

### 3.1 Optická část

Tvoří největší funkční část čočky a nahrazuje optickou funkci odstraněné čočky [3].

#### 3.1.1 Materiál

Materiál musí splňovat podmínky biokompatibility a současně musí být schopen některých typů zpracování: soustružení, tepelného tvarování, tlakové polymerizace, vstříkávání do formy nebo kombinace zmíněných metod [3].

##### Anorganické krystalické látky

K výrobě byly používány krystaly a sklo. Sklo má vysoký index lomu ( $n = 1,62$ ), a tak čočka může být velmi tenká. Nitrooční čočky z těchto materiálů se používaly spíše experimentálně v Japonsku a v Rusku. Dnes se již nevyužívají [3, 9].

##### Polymetylmetakrylát (PMMA)

V medicíně se tento materiál používá od 40. let, přičemž díky své dobré snášenlivosti našel v tomto oboru široké uplatnění. Je to tvrdý, lehký a trvanlivý materiál s indexem lomu  $n = 1,49$ . Implantace čočky není možná incizí menší než 5,0 mm, což v dnešní době představuje poměrně problémový faktor. Velikost optické částí se pohybuje od 4,5 – 7,5 mm. Výhodou takto velké optické části je minimalizace decentrace čočky a odrazu světelných paprsků od okraje čočky. Čočky s optickou částí o velikosti 5,0 – 5,5 mm jsou vhodnější spíše pro implantaci po fakoemulzifikaci, naopak čočky s optickou částí o velikosti 6,5 – 7,0 mm jsou vhodnější po extrakapsulární extrakci čočky.

Nejrozšířenějším tvarem jsou čočky bikonvexní, které také nejvíce odpovídají tvaru přirozené čočky. Tyto čočky mají dobré optické vlastnosti a díky úzkému vztahu mezi zadní plochou a zadní kapsulou je sníženo riziko sekundární katarakty.

Co se týká velikosti a povrchu haptické části, je výběr pestrý. Jsou k dispozici čočky s konfigurací C-loop, J-loop, Y-loop, s úhlem odstupu haptik mezi 3 - 10 stupni. Dnes se stále používají čočky umístěné do sulku a čočky fixované na duhovku.

Většina čoček je také vybavena UV filtry. Některé čočky mají upravený povrch heparinem, který snižuje riziko pooperačního nitroočního zánětu. Pro výborné výsledky se používají u pacientů s uveitidou [10, 20].

### **Silikony neboli silikonové elastomery**

Používaly se od roku 1978 a k jejich výrobě byl použit silikonový polymer dimetylsiloxan (DMS). Tyto čočky měly průměr optické části 6 mm. Čočky z tohoto materiálu se po svinutí nevracejí dokonale do původního tvaru. Jsou odolné vůči vysoké teplotě – lze je sterilizovat v autoklávu (120 °C), dále jsou vysoce hydrofobní. Pro delší pobyt v oku nejsou příliš ideální. Jejich značnou nevýhodou je právě dokonalá pružnost. Při nepravidelné fibrotizaci kapsuly se snadno decentrují. Spojením optické části s haptiky z PMMA lze tento problém odstranit. Stárnutí materiálu se může projevit změnou barvy čočky. Optické kvality silikonových čoček a pooperační výsledky jsou jen na lehce horší úrovni než je tomu u čoček z PMMA [3].

Silikon byl první materiál vhodný pro ohebné nitrooční čočky. Je to biokompatibilní, flexibilní a elastický materiál s velmi dobrými optickými vlastnostmi. Index lomu tohoto materiálu je 1,41 – 1,46 (1,41 – první generace, 1,46 – druhá generace) [9, 10].

V posledním desetiletí jsme však byli svědky kontinuálního poklesu použití silikonových nitroočních čoček. Ačkoliv je silikon velmi dobrý materiál, zejména pokud jde o jeho pozitivní výsledky týkající se sekundární katarakty, nemůže být používán pro „open - loop“ čočky. Tento design čoček je preferovanou volbou pro použití s předinstalovanými injektory, které umožňují implantaci přes zářezy menší než 2,8 mm, což je v současné době trendem [20].

Diskutovaným tématem je problematika vztahu silikonové čočky a silikonového oleje u pacientů, kteří podstoupili vitreoretinální chirurgický zákrok. Je totiž prokázáno, že silikonový olej adhezuje k biomateriálům stejného stupně, tedy právě i k silikonové čočce, a zároveň dochází k jeho kondenzaci. Z tohoto důvodu je třeba u těchto pacientů obezřetnost při výběru nitroočních čoček. Mohou se dodávat jako sférické, torické a multifokální [9, 10].

### **Hydrofilní akryláty - hydrogely**

Do této skupiny řadíme: 2-hydroxyethylmetakrylát (HEMA) a polyhydroxyethylmetakrylát (polyHEMA). Hydrofilní akryláty jsou poměrně heterogenním materiálem. Jsou to měkké materiály odolné vůči teplotě a obsahují pouze minimální množství zbytkových látek z polymerizačních procesů. Čočky jsou poměrně silné ( $n = 1,44$ )

a musí být uchovávané v roztoku. Při implantaci krásně přilnou k nástrojům, nekloužou a snadno se implantují do pouzdra čočky [3]. Obsah vody se u nitroočních čoček velmi liší a může činit až 38%. Nedávná analýza zabývající se sekundární kataraktou ukázala, že hydrofilní akrylátové čočky jsou náchylnější k rozvoji sekundární katarakty více, než je tomu u hydrofobních akrylátových čoček nebo u čoček silikonových. To může být vzhledem k vysokému obsahu vody více zvoucí k vrůstání epitelových buněk čočky (LEC). Dalším důvodem může být fakt, že optická hrana nitroočních čoček v této skupině není nikdy tak ostrá jako u hydrofobních materiálů [20].

Vlastnosti tohoto materiálu se mohou lišit v závislosti na obsahu vody. Zajímavostí je, že některé hydrogelové čočky se dodávají složené, implantují se v rigidním stavu a hydratují se až po implantaci. Po zahřátí na lidskou teplotu se následně samy rozvinou až v oku. Většina čoček se však implantuje již v hydratovaném stavu [10].

Tabulka 5: Typy hydrogelových čoček [10].

Typ čočky	Charakteristika
Iogel	38 % vody
ORCMemoryLens	25 % vody, kopolymer materiálu HEMA a metylmetakrylátu, index lomu 1,47
StorzHydroview	18 % vody, díky nižšímu obsahu vody má vyšší refrakční index a je tenčí

### Měkké hydrofobní akryláty

V současné době jsou nejčastěji využívanou skupinou materiálů právě tyto polymery, které se dají přehýbat za pokojové teploty. Tyto materiály mají velmi nízký obsah vody, vysoký index lomu a obvykle vysokou tvarovou paměť, čímž jsou také vhodné pro haptiky v „open - loop“ nitroočních čočkách. Tato skupina materiálů se rozvíjí kontrolovaným způsobem. Bylo také prokázáno, že mají dobrou uveální a vynikající kapsulární biokompatibilitu. Dvěma hlavními zástupci této skupiny jsou čočky značky AMO Acrylic (Santa Ana, CA) a Acrysof (Alcon, Fort Worth, TX).

Jednou z nevýhod této materiálové skupiny jsou intralenticulární změny. Malé vodní inkluze v optickém materiálu nazývané „**glistenning**“ jsou je vidět především u materiálu



nitroočních čoček **Acrysof**. V průběhu času se může glistenning zvýšit, dle současných studií však nemá vliv na zrakové funkce.

Další nevýhodou je dysfotopsie, spojená s vysokým indexem lomu. Nejčastější pozitivní dysfotopsie (halo, glare) byla způsobena vnitřními odrazy na pravoúhlém okraji čočky Acrysof za mezopických podmínek s velkou pupilou. V důsledku změn v optické geometrii byly tyto komplikace výrazně sníženy s příchodem novějších modelů hydrofobních akrylátových čoček. Malá část pacientů si také stěžovala na negativní dysfotopsii, která je vnímána jako skotom (místo na sítnici, které fyziologicky nereaguje na dopadající světlo) v temporální periferní zóně zorného pole. Toto bylo zjištěno také u materiálů čoček s vysokým indexem lomu [20].

Tabulka 6: Typy akrylátových měkkých čoček [10].

Typ čočky	Charakteristika
Alcon Acrysof	index lomu 1,55 – nejtěsnější měkké čočky, snížený výskyt sekundární katarakty
Čočka firmy Allergan	index lomu 1,47
Collamer (materiál) – čočka CC-4203VF	kombinace silikonu a kolagenu, snížený výskyt sekundární katarakty

### 3.1.2 Tvar

První Ridleyovy čočky měly pravidelný bikonvexní **tvar**, tím pádem kladly značné nároky na výrobu – bylo nutné leštit dvě vypuklé plochy. Později došlo ke zjednodušení tvaru a to na plankonvexní. Tento tvar již nevyžadoval tak drahé a složité výrobní postupy. Jednoduché plankonvexní čočky se používaly dále po dlouhou dobu. Většina těchto čoček byla implantována konvexní částí čočky dopředu.

Optickou část čočky lze implantovat i konvexní částí k sítnici (Jakobiho typ čoček). Konvexní plocha, která byla přitlačena na zadní pouzdro čočky, měla bránit migraci buněk. Tímto způsobem implantace mělo docházet ke zpomalování sklivcové degenerace, avšak kvalita osového zobrazení takto implantovanou čočkou byla nižší.

Vyráběly se i jiné tvary, například konkávokonvexní, které byly nejlepší z hlediska zachování velkého zorného pole. Používaly se především u čoček s nulovou nebo zápornou

dioptrickou hodnotou. Bylo nezbytné je vyrábět o velkém průměru, a to 6,5 – 7 mm, což způsobovalo chirurgům nelehké implantace. Další alternativou pro osoby s vysokou myopií byly plankonkávní tvary, které se používaly u fakických nitroočních čoček.

Podobný vývoj platí i u **velikosti** optické části čoček. Optická část o průměru 7 mm se teoreticky jeví jako optimální, protože i za extrémních stavů plně zakryje zornici, avšak pro běžnou praxi se využívá průměru 6 – 6,5 mm.

Původní Ridleyova čočka měla zhruba stejnou velikost jako čočka lidská. Díky vyšší lomivosti PMMA byla tenčí a tím pádem i lehčí. I přes to však byla, vzhledem k později vyvinutým čočkám, její hmotnost relativně vysoká a docházelo u ní k častým decentracím (kolem 10 %). Po vyvinutí haptik a zmenšení optické části čočky došlo ke snížení její hmotnosti.

Dalším faktorem, který ovlivnil velikost optické části čoček z tvrdého PMMA, byl rozvoj extrakapsulární extrakce a následné zavedení fakoemulzifikační metody. Operační řez tak bylo možné snížit pod 5 mm. Brzy se však zjistilo, že takto malá velikost optické části měla značné nevýhody za skotopických podmínek a to při mydriáze. Stanovila se tedy limitní hodnota, a to 5 mm.

V současné době jsou designy nitroočních čoček velmi rozmanité a hrají významnou roli v pooperačních komplikacích. Proto se v současnosti neustále pracuje na jejich zdokonalování [3, 20].

### **Jednoohniskové nitrooční čočky**

Tyto čočky jsou nejdéle, a v současné době také nejvíce používaným typem nitroočních čoček. Lámou světlo pouze do jednoho ohniska na sítnici, tudíž s nimi mohou lidé vidět kvalitně pouze na jednu vzdálenost. Optická mohutnost čočky se přizpůsobuje potřebám klienta a vypočítává se na základě parametrů oka. Další jemné dokorigování se následně provádí buď kontaktní čočkou, nebo brýlovou čočkou [9].

### **Torické nitrooční čočky**

Používají se u pacientů s rohovkovým astigmatismem. Těchto pacientů, kteří mají více než 1,5 dioptrie rohovkového astigmatismu, přichází k operaci katarakty cca 15 – 29 %. Výhodou implantace torických čoček je, že není třeba upravovat techniku operace, abychom vykorigovali sférickou a astigmatickou vadu současně. Jsou však velmi citlivé na správnou fixaci, centraci a stabilitu. To je také důvod, proč nedochází k jejich širšímu využití [9, 11, 12].

## Multifokální nitrooční čočky

Multifokální čočky jsou určeny pro vidění do více vzdáleností. Obecnou a známou nevýhodou u těchto čoček je snížení kontrastní citlivosti. Co se týká kvality vidění, je třeba trochu „naučit mozek přes tento typ čoček koukat“. Multifokální čočky rozdělujeme na difrakční a refrakční a dále podle ohnisek na bifokální nebo trifokální [9, 12].

- Refrakční

Refrakční typ čoček je založený na principu lomu světla na rozhraní dvou optických prostředí. Světelný paprsek se po průchodu čočkou láme v závislosti na úhlu dopadu a na optické mohutnosti místa čočky dopadajícího paprsku [9, 12].

- Difrakční

Difrakce popisuje šíření světla na základě jeho vlnových charakteristik [9].

- Akomodační

Jedním z řešení poklesu akomodace mohou být nitrooční akomodační čočky. Implantace této čočky je limitována zachovalou funkcí corpus ciliaris, dostatečnou elasticitou pouzdra a bezchybně provedeným operačním zákrokem. Existuje několik mechanismů akomodace, kterých je u těchto čoček využíváno a stále také probíhá jejich další vývoj [12].

## Asférické nitrooční čočky

Tyto čočky mají na periferii menší zakřivení, jsou tenčí a tím dochází i k odstranění většiny sférických aberací [9].

## Full size čočky

Tyto čočky použil jako první v roce 1950 Harold Ridley. Byly to čočky bikonvexní a měli full-size optiku bez haptik. Systém těchto čoček se používá dodnes, avšak dnes jsou čočky vylepšené a více přizpůsobené očnímu prostředí.

Většina nitroočních čoček má full-size účinnou optickou zónu v 6 mm, v hlavním rozpětí síly čočky. Proto čočky s vyšší dioptrií mají tenčí optickou zónu, než čočky s nižší dioptrií. Toto je výhoda full-size optické zóny. Snadnost skládání čočky při operaci závisí na síle konkrétní čočky. Některé nitrooční čočky si udržují centrum konstantně tenčí a tím se liší efektivita optické zóny, čímž se mění zakřivení optiky a tím pádem i optické síly. Podle dostupných informací autora byl do roku 2009 pouze jeden výrobce těchto čoček (Dr. Schmidt), které se lišily indexem lomu silikonového materiálu použitého pro různé síly, což udržovalo konstantní efektivní optickou zónu a tenčí centrum [20].

## 3.2 Opěrná část

Ridley implantoval do roku 1959 zhruba 750 čoček, které vzhledem ke své velikosti, nepotřebovaly opěrné části. Decentrace čoček, které vznikaly po operacích, si vynutily snížení jejich hmotnosti za cenu toho, že se sníží i průměr optické části. Po tomto kroku (zmenšení optické části) bylo nutné čočku správně zcentrovat v optické ose oka. K tomu se začaly využívat tzv. polohující pomocné elementy, z anglické terminologie nazývané „haptiky“.

PMMA byl pro výrobu haptik v této době prakticky nepoužitelný. Bylo třeba najít takový materiál, který by se po implantaci čočky v oku nově zformoval. Implantologové se zaměřili na oblast přední komory. Byly zkonstruovány různé typy předněkomorových čoček ukotvených v duhovkorohovkovém úhlu. Lišily se pouze způsobem ukotvení v oku [3].

Největšího rozšíření doznal Fjodorovův „Sputnik“. Binkhorstem iridokapsulárně implantované čočky měly také velký úspěch. Po implantacích bylo zaznamenáno jen málo komplikací. Studie z roku 1977 ukazuje výsledky na 150 případech aplikací. Nejzávažnějšími komplikacemi byly dislokace (u 4 případů) a rohovkové dystrofie. Dodnes používaná a velmi úspěšná Worstova metodika ukotvení čočky typu „lobsterclaw“ se používá jak po různých typech extrakce čočky, tak u fakických očí při refrakčních implantacích. I když se ze začátku tento nový typ čoček potýkal s vlnou nedůvěry na očním setkání v Paříži, i přesto se později čočkám dostalo zaslouženého obdivu [3, 8, 13].

### 3.2.1 Materiál

Materiál a konstrukce haptik mají velmi významný vliv na biokompatibilitu čoček. V historii se použilo několik materiálů s různým úspěchem, a to:

- polyamid,
- polymethylmetakrylát (PMMA),
- jiné materiály [3].

**Polyamidy** se v americké terminologii označují jako nylony. Polyamid je elastický materiál, který se dnes používá jako šicí materiál (firma Ethicon). Jeho nevýhodou jsou snadno fragmentující amidové skupiny procesem hydrolyzy. Tento proces můžeme pozorovat právě na stezích v rohovce nebo duhovce, kdy se během 1 - 3 let vlákna stehů zmenší, až zcela prasknou.

Předpokládá se, že dochází k 2% degradaci polyamidového vlákna haptiky každý rok. Teoreticky tedy lze předpokládat, že ke kompletnímu odlomení haptiky dojde zhruba za 50 let po implantaci [3].

Po zavedení nových technologií výroby vláken a čoček z **polymetylmetakrylátu (PMMA)** se stal tento materiál nejpoužívanějším pro výrobu haptik. Jeho tvrdost a paměť zabezpečuje odolnost vůči posunutí optické části čočky z optické osy oka. Haptiky jsou složité, ale velmi pevně ukotveny v optické části čočky. Integrují se do měkkých akrylátových čoček a do silikonových čoček. Nevýhodou tohoto klasického tvrdého PMMA je vytváření prasklin v mechanicky namáhaných částech čočky, kde může dojít až k prasknutí. Záleží zde také na osobě chirurga, který musí čočku co nejlépe implantovat bez jakéhokoliv nadměrného ohnutí [3].

Dále se využívaly další **jiné materiály**, např.:

**Polyetylenglykoltereftalát** se dá použít na výrobu haptik. Není tak hydrofilní jako polyamid a nepodléhá tolik biodegradaci. Nevýhodou je však jeho malá elasticita vůči ostatním materiálům [3].

Z **kovů** byly využívány např. zlato, platina, iridium, titan, nerezová ocel a slitiny ušlechtilých kovů [3].

**Polyimid** je materiál, který obsahuje řetězce s – NH - (imino) skupinami a benzenovým jádrem. Jeho výhodou je jeho odolnost vůči vysokým teplotám, radiaci a je horkovzdušně sterilizovatelný. Používá se u některých typů silikonových čoček, firma Ophtec ho v roce 1981 začala využívat místo nevhodného polyamidu [3].

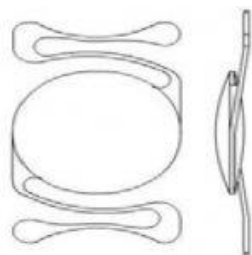
**Polypropylen** je značně flexibilní materiál, avšak nemá příliš velkou tvarovou paměť. Při fibróze pouzdra se čočky snadno decentrují. Další nevýhodou tohoto materiálu je možnost biodegradace vlivem působení UV záření (pokud je čočka umístěna v PK) a také vyšší adherence bakterií k jeho povrchu [3].

Pletená vlákna z **teflonu** se používají na závěs čoček, které jsou fixovány transklerálně podle prof. Maggiho. Tento systém založený na třech závěsech, umožňuje snadnou peroperační centraci čočky. Výhodou materiálu je dokonalé zahojení, bez nebezpečí vzniku kanálů podél stehů [3].

### 3.2.2 Tvar

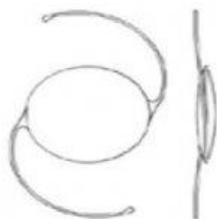
Dějiny vývoje opěrných částí čoček jsou velmi pestré. Původní Ridleyova čočka neměla žádný opěrný systém. Aby nebyly oční tkáně nadměrně zatěžovány, je třeba, aby opěrná vlákna a jejich konce byly maximálně flexibilní. Co se týká **tvaru**, v minulosti bylo vyvinuto a použito velké množství různých typů konstrukcí haptik, od jednoduchých až po složité, které měly umožňovat akomodaci [3].

**Předněkomorové** čočky, kde byla nutná pérová konstrukce, která zajišťovala minimální kontakt s odtokovou soustavou oka. Haptiky musely být ohnuté pod malým úhlem tak, aby se vytvořil prostor mezi duhovou a čočkou. Čočky bylo nutné vyrábět v několika velikostech podle individuálních parametrů oka pacienta. Při nedodržení těchto zásad mohlo dojít ke vzniku keratopatií, sekundárního glaukomu, uveitid a proleženin duhovkorohovkového úhlu [3].



Obrázek 4: Předněkomorová nitrooční čočka [7].

U **zadněkomorových** (retropupilárních) čoček je rozdíl, zda jsou fixovány v sulcus ciliaris (= sulku, prostor za rovinou duhovky, před přední plochou pouzdra původní čočky) nebo v pouzdře. Pro sulkus je dobrý malý kontakt s citlivou tkání řasnatého tělíska. Pro čočky fixované v pouzdře je na druhou stranu optimální co největší kontakt po obvodu pouzdra. Pouzdro se tak pravidelně napne a sníží se nebezpečí vzniku strií u zadního pouzdra [3].



Obrázek 5: Zadněkomorová nitrooční čočka [7].

Tabulka 7: Vývoj ukotvení nitroočních čoček a seznam významných lidí, kteří se na něm podíleli [3].

Epstein	1953	Čočky fixovány paralelně v zornici
Binkhorst	1958	Iridokapsulárně implantované IOČ
Fjodorov	1968	Sputnik – nitrooční čočka
Worst		Metodika ukotvení typu „lobsterclaw“ na přední list duhovky
Pearce	1976	Obnovil původní retropupilární způsob implantace čočky podle Ridleyho
Shearing	1977	tzv. „J - loop“ retropupilární IOČ
Sinsky, Kratz, Simcoe, Anis		Zásadní úprava tvaru haptik – dokonalejší ukotvení optické části čočky

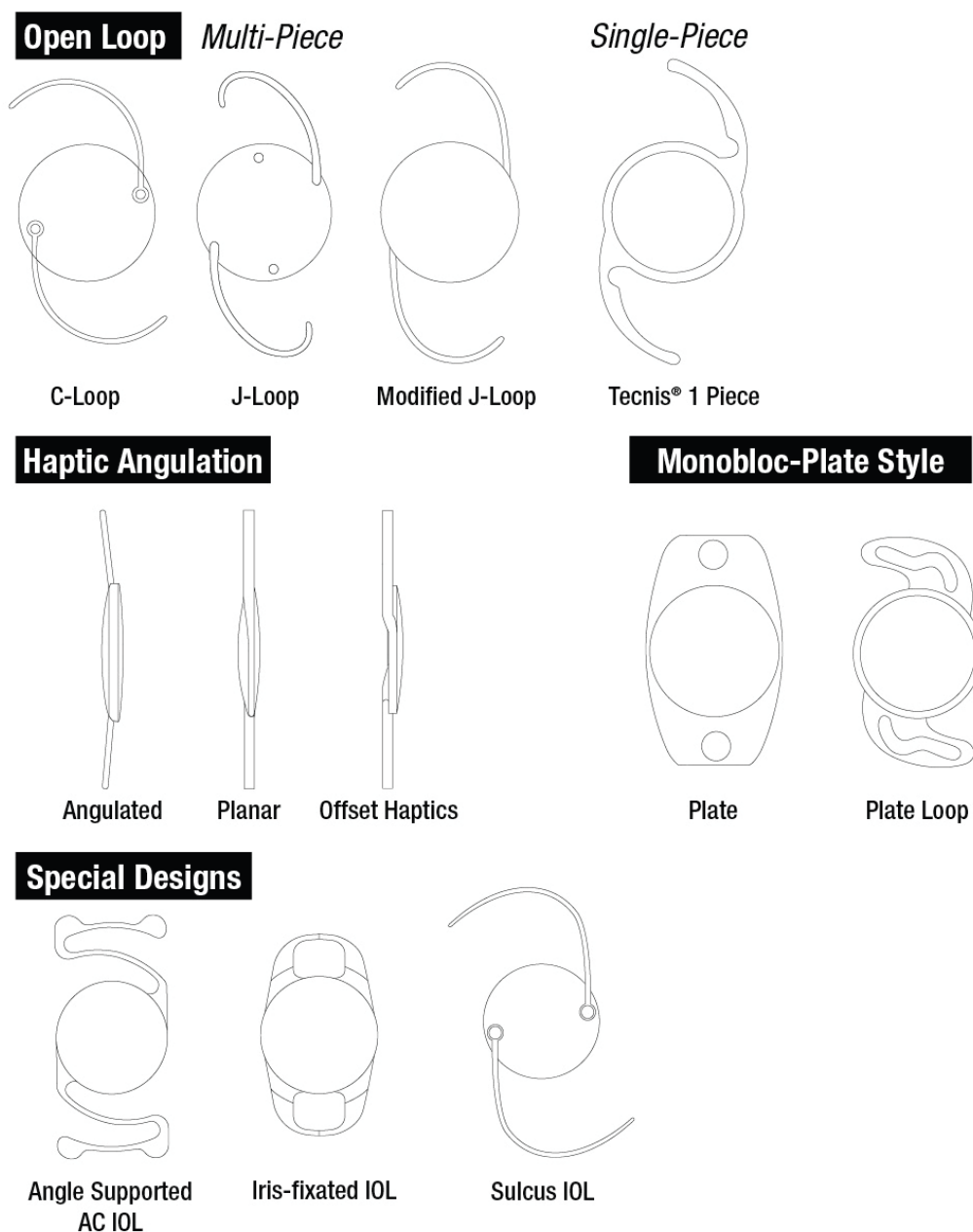
### Plate Haptic

Jednou z prvních ohebných čoček byla silikonová čočka typu „plate haptic“. Dnes se stále využívá „plate-style“ design, obvykle v kombinaci s malými „look-like“ haptiky ukotvenými ve čtyřech rozích, což umožňuje lepší adaptaci v čočkovém pouzdře (obr. 6). Hlavní nevýhodou „plate-style“ designu je neúplná fúze přední a zadní strany pouzdra čočky. To může mít za následek vznik sekundární katarakty [20].

### Open-Loop

Čočky **vícekusové** jsou umístěny v pouzdře čočky tak, aby byl na pouzdro vyvíjený dostředivý tlak. Tvar haptik by měl být během implantace zachován. Tento typ umístění je používán u nitroočních čoček umístěných do sulku (obr. 6) [20].

**Jednokusové** čočky jsou vyrobeny z jednoho kusu materiálu, na rozdíl od tříkusových nitroočních čoček, které se obvykle skládají ze dvou různých materiálů (zvláště pro optickou a haptickou část). Jednokusové čočky jsou odolnější při použití injektorů a jejich výrobní proces není tak finančně náročný. Je zde ale ještě otázka týkající se sekundární katarakty, jelikož čočky mají poměrně ostrý zadní okraj optické části čočky. Klinické studie však neprokázaly významný rozdíl mezi vícekusovou a jednokusovou čočkou [20].



