

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
LÉKAŘSKÁ FAKULTA V HRADCI KRÁLOVÉ

Doktorský studijní program

**Oční lékařství**

**Sledování opacit zadního pouzdra po operaci katarakty**

**Evaluation of posterior capsule opacification after cataract  
surgery**

**MUDr. Marie Kalfeřtová**

Školitel: prof. MUDr. Naďa Jirásková, Ph.D.

Hradec Králové, 2012

Obhajoba dne:.....

## **Prohlášení**

Prohlašuji tímto, že jsem doktorskou dizertační práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje. Zároveň dávám souhlas k tomu, aby tato práce byla uložena v Lékařské knihovně Lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Hradci Králové a zde užívána ke studijním účelům za předpokladu, že každý, kdo tuto práci použije pro svou publikační nebo přednáškovou činnost, se zavazuje, že bude tento zdroj informací řádně citovat.

Souhlasím se zpřístupněním elektronické verze mé práce v informačním systému Univerzity Karlovy v Praze.

Hradec Králové, 3. 8. 2012

## **Poděkování**

Moje poděkování patří všem, kteří mě po celé postgraduální studium jakkoli podpořili morálně, intelektuálně, pracovně či jinak a umožnili mi tak zdárně dokončit dizertační práci.

Jmenovitě pak děkuji

- prof. MUDr. Pavlu Rozsivalovi, CSc., FEBO, přednostovi Oční kliniky Lékařské fakulty v Hradci Králové, Univerzity Karlovy v Praze, za umožnění absolvování doktorského studia
- prof. MUDr. Nadě Jiráskové, Ph.D. – mé školitelce - za pomoc při výběru tématu této práce, za vedení a podporu v průběhu studia
- Ing. Josefu Kvasničkovi za velmi ochotné rady a pomoc při statistickém zpracování dat

V neposlední řadě chci poděkovat celé své rodině za všestrannou podporu a pomoc a za trpělivost.

Tato práce vznikla za podpory grantu GAUK č. 103 809.

***Věnováno mé dceři Anně***

# Obsah

1 Seznam použitých zkratk	6
2 Úvod do problematiky	8
2.1 Čočka	8
2.1.1 Vývoj čočky	8
2.1.2 Stavba a složení čočky	10
2.1.3 Fyziologie čočky	14
2.1 Rohovka	16
2.2.1 Vývoj rohovky	16
2.2.2 Struktura a funkce rohovky	16
2.2.3 Fyziologie rohovky	18
2.3 Katarakta	18
2.3.1 Historie operace katarakty	19
2.3.2 Metody operace katarakty	20
2.4 Opacity zadního pouzdra	23
2.4.1 Mechanismus vzniku PCO	23
2.4.2 Typy PCO	24
2.4.3 Rizikové faktory pro vznik PCO	25
2.4.4 Prevence vzniku PCO	25
2.4.4.1 Metody prevence PCO	26
2.4.5 Vliv nitroočních čoček na vznik PCO	27
2.4.6 Léčba PCO	29
2.4.7 Vyšetřovací metody pro stanovení PCO	30
2.4.7.1 Přehled vyšetřovacích metod	30
2.4 Změny rohovkového endotelu	35
3 Cíle dizertační práce	38
4 Soubor nemocných a metodika	39
4.1 Charakteristika souboru pacientů	39
4.2 Metodika	39
4.2.1 Předoperační vyšetřování	39
4.2.2 Operační a pooperační průběh	41
4.2.3 Pooperační vyšetřování	43
4.2.3.1 Hodnocení PCO počítačovými softwary	44
4.2.4 Statistická analýza	45
5 Vlastní výsledky	46
5.1 Nejlépe korigovaná zraková ostrost	46

5.2 Počet endotelových buněk .....	48
5.3 Pachymetrie .....	50
5.4 Opacity zadního pouzdra zhodnocené softwarem EPCO 2000 .....	51
5.5 Opacity zadního pouzdra zhodnocené systémem OSCA .....	54
5.6 Zhodnocení korelace mezi výsledky získanými systémem EPCO 2000 a systémem OSCA .....	57
6 Diskuze .....	59
6.1 Operační technika a její vliv na nitrooční tkáň .....	59
6.1.1 Ovlivnění endoteliálních buněk rohovky .....	60
6.1.2 Ovlivnění tloušťky rohovky .....	62
6.2 Operační technika a její vliv na vznik PCO .....	63
6.3 Vliv nitroočních čoček na vznik PCO .....	65
6.4 Systémy k zhodnocení PCO .....	65
7 Závěry .....	67
7.1 Vyhodnocení cílů práce .....	67
7.2 Závěry pro praxi .....	68
8 Literatura .....	70
9 Přílohy .....	85

# 1 Seznam použitých zkratek

- **ACCC** přední cirkulární kontinuální kapsulorexe
- **AQUA** Automated Quantification of After-Cataract system
- **BSS** balanced salt solution
- **CCC** cirkulární kontinuální kapsulorhexe
- **CR** rezistence rohovky
- **ECC** počet endotelových buněk
- **ECCE** extrakapsulární extrakce
- **ECD** denzita endoteliálních buněk
- **EGF** epiteliální růstový faktor
- **EMT** epiteliálně–mezenchymální přechod
- **EPCO** Evaluation of Posterior Capsule Opacification
- **FGF-2** bazický fibroblastový růstový faktor-2
- **GLCM** informace o pozici pixelů, které mají stejný stupeň šedi
- **HEMA** hydroxymetakrylát
- **CH** hystereze rohovky
- **ICCE** intrakapsulární extrakce
- **IL 1, 2** interleukin 1 a 2
- **IOL** umělá nitrooční čočka
- **LASIK** laser in situ keratomileusis
- **LECs** buňky zárodečného epitelu čočky
- **Nd:YAG** Neodymium:Yttrium Aluminium Granátový laser
- **NF-κB** jaderný faktor kappa B
- **NKZO** nejlepší korigovaná zraková ostrost
- **OCT** Optical Coherence Tomography
- **OL** oko levé
- **OP** oko pravé
- **OSCA** Open-access Systematic Capsule Assessment
- **PCCC** zadní cirkulární kontinuální kapsulorexe
- **PCO** opacity zadního pouzdra
- **PK** přední komora

- **PMMA** polymethylmetakrylát
- **POCO** Posterior Capsule Opacification system
- **RNA** ribonukleová kyselina
- **TGF- $\beta$**  transforming growth factor  $\beta$
- **UV** ultrafialové záření
- **UZ** ultrazvuk
- **ZP** zadní pouzdro

## 2 Úvod do problematiky

V současnosti je operace katarakty relativně bezpečným a účinným chirurgickým zákrokem k odstranění zkalené oční čočky a je neustále zdokonalována. Snaha dnešní mikrochirurgie spočívá především ve zvyšování bezpečnosti operačního výkonu a eradikaci peroperačních a pooperačních komplikací. Dochází ke zkrácení doby operace, ke zmenšení operační rány, ke snížení množství energie generované klasickou ultrazvukovou (UZ) fakoemulzifikací a k náhradě UZ energie jinými zdroji. Dalším důležitým aspektem zlepšování výsledků operace katarakt je stále zdokonalování nitroočních implantátů. Navzdory výše uvedeným skutečnostem přetrvává výskyt některých pooperačních komplikací, zejména vznik opacit zadního pouzdra (PCO, z angl. posterior capsule opacification), redukce počtu rohovkových endoteliálních buněk a následné změny v rohovce. Tyto komplikace mají nechtěné důsledky pro pacienta v podobě zhoršení zraku, resp. málo významného zlepšení vidění po podstoupené operaci. Dalším nežádoucím důsledkem těchto pooperačních změn jsou dodatečné finanční náklady na léčbu sekundární katarakty, což představuje zejména v současné době nezanedbatelný aspekt.

Záměrem předkládané dizertační práce je poskytnout recentní pohled na problematiku katarakty a všech struktur oka kataraktou dotčených, na patobiologii a etiopatogenezu katarakty, chirurgické řešení a pooperační komplikace a zjištěnými výsledky studie přispět ke stanovení takových operačních přístupů a jejich modifikací, které by vedly k minimalizaci pooperačních komplikací.

### 2.1 Čočka

Čočka je transparentní, bikonvexní, elastická a avaskulární struktura, která je uložena mezi pigmentovým listem duhovky a přední sklivcovou membránou. Je zavěšena na závěsném aparátu, kterým je připojena k řasnatému tělísku. Stabilní poloha čočky je zajištěna zonulárními vlákny, která vybíhají z pars plicata řasnatého tělíska a jsou zakotvena do ekvatoriální části kapsuly, čímž jsou rovněž vytvořeny podmínky pro akomodaci.

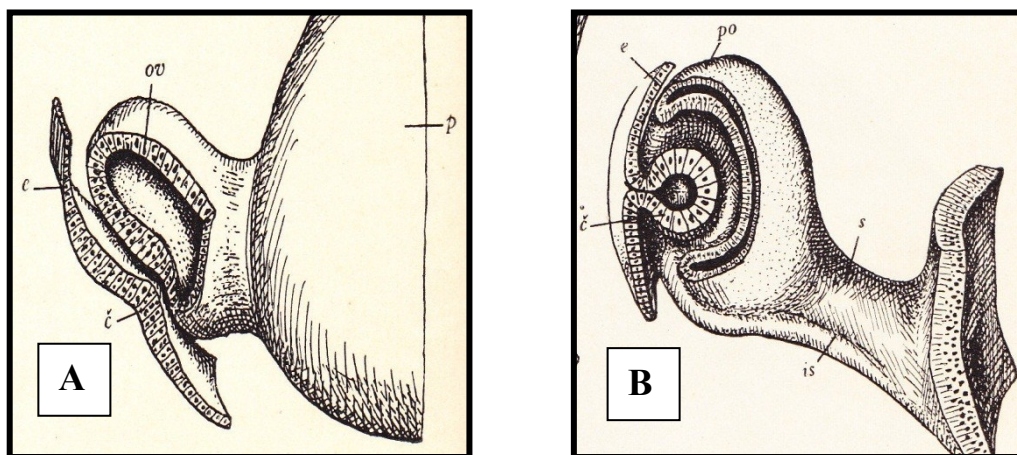
#### 2.1.1 Vývoj čočky

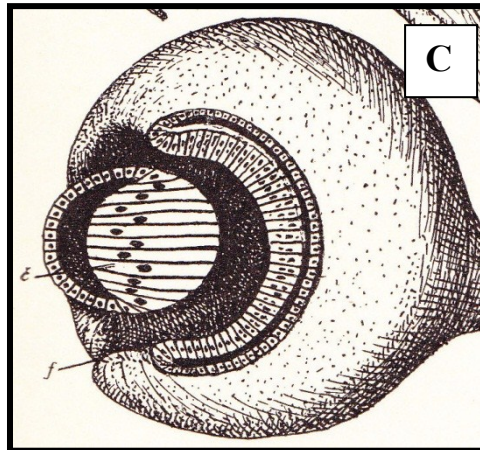
Čočka se vyvíjí ze ztlustěného *povrchového ektodermu* kolem 28. dne embryonálního období. V místě expandujících *očních váčků* (výchlipky předního mozku - prozencefala) ektoderm zesílí v *ploténku čočky*, která se zanořuje dovnitř vchlipujícího se *očního*



*pohárku* a vytváří *čočkovou jamku*, která se následně 33. embryonální den oddělí od povrchového ektodermu jako *čočkový váček* a prostor mezi nimi vyplní mezenchym (Obr.1 A, B, C). Tento váček se postupně do konce 7. týdne zaplňuje vláknitými buňkami (*primární vlákna čočky*), která jsou odvozena ze zadních epiteliálních buněk (Vacek 1992). Čočka se postupně diferencuje na *jádro* a *kortex*. Primární vláknité buňky tvoří v centru čočky embryonální jádro. V cytoplasmě buněk jádra čočky jsou odstraněny programovanou proteázovou aktivitou všechny organely. Jádro těchto buněk je nejprve fragmentováno a tento proces připomíná iniciální stupně apoptózy v jiných tkáních. Struktura čočky je tak ideálně přizpůsobena jejím infrakčním úkolům v lomném systému oka (Kiersenbaum et Tres 2012, Mills 2007). Kortex je tvořen novými sekundárními kortikálními vlákny, která vznikají v ekvatoriální rovině v místě přechodu předního epitelu čočky do povrchových vláken. Na povrchu čočky se z mezenchymu vytvoří pouzdro. Čočka se v průběhu života zvětšuje, mění tvar i optické vlastnosti. Z kulovitého útvaru o hmotnosti kolem 90 g v době porodu se v průběhu dospělosti stane elipsovitou strukturou, jejíž hmotnost se zvyšuje na 250 g, ekvatoriální rozměr je 9 mm a předozadní průměr 5 mm. V průběhu stárnutí se zvětšuje vrstva kortexu a mění se refrakční index, který stoupá vlivem zvýšeného množství nerozpustných bílkovin. Optická mohutnost čočky je 15–20 dioptrií.

**Obr.1: Vývoj oka (Embryo dlouhé A: 4,5 mm; B: 7,5 mm; C: 13 mm)**





**Vysvětlivky:**

- A. Přední mozek s očním váčkem a základ (jamka) čočky** (č=jamka čočky, e=povrchový ektoderm, ov=oční váček prohlubující se v pohárek, p=prosencefalon)
- B. Pohárek oční** (č=váček čočky ve spojení s ektodermem, e=povrchový ektoderm, is=vchlípená část stopky, po=pohárek oční, s=stopka pohárku)
- C. Pohárek oční s oddělenou čočkou** (č=váček čočky, jehož zadní buňky rostou dopředu v čočková vlákna, f=fissura chorioidea)

Zdroj: Florian J, Frankenberg Z: Embryologie. Melantrich Praha 1936

## 2.1.2 Stavba a složení čočky

Čočka se skládá z *kortexu* a *jádra*. Na povrchu je kryta *pouzdrém*. (Kierszenbaum et Tres 2012, Kuchynka 2007).

### A/ Pouzdro (kapsula) čočky

se na předním povrchu ztlušťuje s věkem. Při narození má čočkové pouzdro tloušťku 4 μm, ve věku 2 roky 8-15 μm a ve věku 35 let dosahuje až 21 μm. Později na periferii přední kapsuly může být silné až 30μm. Zadní kapsula s postupujícím věkem zeslabuje. Pouzdro čočky je tvořeno transparentními strukturami podobnými bazální membráně, které jsou složeny z fibril kolagenu IV a z glykosaminoglykanové matrix. Dalšími komponentami pouzdra jsou laminin, entaktin, proteoglykan heparin sulfát a fibronektin. Změny v kolagenu během života vedou k snížení mechanických vlastností pouzdra.

V přední části čočky je pod kapsulou jednořadý kubický epitel, který dosahuje až k ekvatoriální rovině, kde tyto epitelové buňky prolifерují, prodlužují se, posunují a stáčíjí

se směrem do centra čočky. Tyto diferencované buňky tvoří kortex a jádro a označují se jako čočková vlákna. Popsaný proces se uskutečňuje v průběhu celého života, takže tyto vláknité buňky se v čočce hromadí. Centrálně uložené zralé buňky tvoří jádro čočky a nemohou syntetizovat nové proteiny.

Epitel v zadní části čočky se pod pouzdrém vyskytuje pouze přechodně v časných fázích vývoje čočky, posléze natrvalo mizí.

#### B/ Vlastní hmota čočky

se dělí na zevní *kortex* a vnitřní *jádro* a je tvořena specializovanými buňkami zvanými čočková vlákna, která jsou derivátem buněk epitelových, mají průměr 4-7  $\mu\text{m}$  a délku až 12 mm. V oblasti kortexu jsou tato vlákna reprezentována protáhlými, koncentricky uspořádanými buňkami obsahujícími jádro a organely, zatímco v centrální jaderné oblasti se hromadí starší buňky, které postrádají jádro i organely a jsou tvořené pouze cytoplazmou. Cytoskelet vláknitých buněk obsahuje specifické proteiny, z nichž jsou významné zejména: 1/ phakinin (CP49) a filensin – střední filamenta. Filensin obsahuje vazebná místa pro krystaliny, 2/ krystaliny alfa, beta a gama. Tato vlákna udržují tvar a transparentnost čočkových vláknitých buněk a vyskytují se v jejich cytoplasmě v rozpustné formě. Vlivem určitých okolností, jako je stárnutí, diabetes, apod. se tyto proteiny stávají nerozpustnými a vytvářejí v čočce opacitu, které jsou podstatou katarakty. Přestože je čočka bezcévná struktura bez vlastní inervace, je metabolicky aktivní a její metabolismus je plně závislý na komorové vodě, odkud získává živiny. Výživa čočky udržuje její růst a transparentnost. Vláknité buňky získávají své živiny difuzí přes buňky epiteliální. Zároveň jsou tyto struktury místem metabolismu a detoxikace a představují ochranu proti oxidačním vlivům. Alfa krystalin má vliv na přežití, růst a proliferaci této skupiny buněk (Graw 2009, Sharma et Santhoshkumar 2009). Primárním zdrojem energie je glukóza, která je většinou metabolizována cestou anaerobní respirace vzhledem k tomu, že zralá čočková vlákna neobsahují mitochondrie. Čočka tedy spotřebovává velice málo kyslíku. U diabetiků, kde je koncentrace glukózy značně vysoká, se v čočce hromadí vedlejší produkt sorbitol, který snižuje rozpustnost krystalinů, čímž dochází ke vzniku opacit v čočce (Kiersenbaum et Tres 2012, Mills 2007).

#### C/ Proteiny čočky

Buňky čočky obsahují ve srovnání s jinými buňkami více proteinů (30% proteinů, 70% vody; v ostatních buňkách až 95% vody). Tyto proteiny jsou zastoupeny hlavně

intermediárními filamenty (jako je filensin, phakinin a vimentin) a krystaliny. Filensin a phakinin jsou základními komponentami specifických čočkových filament, tzv. „korálkových“ filament („beaded filament“), jejichž unikátní struktura byla poprvé odhalena Harry Maislem a Margaret Perry v roce 1972 (Maisel et Perry 1972, Song et al 2009). Bylo prokázáno, že v nich dochází ke spojení filensinu a phakininu s alfa-krystaliny. Tato korálková filamenta společně s dalším intermediárním proteinem – vimentinem - jsou zásadní pro optické vlastnosti a transparentnost oční čočky. Mutace proteinů specifických čočkových filament mohou vést ke stárnutí čočky a ke kataraktě (Song et al 2009).

Více než 90% všech proteinů čočky tvoří krystaliny. Jsou hlavními strukturálními proteiny čočky, které díky své rozpustnosti ve vodě udržují index refrakce čočky a přispívají k její transparentnosti. V poslední době jsou krystaliny stále více identifikovány i mimo čočku. Vyskytují se ve třech formách, jako typ alfa, beta a gama. Alfa krystalin formuje velké komplexy, které jsou složené ze dvou podjednotek:  $\alpha A$  a  $\alpha B$ , které strukturálně patří do rodiny proteinů teplotního šoku (HSP – heat shock proteins) podílejících se na ochraně buněčných struktur proti stresu. Především  $\alpha B$  krystaliny byly prokázány v retině a v mimoočních strukturách jako kosterní a srdeční svalstvo, mozek a nervy, kůže apod (Andley 2007). Alfa – krystaliny plní v čočce následující funkce: zajišťují interakci s cytoskeletem buněk, plní funkci molekulárních chaperonů a chrání čočku proti stresu, zejména oxidačnímu. Tato aktivita může potlačovat agregaci proteinů denaturovaných oxidací, zahřátím nebo jinými stresovými faktory. Úloha  $\alpha$ -krystalinů jako molekulárních chaperonů tak přispívá k objasnění, proč během života čočka zůstává poměrně dlouho transparentní navzdory vysoké expozici stresových faktorů. Glykace při diabetu a UV záření snižují chaperonovou aktivitu a zvyšují riziko katarakty. Ztráta chaperonové aktivity vede k proteinové agregaci a je odpovědná za patologické změny v čočce a za kataraktogenezi (Graw 2009).

Krystaliny beta/gama jsou z hlediska jejich výskytu považovány za specifické pro čočku. Tyto krystaliny jsou si strukturálně velmi podobné. Každý z krystalinů beta a gama tvoří 7 podjednotek. Tato krystalinová rodina je odpovědná za udržování strukturální integrity a denzity proteinů v čočce, což minimalizuje rozptyl světla a vede k optimální transparentnosti čočky.

Strukturální změny krystalinů během stárnutí jsou způsobeny různými chemickými modifikacemi, jako deaminace, oxidace, glykace, metylace apod. Důsledkem těchto změn je proteolýza, fragmentace a agregace krystalinů. Uvedené mechanismy mění solubilní

krystaliny do nesolubilních. Se stoupajícím věkem tak přibývá krystalin v nerozpustné frakci (ve věku nad 50 let je až 50% nesolubilního krystalinu). Po 40. roce věku je téměř všechen alfa krystalin v jádře čočky nerozpustný. Rozpustnou frakci ve starším věku tvoří převážně krystaliny beta a gama, které se váží na alfa krystaliny a zabraňují obměně jejich podjednotek, což usnadňuje agregaci.

Strukturálně změněné proteiny jsou za normálních okolností degradovány ubiquitinovou proteolytickou cestou (pomocí proteozomu). S věkem poklesává proteozomová aktivita a ubiquitin se váže k oxidovaným krystalinům, které se akumulují v jádře čočky. Residuální proteázová aktivita v čočce vede k destrukci poškozených krystalinů, ke vzniku nízkomolekulárních fragmentů, které tvoří důležitou součást nerozpustné frakce. Dochází tak ke ztrátě transparentnosti čočky a rozvoji čočkových opacit. Tyto změny interferují s chaperonovou aktivitou alfa-krystalinu, což vede k neschopnosti obnovit strukturu krystalinů a k jejich agregaci (Sharma et Santhoshkumar 2009).

Krystaliny byly objeveny před více než 100 lety Mörnerem, avšak teprve později byly podrobněji popsány a byla provedena jejich klasifikace. Zvláště významná byla genetická analýza krystalinů a jejich genů, expresního profilu a mutací příslušných genů (Graw 2009).

Krystaliny alfa s podtypy A a B (poměr 3:1) jsou kodovány dvěma geny CRYAA a CRYAB, které leží na různých chromozomech. Gen pro  $\alpha$ A krystalin je exprimován především v čočce (lens-specific) a mutace tohoto genu vede k recesivní nebo dominantní kataraktě. Gen pro  $\alpha$ B krystalin je kromě čočky exprimován v různých tkáních a jeho mutace způsobuje též různé neurologické, kardiální a svalové nemoci. Z tohoto pohledu je úloha  $\alpha$ B krystalinů více heterogenní.

Super rodina krystalinu beta /gama je kódována přinejmenším 14 geny (Cryb/Cryg) – tyto geny jsou organizovány jako samostatné geny nebo duplety genů. Mutace těchto genů vedou k produkci abnormálních mutovaných krystalinů, ke vzniku opacit v oční čočce a ke vzniku katarakty. V případě mutace genu Cryg je katarakta charakterizována diferenciací vláknových buněk, což se projevuje perzistencí zbytků jádra v těchto buňkách. Mimo oko se projevují zejména mutace beta krystalinů například poruchou neurogeneze a mužskou infertilitou. (Hejtmancik et Kantorow 2004).

Různé mutace genů pro krystaliny mohou vést nejen k poškození čočky, ale i ke změnám v jiných orgánech. Katarakta tak může být chápána jako „bioindikátor“ pro méně zřejmé, ale přesto závažné choroby (Graw 2009). Katarakta vzniká v důsledku mutace genů pro

krystaliny se nazývá kongenitální a vzniká agregací mutovaných krystalinových proteinů. Dědí se dle Mendelových zákonů s vysokou penetrancí.

Naopak senilní (age-related) katarakta se vyznačuje přítomností mutací v jiných genech, u nichž důsledkem mutací je zvýšení citlivosti čočky na zevní faktory, jako je světlo, hyperglykemické a oxidativní poškození apod. Jde o multifaktoriální dědičnost, kdy fenotyp je ovlivňován mnohotnými geny a zevními faktory (např. se uplatňuje mutace genu pro glutathion-S transferázu, která rozhoduje o výsledném efektu oxidačních mechanismů) (Hejtmancik et Kantorow 2004).

Čočka je unikátní tkáň tvořená proteiny s dlouhou životností a funkčností – krystaliny. Ačkoliv má čočka protektivní mechanismy na ochranu své funkce během života, dochází postupně k jejich narušení a vyčerpání. Krystaliny jsou během života vystaveny působení mnoha faktorů, dochází především k jejich chemickým, strukturálním a funkčním změnám. Tyto změny se kumulují, jsou doprovázeny proteolýzou a několika jinými posttranslačními modifikacemi a vedou k tvorbě čočkových opacit. Důsledkem toho je postupná ztráta transparentnosti a rozptýlený dopad světla na sítnici. Uvedené změny jsou hlavním znakem stárnutí čočky a vzniku katarakty (Sharma et Santhoshkumar 2009).

### 2.1.3 Fyziologie čočky

Čočka je nejdůležitějším filtrem, která chrání makulu před UV zářením. Hlavní funkce čočky vyplývá z jejího postavení v lomném aparátu oka a schopnosti akomodovat. Čočka je tkáň bez inervace a přímého cévního zásobení. Z toho vyplývají i zvláštnosti jejího metabolismu, který využívá kyslík a glukózu k syntéze bílkovin a transport sacharidů, aminokyselin a iontů do čočky, což je nutné k udržení transparentnosti čočky. Jediným zdrojem živin pro čočku je komorová voda, která zároveň odvádí produkty metabolismu čočky ven z oka.

Čočka se podílí na akomodaci, refrakci a transparentnosti oka (Kuchynka 2007).

#### A/ Akomodace

Ostrost blízkých i vzdálených obrazů zobrazených na sítnici závisí na tvaru čočky. Akomodace je proces, který zajišťuje změnu dioptrické síly oka vyklenutím přední plochy čočky. Tímto procesem je dosaženo toho, že vzdálenost mezi centrem čočky a sítnicí je ekvivalentní ohniskové vzdálenosti potřebné k vytvoření ostrého obrazu na sítnici.

Pojem akomodace zavedl Burow v roce 1841. K akomodaci slouží ciliární sval, řasnaté tělíčko a zonulární vlákna. Proces akomodace není zcela objasněn, avšak o vysvětlení se pokoušejí následující teorie:

- teorie Helmholtzova

Ciliární sval se kontrahuje a napětí zonulárních vláken povolí, což vede díky elasticitě pouzdra k vyklenutí čočky. Jakmile akomodace pomine, ciliární sval se uvolní, napětí závěsného aparátu se zvýší a čočka se oploští. Tuto teorii doplnil ještě v roce 1937 Fincham – čočka se nejvíce vyklene v centrální části vpředu, kde je pouzdro čočky nejtenčí. Helmholtzova teorie se jeví jako nejpravděpodobnější.

- teorie podle Schachara a Tscherninga

Ekvatoriální část zonuly se upíná do nejpřednější části ciliárního svalu, přední a zadní část zonuly se upíná do zadní části svalu. Při kontrakci ciliárního svalu se jeho přední část dostane směrem ke sklěře a kořeni duhovky, čímž se napne ekvatoriální zonula a uvolní zadní a přední zonula. Tím dojde k prodloužení vertikálního průměru čočky se ztenčenou periferní oblastí a rozšířenou centrální oblastí čočky.

- teorie Colemanova

Tato teorie předpokládá, že čočka, závěsný aparát a přední sklivec tvoří diafragmu mezi přední komorou a sklivcem. Při konstrikci vytváří ciliární sval tlakový gradient mezi přední komorou a přední částí sklivce, tlak sklivce na zadní pouzdro čočky zajišťuje vyklenutí diafragmy do přední komory.

## B/ Refrakce

Čočka je vedle rohovky nejdůležitější lomnou plochou oka. Vzhledem k tomu, že čočka je tvořena mnoha vrstvami o různém indexu lomu a jednotlivé vrstvy nejsou přesně koncentrické, je lomivost čočky značně komplikována. Vrstvy centrálně uložené mají vyšší index lomu než vrstvy periferní. Optická lomivost čočky je asi +20D. Čočka svojí stavbou a schopností akomodace umožňuje zvýšit lomivost téměř na dvojnásobek.

Fyziologická funkce čočky jako refrakčního média je možná pouze při indexu lomu odlišném od indexu lomu okolních struktur, komorové vody a sklivce.

## C/ Transparence čočky

Transparence čočky je zajištěna správným fungováním metabolických a homeostatických procesů tak, aby se udržela její průsvitnost. Důležitým faktorem v udržení transparentnosti

čočky je absence jádra a organel a přítomnost cytoskeletu a krystalinů v čočkových vláknech, což přispívá k jejich konstantnímu tvaru a hustotě.

## 2.1 Rohovka

Je to transparentní struktura zaujímavější část předního povrchu oční koule. Tloušťka rohovky je v centru 560  $\mu\text{m}$ , v periférii 650 - 1000  $\mu\text{m}$ . Rohovka postrádá krevní i lymfatické cévy, ale má značně bohatá nervová zakončení. Přední povrch rohovky je udržován vlhkým vlivem slzného filmu. Výživa rohovky je zajištěna jednak z arterií vyskytujících se v oblasti sklerokorneální junkce, jednak přímo z komorové vody v přední komoře.

### 2.2.1 Vývoj rohovky

Základem pro vznik rohovky je povrchový ektoderm a pod ním uložený mezenchym, který se rozdělí na *vrstvu vnitřní* a *zevní*.

Ze *zevní vrstvy* vznikají všechny části rohovky vyjma povrchového epitelu, který je derivátem ektodermu. Endotel přední oční komory je rovněž odvozen z tohoto zevního mezenchymu.

Z *vnitřní*, bohatě vaskularizované *vrstvy* mezenchymu naléhající na váček čočky, se vytvoří pupilární membrána. V centru této membrány vzniká zornice, zatímco periferní část pupilární membrány je základem pro stroma duhovky. Rozestoupením mezenchymu mezi duhovkou a čočkou vzniká zadní oční komora.

Mezenchym obklopující tvořící se oční pohárek a čočkový váček se stává jednak součástí očního sklivce, jednak se diferencuje do vaskulární tkáně vytvářející cévnatku a do fibrózní komponenty sklery a rohovky (Vacek 1992) (Obr.1).

Základní složku primárního stromatu rohovky tvoří kolagen I a II secernovaný mezenchymálními buňkami. Do primárního stromatu migrují kapilární endoteliální buňky i mezenchymální buňky produkující kyselinu hyaluronovou a hyaluronidasu, které způsobují nejprve zduření, posléze retrakci stromatu, čímž rohovka získává správný tvar, denzitu a transparentnost.

### 2.2.2 Struktura a funkce rohovky

Rohovka s navazující sklérou chrání vnitřní struktury oka a přispívá k udržování tvaru oka. Zároveň je nejsilnějším lomným aparátem oka.



