

Univerzita Karlova v Praze
Lékařská fakulta v Hradci Králové

DISERTAČNÍ PRÁCE

Alexandr Stepanov

2016

**Univerzita Karlova v Praze
Lékařská fakulta v Hradci Králové**

Doktorský studijní program
Oční lékařství

**Výzkum sekundární katarakty, možnosti její prevence volbou
operační techniky a nitroočních implantátů**

**Research of the secondary cataract, the possibilities of it's prevention by the choice of
surgical techniques and intraocular implants**

MUDr. Alexandr Stepanov

Školitel: Prof. MUDr. Naďa Jirásková, Ph.D., FEBO

Hradec Králové, 2016

Obhajoba dne:
(doplň studijní odd.)

Prohlášení:

Prohlašuji tímto, že jsem doktorskou disertační práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje. Zároveň dávám souhlas k tomu, aby tato práce byla uložena v Lékařské knihovně Lékařské fakulty UK 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, 2016

Poděkování

Děkuji prof. MUDr. Nadě Jiráskové, Ph.D, FEBO za odborné vedení při vypracovávání mé disertační práce, za cenné rady a připomínky v průběhu studia.

Děkuji svému otci za psychickou podporu během doktorského studia a tuto práci mu věnuji.

Seznam použitých zkratk

AqL	AquaLase
aSMA	Alfa aktin hladkého svalu
b-FGF	Basic fibroblast growth factor
BSS	Balanced salt solution
CTGF	Růstový faktor pojivové tkáně
D (dpt)	Dioptrie
EPCO	Evaluation of posterior capsule opacification
FGF	Fibroblastový růstový faktor
FHL 124	Fetal human lens 124
IOL	Nitrooční čočka (intaocular lens)
HGF	Hepatocyte growth factor
NKZO	Nejlepší korigovaná zraková ostrost
NsX	NeoSoniX
PAX2	Paired box protein 2
PAX6	Paired box protein 6
PCO	Opacifikace zadního pouzdra (posterior capsule opacification)
PMMA	Polymetylmetakrylát
SHH	Sonic Hedgehog
SO	Směrodatná ochylka
SPARC	Secreted protein acidic and rich in cysteine
TGFb	Transformující růstový faktor beta
ZP	Zadní pouzdro

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	5
ABSTRAKT	7
1. ÚVOD.....	9
2. CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE	23
3. TEORETICKÁ ČÁST	24
3.1 ANATOMICKÉ PŘEDPOKLADY VZNIKU SEKUNDÁRNÍ KATARAKTY	24
3.2. EXPERIMENTÁLNÍ METODY VÝZKUMU	25
3.3. REGULACE A FUNKCE BUNĚK	25
3.3.1 <i>Růstové faktory</i>	25
3.3.2. <i>Extracelulární matrix</i>	26
3.4. LÉČBA A PREVENCE PCO	27
3.4.1. <i>Role zánětu</i>	27
3.4.2. <i>Chirurgické pokroky v prevenci PCO</i>	27
3.5. FAKOEMULSIFIKAČNÍ TECHNIKY	30
OZIL - TORZNÍ FAKOEMULZIFIKACE	30
3.6. DESIGN UMĚLÝCH NITROOČNÍCH ČOČEK	30
3.6.1 <i>Optická část</i>	31
3.6.2. <i>Haptická část</i>	31
3.6.3. <i>Spojení optické a haptické části</i>	32
3.7. MATERIÁLY UMĚLÝCH NITROOČNÍCH ČOČEK.....	32
3.7.1 <i>Akrylát</i>	33
3.7.2. <i>Silikon</i>	34
3.8. METODY HODNOCENÍ PCO:	35
4. KLINICKÁ ČÁST	40
4.1.1. CHARAKTERISTIKA PRVNÍHO SOUBORU (AQUALASE A NEOSONIX)	40
4.1.2. CHARAKTERISTIKA DRUHÉHO SOUBORU (OZIL)	40
4.2. METODIKA	41
4.3. STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT	46
4.4. VÝSLEDKY	46
5. DISKUZE	52
6. ZÁVĚR	55
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	57
SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ	58
SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	59
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	60
PŘÍLOHY	69

Abstrakt

Cíl: Zhodnotit a porovnat stupeň opacifikací zadního pouzdra čočky (PCO - Posterior Capsule Opacification) u dvou souborů pacientů po operaci katarakty s použitím dvou typů softwaru.

Design: Prospektivní klinické hodnocení.

Metodika: Předoperačně jsme u pacientů vyšetřovali nejlépe korigovanou zrakovou ostrost (NKZO) na Snellenových optotypech, objektivní stav oka na šterbinové lampě, keratometrii a axiální délku bulbu. V prvním souboru byla použita na pravém oku fakoemulsifikační metoda AquaLase, na levém oku metoda NeoSoniX u každého z pacientů s oboustrannou kataraktou. Stejná hydrofobní akrylátová umělá nitrooční čočka (IOL) AcrySof SA60AT (Alcon Laboratories, Fort Worth, Texas, USA) byla implantována do všech očí a hodnocení probíhalo během osmiletého sledování. Ve druhém souboru byla použita metoda torzní fakoemulzifikace OZil a implantována hydrofobně-hydrofilní nitrooční čočka EriFlex 877 FAB (Videris, ČR). Hodnocení druhého souboru proběhlo 1 rok po operaci katarakty.

Kvantifikace PCO byla provedena s využitím subjektivního hodnocení PCO - EPCO 2000 software (Evaluation of Posterior Capsule Opacification) a objektivním hodnocením PCO systémem OSCA (Open-Access Systematic Capsule Assessment) s otevřeným přístupem.

Výsledky: V prvním souboru bylo zhodnoceno 37 pacientů. Osm let po operaci byl průměrný index EPCO 2000 pro metodu AquaLase $0,648 \pm 0,567$ a pro metodu NeoSoniX $0,673 \pm 0,542$ ($P = ,30$). Výsledky OSCA byly pro AquaLase $1,035 \pm 0,952$ a pro NeoSoniX $1,103 \pm 0,741$ ($P = ,44$). Druhý soubor tvořilo 30 pacientů a celkem bylo zhodnoceno 38 očí. Po ročním hodnocení byl průměrný EPCO 2000 index po metodě torzní fakoemulzifikace a po implantaci IOL EriFlex 877 FAB $0,261 \pm 0,12$ ($P = ,63$), výsledky OSCA hodnocení $0,513 \pm 0,241$ ($P = ,71$).

Závěry: Byl zjištěn minimální rozdíl v PCO mezi technikami AquaLase a NeoSoniX během 8 let sledování. Ani AquaLase, ani NeoSoniX nebyla schopna zabránit přirozené progresi PCO. Technika torzní fakoemulzifikace s implantací hydrofobně-hydrofilní nitrooční čočky měla dobré výsledky z hlediska výskytu PCO a nejlépe korigované zrakové ostrosti 1 rok po operaci šedého zákalu.

Summary

Aim: To compare the degree of posterior capsule opacification (PCO) in two groups of patients after cataract surgery using two types of software.

Design: Prospective clinical trial.

Methods: Best corrected visual acuity was evaluated using Snellen optotypes, biomicroscopy of the eye on the slit lamp, keratometry and axial length was measured preoperatively. AquaLase was used in the right eye and NeoSoniX in the left eye of each patient in the first group. The same hydrophobic acrylic artificial intraocular lens AcrySof SA60 (Alcon Laboratories, Fort Worth, Texas, USA) was implanted in all eyes, and evaluation was conducted during eight-year follow-up. Torsional mode (OZil) phacoemulsification was used in the second group and hydrophobic-hydrophilic intraocular lens EriFlex FAB 877 (Videris, CZ) was implanted. Evaluation of the second group was performed 1 year after cataract surgery. PCO quantification was done using a subjective PCO software - EPCO 2000 (Evaluation of Posterior Capsule opacification) and objective system - OSCA (Open-Access Systematic Capsule Assessment) with open access.

Results: Thirty seven patients were analyzed 8 years after cataract surgery in the first group. Mean EPCO 2000 values were for the AquaLase 0.648 ± 0.567 and for the NeoSoniX 0.673 ± 0.542 ($P = 0.30$). The OSCA results were for the AquaLase $1,035 \pm 0,952$ and for the NeoSoniX $1,103 \pm 0,741$ ($P = 0.44$). In the second group 38 eyes of 30 patients were analyzed. Mean EPCO 2000 values for the OZil phacoemulsification and implantation IOL EriFlex FAB 877 were 0.261 ± 0.12 ($P = 63$), OSCA results were 0.513 ± 0.241 ($P = 71$) 1 year after surgery.

Conclusion: There was minimal PCO difference between AquaLase and NeoSoniX. Neither AquaLase nor NeoSoniX technique was able to prevent a natural progression of PCO. Torsion phacoemulsification with implantation of hydrophobic-hydrophilic IOL had good results of PCO incidence and best corrected visual acuity 1 year after cataract surgery.

1. Úvod

Opacifikace pouzdra čočky (sekundární katarakta) zůstává nejčastější dlouhodobou komplikací po operaci katarakty. Po prvním roce od operace se sekundární katarakta vyskytuje u 11 % pacientů, po pěti letech po výkonu až u 28 % operovaných [1, 2]. Následná katarakta má dvě patogenetické formy: fibrózní změny předního a zadního listu pouzdra a regenerační změny ve smyslu novotvořených čočkových hmot. Na zrakovou ostrost mají ovšem vliv pouze opacity nacházející se v optické ose. Kontakt optické části umělé čočky (intraocular lens - IOL) s buňkami čočkového epitelu předního pouzdra vede k jejich diferenciaci na myofibroblasty, které následně způsobují fibrotizaci a kontrakci předního pouzdra. K fibrotizaci zadního pouzdra dochází v důsledku migrace buněk čočkového epitelu z předního listu na zadní, kde rovněž způsobují jeho zašednutí a zvrásnění doprovázené snížením jeho transparence. Na vzniku regeneračního typu sekundární katarakty se podílí proliferace a migrace buněk čočkového epitelu, které zůstaly při operaci v oblasti ekvátoru (tzv. E-buňky). Jednak vytvářejí nové čočkové hmoty podél ekvátoru (Sommeringův prstenec) a jednak migrují mezi zadní list pouzdra a IOL, kde vytvářejí typický obraz Elsnigových perel [3, 4]. Mnoho studií se již pokoušelo identifikovat faktory, jejichž eliminací by se vzniku sekundární katarakty předešlo [5]. V prevenci vzniku sekundární katarakty byl prokázán vliv tvaru a materiálu IOL včetně haptiků a jejich angulace, peroperační i pooperační léčby, použití adičních implantátů a vliv samotné chirurgické techniky operace šedého zákalu. Současným uznávaným preventivním postupem je implantace IOL do pouzdra, použití IOL s ostrými zadními hranami a provedení přední kapsulorhexe tak, aby mírně (až 1mm) přesahovala okraj optické části IOL. Přesto ani poté není vznik komplikací spojených s rozvojem sekundární katarakty vyloučen. [6, 7, 8, 9]. Opacifikace zadního pouzdra (PCO) se obvykle vyvíjí postupně a časem vedou k poklesu zrakové ostrosti. Proto sledování progresu PCO je důležitým faktorem v hodnocení úspěšnosti prevence sekundární katarakty [10]. Od publikace přehledu o PCO v roce 2002 [11] došlo k výraznému pokroku a naše znalosti o mechanismech vzniku a rozvoje PCO se posunuly dále.

1.1. Anatomie oční čočky

Čočka (lens cristallina) je bikonvexní, transparentní struktura, která je významnou součástí optické soustavy oka. Po narození je čočka avaskulární, bez inervace a metabolicky plně závislá na komorové vodě.

Čočka se nachází mezi pigmentovým listem duhovky a přední sklívcovou membránou. Je zavěšena na závěsném aparátu (zonula Zinnii). Jde o velké množství drobných vláken, která se upínají k ekvátoru čočky a začínají na pars plicata corporis ciliaris. Čočka je složena z pouzdra, epitelu, kortexu a jádra. Během celého života čočka stále roste, a přibývá i na hmotnosti. Po narození váží čočka cca 90 mg, ekvatoriálně měří cca 6,4 mm a její největší průměr dosahuje cca 3,5 mm. V dospělosti váha je přibližně 255 mg, ekvatoriální průměr má 9 mm a předozadní průměr 5 mm. S věkem stoupá také index lomu čočky, což je důsledkem přítomnosti většího množství nerozpustných bílkovin [3]. Optická mohutnost čočky je cca 15 až 20 dioptrií, což představuje zhruba třetinu z celkové optické mohutnosti celého oka.