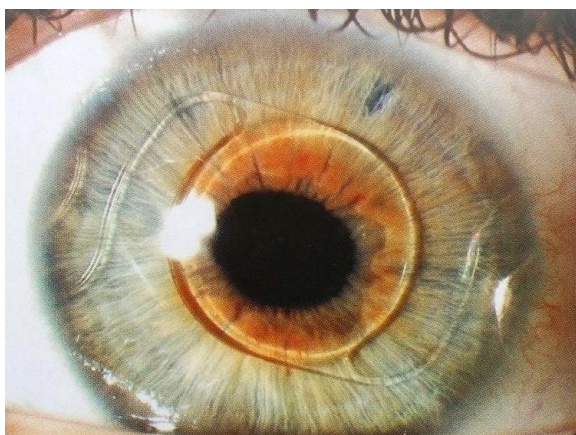
Obrázek 6: Design opěrných částí čoček [20].



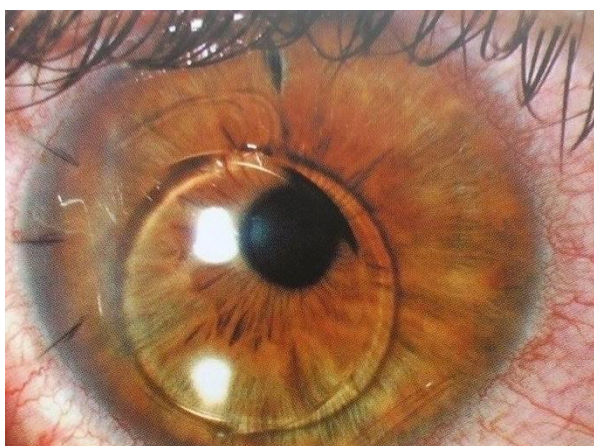
## 4 Rozdělení nitroočních čoček podle umístění

### 4.1 Předněkomorové nitrooční čočky

Předněkomorové čočky jsou dnes **fakické iafakické**. V oku mohou být buď fixovány do komorového úhlu, nebo na duhovku. Kontraindikacemi implantace předněkomorových fakických čoček jsou v dnešní době nedostatečná hloubka přední komory, nízký počet endoteliálních buněk a jiné oční patologie. Fakické čočky se umísťují ventrálně od přirozené čočky. Dochází tedy ke změně optické mohutnosti oka se zachovalou akomodací. Zásadní výhodou je možnost tuto čočku explantovat nebo vyměnit. Implantaci všech fakických nitroočních čoček předchází Nd:YAG laserová iridotomie. Provádí se jako prevence pupilárního bloku, který způsobuje zvýšení nitroočního tlaku. Iridotomii provádíme asi týden před samotnou implantací [9, 18].



Obrázek 7: Předněkomorová nitrooční čočka NuVita [9].



Obrázek 8: Decentrace předněkomorové nitrooční čočky [9].

- Baikoffova čočka

Předněkomorová čočka, která je fixována čtyřbodově v oblasti komorového úhlu. Opět z materiálu PMMA. Původní typ čočky označený **ZB** měl optickou část o velikosti 4,5 mm. U tohoto typu čočky však docházelo k poškození endotelu a ke glaukomovým komplikacím. Novější model **ZB5M** měl nový design a také menší optickou část o průměru 4 mm. To se ale ukázalo jako nepraktické. U pacientů se objevila nová komplikace, „glare“. Měli problém s řízením automobilu v noci, což bylo způsobeno rozdílnou lomivostí paprsků procházejících okrajem čočky v současné mydriáze. Nejnovější model pod názvem **Nuvita MA20** měl tyto výše uvedené komplikace eliminovat. Rozšířila se optická část zpět na 4,5 mm a čočka měla jiný tvar okrajů. Vzhledem k vysokému riziku komplikací se tato fakická čočka již nepoužívá [3].

## 4.2 Zadněkomorové nitrooční čočky

Do zadní komory jsou implantovány jak čočky afakické, tak čočky fakické.

První možností uchycení zadněkomorové nitrooční čočky v oku je její fixace pomocí sulcus ciliaris. Haptika se tak opírá vzadu o pouzdro čočky a vepředu o zornici. Druhou možností je implantace čočky do pouzdra. Tam se implantují pouze čočky **afakické**. Je to nejčastější způsob implantace zadněkomorových čoček (cca 95%).

Zadněkomorové čočky, které jsou dnes využívány, navazují na původní Fjodorovův princip. Nazýváme je tzv. **PRL** (Phacic Refractive Lens). PRL čočky nejsou žádným způsobem fixovány v zadní komoře, vytváří tak pouze minimální tlak na struktury ciliárního aparátu a prakticky tak nedochází ke kontaktu s přední stranou pouzdra čočky. Používaným materiálem u PRL čoček je hydrofobní silikon.

Dalším typem zadněkomorových fakických čoček jsou **ICL** (Implantable Contact Lens), u kterých je využíván materiál Collamer. Díky výborným vlastnostem tohoto materiálu mohou být ICL čočky implantovány do těsné blízkosti s lidskou čočkou. Před implantací nebo během ní je preventivně prováděna iridotomie pomocí Nd:YAG laseru (prevence glaukomu s uzavřeným úhlem) [12, 18].

- Fjodorovova zadněkomorová čočka

Není vyrobena, na rozdíl od ostatních čoček, z PMMA, ale z kolameru (kopolymer kolagenu a silikonu). Nasedá poměrně těsně na přední povrch čočky a zepředu je potom krytá duhovkou. Její umístění ale přináší řadu specifických komplikací (opacifikace pod předním

pouzdrem čočky, zánětlivé duhovkové změny). Nebyla-li ovšem primárně provedena bazální iridektomie, poté celkem často docházelo k pupilárnímu bloku se sekundárním glaukomem. Úbytek endoteliálních buněk byl u tohoto typu čočky nejnižší [3].

### **4.3 Čočky se závěsem na duhovku (iris – claw)**

Worstova předněkomorová čočka s jedinečným způsobem uchycení k duhovce. Jedná se o destičkový typ čočky z PMMA. Výrobce je firma Ophtec (Nizozemí). Problémem této čočky je významná ztráta endotelových buněk. Absolutní kontraindikací této čočky je hloubka přední komory pod 3,4 mm [3].

## 5 Komplikace související s materiály a designy nitroočních čoček

### 5.1 Změny průhlednosti čočky

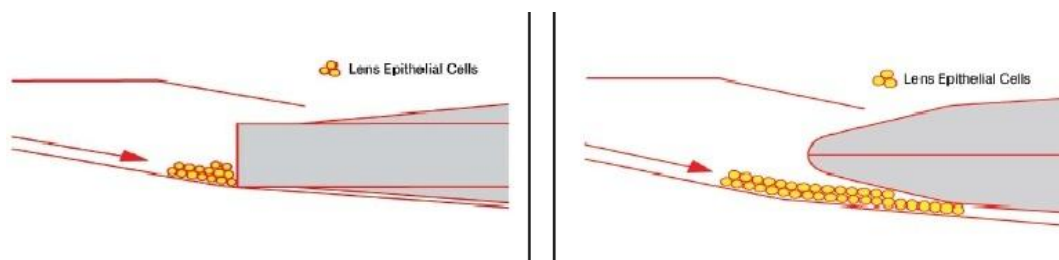
Jedním z problémů, který se vyskytuje u materiálů čoček, je tzv. **glistenning**. Můžeme ho také nazvat jako „třpytění“ nebo „lesk“. Tento fenomén se klinicky projevuje při vyšetření na štěrbinové lampě jako mnoho drobných lesknoucích se bodů v optické části čočky. Jsou to mikrovakuoly, které vznikají nahromaděním okolní tekutiny v čočce, která se tam dostává mikrokanálky na povrchu čočky. Typický je tento nálezn u hydrofobních akrylátů. S velkou pravděpodobností je jeho příčinou narušení intaktního povrchu čočky po změnách teploty (snížení teploty nitrooční čočky v oku po jejím zahřátí před implantací). V současné době, kdy implantaci provádíme především injektory, je tento jev vzácný. Je ale třeba na něj myslet a mít ho v paměti, protože může být příčinou snížení kvality pooperační zrakové ostrosti [9].

### 5.2 Ovlivnění sekundární katarakty

Sekundární katarakta, neboli opacifikace zadního pouzdra, patří mezi jednu z mnoha komplikací, které mohou po operaci katarakty nastat a je také poměrně častou pozdní komplikací (vzniká asi u 11 % pacientů po prvním roce od operace a asi u 28 % po pěti letech od operace) [9]. Její výskyt závisí na typu implantované nitrooční čočky a dále na dokonalém očištění čočkového pouzdra od zbytků čočkové hmoty. Pacienti trpí sníženou zrakovou ostroostí, poruchami kontrastní citlivosti a mají problémy oslnění. Sekundární katarakta může být snadno „lčena“ pomocí Nd:YAG laseru, tzv. kapsulotomií. To však může vést k dalším komplikacím, jako například ke krátkodobému vzestupu nitroočního tlaku, k očním zánětům, vzniku cystoidního okulárního edému nebo oddělené sítnice. Použití Nd: YAG laseru také zvyšuje náklady na léčbu šedého zákalu, a proto není k dispozici ve většině rozvojových zemí. Z tohoto důvodu se v dnešní době snažíme snížit tyto pozdní komplikace úpravou designu a materiálu nitroočních čoček, modifikací operačních technik, aplikací léků apod. [20].

Dělíme ji na dva typy:

**Proliferační typ** je způsobený proliferací buněk čočkového epitelu a jejich migrací na zadní pouzdro (mezi pouzdro a optickou část čočky). V rozvinutém stádiu můžeme vidět až tzv. Elschnigovy perly. Je to nejčastější typ, u kterého je výskyt závislý na věku pacienta. Nejčastěji se vyskytuje u dětí. U dospělých je to cca 50 % výskytu po 3 – 6 letech od operace katarakty [9].



Obrázek 9: Blokáce prorůstání epiteliálních buněk čočky kvůli ostré hraně zadní plochy čočky (vlevo) a plochý design a vrůstání epiteliálních buněk pod čočku (vpravo) [20].



Obrázek 10: Proliferační forma sekundární katarakty v retroiluminaci [1].

S **fibrózu zadního pouzdra** se obvykle setkáváme mezi 3. – 6. měsícem po operaci katarakty. Vzniká ze zbytku epitelových buněk předního pouzdra čočky. Indikace k terapii jsou: zhoršení visu, monokulární diplopie, chirurgická discize zadního pouzdra a očištění novotvořeného materiálu u proliferačního typu [1, 9].



Obrázek 11: Fibrózní forma sekundární katarakty [9].

Bylo stanovených 6 základních faktorů, které by měly zabránit vzniku sekundární katarakty:

- „hydrodisekce,
- implantace nitrooční čočky do pouzdra,
- velikost CCC musí být taková, aby mírně (až 1 mm) přesahovala okraj čočky,
- biokompatibilita nitrooční čočky,
- maximální kontakt optické části čočky se zadním pouzdrem „bioadhezivním“ materiálem čočky a anulací haptické části,
- ostrý zadní okraj čočky, který zabraňuje průniku epitelových buněk za čočku.“ [9].

## 6 Přizpůsobitelné nitrooční čočky

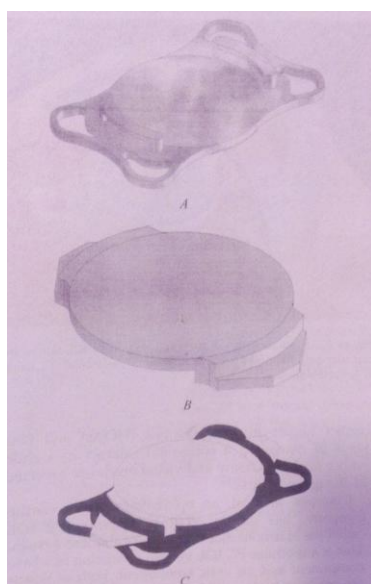
Přizpůsobitelné nitrooční čočky jsou konstruovány tak, aby určitými mechanismy umožnily následnou změnu nebo úpravu výsledné optické mohutnosti. K této úpravě dochází až po implantaci čočky. Cílem přizpůsobitelných čoček je tedy dosáhnout maximální přesnosti optické mohutnosti a odstranit zbytkovou refrakci [21].

### 6.1 Čočky vyžadující sekundární zásah pro přizpůsobení

#### 6.1.1 Multikomponentní čočky

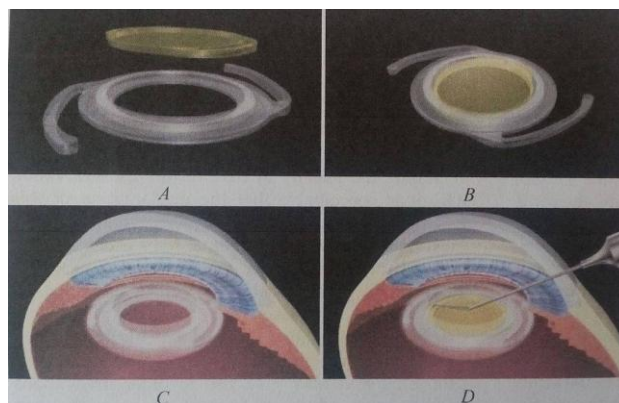
O těchto čočkách je zmínka již z roku 1996, kdy doktor Werblin navrhnul koncept multikomponentních čoček. Vydělal tak cestu této rozvíjející se technologii.

System multikomponentních čoček je založený na principu piggyback techniky. Čočka je složena ze tří částí: základní, střední „sandwich“ a tzv. „víčko“, které je poslední částí. Základní část čočky je tvořena z PMMA s průměrem 6 mm a optickou částí 5,5 mm. Střední část čočky je buď z PMMA nebo ze silikonu s optickou částí o průměru 5,5 mm. Poslední část čočky je také z materiálu PMMA a má tvar plan-convexní. Průměr optické části je také 5,5 mm a může být buď monofokální, nebo multifokální. Takto složená čočka může být do oka implantována 7 mm incizí. Právě tento prototyp čočky implantoval v roce 1996 doktor Werblin, aby demonstroval její uskutečnitelnost (obr. 12) [21].



Obrázek 12: Multikomponentní čočka, A: základní část, B: střední část („sandwich“), C: „víčko“ [21].

Po několikaletém vývoji došlo ke změnám v oblasti multikomponentních čoček. Vznikl tzv. Harmoni systém (obr. 13), který je schopný korigovat aberace vyšších řádů. Čočka je složena ze základní a optické části. Obě jsou vyrobené z hydrofilního akrylátu. Optická část může být sférická, torická a multifokální.



Obrázek 13: Harmoni systém [21].

Co se týká implantace, využívá se femtosekundového laseru a malé incize. Nejdříve je do oka vložena základní část čočky a poté, tou samou incizí, část optická. V případě implantace torické čočky může dojít k následnému pootočení optické části do preferující pozice. Pokud má následně pacient jiné refrakční požadavky, optická část čočky se jednoduše vyjme a vloží se jiná, odpovídající čočka. Opěrná část čočky samozřejmě zůstává stále fixovaná a umístěná v oku [21].

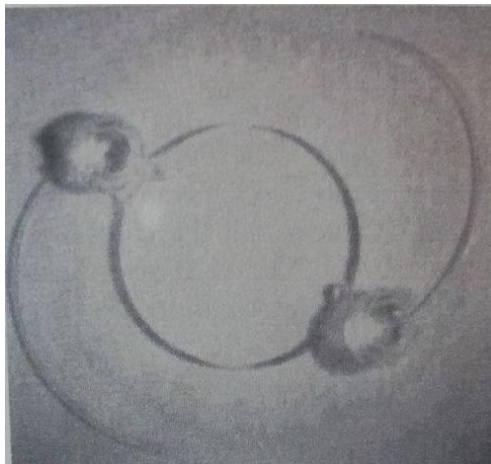
### 6.1.2 Mechanicky přizpůsobitelné čočky

Představitelem je čočka Acri.Tec AR-1 PC. Byla testována jak na zvířatech, tak na lidském oku. Je složena z materiálu PMMA, její optická část má průměr 5,5 mm a skládá se ze dvou, 1 mm vysokých cylindrů, které jsou umístěny na rozhraní mezi optickou a haptickou částí. Píst, připojený k vnější části každé haptiky, uložený právě na rozhraní mezi optickou a haptickou částí (obr. 14), umožňuje chirurgovi měnit optickou mohutnost jeho posouváním. Tato změna je ovlivněna pozicí a vzdáleností čočky v oku. Chirurg může ovlivňovat optickou mohutnost v rozmezí 2,0 – 2,5 D (1,5 D/mm).

Doktoři Jahn a Strotman provedli studii na 35 lidských očích. Probíhala 18 měsíců. Výsledek byl následující: žádné z očí nejevilo známky zánětu, dekompenzace rohovky, atrofie duhovky, zkreslení zornice nebo abnormality Amslerovy mřížky. Potvrdilo se, že čočku Acri.Tec lze bezpečně implantovat dospělým lidem do čočkového pouzdra s následnou možností přizpůsobení. Žádné nepředpokládané výkyvy týkající se zrakové ostrosti a kvality



vidění zde nebyly. Nevýhodou však byl poměrně velký výskyt sekundární katarakty (18 z 35 očí), která se následně řešila Nd:YAG laserem [21].

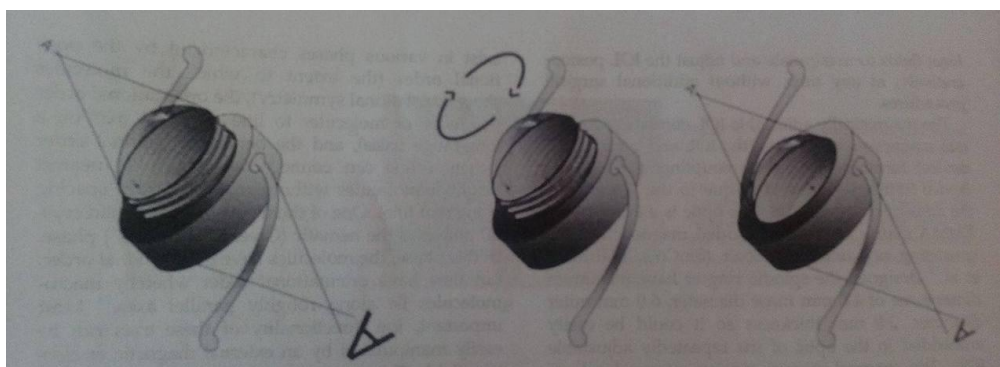


Obrázek 14: Mechanicky přizpůsobitelná čočka, píсты uložené na rozhraní mezi optickou a haptickou částí [21].

### 6.1.3 Opakovaně přizpůsobitelné čočky

Čočky jsou tvořené z optické části s jakýmsi „šroubem“, který se zasadí do základní části čočky (obr. 15). „Šroubováním“ se mění vzdálenost a pozice nitrooční čočky. Tím dochází ke změně optické mohutnosti.

Studie ukázala, že při manipulaci s těmito čočkami nedochází k poškození čočkového pouzdra nebo ciliárních svalů [21].



Obrázek 15: Opakovaně přizpůsobitelná čočka, vrut a systém „šroubování“ [21].

## 6.2 Čočky přizpůsobované neinvazivními metodami

### 6.2.1 Magneticky přizpůsobitelné čočky

Design opakovaně přizpůsobitelných čoček sloužil jako základ pro čočky magneticky přizpůsobitelné. Tato technologie umožňuje chirurgovi používat magnetická silová pole k manipulaci a nastavení nitrooční čočky po operaci, a to kdykoli, bez dalších chirurgických zákroků [21].

### 6.2.2 Čočky s kapalnými krystaly

Tekuté krystaly zaujímají nezastupitelné místo v moderní lékařské technologii. Jsou ve stavu, kdy jejich vlastnosti leží mezi konvenčními tekutinami a mezi pevnými krystaly. Například mohou mít vlastnosti jako kapalina, ale jejich molekuly mohou být orientovány jako u pevných krystalů.

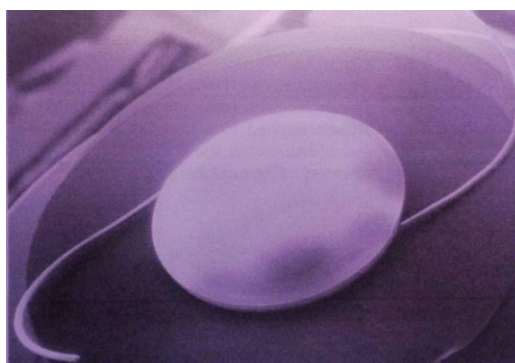
Existuje několik různých fází v kapalných krystalech. Každá fáze je pro něco charakteristická. Jednou z nejběžnějších fází je fáze „nematic“. V této fázi nemají molekuly žádnou stálou pozici. Mohou se tedy upravovat pomocí externího magnetického nebo elektrického pole [21].

### 6.2.3 Světlem přizpůsobitelné čočky (LAL)

Společnost Calhoun Vision vyvinula světlem přizpůsobitelné nitrooční čočky (LAL = light adjustable lens) obsahující fotoiniciátor, který způsobuje polymerizaci makromerů působením UV záření (365 nm). To umožňuje chirurgům následné pooperační úpravy již implantované čočky [21].

## Charakteristika

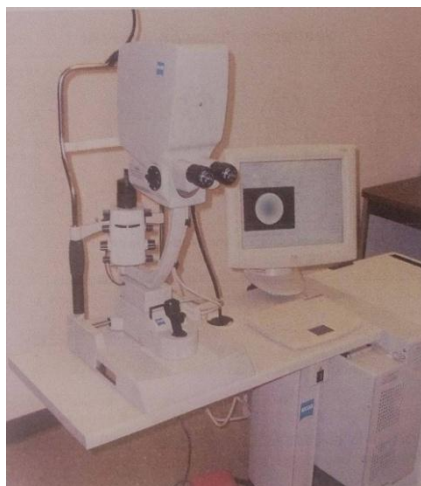
LAL jsou ohebné tříkusové silikonové čočky. Jsou složené ze speciálního UV záření filtrujícího silikonu obsahujícího fotoiniciátor a mobilní silikonové makromery. Celá čočka, včetně haptik, má průměr 13 mm, průměr optické části je 6 mm. Zadní hrana čočky má čtvercový profil, přední část čočky má zakulacené rohy a je oválná. Haptiky jsou z materiálu PMMA a jsou umístěny v úhlu  $10^\circ$ . Tyto prvky zajišťují prevenci vzniku sekundární katarakty a rotaci čočky v čočkovém pouzdře, což dělá čočku výbornou pro torickou korekci [21].



Obrázek 16: Světlem přizpůsobitelná nitrooční čočka [21].

## Light delivery device (LDD)

LDD je používán k dodávce UV záření, o délce 365 nm, k čočce. Je to přístroj, který má stejný základ jako štěrbinová lampa. K němu je navíc přidán zdroj UV záření, projekční optika a ovládací a řídicí jednotka. Pacient při úpravě čočky fixuje bod, který je paracentrálně k nosníku. Cílová fixace se objeví v nekonečnu a svírá úhel  $0,25^\circ$ . Záměrné obrázky a profil UV záření jsou parfokálně a paracentrálně v rozmezí  $50 \mu\text{m}$  [28].



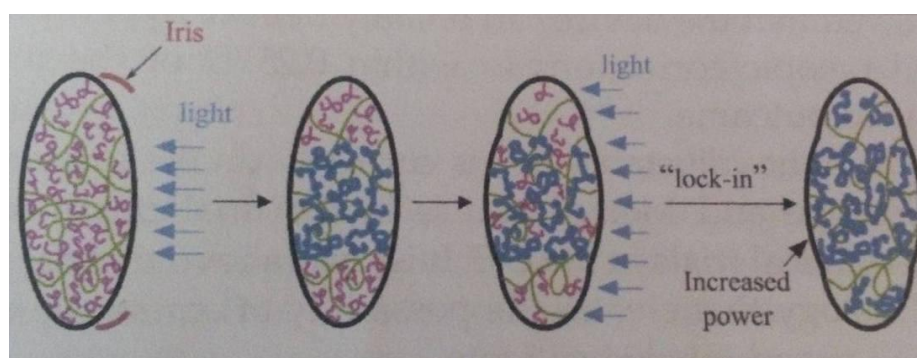
Obrázek 17: Light delivery device [21].

## Po aplikaci LAL

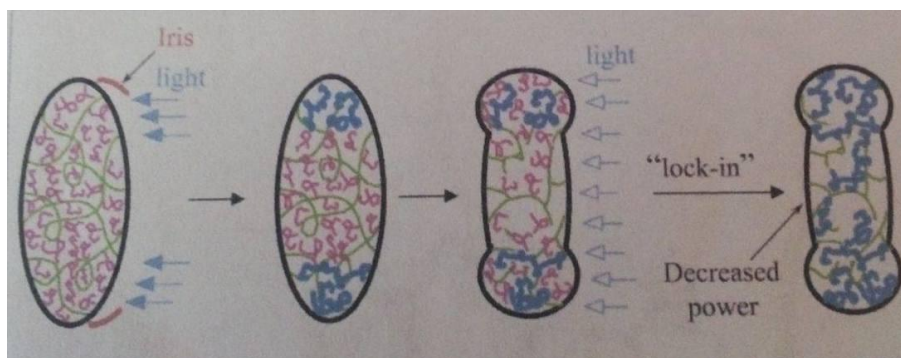
Po chirurgické implantaci LAL se oko nechává v klidu v období 2 – 4 týdnů. Během této doby se čočka zafixuje v čočkovém pouzdře a je dosaženo stavu refrakční stability. Pacientova zraková ostrost je poté změřena a vyšetřena a chirurg může začít s následnými úpravami a přizpůsobováním čočky. Obvykle probíhají 1 -2 úpravy (sezení), přičemž každá trvá přibližně 2 minuty. Ve chvíli, kdy je dosaženo optimálního stavu, ozáří se celá část čočky UV zářením, a tím dojde k zafixování zbylých volných nepolymerizovaných řetězců. Tento proces se nazývá „lock-in“, neboli uzavření a, provádí se buď jednou, nebo dvakrát, podle potřeby. Tím dojde k polymerizaci veškerého materiálu v čočce [21].