Na rohovce je možné rozlišit 5 vrstev, které uvádíme v pořadí dle jejich lokalizace od zevního k vnitřnímu povrchu rohovky (Kierszenbaum et Tres 2012)::

- *Rohovkový epitel* je vrstevnatý nerohovějící dlaždicový epitel tvořený až 7 vrstvami buněk, které jsou navzájem spojeny desmozomy. Buňky na zevním povrchu jsou opatřeny mikrokly. Epitel spočívá na bazální membráně a má význačnou regenerační kapacitu. V oblasti limbu, což je oblast korneosklerální junkce, přechází rohovkový epitel do epitelu spojivky. Limbus zároveň představuje hranici mezi transparentní rohovkou a opákní sklerou.
- *Bowmannova membrána* je transparentní vrstva silná 6-9  $\mu\text{m}$  bez regenerační aktivity. Je složena z náhodně orientovaných vláken kolagenu I a postrádá elastická vlákna. Tato membrána je umístěna mezi bazální membránou rohovkového epitelu a stromatem. Touto vrstvou pronikají do rohovkového epitelu. nemyelinizovaná sensorická nervová vlákna. Bowmanova membrána chrání proti traumatu a bakteriální invazi.
- *Stroma* (substantia propria) tvoří převážnou část hmoty rohovky (asi 90% tloušťky). Je složené ze svazků kolagenu typu I a V uložených v extracelulární matrix, která je bohatá na proteoglykany. Kolagenní vlákna vytvářejí síť značně odolnou vůči deformaci a traumatu. Další komponentou jsou nervová vlákna, fibroblasty a příležitostně i bílé krvinky. Krevní ani lymfatické cévy nejsou přítomny.
- *Descemetská membrána* je v dospělosti silná 5-10  $\mu\text{m}$  a patří mezi nejtlustší bazální membrány v lidském těle. Je složena z vláken kolagenu VII a je produkována endotelem rohovky.
- *Endotel rohovky* lemuje zadní povrch Descemetské membrány a je otevřen do přední komory. Název endotel je poněkud zavádějící, protože pojem endotel se v histopatologii používá pouze pro buňky lemující lumen krevních a lymfatických cév. Vzhledem k pevnému zakotvení tohoto pojmu ve světové literatuře se tento termín u rohovky nadále používá. Imunoprofil endotelu rohovky je odlišný od skutečných endotelií cév. Na základě imunohistochemického průkazu S-100 proteinu v buňkách korneálního endotelu se předpokládá jejich původ z nervové ploténky (Shamsuddin et al 1986).

Rohovkový endotel je tvořen jednou vrstvou plochých dlaždicových buněk, jejichž intercelulární spoje brání vniknutí komorové vody do stromatu rohovky, avšak

umožňují transport důležitých látek. Insuficience endoteliálních buněk rohovky může vyústit v rohovkový edém, který snižuje transparentnost. Endoteliální buňky nemají schopnost regenerovat prostřednictvím mitózy.

### 2.2.3 Fyziologie rohovky

Rohovka má ze všech tkání v těle největší počet nervových zakončení na mm<sup>2</sup>. Je inervována z přední větve n. trigeminus větvemi n. ophthalmicus, n. nasociliaris a nn. ciliares breves sympatickou inervací z ganglion cervicale superior. Vzhledem k této hustotě nervových vláken je podráždění nebo poškození epitelu velmi bolestivé.

Rohovka je avaskulární tkáň s velmi pomalým metabolismem. Výživu (aminokyseliny a glukózu) přijímá difúzí z kapilár při limbu, difúzí a aktivním transportem z komorové tekutiny a difúzí kyslíku ze slzného filmu.

Transparence rohovky závisí na její hydrataci, kterou zajišťuje endotel rohovky. K udržení správné hydratace rohovky napomáhá aktivní transportní funkce endotelových buněk. Zmíněná transportní aktivita endotelu je zachována až do jeho minimální hustoty 400-500 buněk/mm<sup>2</sup>, zatímco jakákoliv dysfunkce nebo ztráta endotelu má za následek změnu hydratace a tloušťky rohovky a poruchu vidění (Sobottka-Ventura et al 2001). Biomechanické vlastnosti rohovky jsou charakterizovány hysterezí rohovky (CH), je určena viskoelastickými vlastnostmi rohovkové tkáně a její schopností absorbovat energii. Průměrné hodnoty hystereze rohovky jsou 11 mmHg, liší se však v závislosti na věku a rase. Rezistence rohovky (CR) reflektuje schopnost rohovkové tkáně obnovovat svůj původní tvar po aplikaci zevní síly ([www.ocularresponzeanalyzer.com](http://www.ocularresponzeanalyzer.com)).

Rohovka se směrem k okraji oplošťuje, tloušťka rohovky je ve středu 560 μm, v periférii pak až 1000 μm. Tloušťka rohovky u novorozenců je největší 24 hodin po porodu a k významnému poklesu dochází za 48 hodin. Během života se rohovka ztenčuje. Patologické ztluštění rohovky je většinou důsledkem poškození rohovkového endotelu a následného edému (Sobottka-Ventura et al 2001, Yanoff et Sassani 2009).

Rohovka má jako součást optického systému oka největší lomivost. Její refrakční hodnota nabývá průměrnou hodnotu + 43 D.

## 2.3 Katarakta

Katarakta (šedý zákal) je zkalení čočky vedoucí k poruše její průhlednosti a rozptylu procházejícího světla. Slovo katarakta vzniklo z řeckého slova *katarrhaktēs* a původně označovalo vodopád, jemuž se svým vzhledem zkalená čočka podobá. Pro šedý zákal se

tento název začal používat teprve v polovině 16. století. Katarakta postihuje především starší pacienty, incidence se zvyšuje s věkem, u pacientů nad 75 let se vyskytuje ve více než 90 procentech. Častější výskyt katarakty je u žen (kde je to dané zřejmě hormonální odlišností) a také u pacientů s nižším vzděláním, kde tento vztah není zcela objasněn (Filipec 2005).

Katarakty jsou velmi heterogenní skupinou a jsou klasifikovány z různých hledisek. Na vzniku katarakty se podílí více faktorů, jako jsou UV záření, kouření, toxické látky v okolním prostředí, alkohol, výživa, systémová onemocnění (diabetes mellitus, kožní onemocnění, průjmová onemocnění) a celkový stav organismu spolu s genetickými faktory.

Základními typy katarakt jsou *katarakty kongenitální* (způsobené intrauterinní infekcí nebo podmíněné geneticky) a *katarakty získané*, mezi nimiž je nejčastějším typem *katarakta senilní* (Kohnen et al 2009). Hlavním patogenetickým mechanismem senilního šedého zákalu jsou s postupujícím věkem vznikající chemické změny čočkových krystalinů, které se tak mění na nerozpustné proteinové agregáty. Významnými etiologickými faktory katarakty jsou úrazy oka (*traumatická katarakta*). Další příčinou vedoucí ke vzniku šedého zákalu může být užívání léků podávaných systémově i lokálně – jsou to především kortikosteroidy, fenothiaziny, miotika, amiodaron (*poléková katarakta*). *Komplikovaná katarakta* je katarakta, která vzniká v důsledku jiných očních onemocnění, jako je těžká myopie, glaukom, nitrooční záněty a sítnicové dystrofie. *Diabetická katarakta* je katarakta vznikající v souvislosti s diabetem, jejíž příčinou je intracelulární akumulace sorbitolu v čočce, osmotické změny a následná hydropická degenerace čočkových vláken (Pollreis et Schmidt-Erfurth 2010).

Dle typu kalení rozlišujeme různé typy katarakty: nukleární, kortikální, zadní a přední subkapsulární a jejich vzájemné kombinace (Filipec 2005, Kuchynka 2007). Samostatným typem je sekundární katarakta, čímž se v současné době rozumí vznik opacifikací zadního pouzdra jako komplikace po operaci katarakty. Katarakta se léčí chirurgicky, přičemž cílem výkonu je odstranění zkalené čočky a její náhrada umělou nitrooční čočkou.

### 2.3.1 Historie operace katarakty

První zmínky o operaci katarakty pochází z Indie z doby kolem roku 2000 př. Kr. Kolem roku 800 př. Kr. v Indii a 500 let př. Kr. v Babylonu byly provedeny první operace ostrým nástrojem spojené s luxací zkalené čočky do sklivce. Vzhledem ke špatným hygienickým podmínkám docházelo často k nitroočním zánětům. Přesto tento postup přetrval až do

středověku. Operace katarakty je považována za nejstarší operační výkon v celém lékařství. V antickém Řecku, Indii a v arabských zemích začaly již před 2000 lety první pokusy o rozdělení měkkých čoček na drobné kousky s následným odsátím těchto fragmentů dutou jehlou.

Začátky moderní chirurgie katarakt se datují do první poloviny 18. století, kdy Francouz Jacques Daviel provedl extrakapsulární extrakci (ECCE) katarakty po řezu v dolní polovině rohovky. V druhé polovině 19. století A. von Graefe zkonstruoval speciální nůž a vylepšil extrakapsulární extrakci zavedením extrakce katarakty s periferní iridektomií. Ve stejném období začal Samuel Sharp provádět intrakapsulární extrakce (ICCE), které pak v dalších letech měly celou řadu zastánců. Postupně docházelo k návratu k ECCE a jejímu zdokonalování zejména z důvodů nižšího počtu komplikací této techniky (Kuchynka 2007). V 60. letech 20. století Harms a Mackersen zavedli do operativy katarakty mikroskop a v roce 1967 Charles Kelman fakoemulzifikaci. Fakoemulzifikace je v současné době rozšířená a navzdory vyšším ekonomickým nákladům preferovaná metoda operace katarakt díky rychlé obnově vidění a nízkému riziku komplikací (Sirtotoli et al 2009).

Již v roce 1795 Ital Casamaata provedl jako první intraokulární korekci afakie implantací nitrooční skleněné čočky. K rozvoji moderních nitroočních čoček přispěl Sir Herold Ridley, který si všiml, že střepiny polymetylmakrylátu vlétnuvší do oka u zraněných válečných letců, nevyvolávají žádné zánětlivé reakce. První úspěšná operace s implantací nitrooční čočky byla provedena v londýnské nemocnici St. Thomas 29.11.1949 (Apple 2007). Přístup ostatních oftalmologů k tomuto operačnímu postupu byl zpočátku velmi skeptický. Až postupem času současně s rozvojem fakoemulzifikace a nitroočních čoček došlo k rozšíření moderní operace katarakty malého řezu (Anton 2006). Z českých oftalmologů přispěl k rozvoji nitroočních implantátů profesor Vanýsek, který prováděl první pokusy se skleněnou nitrooční čočkou již v druhé polovině 40. let 20. století. Tato čočka však nebyla u pacientů nikdy použita. Později vyvinul nitrooční čočku ze superakrylu, která byla v roce 1954 úspěšně implantována na Oční klinice v Hradci Králové - původně uvažoval o nepupilární implantaci, nakonec využil zkušenosti Ridleyho k retropupilární implantaci (Jirásková 2005).

### 2.3.2 Metody operace katarakty

Moderní způsoby operace katarakty zajišťují časově nenáročný a vysoce bezpečný výkon s rychlou pooperační zrakovou rehabilitací. Fakoemulzifikace je metoda, při níž je za

použití speciálního fakoemulzifikačního přístroje a jeho sondy destruováno jádro čočky, čočkové hmoty jsou aspirovány a současně je provedena irigace. Fakoemulzifikace se provádí ultrazvukem nebo neultrazvukovými postupy.

#### A) Ultrazvuková fakoemulzifikace

Je klasickou operací, která umožňuje relativně bezpečné odstranění katarakty malým řezem. Piezoelektrické krystaly přeměňují elektrickou energii na mechanickou. Jako vedlejší produkt vzniká i tepelná energie, která může způsobit popálení rohovky a poškození rohovkového endotelu. Také může dojít k ruptuře zadního pouzdra, proto je snaha vyvíjet nové, bezpečnější metody (Kuchynka 2007).

#### B) NeoSoniX fakoemulzifikace (Infiniti Vision System, Alcon)

Tato technologie je hybridní metodou, která využívá k fakoemulzifikaci oscilující nízkofrekvenční pohyb (průměrná frekvence 100Hz) buď samostatně nebo v kombinaci se standardní vysokofrekvenční ultrazvukovou fakoemulzifikací. Nižší frekvence vytváří méně tepelné energie a je tedy bezpečnější pro nitrooční tkáň. NeoSoniX fakoemulzifikace se v operativě užívá častěji než tradiční ultrazvuková metoda, se kterou bývá v kombinaci aplikována pro tvrdší jádra (Fine et al 2002, Jirásková et al 2007, Jirásková et al 2008, Vasavada 2004).

#### C) OZil - torzní fakoemulzifikace (Infiniti Vision System, Alcon)

Tato metoda byla do klinické praxe zavedena v roce 2005. Koncovka OZil v sobě obsahuje piezoelektrické krystaly, které vytvářejí dva odlišné druhy pohybů fakoemulzifikační jehly. Využívá 2 frekvence, při frekvenci 32 kHz vytváří piezoelektrický měnič torzní (oscilační) pohyb hrotu, zatímco při frekvenci 44 kHz se uskutečňuje lineární pohyb hrotu. Tyto pohyby lze mezi sebou libovolně měnit dle potřeby operátora. U torzní fakoemulzifikace je sníženo množství UZ energie potřebné k emulzifikaci jádra (Jirásková 2009, Cho et al 2010).

#### D) Erbium:YAG laser fakoemulzifikace

Ačkoliv se tato metoda jevila zpočátku jako velmi slibná, v klinické praxi se příliš neuplatnila. Její výhodou je redukce energie potřebné k fakoemulzifikaci, není riziko tepelného poranění a s ohledem na možnost implantace nitrooční čočky je možné redukovat velikost rány na minimum. Er:YAG laser produkuje paprsky o vlnové délce

2,94  $\mu\text{m}$ , který leží v infračerveném spektru a jsou vysoce absorbovány vodou. Ve vodě dochází k okamžitému vzniku a kolapsu kavitačních bublin, v jádře je tento proces pomalejší. Laserový paprsek může procházet kavitačními bublinami v první řadě a dále formovat další. Phacolase Er:YAG laser využívá energii v rozmezí 5-50 mJ, stejně tak variabilní je frekvence od 10 do 100 Hz. Tato metoda je vhodná pro jádra stupně tvrdosti 0-3 (Fine et al 2002).

#### E) Neodymium:YAG laser fakoemulzifikace

Tato metoda taktéž reprezentuje nízkoenergetický způsob extrakce katarakty. Nd:YAG laser vysílá paprsek o vlnové délce 1064 nm, který zajišťuje fotolýzu materiálu čočky. U této metody je sníženo riziko tepelného poranění tkání. Nevýhodou této metody je delší trvání operace u tvrdších jader.

#### F) Femtosekundový laser

Využití femtosekundového laseru k operaci katarakty je významným pokrokem v kataraktové chirurgii. Femtosekundový laser se používá od roku 2001 k refrakčním výkonům – k vytvoření lamely u laser in situ keratomileusis (LASIK). Použití femtosekundového laseru je bezpečné pro nitrooční tkáň, umožňuje rozdělení čočky na drobné fragmenty, které lze následně snadno odstranit aspirací bez rizika poškození zadního pouzdra. Zároveň tato technologie umožňuje díky počítačové kontrole vytvoření přesného chirurgického řezu bez poškození okolní tkáň. Důležité také je, že laserové paprsky nejsou absorbovány rohovkou (Feizi 2011).

#### G) AquaLase (Infiniti Vision System, Alcon)

Tato metoda využívá k rozmělnění čočky pulsy BSS (balanced salt solution, fyziologicky vyvážený roztok) zahřáté na 57°C o frekvenci 50-100 Hz. Elektrody umístěné v koncovce AquaLase generují pulsy roztoku o objemu 4  $\mu\text{L}$  bez mechanického pohybu koncovky AquaLase. Tyto pulsy jsou v tekutých očních tkáních dobře tlumeny, čímž je zajištěna bezpečnost pro oko, především pro struktury přední komory (Mackool et Brint 2004).

Velkou výhodou oproti UZ fakoemulzifikaci je úplné vyloučení rizika popálení rány. Koncovka je chráněná měkkým polymerem, čímž je na minimum sníženo riziko vzniku ruptury zadní kapsuly. Pomocí roztoku BSS je tak možno šetrně mechanicky očistit zadní pouzdro od zbytků čočkových hmot a buněk zárodečného epitelu (LECs) (Ryu et al 2007). Nevýhodou této metody je její využití pro měkká a středně tvrdá jádra čočky, u hutnějších

katarakt je potřeba přejít ke klasické ultrazvukové fakoemulzifikaci (Jirásková et al 2009, Yoo et Bhatt 2007, Jirásková et al 2009).

Nejčastějšími a nejzávažnějšími komplikacemi operace katarakty je postižení endotelu rohovky a rozvoj sekundární katarakty v důsledku vzniku opacit zadního pouzdra. O obou těchto komplikacích bude v dalším textu pojednáno podrobněji.

## 2.4 Opacity zadního pouzdra

Vznik opacit zadního pouzdra je stále nejčastější dlouhodobou komplikací moderní kataraktové chirurgie s incidencí 10-50% (Apple et al 1992, Awasthi et al 2009, Barman et al 2000, Sourdille 1997, Sundelin et al 2006). Zmínky o pooperačním vzniku sekundární katarakty pocházejí již ze začátku 20. století (Tetz et Nimsgern 1999). Její vznik je závislý na věku - u starších pacientů je malá incidence vzniku PCO, mnohem větší výskyt je u mladších pacientů, především u dětí a dospívajících (Awasthi et al 2009, Pandey et al 2004). Sekundární katarakta vede ke snížení zrakové ostrosti a její léčba může být doprovázena dalšími komplikacemi (Camparini et al 2000, Jose et al 2005, Spalton et al 1999). Na vzniku PCO po operaci katarakty se podílí řada faktorů, z nichž některé ovlivnit nemůžeme, jiné ale ano.

### 2.4.1 Mechanismus vzniku PCO

Za vznik opacit zadního pouzdra jsou zodpovědné především buňky zárodečného epitelu, které zůstávají v pouzdře po operaci katarakty. Dochází k jejich proliferaci, migraci, epiteliálně–mezenchymálnímu přechodu (EMT, epithelial to mesenchymal transition) a regeneraci čočkových vláken. Všechny tyto změny nastávají v rámci pooperační hojivé reakce (Awasthi et al 2009).

Výzkumy na tkáňových kulturách ukazují, že během několika hodin až dnů po operaci dochází k proliferaci reziduálních buněk, které kompletně pokrývají zadní kapsulu (Awasthi et Wagner 2006, Awasthi et al 2009, Spalton et al 1999).

LECs rozdělujeme na dva typy, prvním typem jsou A-buňky na předním pouzdře čočky, druhým typem E-buňky, které se vyskytují v oblasti ekvátoru:

A) A-buňky - najdeme na vnitřní straně přední části čočkového pouzdra. Za fyziologických podmínek nezasahují na zadní pouzdro, neboť jejich migrace je blokována dozadu rostoucími konickými výběžky. A-buňky mají minimální mitotickou aktivitu, jejich funkcí

je udržovat izotonii a stabilní hydrataci v jednotlivých částech čočky. Po silném traumatu čočky jsou tyto buňky schopny obnovit svoji proliferaci.

B) E-buňky - jsou uloženy v ekvatoriální oblasti pouzdra. Tyto buňky si po celý život zachovávají svoji mitotickou aktivitu, mohou být považovány za kmenové buňky (Adámková et Novák 2006).

Na vzniku sekundární katarakty se podílejí i růstové faktory. Studie ukazují, že po operaci katarakty dojde ke zvýšení koncentrace růstových faktorů a cytokinů v komorové vodě.

Na vznik PCO mají vliv především transformační růstový faktor beta (TGF- $\beta$ ), bazický fibroblastový růstový faktor-2 (FGF-2), hepatocytární růstový faktor, epiteliální růstový faktor (EGF) a interleukin 1 a 2 (IL 1, IL 2). Jaderný faktor kappa B (NF- $\kappa$ B) významně stimuluje proliferaci epitelu čočky (Lee et al 2008). Klíčovou roli na vzniku PCO hraje TGF- $\beta$ , který indukuje EMT (De Iont et al 2001, Zheng et al 2012). Poznání všech patogenetických mechanismů PCO může podstatně přispět k nalezení a rozvoji dalších alternativních způsobů léčby PCO (Park et al 2010).

## 2.4.2 Typy PCO

Rozlišujeme dva základní typy sekundární katarakty:

- *Fibrózní typ* – na jeho vzniku se podílejí především A-buňky. Po operaci katarakty dochází vlivem pooperačního dráždění a implantace umělé čočky do oka k aktivaci makrofágů, které začínají produkovat velké množství cytokinů. Tyto působky vedou k přeměně A buněk na buňky charakteru fibroblastů, které se vyznačují především schopností syntézy kolagenu. Nově syntetizovaný kolagen se vychytává na pouzdře čočky, čímž dochází k jeho pnutí a postupem času ke vzniku zákalu čočky.
- *Proliferativní typ (Elschnigovy perly)* – vzniká proliferací a diferenciací E- buněk čočkového epitelu. V podstatě se jedná o fyziologický reparativní proces čočky. E-buňky migrují nebo proliferují a vytváří „balonovité“ vypouklé buňky. Tato proliferace je nejprve patrná v periférii mezi předním a zadním čočkovým pouzdrům. Dochází při ní k odtažení obou pouzder od sebe a zároveň nastává diferenciacie buněk, takže prostor mezi pouzdry je vyplněn čirými, chaoticky uspořádanými lamelami. Pokud po nějaké době dojde k jejich opacifikaci, vzniká tzv. Sommeringův prstenec v oblasti cirkulární kontinuální kapsulorhexe (CCC). Může vzniknout i metaplazie E-buněk a jejich diferenciacie v myofibroblasty, které mohou způsobit nařasení zadního pouzdra. Tvorba Elschnigových perel je vysoce



dynamický proces, jak bylo zjištěno sledováním jejich morfolozických změn, vznikem a zánikem během jediného dne (Korynta 2000, Neumayer et al 2005, Neumayer et al 2006).

### 2.4.3 Rizikové faktory pro vznik PCO

Na vzniku PCO se po operaci katarakty se podílí řada faktorů, z nichž pouze některé můžeme ovlivnit.

a/ Prakticky *neovlivnitelné* jsou rizikové faktory vzniku PCO spojené s celkovým stavem pacienta. Patří mezi ně oční i systémové choroby, rasa a věk.

Nejnámějšími očními rizikovými faktory vzniku PCO jsou:

- Retinitis pigmentosa (výskyt PCO a jejich denzita bývají větší než u jiných očních chorob, mechanismus zatím není objasněn)
- Pseudoexfoliativní syndrom
- Glaukom
- Uveitidy – PCO je udáváno v 56 %
- Refrakční vady vyššího stupně

Mezi systémové rizikové faktory vzniku PCO patří především diabetes mellitus s nebo bez diabetické retinopatie (Hyashi et al 2002, Ionides et al 1994, Nekolová et al 2008, Tetz et al 1999). Avšak Nekolová et al (2008) neprokázala statisticky významný rozdíl v rozsahu PCO u skupiny diabetiků v porovnání s kontrolní skupinou.

b/ *Ovlivnitelné* rizikové faktory vzniku PCO jsou především operační technika, precizní přední CCC a důkladné očištění pouzdra od buněk zárodečného epitelu, dále typ čočky (velikost, tvar, okraj optické části, tvar haptické části) a materiál implantované nitrooční čočky (Jirásková et al 2009, Pozlerová et al 2009). Dobrá znalost těchto rizikových faktorů pomáhá účinně předcházet vzniku PCO.

### 2.4.4 Prevence vzniku PCO

Předcházení vzniku PCO je aktivně zkoumáno od roku 1982. Metody prevence vzniku PCO dělíme na chirurgické, mechanické a farmakologické (Kuchynka 2007).

Byly doporučeny 3 taktiky k zabránění vzniku PCO:

- minimalizace počtu buněk na vnitřní ploše pouzdra
- devitalizace zbylých buněk
- znemožnění migrace reziduálních LECs do oblasti osy vidění

#### 2.4.4.1 Metody prevence PCO

##### A) Hydrodisekce

Důležitý krok v prevenci PCO, který je některými chirurgy občas podceňovaný. Jde o oddělení zadní kapsuly od kortexu a LECs pomocí pulsů tekutiny.

##### B) Přední cirkulární kontinuální kapsulorhexe a fixace čočky v pouzdře

Pro prevenci vzniku PCO je důležité, aby IOL byla pevně umístěna v pouzdře a naléhala na zadní pouzdro. Je žádoucí, aby byly v pouzdře umístěné i haptiky. Lepší fixaci IOL v pouzdře umožňují měkké nitrooční čočky. Důležitá je také přesná přední cirkulární kontinuální kapsulorexe (ACCC), která by měla být menší než je optická část čočky a zbytky přední části pouzdra by měly překrývat IOL o 0,5-1 mm. Tím je vytvořený „bariérový efekt“, který brání migraci LECs a dochází k tlakové a ischemické devitalizaci buněk a zabránění vytvoření sekundární katarakty.

##### C) Mechanické odstranění LECs

Po odstranění kortexu je ještě možné odstranění LECs speciálními kyretami a vakuovými sondami, důležité je ošetření po celé ploše pouzdra a z oblasti ekvátoru. Je zde však riziko trhliny zadního pouzdra. Na mechanickém odstranění LECs se podílí i metoda AquaLase, která byla již popsána výše, její výhodou je bezpečnost pro zadní pouzdro (Mackool et Brint 2004, Ryu et al 2007).

##### D) Osmotická devitalizace

Tato metoda je založena na osmotickém účinku neionizované vody, kterou během 40 vteřin lze devitalizovat LECs.

Klinicky se začal používat systém „Perfect capsule“, který zabraňuje působení na okolní tkáň. Je to silikonový sukční disk, který se po fakoemulzifikaci přisaje na přední pouzdro čočky a spolu s irigační nožkou vytvoří izolovaný systém pro selektivní irigaci čočkového pouzdra deionizovanou vodou. Metoda je schopna devitalizovat všechny LECs, ale postup prodlužuje a prodražuje operaci a může poškozovat rohovkový endotel.

##### E) Primární zadní kapsulotomie (PCCC z angl. posterior circular continuous capsulorhexis)

Tato metoda je dobrou prevencí PCO, vyžaduje však velmi zkušeného chirurga a použití kvalitních viskomateriálů. Pokud není zadní pouzdro přítomno, nemůže dojít ke vzniku sekundární katarakty. U pacientů vyššího věku mohou nastat při porušení přední hyaloidní membrány změny v zadním segmentu oka, především cystoidní makulární edém. Také může dojít k fibrózním změnám v oblasti přední hyaloidní membrány a přerůstání fibrózních buněk do oblasti zadní kapsulorexe. Zadní kapsulotomie v kombinaci s přední vitrektomií by měla být provedena vždy u operace dětské katarakty.

#### F) Farmakologické metody prevence

Jsou založeny na selektivní devitalizaci LECs pomocí chemických látek, které zároveň nesmí poškozovat ostatní nitrooční tkáně. Z toho důvodu je většina látek prozatím testována pouze *in vitro*, kde byly zkoušeny antimetabolity, imunotoxiny (např. monoklonální protilátky proti lidským LECs), antitransferinové protilátky, růstové faktory, protizánětlivé léky, geny působící na inhibici růstu LECs, atd. Problémem klinického využití těchto látek je, že musí být aplikovány velmi krátce po operaci a mohou mít toxické účinky na okolní tkáně. K devitalizaci buněk bývá používán mitomycin C (Ismail et al 1996). Slibným postupem se též jeví inhibice EMT, migrace a proliferace LECs mechanismem RNA interference, kdy je prostřednictvím malých siRNA degradována příslušná mRNA, jak to bylo prokázáno např. u NF- $\kappa$ B nebo u receptoru typu II TGF- $\beta$  (Carthew et Sontheimer 2009, Park et al 2010, Zheng et al 2012). Účinné se zdá lokální podání heparinových očních kapek. Také čočky pokryté heparinem zajišťují omezení výskytu PCO.

### 2.4.5 Vliv nitroočních čoček na vznik PCO

Každá nitrooční čočka se skládá z optické a haptické části čočky.

*Optická část IOL* je centrální část, která nahrazuje refrakční účinky odstraněné čočky. Její optická mohutnost je vypočítána biometricky podle délky oka a keratometrie pacienta. Cílem po implantaci IOL je emetropie, nepřeje-li si pacient jinak. Nejčastěji je používán bikonvexní tvar čočky, který má dobré optické vlastnosti a zajišťuje těsný kontakt k zadnímu pouzdru, čímž snižuje výskyt PCO.

*Haptická část IOL* slouží k fixaci čočky v pouzdře. Může mít různý tvar, velikost i konfiguraci.

Na vznik PCO má vliv především materiál a design nitroočních čoček (Mester 2005).

## A) Materiál čoček

Existují dvě základní skupiny nitroočních čoček - akrylátové a silikonové.

Obě tyto látky jsou polymery, které je možné stříhat nebo lít, leštit a sterilizovat. Čočky jsou biokompatibilní, trvanlivé, neantigenní, nekancerogenní, obsahují UV filtr a mají vysoký refrakční index, aby byly lehké a tenké a zároveň byly odolné vůči působení Nd:YAG laseru.

- Akrylátové čočky – mohou být tvrdé a měkké, měkké se dnes používají nejčastěji. Fyzikální rozdíl mezi tvrdou a měkkou čočkou je v přechodové teplotě, při které polymer přechází z tvrdé formy do měkké. Tvrdé čočky jsou neohebné, vyrobené z polymethylmetakrylátu (PMMA), který má výborné optické vlastnosti, ale jeho přechodová teplota je 105°C. Pro implantaci tvrdých nitroočních čoček je třeba většího řezu, který má větší riziko endoftalmitidy, pooperačního astigmatismu a úbytku endotelových buněk. Proto tyto čočky byly již téměř zcela nahrazeny měkkými nitroočními čočkami. Měkké čočky jsou implantované technikou malého řezu ve složeném stavu a rozloží se až v oku pacienta. Akryláty se dělí na hydrofobní a hydrofilní, někdy též nazývané hydrogelové.

- *Hydrofobní akrylátové čočky* jsou z podobného materiálu jako tvrdé akrylátové čočky, liší se však postranními skupinami na polymerovém řetězci. Jejich přechodová teplota je 22°C a obsah vody méně než 1%, mohou být dodávány v suchém balení.

- *Hydrofilní akrylátové čočky* byly původně vyráběny z poly-hydroxyethylmetakrylátu (poly-HEMA), nyní se k výrobě používá především 2-hydroxyethylmetakrylát (2-HEMA) s jiným hydrofobním metylmetakrylátem. Jejich přechodová teplota je menší než 25°C a obsah vody více než 20%, proto musí být dodávány v roztoku.

- Silikonové čočky - byly zpočátku vyráběny z polydimethylsiloxanu, nyní jsou vyráběny ze silikonových elastomerů metylsiloxanu, metyldifenylsiloxanu a biosilu. Jsou to průhledné materiály, které se po deformaci navracejí do původního stavu, jsou vysoce biokompatibilní, neadhezivní k okolním tkáním, pouze vykazují vysokou bioadhezivitu k silikonovému oleji.