Čočkové pouzdro

Přední čočkové pouzdro tvoří pružná a transparentní bazální membrána čočkového epitelu. Zadní pouzdro bazální membrána nejzevnějších (nejmladších) čočkových vláken vznikajících přeměnou buněk v oblasti ekvátoru čočky. Pouzdro tvoří bílkoviny-glykoproteiny (kolagen typu IV) a sulfátové glykozaminoglykany [3]. Přední pouzdro navíc obsahuje ještě bílkovinu fibronektin, jež hraje úlohu v adhezi buněk a ovlivňuje pravděpodobně konečnou strukturu pouzdra. V zadní části pouzdra je obsažena bílkovina tenascin mající antiadhezivní vlastnosti. Při použití elektronového mikroskopu lze pouze v přední a ekvatoriální části pouzdra rozlišit fibrily organizované do lamel, které jsou nejtenčí v zevní oblasti pouzdra a naopak nejširší v blízkosti epitelových buněk. Lamely hrají roli v elasticitě pouzdra a jsou pravděpodobně produktem metabolismu epitelových buněk. V zevní části má pouzdro vyšší obsah fibril a je méně homogenní. Do ekvatoriální oblasti pouzdra se upínají fibrily zonulárních vláken. Tyto fibrily mají na příčných řezech stejné rozměry jako fibrily ve vnitřní části pouzdra, ale liší se histologicky. Tloušťka čočkového pouzdra je různá v závislosti na věku a lokalizaci. Nejtenčí je pouzdro v oblasti zadního pólu (asi 3 μm) a s věkem se tloušťka snižuje. Přední pouzdro je již po narození silnější a s věkem jeho tloušťka ještě narůstá.

Čočkový epitel

Čočkový epitel se skládá z buněk různého tvaru tvořících jednu vrstvu pod předním čočkovým pouzdrem. V oblasti zadního pouzdra čočky epitelové buňky chybí. V průběhu embryogeneze epitelové buňky v této oblasti byly pozměněny na čočková vlákna. Buňky čočkového epitelu přisedají svými bázemi k pouzdru, které tvoří jejich bazální membránu, a jejich apikální části se dotýkají nejmladších čočkových vláken. Čočkový

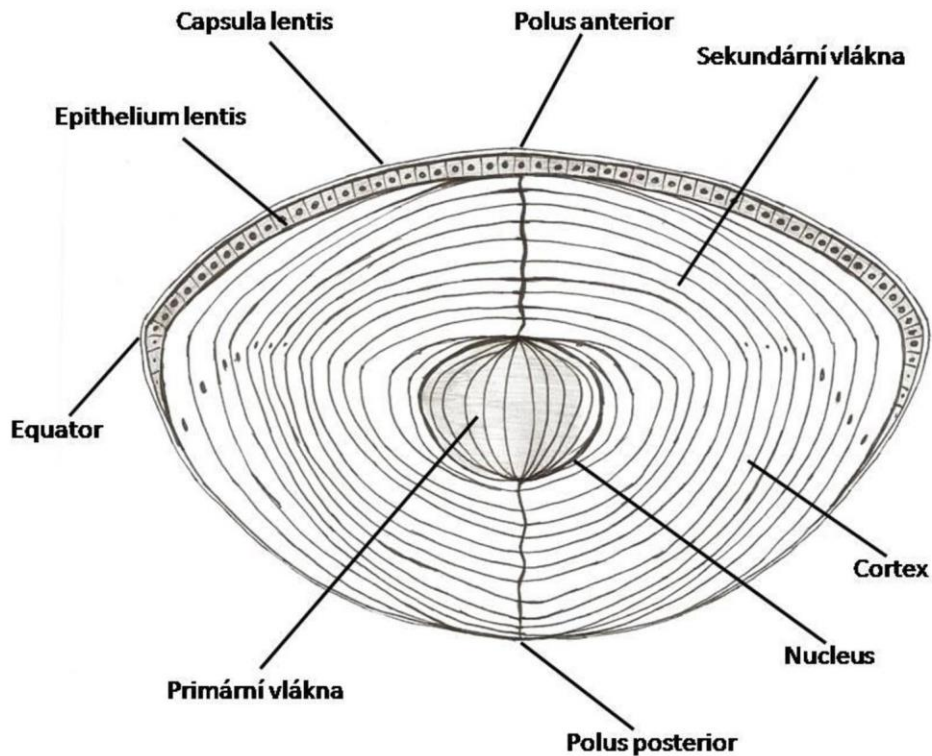
epitel je možné rozdělit do čtyř oblastí: centrální, pregerminativní, perminativní a přechodná-tranziformní.

Centrální zóna tvoří asi 80% epitelu. Za normálních okolností v ní neprobíhají mitózy, buňky nemigrují a nediferencují se v čočková vlákna, proto na nich lze dobře pozorovat proces stárnutí. Pregerminativní zóna představuje přibližně 5% epitelu. Lze v ní zachytit občasné dělení buněk, ale přechod buněk v čočková vlákna je vzácný. Germinativní zóna zahrnuje kolem 10 % epitelu a mitózy jsou zde četné [4]. Obsahuje menší buňky s nejvyšší denzitou a ty se přesouvají do přechodné zóny, ve které probíhá jejich konečná diferenciací. Přechodná (tranziformní) zóna se nachází periferně od germinativní oblasti a zaujímá asi 5% epitelu. Probíhá zde elongace buněk a jejich přeměna na sekundární čočková vlákna.

Čočková vlákna

Čočková vlákna (vláknité buňky, lens fiber cells) lze rozdělit na základě doby jejich vzniku na primární a sekundární. Primární čočková vlákna se diferencují v době embryonálního vývoje z buněk nacházejících se v zadní části očního vřetku. V čočce tyto vlákna vytváří embryonální nukleus a zůstávají celý život. Sekundární čočková vlákna vznikají diferenciací z epitelových buněk tranziformní zóny v průběhu celého života. Na čočce takovým způsobem přibývají další a další vrstvy nových vláken, čímž se čočka neustále zvětšuje. Buňky přechodné zóny se přeměňují v čočková vlákna postupnou ztrátou nitrobuňčných organel a elongací. K prodloužení buněk dochází jak směrem dozadu k zadnímu pólu čočky, tak i dopředu k přednímu pólu, zároveň se tyto buňky otáčejí o 90° kolem své podélné osy. Přední konec vláken se vsunuje mezi předchozí sekundární vlákna a epitelové buňky předního pouzdra a zadní konec mezi sekundární vlákna a epitelové buňky zadního pouzdra. Proces elongace je ukončen ve chvíli, kdy se sekundární čočková vlákna přestanou dotýkat vpředu apikální části epitelových buněk centrální oblasti a vzadu zadního pouzdra. Nově vzniklá vlákna mají hexagonální tvar a délku cca 10 mm.

Obr. 1. Anatomie čočky

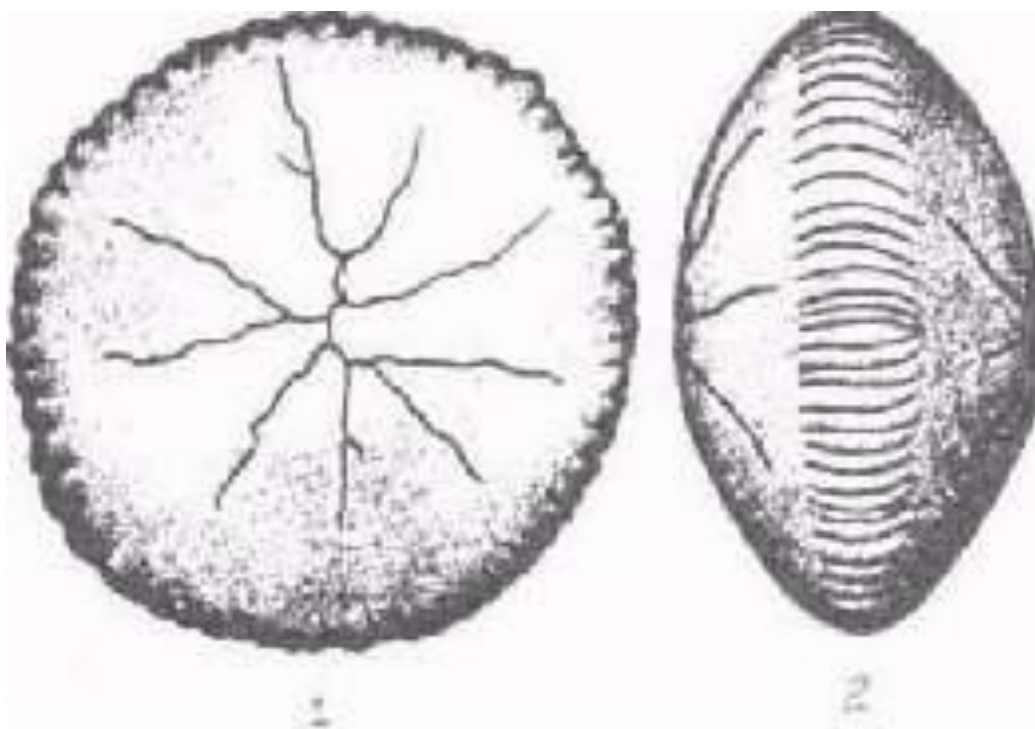


Čočkové švy

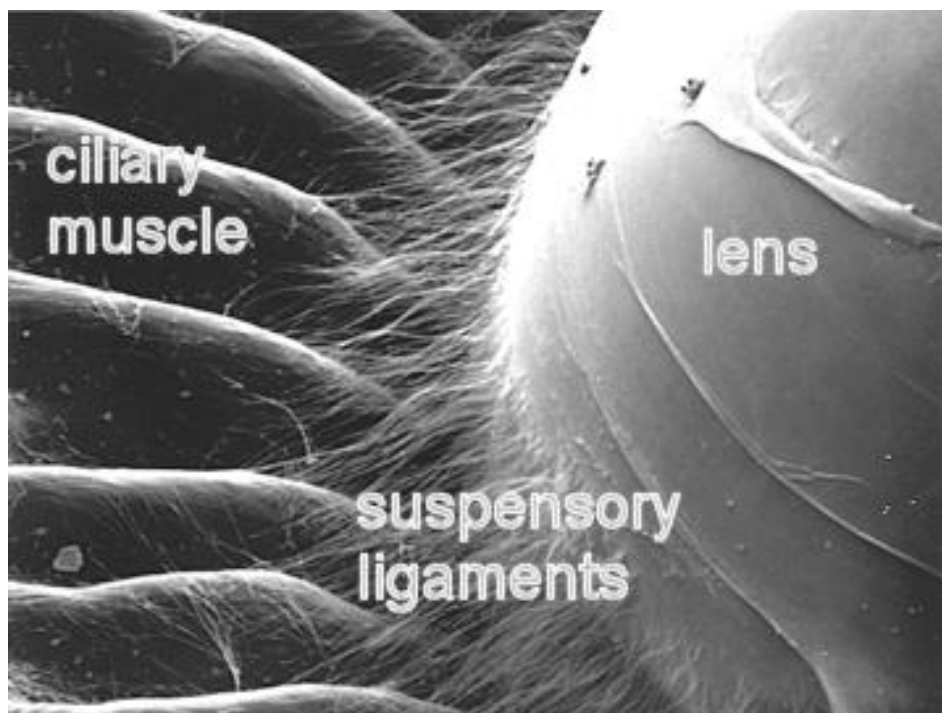
Čočkové švy vznikají koncovým spojením (end to end) dvou typů vláken - vláken esovitých a vláken rovných. Rovná vlákna probíhají podél části meridiánu čočky (spojnice mezi zadním a předním pólem čočky), ale nejsou tak dlouhá, aby jedno vlákno dosáhlo od jednoho pólu k druhému, jeden konec vlákna se nachází tedy v pólu a jeho druhý konec definuje začátek hlavního švu. Během embryonálního vývoje je rovných vláken šest a určují polohu a velikost čočkových švů a oblasti předního a zadního pólu. Každá vrstva vláken má před narozením svůj šev na předním pólu ve tvaru Y a na zadním pólu ve tvaru obráceného Y. Esovitá vlákna vyplňují plochy mezi rovnými vlákny a ani jedním svým koncem nedosahují k pólům čočky. Lze si to představit na sféře tak, že vypadají jako část meridiánu na povrchu této sféry, která nedosahuje k pólům a je zakončena stočením, které na povrchu sféry vytváří písmeno S. V jednotlivých vrstvách se zakončení vláken vzájemně dotýkají „end to end“, v té samé vrstvě nebo mezi sousedními vrstvami se překrývají a vytváří větve čočkových švů.