## Způsob úpravy

Způsob ozařování jednotlivých míst závisí na tom, zda chceme sílu čočky zvýšit nebo naopak snížit. Pokud chceme **zvýšit sílu čočky** (obr. 18), musíme ozářit centrální část čočky. Na začátku je čočka plná kratších polymerů, které postupně dále polymerizují vlivem UV záření. Po ozáření centrální části dojde k polymerizaci materiálu v centru. Nezpolymerizované krátké řetězce začnou difundovat do celého objemu čočky. Tím se zvýší koncentrace materiálu v centru, jelikož na tomto místě bude jak zpolymerizovaný materiál, tak i ten difundovaný, nepolymerizovaný. Čočka tak zvýší svou sílu, lomivost. Hodnota dioptrií se zvyšuje do plusu. Naopak pokud chceme **sílu čočky snížit** (obr. 19), musíme ozářit periferní část čočky. V periférii dojde k polymerizaci materiálu. Nezpolymerizovaný materiál v centru začne difundovat do celé čočky. Následkem toho dojde ke zvýšení koncentrace materiálu v periférii a naopak k úbytku v centru. Čočka se tak stává méně lomivou a snižuje svou sílu [21].



Obrázek 18: Zvyšování síly čočky [21].



Obrázek 19: Snižování síly čočky [21].

Po implantaci, během úprav a po uzavření těchto čoček, musí pacienti striktně dodržovat určená pravidla. Velmi důležité je nošení speciálních slunečních brýlí, a to 3 týdny po implantaci, přesněji řečeno po uzavření a fixaci čočky. Brýle mají za úkol zabránit nechtěnému vniknutí UV záření do čočky, které by mohlo způsobit nevratné a nechtěné komplikace. Pacienti obdrží dvojce brýle. Jedny s čirými skly, které musí nosit uvnitř (doma) celý den i při běžných činnostech, vyjma sprchování a spánku. Druhé brýle mají zabarvená skla. Ty musí pacienti nosit za všech okolností venku. Při výměně je důležité vždy zavřít oči, aby nedošlo k nežádoucímu vniknutí UV záření [21].

#### 6.2.4 Studie v souvislosti s LAL

Dle studie zveřejněné v roce 2003 Danielem M. Schwartzem proběhlo testování LAL in vivo (na králičích očích) a in vitro. U in vitro studií se zjišťovala cytotoxicita čočky, hydrolytická stabilita, fotostabilita, test expozice Nd:YAG laseru, posouzení mechanických parametrů LAL, test optického výkonu čočky, úprava a uzavření čočky, studie účinků expozice slunečního záření a korekce aberací vyšších řádů.

Výsledky in vitro testování vyloučily cytotoxicitu látek obsažených v čočkách. Co se týká hydrolytické stability, výsledky ukázaly, že neexistuje žádný úbytek hmotnosti pozorovaný v rámci studovaných podmínek. U makromer, fotoiniciátoru a silikonu se neočekává, že by se vyluhovaly ve vodném prostředí. Dále výsledky ukazují, že pokud si pacienti zapomenou vzít sluneční brýle během pobytu na slunci, jsou LAL minimálně 2 hodiny chráněny takovým způsobem, že nedojde ke změně jejich dioptrické hodnoty.

U in vivo testování se prováděly testy na biokompatibilitu čočky a dále na přizpůsobení a úpravu čočky.

Nebyly zaznamenány žádné známky jakékoliv toxicity v předním nebo zadním segmentu oka, které by mohly být způsobené expozicí UV záření. Studie na králíčích očích také prokázaly změnu dioptrické hodnoty v rozmezí  $0,71 \pm 0,05$  D po uzavření čočky [28].

Studie zveřejněná v roce 2015 týmem specialistů [21] se zabývá:

1) Vlivem UV záření na endotel a sítnici a jejich bezpečností při úpravě čočky

Autoři použili terapeutickou dávku záření v „lock-in“ fázi. Testování probíhalo na 12 kočičích rohovkách. Srovnávaly se rohovky, které byly ozářené a které nikoliv. K diagnostice využili vitálního barvení. Nebyly zjištěny žádné rozdíly v ozářených a v neozářených oblastech. Celkový rozdíl mezi dvěma skupinami nebyl statisticky významný ( $P > .05$ ).

Ve studii týkající se bezpečnosti sítnice při ozáření byla do jednoho lidského oka implantována LAL s UV filtrem. Dále bylo implantováno 16 čoček bez UV filtru do králíčích očí. Následně byly všechny oči vystaveny více než 5x maximální možné dávce UV záření. Histopatologické vyhodnocení neprokázalo poškození rohovky, předního segmentu, nebo sítnice u očí s implantovanými LAL s UV filtrem. Avšak u 3 očí z 16, kde nebyl přítomen UV filtr, byly prokázány změny na sítnici v souvislosti s laserovým „popálením“ [21].

2) Pooperačními výsledky u myopických, hypermetropických a cylindrických pacientů

V prospektivní klinické studii byl hodnocen pooperační stav u 14 očí, do kterých byla záměrně implantována LAL neodpovídající dioptrické hodnoty, což mělo za následek myopizaci pacienta až v hodnotách do  $-1,5$  D. Následně byla provedena úprava čočky pomocí LDD. 1. den po zafixování čočky byl u 13 ze 14 očí rozdíl do  $0,25$  D, 14 ze 14 očí dosáhlo rozdílu  $0,50$  D po 9 měsících sledování. Žádné oči neměly zjevné změny dioptrické hodnoty větší než  $0,25$  D mezi 1. dnem a 9 měsíci po ukončení „lock-in“ neboli fixace čočky. To dokazuje stabilitu LAL. Podobné výsledky byly i u hypermetropických pacientů.

Studie týkající se rohovkového astigmatismu mezi  $1,0$  D a  $2,0$  D byla provedena na 10 očích a probíhala po dobu jednoho roku. Deset z 10 očí bylo v rozdílu  $0,50$  D po cíleném cylindrickém přizpůsobení. Osy cylindrů zůstaly stejné u 60 % očí. Všechny oči byly v toleranci 10 stupňů rotace, při 12 - měsíčním pozorování. V průměru docházelo u LAL k pootočení osy o 3 stupně, což je stále v rámci 10 stupňové tolerance chyby u torických čoček [21].

## 7 Praktická část

### 7.1 Cíl výzkumu

Hlavním cílem praktické části bakalářské práce bylo zjistit, zda úprava čočky po operaci měla požadovaný vliv a zda nedošlo v průběhu pěti let od implantace ke změně optické mohutnosti čoček.

### 7.2 Metodika

#### 7.2.1 Soubor pacientů

V očním centru Ofta byly v prvním čtvrtletí 2010 implantovány světle přizpůsobitelné nitrooční čočky (LAL, Calhoun) 11 pacientům. Jednalo se o pacienty s obtížnějším výběrem nitrooční čočky především pro vysoký či dříve nekorigovaný astigmatismus, nebo to byli pacienti po laserových zákrocích na rohovce. K vyšetření v roce 2015 se dostavilo 7 pacientů, z nichž 2 byli pouze s jednostrannou implantací. Sledovali jsme celkem 12 očí. Soubor tvořily 4 ženy ve věku od 66 – 70 let a 3 muži ve věku od 46 – 70 let.

#### 7.2.2 Biometrie oka

Vyšetření a výpočet optické mohutnosti nitrooční čočky se prováděl na přístroji IOL - Master 500 firmy Zeiss. Pro výpočet nitrooční čočky byly použity vzorce SRK II, SRK/T, Haigis, a Holladay s A - konstantami 118; 118,4; 118,5; 118,6; 118,8; 119 a 199,4.

#### 7.2.3 Postup operace

Operace byla provedena v lokálním znecitlivění. Hlavní incize měla šířku 3,2 mm. Pouzdro bylo otevřeno kontinuální cirkulární kapsulorhexí. Jádro bylo odstraněno fakoemulzifikací, kůra-irigací aspirací. Nitrooční čočky byly implantovány do vaku. Řezy byly utěsněny hydratací. U žádného pacienta nebyly zaznamenány peroperační komplikace.

Byly implantovány LAL s celkovým průměrem 13 mm a průměrem optické zóny 6 mm. Zadní hrana čočky má čtvercový profil, přední část čočky má zakulacené rohy a je oválná. Čočky jsou standardně tříkusové, ze speciálního silikonového materiálu obohaceného o fotoiniciátor a silikonové makromery. Haptiky jsou z materiálu PMMA a jsou umístěny v úhlu 10°. Optická mohutnost implantovaných čoček byla vypočítána individuálně na základě měření biometrie oka [21].




## 7.2.4 Pooperační postup přizpůsobování a fixace čočky

Přizpůsobování nitroočních čoček probíhalo vždy v rozmezí 2 – 4 týdnů po implantaci. Nejdříve byla implantována nitrooční čočka do jednoho oka a následně, cca za týden, byla implantována čočka druhá. Po implantaci druhé čočky bylo třeba nechat oko v klidu alespoň 2 týdny. Následně byli pacienti pozváni na kliniku, ve které probíhalo přizpůsobování čoček na obou očích. První přizpůsobení proběhlo, jak již bylo zmíněno, zhruba dva týdny od implantace poslední nitrooční čočky. Druhé přizpůsobení probíhalo většinou 2 dny od prvního přizpůsobení. První a druhá fixace čočky již probíhala v následujících dvou dnech od druhého přizpůsobení. Přesný záznam těchto úkonů můžeme vidět v tabulkách dále (u pacienta č. 1 tabulka 8 a 9).

Primary Treatment Summary Report

Treated: 2/15/2010 1:11:18 PM



---

**Patient data**

Patient ID: [redacted]  
 Eye: OD  
 Vertex Distance (mm): 14.0  
 K1 (Diopters): 44.0  
 K2 (Diopters): 44.0

	Sphere [Dpt]	Cylinder [Dpt]	Axis [°]	SE [Dpt]
Manifest Refraction	2.000	-1.250	105.0	---
Target Refraction	0.000			
Profile Name	AH2			

---

**LAL Data**

LAL ID (last six digits): [redacted]  
 Base Power (Diopters): 25.0

---

**Exposure Parameters**

LAL Zone Size (mm): 5.1  
 Treatment Duration (s): 120.0  
 Treatment Average Dose (J): 0.723

---

**Exposure Statistics**

Total exposure duration (s): 120.0  
 Total Duration of pauses (s): 0.0  
 # of pauses: 0

---

**Irradiating Instrument Information**

Device ID: -1  
 Software Version: 03.301.TRM  
 Nomogram Version: 30.016 Primary  
 RTL FW Version: 01.011.TRM  
 Head FW Version: 01.009.TRM

*Treatment duration: 120.0 s.*  
*Pause duration: ∅*

Obrázek 20: Záznam z prvního přizpůsobování LAL



Na obrázku 20 je znázorněný záznam z prvního přizpůsobování nitrooční čočky. Data, která nás zajímají, jsou především „manifest refraction“, což je zjevná refrakce oka a „target refraction“, což je cílová refrakce oka, které bychom se rádi po přizpůsobení čočky přiblížili. Dále zde můžeme vidět, jakou dobu přizpůsobování trvalo a také, zda proběhlo najednou, anebo s přestávkami. Pod pojmem „total exposure duration“ je vidět čas (s), po který přizpůsobování probíhalo. V poslední řadě můžeme z protokolu zjistit, jaká byla výsledná optická mohutnost implantované čočky (v tomto případě + 25,0 D) a také jak velká byla přizpůsobitelná zóna čočky (v tomto případě 5,1 mm).

Secondary Treatment Summary Report  
Treated: 2/17/2010 11:19:28 AM

**Patient data**

Patient ID [redacted]  
Eye OD  
Vertex Distance (mm) 14.0  
K1 (Diopters) 44.0  
K2 (Diopters) 44.0

	Sphere [Dpt]	Cylinder [Dpt]	Axis [°]	SE [Dpt]
Manifest Refraction	1.000	0.000	0.0	---
Target Refraction	0.000			
Profile Name	Hyperopic Correction			

**LAL Data**

LAL ID (last six digits) [redacted]  
Base Power (Diopters) 25.0

**Exposure Parameters**

LAL Zone Size (mm) 5.3  
Treatment Duration (s) 120.0  
Treatment Average Dose (J) 0.794

**Exposure Statistics**

Total exposure duration (s) 120.0  
Total Duration of pauses (s) 0.0  
# of pauses 0

**Irradiating Instrument Information**

Device ID: -1  
Software Version: 03.301.TRM  
Nomogram Version: 30.016 Secondary A  
RTL FW Version: 01.011.TRM  
Head FW Version: 01.009.TRM

*Treatment duration: 120.0 s.*

Obrázek 21: Záznam z druhého přizpůsobování LAL

Na obrázku 21 je bychom si měli všimnout údaje „manifest refraction“. Zatímco zjevná refrakce byla před prvním přizpůsobováním sph + 2,0 cyl – 1,25 ax 105°, nyní můžeme vidět, že před druhým přizpůsobením (tedy po prvním přizpůsobení), je zjevná refrakce pouze sph + 1,0 D. To znamená, že prvním přizpůsobením došlo ke změně dioptrií o sph + 1,0 D a cyl – 1,25 ax 105°.

Lock In 1 Summary Report  
Treated: 2/18/2010 10:21:31 AM

Calhoun Vision

**Patient data**

Patient ID	
Eye	OD
Vertex Distance (mm)	14.0
K1 (Diopters)	44.0
K2 (Diopters)	44.0
Current Manifest Refraction	Sphere [Dpt] 0.500

**LAL Data**

LAL ID (last six digits)	
Base Power (Diopters)	25.0

**Exposure Parameters**

LAL Zone Size (mm)	5.5
Treatment Duration (s)	103.0
Treatment Average Dose (J)	11.427

**Exposure Statistics**

Total exposure duration (s)	103.0
Total Duration of pauses (s)	0.0
# of pauses	0

**Irradiating Instrument Information**

Device ID:	-1
Software Version:	03.301.TRM
Nomogram Version:	
RTL FW Version:	01.011.TRM
Head FW Version:	01.009.TRM

*Treatment duration. 103.0 s*

Obrázek 22: Záznam z první fixace LAL

Na obrázku 22 můžeme vidět, že zbytková zjevná refrakce činí sph + 0,50 D. To znamená, že druhým přizpůsobením nám došlo ke změně ze sph + 1,0 D na sph + 0,50 D.

Patient data	
Patient ID	
Eye	OD
Vertex Distance (mm)	14.0
K1 (Diopters)	44.0
K2 (Diopters)	44.0
Current Manifest Refraction	Sphere [Dpt] 0.500

LAL Data	
LAL ID (last six digits)	
Base Power (Diopters)	25.0

Exposure Parameters	
LAL Zone Size (mm)	5.5
Treatment Duration (s)	41.0
Treatment Average Dose (J)	4.484

Exposure Statistics	
Total exposure duration (s)	41.0
Total Duration of pauses (s)	3.9
# of pauses	1

Irradiating Instrument Information	
Device ID:	-1
Software Version:	03.301.TRM
Nomogram Version:	30.016 Secondary A
RTL FW Version:	01.011.TRM
Head FW Version:	01.009.TRM

Obrázek 23: Záznam z druhé fixace LAL

Druhou a zároveň poslední fixací čočky dojde k polymerizaci veškerého neopolymerizovaného materiálu uvnitř. Čočka se tak stává zafixovanou a její dioptrická hodnota by se již neměla měnit. Pacient tímto dnem může odložit své ochranné brýle, které musel nosit od implantace až do doby poslední fixace.

### 7.2.5 Způsob hodnocení

Kontrola stavu nitroočních čoček a vidění pacientů probíhala následovně. Pacienti byli pozváni na kliniku, byl jim změřen nitrooční tlak a naturální visus (visus s nitrooční čočkou). Následně byli pacienti vykorigováni nejlepší sférickou čočkou na vzdálenost 6 metrů. Cylindrická korekce se v tomto případě zanedbávala, jelikož neměla význam pro další měření. Korekce zraku probíhala na Snellenových optotypech. Po nejlepší sférické korekci byla pacientům měřena defokusační křivka. Naměřená data byla následně zpracována a vynesena do grafu. Na závěr probíhala měření pacientů na přístroji iTrace, kde se zjišťovala míra

aberací čočky a její refrakční stav. Výsledné hodnoty z tohoto přístroje byly poté srovnávány s hodnotami pořízenými před 5 lety. Porovnával se refrakční stav oka před přizpůsobením, po fixaci čočky a nyní. Stejným způsobem se porovnávala míra aberací a míra zakřivení rohovky.

## **iTrace**

iTrace™ je multifunkční diagnostický přístroj, který v sobě zahrnuje: aberometr na principu ray tracingu (sledování paprsků), multizonální refraktometr, autorefraktometr, rohovkový topograf, pupilometr.

Je komplexním analyzátozem zrakových funkcí, jež má základ v technologii sledování laserových paprsků (metoda „ray tracing“). Tato unikátní technologie využívá systém postupného promítání infračervených laserových paprsků přes optický systém oka. Díky speciálnímu softwaru poté dojde k vyhodnocení odražených paprsků ze sítnice a zjišťuje se jejich odchylka způsobená aberacemi optického systému oka [25].

Měření na iTrace probíhalo u pacientů vždy před implantací, po implantaci, dále po každé úpravě čočky a na závěr po celkovém uzavření čočky. Po pěti letech, kdy byly pacienti pozváni na kontrolu s LAL, docházelo též ke změření každého pacienta na tomto přístroji. U pacientů byly porovnány refrakční mapy oka před úpravami a po fixaci čočky a po fixaci čočky a při pětileté kontrole. Dále byly porovnány topografie rohovky před úpravami čočky a při pětileté kontrole.

## **Refrakce a visus**

Každému pacientovi byla změřena objektivní refrakce na autorefraktometru. Měření se provádělo vždy před zákrokem a následně po implantaci na každém sezení, na kterém probíhala úprava dioptrické hodnoty čočky.

Důležitou součástí vyšetření bylo stanovení naturálního visu či visu s implantovanou nitrooční čočkou. Visus se zjišťoval před implantací a dále po zákroku, na každém sezení. Stanovování těchto hodnot bylo prováděno na standardním Snellenově optotypu na vzdálenost 6 metrů. Díky těmto hodnotám jsme pozorovali, zda dochází ke zlepšení či zhoršení zraku s implantovanou čočkou.

## Defokusační křivka

Je používána pro vyhodnocování subjektivního rozsahu ostrého vidění u lidí s implantovanými nitroočními čočkami nebo s presbyopickou korekcí. Představují tak velmi důležitý způsob měření výsledného zrakového výkonu s nitrooční čočkou. Defokusační křivka je také nejlepším objektivním ukazatelem očekávaného rozsahu vidění pro pacienta užívajícího libovolnou nitrooční čočku, a to může pomoci oftalmologům nastavit reálná očekávání, především pro jejich pacienty.

Při analýze defokusační křivky v souvislosti s nitrooční čočkou je důležité vzít v úvahu účinek sférické aberace a schopnost pacienta vidět v přítomnosti refrakční vady. Nejjednodušším způsobem, kterým lze vysvětlit princip defokusační křivky, je pomocí příkladu. Křivka je vytvářena následujícím způsobem: pacient je vykorigován nejlepší sférickou hodnotou dioptrie na dálku. Korekce je samozřejmě prováděna na obou očích. Toto je tzv. "nulová" hodnota a je vrcholem pro všechny testované čočky. Korekce nejlepší zrakové ostrosti na dálku odstraňuje variabilitu ve výsledcích, které mohou být spojené se zbytkovou refrakční chybou. To znamená, že je spíše testována funkce čočky, než přesnost biometrické nebo chirurgické variability. Jinými slovy, tento přístup ukládá každé testované čočce stejné podmínky tím, že eliminuje nechtěné zkreslení, které by mohlo pocházet ze zbytkové refrakční vady. Poté, co je pacient vykorigován na dálku, se začínají předkládat před oči předem zvolené dioptrické hodnoty čoček. Tento proces můžeme provádět buď za binokulárních podmínek, nebo monokulárně. Obvykle se používá hodnota  $-0.50$  D na začátek a pak se přidávají další minusové čočky po krocích  $0,50$  D. Typický rozsah předkládaných čoček bývá od  $+1.00$  D do  $-4.00$  D. Výsledky u jednoho pacienta mohou být vyneseny do grafu. V případě výsledků pro větší skupinu lidí se mohou hodnoty zprůměrovat a následně také vynést do grafu, ve kterém nám vzniká defokusační křivka.

Klíčem k interpretaci výsledné defokusační křivky je vztah mezi hodnotou čočky a vzdáleností, na kterou probíhá zaostřování. Zobrazení vzdáleného objektu přes čočku  $-1,00$  D je opticky ekvivalentní k zobrazení objektu ve vzdálenosti 1 m. Zobrazení vzdáleného objektu přes čočku  $-4,00$  D je opticky ekvivalentní k zobrazení objektu ve vzdálenosti 25 cm. Defokusační křivka pak poskytuje objektivní míru očekávaného vidění v různých vzdálenostech [26, 27].

Naše měření defokusační křivky bylo prováděno na klinice Oftě s.r.o. v Plzni. Pod vedením MUDr. Jiřího Cendelína bylo prováděno měření na sedmi pacientech s implantovanými LAL po pěti letech. Pacientům byl nejdříve změřen nitrooční tlak,

objektivní refrakce na autorefraktometru a následně naturální visus. Poté byli pacienti vykorigováni nejlepší sférickou čočkou na dálku na Snellenových optotypech a vzdálenost šesti metrů. Používaný optotyp měl random funkci, které bylo využíváno jak při korekci nejlepší sféry, tak i pro měření defokusační křivky. S nejlepší sférickou korekcí byl pak zapsán visus. Samotné měření křivky probíhalo také s nejlepší sférickou korekcí a za monokulárních podmínek. Nejdříve se před oko pravé předsazovaly předem zvolené dioptrické hodnoty čoček. Začínalo se  $-0,5$  D a následně se čočky předsazovaly v náhodném pořadí po hodnotách  $0,50$  D. Čočky byly v rozpětí  $+1$  až  $-4,0$  D. Při předsazování jednotlivých čoček byl vždy zapsán visus s konkrétní dioptrickou hodnotou. Tyto hodnoty byly následně vyneseny do grafu, ve kterém nám došlo k vytvoření defokusační křivky.

### 7.2.6 Zpracování výsledků

Výsledky byly zpracovány formou kazuistik. Dny úprav, refrakce, které byly upravovány a dostupné výsledné refrakce jsou shrnuty do tabulek. Zaznamenávali jsme změnu refrakce, ke které došlo po pooperačním přizpůsobování čočky. Dalším zaznamenávaným údajem byla změna refrakce po 5 letech od implantace. Veškeré hodnoty jsou naměřené buď pomocí aberometru i Trace, autorefraktometru nebo subjektivní refrakcí. V řádku předoperační vyšetření je zapsána refrakce pacienta před operací. V řádku 1. úprava čočky je refrakce, kterou budeme upravovat. U údaje 2. úpravy čočky pak můžeme vidět zase aktuální stav dioptrií, který budeme upravovat, a tedy i rozdíl, který vznikl po první úpravě. V řádku u 1. a 2. fixace čočky je pak zapsána refrakce, kterou budeme fixovat.

V posledních dvou sloupcích, jako např. u tabulky 8, můžeme vidět dioptrické hodnoty zjevné refrakce, což je hodnota, kterou budeme chtít přizpůsobováním čočky odstranit, abychom dosáhli cílové refrakce  $-0$  D. Tyto hodnoty jsou sepsané z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky. Změny refrakcí byly shrnuty do přehledných tabulek.

## 7.3 Kazuistiky pacientů a výsledky

### Pacient č. 1

Pacient nosil **brýle trvale** od 6 let, s ukončením ZŠ brýle přestal nosit. K nošení se vrátil až kolem 30 let věku. V brýlích měl korekci OP: sph + 4,5 D a OL: sph + 4,5 D. Tyto brýle později vyměnil za OP: sph + 4,0 D a OL: sph + 4,0 D, které mu více vyhovovaly. **Visus** s vlastní korekcí byl OP: 0,8 a OL: 0,12. Levé oko měl vždy slabší (tupozrakost). U pacienta nebyl nikdy korigován astigmatismus. Z tohoto důvodu byl vybrán pro implantaci LAL. Optická mohutnost implantovaných LAL: OP + **25,0 D** a OL + **28,0 D**. Operace proběhla bez problémů, pacient se dostavil na všechny kontroly a domluvená sezení na úpravu a fixaci čočky. Bez pooperačních komplikací. **Objevila se však stížnost na červené vidění. Visus** s implantovanými LAL po 5 letech byl naturálně OP: 1,0 a OL: 0,2.