Biokompatibilita IOL je schopnost implantátu existovat v těle bez toxického působení na okolní tkáň. Z tohoto pohledu se silikonové i akrylátové nitrooční čočky řadí mezi materiály s velice dobrou biokompatibilitou. Navzdory této skutečnosti IOL nemohou běžně zabránit vzniku PCO, u nichž LECs vrůstají mezi čočku a pouzdro. Pro prevenci vzniku PCO je vhodná taková úprava implantátu, která vede k inhibici růstu zbylých

LECs. Nejúčinnější se jeví hydrofobní akryláty s benzenovým jádrem v řetězci. Pro ještě větší inhibici LECs jsou povrchy PMMA IOL modifikovány titaniem, heparinem, polytetrafluorethylenem (Teflonem) a karbonem. Silikonové čočky jsou potaženy sulfonátem, karboxylovanými polymery a karbondioxid plasmou. Nyní se jako nejúčinnější povrchové úpravy k prevenci PCO jeví plynná plasma a polyetylen glykol.

## B) Design čoček

Rozlišujeme čočky *s ostrým okrajem* (square edge) a *oblým okrajem* (round edge). Ostrý okraj čočky zabraňuje migraci LECs do oblasti zadního pouzdra, mechanická blokáda musí však být po celém obvodu optické části čočky. Nevýhodou ostrého okraje jsou možné vedlejší zrakové fenomény. U čoček s oblým okrajem bylo zjištěno, že pod tyto čočky snadněji vrůstají LECs.

Nitrooční čočky rozlišujeme *jednokusové* (single-piece), které mají optiku i haptiky vyrobené v jednom bloku ze stejného materiálu a *vícekusové* (multi-piece), které jsou složeny z optické části a 2 haptik. Spojení optické a haptické části čočky zpravidla nebývá v jedné rovině, je úhlové, což zajišťuje tlak haptik na optickou část čočky, která pevně ležící k zadnímu pouzdru čočky a brání tak vzniku sekundární katarakty. Dle sledování nebyl zaznamenán rozdíl ve výskytu PCO mezi jednokusovými a vícekusovými čočkami (Adámková et Novák 2006, Awasthi et al 2009, Baráková et al 2000, Buehl et al 2008, Kugelberg et al 2006, Kuchynka et al 2006, Pandey et al 2004).

## 2.4.6 Léčba PCO

Léčba PCO může být v závislosti na typu opacit buď laserová nebo chirurgická (Kuchynka 2007).

*Fibrózní typ PCO* je řešen pomocí Nd:YAG laseru (Neodymium:Yttrium Aluminium Granátový laser) o vlnové délce 1064,1 nm, který je používán nejčastěji. Nd:YAG laserová kapsulotomie zajišťuje otevření centrální části zkaleného zadního pouzdra, čímž dojde k obnovení transparence v místě osy vidění. Přestože je tato procedura jednoduchá a rychlá, může s ní být spojena řada komplikací jako je zvýšení nitroočního tlaku, odchlípení sítnice, cystoidní makulární edém, poškození a decentrace nitrooční čočky, duhovkové hemoragie, edém rohovky. Dokonce byl popsán i vznik akutního glaukomového záchvatu po Nd:YAG kapsulotomii, který byl způsoben prolapsem sklivce do přední komory. Nezanedbatelné jsou samozřejmě i finanční náklady na tuto léčbu a její

nedostupnost v rozvojových zemích (Awasthi et al 2009, Mester 2005, Van Tenten et al 2000).

*Proliferativní typ PCO* s Elschnigovými perlami je řešen zpravidla odsátím PCO pomocí operační sondy k irigaci/aspiraci; tato metoda se nazývá sukce.

U závažnějších forem PCO, především u dětí a pacientů s hutnými opacitami nebo se sekundární membránou, je indikována zadní kapsulotomie s přední vitrektomií cestou pars plana.

### 2.4.7 Vyšetřovací metody pro stanovení PCO

Vzhledem k častému výskytu PCO v pooperačním období je cílem získat takový systém k hodnocení PCO, který bude objektivní, dobře dosažitelný a snadno použitelný v klinické praxi. Dále by výsledky programu měly být snadno reprodukovatelné, dostatečně citlivé a měly by vykazovat dobrou korelaci se subjektivním vnímáním pacienta. Většina systémů je založena na získání digitální fotografie zadního pouzdra v retroiluminaci a zhodnocení pomocí počítačového systému. V minulosti bylo používáno především hodnocení PCO na štěrbinové lampě a hodnocení počtu Nd:YAG kapsulotomií.

Ideálně by každá vyšetřovací technika měla zohledňovat 3 parametry (Bender et al 2004, Jirásková et Rozsival 2004):

- rozsah PCO
- závažnost PCO
- vztah PCO a optické osy oka

#### 2.4.7.1 Přehled vyšetřovacích metod

K vyšetření PCO se užívají různé metody, které můžeme dle způsobu hodnocení rozdělit do tří základních skupin: subjektivní, subjektivně objektivní a objektivní (Bender et al 2004, Mester 2005).

Vyšetřovací metody PCO v přehledu uvádíme v Tab. 1, vzájemné srovnání vybraných metod je prezentováno v Tab. 2 (Findl et al 2004).

**Tab. 1: Přehled metod k vyšetření PCO**

Způsob hodnocení	Metoda
Subjektivní	Vyšetření PCO na štěrbinové lampě
	Hodnocení počtu Nd:YAG kapsulotomií
	Vyšetření zrakových funkcí (nejlepší korigované zrakové ostrosti - NKZO)
	Dohlednost na fundus – hodnocení dle rozlišení detailů na sítnici
Subjektivně objektivní	EPCO systém (Evaluation of Posterior Capsule Opacification)
	POCOman
Objektivní	POCO (Posterior Capsule Opacification) system
	AQUA (Automated Quantification of After-Cataract system)
	OSCA (Open-access Systematic Capsule Assessment)
	Scheimpflugova fotografie
	OCT předního segmentu

**Tab. 2: Srovnání základních metod měření PCO (upraveno dle Bender et al 2004)**

Metoda	Rozsah PCO	Stupeň PCO	Vztah PCO k optické ose oka
Štěrbinová lampa	Subjektivní	Subjektivní	Subjektivní
Počet Nd:YAG kapsulotomií	-	Subjektivní	-
EPCO	Subjektivní	Subjektivní	Subjektivní
OSCA	Objektivní	Objektivní	Objektivní
AQUA	Objektivní index	Objektivní index	Objektivní
POCO	Semiobjektivní	Objektivní	Objektivní
POCOman	Semiobjektivní	Subjektivní	Objektivní
Scheimpflugova fotografie - Nidek EAS 1000	Objektivní index	Objektivní index	-

V následujícím výkladu uvádíme základní principy vybraných metod (Findl et al 2003):

### ***POCO systém***

POCO systém je automatický software vyvinutý ve Velké Británii a založený na tzv. texture analysis – analýza pixelů založená na strukturálních rozdílech, hodnotí stupeň a rozsah PCO, výsledky jsou udávány v procentech (0-100%).

### ***POCOman systém***

POCOman systém je volně dostupný, manuální systém, který semiobjektivně hodnotí rozsah PCO, závažnost PCO a vztah PCO k optické ose. Systém hodnotí digitální fotografie zadní kapsuly pořízené v retroiluminaci. Na snímku je označena optická část čočky a kapsulorhexe. Na optickou část čočky je umístěna mřížka, která je rozdělena do 56 segmentů. Vyšetřující pak označí každý segment, kde více než 50% plochy pokrývají PCO. Program poté zhodnotí fotografii a podle speciálního vzorce stanoví stupeň opacit od 0 (úplně čisté ZP) do 3 (těžké opacity). Program je schopný také zhodnotit rotaci IOL, což může být pooperačně využíváno u torických čoček (Bender 2004).

### ***AQUA systém***

AQUA systém je objektivní, založený na texture analysis. Digitální obrázek je převedený do stupňů šedi, tzv. GLCM a vyhodnocený počítačovým programem. AQUA systém je považovaný za plně automatizovaný, nejrychlejší a velmi dobře koreluje se subjektivními metodami (Siegl et al 2001).

### ***Scheimpflugova fotografie - Nidek EAS 1000, Pentacam Oculus***

Jako jediný systém nevyužívá zobrazení PCO v retroiluminaci, je založen na použití analyzačního systému, který je vybavený prostorovým denzitometrem, který určuje rozptyl světla dle stupně PCO.

### ***EPCO 2000 systém (Obr. 2)***

EPCO 2000 je speciální počítačový program, který byl představen v roce 1997 prof. Tetzem a jeho kolektivem. Je založen na planimetricko - morfologickém stanovení PCO a využívá toho, že stupeň a rozsah opacit určuje vyšetřující, je to tedy metoda subjektivně – objektivní.



Program umožňuje rozdělit PCO do 5 stupňů, jsou označovány čísly 0-5.

0 (none): žádné opacity nejsou přítomny

1 (minimal): mírné nařazení zadního pouzdra, mírné homogenní vrstvy LECs

2 (mild): silnější vrstva LECs, hutnější fibróza, opacity vzhledu „včelích pláství“

3 (moderate): velmi silná vrstva LECs, klasické Elschniggovy perly

4 (severe): jakýkoliv typ pokročilých opacit nebo velmi silné Elschniggovy perly s tzv. „darkening“ efektem.

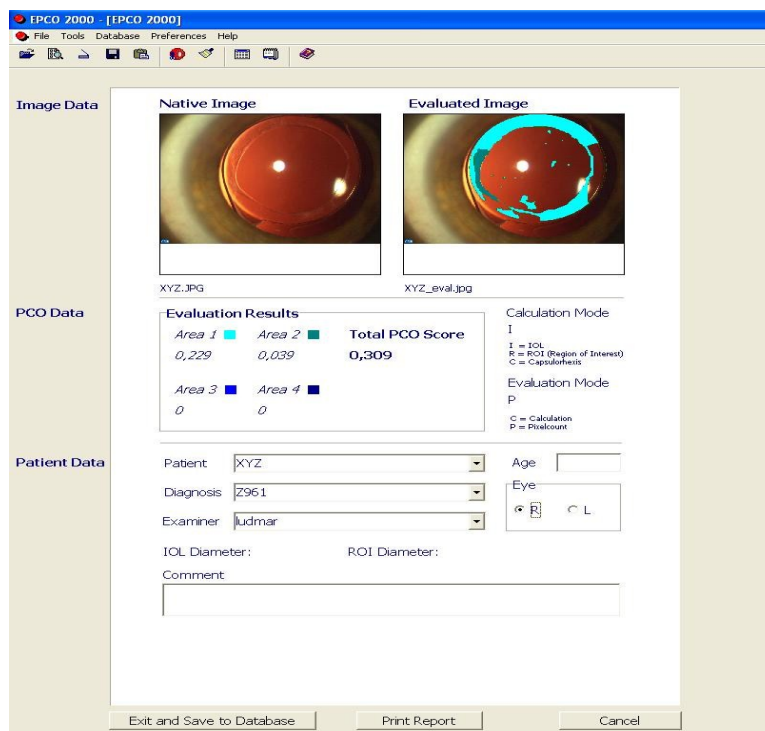
PCO score je vypočítáno znásobením stupňů opacit z části zadního pouzdra za optickou částí IOL. Celkové PCO skóre je vypočítáno po označení jednotlivých stupňů opacit podle vzorce:

$$\Sigma = 1 \times \text{area I} + 2 \times \text{area II} + 3 \times \text{area III} + 4 \times \text{area IV}$$

Program vyhodnotí opacity v podobě PCO skóre pro jednotlivé stupně opacit a celkové PCO skóre, které zahrnuje všechny stupně opacit a nabývá hodnot od 0 do 4.

Vyšetřit můžeme buď celou část zadního pouzdra za optickou částí čočky, pouze centrální část v rozsahu 3 – 4 mm nebo rozsah pouzdra bez ACCC, které jsou pro zrakovou ostrost nejdůležitější (Findl et al 2003, Saika et al 2001, Tetz et al 1997, EPCO 2000, www.epco2000.de).

**Obr. 2: Výstup z hodnocení EPCO**



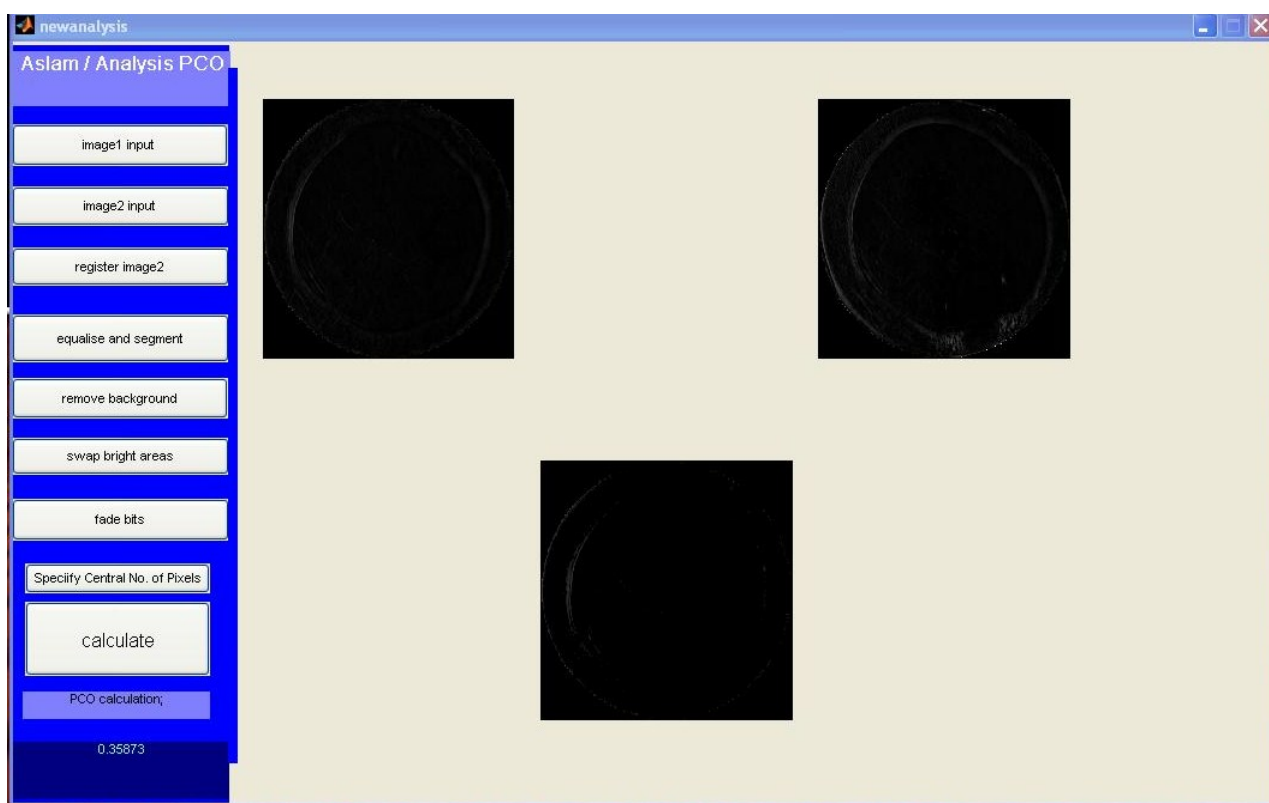
### ***OSCA systém*** (Obr. 3)

Tento software byl představen prof. Aslamem v roce 2006. Jeho největší výhodou je objektivnost hodnocení a volná dostupnost programu.

Je to systém komplexní, snadno dostupný, plně automatický, objektivní a lehce použitelný pro hodnocení PCO. Jsou k dispozici 2 vyšetřovací schémata, tzv. single analysis a new analysis. Single analysis hodnotí snímek pořízený v retroiluminaci. Takto můžeme hodnotit snímky, kde světelný reflex nepřekrývá žádné PCO. U pacientů, kde nelze pořídit snímek bez překrytí PCO světelným reflexem štěrbinové lampy a kde by tím došlo ke zkreslení výsledků, je k hodnocení použita tzv. new analysis. Pro hodnocení stupně opacit jsou nejprve pořízeny 2 snímky na štěrbinové lampě v retroiluminaci z různých úhlů tak, aby světelné reflexy byly umístěny na různých místech fotky. Fotky jsou následně označeny 4 body vždy přesně na stejném místě na každé fotce tak, aby mohl systém sloučit oba obrázky do jednoho s eliminací světelných reflexů. Poté je obrázek převeden do stupňů šedi a dle jejich intenzity je vyhodnocen na podkladě tzv. texture analysis. Obě tyto možnosti hodnocení PCO zohledňují vliv PCO na vidění. Opacity zasahující do centra nitrooční čočky a hutnější opacity jsou hodnoceny vyšším skóre. Doplňkovou metodou je tzv. circle analysis, která zhodnocuje vyšetření PCO pouze v centrální části nitrooční čočky. Výsledek hodnocení PCO nabývá hodnot od 0 (žádné opacity) -15 (maximální opacity). Hodnocení jednoho obrázku trvá zpravidla 2-3 minuty.

Jak uvádějí tvůrci tohoto softwaru, hodnota OSCA score u pacientů s žádnými nebo minimálními PCO se pohybuje kolem 0,5, OSCA score u očí, kde je potřebné provedení Nd-YAG kapsulotomie, je kolem 4,5 (Aslam et al 2002, Aslam et al 2006).

Obr. 3: Hodnocení OSCA



## 2.4 Změny rohovkového endotelu

Rohovkový endotel hraje význačnou roli v udržování transparentnosti rohovky. Nezbytným předpokladem je udržení denzity endoteliálních buněk (ECD) nad kritickou mezí, která představuje obvykle 400-500 buněk/mm<sup>2</sup>. Nižší denzita vede k průniku vody do rohovky v důsledku ztráty ochranné bariéry a poruchy transportního systému. Nahromadění vody v rohovce vede k rohovkovému edému, bulózní keratopatii a ztrátě zrakové ostrosti (Joyce 2011).

Proliferační kapacita korneálních endoteliálních buněk je velmi nízká a klesá s věkem, což je vysvětlováno pevností mezibuněčných spojů a nedostatkem růstových faktorů v komorové tekutině. Proto se nyní intenzivně hledají způsoby jak zvýšit tuto proliferační kapacitu přidáním mitogenů, inaktivací inhibičních faktorů apod. Rovněž topografické faktory ovlivňují proliferaci endoteliálních buněk, která se snižuje směrem od periferie do centra. Tato fakta je třeba vzít v úvahu při transplantacích rohovky (Joyce 2011). Někteří autoři (Bourne et al 1997, Matsuda et al 1985) ve svých morfometrických studiích prokázali, že v průběhu dělení lidských endoteliálních buněk rohovky dochází ke ztrátám

buněk v průměru 0,3 – 0,6% za rok. Ztráty buněk stejně jako jejich rozsáhlejší poškození jsou korigovány migrací sousedních buněk.

Snížená proliferační kapacita je důsledkem senescence, která může být buď *replikativní* nebo *předčasná*, stresem indukovaná. Replikativní senescence je způsobena zkrácováním telomer během replikace DNA, přičemž při jejich kritickém zkrácení je ireverzibilně inhibováno buněčné dělení. Předčasná stresová senescence je ztráta schopnosti buněk proliferovat před kritickým zkrácením jejich telomer. Příčinou je oxidační stres, který vede k poškození DNA, redukci proliferační kapacity a poškození funkce endoteliálních buněk rohovky. Je jasné, že ačkoliv lidské korneální endoteliální buňky in vivo normálně neproliferují, uchovávají si proliferační aktivitu. Proto existuje možnost vyvolání proliferace u zdravých endoteliálních buněk za účelem zvýšení jejich denzity in vivo, u rohovek určených k transplantaci nebo u kultivovaných buněk určených k rohovkovému bioinženýrství (Joyce 2004, Pan et Yao 2011). Ke ztrátě endoteliálních buněk rovněž přispívá úraz, penetrující nebo endoteliální keratoplastika, refrakční chirurgie, endoteliální dystrofie nebo onemocnění jako diabetes či glaukom.

Poškození a redukce počtu endoteliálních buněk rohovky je dobře známou komplikací operací katarakty a může mít negativní vliv na pooperační zhoršení zraku. Proto je ochrana rohovkového endotelu během operace zvláště významná. V poslední době nové chirurgické přístupy a instrumentarium přispívají k tomu, že je operace katarakty méně invazivní s rychlejší zrakovou rehabilitací. Z hlediska vlivu operačních technik na redukci počtu rohovkových endoteliálních buněk jsou dosavadní výsledky často kontroverzní. Většinou nebyly shledány signifikantní rozdíly v redukci počtu rohovkových endotelií mezi intrakapsulární a extrakapsulární extrakcí (Bourne et al 1981). Jiná studie naopak referuje menší ztráty endoteliálních buněk po fakoemulzifikaci (Davison 1984). Různé chirurgické techniky při fakoemulzifikaci, množství ultrazvukové energie a uložení fakoemulzifikační sondy stejně jako tvrdost jádra mají vliv na rozsah úbytku endoteliálních buněk (Faramarzi et al 2011, Jirásková et al 2008, Jirásková et al 2009, Park et al 2010).

Dalším faktorem ovlivňujícím ztrátu endoteliálních buněk po operaci katarakty je zdravotní stav pacienta. Zvláště diabetes mellitus je významným rizikovým faktorem zvyšujícím poškození endotelu rohovky po operaci katarakty, jak o tom svědčí práce sledující počet endoteliálních buněk rohovky po operaci u diabetických a nediabetických pacientů (Hugod et al 2011, Mathew et al 2011). Další rizikovou skupinu představují pacienti s onemocněními rohovky (např. Fuchsova korneální dystrofie, virová nebo syfyilitická keratitis či předcházející nitrooční infekce nebo trauma), kteří mají nízkou

hustotu rohovkového endotelu již před operací (Hayashi et al 2011, Rosado-Adames et Afshari 2011). Procentuální úbytek rohovkového endotelu u pacientů s nízkou předoperační denzitou endotelu je po operaci katarakty statisticky významně shodný s kontrolní skupinou pacientů a závisí tedy na použitém chirurgickém přístupu (Hayashi et al 2011, Yeniad et al 2010).

### 3 Cíle dizertační práce

Cílem předkládané práce je přispět k hledání optimálního přístupu při operaci katarakty, který by byl bezpečný pro nitrooční struktury a tkáně a přispěl k redukcí výskytu opacit zadního pouzdra a sekundární katarakty. Studie je zaměřena na posouzení účinnosti metody AquaLase v případě, že je použita k dočištění zadního pouzdra při ultrazvukové fakoemulzifikaci.

Studie si klade za cíl řešit následující problematiku:

1. Sledovat a zhodnotit bezpečnost metody AquaLase pro nitrooční tkáně na základě předoperační a pooperační analýzy vybraných parametrů rohovky (tloušťky rohovky a denzity endoteliálních buněk).
2. Posoudit pooperační zrakovou ostrost u pacientů v souboru.
3. Zhodnotit a kvantifikovat výskyt a dynamiku opacit zadního pouzdra v průběhu 2 let po operaci katarakty v závislosti na použitém operačním přístupu.
4. Kvantifikovat PCO použitím dvou různých počítačových softwarů: subjektivně–objektivního (EPCO 2000) a objektivního (OSCA) a porovnat výsledky hodnocení oběma systémy
5. Analyzovat počet Nd:YAG kapsulotomií a provést jejich porovnání u obou operačních přístupů.

## 4 Soubor nemocných a metodika

### 4.1 Charakteristika souboru pacientů

Studie byla prospektivní, randomizována. Do souboru byli vybráni pacienti s oboustrannou kataraktou, kteří byli doporučeni na chirurgický zákrok na naše pracoviště od září 2007 do března 2009. Do souboru byli zařazeni pacienti, u kterých byl stupeň zkalení čočky na obou očích přibližně stejný a kteří neměli jiná závažná oční onemocnění (např. rohovková dystrofie, věkem podmíněná makulární degenerace, proliferativní diabetická retinopatie či jiné závažné choroby sítnice), která by pooperačně ovlivňovala zrakové funkce.

Všichni pacienti byli předem důkladně poučeni o účasti ve studii a se zařazením do studijního souboru souhlasili.

Do souboru bylo zařazeno 56 pacientů, průměrný věk 69,41 let (44-89 let), z toho mužů 17, průměrný věk 67,59 let (44-83 let), žen 39, průměrný věk 70,21 let (52-89let).

Z těchto vybraných pacientů se 2 pacienti nedostavili na pooperační kontroly, jedna pacientka se dostavila pouze na první pooperační kontrolu, dvě pacientky se dostavily na pooperační kontroly pouze ve 3 a 6 měsících, u jedné pacientky, diabetičky, která v době zařazení do souboru neměla známky diabetické retinopatie, došlo před druhou pooperační kontrolou ke krvácení do sklivce, proto bylo od dalšího sledování odstoupeno.

U pacientů zařazených do souboru se vyskytovala celková onemocnění, která jsou častá v této věkové skupině, nejčastěji arteriální hypertenze, dyslipidémie, ischemická choroba srdeční, diabetes mellitus 2. typu na dietě nebo perorálních antidiabeticích. U několika pacientů jsme zaznamenali hypotyreózu a tyreotoxikózu, fibrilaci síní, žaludeční vředy, benigní hyperplazii prostaty, osteoporózu, astma bronchiale a stav po infarktu myokardu a cévní mozkové příhodě, u jedné pacientky pak Crohnovu chorobu. Jedna pacientka byla po operaci karcinomu prsu, jedna po operaci adenomu hypofýzy a jeden pacient po operaci karcinomu rektosigmoidea v minulosti. V průběhu našeho sledování onemocněl jeden pacient karcinomem prostaty a jeden pacient zemřel, příčina nám však není známa.

### 4.2 Metodika

#### 4.2.1 Předoperační vyšetřování

Před operačním zákrokem byli všichni pacienti komplexně vyšetřeni včetně pachymetrie a endoteliální mikroskopie. Korigovaná zraková ostrost byla vyšetřena pomocí

Snellenových optotypů, bylo provedeno vyšetření předního i zadního segmentu oka v arteficiální mydriáze na šterbinové lampě. Rohovková pachymetrie a hustota endoteliálních buněk byla vyšetřena na bezkontaktním spekulárním mikroskopu CONAN NONCON ROBO Pachy SP-9000 (Obr. 4).

**Obr. 4: Spekulární mikroskop CONAN NONCON ROBO Pachy SP-9000**



Pro měření hustoty endotelových buněk byla vždy pořízena fotografie endotelových buněk. Spekulární mikroskop vždy zobrazí centrální část rohovkového endotelu, v této části vyšetřující pak manuálně vyznačí 50 jednotlivých buněk, tato fotografie je pak zpracována softwarem spekulárního mikroskopu, který vypočítá hustotu endotelových buněk. Mikroskop zároveň změří i pachymetrii, která je uvedena ve výsledném protokolu. Katarakty byly rozděleny do skupin podle stupně tvrdosti (stupeň 1-5) dle Burrata (Burrato 1998), přičemž u pacientů v našem souboru byly katarakty hodnoceny do stupně 4 (rozdělení viz Tab. 3)



**Tab. 3: Rozdělení dle stupňů tvrdosti u pacientů v souboru**

	Stupeň 1	Stupeň 2	Stupeň 3	Stupeň 4	Stupeň 5
<b>OP (n=56)</b>	2	28	25	1	0
<b>OL (n=56)</b>	2	30	22	2	0

#### 4.2.2 Operační a pooperační průběh

Všechny operace byly provedeny fakoemulzifikačním přístrojem Infiniti (Alcon) (Obr. 5) dvěma chirurgy (P.R, N.J.), kteří operují stejnou operační technikou (stejná „kataraktová škola“), rovnocennost chirurgů byla již prokázána v našich předchozích studiích (Nekolová et al., 2008), u každého pacienta operoval obě oči jeden lékař. K operačnímu výkonu byla standardně použita topická anestezie, rohovkový (limbální) tunelový řez o velikosti 2,75 mm a 2 servisní paracentézy při bimanuální irigaci/aspiraci, DiscoVisc – viskoelastický materiál s obsahem chondroitin sulfátu, který se používá k ochraně předního segmentu v průběhu operace, přední kontinuální cirkulární kapsulorhexe a hydrodisekce spolu s manévrem „cortical cleaving hydrodissection“ podle Finea (Fine et al 2002). Fakoemulzifikace byla při použití koncovky Ozil (torzní fakoemulzifikace) provedena rozlamovací technikou „quick-chop“. Kortikální hmoty byly odstraněny bimanuální irigací/aspirací (I/A). Zadní pouzdro pravého oka všech pacientů pak bylo ošetřeno pulsy BSS pomocí koncovky AquaLase. Průměrná hodnota doby působení pulzů BSS byla  $0,314 \pm 0,190$ , počet pulzů se pohyboval v rozmezí 80 - 1860 pulzů, další hodnoty jsou uvedené v Tab. 4.

**Tab. 4: Ošetření zadního pouzdra koncovkou AquaLase**

	Doba působení pulzů BSS (Aqua Time)	Počet pulzů
<b>Průměr</b>	0,314	923,32
<b>Směrodatná odchylka</b>	0,190	545,85
<b>Medián</b>	0,4	1105
<b>Minimum</b>	0	80
<b>Maximum</b>	0,6	1860

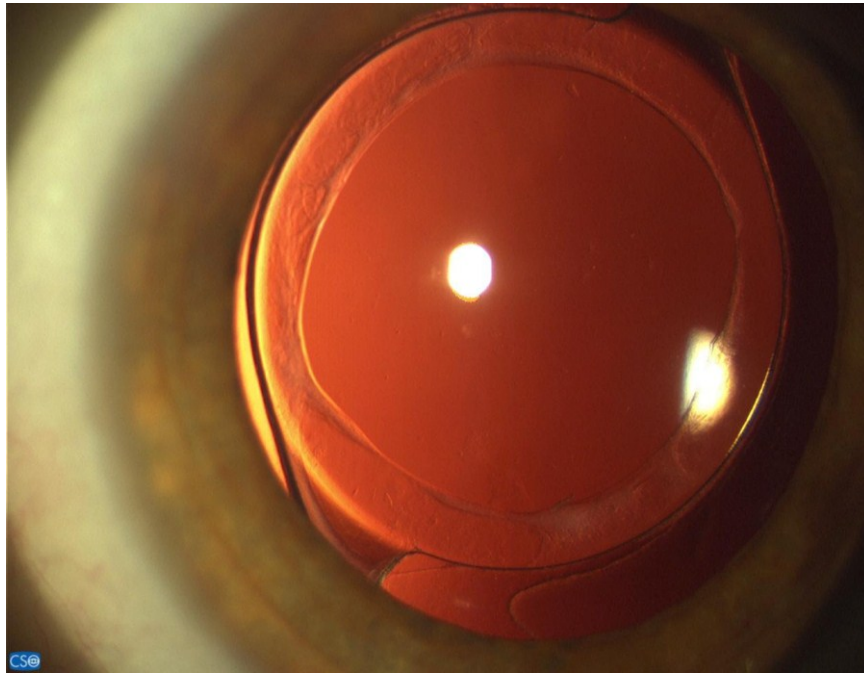
Poté byla ve všech případech implantována nitrooční hydrofobní akrylátová čočka AcrySof Single Piece SA60AT (Obr. 6) injekčním systémem Monarch II. AcrySof Single Piece SA60AT je jednokusová hydrofobní polymethylmetakrylátová čočka s ostrým okrajem optické části čočky o celkové délce 13 mm, průměr optické části čočky je 6 mm.