Tvar švů i jejich větvení se mění v průběhu života - po narození se zvyšuje množství vláken a mění se jejich délka a struktura švů.

Obr. 2. Čočkové švy



Obr. 3. Zonulární vlákna*

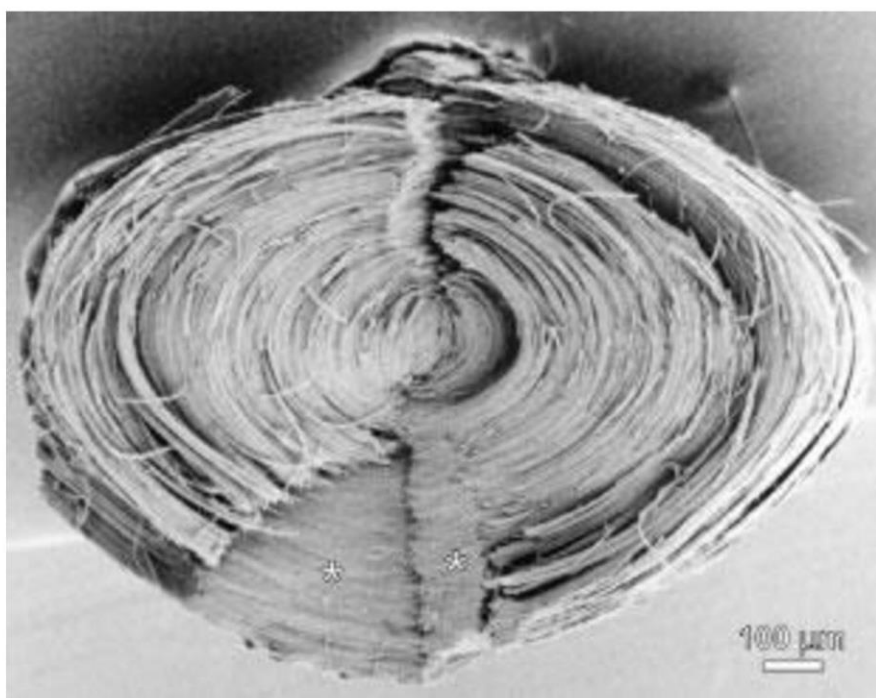


* podle http://umertoor.blogspot.cz/2009_11_01_archive.html

Vlákna závěsného aparátu podílí se na akomodaci a slouží k udržení čočky na svém místě. Jednotlivá zonulární vlákna obsahují elastické fibrily a nekolagenní protein. Zadní část zonuly tvoří systém vláken, jejichž začátek najdeme v oblasti pars plana cca 1,2 mm od ora serrata a končí mezi výběžky řasnatého tělíska na pars plicata. Přední a zadní zonulární vlákna se propojují a upínají se do čočkového pouzdra v oblasti ekvátoru a 2 mm před a 1 mm za ekvator.

Jádro a kortex

Obr. 4. Snímek lidského fetálního jádra, skenovací elektronový mikroskop*



* podle J.R. Kuszak, H.G. Brown. Embryology and anatomy of the lens. The principles and Practice of ophthalmology. Basic sciences, W.B. Saunders, Philadelphia (1994), pp. 82–96

Jádro čočky u dospělého člověka tvoří kolem 84% hmoty čočky a kortex zbývajících 16%. Podle fáze vývoje je jádro možné rozdělit na embryonální, fetální, infantilní a dospělé. V embryonálním jádře jsou pouze primární čočková vlákna, naopak v dalších částech čočky jsou pouze vlákna sekundární, která se během růstu čočky koncentricky přikládají na předchozí vrstvu. Před narozením sekundární vlákna tvoří fetální jádro a vlákna vzniklá v době od narození do čtyř let věku vytvářejí jádro infantilní. Jádro dospělé je pak složeno z vláken sekundárních, která vznikají do konce dospívání.

Epinukleus je název zevní oblasti jádra, která je tvořena vlákny jádra dospělého a infantilního. Perinukleus je oblast mezi dospělým jádrem a hlubokým kortexem.

Kortex je umístěn periferně a skládá se ze sekundárních vláken, která vznikla až v dospělém věku.

1.2. Embryologie oční čočky

První základy oka vznikají v době, kdy mozek je ještě rozložen do plochy ve formě prohlubující se brázdy u embryí se 6-7 prvosegmenty. Při vývoji oka se uplatňuje kaskádovitá exprese genů, aktivovaných interakcí ektodermu s mezodermem. Prospektivní oblastí pro vývoj oka je přední okraj neurální ploténky - přední neurální lišta. V této lokalizaci je exprimován transkripční faktor pro vývoj oka - Paired box protein 6 (PAX6), klíčový gen pro vývoj oka [4]. PAX6 indukuje zpočátku nepárovou prospektivní oční ploténku. Ta se rozdělí působením signálů SHH (Sonic Hedgehog), exprimovaných z prechordální ploténky ve dva základy oka. Ploténka pro základ oka se prohlubuje v jamku. Při uzavírání základu mozku se jamka mění v oční váček, který se vychlípuje laterálním směrem pod povrchový ektoderm. Oční váček se rozšiřuje, a to hlavně kraniálně, takže stopka nasedá blíže ke spodnímu okraji váčku. V párových základech oka SHH stimuluje expresi dalšího genu Paired box protein 2 (PAX2) a tlumí působení PAX6 ve prospěch PAX2. Při vychlípování očního váčku laterálním směrem se exprese PAX2 přesune na jeho stopku, exprese PAX6 na přední okraj očního váčku a po přiblížení očního váčku k povrchu čočky. Interakce očního váčku s okolním mezenchymem a s plotenkou čočky je rozhodujícím faktorem pro další přeměnu očního váčku v oční pohárek a diferenciaci sítnice. Povrchový ektoderm nad váčkem čočky působením PAX6 je determinován v ploténku čočky. V další fázi se oční váček vchlípí do očního pohárku.

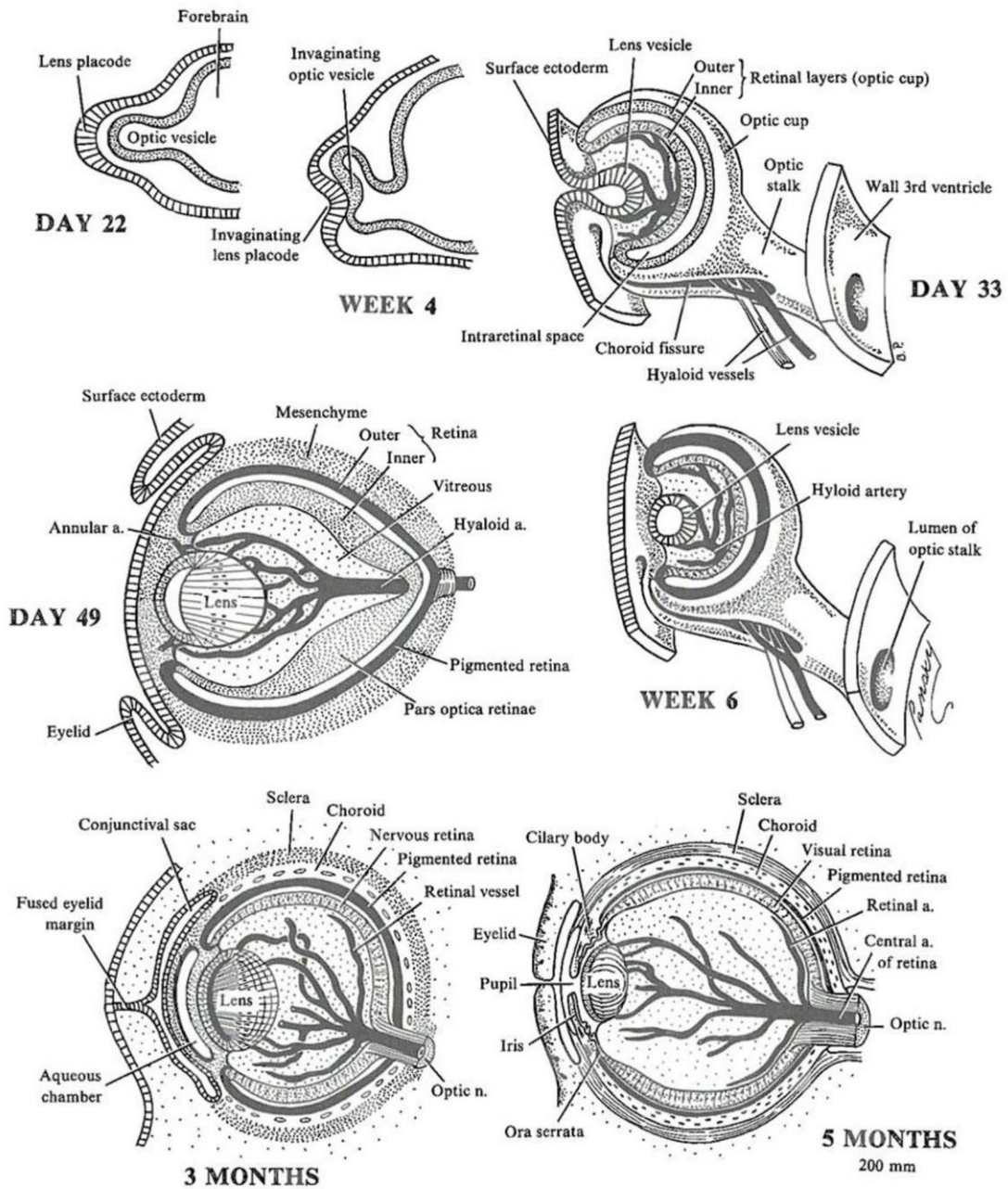
Do dutiny váčku se vchlípí jeho laterální stěna, takže se původní dutina očního váčku zužuje a zvenčí se vchlípováním tvoří dutina nová - dutina očního pohárku. Oční pohárek tím dostává dvojitou stěnu, její zevní vrstvu tvoří původní stěna mediální části váčku, vnitřní vrstvu vchlípená laterální část stěny váčku. Vchlípování očního váčku v oční pohárek přestupuje i na jeho stopku, a to na její spodní stranu. Tím se stopka přemění ve žlábk o dvojitě stěně, otevřený směrem dolů. Do žlábků vniká mezenchym s cévami, část mezenchymových buněk vcestuje zespodu i do dutiny pohárku. V místech, kde se oční pohárek přiblíží k povrchovému ektodermu, se buňky ektodermu zvýší, stanou se cylindrickými a vytvoří ploténku čočky. Souběžně s vchlípováním očního váčku v oční pohárek se pak vchlípí směrem do očního pohárku ploténka čočky v jamku, která se

potom uzavírá ve váček čočky. Váček čočky po určitou dobu souvisí s povrchovým ektodermem, pak se spojení zcela přeruší a prostor mezi váčkem čočky a povrchovým ektodermem vyplní mezenchym.

Váček čočky má zpočátku přibližně kulovitý tvar, jeho laterální stěna obrácená k ektodermu je o něco tenčí nežli stěna mediální, obrácená do dutiny pohárku. Buňky zadní stěny váčku čočky pak rostou do délky směrem k přední stěně, takže se dutina uvnitř váčku, zpočátku kulovitá, změní v poloměsíčitou. Prodlužující se zadní buňky váčku čočky se postupně přeměňují v primární vlákna čočky. Tato vlákna posléze dorostou až k přední stěně a dutina váčku tím zcela vymizí. Na této primitivní čočce lze rozeznat vpředu jednovrstevný kubický epitel čočky a vzadu kolmo k němu probíhající vlákna čočky, v nichž vymizí jádra. Diferenciace čočky je řízena složitou kombinací exprese řady vzájemně působících genů. Růst čočky je pak uskutečňován vznikem nových vláken, která se tvoří z míst, kde přední epitel čočky přechází na rovníku čočky do povrchových vláken. Nově vznikající vlákna se podsouvají dopředu pod epitel čočky a přitom se uspořádají tak, že čím delší je část rostoucí po přední ploše, tím kratší je část na ploše zadní a obráceně. Pravidelným ubýváním délky vláken na jedné a prodlužováním na druhé ploše vznikají charakteristické obrazy švů čočky tvaru písmene Y.