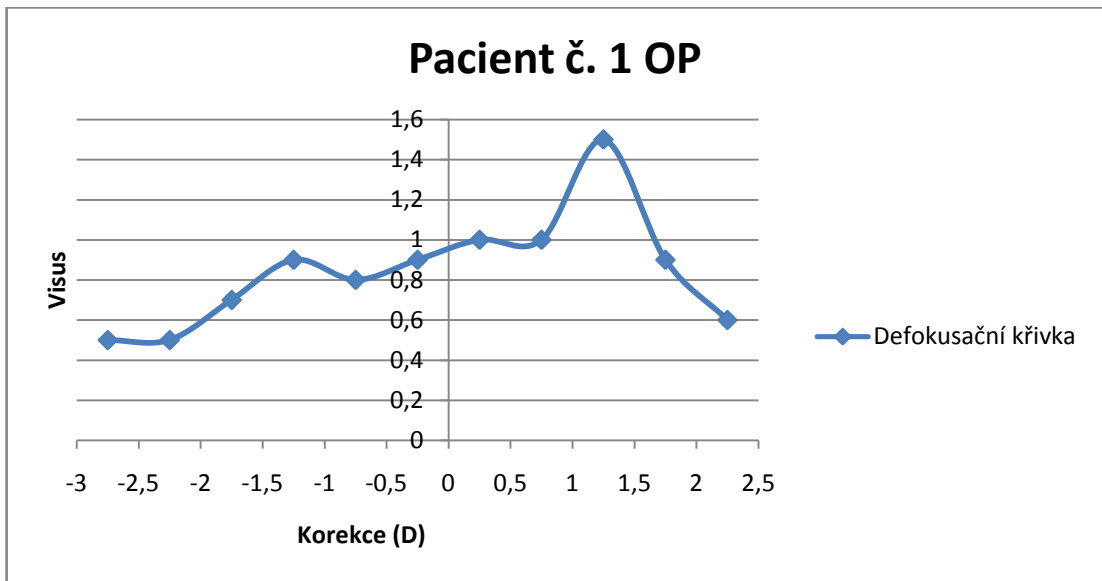
Tabulka 8: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na pravém oku u pacienta č. 1

OP				
Úkon	Doba od operace (dny/měsíce)	Refrakce (D), subjektivní či objektivní	Zjevná refrakce (D) převzatá z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky	Cílová refrakce (D)
Předoperační vyšetření	-86	sph + 5,75 cyl - 1,0 ax 90°		
Implantace LAL	0			
1. úprava čočky	19	sph + 2,50 cyl - 1,25 ax 105°	sph + 2,0 cyl - 1,25 ax 105°	0,00
2. úprava čočky	21	sph + 0,75	sph + 1,0	0,00
1. fixace čočky	22	sph + 0,75 cyl - 0,50 ax 90°	sph + 0,50	
2. fixace čočky	26		sph + 0,50	
Kontrola po 5 letech	1680/56	sph + 1,50 cyl - 1,0 ax 91°		

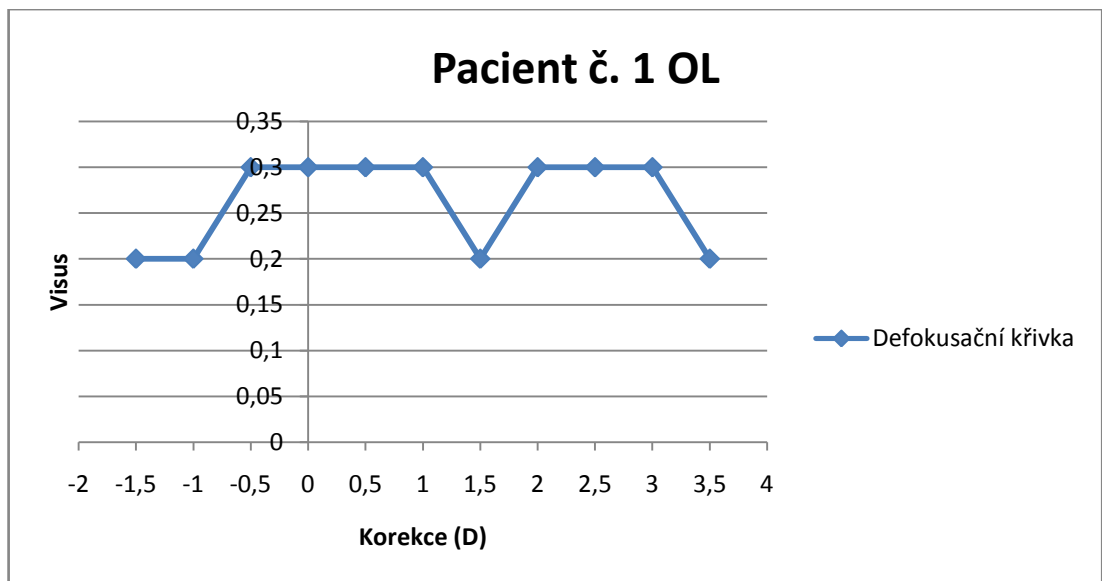
Tabulka 9: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na levém oku u pacienta č. 1

<b>OL</b>				
Úkon	Doba od operace (dny/měsíce)	Refrakce (D), subjektivní či objektivní	Zjevná refrakce (D) převzatá z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky	Cílová refrakce (D)
Předoperační vyšetření	-79	sph + 7,75 cyl - 2,0 ax 78°		
Implantace LAL	0			
1. úprava čočky	26	sph + 3,50 cyl - 3,25 ax 80°	sph + 2,0 cyl - 2,0 ax 80°	0,00
2. úprava čočky	28	sph + 2,75 cyl - 2,0 ax 80°	sph + 2,0 cyl - 2,0 ax 80°	0,00
1. fixace čočky	29	sph + 1,75 cyl - 1,75 ax 80°	sph + 1,50	
2. fixace čočky	33		sph + 1,0	
Kontrola po 5 letech	1 680/56	sph + 2,25 cyl - 1,75 ax 78°		



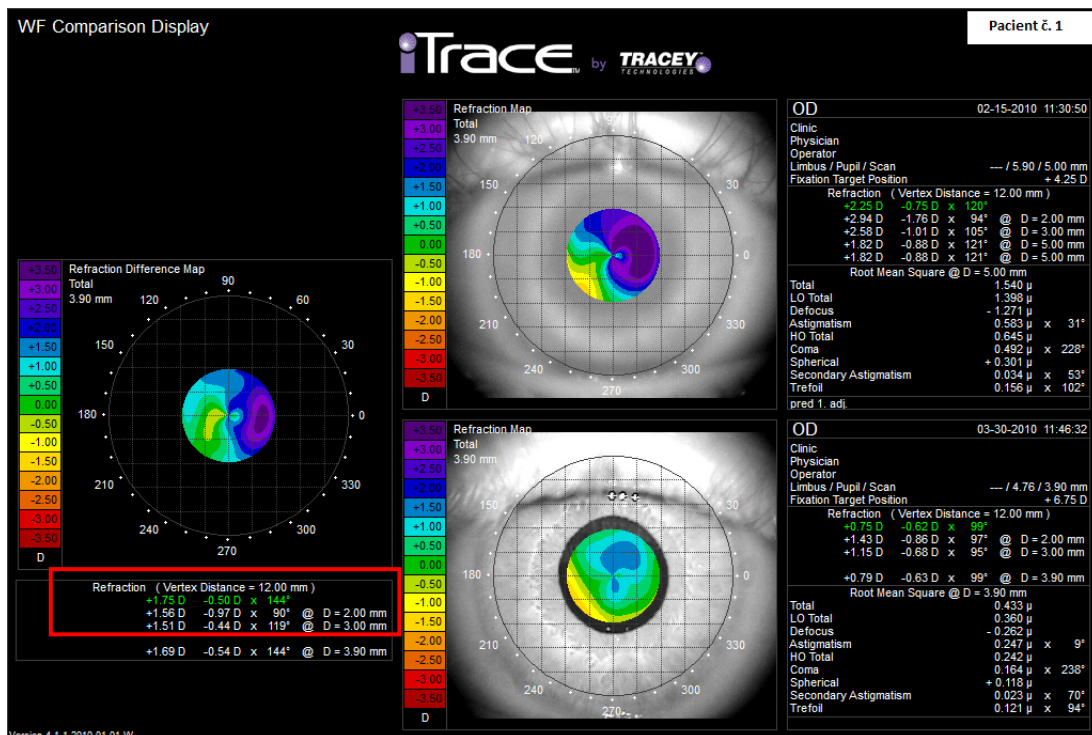


Graf 1: Defokusační křivka pacienta č. 1, oka pravého

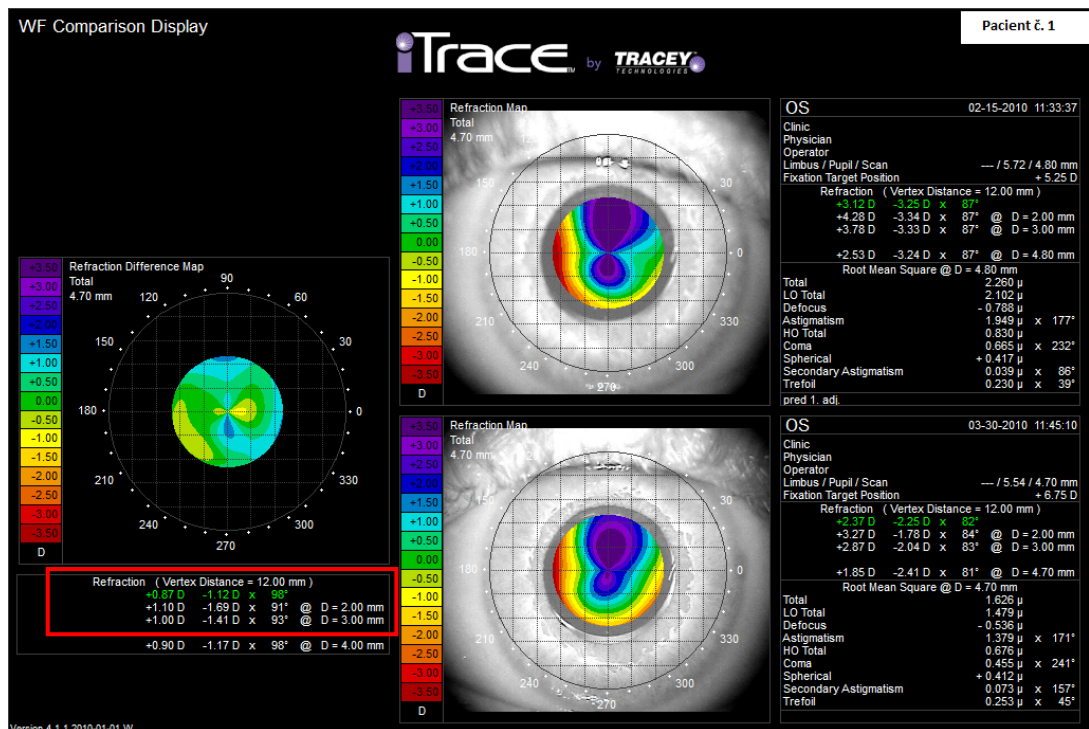


Graf 2: Defokusační křivka pacienta č. 1, oka levého

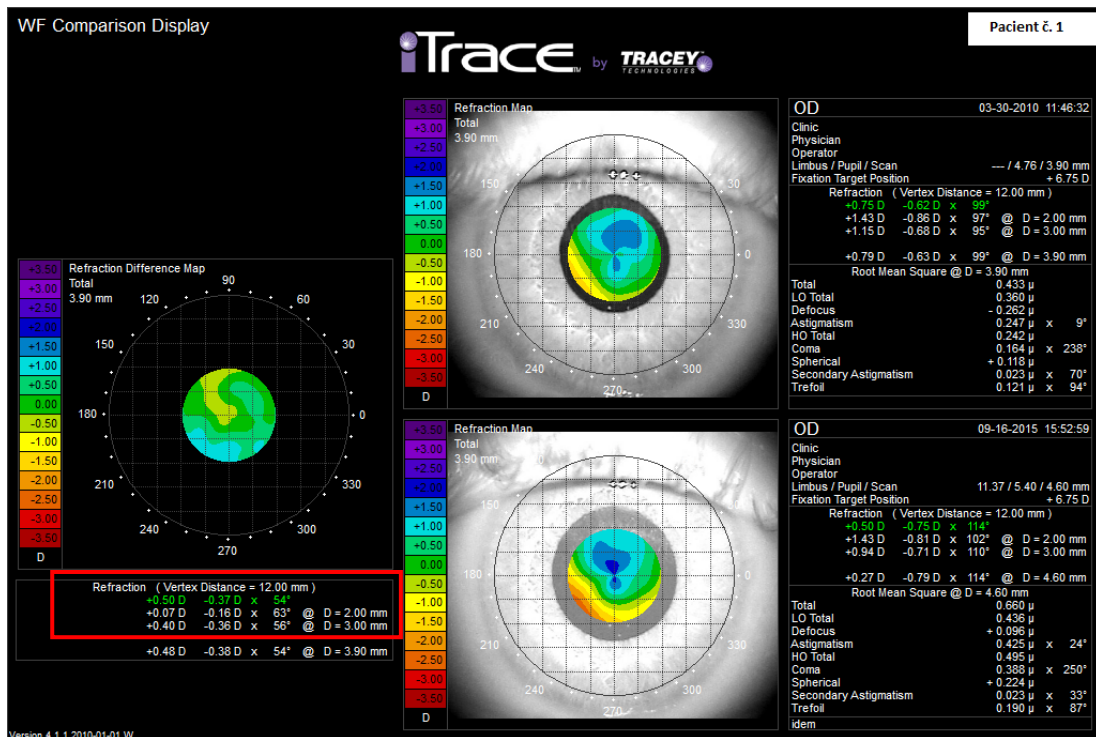
Ukázky snímků z aberometru jsou pouze u pacienta č. 1. Z důvodu jejich velkého rozsahu v praktické části byly umístěny na konec práce do oblasti příloh.



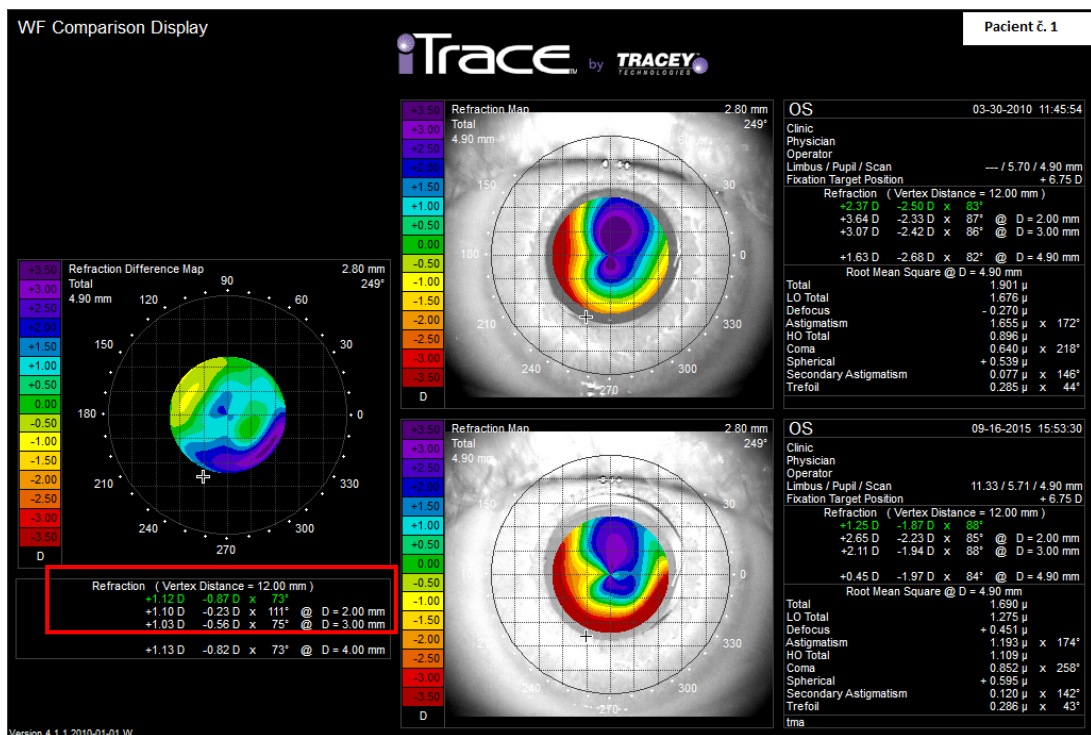
Obrázek 24: Porovnání refrakčního stavu pravého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 1



Obrázek 25: Porovnání refrakčního stavu levého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 1



Obrázek 26: Porovnání refrakčního stavu pravého oka po fixaci a nyní, pacient č. 1



Obrázek 27: Porovnání refrakčního stavu levého oka po fixaci a nyní, pacient č. 1



Obrázek 28: Porovnání topografických map rohovky u pacienta č. 1 po fixaci a nyní

Při hodnocení změn refrakce po 5 letech jsme se zaměřili také na to, zda nedošlo k výrazné změně zakřivení rohovky, které by mohlo ovlivnit výslednou refrakci oka. Na obrázku 28 můžeme pro ilustraci vidět porovnání topografie rohovky u pacienta č. 1. Ze snímků je zřejmé, že u žádného pacienta nedošlo ke změně osy rohovkového astigmatismu více než o 10 stupňů a změně cylindru o více než 0,5 D.

### Zhodnocení pacienta č. 1

**Přízpůsobováním** čočky došlo ke změně **o sph +1,75 a cyl – 0,75 se změnou osy o 15° na oku pravém a o sph +1,75 a cyl – 1,50 na oku levém**. Změna dioptrií po 5 letech od poslední fixace čočky byla na pravém oku o **sph + 0,75 a cyl – 0,50** a na levém oku o **sph + 0,50 D**.

Dle měření na aberometru iTrace došlo ke **změně dioptrií při úpravě čočky** na oku pravém o **sph + 1,75 cyl – 0,50 ax 144°** (obr. 24) a na oku levém o **sph + 0,87 cyl – 1,12 ax 98°** (obr. 25). **Po 5 letech** došlo ke změně na oku pravém o **sph + 0,50 cyl – 0,37 ax 54°** (obr. 26) a na oku levém o **sph + 1,12 cyl – 0,87 ax 73°** (obr. 27).

**Pacient č. 2**

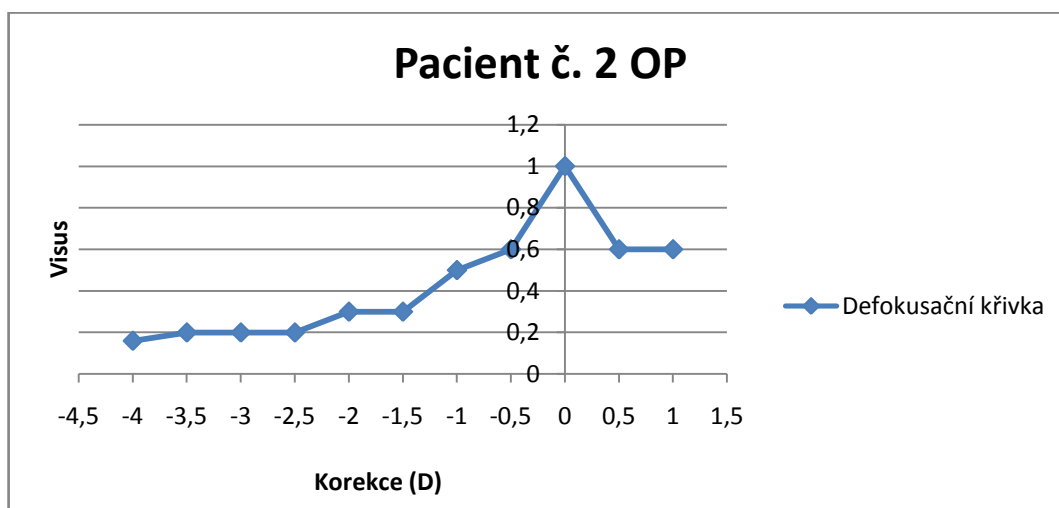
V době, kdy pacient navštívil kliniku, nosil **brýle** jak na **dálku**, tak na **čtení**. Korekce ve vlastních brýlích na dálku byla OP: sph + 4,0 cyl – 1,0 ax 180° a OL: sph + 4,0 cyl – 1,0 ax 180°. **Visus** s touto korekcí OP: 0,7 a OL: 0,7. V brýlích na čtení byla korekce OP: sph + 5,50 cyl – 1,0 ax 180° a OL: sph + 5,50 cyl – 1,0 ax 180°. S brýlemi byl spokojený. Na pravém i levém oku byla zjištěna u pacienta katarakta. Sítnice klidná. Prání na lehké **monovision**. Optická mohutnost implantovaných LAL: OP + **23,5 D** a OL + **24,0 D**. **Operace** proběhla bez komplikací. **Stížnost** na neustálé **červené vidění**, především v období úpravy a fixace čočky. Po třech letech od implantace byla provedena **Nd:YAG kapsulotomie** na obou očích. **Visus** s implantovanými LAL po 5 letech byl naturálně na OP: 1,0 a na OL: 0,9 (+2).

Tabulka 10: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na pravém oku u pacienta č. 2

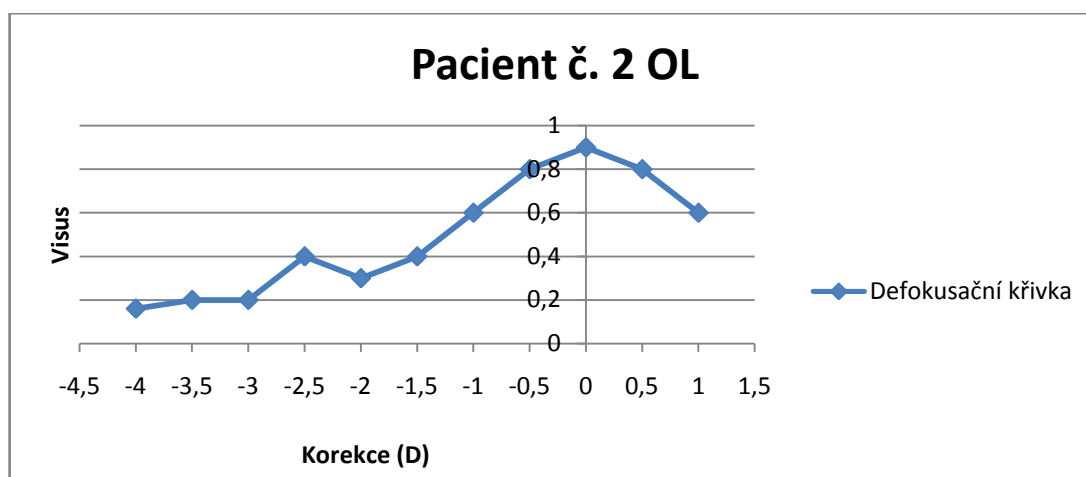
<b>OP</b>				
Úkon	Doba od operace (dny/měsíce)	Refrakce (D), subjektivní či objektivní	Zjevná refrakce (D) převzatá z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky	Cílová refrakce (D)
Předoperační vyšetření	-43	sph + 5,0 cyl - 1,50 ax 15°		
Implantace LAL	0			
1. úprava čočky	26	sph + 0,50 cyl - 1,50 ax 5°	sph + 0,75 cyl - 1,25 ax 5°	0,00
2. úprava čočky	28	sph + 0,25 cyl - 0,75 ax 5°	sph + 0,25 cyl - 0,75 ax 5°	0,00
1. fixace čočky	29	plan cyl - 1,0 ax 10°	sph - 0,50	
2. fixace čočky	33	sph + 0,25 cyl - 1,25 ax 10°	sph - 0,50	
Kontrola	63	sph - 0,25 cyl - 0,50 ax 30°		
Nd:YAG kapsulotomie	1 095			
Kontrola po 5 letech	1 680/56	sph + 0,75 cyl - 0,50 ax 40°		

Tabulka 11: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na levém oku u pacienta č. 2

<b>OL</b>				
Úkon	Doba od operace (dny/měsíce)	Refrakce (D), subjektivní či objektivní	Zjevná refrakce (D) převzatá z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky	Cílová refrakce (D)
Předoperační vyšetření	-50	sph + 4,75 cyl - 1,25 ax 180°		
Implantace LAL	0			
1. úprava čočky	19	sph + 1,0 cyl - 1,75 ax 165°	sph + 0,75 cyl - 1,50 ax 165°	0,00
2. úprava čočky	21	plan cyl - 1,0 ax 175°	sph plan cyl - 1,0 ax 175°	0,00
1. fixace čočky	22	sph + 0,75 cyl - 1,25 ax 180°	sph + 0,25	
2. fixace čočky	26	sph + 0,75 cyl - 1,0 ax 175°	sph + 0,25	
Kontrola	56	sph + 0,50 cyl - 0,50 ax 173°		
Nd:YAG kapsulotomie	1 095			
Kontrola po 5 letech	1680/56	sph + 0,75 cyl - 0,50 ax 17°		



Graf 3: Defokusační křivka pacienta č. 2, oka pravého



Graf 4: Defokusační křivka pacienta č. 2, oka levého

### Zhodnocení pacienta č. 2

**Přizpůsobováním** čočky došlo ke změně o sph **+0,25** a cyl **– 0,25** se změnou osy o **5°** na oku pravém a o sph **+0,25** a cyl **– 0,75** se změnou osy o **10°** na oku levém. Ke změně dioptrií **po 5 letech** od poslední fixace čočky došlo také - na pravém oku o sph **+ 0,50** a cyl **– 0,75** se změnou osy o **30°** a na levém oku o sph **plan** cyl **– 0,50** se změnou osy o **22°**. Výše uvedené hodnoty jsou naměřené buď pomocí autorefraktometru, nebo subjektivní refrakcí. Je tedy třeba počítat s jistou odchylkou měření.

Na snímcích aberometru iTrace umístěných v přílohách můžeme vidět také změny dioptrických hodnot pravého a levého oka. Dle měření na tomto přístroji došlo ke **změně dioptrií při úpravě čočky** na pravém oku o sph **+ 0,75** cyl **– 0,37** ax **2°** a na levém oku o sph **+ 0,62** cyl **– 2,0** ax **151°**. **Po 5 letech** nastala též změna dioptrií, a to na oku pravém o sph **- 0,12** cyl **– 0,25** ax **162°** a na oku levém o sph **+ 0,12** cyl **– 0,37** ax **138°**.

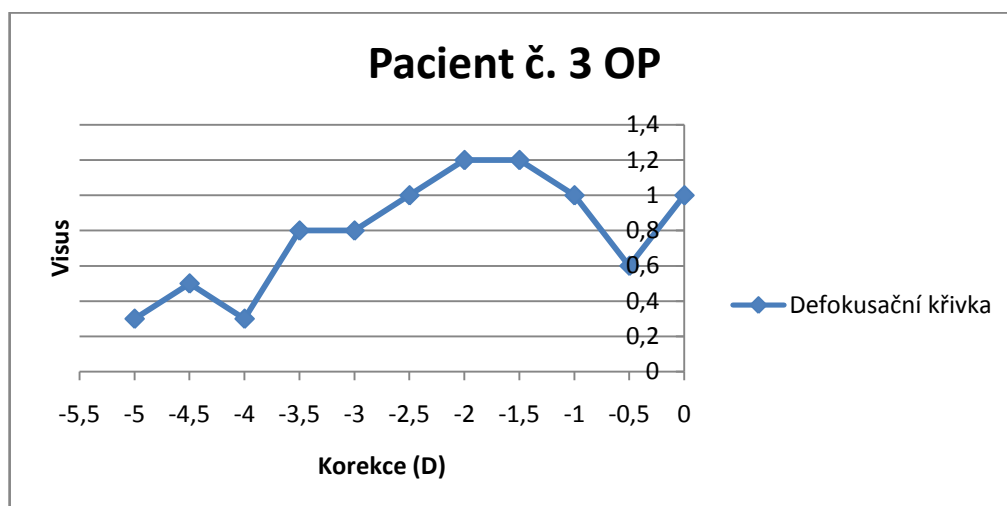
**Pacient č. 3**

Pacient přišel poprvé na kliniku v srpnu **2006**, kdy mu byla změřena biometrie oka. V **lednu 2007** mu byl proveden zákrok **PRK** laserem na OL – k 0,00 D. Následující text není logický: Z důvodu prodělaného laserového zákroku na rohovce byl pacient později vybrán pro implantaci LAL. V **červnu 2007** byla pacientovi implantována **nitrooční čočka AMO**, s parametry 18,5 D, 13 mm celkového průměru čočky a 6 mm průměru optické části čočky. V **říjnu 2008** byla provedena Nd:YAG kapsulotomie na OPL. V **říjnu 2009** bylo provedeno měření OP pro implantaci LAL. Pacient řádně navštívil všechny domluvené termíny na úpravu a fixaci čočky. Po implantaci LAL (+ 16,0 D) si stěžoval na levé oko, které mu vadilo při vidění. Po 2. úpravě čočky si pacient stěžoval na velmi intenzivní **červené vidění** na OP. Po 2. fixaci viděl pacient stále červeně na OP, již však ne v takové míře. V červnu 2011 byla provedena Nd:YAG kapsulotomie na OP. V **říjnu 2011** pacient podstoupil laser na OL. V **listopadu 2011** kontrola: OP sph plan cyl – 1,25 ax 83° a OL sph – 1,0 cyl – 0,75 ax 73°. V **září 2012** kontrola: OP sph – 0,50 cyl – 1,25 ax 87° a OL sph - 1,50 cyl – 1,0 ax 73°. V **září 2015** kontrola: OP sph – 1,25 cyl – 0,75 ax 92° a OL sph – 2,50 + změřena defokusační křivka.