**Obr. 5: Infiniti Vision System**



Pooperačně byli pacienti léčeni lokálně podávaným tobramycinem 3,0 mg/mL a dexamethasonem 1,0 mg/mL (Tobradex gtt) 5x denně do operovaného oka po 2 týdny a poté kapali dexamethason 1,0 mg/mL (Dexamethason gtt) 3x denně rovněž 2 týdny. U každého pacienta bylo OP a OL operováno krátce po sobě, zpravidla v rozmezí jednoho týdne.

**Obr. 6: Čočka AcrySof Single Piece SA60AT**



#### 4.2.3 Pooperační vyšetřování

Pooperačně byli pacienti vyšetřeni 3, 6, 12 a 24 měsíců po operaci. Při každém vyšetření byla nejprve vyšetřena nejlepší korigovaná zraková ostrost (NKZO) pomocí Snellenových optotypů, na spekulárním mikroskopu byla změřena pachymetrie rohovky a hustota endotelových buněk (ECC) a na štěrbinové lampě byl vyšetřen přední segment oka (vyšetřena transparence rohovky, anatomické poměry) a u všech pacientů byla rozšířena zornice obou očí do arteficiální mydriázy aplikací mydriatik Mydrum gtt a Neosynephrine 10% gtt. Následně bylo provedeno komplexní oční vyšetření včetně vyšetření fundu v arteficiální mydriáze. Poté byla pořízena digitální fotografie nitrooční čočky v retroiluminaci se zaměřením na zadní pouzdro na štěrbinové lampě firmy CSO, typ SL 990 (Obr. 7), která je vybavená systémem Digital Vision System, ten je složen z digitálního fotoaparátu SONY s CCD senzorem a tzv. Ypsilon Lyrae softwaru. Pořízená fotodokumentace byla následně hodnocena 2 softwary EPCO 2000 a OSCA – OSCA single a OSCA new.

**Obr. 7: Štěrbínová lampa (celkový pohled – vlevo; pohled na propojení s počítačovou částí – vpravo)**



#### *4.2.3.1 Hodnocení PCO počítačovými softwary*

Fotografie s neporušeným zadním pouzdrém byly převedeny nejprve do systému EPCO 2000. Byla upravena velikost každé fotografie a dále označena optická část čočky. Dále byly označeny jednotlivé opacity a intenzita opacit byla pak subjektivním hodnocením rozdělena na 4 stupně: 1. minimální opacity, 2. mírné opacity, 3. střední opacity a 4. hutné opacity. Software EPCO 2000 poté takto označenou fotografii zpracoval a podle speciálního vzorce vyhodnotil EPCO indexy pro jednotlivé stupně opacit a celkový EPCO index pro celou optickou část čočky.

U druhého softwaru OSCA bylo možné hodnotit PCO pomocí Single Analysis a New Analysis. Single Analysis je vhodná pro fotografie, kde opacity zadního pouzdra nejsou překryty světelnými reflexy. New Analysis se používá především u fotografií, kde jsou opacity překryty světelným reflexem, do systému jsou pak vloženy dvě fotografie stejného oka s umístěním reflexů na různých místech. Na těchto fotkách se pak označí 4 shodné body a systém si fotografie sloučí do jedné fotografie bez světelných reflexů, která je pak hodnocena. Nejprve je provedeno vyrovnání a segmentace (equalization and

segmentation), odstranění pozadí (removing backgrounds), odstranění světelných oblastí a zeslabení dalších světelných artefaktů včetně okrajů IOL (swapping bright areas and fading bits). Po všech těchto krocích systém automaticky vypočítá OSCA score pro celou optickou část IOL. Při našem sledování jsme používali OSCA Single i New Analysis.

#### 4.2.4 Statistická analýza

Statistická analýza byla provedena pomocí programu SYSTAT, verze 8.0 za pomoci specialisty – statistika. Ke grafickému doplnění statistických údajů (grafy) byl využit počítačový program MS Excel.

Statistické metody použité při zpracování výsledků byly voleny s ohledem na charakter hodnocených dat. Vzhledem k tomu, že analyzovaná data se neřídí normálním rozdělením, bylo nutno použít neparametrické testovací metody. Pro testování a hodnocení vývoje veličin sledovaných v čase (NKZO, ECC, pachymetrie) byl použit Wilcoxonův znaménkový-pořádkový test (*Wilcoxon signed-rank test*).

Pro testování nezávislých souborů dat se stejným rozdělením byl použitý Kruskal-Wallisův test, případně pro dva soubory dat jeho varianta Mann Whitney test. Testuje se, zda soubory mají stejný medián. Tento test je použit pro testování významnosti změn v závislosti na určitém parametru.

K porovnání výstupů mezi systémem EPCO 2000 a OSCA a k porovnání výstupů získaných hodnocením OSCA single analysis a OSCA new analysis byla použita jednoduchá lineární Pearsonova korelační analýza. Statistická významnost vypočtených korelačních koeficientů byla hodnocena vypočtením Benferroniho pravděpodobnosti. Všechna hodnocení byla prováděna na 5 % hladině významnosti alpha.

Všechna předoperační a pooperační vyšetřování pacientů, včetně vyhodnocení získané fotodokumentace počítačovými softwary, byla prováděna autorkou dizertační práce (M.K.). Operační výkony byly provedeny 2 chirurgy (N.J., P.R.), vždy tentýž chirurg operoval obě oči jednoho pacienta. Statistické zhodnocení bylo provedeno za pomoci zkušeného statistika (J.K.).

## 5 Vlastní výsledky

Do studie bylo zařazeno 56 pacientů (17 mužů, 39 žen), všichni pacienti souhlasili se zařazením do studie.

Z těchto vybraných pacientů se 2 pacienti nedostavili na pooperační kontroly, jedna pacientka se dostavila pouze na první pooperační kontrolu, dvě pacientky se dostavily na pooperační kontroly pouze ve 3 a 6 měsících, u jedné pacientky před druhou pooperační kontrolou došlo ke krvácení do sklivce při dekompenzovaném diabetu a zhoršené diabetické retinopatii, proto bylo od dalšího sledování odstoupeno.

### 5.1 Nejlépe korigovaná zraková ostrost

Průměrná NKZO předoperačně byla u pacientů na OP 0,52 a na OL 0,483. Tři měsíce po operaci byla NKZO na OP 0,965; na OL 0,967; po 6 měsících NKZO OP 0,940; OL 0,960. Po roce od operace jsme zaznamenali průměrnou NKZO 0,912 na OP a 0,922 na OL, po 24 měsících 0,892 na OP a 0,890 na OL. Hodnoty NKZO jsou porovnány v Tab. 5 a Tab. 6 a v Grafu 1.

**Tab. 5: Hodnoty NKZO na OP**

		předoperačně	3 měsíce pooperačně	6 měsíců pooperačně	12 měsíců pooperačně	24 měsíců pooperačně
<b>Počet pacientů (n=)</b>		56	54	53	49	48
<b>NKZO na OP</b>	<b>Min</b>	0,040	0,800	0,600	0,600	0,600
	<b>Max</b>	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	<b>Med</b>	0,600	0,850	0,800	0,800	0,800
	<b>Průměr</b>	0,522	0,965	0,940	0,912	0,892
	<b>SD</b>	0,249	0,181	0,183	0,152	0,130

*Vysvětlivky: Min=minimum, Max=maximum, Med=medián, SD=směrodatná odchylka*

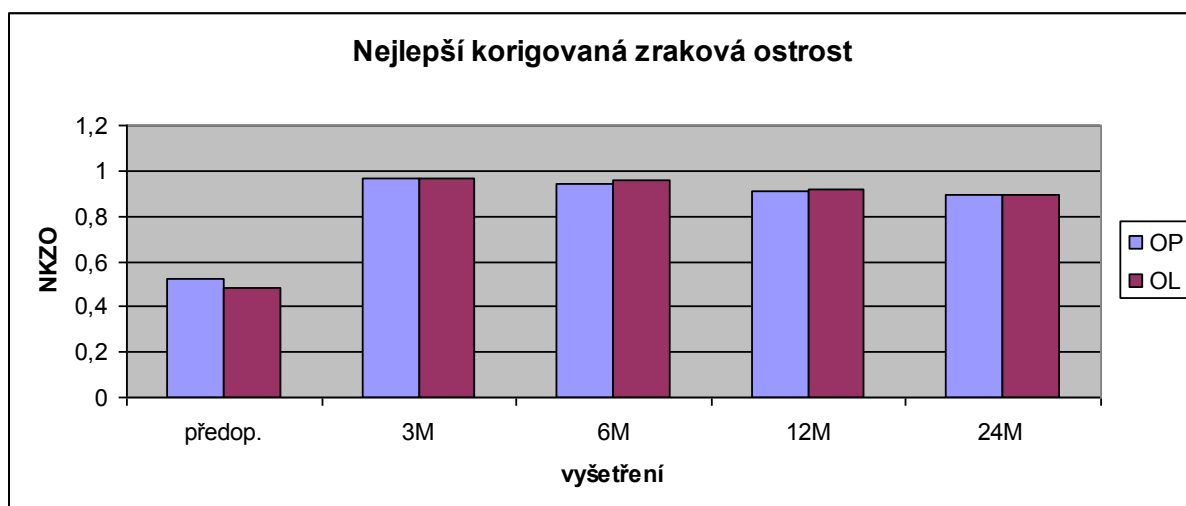
**Tab. 6: Hodnoty NKZO na OL**

		předoperačně	3 měsíce pooperačně	6 měsíců pooperačně	12 měsíců pooperačně	24 měsíců pooperačně
<b>Počet pacientů (n=)</b>		56	54	53	49	48
<b>NKZO na OL</b>	<b>Min</b>	0,004	0,600	0,600	0,600	0,400
	<b>Max</b>	0,800	1,200	1,200	1,200	1,200
	<b>Med</b>	0,500	0,950	1,000	0,800	0,900
	<b>Průměr</b>	0,483	0,967	0,960	0,922	0,890
	<b>SD</b>	0,240	0,198	0,202	0,172	0,151

*Vysvětlivky: Min=minimum, Max=maximum, Med=medián, SD=směrodatná odchylka*

Výsledky jsme statisticky zhodnotili za pomoci Wilcoxonova testu. Při statistickém porovnání došlo před operací a 3 měsíce po operaci ke statisticky významnému zlepšení NKZO na obou očích. P-hodnota pro OP byla 0, p-hodnota pro OL byla také 0. Při porovnání výsledků mezi OP a OL ve všech sledovaných obdobích jsme použili Mann-Whitney statistický test a nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi očima. P-hodnota ve 3 měsících byla 0,450; p-hodnota v 6 měsících 0,979; p-hodnota po roce od operace 0,606 a p-hodnota 2 roky od po operaci 0,738. P-hodnoty jsou ještě shrnuty v Tab. 7.

**Graf 1: Výsledky NKZO**



*Vysvětlivky: M=měsíců*

**Tab. 7: Shrnutí p-hodnot (NKZO)**

	3 měsíce	6 měsíců	12 měsíců	24 měsíců
<b>p-hodnota</b>	0,450	0,979	0,606	0,738

## 5.2 Počet endotelových buněk

Předoperačně byla průměrná hodnota ECC 2579,48 buněk/mm<sup>2</sup> na OP a 2555,82 buněk/mm<sup>2</sup> na OL, pooperačně byly hodnoty ve sledovaných obdobích 3, 6, 12 a 24 měsíců po operaci na OP 2361,87 buněk/mm<sup>2</sup>; 2421,81 buněk/mm<sup>2</sup>; 2346,94 buněk/mm<sup>2</sup> a 2256,15 buněk/mm<sup>2</sup>, na OL 2419,89 buněk/mm<sup>2</sup>; 2436,47 buněk/mm<sup>2</sup>; 2365,55 buněk/mm<sup>2</sup> a 2289,63 buněk/mm<sup>2</sup>.

Statisticky jsme zhodnotili získané hodnoty, pomocí Wilcoxonova statistického testu jsme porovnali denzitu endotelových buněk předoperačně a pooperačně, výsledek byl na obou očích statisticky významný, pro OP byla p-hodnota 0, pro OL 0,001; při porovnání OP a OL jsme z hodnot získaných při každém pooperačním vyšetření nezaznamenali statisticky významný rozdíl, pro zhodnocení jsme použili Mann-Whitney statistický test.

Výsledky, p-hodnoty a úbytek endotelových buněk vyjádřený v procentech uvádíme v Tab. 8, Tab. 9 a Tab. 10, v Grafu 2 jsou shrnuty veškeré hodnoty ECC pro obě oči.

**Tab. 8: Denzita a úbytek endoteliálních buněk**

		OP	OL	p-hodnota
předoperačně	ECC (bb/mm <sup>2</sup> )	2579,482 ± 383,087	2555,821 ± 349,448	-
3 měsíce	ECC (bb/mm <sup>2</sup> )	2361,870 ± 420,420	2419,889 ± 414,787	<b>0,457</b>
	ECL (%)	8,4 %	5,3 %	
6 měsíců	ECC (bb/mm <sup>2</sup> )	2421,811 ± 446,801	2436,472 ± 439,191	<b>0,555</b>
	ECL (%)	6,1 %	4,7 %	
12 měsíců	ECC (bb/mm <sup>2</sup> )	2346,939 ± 422,285	2365,551 ± 413,730	<b>0,809</b>
	ECL (%)	9 %	7,4 %	
24 měsíců	ECC (bb/mm <sup>2</sup> )	2256,146 ± 446,004	2289,625 ± 449,376	<b>0,618</b>
	ECL (%)	12,5 %	10,4 %	

*Vysvětlivky: bb=počet buněk, ECC=denzita, ECL=úbytek*



**Tab. 9: Počet endotelových buněk na OP**

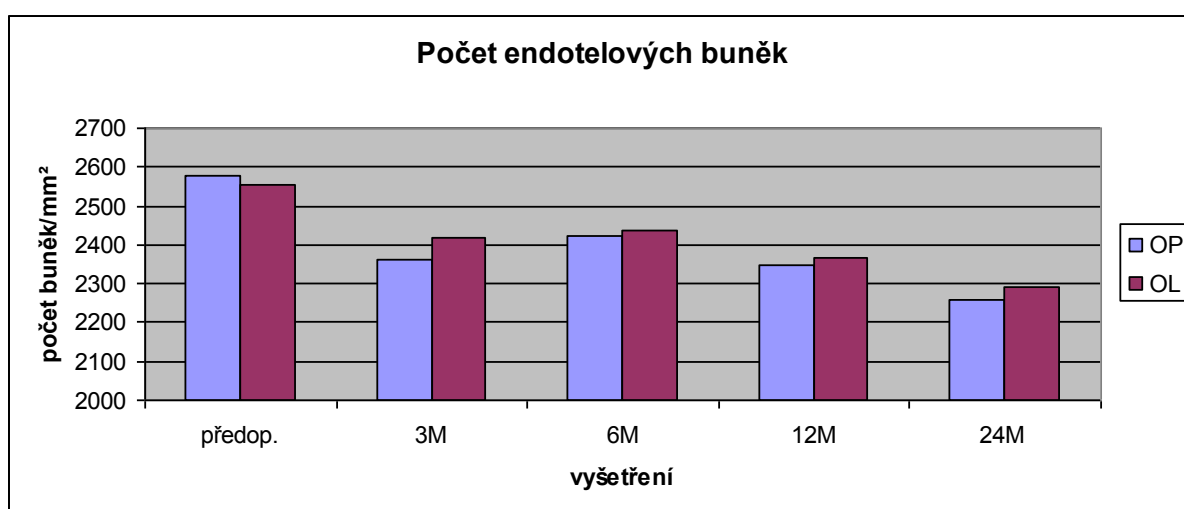
		předoperačně	3 měsíce pooperačně	6 měsíců pooperačně	12 měsíců pooperačně	24 měsíců pooperačně
Počet pacientů (n=)		56	54	53	49	48
Počet endotelových buněk na OP	Min	1633,000	1497,000	1396,000	1133,000	1067,000
	Max	3389,000	3610,000	3555,000	3311,000	3301,000
	Med	2584,000	2369,500	2421,000	2336,000	2191,500
	Průměr	2579,482	2361,870	2421,811	2346,939	2256,146
	SD	383,087	420,420	446,801	422,285	446,004

Vysvětlivky: *Min*=minimum, *Max*=maximum, *Med*=medián, *SD*=směrodatná odchylka

**Tab. 10: Počet endotelových buněk na OL**

		předoperačně	3 měsíce pooperačně	6 měsíců pooperačně	12 měsíců pooperačně	24 měsíců pooperačně
Počet pacientů (n=)		56	54	53	49	48
Počet endotelových buněk na OL	Min	1683,000	1499,000	1400,000	1336,000	1219,000
	Max	3401,000	3508,000	3521,000	3225,000	3378,000
	Med	2576,500	2421,000	2525,000	2398,000	2280,000
	Průměr	2555,821	2419,889	2436,472	2365,551	2289,625
	SD	349,448	414,787	439,191	413,730	449,376

Vysvětlivky: *Min*=minimum, *Max*=maximum, *Med*=medián, *SD*=směrodatná odchylka

**Graf 2: Výsledky ECC**

### 5.3 Pachymetrie

Průměrná hodnota pachymetrie byla předoperačně na OP 567,143  $\mu\text{m}$ , na OL 562,268  $\mu\text{m}$ . Pooperačně se pachymetrie změnila pouze minimálně, data získaná z předoperačního a pooperačního vyšetření jsme zhodnotili pomocí Wilcoxonova statistického testu, změny v hodnotách pachymetrie byly v prvních 3 měsících po operaci, kdy zpravidla dochází k nejvýznamnějším změnám, statisticky nevýznamné na obou očích, p-hodnota pro OP byla 0,066; p-hodnota pro OL byla 0,386. Pachymetrie 3 měsíce po operaci byla na OP 557,296  $\mu\text{m}$ , na OL 559,093  $\mu\text{m}$ , 6 měsíců po operaci na OP 552,566  $\mu\text{m}$ , na OL 567,547  $\mu\text{m}$ , 12 měsíců pooperačně byla pachymetrie na OP 560,143  $\mu\text{m}$  a na OL 560,265  $\mu\text{m}$ , 24 měsíců po operaci pak na OP 554,750  $\mu\text{m}$ , na OL 556,542  $\mu\text{m}$ . Hodnoty pachymetrie jsme shrnuli v Tab. 11 a Tab. 12 a v Grafu 3.

**Tab. 11: Hodnoty pachymetrie pro OP**

		předoperačně	3 měsíce pooperačně	6 měsíců pooperačně	12 měsíců pooperačně	24 měsíců pooperačně
Počet pacientů (n=)		56	54	53	49	48
Hodnoty pachymetrie pro OP	Min	462,000	459,000	427,000	443,000	401,000
	Max	653,000	642,000	832,000	656,000	685,000
	Med	566,500	554,000	554,000	560,000	558,500
	Průměr	567,143	557,296	552,566	560,143	554,750
	SD	44,610	44,662	63,234	49,808	53,546

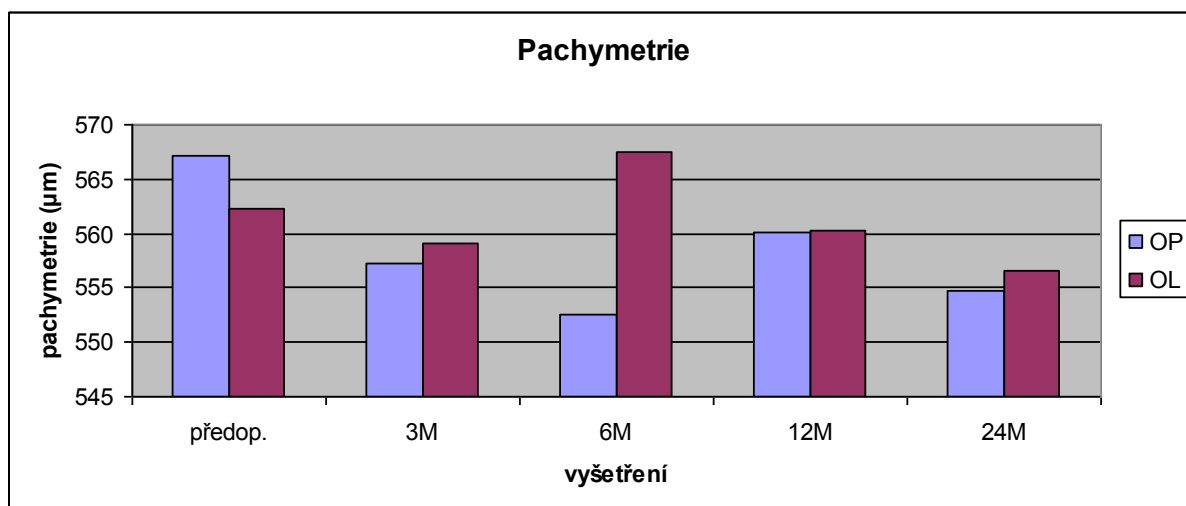
*Vysvětlivky: Min=minimum, Max=maximum, Med=medián, SD=směrodatná odchylka*

**Tab. 12: Hodnoty pachymetrie pro OL**

		předoperačně	3 měsíce pooperačně	6 měsíců pooperačně	12 měsíců pooperačně	24 měsíců pooperačně
Počet pacientů (n=)		56	54	53	49	48
Hodnoty pachymetrie pro OL	Min	443,000	446,000	437,000	454,000	443,000
	Max	642,000	627,000	755,000	659,000	661,000
	Med	564,000	568,000	565,000	560,000	551,000
	Průměr	562,268	559,093	567,547	560,265	556,542
	SD	43,636	45,470	51,560	45,432	44,707

*Vysvětlivky: Min=minimum, Max=maximum, Med=medián, SD=směrodatná odchylka*

**Graf 3: Výsledky pachymetrie**



Dále jsme statisticky porovnali hodnoty pachymetrie mezi OP a OL 3, 6, 12 a 24 měsíců po operaci, pro statistické zhodnocení byl použitý Mann-Whitney statistický test a prokázali jsme, že získané výsledky byly statisticky nevýznamné. P-hodnoty jsou uvedeny v Tab. 13.

**Tab. 13: Shrnutí p-hodnot (pachymetrie)**

	3 měsíce	6 měsíců	12 měsíců	24 měsíců
<b>p-hodnota</b>	0,770	0,113	0,974	0,988

#### 5.4 Opacity zadního pouzdra zhodnocené softwarem EPCO 2000

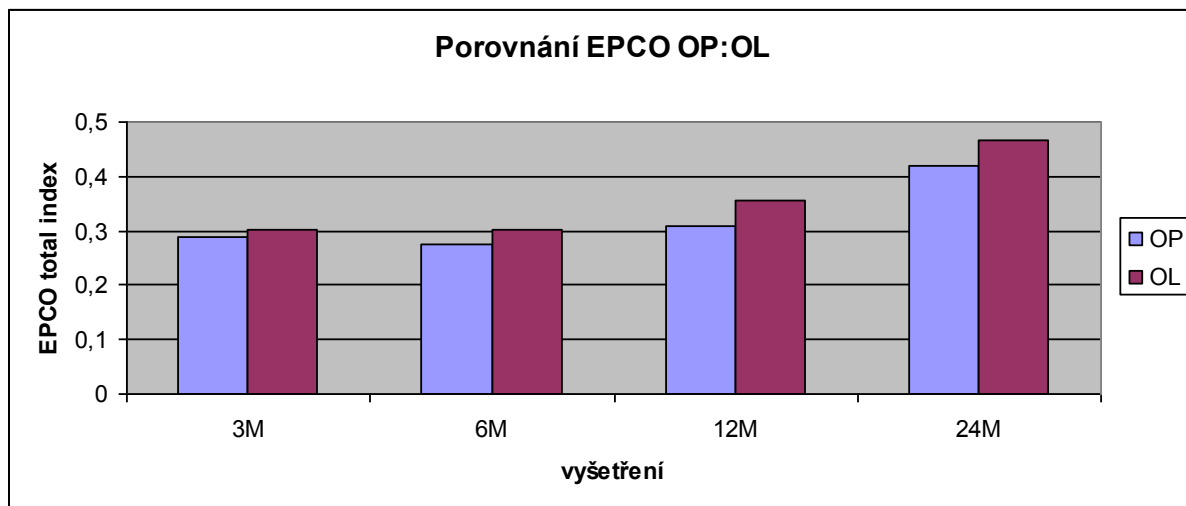
Veškerou fotodokumentaci zadního pouzdra OP a OL, kterou jsme získali od pacientů při pooperačních vyšetřeních, jsme zhodnotili softwarem EPCO 2000. Tři měsíce po operaci bylo vyšetřeno 54 pacientů, 6 měsíců po operaci 53 pacientů, rok po operaci se dostavilo k vyšetření 49 pacientů a na poslední vyšetření po dvou letech od operace přišlo 48 pacientů.

Získané výsledky jsme statisticky vyhodnotili pomocí Mann-Whitney statistického testu, čímž jsme porovnali získané výsledky mezi OP a OL. Při porovnání celkových EPCO indexů jsme mezi OP a OL nezaznamenali statisticky významný rozdíl 3, 6, 12 a 24 měsíců po operaci. P-hodnoty jsou uvedeny v Tab. 14 a porovnání výsledků celkového EPCO indexu mezi OP a OL ve všech sledovaných obdobích je v Grafu 4.

**Tab. 14: Shrnutí p-hodnot u porovnání hodnocení softwarem EPCO 2000**

	3 měsíce	6 měsíců	12 měsíců	24 měsíců
<b>p-hodnota</b>	0,452	0,318	0,316	0,590

**Graf 4: Porovnání výsledků zhodnocených softwarem EPCO 2000**



Hodnoty PCO jsme hodnotili jako celkový EPCO index a zároveň jako jednotlivé indexy pro jednotlivé stupně opacit (1-4). Na OP mělo 1. stupeň opacit (jemnou homogenní vrstvu LECs nebo jen nařasení ZP) v jednotlivých kontrolních obdobích (3, 6, 12, 24 měsíců po operaci) 53, 53, 49, 48 očí, 2. stupeň zkalení (hutnější vrstvu LECs) jsme našli u 24, 25, 28, 31 očí, 3. stupeň (velmi hutná vrstva LECs) mělo 2, 1, 0, 6 očí a 4. stupeň (nejhutnější vrstva s Elschnigovými perlami) jsme nezaznamenali u žádném OP ve všech obdobích. Na oku levém mělo 1. stupeň 54, 53, 49, 48 očí, 2. stupeň 28, 32, 31, 35 očí, 3. stupeň 2, 2, 5, 5 očí a 4. stupeň jsme našli 24 měsíců po operaci na jednom oku. Hodnoty zhodnocení EPCO 2000 pro celkový EPCO index jsou uvedeny v následujících Tab. 15 a Tab. 16.

**Tab. 15: Celkový EPCO index pro OP**

		3 měsíce	6 měsíců	12 měsíců	24 měsíců
Počet pacientů (n=)		54	53	49	48
Celkový EPCO index pro OP	Min	0,010	0,014	0,026	0,014
	Max	1,003	0,801	0,780	1,190
	Med	0,258	0,214	0,273	0,406
	Průměr	0,289	0,276	0,309	0,418
	SD	0,223	0,176	0,185	0,253

*Vysvětlivky: Min=minimum, Max=maximum, Med=medián, SD=směrodatná odchylka*

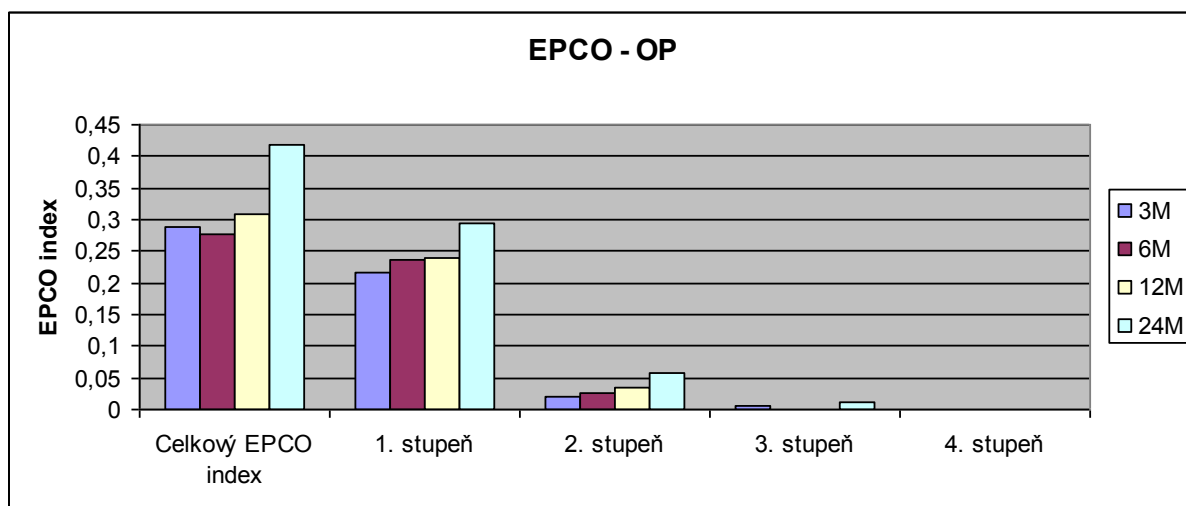
**Tab. 16: Celkový EPCO index pro OL**

		3 měsíce	6 měsíců	12 měsíců	24 měsíců
Počet pacientů (n=)		54	53	49	48
Celkový EPCO index pro OL	Min	0,017	0,019	0,063	0,019
	Max	0,907	0,679	0,829	1,740
	Med	0,260	0,261	0,340	0,401
	Průměr	0,302	0,301	0,355	0,468
	SD	0,191	0,168	0,206	0,309

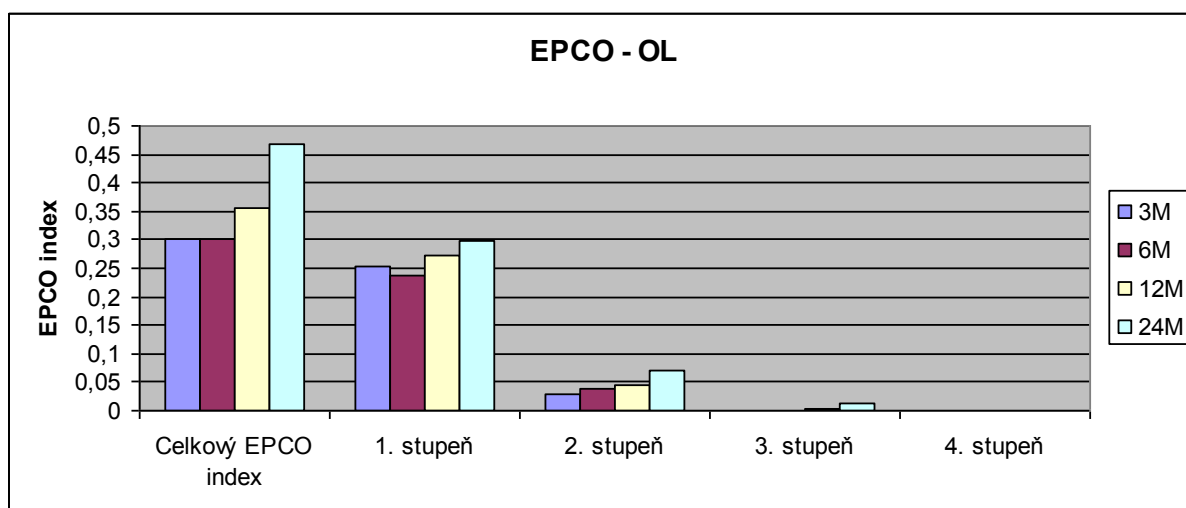
*Vysvětlivky: Min=minimum, Max=maximum, Med=medián, SD=směrodatná odchylka*

Průměrné hodnoty pro jednotlivé stupně opacit v jednotlivých sledovaných obdobích na OP byly ve 3 měsících pro A1 0,215; A2 0,020; A3 0,006; A4 0; v 6 měsících pro A1 0,236; A2 0,025; A3 0; A4 0; ve 12 měsících A1 0,239; A2 0,035; A3 0; A4 0; ve 24 měsících A1 0,295; A2 0,059; A3 0,011; A4 0; průměrné hodnoty PCO pro OL byly ve 3 měsících pro A1 0,252; A2 0,029; A3 0; A4 0; v 6 měsících A1 0,236; A2 0,039; A3 0; A4 0; ve 12 měsících A1 0,272; A2 0,046; A3 0,004; A4 0 a ve 24 měsících A1 0,297; A2 0,071; A3 0,012 a A4 0. Celkový EPCO index a rozdělení do jednotlivých stupňů opacit pro OP a OL jsou uvedeny v Grafu 5 a v Grafu 6.