Primární vlákna čočky vytvoří jádro čočky, k němuž se přikládají četné další vrstvy sekundárních kortikálních vláken, která se tvoří v době postnatální. Velmi brzy se vytvoří na povrchu čočky tenké pouzdro (capsula lentis). Oční pohárek je spojen s mozkiem na hranici mezi telencefalem a diencefalem stopkou, která je na spodní straně vchlípena v brázdou vyplněnou mezenchymem s cévami. Stopka odstupuje od očního pohárku excentricky. Při spodním okraji je pohárek rozštěpen v rýhu přechodem invaginace pohárku do invaginace stopky. Rýha (choroidální štěrbina) se uzavírá u embryí asi 10—11 mm dlouhých. Spodní část pohárku pak roste rychleji, takže brzy nato se stopka očního pohárku přesune k jeho středu. Směrem dopředu je oční pohárek zpočátku široce otevřen otvorem - primitivní pupilou, v níž leží čočka. Okraje pohárku zpočátku dosahují jen na rovník čočky. Okraj očního pohárku, ohraničující primitivní pupilu, zpočátku sahá jen po rovník čočky. Pak začíná prorůstat dopředu, směrem před čočku. Okraj je složen rovněž ze dvou vrstev, zevní a vnitřní. Zevní vrstva je již přeměněna v pigmentový epitel, vnitřní vrstva je na rozdíl od části za rovníkem čočky tenká, složená pouze z gliových buněk.

Obr. 5. Embryologie oka*



* podle B. Pansky. Review of medical embryology. 1982. New Jersey, United States. p. 169.

1.3. Biochemie oční čočky

Dobře fungující biochemické procesy v čočce zajišťují její elasticitu, transparentnost, schopnost akomodace a nepřímo umožňují chránit sítnici před vlivem ultrafialového záření

(UV). Světelný paprsek procházející čočkou se láme vlivem jejího anatomického zakřivení, rozdílným indexem lomu mezi jádrem a kortexem čočky. Navíc bílkoviny, ze kterých je oční čočka složená, mohou UV světlo také částečně absorbovat. Proteiny a buňky, které vzniknou v čočce, v ní zůstávají od embryogeneze až do smrti. Tyto struktury tedy musí mít takovou stavbu a ochranu, aby fungovaly po celý život (proteiny jsou udržovány v nativním neagregovaném stavu). I přes tyto skutečnosti jsou bílkoviny čočky snadno zranitelné (UV záření, oxido redukčními buněčnými změnami, atd...).

V čočce se nacházejí dva druhy buněk - epitelové a fibrilární. Metabolicky aktivní epitelové buňky zajišťují pokrytí energetických potřeb, produkují proteiny a udržují iontovou a vodní rovnováhu. Diferenciací epitelových buněk vznikají buňky fibrilární. Fibrilární buňky tvoří hlavní hmotu čočky a obsahují vysoký podíl krystalinů.

Biochemické procesy zajišťující energii a normální metabolismus glukózy

Správné fungování čočky je energeticky náročné. Metabolismus je závislý na látkách dodaných ze sklivce a z komorové vody. V čočce se uplatňuje jako univerzální zdroj energie molekula adenzintrifosfátu (ATP). Pro metabolismus čočky jsou nezbytné nosiče elektronů, enzymový systém a glukóza. Molekuly ATP vznikají hlavně v průběhu oxidace glukózy, kdy se uvolní -7,3 kcal/mol energie a vzniká adenzindifosfát (ADP) a organický ortofosfát (Pi). ATP vzniká především při biochemických přeměnách cukrů, také ale bílkovin a tuků.

Degradace glukózy provázená vznikem energeticky bohatých sloučeniny probíhá třemi způsoby. Prvním z nich je glykolýza, kterou lze považovat za hlavní metabolickou dráhu. Během ní se glukóza za dostatek kyslíku a systému mitochondriálních enzymů přeměňuje na oxid uhličitý a uvolňuje se 36 až 38 molekul makroergní sloučeniny ATP. Glykolýza může probíhat i za anaerobních podmínek. Výsledkem jsou však pouze dvě molekuly ATP. V oční čočce probíhá metabolismus sacharidů z větší části bez přítomnosti kyslíku a asi 80% ATP vzniká glykolýzou. Druhý způsob je pentózofosfátová metabolická dráha (pentózový cyklus, hexozomonofosfátový zkrat). Třetí možností degradace je polyolová (sorbitolová) metabolická dráha.

Porušená regulace metabolismu se může projevit zvýšeným obsahem vody, tvorbou vakuol a hromaděním proteinů s vysokou hmotností. Transparence čočky je narušována nejen procesy spojenými s poruchou metabolismu glukózy, ale také stárnutím a oxidačním stresem.

1.4. Historie operace katarakty

Už před 4 000 lety bylo v Babylónii známo několik očních nemocí, které se tehdejší lékaři pokoušeli léčit. V této době znali šedý zákal a jako operační řešení se používala metoda reklinaci čočky bronzovou jehlou. Tuto skutečnost potvrzuje sloup nalezený v Suzách r. 1900, na kterém se dochovala sbírka zákonů babylónského krále Chammurabiho. Prvé nařízení týkající se lékařství mluví o oční operaci: „Jestliže lékař bronzovou jehlou otevře u muže blanku a zhojí tak oko muže, obdrží za odměnu 10 šekelů stříbra.“

Rozkvětu se oftalmologie dočkala i u starých Řeků. Znalosti o anatomické stavbě oka stále ještě zůstávaly skromné. Medicínské vědění bylo zapsáno v souboru „Collectio hippocratica“ a platnost tohoto spisu se udržela s pozdějším Celsovým a Galenovým učením až do středověku. Podstata zákalu čočky v Hippokratově době nebyla pravděpodobně známa. Velký přínos pro anatomické znalosti oka měly Galenovy studie - například poznal, že rohovka je více zakřivena než bělima. Tato doba znamená zlatý věk řeckého lékařství, a to i z pohledu řešení očních chorob. Ve středověku se lékařství nerozvíjelo, šířily se spíše mýty a pověry. V této době však byl učiněn jeden důležitý vynález – ve 13. století byly objeveny brýle.

Během dalších století změny nastávaly jen pozvolna. V oblasti léčení katarakty se pohybují většinou šarlatáni a tzv. píchači zákalů. Ti nabízeli své služby většinou na trzích nebo shromaždištích lidí za odměnu. Zárok prováděli po vzoru starých Babylóňanů nebo Indů. Podstatou bylo sesunutí čočky do sklivce úzkou jehlou, která se do oka vsunovala v blízkosti okraje rohovky nebo bělimy. Lazare Riviere (1589-1655), profesor lékařství v Montpellieru píše o operaci katarakty: „Tato operace je mnohdy bezúspěšná a právě proto, že je tak často nejistá, nemá být prováděna řádným chirurgem, ale má se přenechat lazebníkům a mastičkářům, kteří za touto praxí cestují sem a tam.“

Obr. 6. Reklinace čočky člověka*



* podle Lieut.-Colonel Robert Henry Elliot, I.M.S. (Ret.), *The British Journal of ophthalmology*, 1919, p. 51

Nové způsoby operace katarakty se prosazovaly jen velmi obtížně. Názor, že šedý zákal je výpotek (hypochyma, sufuze), jehož sražením vznikne mezi čočkou a zornicí neprůhledná blanka, byl hluboce vžit. Šedý zákal jako zákal oční čočky poznali teprve Qrarré (1643) a Lesnier (1651). Pierre Borel se v roce 1653 sám přesvědčil při provedení operace, že sesouval čočku a ne blanku. Ani přesto však nezvítězila správná představa a proti novému učení se pozvedla vlna odporu. Znovu je učení o kataraktě jako zkalení čočky budováno v r. 1701 Maitre Jeanem a potom i Bresseauem. Započal tak nový rozvoj oftalmologie, který ani tak nebyl nijak prudký. Reklinace jako způsob řešení šedého zákalu měla tedy uplatnění velmi dlouhou dobu.

Extrakapsulární extrakce

Převratná událost nastala až v r. 1745. Jacques Daviel, tehdy již uznávaný specialista s dobrou pověstí chirurga provádějícího reklinaci katarakty, provedl svoji první extrakci čočky. Stalo se tak při komplikované reklinaci, kdy se čočka dostala do přední komory. Daviel vyřešil situaci extrakcí čočky rohovkovou incizí, kterou uskutečnil zakřiveným kopíčkem. Ránu poté rozšířil zakřivenými nůžkami. Přední pouzdro čočky otevřel ostrou jehlou po nadzvednutí laloku rohovky. Pro expresi zkalené čočky nejprve založil lžičku mezi čočku a duhovku a poté tlačil na oko druhou lžičkou. Zpočátku používal Daviel tento způsob v případě nouze, ale po získaných dobrých zkušenostech se v r. 1750 rozhodl provádět operaci katarakty pouze extrakcí. Davielovi nástupci metodu extrakapsulární extrakce začali rozvíjet. Klasický postup pak propracoval zejména Albrecht von Graefe, který zavedl cílevědomě bazální iridektomii a snížil procento operačních neúspěchů na 3,5 %. Ale jeho největším přínosem pro operaci šedého zákalu bylo zavedení limbálního řezu se spojivkovým lalokem.

Postup extrakapsulární extrakce měl málo závažných komplikací jak během operace, tak i po ní a výhodou bylo ponechání zadního pouzdra čočky. Zákrok měl ovšem i svá negativa – objevoval se sekundární zákal zadního pouzdra čočky, docházelo k uskřinutí částí čočky v ráně, pooperační zánětlivé reakce atd. S tím se operatéri nespokojili a hledali další možnosti odstranění katarakty. Po nespělých začátcích se chirurgové propracovali až k odstranění celé čočky, tzv. intrakapsulární extrakci.

Intrakapsulární extrakce

Intrakapsulární extrakce katarakty byla poprvé úspěšně provedena v Londýně v r. 1753. Zákrok provedl Samuel Sharp, který exprimoval zkalenou čočku spolu s neporušeným pouzdem limbální incizí tlakem palce. Henry Smith zavedl používání svalového háčku. Háčkem se vnější manipulací mechanicky přerušoval dolní závěsný aparát a potom byla tímto háčkem vytlačována čočka z oka limbálním řezem. Postup je znám pod označením Smithova indická operace, která byla na přelomu 19. a 20. stol. provedena u více než 50 000 operovaných očí. Další metodou byla kryoextrakce, kterou v letech 1960-1961 představil Tadeus Krawicz, ale k jejímu rozvoji dochází až v r. 1964-1965. Postup využívá podchlazeného nástroje k pevnému uchycení čočky cestou přimražení pouzdra a přilehlých vrstev kortexu.

Fakoemulzifikace

Nejmodernější metodu operace katarakty představuje fakoemulzifikace, kterou do praxe zavedl Charles Kelman v 80. letech. Techniky fakoemulzifikace té doby byly poměrně neměnné - jádro čočky se odstraňovalo v přední komoře nebo nad pouzdem v rovině zornice. Podnět k rozvoji nových postupů dalo až zavedení kurvilineární kapsulorhexe, kterou popsal Gimbel a Neuhann. V roce 1990 popsal Shepherd techniku in situ fracture. Na začátku se provede hydrodisekce bez hydrodelineace, v jádře se vytvoří zářez vedoucí od č. 12 k č. 6 a jádro rotuje. Pak se opět tvoří zářez od centra k č. 6 a znovu rotuje, prohlubuje se zářez. Rotace a prohlubování se provádí až do té doby, než se objeví reflex v zářezu. Jádro se rozštěpí tlakem fakotipu a pomocného nástroje od sebe. Shepherd jako první rozděljuje jádro do tvaru kříže.

V roce 1993 je popsána řada dalších nových technik: Fine a Maloney popsali techniku „crack and flip“ určenou pro tvrdá jádra (jde o cracking s rotací, základem je hydrodisekce, hydrodelineace, centrální zářez od středu), Johnson uvedl techniku „split and lift“ (štěpení s rotací, provádí se pouze hydrodisekce, perinukleus odstraňován současně s kvadranty), Klemen představuje „V-style fako“ (stejně jako předchozí postup, ale bez nutnosti rotace).

Dále v tomtéž roce popsal Nagahara „phaco chop“ techniku, která spolu s technikou in situ fracture tvoří základ pro nově vznikající techniky (nové techniky jsou tedy obměnou těchto dvou). Postup využívá pro primární fragmentaci jádra mechanické síly speciálního nástroje (chopper) a ne energii ultrazvuku, jak je tomu u předchozích technik. V současné době je fakoemulzifikační technika standardní operací katarakty, snižuje výskyt komplikací, urychluje hojení a rehabilitaci vidění.