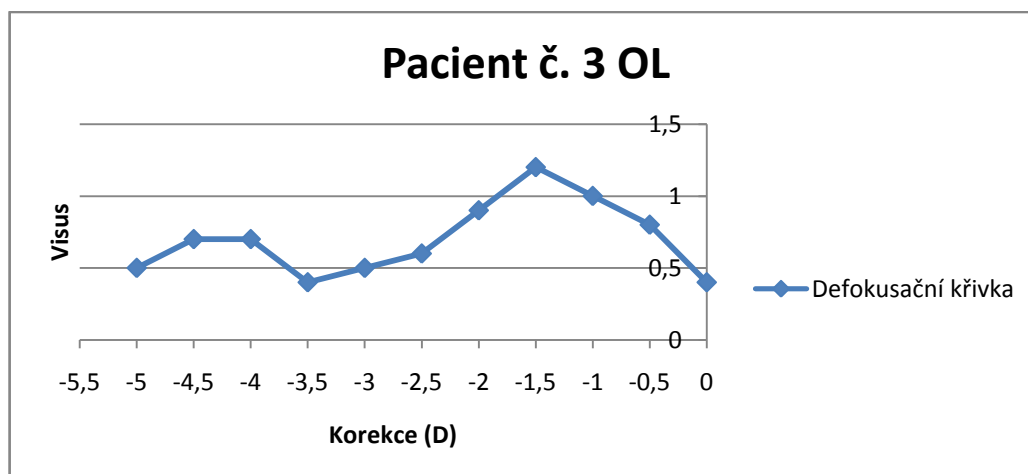
Tabulka 12: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na pravém oku u pacienta č. 3

<b>OP</b>				
Úkon	Doba od operace (dny/měsíce)	Refrakce (D), subjektivní či objektivní	Zjevná refrakce (D) převzatá z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky	Cílová refrakce (D)
Předoperační vyšetření	-84	sph - 3,25 cyl - 1,75 ax 94°		
Implantace LAL	0			
Kontrola	8	sph - 0,25 cyl - 1,25 ax 90°		
1. úprava čočky	26	plan cyl - 1,0 ax 95°	sph plan cyl - 1,0 ax 95°	0,00
2. úprava čočky	28	sph - 1,25 cyl - 0,25 ax 90°	sph - 1,25 cyl - 0,25 ax 180°	0,00
1. fixace čočky	29	sph - 1,50 cyl - 0,50 ax 90°	sph - 1,75	
2. fixace čočky	33	sph - 1,0 cyl - 0,75 ax 90°	sph - 1,50	
Nd:YAG kapsulotomie	540			
Kontrola po 5 letech	1 680/56	sph - 1,25 cyl - 0,75 ax 92°		





Graf 5: Defokusační křivka pacienta č. 3, oka pravého



Graf 6: Defokusační křivka pacienta č. 3, oka levého

### Zhodnocení pacienta č. 3

**Přizpůsobováním** čočky došlo ke změně o **sph +1,0** a **cyl – 0,25** se změnou osy o **5°**. Ke změně dioptrií **po 5 letech** od poslední fixace čočky došlo také - o **sph + 0,25**, **hodnota cylindru zůstala stejná**, změnila se pouze osa, a to o **2°**.

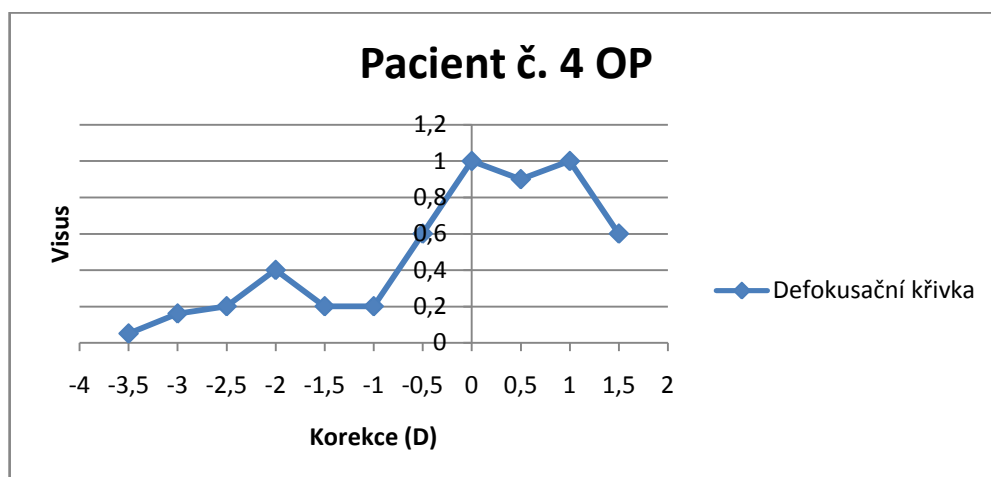
Na snímcích aberometru iTrace umístěných v přílohách můžeme vidět také změny dioptrických hodnot pravého oka. Podle měření na tomto přístroji došlo ke **změně dioptrií při úpravě čočky** na pravém oku o **sph + 1,12** **cyl – 0,62** **ax 115°**. **Po 5 letech** nastala též změna dioptrií a to o **sph + 0,37** **cyl – 0,50** **ax 31°**.

**Pacient č. 4**

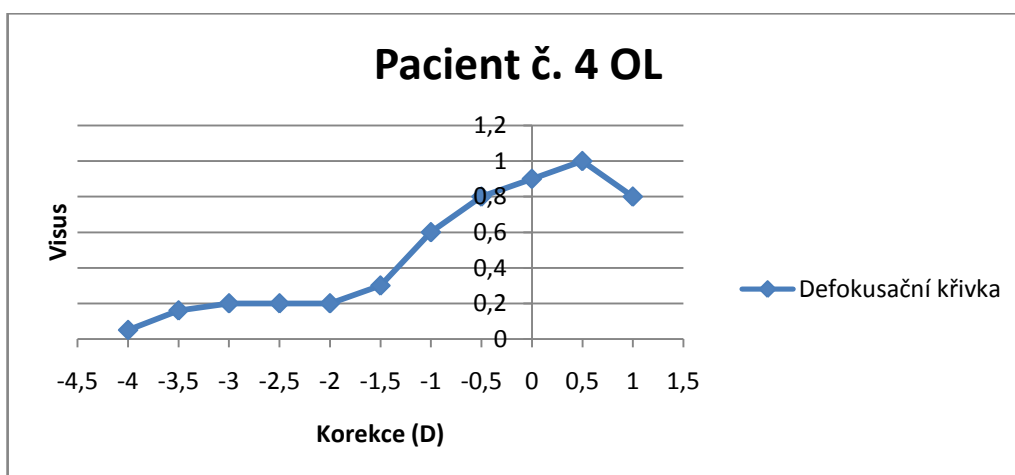
Pacient navštívil kliniku poprvé v **květnu 2010**. Bylo mu provedeno předoperační vyšetření a zjištěna anamnéza. Jeho současná korekce v brýlích byla OP: sph + 0,50 cyl – 1,0 ax 180° s visem 0,3 a na OL: sph + 2,0 cyl – 2,0 ax 15° s visem 0,7. Pacient tyto brýle na dálku začal nosit přibližně již 4 roky zpět. Brýle na čtení začal nosit cca 5 let zpět. Před 3 lety byl upozorněn na kataraktu na pravém i levém oku. Za 10 dní od první návštěvy kliniky mu byla provedena **implantace nitrooční čočky SOFTEC I** na OP s parametry: + 21,5 D a průměrem čočky 12 mm. Následující den po operaci přišel pacient na kontrolu, kde mu byl změřen visus 0,5 na OP. O 15 dní později (od implantace čočky na OP) mu byla **implantována LAL** na OL s optickou mohutností + 23,5 D. Pacientovi byla provedena pouze jedna úprava čočky a následně dvě fixace. Vše proběhlo bez komplikací, pacient si **nestěžoval na červené vidění**. Po 5leté kontrole od implantace byla změřena refrakce očí: OP sph + 1,0 cyl – 1,0 ax 8° a OL sph plan cyl – 1,50 ax 31°. Visus bez korekce na OPL 0,8.

Tabulka 13: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na levém oku u pacienta č. 4

<b>OL</b>				
Úkon	Doba od operace (dny/měsíce)	Refrakce (D), subjektivní či objektivní	Zjevná refrakce (D) převzatá z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky	Cílová refrakce (D)
Předoperační vyšetření	-28	sph + 2,0 cyl - 2,0 ax 15°		
Implantace LAL	0			
1. úprava čočky	19	sph + 1,75 cyl - 1,75 ax 100°	sph + 1,75 cyl - 1,75 ax 10°	0,00
1. fixace čočky	21	sph - 0,25 cyl - 1,0 ax 25°	sph plan	
2. fixace čočky	22		sph plan	
1. kontrola	630	sph - 0,25 cyl - 0,75 ax 23°		
2. kontrola	799	sph plan cyl - 1,0 ax 32°		
3. kontrola	1111	sph + 0,25 cyl - 1,25 ax 20°		
Kontrola po 5 letech	1451/48	sph plan cyl - 1,50 ax 31°		



Graf 7: Defokusační křivka pacienta č. 4, oka pravého



Graf 8: Defokusační křivka pacienta č. 4, oka levého

### Zhodnocení pacienta č. 4

**Přizpůsobováním** čočky došlo ke změně na OL o **sph +2,0 a cyl – 0,75v ose 75°**. Změna refrakce v průběhu 5 let od fixace čočky byla na OL **sph - 0,25 cyl – 0,50 se změnou osy o 6°**.

Na snímcích aberometru iTrace umístěných v přílohách můžeme vidět také změny dioptrických hodnot pravého oka. Podle měření na tomto přístroji došlo ke **změně dioptrií při úpravě čočky** na levém oku o **sph + 2,12 cyl – 1,0 ax 5°**. Po 5 letech nastala též změna dioptrií, a to o **sph – 0,37 cyl – 0,50 ax 118°**.

**Pacient č. 5**

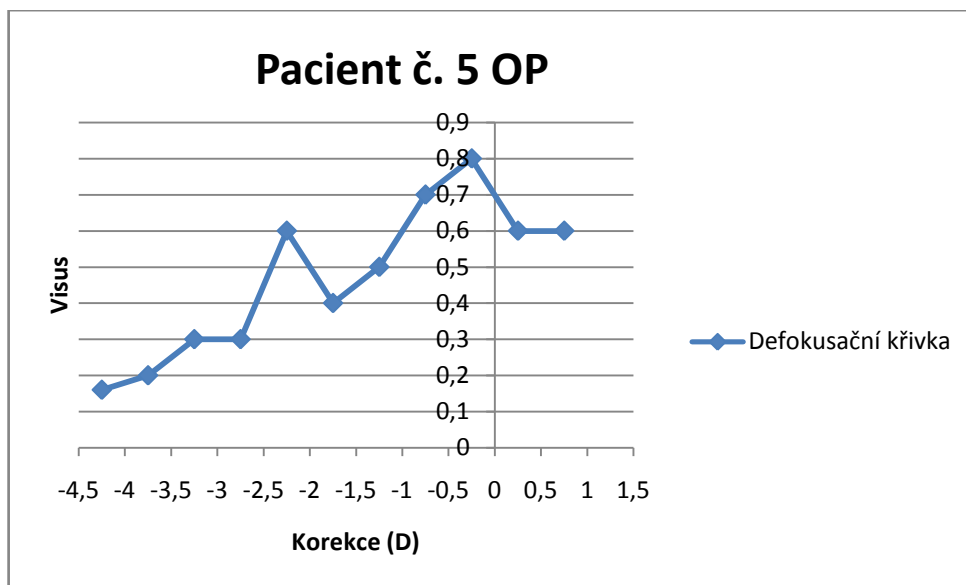
Pacient navštívil kliniku poprvé v roce **1998**, kdy mu zde byl proveden **PRK laserový zákrok obou očí**. Z důvodu laserového zákroku byl pacient vybrán jako vhodný pro implantaci LAL. Před operací nosil pacient brýle na dálku trvale, kde měl korekci OP: sph + 3,0 (visus 1,0) a OL: sph + 4,25 – 0,75 ax 150° (visus 0,9). V **červnu 2010** byly pacientovi implantovány LAL do obou očí s optickou mohutností + 21,5 D. Po implantaci pravé čočky stížnost na levé oko (bolest, pálení, slzení), kde již byla implantována LAL. **Žádná stížnost na červené vidění**. Kontrola po 5 letech. **Visus s IOL**: OP 0,5 a OL 0,8 naturálně.

Tabulka 14: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na pravém oku u pacienta č. 5

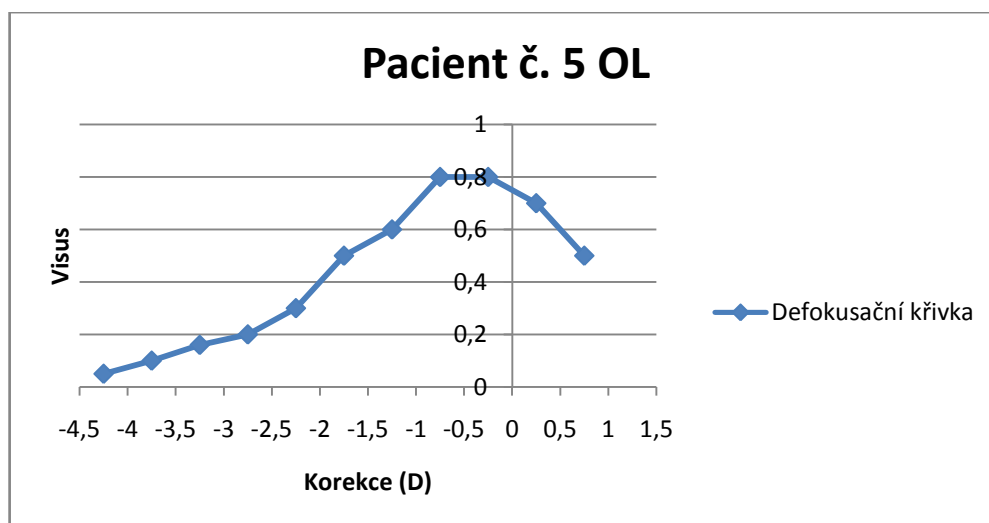
<b>OP</b>				
Úkon	Doba od operace (dny/měsíce)	Refrakce (D), subjektivní či objektivní	Zjevná refrakce (D) převzatá z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky	Cílová refrakce (D)
Předoperační vyšetření	-33			
Implantace LAL	0			
1. úprava čočky	5		sph plan cyl - 0,75 ax 164°	0,00
1. fixace čočky	7	sph + 1,25 cyl - 0,50 ax 165°	sph + 0,25	
2. fixace čočky	8		sph plan	
Kontrola	1470	sph + 1,75 cyl - 0,75 ax 149°		
Kontrola po 5 letech	1890/63	sph + 2,0 cyl - 0,50 ax 131°		

Tabulka 15: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na levém oku u pacienta č. 5

<b>OL</b>				
Úkon	Doba od operace (dny/měsíce)	Refrakce (D), subjektivní či objektivní	Zjevná refrakce (D) převzatá z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky	Cílová refrakce (D)
Předoperační vyšetření	-26			
Implantace LAL	0			
1. úprava čočky	12		sph plan cyl - 1,50 ax 25°	0,00
2. úprava čočky	14	sph + 1,25 cyl - 0,50 ax 165°	sph - 1,0	sph - 1,0
1. fixace čočky	15		sph plan	
2. fixace čočky	16	sph + 1,75 cyl - 0,75 ax 149°	sph plan	
Kontrola	1 462			
Kontrola po 5 letech	1882/63	sph + 2,0 cyl - 0,50 ax 131°		



Graf 9: Defokusační křivka pacienta č. 5, oka pravého



Graf 10: Defokusační křivka pacienta č. 5, oka levého

### Zhodnocení pacienta č. 5

U pacienta č. 5 budeme porovnávat pouze výsledky z aberometru iTrace. Na snímcích můžeme vidět, že došlo ke změnám dioptrických hodnot pravého a levého oka. Na pravém oku proběhla změna **dioptrií při úpravě čočky o sph + 0,75 cyl – 0,62 ax 60°**, a na levém oku o **sph + 0,37 cyl – 1,25 ax 27°**. Po 5 letech nastala též změna dioptrií, a to o **sph – 1,25 cyl – 0,62 ax 100°** na oku pravém a o **sph + 0,87 cyl – 3,62 ax 76°** na oku levém.

**Pacient č. 6**

Pacient navštívil kliniku poprvé v roce 2003, kdy mu byl proveden **laserový zákrok LASEK** na obou očích. Z tohoto důvodu byl také zvolen jako vhodný pro implantaci LAL. Dioptrická hodnota očí pacienta před zákrokem byla: OP sph + 2,50 cyl – 1,0 ax 19° a OL sph + 3,75 cyl – 4,0 ax 160°. Pacient má **OL lehce amblyopické**. Implantace LAL (optická mohutnost každé + 21,5 D) proběhla bez komplikací. Po 7 měsících po implantaci se na **OP** projevila **lehká progresse sekundární katarakty**. Nd:YAG kapsulotomie nebyla provedena. Pacient si nestěžoval na červené vidění. Při kontrole po 5 letech měl **visus** bez korekce na OP 0,8 a na OL 0,5 – 0,6.

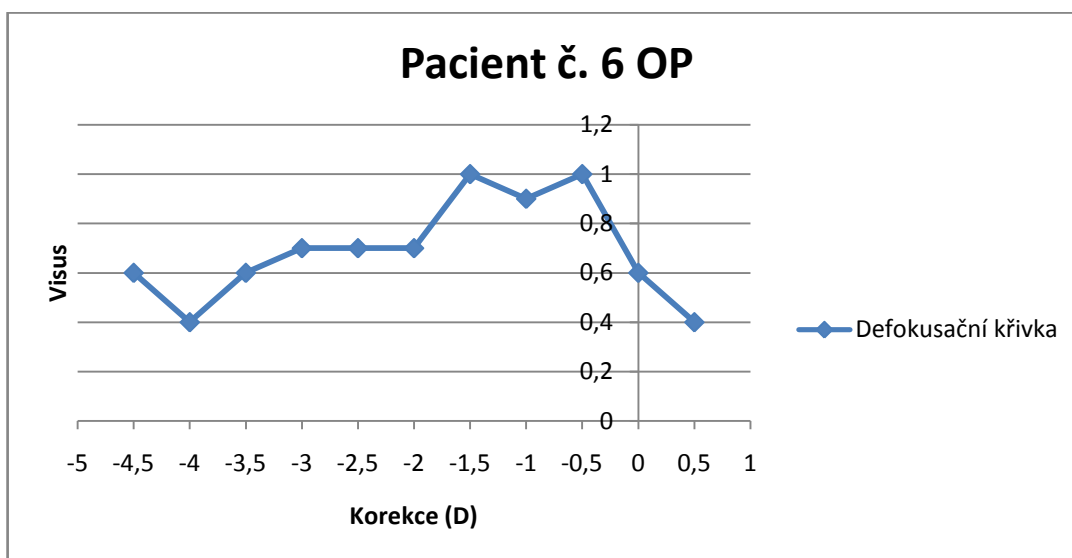
Tabulka 16: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na pravém oku u pacienta č. 6

<b>OP</b>				
Úkon	Doba od operace (dny/měsíce)	Refrakce (D), subjektivní či objektivní	Zjevná refrakce (D) převzatá z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky	Cílová refrakce (D)
Předoperační vyšetření	-125			
Implantace LAL	0			
1. úprava čočky	19	sph - 1,25 cyl - 0,75 ax 5°	sph - 1,25 cyl - 0,75 ax 5°	0,00
2. úprava čočky	21	sph plan cyl - 1,25 ax 175°	sph plan cyl - 1,25 ax 175°	0,00
1. fixace čočky	22		sph - 0,75	
2. fixace čočky	23		sph - 1,0	
Kontrola po 5 letech	1680/56	sph + 0,75 cyl - 1,25 ax 175°	sph - 1,25 cyl - 0,75 ax 5°	

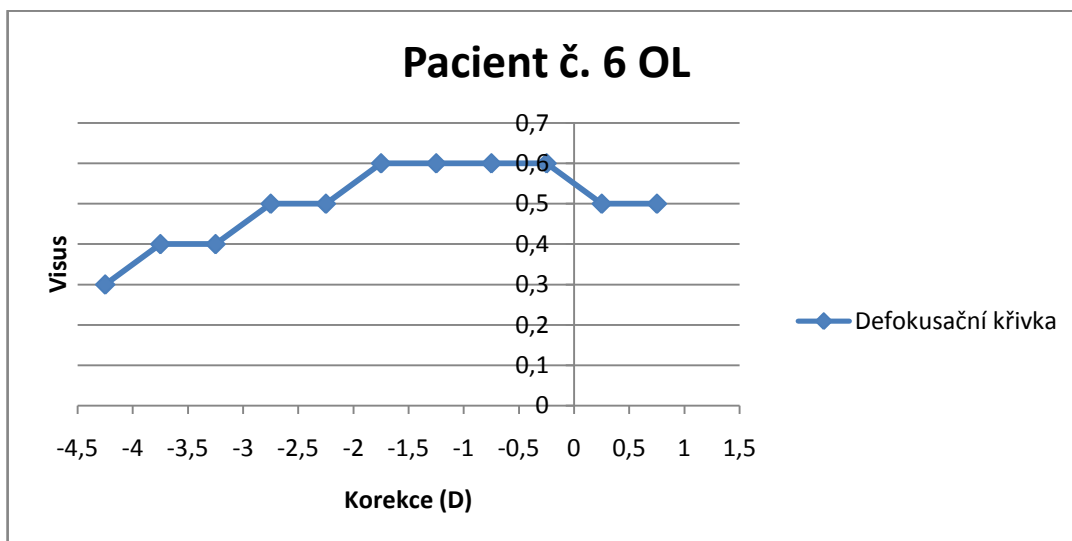
Tabulka 17: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na levém oku u pacienta č. 6

<b>OL</b>				
Úkon	Doba od operace (dny/měsíce)	Refrakce (D), subjektivní či objektivní	Zjevná refrakce (D) převzatá z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky	Cílová refrakce (D)
Předoperační vyšetření	-118			
Implantace LAL	0			
1. úprava čočky	26	sph - 1,75 cyl - 0,75 ax 80°	sph - 1,75 cyl - 0,75 ax 80°	0,00
2. úprava čočky	28	sph plan cyl - 0,75 ax 125°	sph plan cyl - 0,75 ax 125°	0,00
1. fixace čočky	29		sph - 0,75	
2. fixace čočky	30		sph - 0,75	
Kontrola po 5 letech	1 680/56	sph plan cyl - 0,50 ax 108°		





Graf 11: Defokusační křivka pacienta č. 6, oka pravého



Graf 12: Defokusační křivka pacienta č. 6, oka levého

### Zhodnocení pacienta č. 6

**Přizpůsobováním** čočky došlo ke změně o sph – 0,25 acyl – 0,50 se změnou osy o 10° na oku pravém a o sph – 1,0 cyl beze změny, pouze se změnou osy o 45° na oku levém. Ke změně dioptrií po 5 letech od poslední fixace čočky došlo také - na pravém oku o sph – 1,75D a na levém oku o sph – 0,75 cyl – 0,25 se změnou osy o 17°.

Dle měření na aberometru iTrace došlo ke změně dioptrií při úpravě čočky na pravém oku o sph – 1,0 cyl – 0,50 ax 90° a na levém oku o sph – 1,12 cyl – 1,0 ax 69°. Po 5 letech nastala též změna dioptrií, a to na oku pravém o sph + 0,50 cyl – 1,0 ax 123° a na oku levém o sph + 0,12 cyl – 0,62 ax 130°.

**Pacient č. 7**

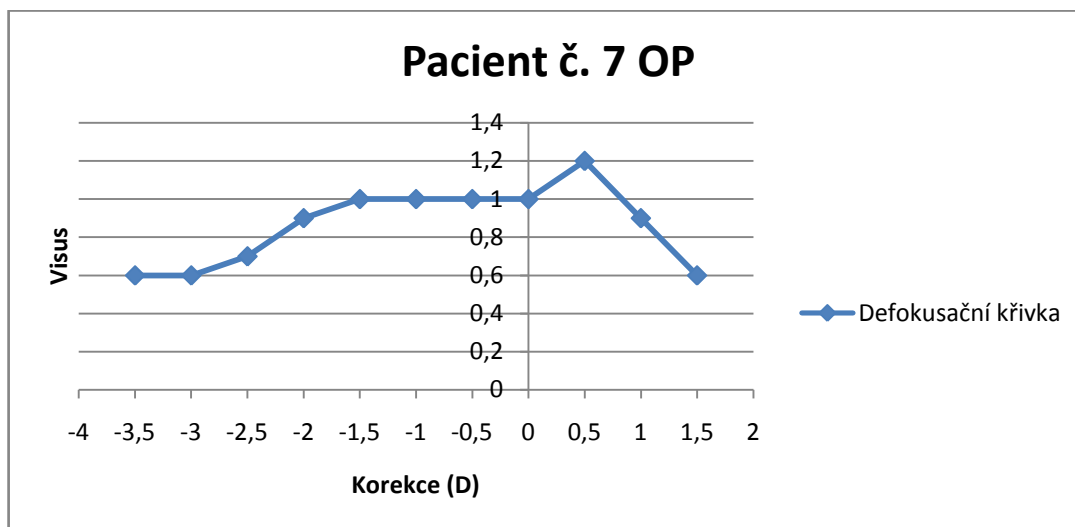
Pacient navštívil kliniku poprvé v **září 1995**, kdy mu byl proveden **laserový zákrok PRK** na obou očích. Z tohoto důvodu byl také zvolen jako vhodný pro implantaci LAL. Dioptrická hodnota očí pacienta před zákrokem byla: OP sph + 5,50 cyl – 1,50 ax 180° a OL sph + 5,50 cyl – 1,50 ax 180°. V **lednu 2010** byly pacientovi implantovány **LAL čočky** s dioptrickými hodnotami OP + **24,0 D** a OL + **25,0 D**. Vyskytly se pooperační komplikace v podobě sekundární katarakty. V **únoru 2013** byla provedena **Nd:YAG kapsulotomie** na obou očích. Pacient si **nestěžoval na červené vidění**. Při kontrole po 5 letech měl **visus** bez korekce na OPL 1,0.