**Graf 5: Výsledky hodnocení softwarem EPCO 2000 pro OP**



**Graf 6: Výsledky hodnocení softwarem EPCO 2000 pro OL**



## 5.5 Opacity zadního pouzdra zhodnocené systémem OSCA

Všechny získané výsledky jsme vedle zhodnocení softwarem EPCO 2000 vyhodnotili i systémem OSCA, u kterého jsme používali 2 schémata hodnocení – tzv. single analysis a new analysis. Systém OSCA je systémem objektivním, výhodou je eliminace subjektivního ovlivnění vyšetřujícího. New analysis je velice přesná metoda, neboť při vyšetření lze sloučit 2 snímky, které mají umístěný světelný reflex na 2 různých místech, tudíž je zcela eliminováno zkreslení výsledků světelným reflexem.

Tři měsíce po operaci bylo vyšetřeno 54 pacientů, 6 měsíců po operaci 53 pacientů, rok po operaci se dostavilo k vyšetření 49 pacientů a na poslední vyšetření po dvou letech

od operace přišlo 48 pacientů, u všech těchto pacientů byla zhodnocena získaná fotodokumentace pro OP i pro OL. Výsledky OSCA score single analysis a OSCA score new analysis ve všech sledovaných obdobích 3, 6, 12 a 24 měsíců po operaci, včetně směrodatné odchylky a mediánu, jsme shrnuli v Tab. 17, Tab. 18, Tab. 19 a Tab. 20.

**Tab. 17: OSCA – single analysis OP**

		3 měsíce	6 měsíců	12 měsíců	24 měsíců
Počet pacientů (n=)		54	53	49	48
OSCA single analysis OP	Min	0,352	0,218	0,271	0,217
	Max	2,447	2,581	2,227	3,375
	Med	0,964	0,908	0,896	0,893
	Průměr	1,014	0,976	0,922	1,066
	SD	0,412	0,487	0,389	0,615

*Vysvětlivky: Min=minimum, Max=maximum, Med=medián, SD=směrodatná odchylka*

**Tab. 18: OSCA – new analysis OP**

		3 měsíce	6 měsíců	12 měsíců	24 měsíců
Počet pacientů (n=)		54	53	49	48
OSCA new analysis OP	Min	0,142	0,092	0,154	0,103
	Max	1,597	1,759	1,434	2,170
	Med	0,600	0,558	0,565	0,510
	Průměr	0,612	0,603	0,559	0,642
	SD	0,279	0,339	0,265	0,401

*Vysvětlivky: Min=minimum, Max=maximum, Med=medián, SD=směrodatná odchylka*

**Tab. 19: OSCA – single analysis OL**

		3 měsíce	6 měsíců	12 měsíců	24 měsíců
Počet pacientů (n=)		54	53	49	48
OSCA single analysis OL	Min	0,333	0,307	0,322	0,203
	Max	3,503	3,100	2,374	2,545
	Med	0,889	0,873	0,813	0,883
	Průměr	1,049	1,025	0,901	0,976
	SD	0,604	0,551	0,441	0,534

*Vysvětlivky: Min=minimum, Max=maximum, Med=medián, SD=směrodatná odchylka*

**Tab. 20: OSCA – new analysis OL**

		3 měsíce	6 měsíců	12 měsíců	24 měsíců
Počet pacientů (n=)		54	53	49	48
OSCA new analysis OL	Min	0,152	0,140	0,126	0,116
	Max	1,930	2,020	1,747	1,735
	Med	0,504	0,588	0,450	0,538
	Průměr	0,630	0,629	0,535	0,574
	SD	0,398	0,366	0,331	0,340

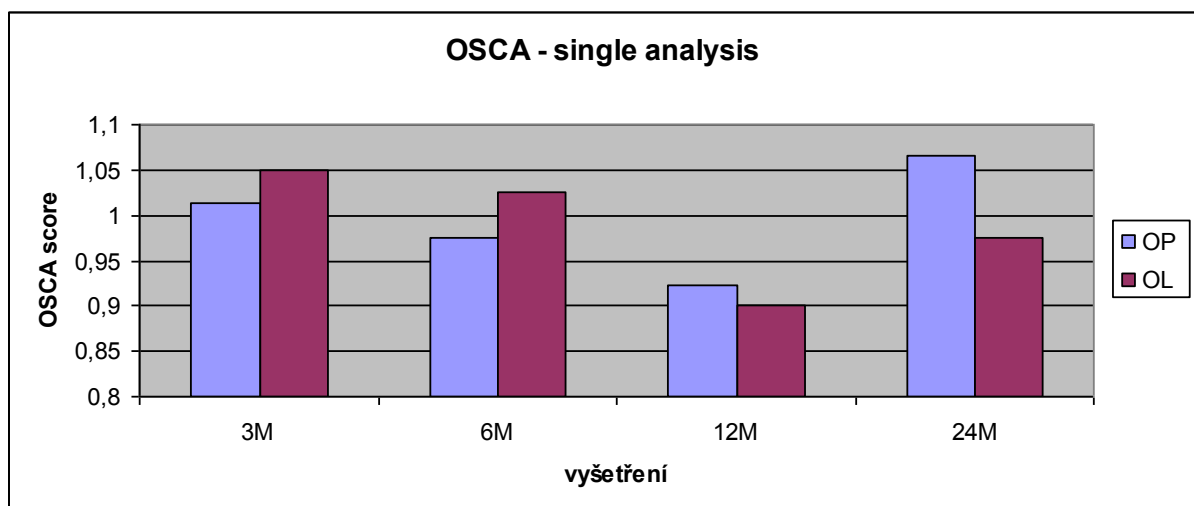
*Vysvětlivky: Min=minimum, Max=maximum, Med=medián, SD=směrodatná odchylka*

Výsledky jsme statisticky zhodnotili pomocí neparametrického testu Mann-Whitney a ve všech pooperačních vyšetřovaných obdobích nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl v hodnotách získaných OSCA single analysis a new analysis mezi OP a OL.

P-hodnoty pro porovnání OP a OL u hodnot získaných zhodnocením OSCA single analysis byly 0,766 ve 3 měsících; 0,779 v 6 měsících; 0,4 ve 12 měsících a 0,486 ve 24 měsících.

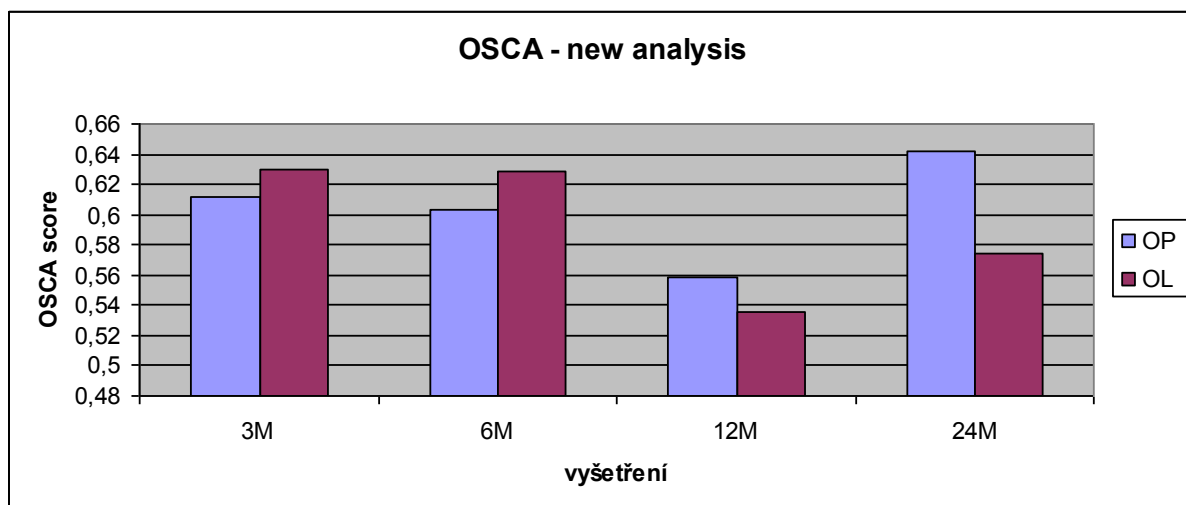
P-hodnoty pro hodnoty získané OSCA new analysis pro srovnání OP a OL byly 0,632 ve 3 měsících; 0,783 v 6 měsících; 0,269 ve 12 měsících a 0,420 ve 24 měsících.

Výsledky OSCA score pro single analysis a new analysis jsme ještě přehledně zpracovali v Grafu 7 a Grafu 8.

**Graf 7: Výsledky hodnocení softwarem OSCA – single analysis**



**Graf 8: Výsledky hodnocení softwarem OSCA – new analysis**



Statisticky jsme vyhodnotili korelaci mezi OSCA single analysis a OSCA new analysis. Při použití jednoduché lineární korelace jsme prokázali statistickou významnost korelace mezi hodnocením OSCA single analysis a OSCA new analysis. Pearsonův korelační koeficient byl 3 měsíce od operace 0,965 a významnost koeficientu (p-hodnota) byla 0; 6 měsíců po operaci byl korelační koeficient 0,960 a p-hodnota 0; 12 měsíců po operaci byl korelační koeficient 0,959 a p-hodnota 0; po 24 měsících od operace byl korelační koeficient 0,955 a p-hodnota taktéž 0.

## 5.6 Zhodnocení korelace mezi výsledky získanými systémem EPCO 2000 a systémem OSCA

Dle jednoduché lineární korelace jsme prokázali statisticky významnou korelaci mezi průměrnými hodnotami získanými hodnocením systémy EPCO 2000 a OSCA new analysis i OSCA single analysis. Statistickou významnost jsme prokázali u všech hodnocení ve všech sledovaných obdobích (3, 6, 12 a 24 měsíců po operaci). Statistické hodnoty (Pearsonův korelační koeficient) uvádíme v Tab. 21, p-hodnota byla u všech hodnocení 0.

**Tab. 21: Korelace mezi EPCO 2000 a OSCA (Pearsonův korelační koeficient)**

	3 měsíce	6 měsíců	12 měsíců	24 měsíců
Počet sledování	108	106	98	96
OSCA new : EPCO 2000	0,259	0,313	0,299	0,482
OSCA single : EPCO 2000	0,350	0,418	0,392	0,589

## 6 Diskuze

V současnosti je operace katarakty relativně bezpečným a účinným chirurgickým zákrokem k odstranění zkalené oční čočky. Snaha dnešní mikrochirurgie spočívá především ve zvyšování bezpečnosti operačního výkonu a eradikaci peroperačních a pooperačních komplikací. Dochází ke zkrácení doby operace, ke zmenšení operační rány, ke snížení množství energie generované klasickou UZ fakoemulzifikací a k náhradě UZ energie jinými zdroji. Dalším důležitým aspektem zlepšování výsledků operace katarakt je stále zdokonalování nitroočních implantátů. Navzdory výše uvedeným skutečnostem přetrvává výskyt některých pooperačních komplikací, jako je vznik sekundární katarakty, redukce počtu rohovkových endoteliálních buněk a následné změny rohovkových parametrů. Zejména problematika vzniku sekundární katarakty stojí v popředí současného oftalmologického výzkumu. Vznik opacit zadního pouzdra je nejčastější komplikací moderní kataraktové chirurgie s incidencí 20-50% (Apple et al 1992, Barman et al 2000, Sundelin et al 2006). Tyto komplikace mají nežádoucí důsledky pro pacienta v podobě snížení zrakové ostrosti (Camparini et al 2000, Spalton 1999). Následná léčba pak může být doprovázena dalšími komplikacemi a vyžaduje finanční náklady, které zatěžují zdravotnický systém, což představuje nejen v současné době nezanedbatelný aspekt. Proto je nutné stále hledat takové operační přístupy a jejich modifikace, které by vedly k minimalizaci pooperačních komplikací, což bylo též cílem předkládané studie.

V naší studii jsme sledovali vznik PCO po operaci katarakty, která byla provedena na obou očích fakoemulzifikací pomocí koncovky OZil (torzní fakoemulzifikace). Zadní pouzdro na OP bylo pak navíc ošetřeno pulsy BSS pomocí koncovky AquaLase za účelem dočištění pouzdra. Tímto jsme chtěli zjistit, zda modifikovaný operační přístup může ovlivňovat vznik PCO nebo zda může mít vliv na další nitrooční tkáň, zejména na biomechanismus rohovky.

### 6.1 Operační technika a její vliv na nitrooční tkáň

Klasická fakoemulzifikace využívá ultrazvuk o frekvenci 25-62 kHz, čočkové hmoty jsou rozměňovány především přímým mechanickým vlivem vibrací hrotu a akustických vln, které vyvolávají tlakovou vlnu, která působí destruktivně na okolní nitrooční tkáň. Kromě kavitační energie vzniká i energie tepelná, která může mít na okolní tkáň škodlivé tepelné

účinky. Proto je snaha minimalizovat využití ultrazvukové energie a zavádět do praxe nové způsoby fakoemulzifikace.

Infiniti Vision System (Alcon) je jeden z nejnovějších fakoemulzifikačních přístrojů, který v sobě zahrnuje čtyři možnosti chirurgického využití – klasickou UZ fakoemulzifikaci, NeoSoniX, AquaLase a torzní OZil fakoemulzifikaci. V naší studii jsme využívali OZil k provedení fakoemulzifikace a AquaLase k dočištění zadního pouzdra od LECs. Torzní fakoemulzifikace významně snižuje potřebu UZ energie potřebné k rozmělnění jádra čočky, při torzním pohybu zůstávají čočkové hmoty u fakoemulzifikační koncovky, a tudíž jsou snadněji odstraněny při potřebě menší UZ energie. Dle našich výsledků jsme prokázali bezpečnost těchto operačních metod na nitrooční tkáň a bezpečnost metody AquaLase, kterou jsme používali k dočištění zadního pouzdra na OP. Potvrdili jsme tak výsledky i předchozích studií, které prokázaly, že metoda AquaLase je pro nitrooční tkáň šetrná a nevyvolává významný úbytek endotelových buněk rohovky ani snížení hodnoty pachymetrie (Jirásková et al 2007, Jirásková et al 2008, Jirásková et al 2009, Nekolová et al 2008). Metoda AquaLase se nejvíce osvědčila pro měkká jádra (stupně 2-3), což je určitou nevýhodou tohoto operačního přístupu. AquaLase je možno použít i u tvrdších jader (dle Burrata jádra s tvrdostí 3 a 4) po jejich předchozím rozmělnění (tzv. prechopping) (Burrato et Thorofare 1998). Pacienti v našem souboru měli dle hodnocení podle Burrata tvrdost čočky mezi prvním až čtvrtým stupněm, u většiny pacientů byla tvrdost jádra hodnocena stupněm tři. U pacientů s vyšším stupněm tvrdosti čočky je možno metodu AquaLase využít především k dočištění ZP, jak to bylo provedeno u pacientů v našem souboru. Denzita čočky neovlivňuje délku zákroku. Díky měkkým koncovkám je metoda AquaLase bezpečná pro oko – snižuje riziko ruptury ZP a po operaci nedochází k podstatnému úbytku endotelových buněk (Seungbum et al 2008).

### 6.1.1 Ovlivnění endoteliálních buněk rohovky

V naší studii jsme se speciálně zaměřili na korneální endoteliální buňky a změny jejich denzity při užití různých modifikací fakoemulzifikace. Endoteliální buňky rohovky vykazují přirozený úbytek v souvislosti se stárnutím jedince a s různými očními chorobami a traumaty oka. V rámci operace katarakty dochází běžně k redukci počtu těchto endotelových buněk, a proto je snaha hledat co nejšetrnější operační postupy v zájmu minimalizace těchto ztrát. V souboru našich pacientů jsme prokázali statisticky významný úbytek endotelových buněk rohovky po operaci ve srovnání s jejich denzitou předoperační (OP: p-value=0, OL: p-value=0,001) na obou očích (Jirásková et al 2009). Mírný nárůst

počtu rohovkových endoteliálních buněk v 6. měsíci po operaci je možné vysvětlit přechodnou proliferací, regenerací a migrací buněk sousedních po zákroku, další redukce v 12. a 24. měsíci může odpovídat přirozenému úbytku těchto buněk se stoupajícím věkem (Joyce et Zhu 2004, Joyce 2011). Zda je tento úbytek potencován i pozdními pooperačními změnami v oku by bylo nutné ověřit další studií. Redukce endotelových buněk na obou očích byla ve všech pooperačních měřeních (3, 6, 12 a 24 měsíců) srovnatelná (p-value: 0,457; 0,555; 0,809; 0,618), takže použití metody AquaLase na OL se žádným způsobem na denzitě endotelových buněk neprojevilo.

Efektem metody AquaLase na rohovkový epitel se zabývali i někteří další autoři. Hu a spolupracovníci (2010) publikovali výsledky srovnatelné s našimi, když prokázali statisticky srovnatelný pokles endoteliálních buněk za 6 měsíců po fakoemulzifikaci (8,1%) i po použití AquaLase (6,8%). Přestože se v jejich práci procentuální pokles při metodě AquaLase jeví jako nižší, statisticky významný rozdíl mezi oběma metodami v úbytku endoteliálních buněk nebyl prokázán. Předpokládaný benefit AquaLase metody by musel být studován na větším souboru. Obdobné výsledky krátkodobějších studií týkající se vlivu fakoemulzifikace a AquaLase na ztrátu endoteliálních buněk publikovali i další autoři (Sandoval et al 2006, Tsorbatzoglou et al 2007).

V některých pracích byl naopak potvrzen příznivější vliv metody AquaLase na endoteliální buňky (Zhao et al 2011). Jirásková et al (2007, 2008) popisuje menší redukci endoteliálních buněk při použití AquaLase než po Neosnix fakoemulzifikaci. Richard et al (2008) odhalil za 3 měsíce po operaci statisticky významnější ztrátu endoteliálních buněk u ultrazvukových metod (22,9%) než u AquaLase (10,9%), svoji studii však na rozdíl od většiny předchozích prací prováděl na tvrdších čočkách.

Na rozdíl od všech výše zmíněných studií, které se zaměřily na sledování ztráty endoteliálních buněk většinou 3 nebo až 6 měsíců po operaci, naše studie je dlouhodobější (24 měsíců), a proto umožňuje lépe nahlédnout do pooperační kinetiky endoteliálních buněk. V jedné starší studii se uvádí redukce počtu endoteliálních buněk 5 let poextrakapsulární extrakci čočky až 10x větší ve srovnání s kontrolní skupinou (Numa et al 1993). Takto dlouhodobé sledování po použití metody AquaLase nebylo dosud publikováno. Všechny dosavadní studie však potvrzují, že AquaLase je přinejmenším tak šetrná metoda jako fakoemulzifikace.

Na stupeň ztráty korneálních endoteliálních buněk může mít vliv celá řada faktorů, jako rozsah chirurgického traumatu či jiné předoperační oční trauma, jaderná denzita a mechanický kontakt s jadernými fragmenty, použitá operační technika a viskoelastický

materiál, pooperační komplikace jako ruptura pouzdra, věk pacienta nebo nízká denzita endotelových buněk před operací případně další parametry přední komory oka (tloušťka rohovky, hloubka přední komory apod.) (Bourne et al 2004, Bruel et al 2011, Hayashi et al 1996, Cho et al 2010, Richard et al 2008). Za účelem minimalizace ztrát endoteliálních buněk po operaci katarakty se používá viskoelastický materiál (OVD; ophthalmic viscosurgical device). OVD je klasifikován podle Arshinoffovy klasifikace a liší se ve složení, koncentraci komponent, viskozitě a kohezivitě (Arshinoff et Jafari 2005). Dle studie Bruela et al. (2011) se neliší endoteliální denzita v závislosti na použitém viskoelastickém materiálu.

### 6.1.2 Ovlivnění tloušťky rohovky

Rohovka, u níž během života dochází k mírnému postupnému (statisticky nevýznamnému) ztenčování, reaguje velmi citlivě na celou řadu nitroočních změn jak změnou svoji tloušťky, tak biomechanickými vlastnostmi. Při poškození nebo úbytku endoteliálních buněk dochází k edému rohovky, neboť hlavní funkcí těchto buněk je udržovat pomocí aktivních buněčných pump odpovídající korneální hydrataci. Literární údaje o době trvání ztlustění rohovky jsou kontroverzní. Po operacích katarakty se většinou udává normalizace tloušťky rohovky na předoperační úroveň v rozmezí 4 týdnů až 12 měsíců bez ohledu na rozsah ztráty endoteliálních buněk (de Freitas Valbon et al 2012, Hengerer et al 2011, Kohlhaas et al 1997, Sobottka-Ventura et al 2001). Jak potvrzují mnohé studie, variabilní denzita endoteliálních buněk v rámci fyziologických hranic nekoreluje s tloušťkou rohovky, jejíž ztlustění je jen přechodné po operaci katarakty. Závažnější a trvalejší jsou edematózní změny na rohovce v případech, že endotel je patologický nebo jeho denzita je podlimitní (Sobottka-Ventura et al 2001, Yanoff et Sassani 2009). Na rozdíl od zmíněných prací jsme v naší studii nezaznamenali ztlustění rohovky pooperačně, nebyl též zjištěn žádný rozdíl v tloušťce rohovky během jednotlivých pooperačních měření na levém a pravém oku. První pooperační měření však bylo, na rozdíl od publikovaných prací, provedeno až 3 měsíce po výkonu (de Freitas Valbon et al 2012, Hengerer et al 2011, Kohlhaas et al 1997, Sobottka-Ventura et al 2001). Je tedy možné připustit, že případné ztlustění rohovky bezprostředně po výkonu u našich pacientů bylo pouze krátkodobé a nebylo v časovém designu naší studie podchyceno (Lundberg et al 2005). Tento názor podporuje i skutečnost, že ztráty rohovkového endotelu byly u všech pacientů v naší sestavě minimální.

V poslední době se v některých studiích sleduje po operaci katarakty vedle změn tloušťky rohovky též hystereze rohovky. Tato představuje důležité kritérium, které odráží biomechanické vlastnosti rohovky, zejména její viskozitu. Korneální hystereze (CH) může rovněž sloužit k monitorování progresu postižení u glaukomu a u jiných chorob rohovky, při nichž hraje důležitou roli nitrooční tlak (Congdom et al 2006). Práce, které studovaly korelaci mezi tloušťkou rohovky a CH, referují často rozdílné výsledky. Zatímco v některých studiích byla tloušťka rohovky statisticky významně v souladu s CH (Shah et al 2006), jinde toto nebylo prokázáno (Kandarakis et al 2011, Lu et al 2007). V naší práci jsme se hodnocením CH nezabývali, ale vzhledem k tomu, že se jedná o další významný ukazatel stavu rohovky, nevyklučujeme jeho analýzu v našich dalších studiích o vlivu různých operačních přístupů kataraktové chirurgie na nitrooční tkáň.

## 6.2 Operační technika a její vliv na vznik PCO

Vznik PCO a rozvoj sekundární katarakty je jednou z nejzávažnějších pozdních komplikací operace katarakty. Pro prevenci vzniku PCO je důležitá především precizní operační technika a kvalita implantované IOL, které by snížily tvorbu PCO nebo zcela zabránily vzniku opacit. Je tedy třeba neustálé zlepšování operačních technik a hledání nových technologií, které by přispěly k větší účinnosti a bezpečnosti operace. Důležitá je zejména přesná přední cirkulární kontinuální kapsulorhexe (ACCC), která by měla být menší než je optická část čočky a zbytky přední části pouzdra by měly překrývat IOL o 0,5-1 mm. Tím je vytvořený „bariérový efekt“, který blokuje migraci LECs v důsledku tlakové a ischemické devitalizace buněk, čímž se zabrání vytvoření sekundární katarakty. Dále je důležité ošetření celé zadní plochy pouzdra a oblasti ekvátoru od LECs. V různých studiích byla vyzkoušena řada technik k odstranění LECs, především ošetření předního pouzdra aspirací, hydrodisekcí, UZ odsátí zbytků LECs a mechanické očištění předního a zadního pouzdra (Dewey 2006, Mootha et al 2004, Pandey et Apple 2004, Awasthi et al 2009, Spalton 1999, Švancarová et al 2010). Zde se ukazuje jako vhodné využití koncovky AquaLase zakončené měkkým polymerem k dočištění zadního pouzdra od LECs (Nekolová et al 2008).

Metoda AquaLase přinesla významnou inovaci ve fakoemulzifikaci, protože k extrakci čočky se nepoužívá ultrazvuk, nýbrž pulsy zahřáté BSS. Jde o šetrnější způsob operace, který eliminoval termická poškození v místě incize a ruptury zadního pouzdra (Mackool et Brint 2004, Tsai et al 2007). Limitací pro použití AquaLase

k fakoemulzifikaci je vysoká tvrdost čočky (Kang et Chung 2008). Ve srovnání s ostatními metodami fakoemulzifikace má AquaLase řadu předností. Na rozdíl od konvenční UZ fakoemulzifikace je šetrnější ke všem strukturám oka, od laserové fakoemulzifikace se odlišuje kratší dobou trvání výkonu (Mackool et Brint 2004).

Předchozí studie referovaly o přínosu AquaLase pro redukci rizika vzniku PCO i pro redukci rohovkových změn ve srovnání s ostatními metodami fakoemulzifikace (Barsam et al 2008, Nekolova et al 2008, Ryu et al 2007). Ukazuje se, že tyto výsledky však nejsou vždy tak zcela jednoznačné ve prospěch AquaLase. Nekolová et al (2009) publikovali výsledky 3-letého sledování výskytu PCO po fakoemulzifikacích metodou AquaLase a NeoSoniX, přičemž neprokázali statisticky významný rozdíl ve výskytu PCO mezi oběma metodami. V poslední době se objevují doporučení k využití AquaLase technologie pro mechanické očištění pouzdra od epitelálních buněk prostřednictvím pulsů tekutiny (Hoffman et al 2005, Hyun-Wook 2007, Jirásková et Rozsival 2004, Mackool et Brint 2004). Právě tyto epitelální buňky jsou klíčové pro další rozvoj PCO (Korynta 2000, Neumayer et al 2005, Neumayer et al 2006).

Součástí naší studie bylo rovněž zhodnocení účinnosti metody AquaLase při očištění zadního pouzdra na základě kvantifikace PCO. U pacientů v naší sestavě byla provedena UZ fakoemulzifikace, přičemž očištění pouzdra metodou AquaLase bylo vždy provedeno na pravém oku. Všichni pacienti v našem souboru byli operováni dvěma operátory (P.R., N.J.), kteří mají stejnou operační techniku, jak bylo již prokázáno autorkou Nekolová J. (Dizertační práce, LF UK Hradec Králové, 2008), proto jsme již interindividuální rozdíl mezi chirurgy nehodnotili a při statistickém porovnání získaných hodnot nebyla tato skutečnost zohledněna. Jak ukazují výsledky naší studie, očekávané statisticky významné snížení PCO na pravém oku (ve srovnání s OL) jsme nezaznamenali ani v delším pooperačním časovém horizontu (Kalfeřtová et al 2011). Téměř při všech měřeních byly PCO nižší na oku ošetřeném AquaLase, nicméně tato snížení byla nesignifikantní. PCO jsme hodnotili dvěma počítačovými metodami – EPCO 2000 systém (subjektivně-objektivní) a OSCA systém (objektivní) - a sledování pacientů trvalo 24 měsíců. V tuzemské ani ve světové odborné literatuře jsme nenalezli žádnou práci, která by se zabývala přínosem AquaLase k mechanickému očištění zadního pouzdra od reziduálních LECs.

Ačkoliv technologie AquaLase má mnoho prokázaných předností jako metoda pro fakoemulzifikaci, její další možnosti využití pro zlepšení výsledku operace katarakty (zejména odstranění LECs) jsme nepotvrdili. Další studie zaměřené tímto směrem



a modifikace stávající AquaLase metody by byly žádoucí. Rovněž je třeba hledat další způsoby inhibice růstu LECs a vzniku PCO. Velkým příslibem v tomto ohledu je zejména cílené farmakologické ovlivnění molekulárních mechanismů LECs (Carthew et Sontheimer 2009, Park et al 2010, Zheng et al 2012).