2. Cíle dizertační práce

Cílem disertační práce je porovnat progresi PCO u dvou skupin pacientů po operaci katarakty:

1) s použitím 2 fakoemulsifikačních technik (AquaLase a NeoSoniX) operace katarakty a implantací akrylátové hydrofobní intraokulární čočky AcrySof SA60AT během 8 let sledování.

2) s použitím metody OZil a následné implantaci akrylátové hydrofobně-hydrofilní nitrooční čočky EriFlex 877 FAB 1 rok po operaci.

K dosažení cíle práce jsem si stanovil následující úkoly:

1. Zhodnotit a porovnat výskyt PCO během osmiletého sledování očí po dvou různých fakoemulsifikačních technikách (AquaLase a NeoSoniX).

2. Porovnat počet Nd:YAG laserových kapsulotomií mezi 2 skupinami v prvním souboru

3. Zhodnotit výskyt PCO po implantaci hydrofobně-hydrofilní IOL metodou OZil (torzní fakoemulzifikace) 1 rok po operaci.

3. Teoretická část

Operace katarakty je vysoce efektivní operační výkon s minimálním výskytem komplikací. Rozvoj PCO je dlouhodobou komplikací, která vedla v 70. a 80. letech 20. století k poklesu zrakové ostrosti vyžadující další chirurgický zákrok u 50 až 100% pacientů do 5 let po operaci katarakty. Vysoká prevalence sekundární katarakty, finanční náklady na její řešení a možné komplikace byly a jsou důvodem vysokého zájmu oftalmologů o její prevenci. V 90. letech 20. století s výzkumem etiopatogeneze sekundární katarakty a zavedením prvních preventivních kroků poklesl výskyt sekundární katarakty do 5 let přibližně na 20-30 %. Počátkem 3. tisíciletí pak výskyt PCO do 5 let od primární operace klesl až na hodnoty kolem 10 %.

3.1 Anatomické předpoklady vzniku sekundární katarakty

Po nekomplikované operaci šedého zákalu zůstává v oku čočkové pouzdro s otvorem v přední kapsule. Histologicky jde o bazální membránu - produkt buněk čočkového epitelu. Je to nejtlustší bazální membrána v těle (3-10 um).

Buňky čočkového epitelu pocházejí z jednotné buněčné linie, pro pochopení jejich role v patogenezi vzniku sekundární katarakty je možné je rozdělit do dvou skupin na:

1) Přední A-buňky, které jsou na vnitřní ploše předního pouzdra čočky až k ekvátoru. Za fyziologických podmínek tyto A buňky nejsou přítomné na zadním pouzdře. Jejich migrace je blokována konickými výběžky ekvatoriálních buněk čočkového epitelu. Pro A-buňky je typická minimální mitotická aktivita. Jejich funkcí je udržovat izoionii a stabilní hydrataci v kompartmentu čočky. Až několik let po operaci katarakty mají schopnost udržet svůj originální tvar a mitotické vlastnosti.

2) E-buňky jsou uloženy v ekvatoriální oblasti pouzdra čočky. Tato populace buněk je po celý život mitoticky aktivní a je považována za kmenové buňky. Po mitóze jedna z dceřiných buněk vždy zůstává na basální membráně v ekvatoriální oblasti a začíná nový cyklus mitotického dělení. Další dceřiné buňky formují tzv. meridionální řadu M-buněk. Tyto M-buňky formují D-buňky čočkových vláken (dream - spící).

Histologicky je sekundární katarakta komplexem změn v oblasti pouzdra čočky a je tvořena:

1) změnami vlastního pouzdra, v němž se ukládají různé biogenní materiály či vápenné sloučeniny

2) pouzdrem zvětšujícím svůj objem apozicí novotvořeného kolagenu tvořeného migrujícími a fibroblastoidně transformovanými A-buňkami ze zbytku předního pouzdra.

Mechanické síly pocházející z kontrakce novotvořeného kolagenu svráští a řasí zadní i přední pouzdro [12]. V patogenezi vzniku PCO hrají důležitou roli též cytokiny, obzvláště b-FGF (basic fibroblast growth factor), HGF (hepatocyte growth factor), TGF- β (transforming growth factor) a interleukiny (zejména interleukin 1 a 6).

3.2. Experimentální metody výzkumu

Explantované kultury epitelu čočky byly nějakou dobu využívány pro výzkum vztahu buněk čočky k pouzdru. Tento systém poskytl množství velmi cenných informací týkajících se PCO [13, 14, 15]. Pro stanovení systému, který by napodoboval situaci in vivo co možná nejpřesněji, byly vyvinuty modely pouzdra lidské čočky, na kterých byly provedeny simulované operace šedého zákalu [16]. Dále pak byly použity čočky hovězí [17], psí [18], králičí [19], krysí a kuřecí [20]. Kromě etických aspektů je hlavním nedostatkem této metody skutečnost, že buněčný růst u živočichů jako jsou králík a krysa se liší od primátů.

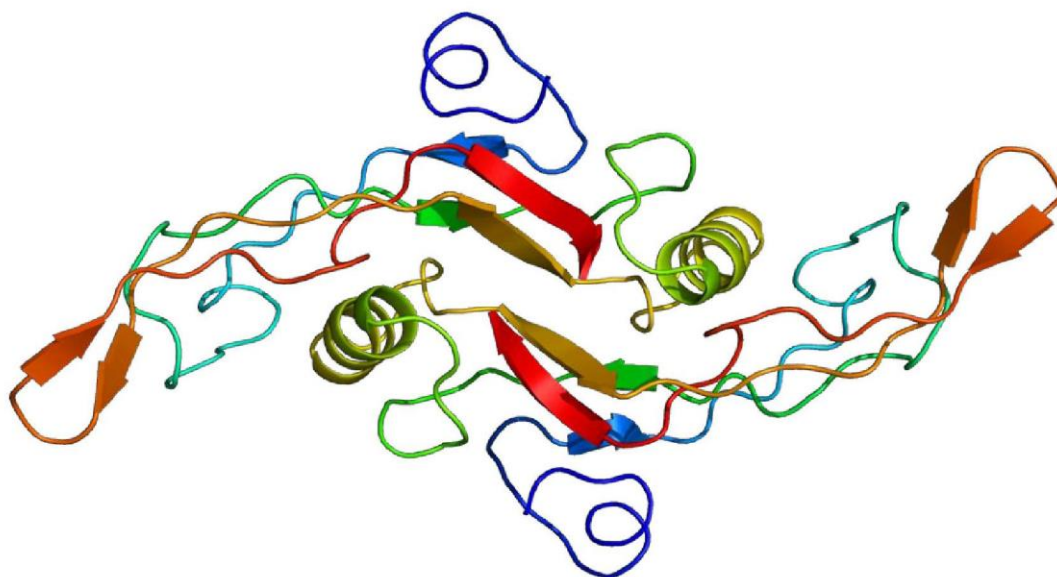
3.3. Regulace a funkce buněk

Přežití životaschopné populace epitelových buněk čočky po chirurgickém zásahu je základem tvorby PCO. Hojení rány po chirurgickém zásahu způsobuje změny v potenciálu buněk čočky, což se projevuje rychlou proliferací, zvýšeným ukládáním buněčné matrix, transdiferenciací, kontrakcí matrix a diferenciací buněk. To vše přispívá ke vzniku i progresi PCO a následnému zhoršení zrakové ostrosti pacienta.

3.3.1 Růstové faktory

Hales et al. ve své práci o transformujícím růstovém faktoru beta (TGF β - transforming growth factor beta) zkoumal u krys mechanismy vzniku PCO jak na kulturách celých čoček, tak i v modelech in vivo [21]. V biologickém základu PCO je nyní TGF β ve výzkumu sekundární katarakty hlavní oblastí zájmu. Transformující růstový faktor beta v oku hraje roli imunitního regulátoru [22]; avšak má také vliv na epiteliální buňky čočky ve smyslu tvorby PCO. Saika prokázal přítomnost TGF β v pouzdře čočky po operaci šedého zákalu a také upozornil na to, že proliferace během hojení rány může být potlačena aplikací protilátek TGF β [23]. Navíc je známo, že TGF β hraje roli i jako mocný spouštěč transdiferenciace epiteliálních buněk čočky ve smyslu myofibroblastového buněčného fenotypu.

Obr. 7. Transformující růstový faktor beta



Pro tyto buňky je typická fibroblastická morfologie a exprese alfa aktinu hladkého svalu (αSMA - alpha smooth muscle actin) jako molekulárního markeru [24]. Je zajímavé, že posmrtná analýza pouzdra čočky získaná 1 měsíc po operaci katarakty odhalila zvýšené hladiny transdiferenčního αSMA a nařasení zadního pouzdra. Tyto změny byly replikovány aplikací TGFβ do lidského pouzdra in vitro [11]. Již dříve byla popsána přítomnost růstového faktoru pojivové tkáně (CTGF - connective tissue growth factor) v pouzdře post mortum [25] a jeho exprese se často spojuje s expresí TGFβ.

Po poranění oka (jak u hlodavců, tak i u lidí) se zvyšuje hladina aktivních isoformů TGFβ [26]. Je zajímavé, že srovnávací studie TGFβ1 a TGFβ2 využívající buněčnou linii lidské čočky FHL 124 (fetal human lens) ukázala, že TGFβ2 je účinnější induktor transdiferenciace, u TGFβ1 bylo zjištěno, že je větším stimulem pro kontrakci extracelulární matrix [27]. Fibroblastový růstový faktor (FGF - fibroblast growth factor) je klíčový regulátor buněk čočky schopný indukovat škálu biologických reakcí včetně proliferace, migrace a diferenciace [13] a je také autokrinním faktorem růstu epiteliálních buněk v pouzdře čočky. Hladiny aktivního TGFβ se výrazně zvyšují po úrazu [28].

3.3.2. Extracelulární matrix

Složky matrix hrají důležitou roli pro fungování růstových faktorů, FGF a HGF například požadují navázání na heparin, aby se usnadnila interakce s odpovídajícím receptorem.

Distribuce proteoglykanů sulfátu heparinu ve spojení s matrix pouzdra čočky může hrát důležitou roli pro funkce FGF [29]. Kromě toho bylo zjištěno, že TGF β se váže na několik složek matrice včetně kolagenu typu IV [30, 31]. Tato zásoba potenciálních modulátorů funkce epitelu čočky pravděpodobně ovlivňuje progresi PCO. Další zajímavá složka, která byla popsána u vzorků PCO, je vitronektin [32]. Taliana zkoumal úlohu vitronektinu v mechanismech progresi PCO a zjistil, že buňky z explantovaných kultur jsou ve spojení s vitronektinem [33].

3.4. Léčba a prevence PCO

Výskyt PCO je ovlivněn mnoha faktory, z nichž některé můžeme ovlivnit a jiné ne. Mezi těžko ovlivnitelné řadíme rasu, věk a jiné oční onemocnění. Mezi faktory, které můžeme ovlivnit, patří operační technika a vlastnosti IOL (velikost, tvar a okraj optické části, tvar haptické části a v neposlední řadě i materiál, ze kterého je nitrooční čočka vyrobena) [34].

3.4.1. Role zánětu

Znalosti o roli zánětu v kontextu PCO jsou omezené. Je známo, že minimální pooperační zánět v přední komoře je biologickým mechanismem, který se vztahuje k hojení ran. Současné údaje naznačují, že užívání steroidů a nesteroidních protizánětlivých léků nesnižuje rychlost progresi PCO. Rané práce Nishiho zkoumající pomalé uvolňování indometacinu u modelu čočky králíka *in vivo* také ukázaly jen snížení aktivity zánětu, nikoliv prospěšný účinek na vznik a progresi PCO [35]. V klinické studii Laurell a Zetterstrom popsali, že procento Nd:YAG laserových kapsulotomií u pacientů, kterým byl podán místně dexametazon, diklofenak, nebo placebo 2 roky po operaci byly 17,1, 18,2 a 15,0% v tomto sledu; po 4 letech byly 47,2, 62,7 a 31,9%. Zanedbatelný účinek těchto léků v prevenci rozvoje PCO lze vysvětlit několika způsoby [36]. Z jedné strany to ukazuje, že tvorba PCO nezávisí na zánětlivé reakci; avšak může to být tak, že tato léčiva nedostatečně potlačují zánětlivou reakci. Dexamethason se ukázal jako látka modulující epiteliální buňky čočky [37]. Bylo publikováno, že zvyšuje expresi SPARC (secreted protein acidic and rich in cysteine), ale snižuje expresi fibronektinu a kolagenu typu IV [38]. S použitím modelu krysí čočky Symonds publikoval, že dexametazon zvýšil hladinu kolagenu typu I [37]. Nesteroidní protizánětlivý lék (diklofenak) byl v této studii také testován a měl podobné výsledky, co se týče exprese kolagenu I a α SMA.