Tabulka 18: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na pravém oku u pacienta č. 7

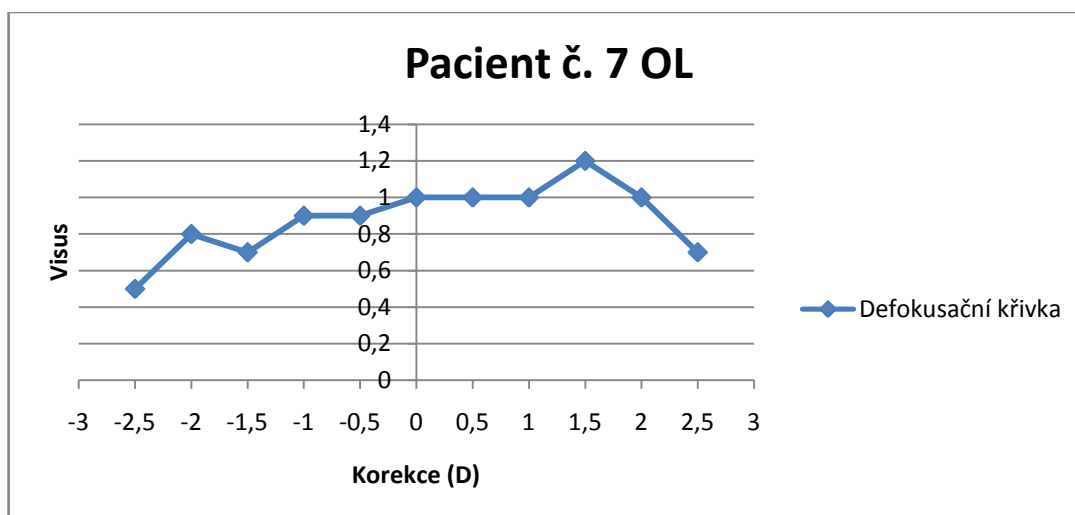
<b>OP</b>				
Úkon	Doba od operace (dny/měsíce)	Refrakce (D), subjektivní či objektivní	Zjevná refrakce (D) převzatá z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky	Cílová refrakce (D)
Předoperační vyšetření	-208	sph + 2,75 cyl - 1,25 ax 150°		
Implantace LAL	0			
1. úprava čočky	19	sph - 1,0 cyl - 2,5 ax 155°	sph - 1,0 cyl - 2,0 ax 155°	0,00
2. úprava čočky	21	sph - 0,25 cyl - 2,5 ax 155°	sph + 0,50 cyl - 2,0 ax 155°	0,00
1. fixace čočky	22		sph - 1,0	
2. fixace čočky	23	sph + 0,75 cyl - 2,75 ax 165°	sph - 0,75	
Kontrola	1647	sph + 1,0 cyl - 2,25 ax 155°		
Kontrola po 5 letech	1680/56	sph + 1,75 cyl - 2,0 ax 150°		

Tabulka 19: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na levém oku u pacienta č. 7

<b>OL</b>				
Úkon	Doba od operace (dny/měsíce)	Refrakce (D), subjektivní či objektivní	Zjevná refrakce (D) převzatá z protokolů o přizpůsobování a fixaci čočky	Cílová refrakce (D)
Předoperační vyšetření	-201	sph + 4,0 cyl 1,75 ax 5°		
Implantace LAL	0			
1. úprava čočky	26	sph - 0,75 cyl - 2,0 ax 175°	sph - 0,75 cyl - 2,0 ax 175°	0,00
2. úprava čočky	28	sph plan cyl - 2,25 ax 175°	sph + 0,50 cyl - 2,0 ax 175°	0,00
1. fixace čočky	29		sph - 0,25	
2. fixace čočky	30	sph + 0,75 cyl - 2,25 ax 175°	sph - 0,50	
Kontrola	1 647	sph + 0,75 cyl - 1,0 ax 180°		
Kontrola po 5 letech	1680/56	sph + 1,25 cyl - 1,50 ax 179°		



Graf 13: Defokusační křivka pacienta č. 7, oka pravého



Graf 14: Defokusační křivka pacienta č. 7, oka levého

### Zhodnocení pacienta č. 7

**Přízpůsobováním** čočky došlo ke změně **sph – 1,75 a cyl – 0,25** se změnou osy o **10°** na oku pravém a o změny pouze síly cylindru o **– 0,25 D**, beze změny osy na oku levém. Ke změně dioptrií **po 5 letech** od poslední fixace čočky došlo také - na pravém oku o **sph – 1,0 a cyl – 0,75** se změnou osy o **15°** a na levém oku o **sph – 0,50 a cyl – 0,75** se změnou osy o **4°**.

Podle měření na aberometru iTrace došlo ke **změně dioptrií při úpravě čočky** na pravém oku o **sph - 0,12 cyl – 0,62 ax 38°** a na levém oku o **sph – 1,37 cyl – 0,75 ax 107°**. Po **5 letech** nastala též změna dioptrií, a to na oku pravém o **sph – 1,0 cyl – 1,25 ax 135°** a na oku levém o **sph + 0,87 cyl – 1,87 ax 136°**.

## Výsledky

V tabulkách 20 a 21 můžeme vidět výslednou hodnotu změny dioptrické hodnoty, která nastala buď v průběhu přizpůsobování, nebo po 5 letech. Údaje o změnách vznikly vždy rozdílem dioptrických hodnot před úpravou čočky a po fixaci čočky. V případě změn po 5 letech - výsledek vznikl rozdílem dioptrických hodnot po fixaci čočky a po 5 letech, na kontrole aktuálního stavu nitroočních čoček. Zvolili jsme zápis plánovaných a skutečných změn ve formě sférického ekvivalentu. Důvodem byla především velká změna os cylindrů u některých pacientů. Údaje o změnách os cylindrů z iTrace jsou vygenerované přímo tímto přístrojem. Výslednou změnu osy cylindru je pak třeba přepočítat pomocí vektorů.

Tabulka 20: Záznam změn refrakce, ke kterým došlo v době od prvního přizpůsobení do poslední fixace

		<b>Plánovaná změna</b> sférického ekvivalentu (D)	<b>Skutečná změna</b> sférického ekvivalentu zjištěná porovnáním hodnot naměřených na autorefraktometru nebo subjektivní refrakcí	<b>Skutečná změna</b> dioptrií (D) zjištěná porovnáním hodnot naměřených na aberometru iTrace
Pacient č. 1	OP	+ 2,375	+ 1,375	sph + 1,75 cyl – 0,50 ax 144°
	OL	+ 2,0	+ 1,0	sph + 0,87 cyl – 1,12 ax 90°
Pacient č. 2	OP	0	+ 0,125	sph + 0,75 cyl – 0,37 ax 2°
	OL	- 0,5	- 0,125	sph + 0,62 cyl – 2,0 ax 151°
Pacient č. 3	OP	- 0,625	+ 0,875	sph + 1,12 cyl – 0,62 ax 115°
	OL	_____	_____	_____
Pacient č. 4	OP	_____	_____	_____
	OL	+ 0,875	+ 1,625	sph + 2,12 cyl – 1,0 ax 5°
Pacient č. 5	OP	- 0,375	- 0,375	sph + 0,75 cyl – 0,62 ax 60°
	OL	- 1,75	- 0,75	sph + 0,37 cyl – 1,25 ax 27°
Pacient č. 6	OP	- 2,25	- 0,50	sph – 1,0 cyl – 0,50 ax 90°
	OL	- 2,50	- 1,0	sph – 1,12 cyl – 1,0 ax 69°
Pacient č. 7	OP	- 3,50	- 1,875	sph – 0,12 cyl – 0,62 ax 38°
	OL	- 2,25	- 0,125	sph – 1,37 cyl – 0,75 ax 107°

Tabulka 21: Záznam změn refrakce, ke kterým došlo po době 5 let od implantace, změny jsou počítány od poslední fixace čočky

		<b>Změna sférického ekvivalentu (D) zjištěná porovnáním hodnot naměřených na autorefraktometru nebo subjektivní refrakcí</b>	<b>Změna dioptrií (D) zjištěná porovnáním hodnot naměřených na aberometru iTrace</b>
Pacient č. 1	OP	+ 0,50	sph + 0,50 cyl – 0,37 ax 54°
	OL	+ 0,50	sph + 1,12 cyl – 0,87 ax 73°
Pacient č. 2	OP	+ 0,125	sph – 0,12 cyl – 0,25 ax 162°
	OL	- 0,25	sph + 0,12 cyl – 0,37 ax 138°
Pacient č. 3	OP	+ 0,25	sph + 0,37 cyl – 0,50 ax 31°
	OL	_____	_____
Pacient č. 4	OP	_____	_____
	OL	- 0,50	sph – 0,37 cyl – 0,50 ax 118°
Pacient č. 5	OP	+ 1,75	sph – 1,25 – 0,62 ax 100°
	OL	+ 1,0	sph + 0,87 cyl – 3,62 ax 76°
Pacient č. 6	OP	- 1,75	sph + 0,50 cyl – 1,0 ax 123°
	OL	- 0,875	sph + 0,12 cyl – 0,62 ax 130°
Pacient č. 7	OP	- 1,375	sph – 1,0 cyl – 1,25 ax 135°
	OL	- 0,875	sph + 0,87 cyl – 1,87 ax 136°

## Diskuse

Cílem praktické části bakalářské práce bylo zjistit, do jaké míry došlo pomocí působení UV záření ke změně dioptrické hodnoty implantovaných, světlem přizpůsobitelných nitroočních čoček. Změny jsou uvedeny v tabulce 20. Výsledkem jsou hodnoty sférického ekvivalentu (SE), který se pohybuje v rozmezí  $-1,875$  D do  $+1,625$  D. Při porovnání s hodnotami sférického ekvivalentu u plánované změny můžeme vidět, že ne vždy došlo k úplné cílené změně. Způsob zápisu pomocí SE jsme zvolili z důvodu nekompletních údajů ze subjektivních a objektivních měření. Hlavním důvodem byly velké změny os cylindrů u některých pacientů. Příkladem je pacient č. 4, u kterého byla hodnota cylindru po implantaci  $-1,75$  D v ose  $100^\circ$ . Po přizpůsobení a fixaci pak došlo ke změně na cyl  $-1,25$  D v ose  $20^\circ$ . U většiny pacientů však nedocházelo k výraznějším změnám. Například u pacienta č. 3 byla hodnota cylindru po implantaci  $-1,25$  D v ose  $90^\circ$  a během přizpůsobování i po fixaci se dostala na hodnotu  $-0,75$  D v ose  $90^\circ$ . Nedošlo zde k žádné změně osy cylindru. Nejčastější změny cylindrických dioptrií se pohybovaly se v rozmezí  $-0,25$  D až  $-1,50$  D. K celkovým změnám os cylindrů nedocházelo v takové míře – nejčastěji do  $10^\circ$ , a to konkrétně u 9 z 12 očí. Změna osy cylindru vyšší než  $10^\circ$  se vyskytla během přizpůsobování u 3 z 12 očí. Z důvodu měření hodnot objektivní refrakce na autorefraktometru a aberometru iTrace, nebo subjektivní refrakcí, je třeba počítat s jistou odchylkou měření. Můžeme říci, že čočka je po implantaci poměrně flexibilní a dostatečně přizpůsobitelná. U  $\frac{1}{2}$  (6) očí došlo k přizpůsobení o 40 – 60 % plánovaného. U 3 očí z 12 došlo k přizpůsobení o méně než 40 %. U 2 očí byla výsledná změna o  $\frac{1}{2}$  větší než změna plánovaná. U jednoho oka pak nedošlo přizpůsobováním k žádné změně. Studie zveřejněná v červenci 2014 [29], se též zabývá přizpůsobitelností LAL. Bylo uvedeno, že po dvou úpravách čočky došlo ke změně refrakce od  $-1,98$  D do  $+2,30$  D. Co se týká změn cylindrické refrakce, došlo ke změnám až o  $-2,68$  D s chybami v osách pod  $9^\circ$ .

Druhým cílem praktické části bakalářské práce bylo zjistit, do jaké míry je čočka po fixaci stabilní. V tabulce 21 máme zaznamenané změny dioptrií, ke kterým došlo po 5 letech od implantace. Po úpravách čočky došlo k jejímu zafixování a tím i k upevnění konečné optické mohutnosti čočky. Pacienti tímto přestali nosit ochranné brýle a do oka a k čočce začalo vstupovat neomezené množství UV záření. To by mohlo, v případě špatné konečné fixace, ovlivnit optickou mohutnost čočky. Z tabulky 21 je zřejmé, že došlo ke změně sférického ekvivalentu od  $+1,75$  do  $-1,75$  D. Změna konkrétních cylindrických hodnot a jejich os je zaznamenána pouze u hodnot refrakce z iTrace. Důvodem byly, stejně jako

v prvním případě, nedostatečné záznamy z objektivních a subjektivních refrakcí. Ke změně hodnoty cylindru došlo maximálně do  $-0,75$  D. Změna osy cylindru do  $10^\circ$  nastala u 7 očí. Změna osy cylindru nad  $10^\circ$  byla u 5 očí z celkových 12. Na změnách se rohovka podílela minimálně. Změny můžeme označit jako zanedbatelné. Mohly být způsobené buď působením UV záření na čočku, změnou jejího tvaru nebo například usazením čočky v pouzdře, kdy následně dochází k mírné decentraci. Tento proces se děje běžně po implantaci standardních nitroočních čoček [30].

Zadní hrana optické části světlem přizpůsobitelných čoček má čtvercový profil. Přední část čočky má zakulacené rohy a je oválná. Díky těmto parametrům dochází u LAL ke snížení vzniku sekundární katarakty. V práci jsme se věnovali 7 pacientům (12 očím). Sekundární katarakta se vyskytla u 2 pacientů (3 očí). Byla provedena Nd:YAG kapsulotomie. U jednoho pacienta došlo k lehké progresi sekundární katarakty. Ta se však pouze sledovala a k provedení kapsulotomie zatím nedošlo.

V souvislosti s implantací světlem přizpůsobitelných čoček se vyskytl jeden problém. Doposud není známa jeho jasná příčina. U 3 ze 7 pacientů se během úpravy čočky objevily problémy s červeným viděním. Ty přetrvávaly různou dobu. U jednoho pacienta neodezněly tyto komplikace ani po dvou měsících. Implantované nitrooční čočky při tom byly čiré, bez jakékoliv zbytkové barvy. Domníváme se, že červené vidění má souvislost se sítnicí a UV zářením. Během přizpůsobování čočky mohlo dojít k průniku většího množství záření k sítnici. Následně pak vznikl tento jev, který však po určité době odezněl.

Statistické zpracování výsledků jsme neprováděli z toho důvodu, že refrakce pacientů nebyly měřené ve stejnou dobu a některé údaje u pacientů nebyly úplné.



## Závěr

Práce představuje souhrn operačních technik katarakty, které se používaly dříve a nyní, jejich postupný vývoj a zhodnocení. Následuje shrnutí výhod i nevýhod jednotlivých operačních postupů. Dále práce představuje přehled nitroočních čoček z hlediska jejich materiálu a designu, s rozdělením na optickou a haptickou část. Velká část je také věnována přizpůsobitelným čočkám. Mechanismy, kterými dochází k následné úpravě optické mohutnosti nitrooční čočky, jsou sice zajímavé, ale pro běžné implantace se nepoužívají. Představují však dobrou alternativu při určitých potížích a problémech, které se v implantologii mohou vyskytnout.

Převážná část práce je věnována světlem přizpůsobitelným nitroočním čočkám. Když se lékaři na plzeňské klinice Oftě s.r.o. rozhodli implantovat tyto čočky, měli různá očekávání. Byli první v České republice, kteří tyto čočky implantovali. Operace proběhly na začátku roku 2010 u více než 10 pacientů. Ti byli vybíráni z různých důvodů. Byli to především lidé, u kterých byl výpočet výsledné optické mohutnosti implantované nitrooční čočky nějakým způsobem složitý. Ať už z důvodu vysokého či nepravidelného astigmatismu nebo z toho důvodu, že v minulosti podstoupili laserový zákrok na rohovce. Operace jako taková probíhala bez komplikací. Pacienti se poté dostavovali na předem domluvená sezení, na kterých probíhala úprava a následně fixace čočky. Během úprav docházelo ke změnám optické mohutnosti implantované čočky. Nejvíce došlo k přizpůsobení v hodnotách SE od  $-1,875$  D do  $+1,625$  D. Z celkových 12 očí se u 6 očí změnil SE o 40 – 60 % plánovaného. U 3 očí došlo ke změně menší než 40 % plánovaného. U 2 očí pak byla skutečná změna o 50 % vyšší než změna plánovaná a u jednoho oka nedošlo ke změně žádné. Při kontrolním měření pacientů jsme zaznamenali změny, které nastaly po 5 letech od implantace. Změny SE se pohybovaly v rozmezí  $+1,75$  do  $-1,75$  D. Co se týká změn hodnoty cylindrů, průměru se pohybovaly od  $-0,25$  D do  $-0,75$  D. V  $10^\circ$  toleranci v oblasti změn os cylindru se pohybovalo 7 očí a změna osy nad  $10^\circ$  se projevila u 5 očí.

Pokud bychom měli shrnout výhody a nevýhody světlem přizpůsobitelných čoček, dostaneme se na hranici, která bude spíše směřovat k jejich nevýhodám. Dnes je kvalita implantologie na velmi vysoké úrovni. Máme nejrůznější metody a přístroje pro měření parametrů očí. Jsme schopni výslednou optickou mohutnost čočky stanovit velmi přesně. Světlem přizpůsobitelné čočky představují v tomto ohledu dobrý způsob přesnějšího dokorigování pacienta tak, aby bylo dosaženo co nejlepších výsledků a zrakového pohodlí. Je zde však řada nevýhod. První z nich je cena čoček, která je značně vyšší. Za druhou nevýhodu

považujeme nutnost absolvovat všechna sezení, při kterých dochází k úpravě optické mohutnosti čočky. Nutnost nošení speciálních ochranných brýlí po dobu 3 týdnů od implantace považujeme též za nevýhodu.

## Seznam použité literatury

1. ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2006, 373 s. ISBN 8024612135.
2. JAY, BARRIE (ed.). *SURVEY OF OPHTHALMOLOGY: REMEMBRANCES OF THINGS PAST* [online]. : 279 - 292 [cit. 2015-11-03]. Dostupné z: [http://www.rayner.com/skin/frontend/mtcolias/default/pdf/Invention\\_of\\_the\\_IOL.pdf](http://www.rayner.com/skin/frontend/mtcolias/default/pdf/Invention_of_the_IOL.pdf)
3. NOVÁK, Jan. *Nitrooční čočka - cizí těleso v oku*. 1. vyd. Praha: Galén, 1999, 133 s. Alma mater. ISBN 80-85824-97-3.
4. KRAUS, Hanuš, I KAREL a Eva RŮŽIČKOVÁ. *Oční zákaly*. 1. vyd. Praha: Grada, 2001, 149 s., obr. ISBN 80-7169-967-5.
5. HYCL, Josef a Lucie TRYBUČKOVÁ. *Atlas oftalmologie*. Vyd. 1. V Praze: Triton, 2003, 151 s. ISBN 80-7254-382-2.
6. KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Vyd. 1. Praha: Grada, 1997, 341 s., [16] s. barevných obrazových příloh. ISBN 80-7169-079-1.
7. *CMImedical technology* [online]. [cit. 2015-11-04]. Dostupné z: <http://www.cmi.sk/oftalmologie/chirurgie/spotrebn-material/nitroocni-cocky/pmma/prednekomorova-la501>
8. BRAS, J. F. *BritishJournalofOphthalmology: ReviewofBinkhorstintraocularlenses*. <Http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>[online]. Maelor General Hospital, Wrexham, 1977 [cit. 2015-11-04]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1043071/?page=1>
9. KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 978-80-247-1163-8.
10. KUCHYNKA, CSC., prof. MUDr. Pavel. *Trendy soudobé oftalmologie: svazek první*. První vydání. Praha 5: Galén, 2000. ISBN 80-7262-043-6.
11. ROZSÍVALL, CSC., prof. MUDr. Pavel. *Trendy soudobé oftalmologie: svazek sedmý*. První vydání. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-691-5.
12. RADIMĚŘSKÁ, Magda. *Měkké nitrooční čočky a jejich tvarové parametry*. Kladno, 2014. Bakalářská. FBMI ČVUT. Vedoucí práce Ing. Jiří Michálek, CSc.
13. Ophtec, theNetherlands. *Worldintellectualpropertyorganization* [online]. [cit. 2015-11-04]. Dostupné z: <http://www.wipo.int/ipadvantage/en/details.jsp?id=2905>

14. Operace šedého zákalu laserem. *Operace šedého zákalu laserem* [online]. 2012, 2014 [cit. 2015-11-24]. Dostupné z: <http://www.operacesedehozakalulaserem.cz/kontakt.html>
15. KOVAŘÍKOVÁ, Tereza. *Vývoj operace katarakty* [pdf]. Kladno, 2012, 2015-11-24 [cit. 2015-11-24]. Bakalářská práce. FBMI ČVUT. Vedoucí práce Prof. MUDr. Blanka Brůnová, DrSc.
16. *Saudi Journal of Ophthalmology* [online]. Elsevier, 2011, 2015 [cit. 2015-11-24]. Dostupné z: [http://www.saudiophthaljournal.com/article/S1319-4534\(11\)00058-0/fulltext](http://www.saudiophthaljournal.com/article/S1319-4534(11)00058-0/fulltext)
17. ROZSÍVAL, CSC., prof. MUDr. Pavel. *Trendy soudobé oftalmologie: svazek čtvrtý*. První. Praha 5: Galén, 2007. ISBN 978-80-7262-470-6.
18. MAŠEK, Petr, Jiří PAŠTA a Miroslav BŘEŠŤÁK. *60 let nitrooční čočky*. 1. vyd. Hradec Králové: Nucleus HK, 2010, 130 s. Oftalmologie. ISBN 978-80-87009-73-4
19. VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2008, 607 s. ISBN 978-80-239-8906-9.
20. FINDL, O. Intraocular Lens Materials and Design. In: Colvard, D. M.: *Achieving Excellence in Cataract Surgery*., D.M. Colvard Publ. 2009
21. FORD, Joshua, Liliana WERNER a Nick MAMALIS. Adjustable intraocular lens power technology. *Journal of cataract and refractive surgery* [online]. 2014, 2015, 7(40): 1205 - 1223 [cit. 2015-12-03]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.05.005. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24957439>
22. STEINERT, R. F., *Cataract Surgery*. 3. vydání, Saunders, 2009, ISBN: 978-1-4160-3225-02010
23. ANDERLE, Radek. *Nové femtosekundové lasery v oční chirurgii*. Česká oční optika, Brno: EXPO DATA s.r.o., 2012, roč. 2012, č. 3, s. 44-46. ISSN 1211-233X.
24. [www.zeiss.com](http://www.zeiss.com). *Zeiss* [online]. Germany: Carl Zeiss Meditec AG [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: [http://www.zeiss.com/meditec/en\\_de/products---solutions/ophthalmology-optometry/cataract/diagnostics/optical-biometry/iolmaster-500.html#downloads](http://www.zeiss.com/meditec/en_de/products---solutions/ophthalmology-optometry/cataract/diagnostics/optical-biometry/iolmaster-500.html#downloads)
25. Spirit Medical. *SPIRIT MEDICAL spol. s r.o.* [online]. Brno, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.spiritmedical.cz/cs/ocni-chirurgie/refrakcni-chirurgie/specializovane-diagnosticke-pristroje/analyzator-zrakovych-funkci-itrace.html>

26. J. CIONNI, MD, ROBERT. Get to Know the Defocus Curve. *CATARACT & REFRACTIVE SURGERY TODAY: CATARACT SURGERY FEATURE STORY* [online]. NOVEMBER/DECEMBER 2010, 4 [cit. 2016-05-01].
27. S. WOLFFSOHN, BSC, MBA, PHD, James. Exploring the optimum step size for defocus curves. *Ophthalmic Research Group* [online]. Elsevier Inc., June 2013, 9 [cit. 2016-05-01].
28. M. SCHWARTZ MD, Daniel. Light-adjustable lens. *Trans Am Ophthamol.* 2003, (101).
29. Eloy A. Villegas, PhD, Encarna Alcon, MSc, Elena Rubio, MD, José M. Marín, MD, PhD, Pablo Artal, PhD. Refractive accuracy with light-adjustable intraocular lenses. *Cataract Refractive Surgery* [online]. 2014 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.eyeworld.org/article.php?sid=7364&strict=&morphologic=&query=Evaluating%20the%20Light%20Adjustable%20Lens>
30. MOSHIRFAR, M.D.,F.A.C.S.,A.B.E.S., Majid, Michael V MCCAUGHEY, B.S a Luis SANTIAGO-CABAN, M.D. Corrective Techniques and Future Directions for Treatment of Residual Refractive Error Following Cataract Surgery. *US National Library of Medicine: National Institutes of Health* [online]. [cit. 2016-05-18]. DOI: 10.1586/17469899.2014.966817. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4317710/>

## Seznam symbolů a zkratk

DMS	dimethylsiloxan
HEMA	2-hydroxyethyl-methakrylát
ICL	implantable contact lens
LAL	light adjustable lens
LEC	lens epithelial cells (epiteliální buňky čočky)
OL	oko levé
OP	oko pravé
OPL	oko pravé a levé
PCO	posterior capsule opacification (opacifikace zadního pouzdra čočky)
PMMA	polymethylmethakrylát
PRL	phacic refractive lens
polyHEMA	polyhydroxyethylmethakrylát