### 6.3 Vliv nitroočních čoček na vznik PCO

Na vznik opacit zadního pouzdra má vedle operační techniky vliv i typ implantované nitrooční čočky. Záleží na materiálu, z kterého je čočka vyrobena a také na jejím designu. Nejvhodnějším materiálem a tvarem IOL pro prevenci PCO se již zabývala řada studií (Li et al 2008). V četných studiích bylo zjištěno, že hydrofilní akrylátové materiály jsou více biokompatibilní a tudíž podporují adhezi, migraci a proliferaci LECs a tím vznik PCO, oproti čočkám PMMA a hydrofobního akrylátu. Čočky z hydrofobního akrylátu jsou považovány za bioaktivní, dokáží uzavřít LECs do tzv. sendviče, aby nebyly schopné dějů k tvorbě PCO (Baráková et al 2000, Li et al 2008, Linnola 2001). Stran designu IOL bylo prokázáno již mnoha studii, že čočky s ostrým okrajem jsou účinnější prevencí při vzniku PCO než čočky s oblým okrajem, neboť vytvářejí mechanickou bariéru pro LECs a zabraňují jejich migraci do oblasti zadního pouzdra čočky (Zemaitienė 2004). Implantovaná IOL by měla být pevně umístěna v pouzdře a naléhat na zadní pouzdro, také by měla mít ostrý okraj po celém obvodu, aby skutečně bránila vzniku PCO (Mester 2005). Podstatnou roli v prevenci PCO hraje především součinnost několika faktorů k zabránění tvorby PCO, jsou to design IOL, materiál IOL a precizní chirurgická technika (Hazra et al 2012, Heatley et al 2005, Mester 2005, Zemaitienė et al 2004).

Vzhledem k výše uvedeným poznatkům byla u všech pacientů v našem souboru použita čočka od firmy Alcon AcrySof Single Piece SA60AT. Tato čočka je jednodusová hydrofobní polymethylmetakrylátová s ostrým okrajem optické části čočky, její celková délka je 13mm, průměr optické části čočky je 6 mm. Inhibiční vliv této čočky na vznik PCO byl potvrzen v několika předchozích studiích (Hollick et al 1999, Sacu et al 2005). Protože byla čočka AcrySof Single Piece SA60AT použita u všech našich pacientů na obou očích, její vliv na hodnocené parametry jsme v naší studii nezvažovali.

### 6.4 Systémy k zhodnocení PCO

Pro objektivizaci a stanovení stupně PCO jsou používány různé metody. Jedná se o metody subjektivní, subjektivně-objektivní a nejdokonalejší objektivní. Nevýhodou subjektivních

a subjektivně-objektivních metod je subjektivní hodnocení a možnost ovlivněním vyšetřujícím. Hlavní nevýhodou metod, které jsou dnes používány, je to, že nelze hodnotit pouzdra, u kterých byla provedena Nd:YAG kapsulotomie nebo sukce sekundární katarakty. Pokud je ve sledovaném souboru velké množství pacientů po Nd:YAG kapsulotomii, dochází pak ke zkreslování výsledků. Není ale vhodné tyto pacienty ze sledovaného souboru vyřazovat (Buehl et al 2008).

V naší studii vzhledem k tomu, že jsme sledovali pacienty do dvou let po operaci, jsme zaznamenali Nd:YAG kapsulotomii pouze u dvou u pacientů. U prvního pacienta byla Nd:YAG kapsulotomie provedena rok po operaci na OP a u druhé pacientky byla provedena dva roky po operaci na OP. Větší problém by mohla tato skutečnost představovat u hodnocení PCO po delší době od operace.

Metoda EPCO 2000 je dnes nejpoužívanějším softwarem k hodnocení PCO. Je to metoda subjektivně-objektivní, proto je vhodné, aby pacienty v jednom souboru vyšetřovalo a následně hodnotilo PCO co nejméně vyšetřujících. Optimální je pouze jeden hodnotitel, což bylo v naší práci splněno. Výsledky získané systémem vyjadřují morfologickou charakteristiku stupně PCO. Čím hutnější a rozsáhlejší je PCO, tím vyšší je celkový EPCO index (Sundelin et al 2006, Tetz et al 1997).

Metoda OSCA je objektivní, snadno použitelná a snadno dostupná. Dle autorského kolektivu je tento software spolehlivý s dobrou validitou a dobrou korelací mezi OSCA score a NKZO (Aslam et al., 2006). V naší studii jsme porovnávali výsledky hodnocení softwarem EPCO 2000 a OSCA. V námi sledovaném souboru jsme prokázali korelaci mezi výstupy softwaru EPCO 2000 a OSCA. Tento výsledek odpovídá sledování pacientů ve studii Pozlerové et al (2009), v níž byla taktéž prokázána korelace mezi číselnými výstupy u obou softwarů. Naopak u hodnocení PCO u pacientů po operaci metodou AquaLase a NeoSoniX v práci Nekolové et al (2009) nebyla prokázána žádná korelace v číselném vyjádření stupně PCO mezi objektivním a subjektivně-objektivním softwarem. Další studie zabývající se touto problematikou jsme nenalezli.

Nejvhodnější metoda pro hodnocení sekundární katarakty by měla být objektivní, snadno reprodukovatelná, dostatečně citlivá, zasahující velký rozsah sledované oblasti zadního pouzdra, levná a snadno dostupná (Aslam et al 2002, Jirásková et Rozsival 2004). Optimální metoda nebyla zatím vyvinuta, proto sledování a stanovování závažnosti PCO zůstane ještě dlouho v popředí výzkumného zájmu v oftalmologii.

## 7 Závěry

### 7.1 Vyhodnocení cílů práce

1. Studie očních komplikací po oboustranně provedené fakoemulzifikaci s jednostranným dočištěním zadního pouzdra čočky metodou AquaLase (na OP) byla provedena v rámci dlouhodobějšího pooperačního sledování (měření ve 3., 6., 12. a 24. měsíci po chirurgickém výkonu). Obdobnou studii zaměřenou na hodnocení přínosu metody AquaLase použitou za účelem dočištění zadního pouzdra jsme ve světové literatuře nezaznamenali. Z tohoto hlediska je naše studie prioritní. Za další pozitivum naší práce považujeme délku pooperačního sledování pacientů (24 měsíců), neboť většina studií zabývajících se vlivem operační techniky na rozvoj pooperačních komplikací (poškození rohovky, vznik sekundární katarakty) vykazuje kratší pooperační observaci.

2. Sledování **vlivu operace katarakty** s dočištěním zadního pouzdra metodou AquaLase na OP **na tloušťku rohovky a rohovkový endotel** potvrdilo (též jinými autory publikovaný) *statisticky významný úbytek endotelových buněk rohovky po operaci* ve srovnání s jejich denzitou předoperační na obou očích (s přechodným mírným nárůstem počtu ECC v 6. měsíci po operaci a vystupňovaným úbytkem ECC redukce v 12. a 24. měsíci). *Pooperační redukce endotelových buněk na obou očích byla srovnatelná*, takže použití metody AquaLase na OP se žádným způsobem na denzitě endotelových buněk neprojevovalo. Z hlediska tloušťky rohovky jsme v naší studii *nezaznamenali žádné signifikantní ztlustění rohovky pooperačně*, i když je nutné připustit, že jsme hodnocení neprovedli v hned bezprostředně po výkonu. *Nebyl též zjištěn žádný statisticky významný rozdíl v tloušťce rohovky pooperačně na levém a pravém oku*, takže jakýkoli efekt metody AquaLase na tloušťku rohovky nebyl prokázán a tato metoda je pro nitrooční tkáň bezpečná.

3. **Studie vzniku opacit zadního pouzdra** u pacientů po operaci katarakty torzní fakoemulzifikací byla zaměřena na zhodnocení účinnosti metody AquaLase použité při očištění zadního pouzdra na pravém oku. Při hodnocení počítačovými systémy EPCO 2000 a OSCA byly *opacity zadního pouzdra* hodnoceny oběma softwary jako *minimální při všech kontrolách*. Výsledky naší studie ukázaly, že *rozdíly v počtu PCO mezi pravým a levým okem nebyly signifikantní*, což svědčí pro *minimální přínos metody AquaLase*

*k mechanickému očištění zadního pouzdra od reziduálních LECs. Ačkoliv technologie AquaLase má mnoho prokázaných předností jako metoda pro fakoemulzifikaci, její další možnosti využití pro zlepšení výsledku operace katarakty (zejména odstranění LECs) jsme nepotvrdili.*

**4. Hodnocení stupně PCO** jsme provedli *dvěma počítačovými softwary*: subjektivně-objektivní EPCO 2000 a objektivní OSCA. V našem souboru *byla prokázána korelace mezi výstupy obou počítačových softwarů. Nebyl potvrzen statisticky významný rozdíl mezi OP a OL u hodnocení oběma softwary. Získané hodnoty, stanovující stupeň PCO, byly minimální u obou systémů hodnocení.* Systémem EPCO 2000 jsme u většiny očí našli nejnižší stupně opacit (1. a 2. stupeň) na OP i na OL. U výsledků získaných softwarem OSCA nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl v hodnotách získaných OSCA single analysis a new analysis mezi OP a OL. Hodnoty určující stupeň PCO byly taktéž nízké na obou očích u všech kontrol v čase.

**5. Pooperační zrková ostrost** byla sledována při všech kontrolách (předoperačně i pooperačně) vyšetřením nejlepší korigované zrkové ostrosti. U pacientů byla podle potřeby použita vhodná korekce. *Po operaci došlo ke statisticky významnému zlepšení NKZO na obou očích, mezi OP a OL nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl ve všech sledovaných obdobích.*

**6. Výskyt Nd:YAG kapsulotomií provedených rok po operaci nebo později** u pacientů ve sledovaném souboru *byl pouze minimální.* V průběhu prvního roku sledování jsme nezaznamenali žádnou Nd:YAG kapsulotomii. Rok po operaci byla provedena Nd:YAG kapsulotomie u jednoho pacienta na OP a 2 roky po operaci podstoupila jedna pacientka Nd:YAG kapsulotomii taktéž na OP. U žádného dalšího pacienta nebyla provedena Nd:YAG kapsulotomie do 2 let od operace.

## 7.2 Závěry pro praxi

Na základě výsledků naší práce lze konstatovat, že metoda AquaLase je bezpečná pro nitrooční tkáň a zároveň je dobrou prevencí před vznikem sekundární katarakty, i když jejich vzniku nedokáže zcela zabránit. Vhodná je kombinace této metody s implantací měkké nitrooční čočky s ostrým okrajem vyrobené z polymethylmetakrylátu. Vzhledem k tomu, že metoda AquaLase je vhodná spíše k odstranění jader s nižším stupněm tvrdosti

(stupeň 1. a 2.), je možné u pacientů s vyšším stupněm využít metodu AquaLase k dočištění zadního pouzdra, přestože zcela přesvědčivý vliv na snížení PCO jsme neprokázali.

Počet Nd:YAG kapsulotomií byl v našem souboru nízký, což ale může být zkresleno pouze dvouletým sledováním pacientů po operaci.

K zhodnocení stupně PCO je možno podle naší studie využít software EPCO 2000 i OSCA, číselné výsledky hodnocení obou softwarů v naší studii statisticky významně korelují a z tohoto hlediska jsou tedy obě metody srovnatelné. Metoda OSCA splňuje několik podmínek, které jsou důležité pro použití v klinické praxi. Její výhodou je především objektivita hodnocení, zároveň je tato metoda lehce použitelná a snadno dostupná. Dle srovnání s dalšími studii se tato metoda jeví jako vhodná pro využití v klinické praxi.

Z naší studie zároveň vyplynuly některé náměty na další klinický výzkum:

- zjistit, zda vyšší úbytek ECC v delším časovém horizontu po operaci katarakty je podmíněn věkem nebo je potencován i pozdními pooperačními změnami v oku.
- zaměřit se na studium dalších modifikací operací katarakt za účelem zvýšení bezpečnosti a prevence rozvoje sekundární katarakty.
- hledat další způsoby inhibice růstu LECs a vzniku PCO, zejména se zaměřit na možnosti cíleného farmakologického ovlivnění molekulárních mechanismů LECs.
- ověřit účinnost AquaLase metody na větším souboru pacientů.

## 8 Literatura

- ADÁMKOVÁ, H. & NOVÁK, J. 2006. Sekundární katarakta, její prevence a léčba. Část první: Prevence vzniku sekundární katarakty *Česká a slovenská oftalmologie*, 62, 230-236.
- ANDLEY, U. P. 2007. Crystallins in the eye: Function and pathology. *Prog Retin Eye Res*, 26, 78-98.
- ANTON, M. 2006. Historie operace katarakty. *Česká oční optika*, 47, 40-41.
- APPLE, D. J. 2007. Sir Nicholas Harold Lloyd Ridley: 10 July 1906 - 25 May 2001. *Biographical memoirs of fellows of the Royal Society. Royal Society*, 53, 285-307.
- APPLE, D. J., SOLOMON, K. D., TETZ, M. R., ASSIA, E. I., HOLLAND, E. Y., LEGLER, U. F., TSAI, J. C., CASTANEDA, V. E., HOGGATT, J. P. & KOSTICK, A. M. 1992. Posterior capsule opacification. *Survey of ophthalmology*, 37, 73-116.
- ARSHINOFF, S. A. & JAFARI, M. 2005. New classification of ophthalmic viscosurgical devices--2005. *Journal of cataract and refractive surgery*, 31, 2167-71.
- ASLAM, T. M., DHILLON, B., WERGHI, N., TAGURI, A. & WADOOD, A. 2002. Systems of analysis of posterior capsule opacification. *The British journal of ophthalmology*, 86, 1181-6.
- ASLAM, T. M., PATTON, N. & ROSE, C. J. 2006. OSCA: a comprehensive open-access system of analysis of posterior capsular opacification. *BMC ophthalmology*, 6, 30.
- AWASTHI, N., GUO, S. & WAGNER, B. J. 2009. Posterior capsular opacification: a problem reduced but not yet eradicated. *Archives of ophthalmology*, 127, 555-62.

- AWASTHI, N. & WAGNER, B. J. 2006. Suppression of human lens epithelial cell proliferation by proteasome inhibition, a potential defense against posterior capsular opacification. *Investigative ophthalmology & visual science*, 47, 4482-9.
- BARÁKOVÁ, D., KUCHYŇKA, P., KLEČKA, D., ŠÍMUNKOVÁ, J. & BOROVSANÁ, J. 2000. Frekvence výskytu sekundární katarakty u AcrySof MA30BA a MA60BM. *Česká a slovenská oftalmologie*, 56, 38-42.
- BARMAN, S. A., HOLLICK, E. J., BOYCE, J. F., SPALTON, D. J., UYYANONVARA, B., SANGUINETTI, G. & MEACOCK, W. 2000. Quantification of posterior capsular opacification in digital images after cataract surgery. *Investigative ophthalmology & visual science*, 41, 3882-92.
- BARSAM, A., CHANDRA, A., BUNCE, C. & WHITEFIELD, L. A. 2008. Prospective randomized controlled trial to compare the effect on the macula of AquaLase liquefaction and ultrasound phacoemulsification cataract surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*, 34, 991-5.
- BENDER, L., SPALTON, D. J., UYANONVARA, B., BOYCE, J., HEATLEY, C., JOSE, R. & KHAN, J. 2004. POComan: new system for quantifying posterior capsule opacification. *Journal of cataract and refractive surgery*, 30, 2058-63.
- BOURNE, R. R., MINASSIAN, D. C., DART, J. K., ROSEN, P., KAUSHAL, S. & WINGATE, N. 2004. Effect of cataract surgery on the corneal endothelium: modern phacoemulsification compared with extracapsular cataract surgery. *Ophthalmology*, 111, 679-85.
- BOURNE, W. M., NELSON, L. R. & HODGE, D. O. 1997. Central corneal endothelial cell changes over a ten-year period. *Investigative ophthalmology & visual science*, 38, 779-82.
- BOURNE, W. M., WALLER, R. R., LIESEGANG, T. J. & BRUBAKER, R. F. 1981. Corneal trauma in intracapsular and extracapsular cataract extraction with lens implantation. *Archives of ophthalmology*, 99, 1375-6.

- BUEHL, W. & FINDL, O. 2008. Effect of intraocular lens design on posterior capsule opacification. *Journal of cataract and refractive surgery*, 34, 1976-85.
- BUEHL, W., HEINZL, H., MITTLBOECK, M. & FINDL, O. 2008. Statistical problems caused by missing data resulting from neodymium:YAG laser capsulotomies in long-term posterior capsule opacification studies: problem identification and possible solutions. *Journal of cataract and refractive surgery*, 34, 268-73.
- BUEHL, W., SACU, S. & FINDL, O. 2005. Association between intensity of posterior capsule opacification and visual acuity. *Journal of cataract and refractive surgery*, 31, 543-7.
- BURRATO, L. 1998. Phacoemulsification. Principles and Techniques. . *Thorofare, New Jersey: Slack Inc*, 3-21.
- CAMPARINI, M., MACALUSO, C., REGGIANI, L. & MARAINI, G. 2000. Retroillumination versus reflected-light images in the photographic assessment of posterior capsule opacification. *Investigative ophthalmology & visual science*, 41, 3074-9.
- CARTHEW, R. W. & SONTHEIMER, E. J. 2009. Origins and Mechanisms of miRNAs and siRNAs. *Cell*, 136, 642-55.
- CONGDON, N. G., BROMAN, A. T., BANDEEN-ROCHE, K., GROVER, D. & QUIGLEY, H. A. 2006. Central corneal thickness and corneal hysteresis associated with glaucoma damage. *American journal of ophthalmology*, 141, 868-75.
- DAVISON, J. A. 1984. Endothelial cell loss during the transition from nucleus expression to posterior chamber-iris plane phacoemulsification. *Journal - American Intra-Ocular Implant Society*, 10, 40-3.



- DE FREITAS VALBON, B., VENTURA, M. P., DA SILVA, R. S., CANEDO, A. L., VELARDE, G. C. & AMBROSIO, R., JR. 2012. Central corneal thickness and biomechanical changes after clear corneal phacoemulsification. *Journal of refractive surgery*, 28, 215-9.
- DE IONGH, R. U., GORDON-THOMSON, C., CHAMBERLAIN, C. G., HALES, A. M. & MCAVOY, J. W. 2001. TGF $\beta$  receptor expression in lens: Implications for differentiation and cataractogenesis. *Experimental Eye Research*, 72, 649-659.
- DEWEY, S. 2006. Posterior capsule opacification. *Current opinion in ophthalmology*, 17, 45-53.
- FARAMARZI, A., JAVADI, M. A., KARIMIAN, F., JAFARINASAB, M. R., BARADARAN-RAFII, A., JAFARI, F. & YASERI, M. 2011. Corneal endothelial cell loss during phacoemulsification: bevel-up versus bevel-down phaco tip. *Journal of cataract and refractive surgery*, 37, 1971-6.
- FEIZI, S. 2011. Femtosecond laser cataract surgery. *Journal of ophthalmic & vision research*, 6, 151.
- FILIPEC, M. 2005. Katarakty nejsou jenom vodopády *Vesmír* 84, 96-99.
- FINDL, O., BUEHL, W., MENAPACE, R., GEORGOPOULOS, M., RAINER, G., SIEGL, H., KAIDER, A. & PINZ, A. 2003. Comparison of 4 methods for quantifying posterior capsule opacification. *Journal of cataract and refractive surgery*, 29, 106-11.
- FINE, I. H., PACKER, M. & HOFFMAN, R. S. 2002. New phacoemulsification technologies. *Journal of cataract and refractive surgery*, 28, 1054-60.
- GRAW, J. 2009. Genetics of crystallins: cataract and beyond. *Experimental Eye Research*, 88, 173-89.

- HAYASHI, K., HAYASHI, H., NAKAO, F. & HAYASHI, F. 2002. Posterior capsule opacification after cataract surgery in patients with diabetes mellitus. *American journal of ophthalmology*, 134, 10-6.
- HAYASHI, K., YOSHIDA, M., MANABE, S. & HIRATA, A. 2011. Cataract surgery in eyes with low corneal endothelial cell density. *Journal of cataract and refractive surgery*, 37, 1419-25.
- HAZRA, S., PALUI, H. & VEMUGANTI, G. K. 2012. Comparison of design of intraocular lens versus the material for PCO prevention. *International journal of ophthalmology*, 5, 59-63.
- HEATLEY, C. J., SPALTON, D. J., KUMAR, A., JOSE, R., BOYCE, J. & BENDER, L. E. 2005. Comparison of posterior capsule opacification rates between hydrophilic and hydrophobic single-piece acrylic intraocular lenses. *Journal of cataract and refractive surgery*, 31, 718-24.
- HEJTMANCIK, J. F. & KANTOROW, M. 2004. Molecular genetics of age-related cataract. *Experimental Eye Research*, 79, 3-9.
- HENGERER, F. H., DICK, H. B., BUCHWALD, S., HUTZ, W. W. & CONRAD-HENGERER, I. 2011. Evaluation of corneal endothelial cell loss and corneal thickness after cataract removal with light-adjustable intraocular lens implantation: 12-month follow-up. *Journal of cataract and refractive surgery*, 37, 2095-100.
- HOFFMAN, R. S., FINE, I. H. & PACKER, M. 2005. New phacoemulsification technology. *Current opinion in ophthalmology*, 16, 38-43.
- HOLLICK, E. J., SPALTON, D. J., URSELL, P. G., PANDE, M. V., BARMAN, S. A., BOYCE, J. F. & TILLING, K. 1999. The effect of polymethylmethacrylate, silicone, and polyacrylic intraocular lenses on posterior capsular opacification 3 years after cataract surgery. *Ophthalmology*, 106, 49-54; discussion 54-5.

- HU, V., HUGHES, E. H., PATEL, N. & WHITEFIELD, L. A. 2010. The effect of aqualase and phacoemulsification on the corneal endothelium. *Cornea*, 29, 247-50.
- HUGOD, M., STORR-PAULSEN, A., NORREGAARD, J. C., NICOLINI, J., LARSEN, A. B. & THULESEN, J. 2011. Corneal endothelial cell changes associated with cataract surgery in patients with type 2 diabetes mellitus. *Cornea*, 30, 749-53.
- CHO, Y. K., CHANG, H. S., LA, T. Y., JI, D., KIM, H., CHOI, J. A. & KIM, M. S. 2010. Anterior segment parameters using Pentacam and prediction of corneal endothelial cell loss after cataract surgery. *Korean journal of ophthalmology : KJO*, 24, 284-90.
- IONIDES, A., DOWLER, J. G., HYKIN, P. G., ROSEN, P. H. & HAMILTON, A. M. 1994. Posterior capsule opacification following diabetic extracapsular cataract extraction. *Eye*, 8 ( Pt 5), 535-7.
- JIRÁSKOVÁ, N. 2005. Pokroky v designu a materiálech nitroočních čoček. In *Rozsival P (Ed): Trendy soudobé oftalmologie. Svazek 2. Praha: Galén*, 263-283.
- JIRÁSKOVÁ, N., KADLECOVÁ, J., ROZSÍVAL, P., NEKOLOVÁ, J., POZLEROVÁ, J. & DÚBRAVSKÁ, Z. 2008. Comparison of the effect of AquaLase and NeoSoniX phacoemulsification on the corneal endothelium. *Journal of cataract and refractive surgery*, 34, 377-82.
- JIRASKOVÁ, N. & ROZSÍVAL, P. 2004. Metody hodnocení zkalení zadního pouzdra po operaci katarakty – souborný referát. *Česká a slovenská oftalmologie*, 60, 155-7.
- JIRÁSKOVÁ, N. & ROZSÍVAL, P. 2004. Phacoemulsification parameters: series 20000 Legacy Versus Legacy with AdvanTec software and NeoSoniX handpiece. *Journal of cataract and refractive surgery*, 30, 144-8.

- JIRÁSKOVÁ, N., ROZSÍVAL, P., KADLECOVÁ, J., NEKOLOVÁ, J., POZLEROVÁ, J. & DÚBRAVSKÁ, Z. 2007. AquaLase versus NeoSoniX--a comparison study. *Biomedical papers of the Medical Faculty of the University Palacky, Olomouc, Czech Republic*, 151, 311-4.
- JIRÁSKOVÁ, N., ROZSÍVAL, P., LUDVÍKOVÁ, M., BUROVA, M. & NEKOLOVÁ, J. 2009. Vliv AquaLase na rohovkové endoteliální buňky. *Česká a slovenská oftalmologie*, 65, 139-42.
- JOSE, R. M., BENDER, L. E., BOYCE, J. F. & HEATLEY, C. 2005. Correlation between the measurement of posterior capsule opacification severity and visual function testing. *Journal of cataract and refractive surgery*, 31, 534-42.
- JOYCE, N. C. 2012. Proliferative capacity of corneal endothelial cells. *Experimental Eye Research*, 95, 16-23.
- JOYCE, N. C. & ZHU, C. C. 2004. Human corneal endothelial cell proliferation: potential for use in regenerative medicine. *Cornea*, 23, S8-S19.
- KALFERŤOVÁ, M., BUROVA, M., JIRÁSKOVÁ, N., NEKOLOVÁ, J. & ROZSÍVAL, P. 2011. Metoda AquaLase – vliv na vznik sekundární katarakty a její bezpečnost. *Česká a slovenská oftalmologie*, 67, 150-3.
- KANDARAKIS, A., SOUMPLIS, V., KARAMPELAS, M., KOUTROUMANOS, I., PANOS, C., KANDARAKIS, S. & KARAGIANNIS, D. 2011. Response of corneal hysteresis and central corneal thickness following clear corneal cataract surgery. *Acta ophthalmologica*.
- KANG, S. & CHUNG, S. K. 2008. The relationship between the density of lens and liquefaction time using liquefaction device. *Korean journal of ophthalmology : KJO*, 22, 155-8.

- KIERSENBAUM, A. & TRES, L. 2012. Sensory organs: vision and hearing. *Chapter 9: In: Kiersenbaum AL, Tres LL, eds: Histology and cell biology: an introduction to pathology. 3rd Ed, Elsevier Saunders, 259-301.*
- KIM, D. H., WEE, W. R., LEE, J. H. & KIM, M. K. 2010. The comparison between torsional and conventional mode phacoemulsification in moderate and hard cataracts. *Korean journal of ophthalmology : KJO, 24, 336-340.*
- KOHLHAAS, M., STAHLHUT, O., THOLUCK, J. & RICHARD, G. 1997. Changes in corneal thickness and endothelial cell density after cataract extraction using phacoemulsification. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft, 94, 515-8.*
- KOHNEN, T., BAUMEISTER, M., KOOK, D., KLAPROTH, O. K. & OHRLOFF, C. 2009. Cataract surgery with implantation of an artificial lens. *Deutsches Arzteblatt international, 106, 695-702.*
- KORYNTA, J. 2000. Problematika sekundární katarakty. 8. *Forum Ophthalmologicum, 8, 33-35.*
- KUGELBERG, M., WEJDE, G., JAYARAM, H. & ZETTERSTROM, C. 2006. Posterior capsule opacification after implantation of a hydrophilic or a hydrophobic acrylic intraocular lens: one-year follow-up. *Journal of cataract and refractive surgery, 32, 1627-31.*
- KUCHYNKA, P. A KOL. 2007. Oční lékařství. *Grada Publishing.*
- LEE, S. J., BAE, S., SEOMUN, Y., SON, M. J. & JOO, C. K. 2008. The role of nuclear factor kappa B in lens epithelial cell proliferation using a capsular bag model. *Ophthalmic research, 40, 273-8.*
- LI, N., CHEN, X., ZHANG, J., ZHOU, Y., YAO, X., DU, L., WEI, M. & LIU, Y. 2008. Effect of AcrySof versus silicone or polymethyl methacrylate intraocular lens on posterior capsule opacification. *Ophthalmology, 115, 830-8.*

- LINNOLA, R. J. 2001. The sandwich theory: a bioactivity based explanation for posterior capsule opacification after cataract surgery with intraocular lens implantation. *Acta Universitatis Oulensis Medica* 632-89.
- LU, F., XU, S., QU, J., SHEN, M., WANG, X., FANG, H. & WANG, J. 2007. Central corneal thickness and corneal hysteresis during corneal swelling induced by contact lens wear with eye closure. *American journal of ophthalmology*, 143, 616-22.
- LUNDBERG, B., JONSSON, M. & BEHNDIG, A. 2005. Postoperative corneal swelling correlates strongly to corneal endothelial cell loss after phacoemulsification cataract surgery. *American journal of ophthalmology*, 139, 1035-41.
- MACKOOL, R. J. & BRINT, S. F. 2004. AquaLase: a new technology for cataract extraction. *Current opinion in ophthalmology*, 15, 40-3.
- MAISEL, H. & PERRY, M. M. 1972. Electron microscope observations on some structural proteins of the chick lens. *Experimental Eye Research*, 14, 7-12.
- MATHEW, P. T., DAVID, S. & THOMAS, N. 2011. Endothelial cell loss and central corneal thickness in patients with and without diabetes after manual small incision cataract surgery. *Cornea*, 30, 424-8.
- MATSUDA, M., SAWA, M., EDELHAUSER, H. F., BARTELS, S. P., NEUFELD, A. H. & KENYON, K. R. 1985. Cellular migration and morphology in corneal endothelial wound repair. *Investigative ophthalmology & visual science*, 26, 443-9.
- MESTER, U. 2005. Intraocular lenses and posterior capsule opacification. *Comp Ophthalmol Update*, 6, 119-130.
- MILLS, S. 2007. Normal eye and ocular adnexa. *Chapter 13. In: Mills SE eds. Histology for pathologists. 3rd Ed., Lippincott Williams&Wilkins 2007:., 347-370.*

- MOOTHA, V. V., TESSER, R. & QUALLS, C. 2004. Incidence of and risk factors for residual posterior capsule opacification after cataract surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*, 30, 2354-8.
- MÖRNER, C. T. 1893. Untersuchungen der Proteinsubstanzen in den lichtbrechenden Medien des Auges. *Z Physiol. Chem*, 18, 61-106.
- NEKOLOVÁ, J., JIRÁSKOVÁ, N., POZLEROVÁ, J. & ROZSÍVAL, P. 2009. Three-year follow-up of posterior capsule opacification after AquaLase and NeoSoniX phacoemulsification. *American journal of ophthalmology*, 148, 390-5.
- NEKOLOVÁ, J., POZLEROVÁ, J., JIRÁSKOVÁ, N. & ROZSÍVAL, P. 2008a. Opacity zadního pouzdra u pacientů s diabetes mellitus 2. typu. *Česká a slovenská oftalmologie*, 64, 193-6.
- NEKOLOVÁ, J., POZLEROVÁ, J., JIRÁSKOVÁ, N., ROZSÍVAL, P. & KADLECOVÁ, J. 2008b. Comparison of posterior capsule opacification after two different surgical methods of cataract extraction. *American journal of ophthalmology*, 145, 493-498.
- NEUMAYER, T., FINDL, O., BUEHL, W. & GEORGOPOULOS, M. 2006. Daily changes in the morphology of Elschnig pearls. *American journal of ophthalmology*, 141, 517-523.
- NEUMAYER, T., FINDL, O., BUEHL, W., SACU, S., MENAPACE, R. & GEORGOPOULOS, M. 2005. Long-term changes in the morphology of posterior capsule opacification. *Journal of cataract and refractive surgery*, 31, 2120-8.
- NUMA, A., NAKAMURA, J., TAKASHIMA, M. & KANI, K. 1993. Long-term corneal endothelial changes after intraocular lens implantation. Anterior vs posterior chamber lenses. *Japanese journal of ophthalmology*, 37, 78-87.
- PAN, F. & YAO, Y. F. 2011. Research progress on proliferative property and capacity of human corneal endothelium. *Zhejiang da xue xue bao. Yi xue ban = Journal of Zhejiang University. Medical sciences*, 40, 94-100.