3.4.2. Chirurgické pokroky v prevenci PCO

V současné době jsou doporučeny 3 hlavní taktiky prevence vzniku a rozvoje PCO:

- * minimalizace počtu buněk na vnitřní ploše pouzdra čočky v průběhu operace katarakty
- * devitalizace zůstavších buněk
- * znemožnění migrace přítomných buněk čočkového epitelu do oblastí osy vidění.

Výkony na pouzdře čočky

Přední cirkulární kontinuální kapsulorhexe (ACCC z angl. anterior circular continuous capsulorhexis) by měla být o 0,5-1 mm menší než optika IOL.

Obr. 8. Přední cirkulární kontinuální kapsulorhexe



Větší či asymetrická ACCC může vést ke svaštění zadního pouzdra rychle nastupujícími fibrotickými změnami [39, 40]. Při optimální ACCC kontrakce předního pouzdra přitlačuje IOL na zadní pouzdro, čímž se snižuje pravděpodobnost průniku buněk čočkového epitelu mezi optikou IOL a zadním pouzdem. Vzniká zde tlaková a ischemická devitalizace již přítomných buněk, tzv. sendvičový efekt, který popsal Linnola v r. 1997 [41].

Experimentálně a klinicky bylo prokázáno, jak je důležitý těsný vztah mezi optikou IOL a zadním pouzdem pro vznik bariéry proti migraci PCO do zrakové osy [12, 42]. Můžeme toho dosáhnout různými přístupy:

- a) Vytvořením radiálních sil, jimiž haptiky napínají ekvátor vaku a zadní pouzdro. Optimální jsou čočky s cirkulární nebo vícečetnou haptikou. Můžeme použít kapsulární tenzní kroužek, který po implantaci do vaku zajišťuje napnutí pouzdra v téměř 360°

obvodu [43].

b) Tvarem haptik. Angulací haptik dopředu může být dosaženo přitlačení optické části IOL k zadnímu pouzdru. V případě kapsulární kontrakce se však IOL posouvá ještě více dozadu a způsobuje tak hyperopický korekční posun (shift) [12, 49, 44].

c) Konvexní optikou otočenou dozadu se zlepšuje kontakt s pouzdrém. Přední méně konvexní plocha však vyvolává více potenciálně rušivých reflexů.

d) Adhezivitou materiálu IOL k zadnímu pouzdru [44, 45].

e) Velikostí optiky. IOL s větším průměrem optiky naléhají po obvodu těsněji na zadní pouzdro.

f) Ostrým zadním okrajem optiky IOL (v anglosaské literatuře je označován jako square edge). Buňky čočkového epitelu vrůstají snadno pod IOL s oblými okraji. Seříznutý pravoúhlý okraj optiky tvoří na zadním pouzdře ostrý ohyb, který buňky nepřestoupí. Tento fenomén byl objeven v experimentu na tkáňových kulturách. Účinek je umocněn fibrotizací pouzdra. Nevýhodou ostrého okraje IOL jsou možné zrakové aberace [46, 47, 49].

Čištění vnitřku pouzdra pomocí hydrodisekce

Velmi důležitým krokem operace katarakty je hydrodisekce, která odděluje pouzdro čočky od čočkových hmot. Po uvolnění a rotaci čočkového jádra lze snadno odstranit zbývající kortex s množstvím M-buněk. Jde o historicky starší postup ještě bez záměru odstranit veškerý epitel, ale s významným preventivním efektem na původně vysokou prevalenci sekundární katarakty [47, 58].

Mechanické odstranění buněk čočkového epitelu

Po odstranění kortexu aspirací lze pokračovat v odstranění buněk čočkového epitelu speciálními kyretami či vakuovými sondami, čímž můžeme oddálit vznik sekundární katarakty. Pomocí speciální aspirační sondy je možné tento postup ještě zdokonalit.

Hypertermie

Hypertermie má devitalizační účinek na PCO. Pomocí speciální tepelné sondy aplikované postupně po obvodu ekvátoru vyvoláme kompletní destrukci E-buněk. Protože může také destruovat okolní struktury, nebyla tato metoda dále pro použití in vivo rozvíjena.

Primární zadní kapsulotomie

Zadní kapsulorexe brání rozvoji PCO, nicméně tento krok vyžaduje zkušeného mikrochirurga a použití špičkových viskomateriálů. Porušením přední hyaloidní membrány u pacientů vyššího věku může dojít k změnám zadního segmentu oka - zejména v makule. Nejsou rovněž vyloučeny fibrózní změny přední hyaloidní membrány a přerůstání proliferujících buněk do oblasti zadní kapsulorhexe.

3.5. Fakoemulsifikační techniky

Metoda NeoSoniX (NsX) je hybridním postupem zahrnujícím nízkofrekvenční oscilační pohyb až do 2 stupňů při 120 Hz, který lze použít samotný nebo v kombinaci se standardní vysokofrekvenční ultrasonickou fakoemulsifikací. Jako u sonické fakoemulsifikaci tato nižší frekvence neprodukuje významnou tepelnou energii a tak riziko tepelného zranění je minimální. AquaLase (AqL) je další možností extrakcí katarakty. Místo UZ energie používá pulzy teplé BSS (balanced salt solution) (57 C). V současné době bylo od použití těchto technologií ustoupeno a nahradila je účinnější technologie OZil.

OZil - torzní fakoemulzifikace

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 Infinity (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 kmity 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. Přejít od klasické UZ fakoemulzifikace na torzní nevyžaduje žádný zácvek a učební křivka pro zkušeného operátora je minimální. Všechny výše uvedené výhody vedly k rychlému zavedení torzní fakoemulzifikace do klinické praxe a k vysoké oblibě této metody u chirurgů.

3.6. Design umělých nitroočních čoček

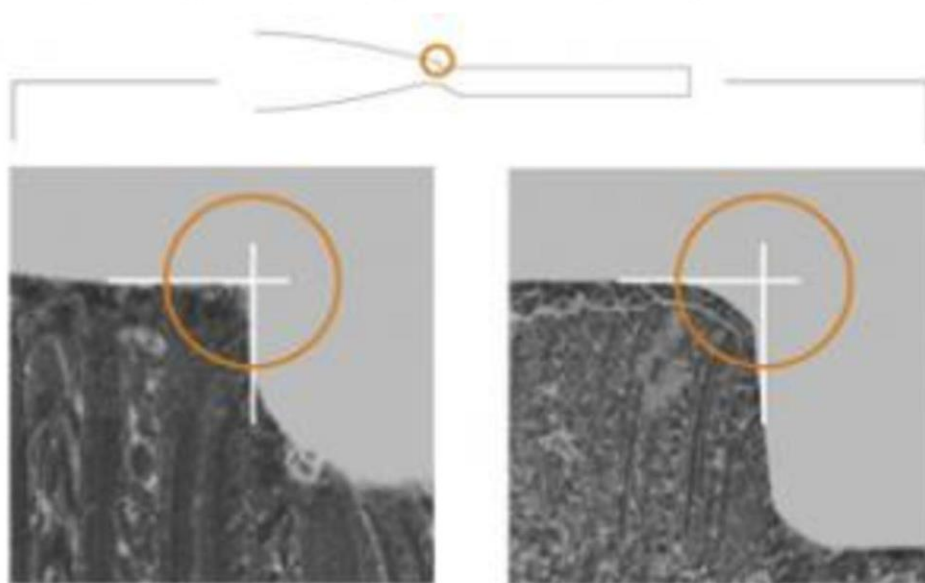
Design umělé nitrooční čočky je tvořen dvěma komponentami. Jedná se o část optickou a část haptickou.

3.6.1 Optická část

Umělé čočky se snaží tvarem co nejvíce přiblížit lens crystallina, bývají tedy většinou bikonvexního tvaru. Bikonvexní tvar zaručuje dobré optické vlastnosti a snazší přilnutí k zadnímu pouzdru čočky a tím je menší riziko vzniku a rozvoje PCO.

Přední a zadní plocha bikonvexních optických částí může mít buď zaoblené spojení, nebo tzv. square-edge s ostrými hranami – obr. 9. Bylo prokázáno, že ostré hrany zabraňují migraci epiteliálních buněk a tak snižují riziko vzniku PCO nezávisle na materiálu, ze kterého je čočka vyrobena [49].

Obr. 9. Square-edge okraj zleva, zprava round-edge okraj



3.6.2. Haptická část

Haptická část slouží k fixování čočky ve stabilizované poloze. Tvar, velikost a konfigurace haptické části závisí na typu IOL.

U zadněkomorových čoček se setkáváme s haptiky tvaru kličky s úhlem odstupu 3 až 10 stupňů a dle konfigurace je dělíme na Y-loop, C-loop a J-loop.

Předněkomorové čočky fixované v úhlu se většinou vyrábějí s haptiky tvaru otevřené kličky, tzv. open-loop z důvodu snížení výskytu komplikací.

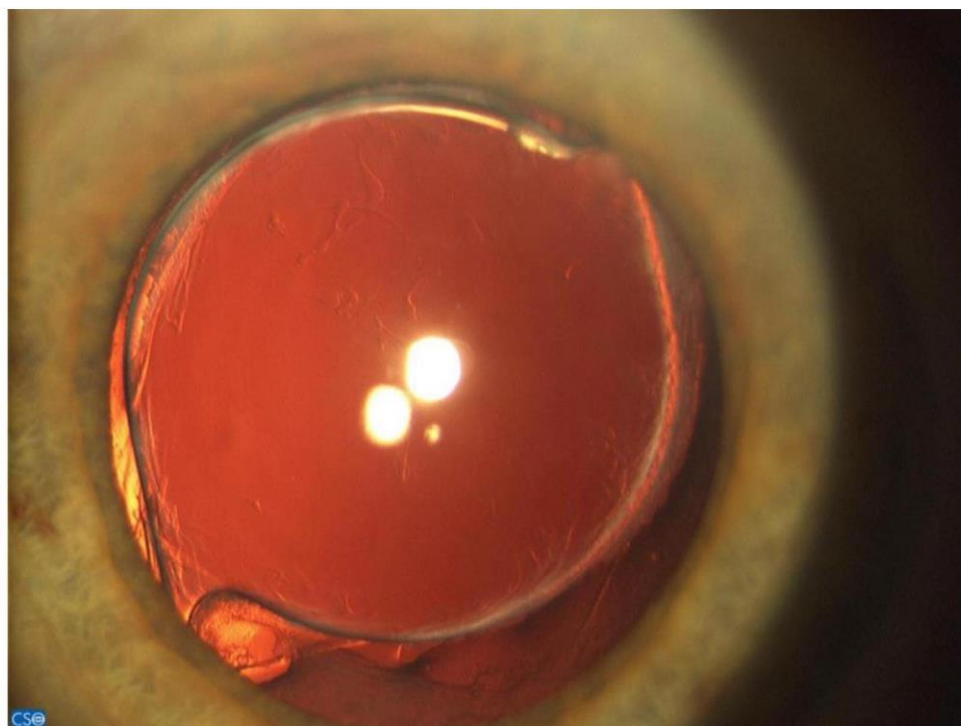
3.6.3. Spojení optické a haptické části

Podle způsobu spojení optické a haptické části rozdělujeme čočky na jednokusové (single-piece) a vícekusové (multi-piece). Jak už název napovídá, optická i haptická část u jednokusových čoček je na rozdíl od vícekusových vyrobena v jednom bloku z téhož materiálu. Většina čoček má ještě haptickou část v určitém úhlu odkloněnou od části optické. Tím je haptiky na optiku v zadním pouzdře vyvíjen tlak a předchází se tak vzniku sekundární katarakty.

3.7. Materiály umělých nitroočních čoček

V prevenci výskytu opacit zadního pouzdra hraje materiál čoček velmi důležitou roli. První a nejdéle známou skupinou jsou materiály tvrdé (neohebné), pro jejichž výrobu se používá polymethylmetakrylát (PMMA) - obr. 10.

Obr. 10. IOL z materiálu PMMA



Vzhledem k tomu, že tvrdé čočky vyrobené z PMMA nelze ohýbat, je pro jejich implantaci zapotřebí širokého řezu. V současné době se již ve vyspělých zemích nepoužívají. Další skupinou jsou měkké materiály a expandibilní materiály, které po implantaci zvětšují hydratací svůj objem. Měkké materiály dělíme na silikonové elastomery a

akrylátové/metakrylátové polymery, ty pak dále ještě dělíme dle obsahu vody na hydrofilní a hydrofobní.