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Harold Ridley na přelomu 40. a 50. let 20. století, kdy aplikoval svou první nitrooční čočku [2].....	6
Obrázek 2: Profesor Jan Vanýsek jako plukovník – náčelník oční kliniky Vojenské lékařské akademie v Hradci Králové (vlevo). Profesor Vanýsek na konci 80. let (vpravo) [3].....	7
Obrázek 3: Vanýskova IOČ z roku 1958, originální snímek po zhotovení [3].....	8
Obrázek 4: Předněkomorová nitrooční čočka [7].....	17
Obrázek 5: Zadněkomorová nitrooční čočka [7].....	17
Obrázek 6: Design opěrných částí čoček [20].....	19
Obrázek 7: Předněkomorová nitrooční čočka NuVita [9].....	20
Obrázek 8: Decentrace předněkomorové nitrooční čočky [9].....	20
Obrázek 9: Blokace prorůstání epitelálních buněk čočky kvůli ostré hraně zadní plochy čočky (vlevo) a plochý design a vrůstání epitelálních buněk pod čočku (vpravo) [20].....	24
Obrázek 10: Proliferační forma sekundární katarakty v retroiluminaci [1].....	24
Obrázek 11: Fibrózní forma sekundární katarakty [9].....	24
Obrázek 12: Multikomponentní čočka, A: základní část, B: prostřední část („sandwich“), C: „víčko“ [21].....	26
Obrázek 13: Harmoni systém [21].....	27
Obrázek 14: Mechanicky přizpůsobitelná čočka, píсты uložené na rozhraní mezi optickou a haptickou částí [21].....	28
Obrázek 15: Opakovaně přizpůsobitelná čočka, vrut a systém „šroubování“ [21].....	28
Obrázek 16: Světlem přizpůsobitelná nitrooční čočka [21].....	30
Obrázek 17: Light delivery device [21].....	30
Obrázek 18: Zvyšování síly čočky [21].....	31
Obrázek 19: Snižování síly čočky [21].....	32
Obrázek 20: Záznam z prvního přizpůsobování LAL.....	35
Obrázek 21: Záznam z druhého přizpůsobování LAL.....	36
Obrázek 22: Záznam z první fixace LAL.....	37
Obrázek 23: Záznam z druhé fixace LAL.....	38
Obrázek 24: Porovnání refrakčního stavu pravého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 1.....	45
Obrázek 25: Porovnání refrakčního stavu levého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 1.....	45
Obrázek 26: Porovnání refrakčního stavu pravého oka po fixaci a nyní, pacient č. 1.....	46
Obrázek 27: Porovnání refrakčního stavu levého oka po fixaci a nyní, pacient č. 1.....	46
Obrázek 28: Porovnání topografických map rohovky u pacienta č. 1 po fixaci a nyní.....	47

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Vývoj intrakapsulární extrakce a lidé, kteří se o něj významně zasloužili [4].....	3
Tabulka 2: Vývoj extrakapsulární extrakce a lidé, kteří se o něj významně zasloužili [1, 4]. ...	4
Tabulka 3: Vývoj nitroočních čoček [4].....	6
Tabulka 4: Statistiky operací na oční klinice FN v Hradci Králové [3]. .....	8
Tabulka 5: Typy hydrogelových čoček[10].....	11
Tabulka 6: Typy akrylátových měkkých čoček [10]. .....	12
Tabulka 7: Vývoj ukotvení nitroočních čoček a seznam významných lidí, kteří se na něm podíleli[3]. .....	18
Tabulka 8: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na pravém oku u pacienta č. 1 .....	42
Tabulka 9: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na levém oku u pacienta č. 1 .....	43
Tabulka 10: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na pravém oku u pacienta č. 2 .....	48
Tabulka 11: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na levém oku u pacienta č. 2 .....	49
Tabulka 12: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na pravém oku u pacienta č. 3 .....	51
Tabulka 13: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na levém oku u pacienta č. 4 .....	53
Tabulka 14: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na pravém oku u pacienta č. 5 .....	55
Tabulka 15: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na levém oku u pacienta č. 5 .....	56
Tabulka 16: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na pravém oku u pacienta č. 6 .....	58
Tabulka 17: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na levém oku u pacienta č. 6 .....	59
Tabulka 18: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na pravém oku u pacienta č. 7 .....	61
Tabulka 19: Záznam průběhu úkonů a změn souvisejících s čočkou na levém oku u pacienta č. 7 .....	62
Tabulka 20: Záznam změn refrakce, ke kterým došlo v době od prvního přizpůsobení do poslední fixace.....	64
Tabulka 21: Záznam změn refrakce, ke kterým došlo po době 5 let od implantace, změny jsou počítány od poslední fixace čočky .....	65



## Seznam grafů

Graf 1: Defokusační křivka pacienta č. 1, oka pravého.....	44
Graf 2: Defokusační křivka pacienta č. 1, oka levého.....	44
Graf 3: Defokusační křivka pacienta č. 2, oka pravého.....	50
Graf 4: Defokusační křivka pacienta č. 2, oka levého.....	50
Graf 5: Defokusační křivka pacienta č. 3, oka pravého.....	52
Graf 6: Defokusační křivka pacienta č. 3, oka levého.....	52
Graf 7: Defokusační křivka pacienta č. 4, oka pravého.....	54
Graf 8: Defokusační křivka pacienta č. 4, oka levého.....	54
Graf 9: Defokusační křivka pacienta č. 5, oka pravého.....	57
Graf 10: Defokusační křivka pacienta č. 5, oka levého.....	57
Graf 11: Defokusační křivka pacienta č. 6, oka pravého.....	60
Graf 12: Defokusační křivka pacienta č. 6, oka levého.....	60
Graf 13: Defokusační křivka pacienta č. 7, oka pravého.....	63
Graf 14: Defokusační křivka pacienta č. 7, oka levého.....	63

## Seznam příloh

**Příloha č. 1:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka po fixaci a nyní, pacient č. 2

**Příloha č. 2:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 2

**Příloha č. 3:** Porovnání refrakčního stavu pravého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 3

**Příloha č. 4:** Porovnání refrakčního stavu pravého oka po fixaci a nyní, pacient č. 3

**Příloha č. 5:** Porovnání refrakčního stavu levého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 4

**Příloha č. 6:** Porovnání refrakčního stavu levého oka po fixaci a nyní, pacient č. 4

**Příloha č. 7:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 5

**Příloha č. 8:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka po fixaci a nyní, pacient č. 5

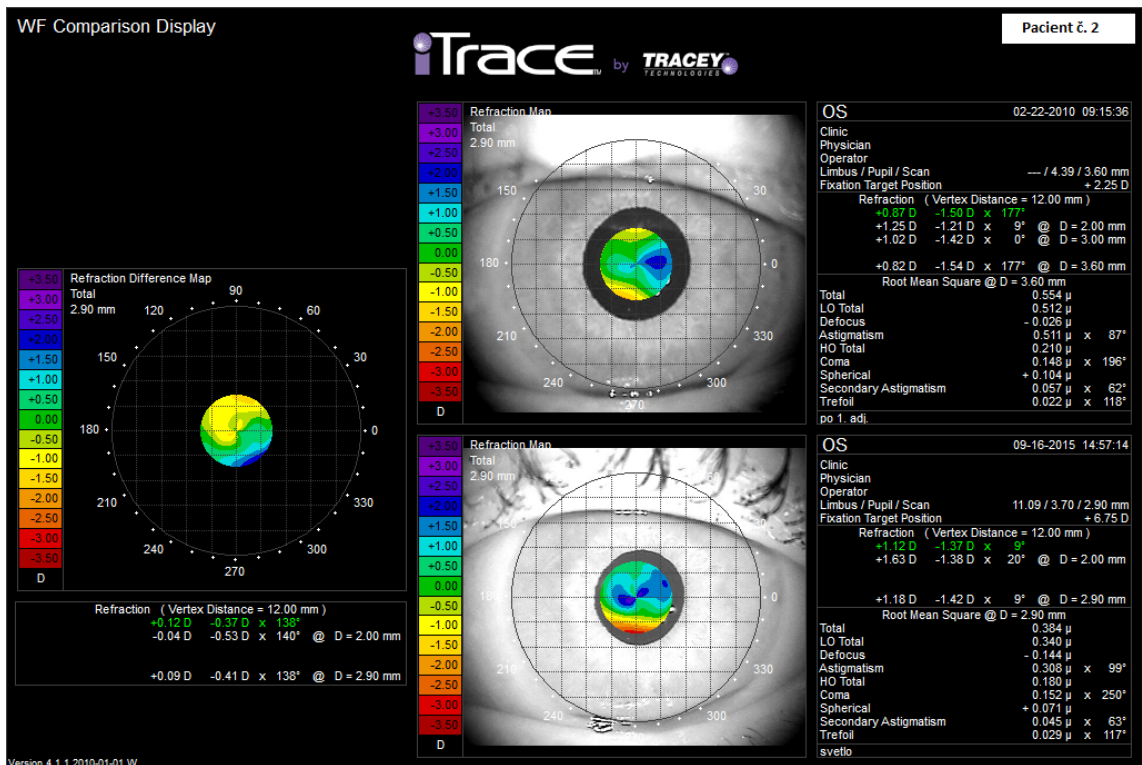
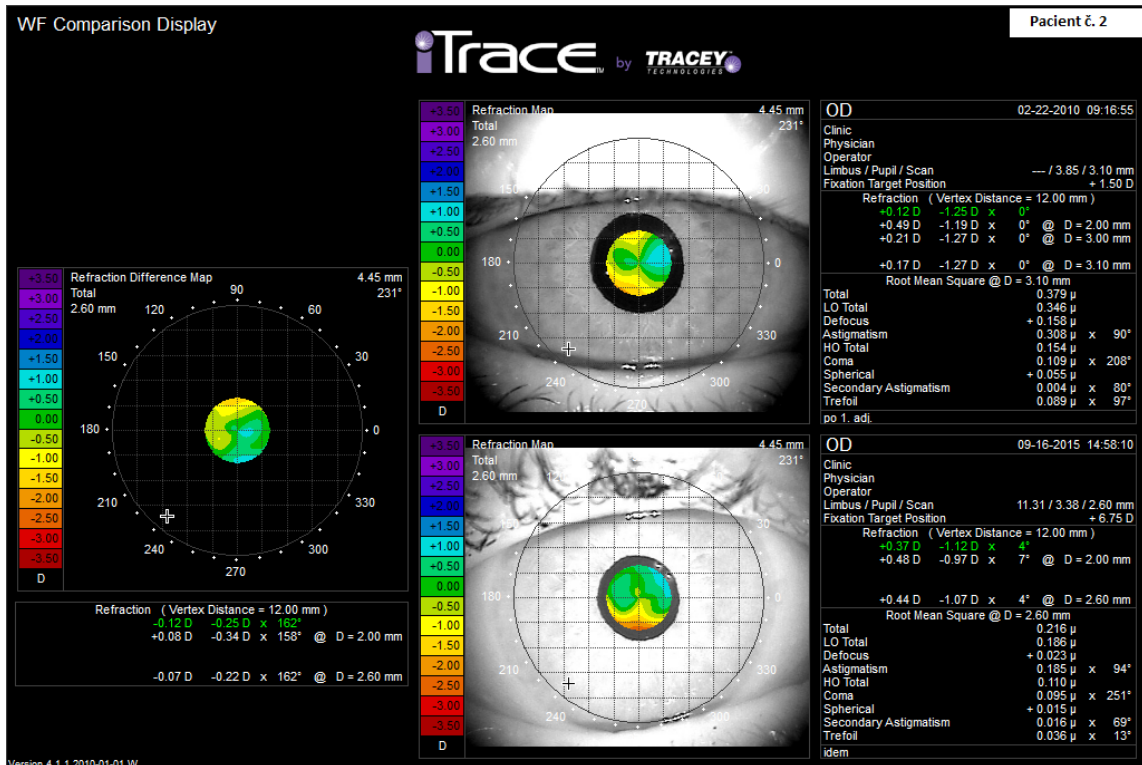
**Příloha č. 9:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 6

**Příloha č. 10:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka po fixaci a nyní, pacient č. 6

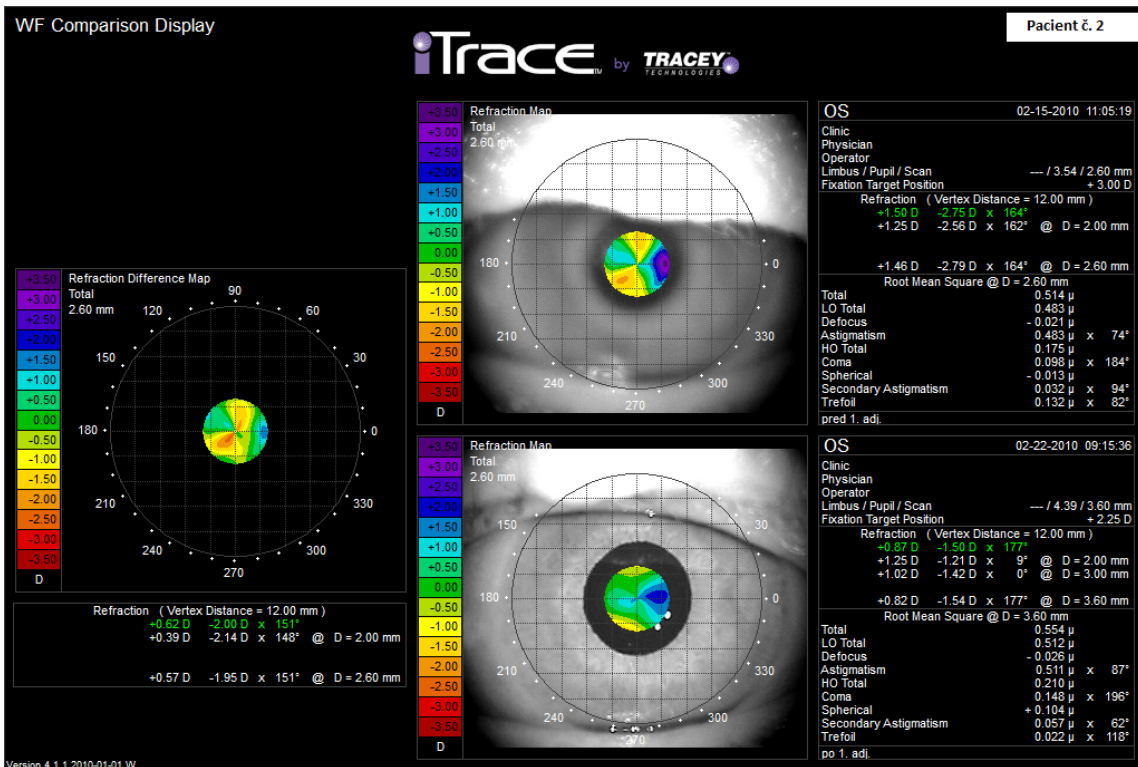
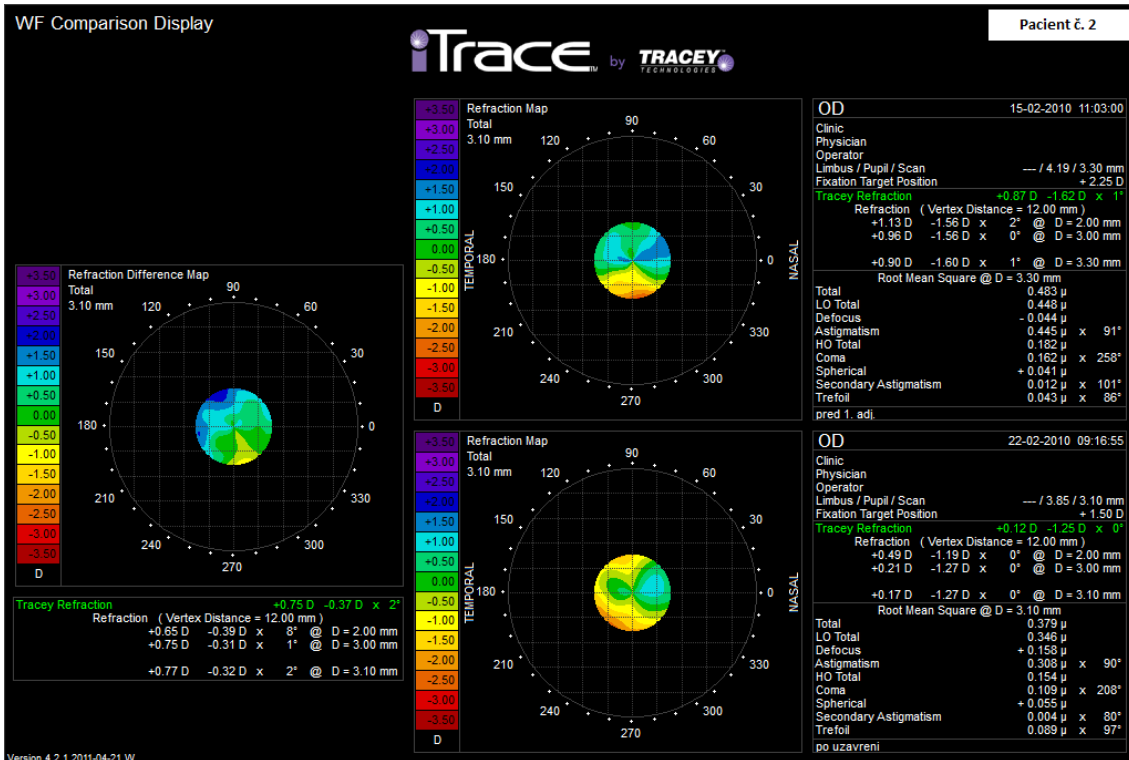
**Příloha č. 11:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 7

**Příloha č. 12:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka po fixaci a nyní, pacient č. 7

**Příloha č. 1: Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka po fixaci a nyní, pacient č. 2**



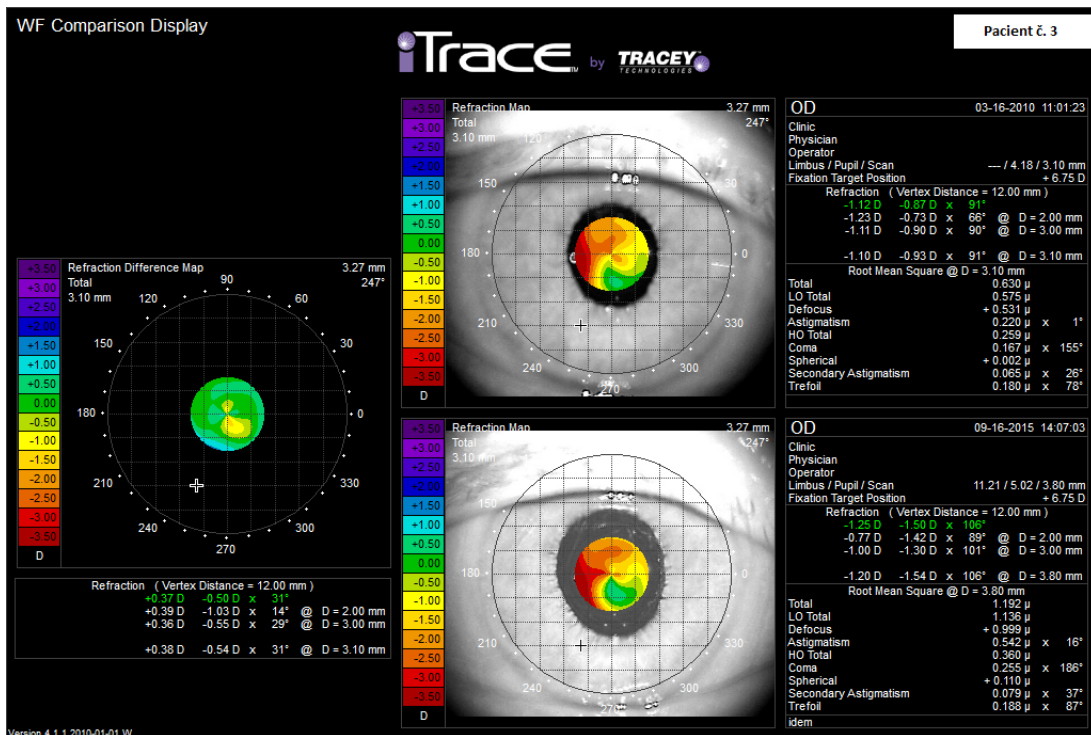
**Příloha č. 2:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 2



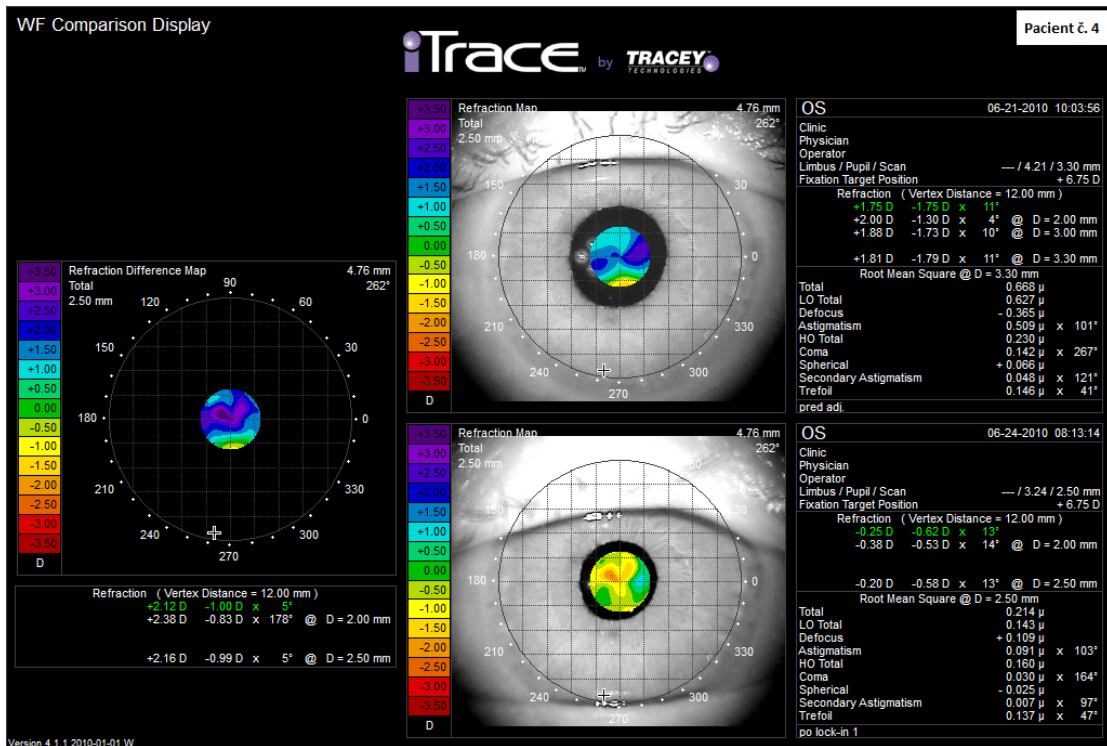
**Příloha č. 3:** Porovnání refrakčního stavu pravého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 3



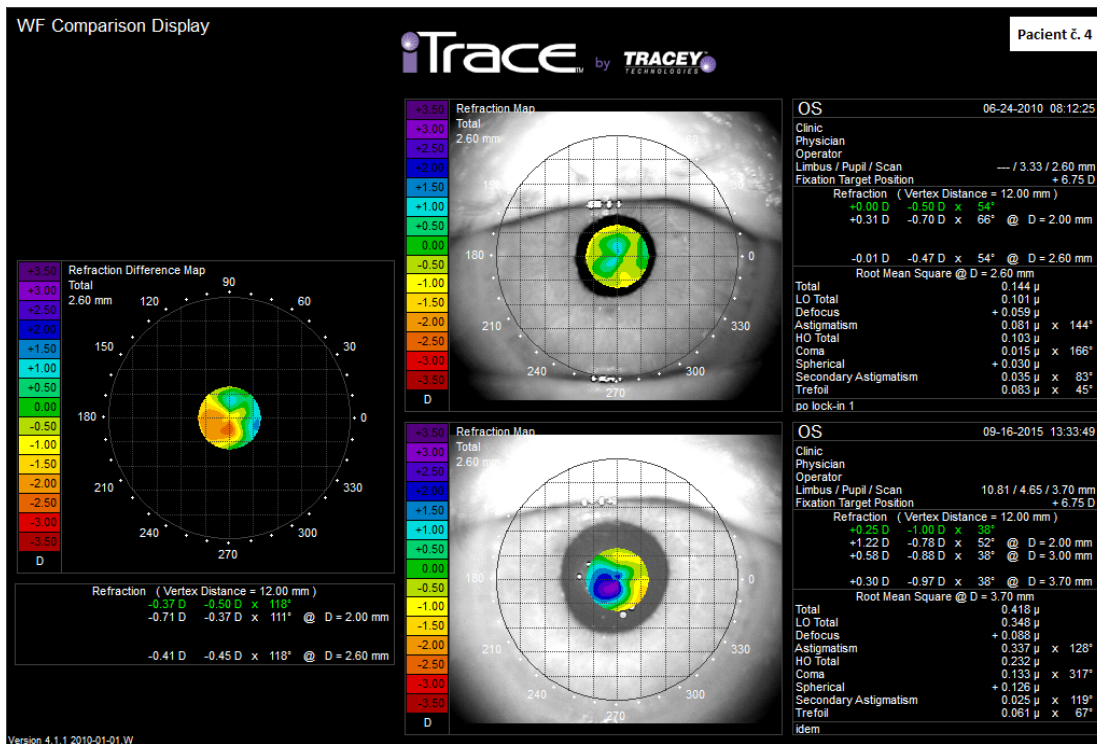
## Příloha č. 4: Porovnání refrakčního stavu pravého oka po fixaci a nyní, pacient č. 3