- PANDEY, S. K., APPLE, D. J., WERNER, L., MALOOF, A. J. & MILVERTON, E. J. 2004a. Posterior capsule opacification - clinical studies and factors for prevention. *Highlights of Ophthalmology*, 32, 14-20.
- PANDEY, S. K., APPLE, D. J., WERNER, L., MALOOF, A. J. & MILVERTON, E. J. 2004b. Posterior capsule opacification: a review of the aetiopathogenesis, experimental and clinical studies and factors for prevention. *Indian journal of ophthalmology*, 52, 99-112.
- PARK, H. Y., KIM, I. T., LEE, K. M., CHOI, J. S., PARK, M. O. & JOO, C. K. 2010. Effects of nuclear factor-kappaB small interfering RNA on posterior capsule opacification. *Investigative ophthalmology & visual science*, 51, 4707-15.
- PARK, J. H., LEE, S. M., KWON, J. W., KIM, M. K., HYON, J. Y., WEE, W. R., LEE, J. H. & HAN, Y. K. 2010. Ultrasound energy in phacoemulsification: a comparative analysis of phaco-chop and stop-and-chop techniques according to the degree of nuclear density. *Ophthalmic surgery, lasers & imaging : the official journal of the International Society for Imaging in the Eye*, 41, 236-41.
- POLLREISZ, A. & SCHMIDT-ERFURTH, U. 2010. Diabetic cataract-pathogenesis, epidemiology and treatment. *Journal of ophthalmology*, 2010, 608751.
- POZLEROVÁ, J., NEKOLOVÁ, J., JIRÁSKOVÁ, N. & ROZSÍVAL, P. 2009. Hodnocení opacit zadního pouzdra u různých typů umělých nitroočních čoček. *Česká a slovenská oftalmologie*, 65, 12-5.
- RICHARD, J., HOFFART, L., CHAVANE, F., RIDINGS, B. & CONRATH, J. 2008. Corneal endothelial cell loss after cataract extraction by using ultrasound phacoemulsification versus a fluid-based system. *Cornea*, 27, 17-21.
- ROSADO-ADAMES, N. & AFSHARI, N. A. 2012. The changing fate of the corneal endothelium in cataract surgery. *Current opinion in ophthalmology*, 23, 3-6.



- RYU, H. W., PARK, S. H. & JOO, C. K. 2007. A comparison of the efficacy of cataract surgery using Aqualase with phacoemulsification using MicroFlow system. *Korean journal of ophthalmology : KJO*, 21, 137-41.
- SACU, S., FINDL, O., MENAPACE, R. & BUEHL, W. 2005. Influence of optic edge design, optic material, and haptic design on capsular bend configuration. *Journal of cataract and refractive surgery*, 31, 1888-94.
- SAIKA, S., MIYAMOTO, T., ISHIDA, I., TANAKA, T., OKADA, Y., NAGANE, Y., SHIRAI, K. & OHNISHI, Y. 2001. Comparison of Scheimpflug images of posterior capsule opacification and histological findings in rabbits and humans. *Journal of cataract and refractive surgery*, 27, 1088-92.
- SANDOVAL, H. P., DE CASTRO, L. E., VROMAN, D. T. & SOLOMON, K. D. 2006. Randomized, double-masked clinical trial evaluating corneal endothelial cell loss after cataract extraction and intraocular lens implantation: Fluid-based system versus ultrasound phacoemulsification. *Cornea*, 25, 1043-5.
- SHAH, S., LAIUZZAMAN, M., CUNLIFFE, I. & MANTRY, S. 2006. The use of the Reichert ocular response analyser to establish the relationship between ocular hysteresis, corneal resistance factor and central corneal thickness in normal eyes. *Contact lens & anterior eye : the journal of the British Contact Lens Association*, 29, 257-62.
- SHAMSUDDIN, A. K., NIRANKARI, V. S., PURNELL, D. M. & CHANG, S. H. 1986. Is the corneal posterior cell layer truly endothelial? *Ophthalmology*, 93, 1298-303.
- SHARMA, K. K. & SANTHOSHKUMAR, P. 2009. Lens aging: effects of crystallins. *Biochimica et biophysica acta*, 1790, 1095-108.
- SIEGL, H., PINZ, A., BUEHL, W., GEORGOPOULOS, M., FINDL, O. & MENAPACE, R. 2001. Assessment of posterior capsule opacification after cataract surgery. *Proceedings of the 25th Workshop of the ÖAGM/AAPR*, 25.

- SIRTOTOLI, M. G. G. M., SANTHIAGO, M. R., PAREDE, T. R. R., DE ESPÍNDOLA, R. F., CARVALHO, R. S. & KARA JR, N. 2010. Phacoemulsification versus extracapsular extraction: Governmental costs. *Clinics*, 65, 357-361.
- SOBOTTKA VENTURA, A. C., WÄLTI, R. & BÖHNKE, M. 2001. Corneal thickness and endothelial density before and after cataract surgery. *British Journal of Ophthalmology*, 85, 18-20.
- SONG, S., LANDSBURY, A., DAHM, R., LIU, Y., ZHANG, Q. & QUINLAN, R. A. 2009. Functions of the intermediate filament cytoskeleton in the eye lens. *The Journal of clinical investigation*, 119, 1837-48.
- SOURDILLE, P. 1997. Overview of posterior capsule opacification. *Journal of cataract and refractive surgery*, 23, 1431-2.
- SPALTON, D. J. 1999. Posterior capsular opacification after cataract surgery. *Eye*, 13 ( Pt 3b), 489-92.
- SUNDELIN, K., LUNDSTROM, M. & STENEVI, U. 2006. Posterior capsule opacification: comparisons between morphology, visual acuity and self-assessed visual function. *Acta ophthalmologica Scandinavica*, 84, 667-73.
- ŠVANCAROVÁ, R., NOVÁK, J. & ADÁMKOVÁ, H. 2010. Vliv mechanického čištění pouzdra čočky na rozvoj sekundární katarakty. *Česká a slovenská oftalmologie*, 66, 21-5.
- TETZ, M. R. EPCO 2000, Software for the Evaluation of Posterior Capsule Opacification, [www.epco2000.de](http://www.epco2000.de).
- TETZ, M. R., AUFFARTH, G. U., SPERKER, M., BLUM, M. & VOLCKER, H. E. 1997. Photographic image analysis system of posterior capsule opacification. *Journal of cataract and refractive surgery*, 23, 1515-20.

- TETZ, M. R. & NIMSGERN, C. 1999. Posterior capsule opacification. Part 2: Clinical findings. *Journal of cataract and refractive surgery*, 25, 1662-74.
- TSAI, J. H., KHNG, C. G., OSHER, R. H. & SUSSMAN, G. R. 2007. Development of an in vitro model to assess posterior capsule safety during phacoemulsification with ultrasound or AquaLase handpieces. *Journal of cataract and refractive surgery*, 33, 1076-81.
- TSORBATZOGLU, A., KERTESZ, K., MODIS, L., NEMETH, G., MATH, J. & BERTA, A. 2007. Corneal endothelial function after phacoemulsification using the fluid-based system compared to conventional ultrasound technique. *Eye*, 21, 727-32.
- VACEK, Z. 1992. Vývoj oka. In: Vacek Z, ed. *Embryologie pro pediatrii. Karolinum a Nakladatelství a vydavatelství JP Praha*, 283-287.
- VAN DEN BRUEL, A., GAILLY, J., DEVRIESE, S., WELTON, N. J., SHORTT, A. J. & VRIJENS, F. 2011. The protective effect of ophthalmic viscoelastic devices on endothelial cell loss during cataract surgery: a meta-analysis using mixed treatment comparisons. *The British journal of ophthalmology*, 95, 5-10.
- VAN TENTEN, Y., DE GROOT, V., WUYTS, F. L. & TASSIGNON, M. J. 2000. Quantitative measurement of the PCCC area in the postoperative period. *The British journal of ophthalmology*, 84, 1117-20.
- VASAVADA, A. R., RAJ, S. M. & LEE, Y. C. 2004. NeoSoniX ultrasound versus ultrasound alone for phacoemulsification: randomized clinical trial. *Journal of cataract and refractive surgery*, 30, 2332-5.
- YANOFF, M. & SASSANI, J. W. 2009. Ocular Pathology. *Chapter 8: Cornea and Sclera, Sixth ed. 2009, Elsevier Inc.*, 255-331.

- YENIAD, B., CORUM, I. & OZGUN, C. 2010. The effects of blunt trauma and cataract surgery on corneal endothelial cell density. *Middle East African journal of ophthalmology*, 17, 354-8.
- YOO, S. H. & BHATT, A. B. 2007. One-year outcomes of AquaLase cataract surgery. *Ophthalmic surgery, lasers & imaging : the official journal of the International Society for Imaging in the Eye*, 38, 173-4.
- ZEMAITIENE, R., JASINSKAS, V., BARZDZIUKAS, V. & AUFFARTH, G. U. 2004. Prevention of posterior capsule opacification using different intraocular lenses (results of one-year clinical study). *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 40, 721-730.
- ZHAO, J. Y., WANG, M. W., SUN, Q. & ZHANG, J. S. 2011. Confocal microscopic evaluation of cornea after AquaLase liquefaction cataract extraction. *International journal of ophthalmology*, 4, 293-7.
- ZHENG, D., SONG, T., ZHONGLIU, X., WU, M., LIANG, J. & LIU, Y. 2012. Downregulation of transforming growth factor-beta type II receptor prohibit epithelial-to-mesenchymal transition in lens epithelium. *Molecular vision*, 18, 1238-46.

## 9 Přílohy

1. Vliv AquaLase na rohovkové endoteliální buňky – Česká a slovenská oftalmologie, původní práce
2. Evaluation of posterior capsule opacification after cataract surgery using Liquifaction Method – Acta Ophthalmologica, abstrakt
3. Metoda AquaLase – vliv na vznik sekundární katarakty a její bezpečnost – Česká a slovenská oftalmologie, původní práce



## Vliv AquaLase na rohovkové endoteliální buňky

Jirásková N., Rozsival P., Ludvíková M., Burova M., Nekolová J.

Oční klinika Lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice, Hradec Králové,  
přednosta prof. MUDr. P. Rozsival, CSc.

Předneseno ve zkrácené formě na XVI. výroční sjezdu ČOS, 25. až 27. 9. 2008, Špindlerův Mlýn

### SOUHRN

**Cíl:** Zjistit, zda při ošetření zadního pouzdra pulzy irigačního roztoku (BSS – z anglického balanced salt solution) nedochází k poškození buněk rohovkového endotelu.

**Materiál a metodika:** Soubor 43 pacientů operovaných na našem pracovišti pro bilaterální kataraktu, u kterých byla na pravém oku standardní fakoemulzifikace (Ozil, Inifiniti, Alcon) a bimanuální irigace/aspirace čočkových hmot doplněna ošetřením zadního pouzdra čočky pulzy BSS (AquaLase, Inifiniti, Alcon). Operace byly provedeny dvěma chirurgy (NJ, PR), obě oči jednoho pacienta byly vždy operovány tím samým lékařem. V této pilotní studii jsme sledovali předoperační i pooperační korigovanou zrakovou ostrost (KZO), hustotu endoteliálních buněk a tloušťku rohovky (pachymetrii) a výskyt peri- a pooperačních komplikací. **Výsledky:** Předoperačně byla průměrná hodnota pachymetrie (P)  $566 \pm 45 \mu$  vpravo (OP) a  $562 \pm 42 \mu$  vlevo (OL), průměrná hustota endoteliálních buněk (ECC)  $2541 \pm 317$  buněk/mm<sup>2</sup> (OP) a  $2567 \pm 311$  buněk/mm<sup>2</sup> (OL). Tři měsíce po operaci byla P  $557 \pm 43 \mu$  (OP) a  $558 \pm 45 \mu$  (OL) a ECC  $2368 \pm 416$  buněk/mm<sup>2</sup> (OP) a  $2396 \pm 417$  buněk/mm<sup>2</sup> (OL). Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl pooperačních změn obou rohovkových parametrů mezi oběma očima. Korigovaná zraková ostrost se zlepšila u všech očí. Nezažili žádnou peri- ani pooperační komplikaci.

**Závěr:** Použití metody AquaLase k ošetření zadního pouzdra při operaci katarakty nezvyšuje riziko poškození rohovkových endoteliálních buněk.

**Klíčová slova:** fakoemulzifikace, AquaLase, endoteliální buňky

### SUMMARY

#### *Influence AquaLase at Corneal Endothelial Cells*

**Purpose:** To assess the effect of the cleaning of the posterior capsule using pulses of balanced salt solution (BSS) on the corneal endothelial cells.

**Methods:** This pilot study involves 43 patients with bilateral cataracts having lens removal using torsional phacoemulsification (Ozil, Inifiniti, Alcon) and bimanual irrigation/aspiration (IA). Posterior capsule of the right eye of each patient was cleaned using pulses of BSS (AquaLase, Inifiniti, Alcon). Surgery was performed by one of 2 surgeons (NJ, PR), both eyes of each patient was operated on by the same surgeon. Best corrected visual acuity (BCVA), endothelial cell count and pachymetry were evaluated pre- and postoperatively as well as occurrence of peri- and postoperative complications.

**Results:** Preoperative mean pachymetry (P) was  $566 \pm 45 \mu$  in the right eye (RE) and  $562 \pm 42 \mu$  in the left eye (LE), mean endothelial cell count (ECC)  $2541 \pm 317$  cells/mm<sup>2</sup> (RE) and  $2567 \pm 311$  cells/mm<sup>2</sup> (LE). Three months after surgery P was  $557 \pm 43 \mu$  (RE) and  $558 \pm 45 \mu$  (LE) and ECC  $2368 \pm 416$  cells/mm<sup>2</sup> (RE) and  $2396 \pm 417$  cells/mm<sup>2</sup> (LE). There was no statistical difference in postoperative changes of both corneal parameters between right and left eyes. Best corrected visual acuity improved in all eyes and no peri- or postoperative complications occurred.

**Conclusions:** Cleaning of the posterior capsule using AquaLase is safe for corneal endothelial cells.

**Key words:** phacoemulsification, AquaLase, endothelial cells

Čes. a slov. Oftal., 65, 2009, No. 4, p. 139–142

### ÚVOD

Operace šedého zákalu je v současnosti nejčastěji prováděným chirurgickým výkonem. V dnešní době je zejména v rozvinutých zemích světa nejpoužívanější metodou odstranění jádra čočky tzv. fakoemulzifikací, tj. fragmentací tvrdých částí a aspirace takto „emulzifikovaných“ čočkových hmot z oka malým řezem (2–6).

Při klasické ultrazvukové fakoemulzifikaci se používá ultrazvuku o frekvencích 25–62 kHz. Piezoelektrický měnič, který je umístěn v koncovce fakoemulzifikačního přístroje, kmitá vysokou frekvencí v elektrickém poli a převádí elektrickou energii v mechanickou energii hrotu. K destrukci čočkových hmot

dochází především přímým mechanickým vlivem vibrací hrotu a působením akustických vln, které se šíří kapalným médiem. Tlaková vlna prochází kapalinou rychlostí zvuku a působí destruktivně na okolí. Kromě kavitační energie vzniká při vysokofrekvenčních vibracích i energie tepelná, která může vést k poškození rány. Všechny výše uvedené mechanismy účinně rozmělní jádro čočky, mohou však rovněž poškozovat citlivé nitroční tkáně. Proto se dnes při operacích snažíme omezovat použití ultrazvukové energie na minimum (8) a zároveň hledat nové „zdroje fakoenergie“.

Laserová fakoemulzifikace (fotolýza) používá k odstranění jádra dva typy laserů: Er:YAG nebo Nd:YAG laser. Tato metoda má proti ultrazvuku některé výhody (mikroincizní zákrok bez nebezpečí popálení rány a šetrnost výkonu), nedokáže však účinně fragmentovat tvrdá jádra a vyžaduje drahé přístro-



ověřeno, což jsou hlavní důvody, proč dosud není širou veřejností používána.

Nověji se k rozmělnění jádra čočky začaly používat pulzy irigačního roztoku BSS. Tato metoda byla nazvána AquaLase a možnost jejího použití nabízí v současné době přístroj Inifiniti Vision System (Alcon Laboratories, Fort Worth, Texas, USA). Pulzy tekutiny jsou v kapalných očních médiích a tkáních s vysokým obsahem vody rychle tlumeny a tak nehrozí jejich poškození jako u ultrazvukové tlakové vlny. Další velkou výhodou proti UZ je úplné vyloučení rizika popálení rány, což byla u klasické fakoemulzifikace obávaná závažná komplikace (13). AquaLase je šetrnější nejen k endotelialním buňkám rohovky (9), ale i k zadnímu pouzdru čočky. Na minimum je sníženo riziko ruptury zadní kapsuly a tím se výrazně zvyšuje možnost lépe očistit pouzdro od zbytků čočkových hmot a od buněk zárodečného epitelu (LECs – Lens Epithelial Cells) jako preventivní opatření proti následnému zkalení zadního pouzdra (PCO – z anglického posterior capsule opacification).

Sekundární katarakta je nejčastější pozdní komplikací extrakapsulární extrakce čočky (7,10,11,14). Rozeznáváme dva typy PCO – fibrózní změny vedoucí k nakřivení a zašednutí pouzdra a regenerační změny, které jsou charakterizovány přítomností Elschniggových perel. Na vzniku a vývoji PCO se rozhodující měrou podílí právě LECs. Epidemiologická data o incidenci a prevalenci PCO uváděná v různých studiích je obtížné interpretovat. Nejsou totiž dosud jasně stanovena kvantifikační pravidla a přesnost jednotlivých metod pro hodnocení PCO se liší. Zcela jednotní jsou však oftalmologové ve snaze vyvíjet a používat nová preventivní metody zabráňující či alespoň zpomalující proces zkalení zadního pouzdra (7,10, 11,14). Mezi chirurgické preventivní postupy řadíme dokonalé provedení přední cirkulární kontinuální kapsulorexe (ACCC – z anglického anterior circular continuous capsulorhexis), pečlivé vyčištění zbytku pouzdra a odstranění co největšího množství LECs, výběr kvalitní nitrooční čočky (IOC) a její implantace a centrace v kapsulárním vaku tak, aby okraj ACCC překrýval okraj optiky IOC po celém obvodu. Všechny výše popsané postupy jsou (nebo by měly být) standardní součástí operace katarakty. Existují ještě další preventivní postupy, které nejsou běžné v klinické praxi používány: např. provedení zadní cirkulární kontinuální kapsulorexe (PCCC – z anglického posterior circular continuous capsulorhexis) (1) nebo použití speciálního instrumentária Milvella Perfect Capsule™ umožňujícího peroperační výplach pouzdra čočky hypotonickým roztokem (12, 15). U všech těchto „nadstandardních“ metod musíme posuzovat kromě základního požadovaného efektu na vznik a rozvoj PCO i faktory bezpečnosti jejich použití, zejména zda nedochází k zvýšenému riziku poškození citlivých nitroočních struktur.

Cílem naší klinické prospektivní randomizované studie je posoudit vliv ošetření zadního pouzdra pulzy BSS (AquaLase, Inifiniti, Alcon) na vznik a rozvoj PCO a zároveň ověřit, zda tento postup nepoškozuje rohovkové endotelialní buňky. V předkládaném sdělení prezentujeme výsledky, zabývající se vlivem AquaLase na rohovkový endotel, výskyt peroperačních a pooperačních komplikací.

#### SOUBOR A METODIKA

Do pilotního souboru této studie bylo zařazeno 43 pacientů s bilaterální kataraktou doporučených na chirurgický zákrok na naše pracoviště, u kterých byl stupeň zkalení čočky přibližně stejný na obou očích a kteří kromě katarakty neměli jinou závažnou oční patologii ovlivňující pooperační zrakové funkce (např. rohovkové dystrofie, choroby sítnice, atd.). Jednalo se o 15 mužů (průměrný věk 67,3 let, rozmezí 45 až 83 let) a 28 žen (průměrný věk 70,4 let, rozmezí 56 až 90 let).

Před zákrokem byli pacienti podrobně vyšetřeni včetně rohovkové pachymetrie a endotelialní mikroskopie. Korigovaná

zraková ostrost do dálky byla určována pomocí Snellenových optotypů, hustotu endotelialních buněk a tloušťku rohovky jsme vyšetřovali na spekulárním mikroskopu CONAN NONCON ROBO. Katarakty byly rozděleny do skupin podle tvrdosti jádra (stupeň 1–5), určované klinicky podle Buratta (2). Všechny operace byly provedeny fakoemulzifikačním přístrojem Inifiniti dvěma chirurgy (NJ, PR), obě oči jednoho pacienta operoval vždy tentýž lékař. Standardně používáme topickou anestezii, rohovkový (limbální) 2,75 mm tunelový řez, dvě servisní paracentézy pro bimanuální irigaci/aspiraci, Disco-Visc, přední kontinuální cirkulární kapsulorhexi a hydrodisekci spolu s manévrem „cortical cleaving hydrodissection“ podle Finna. Fakoemulzifikace byla při použití koncovky Ozil (torzní fako) provedena rozlamovací technikou „quick-chop“. Kortikální hmoty byly odstraněny bimanuální irigací/aspirací (I/A). Zadní pouzdro pravého oka všech pacientů pak bylo ošetřeno pulzy BSS pomocí koncovky AquaLase. Poté byla ve všech případech implantována nitrooční čočka AcrySof Single Piece injekčním systémem Monarch II. Pooperačně byli pacienti léčení lokálně podávaným tobramycinem 3,0 mg/mL a dexametasonem 1,0 mg/mL (Tobradex gtt) 5x denně do operovaného oka po 2 týdny a poté kapali dexamethason 1,0 mg/mL (Dexamethason gtt) 3x denně rovněž 2 týdny.

Sledovali jsme korigovanou zrakovou ostrost, hustotu endotelialních buněk a pachymetrii před operací a 3 měsíce po zákroku a dále výskyt peroperačních a pooperačních komplikací v období 3 měsíců po operaci.

Statistické hodnocení pooperačních změn hustoty endotelialních buněk a pachymetrie mezi pravým a levým okem jsme prováděli pomocí párového t-testu.

#### VÝSLEDKY

Průměrná hodnota doby působení pulzů BSS (AquaLase-Time) při ošetření zadního pouzdra OP byla 0,31 s, počet pulzů BSS se pohyboval v rozmezí 80 – 1860 pulzů, (medián 1080 pulzů, průměrný počet byl 899 ± 570 pulzů).

Předoperačně byla průměrná hodnota pachymetrie (P) 566 ± 45 μ vpravo (OP) a 562 ± 42 μ vlevo (OL), průměrná hustota endotelialních buněk (ECC) 2541 ± 317 buněk/mm<sup>2</sup> (OP) a 2567 ± 311 buněk/mm<sup>2</sup> (OL). Tři měsíce po operaci byla P 557 ± 43 μ (OP) a 558 ± 45 μ (OL) a ECC 2368 ± 416 buněk/mm<sup>2</sup> (OP) a 2396 ± 417 buněk/mm<sup>2</sup> (OL) (graf 1, 2). Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl pooperačních změn obou rohovkových parametrů mezi pravým a levým okem při použití párového t-testu.

Peroperačně jsme nezaznamenali žádné komplikace, ošetření zadního pouzdra metodou AquaLase nepůsobilo ani v jednom případě poškození pouzdra nebo okolních struktur (např. zonuly). Rovněž pooperační průběh byl v období 3 měsíců po operaci bez jakýchkoli komplikací u všech pacientů oboustranně. Korigovaná zraková ostrost vzrostla, při kontrole byla 0,8–1,0 u všech operovaných očí. Průměrné předoperační i pooperační hodnoty pro obě oči jsou přehledně zobrazeny v grafu 3.

#### DISKUSE

Operace katarakty je v současnosti považována za bezpečnou a vysoce efektivní chirurgický zákrok prováděný nejčastěji ambulantně. Trendy dnešní mikrochirurgie čočky jsou zmenšení velikosti operační rány, snížení množství UZ energie nutné k rozmělnění čočky při klasické fakoemulzifikaci, náhrada vysokofrekvenční energie UZ jinými zdroji, zdokonalení kontroly průtokových parametrů (fluidics), možnost použití



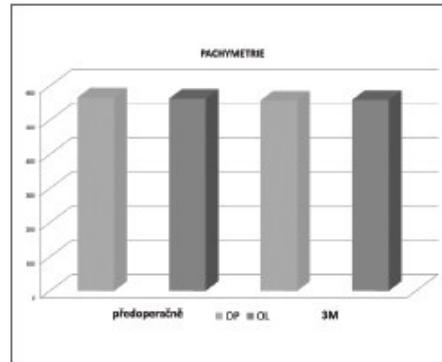
více fakoemulzifikačních metod i jejich změny dle aktuální potřeby a používání stále dokonalejších nitroočních implantátů. Infiniti Vision System je nejnovějším modelem ve vývojové řadě fakoemulzifikačních přístrojů firmy Alcon, který nabízí při použití příslušných koncovek více možností odstranění čočky: sofistikovanou UZ fakoemulzifikaci, kombinaci UZ a nízkofrekvenčního oscilačního pohybu hrotu koncovky (NeoSoniX), torzní UZ fakoemulzifikaci (Ozil) a fragmentaci čočky pomocí pulzů ohřáté irigační tekutiny BSS (AquaLase). Infiniti má navíc dokonalý uzavřený systém kontrolující průtokové parametry (Fluidics Management System – FMS), který umožňuje pracovat bezpečně i s vysokými hodnotami vakua.

Torzní fakoemulzifikace je jednou z posledních inovací fakoemulzifikačních metod, poprvé byla představena v roce 2005. Koncovka Ozil je konstruována tak, že její piezoelektrické krystaly vytvářejí dva druhy odlišných pohybů fakoemulzifikační jehly. Při frekvenci 32 kHz vytváří piezoelektrický měnič torzní (oscilační) pohyb hrotu a při frekvenci 44 kHz mění krystal elektrickou energii v klasické lineární kmitání hrotu. Použití koncovky Ozil spolu se sofistikovaným softwarovým vybavením přístroje Infiniti (Alcon) umožňuje kombinovat použití longitudinálních a torzních oscilací v různých poměrech a sekvencích. Torzní fakoemulzifikace výrazně snižuje množství UZ energie, nutné k rozmělnění jádra. Velkou výhodou je dále to, že torzní kmitání snižují na minimum repulzi („odstrčení“) čočkových fragmentů od fakoemulzifikační jehly. Čočkové hmoty tak zůstávají v těsné blízkosti otvoru hrotu a tím je zajištěna lepší okluze. Dokonalá okluze snižuje turbulenci v přední komoře a zvyšuje účinnost fakoemulzifikace. Přechod od klasické UZ fakoemulzifikace na torzní nevyžaduje žádný zácvek a učební křivka pro zkušeného operátora je minimální. Všechny výše uvedené výhody vedly k rychlému zavazování torzní fakoemulzifikace do klinické praxe a k vysoké oblíbenosti této metody u chirurgů.

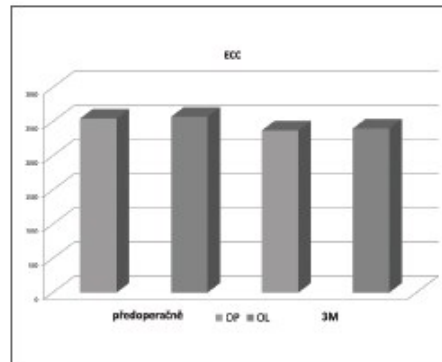
AquaLase je další možností extrakce katarakty. Místo UZ energie používá pulzy teplé BSS (57 C). Elektrody generující pulzy 4 µL BSS jsou umístěny v AquaLase koncovce a jejich maximální frekvence je 50 Hz. Fragmentační účinnost pulzů (jak tvrdé pulzy zasáhnou) vyjadřuje nová fakoemulzifikační veličina (magnituda), kterou lze lineárně kontrolovat pomocí pedálu. Určitou nevýhodou AquaLase je nižší účinnost emulzifikace zejména u tvrdších jader a relativně delší doba trvání extrakce čočky. Pulzy tekutiny jsou v kapalných očních médiích a tkáních s vysokým obsahem vody rychle eliminovány (tlumeny) a tak nehrozí poškození citlivých struktur jako u UZ tlakové vlny. AquaLase je šetrnější nejen k endotelialním buňkám rohovky (9), ale i k zadnímu pouzdru čočky. Pomocí pulzů BSS je možno očistit zadní pouzdro od nepatrných zbytků čočkových hmot (9) od buněk zárodečného epitelu (LECs), které se rozhodujícím způsobem podílí na vzniku sekundární katarakty. Vzhledem k tomu, že koncovka AquaLase má měkký polymerový hrot a je tedy velmi šetrná k zadnímu pouzdru, bylo možno v průběhu operace přiblížit hrot až těsně k pouzdru.

Podle místa lokalizace LECs v oblasti pouzdra čočky rozeznáváme tzv. přední A buňky a ekvatoriální E buňky. Buňky A se nacházejí na vnitřní ploše předního pouzdra až k ekvatoru a vyvolávají vznik fibrotického typu PCO. Buňky E jsou uloženy v ekvatoriální oblasti pouzdra a jsou příčinou proliferativního typu PCO. V patogenezi vzniku PCO hrají důležitou roli též cytokiny, obzvláště b-FGF (z anglického basic fibroblast growth factor), HGF (z anglického hepatocyte growth factor) a TGF-β (z anglického transforming growth factor) a interleukiny (zejména interleukin 1 a 6).