3.7.1 Akrylát

Akrylát se jako materiál pro výrobu nitroočních čoček začal používat poměrně v nedávné době. Byl schválen organizací Food and Drug Administration v prosinci roku 1994. A po roce 1998 se akrylát stal materiálem první volby mezi operatéry. Je to bioaktivní materiál, který dokáže „uzamknout“ epitelové buňky čočky do tzv. sendviče tak, aby nebyly schopné větší migrace, proliferace a metaplazie, což je důležité v prevenci vzniku a rozvoji PCO [6, 50-53, 55].

Měkké akrylátové IOL

Substituce postranních řetězců v molekulární struktuře metylmetakrylátu dala vznik měkkým a pružným materiálům pro výrobu IOL. Rozvoj flexibilních materiálů dovolil zmenšit operační ránu na pouhé 2,0 mm a tak předejít pooperačním komplikacím spojeným s implantací čoček z PMMA. Měkké akrylátové materiály dělíme na hydrofilní a hydrofobní.

Hydrofilní akrylát

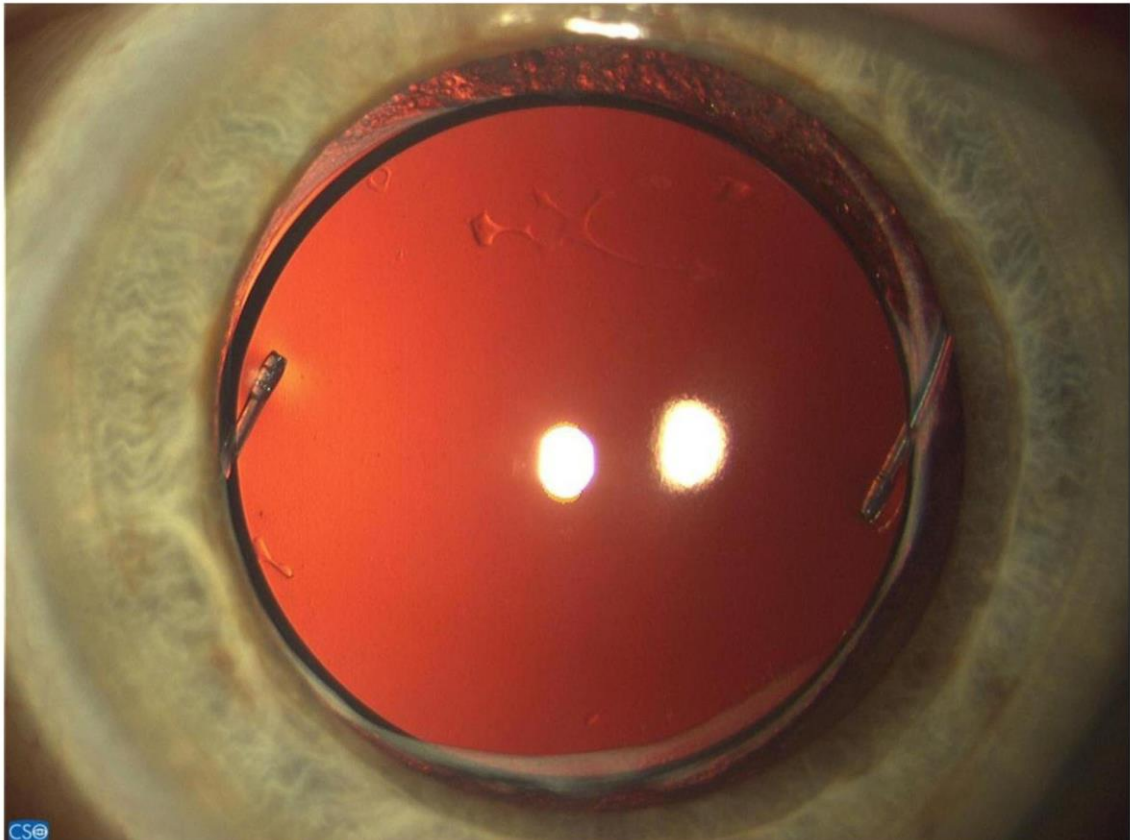
Hydrofilní akrylátové IOL se původně vyráběly z polyhydroxyetylmetakrylátu, materiálu, používaného k výrobě měkkých kontaktních čoček. Obsahovaly 38 % vody a byly velmi lehce deformovatelné. Dnes se nejčastěji používá kombinace 2-hydroxyetylmetakrylátu s hydrofobním metakrylátem s obsahem vody v rozmezí 18 % až 38 % a indexem lomu 1,47. Rovnovážený obsah vody závisí na složení hydrogelu a určuje jeho povrchové vlastnosti, například flexibilitu. Mezi hlavní výhody hydrofilních IOL patří snadná manipulace, rychlý návrat složené čočky do původního tvaru, nižší náchylnost k poškození a především možnost implantace mikroincizí.

Hydrofobní akrylát

Od roku 1998 je hydrofobní akrylát preferovaným materiálem pro výrobu IOL. Čočky z hydrofobního materiálu mají dobrou mechanickou stabilitu, biokompatibilitu a malý počet výskytu PCO. Další předností je, že se pomalu rozvíjejí a umožňují tak lepší kontrolu při jejich zavádění do oka. Refrakční index 1,44-1,55 je vyšší než u silikonu i PMMA a čočky jsou tak tenčí. Jejich povrch je však adhezivnější, takže někdy může manipulaci s čočkou ztěžovat.

Další vlastností je vyšší náchylnost ke vzniku tak zvaného glisteningu, což je způsobeno mikrovakuolami naplněnými tekutinou, které se tvoří uvnitř čočky. Tento jev může být pozorován u IOL z jakéhokoliv materiálu, avšak nejčastěji je popisován u hydrofobních akrylátových IOL - obr. 11.

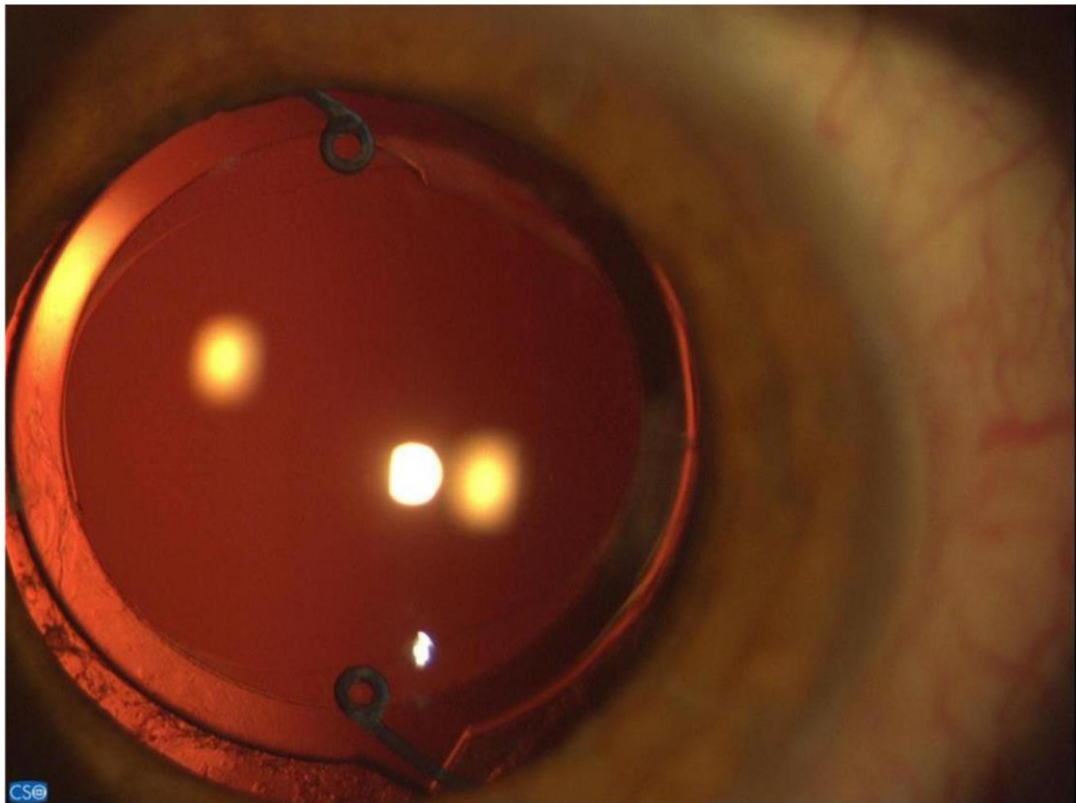
Obr. 11. IOL z hydrofobního akrylátu.



3.7.2. Silikon

Jedná se o průhledný biologicky inertní materiál používaný k výrobě IOL od roku 1980 - obr. 12.

Obr. 12. Silikonová IOL.



Mezi nevýhody silikonových IOL patří kluzký povrch po namočení čočky, který zhoršuje manipulaci s IOL. Silikonové IOL by neměly být používány při přítomnosti silikonového oleje ve sklivcovém prostoru, v opačném případě by došlo ke kondenzaci silikonového oleje na povrchu silikonové IOL [56]. Vzhledem k těmto nevýhodám se silikonové IOL v současné době již téměř nepoužívají.

3.8. Metody hodnocení PCO:

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 [58]. Metody můžeme rozdělit podle míry subjektivního zásahu do hodnocení vyšetřujícího 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 nejvhodnější metody, u nichž je subjektivní vklad vyšetřujícího

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 [57, 58].

Žádná z metod prozatím není schopna hodnotit pouzdra po laserové YAG – kapsulotomii, což samozřejmě vede ke zkreslení výstupů měření.

Vyšetřovací metody PCO v přehledu uvádíme v Tab. 1, vzájemné srovnání vybraných metod je prezentováno v Tab. 2.

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

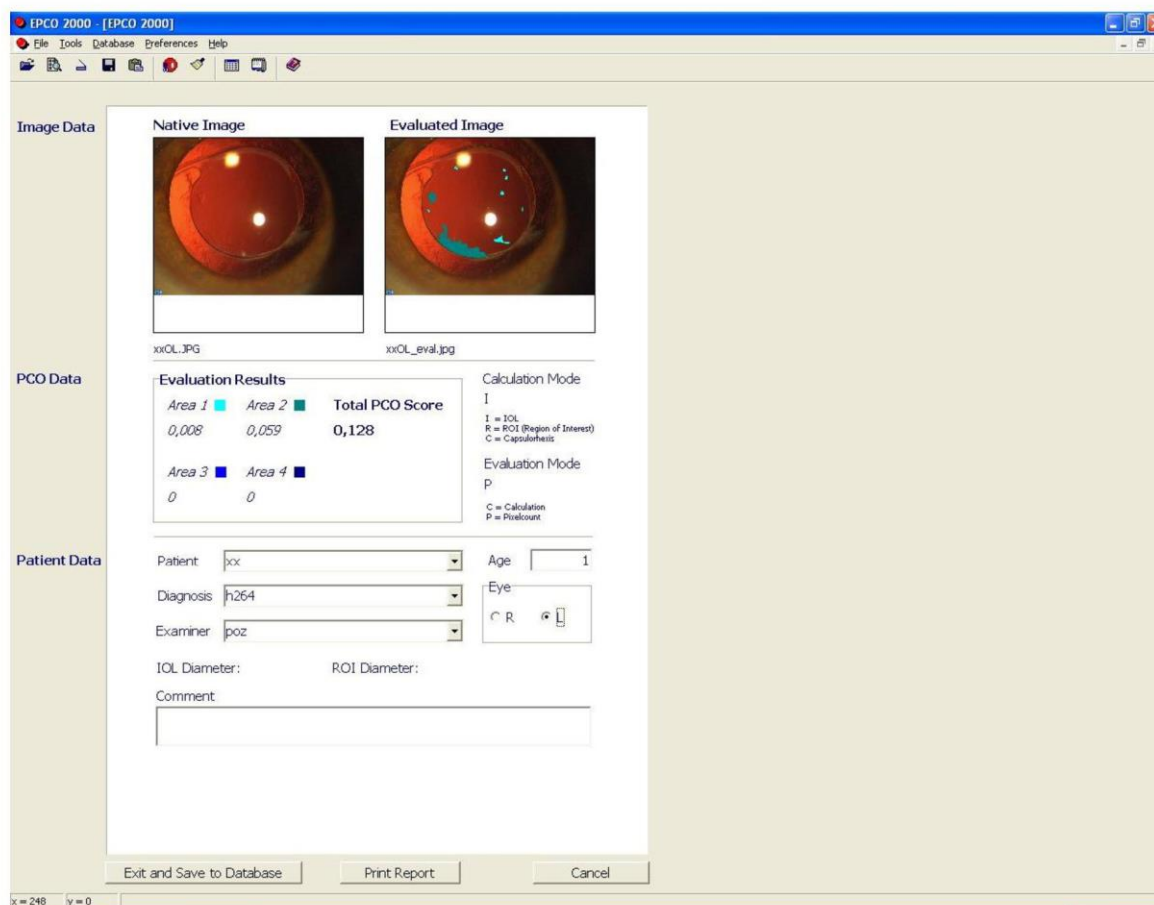
Tab. 2. Srovnání základních metod měření PCO (upraveno dle Bender et al 2004)

Metoda	Rozsah PCO	Stupeň PCO	Vztah PCO k optické ose oka
Štěrbínová 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 naší práci byly ke kvantifikaci PCO použity dvě metody – subjektivně-objektivní EPCO 2000 (Evaluation of Posterior Capsule Opacification, Tetz MR, Berlin, Germany) – [59] a objektivní OSCA systém (Open-Access Systematic Capsule Assessment, Aslam, Edinburgh, UK) [69].