**Příloha č. 5:** Porovnání refrakčního stavu levého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 4

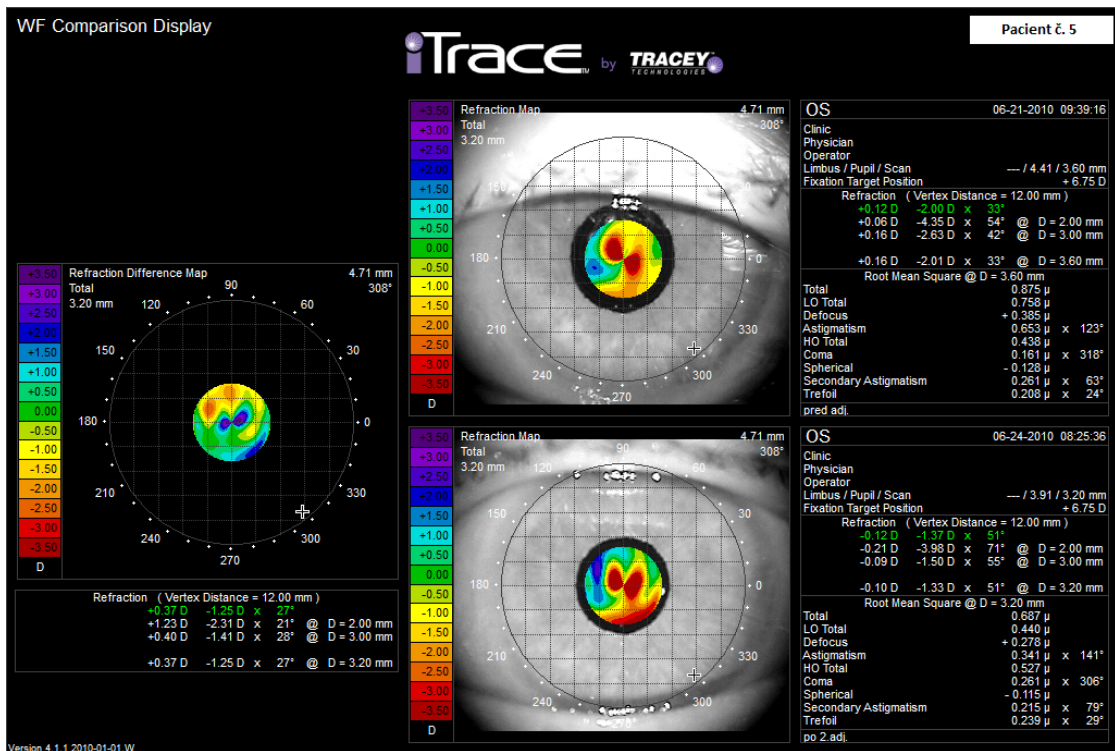
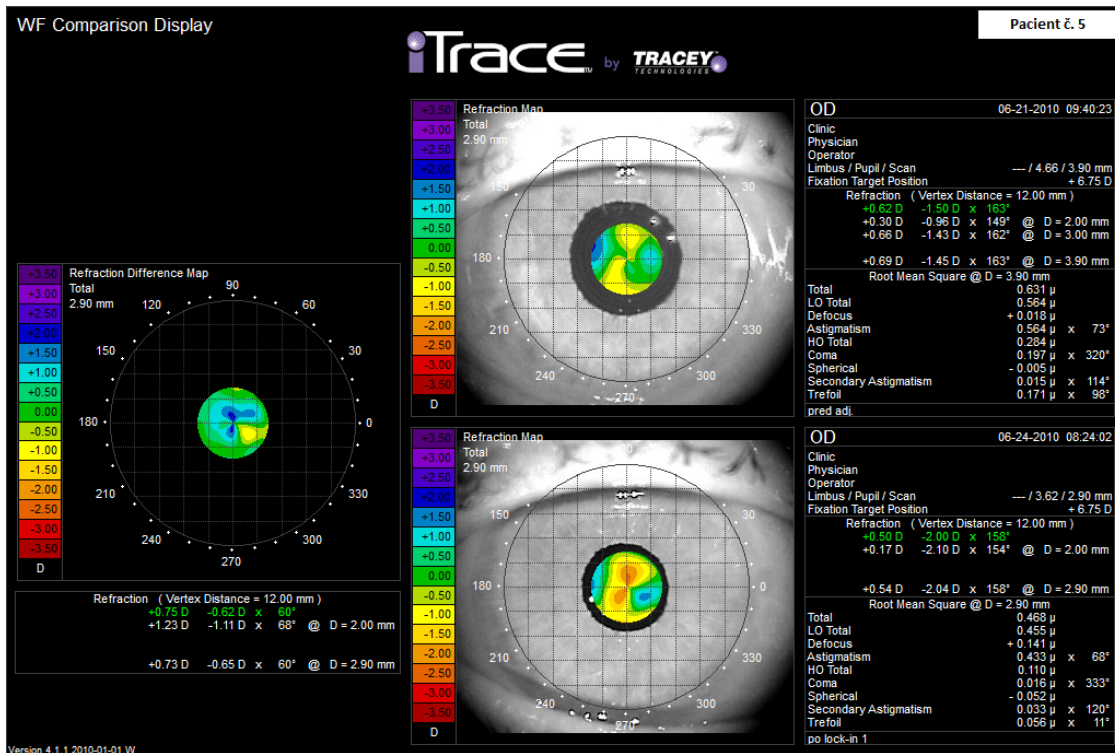


## Příloha č. 6: Porovnání refrakčního stavu levého oka po fixaci a nyní, pacient č. 4

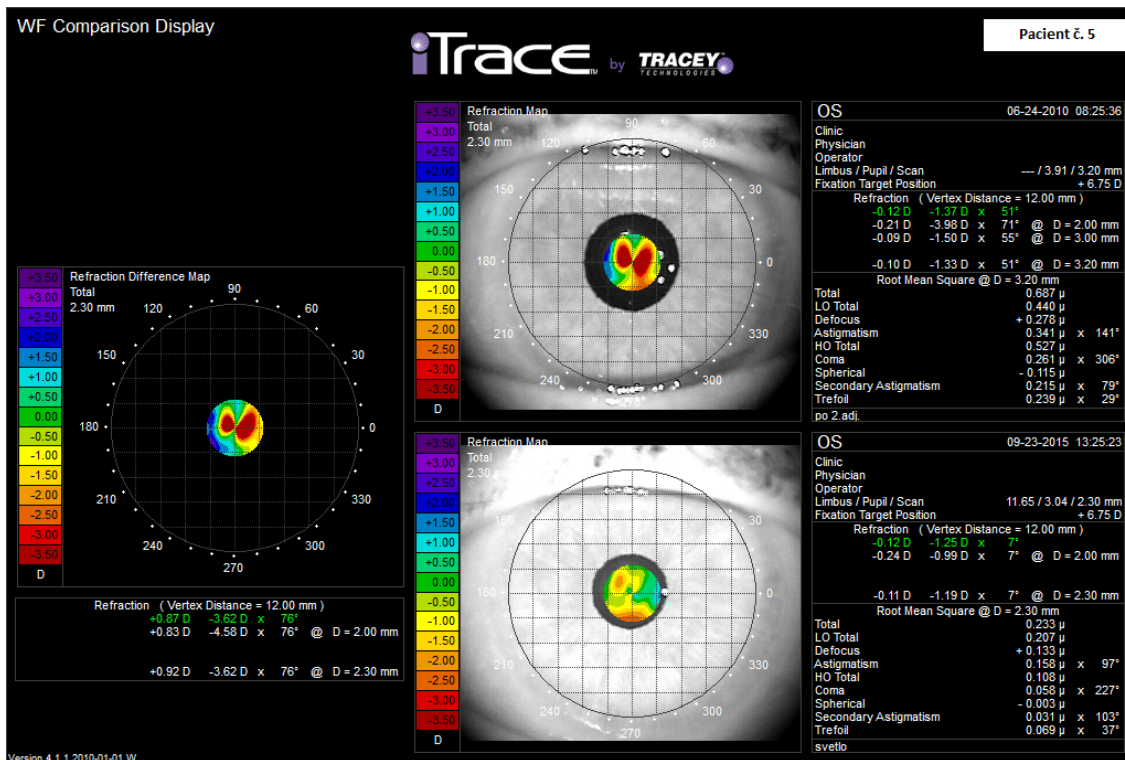
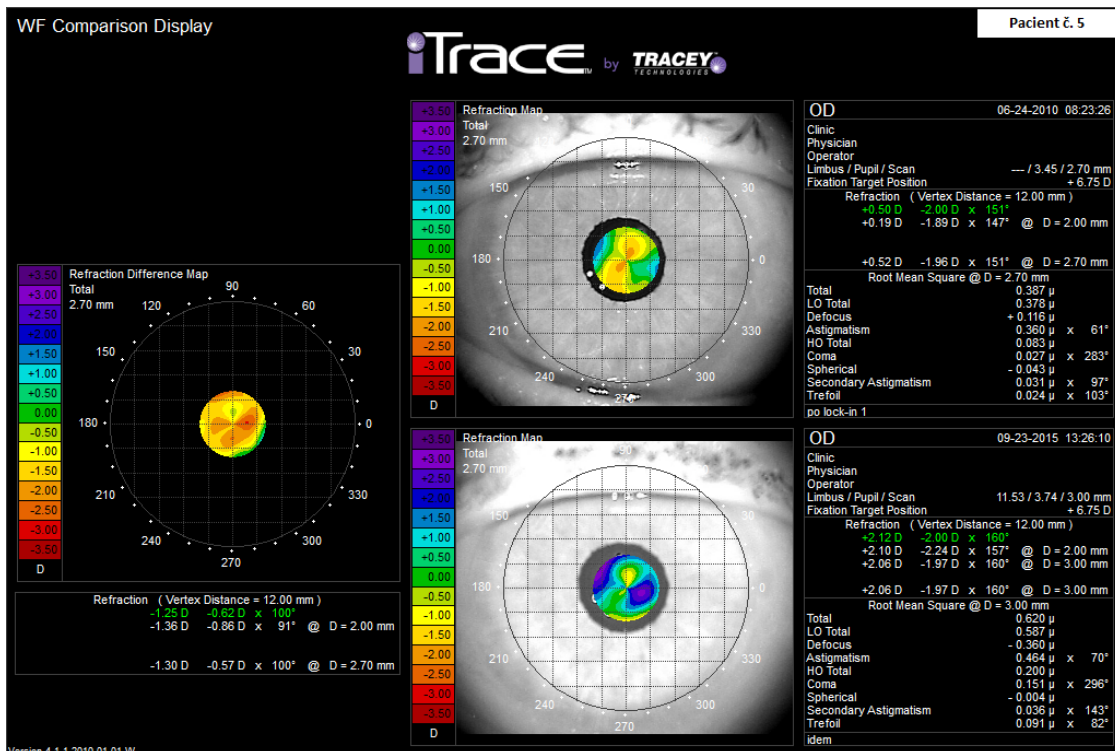




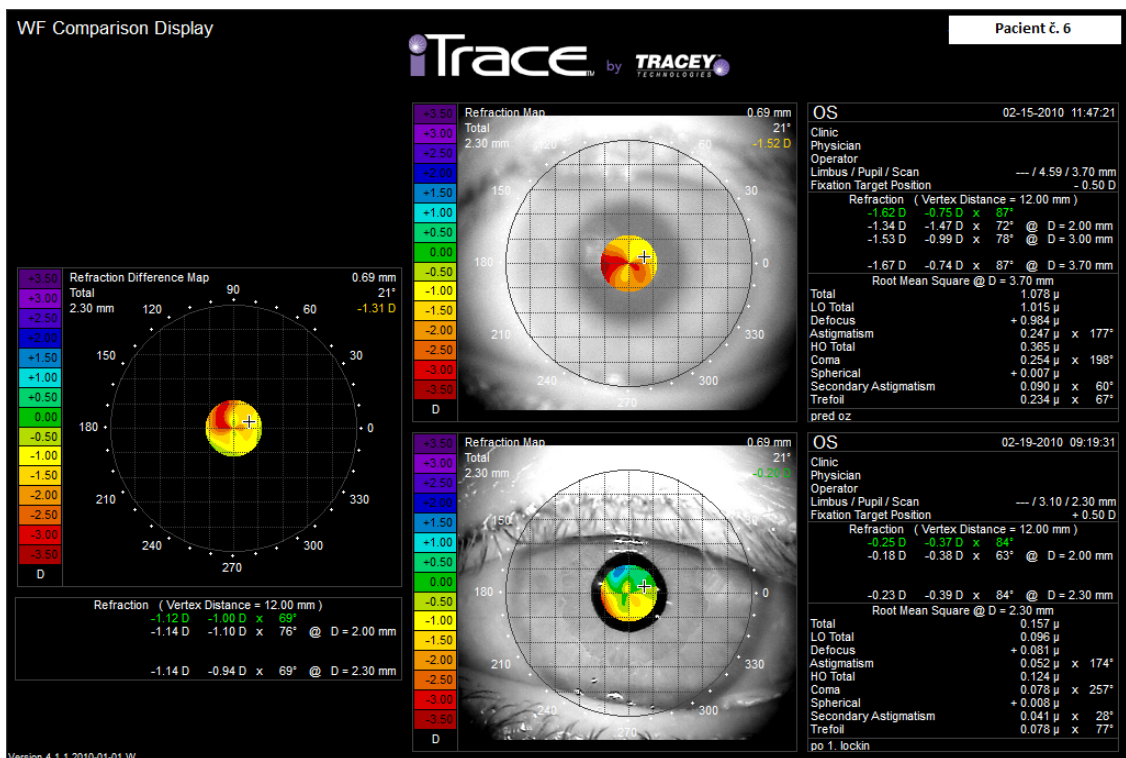
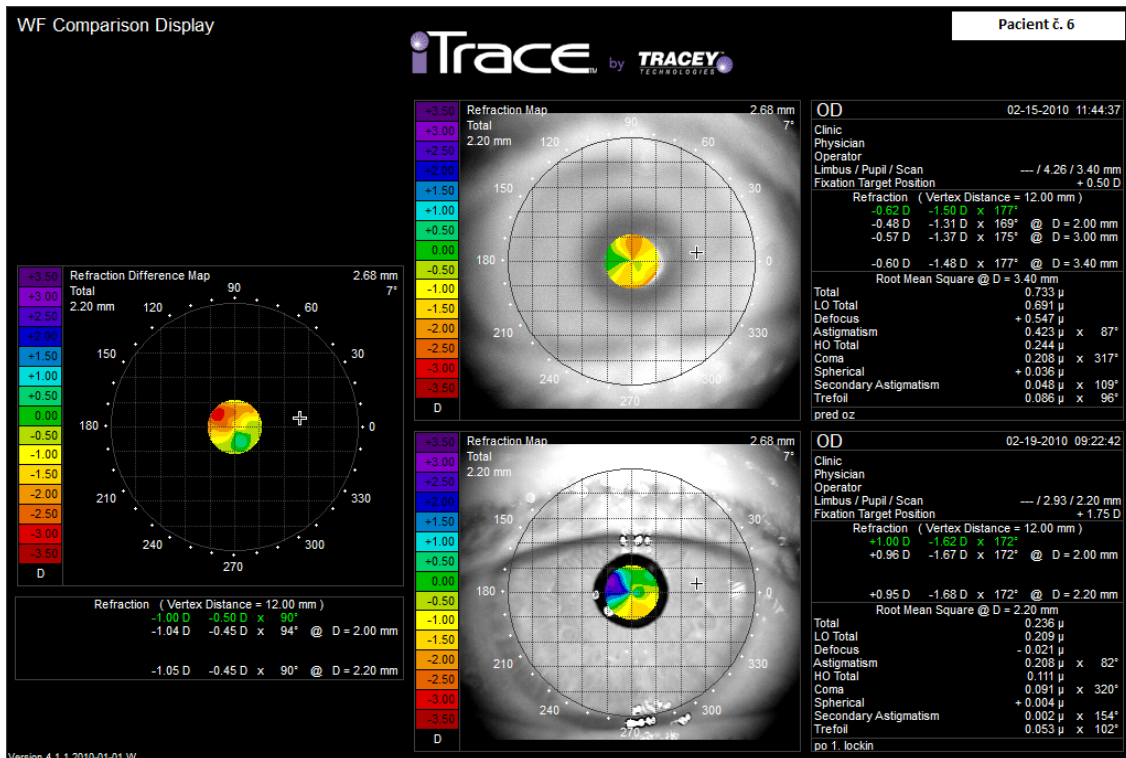
**Příloha č. 7:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 5



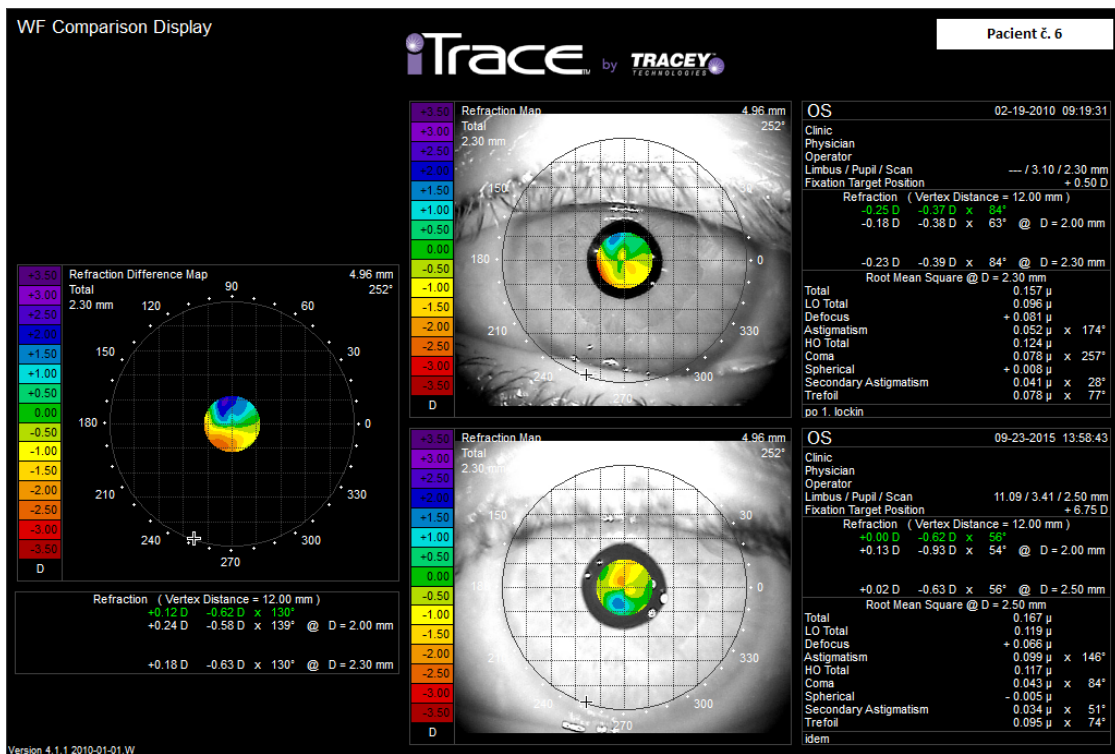
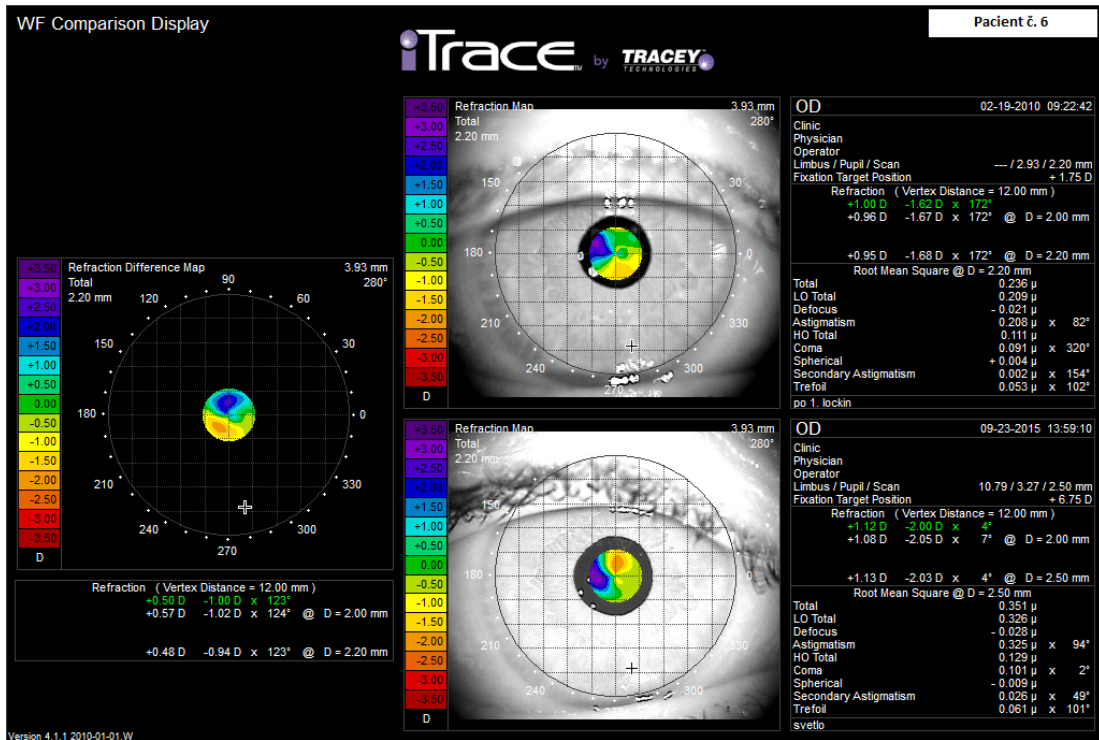
**Příloha č. 8: Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka po fixaci a nyní, pacient č. 5**



**Příloha č. 9:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 6

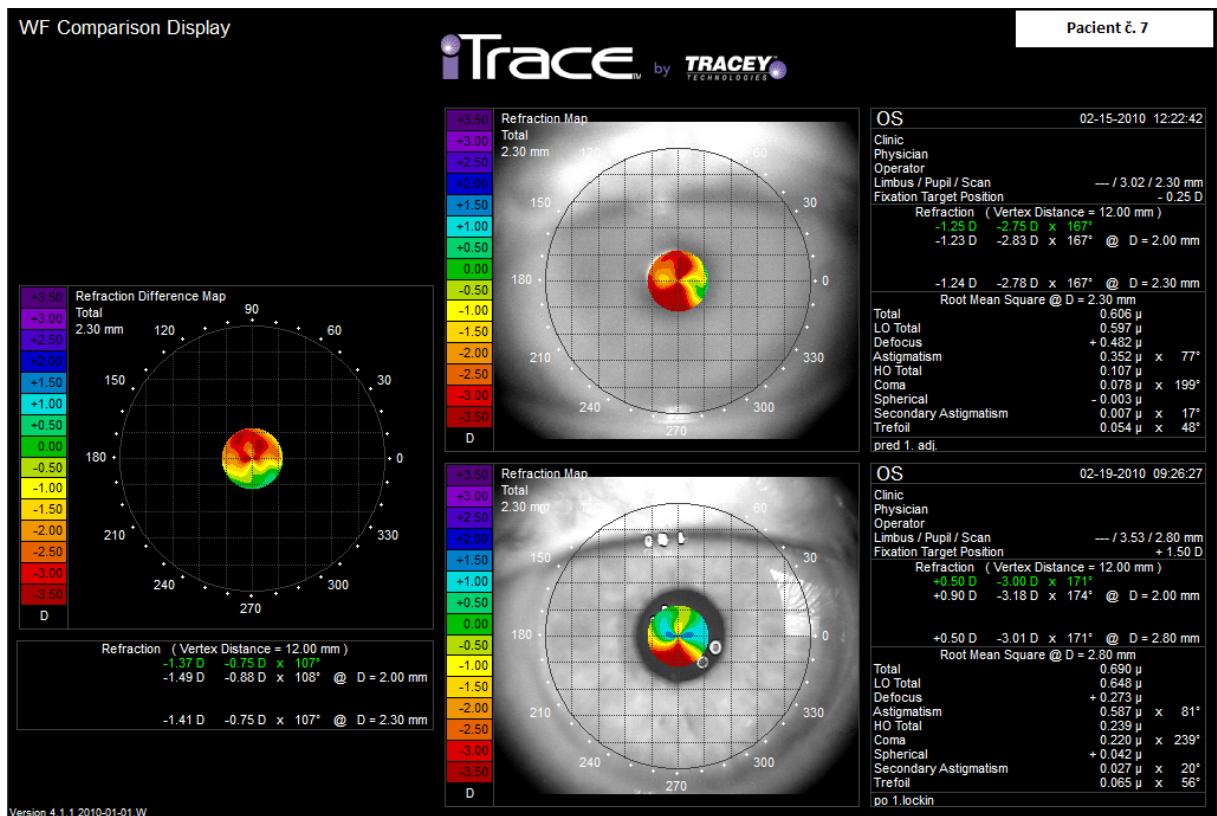
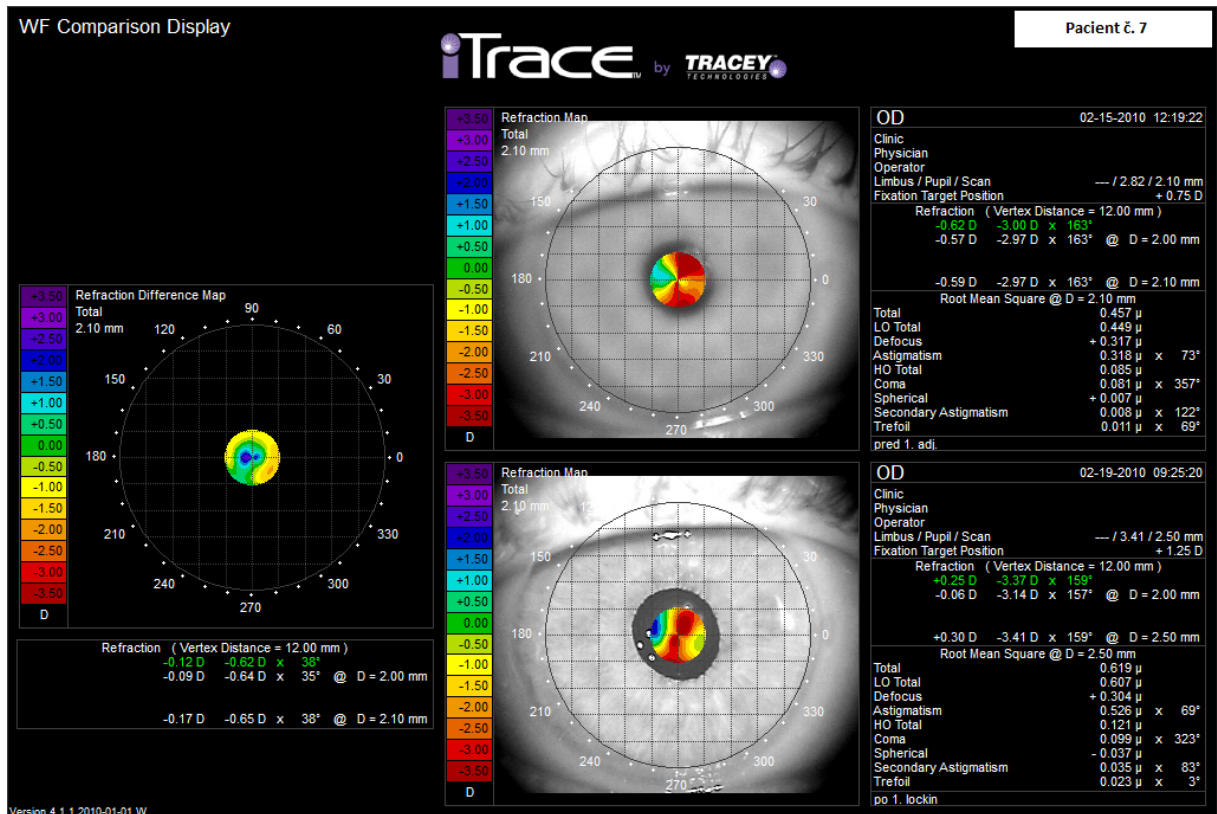


**Příloha č. 10:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka po fixaci a nyní, pacient č. 6





**Příloha č. 11:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka před přizpůsobením a po fixaci čočky u pacienta č. 7



**Příloha č. 12:** Porovnání refrakčního stavu pravého a levého oka po fixaci a nyní, pacient č. 7