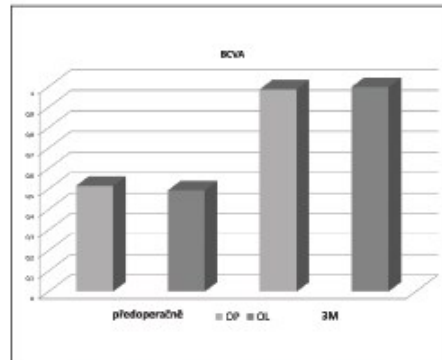
Prevence vzniku sekundárních katarakty je, jak již bylo dříve uvedeno, jedním z základních trendů operace čočky, nejen v chirurgii šedého zákalu, ale i při nitroočních refrakčních zákrocích. Sekundární katarakta po extrakci čiré čočky a její náhradě např. multifokální nebo tzv. akomodační čoč-



Graf 1. Hodnoty pachymetrie před operací a 3 měsíce po operaci



Graf 2. Hustota endotelialních buněk před operací a 3 měsíce po operaci



Graf 3. Korigovaná zraková ostrost před operací a 3 měsíce po operaci



kou znehodnocuje výsledek operace a vyvolává pochopitelnou nespokojenost pacienta – v těchto případech platí klient. Sekundární kataraktu lze sice léčit buď laserovou Nd:YAG-kapsulotomií, nebo chirurgickou discízi či sukci u proliferativního typu, ale každá z těchto metod má i určitá rizika (amoce sitnice, dislokace nebo poškození IOČ). Nezanedbatelný je i socio-ekonomický aspekt. V prevenci PCO hraje velkou roli především dokonalost provedení operace a výběr vhodného nitroočního implantátu. Jak již bylo výše uvedeno, důležitá je zejména precizní ACCC takového průměru, aby zbytek pouzdra překrýval okraj optické části IOČ, přesná fixace IOČ v pouzdře a zejména co nejdokonalější vyčištění pouzdra od LECs. Nitrooční čočka by měla být z biokompatibilního a adhezivního materiálu, který redukuje proliferaci a migraci LECs svou těsnou adhezí k zadnímu pouzdru. Dále by IOČ měla mít optimální velikost optické části (6 mm) zajišťující dobrý kontakt se zadním pouzdrem i dostatečné přikrytí okrajem přední kapsulorexy bez rušivých zrakových fenoménů. A konečně bylo prokázáno, že ostrý okraj optické i haptické části IOČ má preventivní vliv na migraci LECs. Obecně lze tedy preventivní chirurgické postupy shrnout do tří hlavních bodů: je nutno minimalizovat počet buněk na vnitřní ploše pouzdra čočky a v oblasti ekvatoru, devitalizovat zůstávající LECs a/nebo jim zamezit migraci do oblasti osy vidění. Precizní provedení operace a implantace kvalitní IOČ je již samo o sobě jistou prevencí proti PCO. O zkušenostech s dalšími „nadstandardními“ metodami u nás referovali např. Bodnár (1) nebo Novák a Vítková (12, 15). U všech těchto postupů je třeba dbát i na bezpečnost, zejména zda nedochází k zvýšenému riziku poškození citlivých nitroočních struktur.

Cílem naší práce je posoudit vliv ošetření zadního pouzdra pulzou BSS (AquaLase, Inifiniti, Alcon) na vznik a rozvoj PCO a zároveň ověřit, zda tento postup nepoškozuje rohovkové endoteliální buňky. Porovnáním hustoty endoteliálních buněk a hodnot pachymetrie před a po operaci jsme nezjistili statisticky významný rozdíl úbytku endoteliálních buněk ani změn tloušťky rohovky mezi oběma očima a tím jsme prokázali vysokou bezpečnost použití této metody. Nezanedbnatelné jsou ani vyšší výskyt per- nebo pooperačních komplikací.

Závěrem lze tedy konstatovat, že použití metody AquaLase k ošetření zadního pouzdra při operaci katarakty nezvyšuje riziko poškození rohovkových endoteliálních buněk. Preventivní účinek AquaLase proti vzniku sekundární katarakty je ještě nutno prokázat dlouhodobým sledováním.

Podpořeno výzkumným záměrem MZO 001179906.

## LITERATURA

1. Bodnár, M., Vácha J.: Zadní kapsulorexy (PCCC) jako rutinní výkon u operace katarakty? Sborník abstrakt XI. Výročního sjezdu ČOS, 2003: 43.
2. Buratto, L.: Phacoemulsification. Principles and Techniques. Thorofare, NJ, Slack, 1998: s. 3–21.
3. Fine, I.H., Packer, M., Hoffman, R.S.: New phacoemulsification technologies. J Cataract Refract Surg., 28, 2002: 1054–1060.
4. Fine, I.H., Packer, M., Hoffman, R.S.: Power modulations in new phacoemulsification technology: improved outcomes. J Cataract Refract Surg., 30, 2004: 1014–1019.
5. Gimbel, H.V.: Divide and conquer nucleofractis phacoemulsification: development and variations. J Cataract Refract Surg., 17, 1991: 28–29.
6. Hoffman, R.S., Fine, I.H., Packer, M.: New phacoemulsification technology. Curr Opin Ophthalmol., 16, 2005: 38–43.
7. Jirásková N., Rozsival, P.: Metody hodnocení zkalení zadního pouzdra po operaci katarakty. Čes. a Slov. Oftal., 60, 2004, 2: 155–157.
8. Jirásková, N., Rozsival, P.: Phacoemulsification parameters: Series 20000 Legacy Versus Legacy with AdvanTec software and NeoSonix handpiece. J Cataract Refract Surg., 30, 2004: 144–148.
9. Jirásková N., Kadlecová J., Rozsival P. et al.: Comparison of the effect of the AquaLase and NeoSonix on the corneal endothelium. J Cataract Refract Surg., 34, 2008: 377–382.
10. Nekolová, J., Pozlerová, J., Jirásková, N. et al.: Comparison of posterior after two different surgical methods of cataract extraction. Am J Ophthalmol., 145, 2008:493–498.
11. Nekolová, J., Pozlerová, J., Jirásková, N. et al.: Opacity zadního pouzdra i pacientů s diabetes mellitus 2. typu. Čes. a Slov. Oftal., 64, 2008, 5: 193–196.
12. Novák, J.: Perfect Capsule – první zkušenosti. Sborník abstrakt 3. bilat. Česko-Slov. oftalmolog. symposia, 2005: 84–85.
13. Mackool, R.J.: Incision burns. J Cataract Refract Surg., 29, 2003: 233–235.
14. Pozlerová, J., Nekolová, J., Jirásková, N. et al.: Porovnání opacit zadního pouzdra u dvou typů implantovaných umělých nitroočních čoček. Čes. a Slov. Oftal., 63, 2007, 1: 42–47.
15. Vítková, E., Došková, H., Vysloužilová: Peroperační použití MiVella Perfect Capsule<sup>TM</sup> v prevenci sekundární katarakty. Sborník abstrakt 3. bilat. Česko-Slov. oftalmolog. symposia, 2005: 86.

Doc. MUDr. Nada Jirásková, Ph.D.  
Oční klinika LF UK a FN  
Sokolská 581  
500 05 Hradec Králové  
e-mail: jirasnad@fnhk.cz

Do redakce doručeno dne 12. 1. 2008  
Do tisku přijato dne 19. 5. 2009

# Evaluation of posterior capsule opacification after cataract surgery using Liquifaction Method

1. M KALFERTOVA,
2. M BUROVA,
3. J NEKOLOVA,
4. N JIRASKOVA,
5. P ROZSIVAL

Article first published online: 11 AUG 2011

DOI: 10.1111/j.1755-3768.2011.254.x

2011 Acta Ophthalmologica

Issue



## Acta Ophthalmologica

Special Issue: Abstracts from the 2011 European Association for Vision and Eye Research Conference

Volume 89, Issue Supplement s248. (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-3768.2011.issue-s246/issuetoc>) page 0, September 2011

### Author Information

Dep. of Ophthalmology, Medical Faculty and University Hospital, Charles University, Hradec Kralove

### Publication History

1. Issue published online: 11 AUG 2011
2. Article first published online: 11 AUG 2011

- Abstract
- [Cited By\(citedby\)](#)

## Abstract

**Purpose** Posterior capsule opacification (PCO) is still one of the most common complication following cataract surgery with IOL implantation. We evaluate the extent of PCO after cataract surgery - torsional phacoemulsification and Liquifaction method removal of the epithelial cells (right eye) and torsional phacoemulsification (left eye). For PCO quantification we use two types of software.

**Methods** In our prospective clinical study we examine patients 3, 6, 12 and 24 months after surgery, digital retroillumination photographs of the anterior segment, pachymetry, endothelial cell count (ECC) and best corrected visual acuity (BCVA) are obtained. For evaluation of PCO we use EPCO 2000 software (Evaluation of Posterior Capsule Opacification) and OSCA software (Open-Access Systematic Capsule Assessment).

**Results** The BCVA two years postoperatively is  $0.896 \pm 0.13$  (right eye),  $0.883 \pm 0.16$  (left eye). Nd-YAG laser capsulotomy one year after surgery underwent one patient (both eyes) and one patient two years postoperatively (right eye). EPCO results - right eye:  $0.260 \pm 0.198$  (3M);  $0.259 \pm 0.173$  (6M);  $0.308 \pm 0.19$  (12M);  $0.419 \pm 0.252$  (24M), left eye:  $0.279 \pm 0.170$  (3M);  $0.280 \pm 0.153$  (6M);  $0.333 \pm 0.197$  (12M);  $0.480 \pm 0.313$  (24M) OSCA results - right eye:  $0.599 \pm 0.240$  (3M);  $0.605 \pm 0.333$  (6M);  $0.598 \pm 0.256$  (12M);  $0.655 \pm 0.402$  (24M), left eye:  $0.627 \pm 0.403$  (3M);  $0.635 \pm 0.360$  (6M);  $0.629 \pm 0.328$  (12M);  $0.654 \pm 0.452$  (24M).

**Conclusion** The Liquifaction method is save for ocular tissue. One year after surgery most cases of PCO is graded as minimal. Supported in part by Charles University Grant Agency, No. 103809



# Metoda Aqualase – vliv na vznik sekundární katarakty a její bezpečnost

Předneseno ve zkrácené formě na XVIII. Výročním sjezdu ČOS, 25. 9. 2010, Teplice

## SOUHRN

**Cíl:** Sledovat vliv metody Aqualase použité k dočištění zadního pouzdra při operaci katarakty na vznik opacit zadního pouzdra a ověřit bezpečnost této metody pro rohovkový endotel.

**Metodika:** Naše studie je prospektivní. Do sledovaného souboru byli zařazeni pacienti s oboustrannou kataraktou operovaní na Oční klinice FN Hradec Králové v období od září 2007 do března 2009, kteří splnili kritéria k zařazení do studie (50 pacientů).

V průběhu operace byla torzní fakoemulzifikace a bimanuální irigace/aspirace na pravém oku doplněna pulsy BSS (Balanced Salt Solution) – metoda Aqualase (Alcon Laboratories, Forth Worth, Texas, USA). Do obou očí byla implantována nitrooční čočka AcrySof SA60AT. Do studie byli vybráni pacienti bez dalších vážných očních onemocnění, která by ovlivňovala pooperační zrakovou ostrost. Pacienti měli vždy operováni obě oči tím samým operátorem. Všichni pacienti byli vyšetřeni předoperačně a 3, 6 a 12 měsíců po operaci. Při každém vyšetření byla hodnocena nejlepší korigovaná zraková ostrost (NKZO), hustota endotelových buněk (ECC), pachymetrie rohovky, pooperačně byla při každém sezení pořizována digitální fotografie předního segmentu oka se zaměřením na zadní pouzdro v retroiluminaci. Následně byla pořízená fotodokumentace hodnocena programy k objektivizaci stupně opacit zadního pouzdra (PCO) – EPCO 2000 a OSCA.

**Výsledky:** NKZO byla u všech pacientů 0,8 a lepší. Průměrná hodnota PCO indexu byla ve sledovaných obdobích (3, 6 a 12 měsíců) na OP  $0,260 \pm 0,198$ ;  $0,259 \pm 0,173$ ;  $0,308 \pm 0,191$ ; na OL  $0,279 \pm 0,170$ ;  $0,280 \pm 0,153$ ;  $0,333 \pm 0,197$ . Průměrná hodnota OSCA score ve sledovaných obdobích byla na OP  $0,599 \pm 0,240$ ;  $0,605 \pm 0,333$ ;  $0,598 \pm 0,256$ ; na OL  $0,627 \pm 0,403$ ;  $0,635 \pm 0,357$ ;  $0,541 \pm 0,328$ . U jednoho pacienta byla po roce od operace provedena Nd-YAG laserová kapsulotomie na oku pravém. Pooperační změny ECC a pachymetrie nebyly statisticky významné.

**Závěr:** V naší studii jsme při použití obou metod ve všech sledovaných obdobích zaznamenali pouze minimální hodnoty opacit zadního pouzdra. U výsledků hodnocení PCO softwarem EPCO 2000 i OSCA jsme ve všech sledovaných obdobích nezjistili statisticky významný rozdíl. Sledováním ECC a pachymetrie jsme prokázali, že metoda Aqualase je bezpečná.

**Klíčová slova:** opacit zadního pouzdra, metoda Aqualase, software EPCO 2000, OSCA

## SUMMARY:

**Aqualase Method – Influence to the Secondary Cataract Appearance and its Safety**

**Purpose:** To study effect of Aqualase method used for final management of posterior capsule during cataract surgery on the posterior capsule opacification (PCO) and to verify safety of this method for the eye tissue.

**Methods:** The prospective clinical study involving 50 patients (100 eyes) with bilateral cataract having lens removal at the Department of Ophthalmology, University Hospital Hradec Králové in the period from September 2007 to March 2009. During the surgery was lens removed using torsional phacoemulsification and bimanual irrigation/aspiration. Cleaning of the posterior capsule of the right eye was performed using Aqualase method. All patients were examined pre-operatively and 3, 6 and 12 months after surgery. Each examination covered best corrected visual acuity (BCVA), endothelial cell count (ECC), corneal pachymetry and digital retroillumination photographs of the anterior segment focused on the posterior capsule were obtained. The Evaluation of Posterior Capsule Opacification (EPCO 2000) software and the Open-Access Systematic Capsule Assessment (OSCA) system were used for PCO evaluation.

**Results:** BCVA was 0.8 in all patients. Average value for PCO index was in 3, 6 and 12 months postoperatively for right eye  $0.260 \pm 0.198$ ;  $0.259 \pm 0.173$ ;  $0.308 \pm 0.191$ ; for left eye  $0.279 \pm 0.170$ ;  $0.280 \pm 0.153$ ;  $0.333 \pm 0.197$ . Average value for OSCA score was for right eye  $0.599 \pm 0.240$ ;  $0.605 \pm 0.333$ ;  $0.598 \pm 0.256$ ; for left eye  $0.627 \pm 0.403$ ;  $0.635 \pm 0.357$ ;  $0.541 \pm 0.328$ . Nd-YAG capsulotomy was performed in one right eye one year after surgery.

Kalfeřtová M., Burova M.,  
Jirásková N., Nokolová J.,  
Rozsival P.

Oční klinika Lékařské fakulty Univerzity  
Karlovy a Fakultní nemocnice,  
Hradec Králové,  
přednosta prof. MUDr. Pavel Rozsival,  
CSc., FEBO

✉ Do redakce doručeno dne 8. 8. 2011

🖨 Do tisku přijato dne 1. 12. 2011

MUDr. Marie Kalfeřtová  
Oční klinika  
Fakultní nemocnice Hradec Králové  
Sokolská 581  
500 05 Hradec Králové  
e-mail: majka.l@centrum.cz



Pachymetry and ECC results show that the method Aqualase is safe for corneal endothelium.

**Conclusion:** One year after surgery, most cases of PCO were graded as minimal by both software's of analysis. The results were not statistically significant. Pachymetry and ECC results show that the Aqualase method is safe for corneal endothelium.

**Key words:** posterior capsule opacification, Aqualase method, software EPCO 2000, OSCA

Čes. a slov. Oftal., 67, 2011, No. 5-6, p. 150-153

## ÚVOD

Problematika vzniku sekundární katarakty stojí v popředí současného oftalmologického výzkumu. Vznik opacit zadního pouzdra (PCO – z anglického Posterior Capsular Opacification) je nejčastější komplikací moderní kataraktové chirurgie s incidencí 20–50 % (1, 3, 14). Sekundární katarakta vede ke snížení zrakové ostrosti a její léčba může být doprovázena dalšími komplikacemi jako je poškození nitrooční čočky nebo její subluxace, vznik cystoidního makulárního edému, rhytmogenní amoce sítnice, zvýšení nitroočního tlaku nebo vznik pooperační endoftalmitidy (4, 13). Na vzniku PCO se po operaci katarakty podílí řada faktorů, z nichž některé ovlivnit nemůžeme, jiné ale ano. Mezi těžko ovlivnitelné až neovlivnitelné faktory patří věk a rasa pacienta a jeho oční i celkové choroby (11). Mezi ovlivnitelné faktory patří především operační technika, precizní přední cirkulární kontinuální kapsulorexe a důkladné očištění pouzdra od buněk zárodečného epitelu, dále typ čočky (velikost, tvar, okraj optické části, tvar haptické části) a materiál implantované nitrooční čočky (8, 12).

V naší práci jsme sledovali vliv metody Aqualase, která byla využita k dočištění zadního pouzdra čočky na oku pravém.

Metoda Aqualase využívá pulsy irigačního roztoku BSS o teplotě 57 °C. Pulsy tohoto roztoku jsou v nitroočních tkáních (díky vysokému obsahu vody) rychle tlumeny, čímž se snižuje riziko jejich poškození. Aqualase je také bezpečná díky speciální koncovce, která má obly hrot vyrobený z měkkého polymeru. Tím se snižuje riziko ruptury zadního pouzdra, a proto je možno touto metodou zadní pouzdro důkladně očistit od buněk zárodečného epitelu a zbytků čočkových hmot (6, 7, 8, 10).

V současné době máme k dispozici množství metod k vyšetření stupně zkalení zadního pouzdra. Metody můžeme rozdělit podle míry subjektivního zásahu do hodnocení vyšetřujícím na subjektivní a objektivní.

Nejčastěji se používají metody subjektivně – objektivní, kde je spojeno subjektivní hodnocení a počítačové zpracování digitální fotografie.

Prozatím žádná z používaných metod nebyla vyhodnocena jako nejlepší pro sledování opacit zadního pouzdra. Pro hodnocení PCO jsou ale nejvhodnější metody, u nichž je subjektivní vklad vyšetřujícího buď zcela eliminován, nebo snížen na nejnižší možnou míru. Metoda by měla být dostatečně citlivá a specifická. Důležitá pro hodnocení je i kvalita pořízené digitální fotodokumentace s maximálním vyloučením možných artefaktů (2, 9).

## SOUBOR A METODIKA

Do souboru bylo zařazeno 50 pacientů (100 očí), kteří byli operováni na Oční klinice FN Hradec Králové v období od září 2007 do března 2009. Kritériem pro zařazení pacientů do studie byla oboustranná katarakta, absence dalších očních onemocnění, která by ovlivňovala pooperační zrakovou ostrost, a souhlas pacienta se zařazením do studie.

Všechny pacienty operovali dva operatři, kteří mají stejnou operační techniku, obě oči jednoho pacienta operoval jeden chirurg.

K odstranění katarakty byla použita torzní fakoemulzifikace a irigace a aspirace čočkových hmot, na pravém oku bylo zadní pouzdro ošetřeno pulsy BSS pomocí koncovky Aqualase.

Abychom mohli posoudit bezpečnost metody Aqualase na nitrooční tkáni, sledovali jsme u pacientů v souboru hodnoty rohovkové pachymetrie, počet endotelových buněk a výskyt možných peroperačních i pooperačních komplikací. Předoperačně jsme u pacientů sledovali nejlepší korigovanou zrakovou ostrost na Snellenových optotypech, pachymetrii a počet endotelových buněk.

Pooperačně byli pacienti vyšetřováni 3, 6 a 12 měsíců od operace, při každém sezení byla pořízena digitální fotografie předního segmentu oka se zaměřením na zadní pouzdro. Ná-

sledně jsme pořízenou fotodokumentaci ze všech pooperačních vyšetření hodnotili subjektivně objektivní metodou EPCO 2000 a objektivním systémem OSCA.

## VÝSLEDKY

Bylo vyšetřeno 50 pacientů (34 žen, 16 mužů). Průměrný věk pacientů v době operace byl 69,66 ± 9,1 let (ženy 70,68 ± 7,5 let, muži 67,5 ± 11,5 let). Peroperačně ani pooperačně nebyly zaznamenány žádné komplikace.

Nejlepší korigovaná zraková ostrost byla ve všech sledovaných obdobích na obou očích 0,8 a lepší. Průměrné hodnoty pachymetrie byly předoperačně na OP 568,44 ± 43,0 μm na OL 562,18 ±

Tab. 1. Hodnoty pachymetrie (μm)

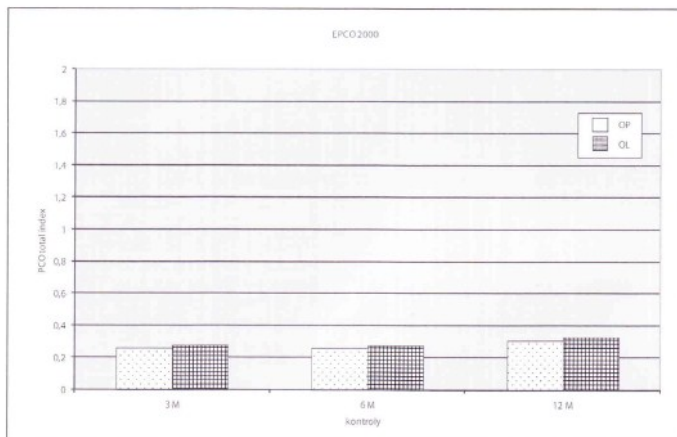
	předoperačně	pooperačně
OP	568,44 ± 43,0	560,7 ± 43,0
OL	562,18 ± 9,0	561,2 ± 43,4

Tab. 2. Hodnoty ECC (počet buněk/mm<sup>2</sup>)

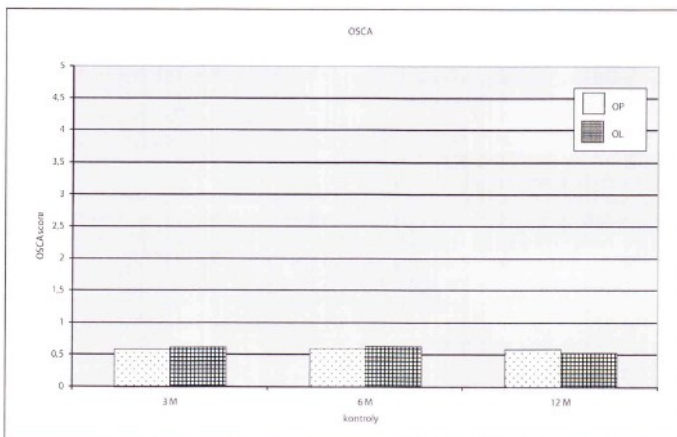
	předoperačně	pooperačně
OP	2561,84 ± 79,5	2369,5 ± 412,4
OL	2570,0 ± 32,5	2408,4 ± 421,8

9,3 μm, 3 měsíce po operaci na OP 560,7 ± 43,0 μm na OL 561,2 ± 43,4 μm (tab.1). Průměrné hodnoty ECC byly předoperačně na OP 2561,84 ± 79,5 buněk/mm<sup>2</sup>, na OL 2570,0 ± 32,5 buněk/mm<sup>2</sup>, 3 měsíce po operaci na OP 2369,5 ± 412,4 buněk/mm<sup>2</sup>, na OL 2408,4 ± 421,8 buněk/mm<sup>2</sup> (tab. 2).

Průměrná hodnota celkového PCO indexu byla ve sledovaných obdobích (3, 6 a 12 měsíců) na OP 0,260 ± 0,198; 0,259 ± 0,173; 0,308 ± 0,191; na OL 0,279 ± 0,170; 0,280 ± 0,153; 0,333 ± 0,197 (graf 1). Průměrná hodnota OSCA score ve sledovaných obdobích byla na OP 0,599 ± 0,240; 0,605 ± 0,333; 0,598 ± 0,256; na OL 0,627 ± 0,403; 0,635 ± 0,357; 0,541 ± 0,328 (graf 2). U jednoho pacienta byla rok po operaci provedena Nd-YAG laserová kapsulotomie na oku pravém. Bezpečnost metody Aqualase pro nitrooční tkáni jsme hodnotili dle pachymetrie rohovky, počtu endotelových buněk a výskytu peroperačních a pooperačních komplikací. Naše studie prokázala bezpečnost této metody.



Graf 1. Výsledky EPCO 2000



Graf 2. Výsledky OSCA

## DISKUSE

Snaha o minimalizaci vzniku opacit zadního pouzdra, které jsou v současné době nejčastější komplikací po operaci šedého zákalu, má své medicínské i ekonomické důvody.

Sekundární katarakta vede ke snížení zrakové ostroty, a tím k omezení pacienta. Léčba této komplikace, ať už pomocí Nd-YAG laserové kapsulotomie nebo sukci či discizí zadního pouzdra, může být doprovázena závažnými komplikacemi (zvýšení nitroočního tlaku, cystoidní makulární edém, zvýšení rizika amoce sítnice, infekční komplikace, poškození optické části implantované nitrooční čočky či její subluxace). Řešení sekundární ka-

tarakty zatěžuje pacienty, kteří jsou většinou staršího věku, je i finančně náročná pro zdravotnické systémy v rozvinutých zemích a v rozvojových částech světa ani není léčba pacientům dostupná (13).

Na vznik PCO má vliv řada faktorů, které jsme již jmenovali výše. Metoda AquaLase je jednou z možností k odstranění katarakty u Infinity Vision System (Alcon). Další jsou klasická ultrazvuková fakoemulzifikace, NeoSonix a torzní fakoemulzifikace (Ozil). AquaLase je šetrná díky tomu, že využívá pulsy BSS o teplotě 57 °C, které jsou v nitroočních tkáních s vysokým obsahem vody rychle tlumeny, zároveň odpadá riziko tepelného poškození tkání. Bezpečnost této metody jsme ověřili naším sledováním a vyplývá to i z publikací dalších autorů (5, 6, 7, 8).

Jedinou nevýhodou metody AquaLase je, že je méně účinná pro tvrdá jádra (8).

Sekundární katarakta může být hodnocena mnoha metodami, ale žádná z nich prozatím není obecně uznávána jako zlatý standard, tzn. že by byla objektivní, snadno reprodukovatelná, dostupná, dostatečně citlivá a zohledňovala i vliv opacit na vidění (9). Žádná z metod prozatím není schopna hodnotit pouzdra po laserové YAG – kapsulotomii, což samozřejmě vede ke zkreslení výstupů měření.

V naší práci byly ke kvantifikaci PCO použity dvě metody – subjektivně-objektivní EPCO 2000 (Evaluation of Posterior Capsule Opacification, Tetz MR, Berlin, Germany) – (15) a objektivní OSCA systém (Open-Access Systematic Capsule Assessment, Aslam, Edinburgh, UK) – (2).

Program EPCO 2000 byl představen v roce 1997 prof. Tetzem, je to metoda subjektivně-objektivní – rozsah a stupeň opacit určuje vyšetřující, planimetrická morfologická. Opacity mohou být v tomto programu rozděleny do čtyř stupňů od minimálních až po hutné. Výsledky pak program zhodnotí v podobě EPCO indexů pro jednotlivé stupně opacit a celkového EPCO indexu, který nabývá hodnot od 0 do 4 (15).

OSCA je metoda objektivní, která zohledňuje opacity, které jsou blíže k centru optické části čočky a které mají větší vliv na zrakovou ostrot. Tento systém je založen na tzv. texture analysis. Díky tomu, že jsou pořizovány dvě fotografie z různých úhlů tak, aby světlý odlesk byl na různých místech čočky, je eliminováno toto možné zkreslení. Tím se dosahuje větší přesnosti metody a umožňuje zhodnotit opacity a přiřadit jim OSCA score (nabývá hodnot 0–15). Opacity, které nemají vliv na zrakovou ostrot nebo mají pouze minimální vliv, jsou hodnoceny nižší hodnotou než hodnoty v centru (2).

## ZÁVĚR

V naší studii jsme při použití obou metod ve všech sledovaných obdobích zaznamenali pouze minimální hodnoty opacit zadního pouzdra, u jednoho pacienta byla po roce od operace provedena Nd-YAG laserová kapsulotomie na oku pravém. Rozdíl mezi OP, kde bylo ZP dočištěno metodou AquaLase a OL bez dočištění není statisticky významný ve všech sledovaných obdobích při hodnocení softwarem EPCO 2000 i OSCA.

Jsmo si vědomi, že jsme sledovali pacienty v poměrně krátkém časovém období od operace a samozřejmě pacienty sledujeme i nadále.



Bezpečnost metody AquaLase pro nitrooční tkáně jsme hodnotili dle pachymetrie rohovky, počtu endotelových buněk a výskytu peroperačních a poope-

račních komplikací. U pacientů v souboru jsme nezaznamenali žádné peroperační nebo pooperační komplikace. Naše studie prokázala v souladu s jinými

autory bezpečnost této metody (5, 9).

**Práce podpořena grantovým projektem GAUK č.103 809**

## LITERATURA

1. Apple, DJ., Salomon, KD., Tetz, MR., et al.: Posterior capsular opacification, *Surv. Ophthalmol.* 1992; 32: 73–115.
2. Aslam, TM., Patton, N., Rose, ChJ.: OSCA: a comprehensive open-access system of analysis of posterior capsular opacification, *BMC Ophthalmol.* 2006; 23: 30.
3. Barman, AS., Hollick, JE., Boyce, FJ., et al.: Quantification of posterior capsular opacification in digital images after cataract surgery, *IOVS*, 2000; 41, 12: 3882–3892.
4. Camparini, M., Macaluso, C., Reggiani, L., et al.: Retroillumination versus Reflected-Light Images in the photographic assessment of posterior capsule opacification, *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 2000; 41: 3074–3079.
5. Hu, V., Hughes, EH., Patel, N., et al.: The effect of aqualase and phacoemulsification on the corneal endothelium, *Cornea*, 2010; 29, 3: 247–50.
6. Jirásková, N., Kadlecová, J., Rozsival, P., et al.: Comparison of the effect of AquaLase and NeoSonix phacoemulsification on the corneal endothelium, *J Cataract Refract Surgery*, 2008; 34: 377–382.
7. Jiraskova, N., Rozsival, P., Kadlecova, J., et al.: AquaLase VERSUS NeoSonix – a comparison study, *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc*. 151, 2007, 2: 311–314.
8. Jirásková, N., Rozsival, P., Ludvíková, M., et al.: Vliv AquaLase na rohovkové endotelální buňky, *Ces. a slov. Oftalmol.* 2009; 65, 4: 139–142.
9. Jirásková, N., Rozsival, P.: Metody hodnocení zkalení zadního pouzdra po operaci katarakty, *Ces. a slov. Oftalmol.* 2006; 60, 2: 155–157.
10. Nekolova, J., Jiraskova, N., Pozlerova, J., et al.: Three-year follow-up of posterior capsule opacification after AquaLase and NeoSonix phacoemulsification, *Am J Ophthalmol*, 148, 2009, 3: 390–395.
11. Nekolová, J., Pozlerová, J., Jirásková, N., et al.: Opacity zadního pouzdra u pacientů s diabetes mellitus 2. typu, *Ces. a slov. Oftalmol.* 2008; 64: 193–196.
12. Pozlerová, J., Nekolová, J., Jirásková, N., et al.: Hodnocení opacit zadního pouzdra u různých typů umělých nitroočních čoček, *Ces a Slov Oftalmol.* 2009; 65: 1: 12–15.
13. Spalton, JD.: Posterior capsular opacification after cataract surgery, *Eye*, 1999; 13: 489–492.
14. Sundelin, K., Lundström, M., Stenevi, U.: Posterior capsule opacification: comparison between morphology, visual acuity and self – assessed visual function, *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 2006; 84, 5: 667–673.
15. Tetz, MR., Auffarth, GU., Sperker, M., et al.: Photographic image analysis system of posterior capsule opacification, *J Cataract Refract Surg.* 1997; 23: 1515–1520.