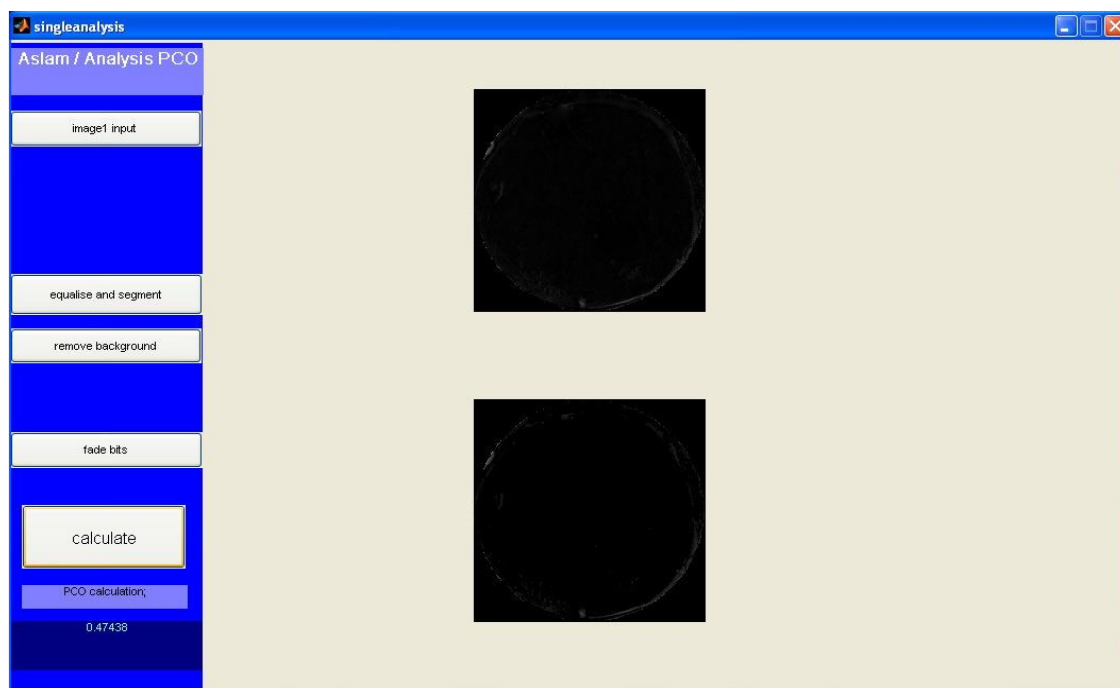
Program EPCO 2000 byl představen v roce 1997 prof. Tetzem, je to metoda subjektivně-objektivní – rozsah a stupeň opacit určuje vyšetřující. Opacity mohou být v tomto programu rozděleny do čtyř stupňů od minimálních až po hutné. Výsledky pak program zhodnotí v podobě EPCO indexů pro jednotlivé stupně opacit a celkového EPCO indexu, který nabývá hodnot od 0 do 4 [59] – obr. 13.

Obr. 13. Počítačové vyhodnocení celkového EPCO indexu



OSCA je metoda objektivní, která zohledňuje opacity, které jsou blíže k centru optické části čočky a které mají větší vliv na zrakovou ostrost. Tento systém je založen na tzv. texture analysis. Díky tomu, že jsou pořizovány dvě fotografie z různých úhlů tak, aby světelný odlesk byl na různých místech čočky, je eliminováno toto možné zkreslení – obr. 14. 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 ostrost nebo mají pouze minimální vliv, jsou hodnoceny nižší hodnotou než hodnoty v centru [69].

Obr. 14. Počítačové vyhodnocení OSCA skóre hodnoty



4. Klinická část

4.1.1. Charakteristika prvního souboru (AquaLase a NeoSoniX)

Do prvního souboru (AqL+NsX) bylo původně zařazeno šedesát dva vhodných pacientů, kteří absolvovali operace katarakty. Třicet sedm pacientů přišlo na kontrolní vyšetření 8 let po operaci. Kritéria zahrnutí do souboru byly bilaterální katarakta (podle Burattovy klasifikace katarakta stupně menšího než 5) [60] a žádná jiná oční patologie potenciálně postihující zrakovou ostrost (pacienti s mírnou věkem podmíněnou makulární degenerací nebyli vyloučeni). Tabulka 3 zahrnuje informace o pacientech a předoperační údaje.

Tab 3. Pacienti a předoperační údaje prvního souboru (AquaLase a NeoSoniX)

Počet pacientů (n)	37* (74 očí)
Pohlaví, počet (%)	Muž 16 (43,3) Žena 21 (56,7)
Medián věku (let)	69
Rozsah	54 až 78
NKZO před operací (Decimal) ± SO	0,68 ± 0,25
Rozsah	0,2 až 0,9
Axiální délka oka (mm) ± SO	23,07 ± 1,05
Rozsah	20,18 až 27,13

* (z původních 62)

NKZO - nejlépe korigovaná zraková ostrost, SO – směrodatná odchylka

4.1.2. Charakteristika druhého souboru (OZil)

Do druhého souboru bylo zařazeno třicet pacientů. Vstupní kritéria byla stejná jako pro první soubor. Tabulka 4 zahrnuje informace o pacientech a předoperační údaje v druhém souboru.

Tab 4. Pacienti a předoperační údaje druhého souboru (OZil)

Počet pacientů (n)	30 (38 očí)
Pohlaví, počet (%)	Muž 13 (43,33) Žena 17 (56,67)
Medián věku (let)	71,7
Rozsah	53 až 89
NKZO před operací (Decimal) ± SO	0,63 ± 0,19
Rozsah	0,3 až 0,8
Axiální délka oka (mm) ± SO	23,2 ± 0,72
Rozsah	22,12 až 24,49

NKZO - nejlépe korigovaná zraková ostrost, SO – směrodatná odchylka

4.2. Metodika

Předoperačně jsme u pacientů vyšetřovali nekorigovanou zrakovou ostrost i na Snellenových optotypech nejlépe korigovanou zrakovou ostrost, objektivní stav oka na šterbinové lampě, keratometrii a axiální délku bulbu. Pro kalkulaci optické mohutnosti IOL byl použit IOL Master Carl Zeiss Meditec AG. Všechny operace v prvním souboru (AqL+NsX) byly provedeny v letech 2004 a 2005 na Oční klinice Fakultní nemocnice v Hradci Králové (FNHK). Pacienti z druhého souboru (OZil) byli operováni na stejném pracovišti v období od srpna do listopadu v roce 2012. Od každého pacienta byl získán informovaný souhlas.

Všechny operace byly provedeny dvěma chirurgy (P.R, N.J.) fakoemulzifikačním přístrojem - Infiniti (Alcon) (Obr. 15), a byla použita následující operační technika: instilační anestezie, rohovkový řez velikosti 2,2 mm, vytvoření bočních incizí, kapsulorexe velikosti 5-5,5 mm, hydrodisekce, fakoemulzifikace jádra, irigace a aspirace kortexu a implantace intraokulární čočky do čočkového pouzdra. V prvním souboru metoda AquaLase byla použita v pravém oku a NeoSoniX v levém oku každého pacienta [61, 62]. Stejná hydrofobní akrylátová IOL AcrySof SA60AT byla implantována do všech očí v prvním souboru - obr. 16. Ve druhém souboru byla použita metoda torzní

fakoemulsifikace a implantována hydrofobně-hydrofilní nitrooční čočka EriFlex 877 FAB. Všichni účastníci byli požádáni, aby přišli na kontrolní pooperační vyšetření na oční kliniku FNHK. Optické mohutnosti implantovaných nitroočních čoček jsou shrnuty v tabulce 5.

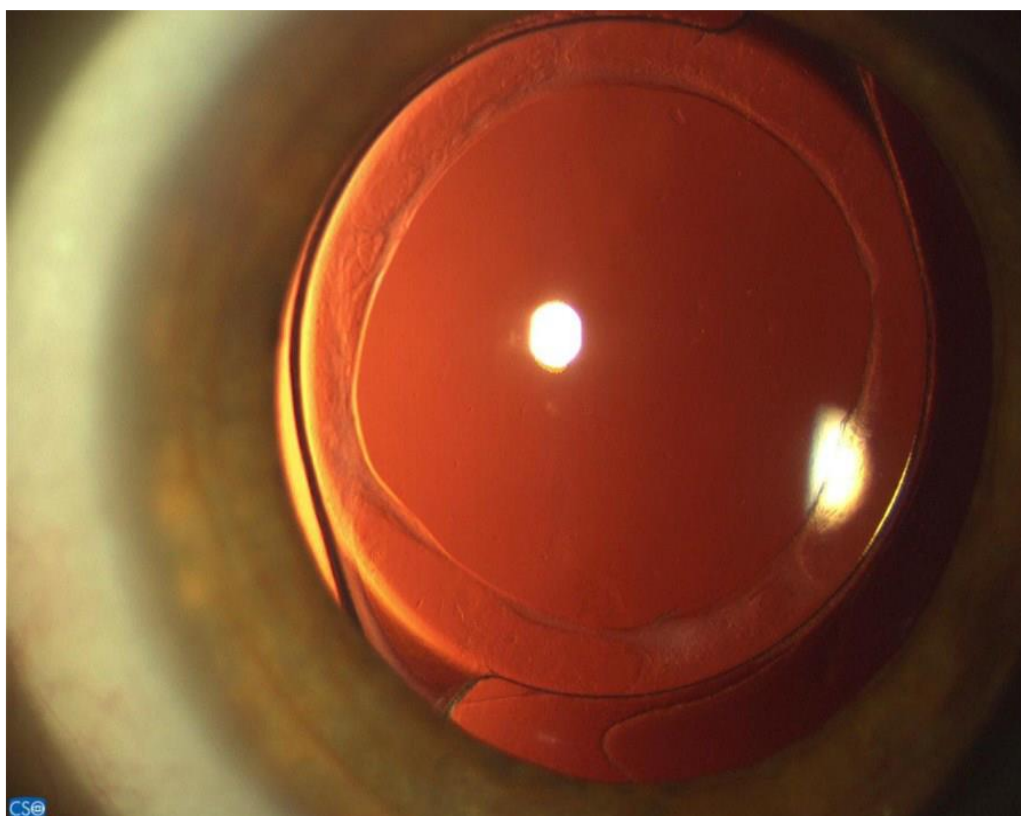
Obr. 15: Infiniti Vision System



Tab. 5. Hodnoty implantovaných nitroočních čoček v dioptriích (dpt) IOL

	Soubor 1 (AqL+Nsx)	Soubor 2 (OZil)	<i>p</i> -hodnota
Čočka (dpt) ± SO	22,0 ± 1,02	22,5 ± 1,5	0,751
Rozsah	13 až 31	18 až 28	

Obr. 16. Čočka AcrySof SA60AT Single Piece



Během pooperačních kontrol jsme vyšetřovali na Snellenových optotypech nejlépe korigovanou zrakovou ostrost a provedli jsme digitální fotografii zadního pouzdra čočky v retroiluminaci s použitím štěrbinové lampy SL 990 vybavené Digital Vision System (CSO, Florence, Italy) – obr. 17.

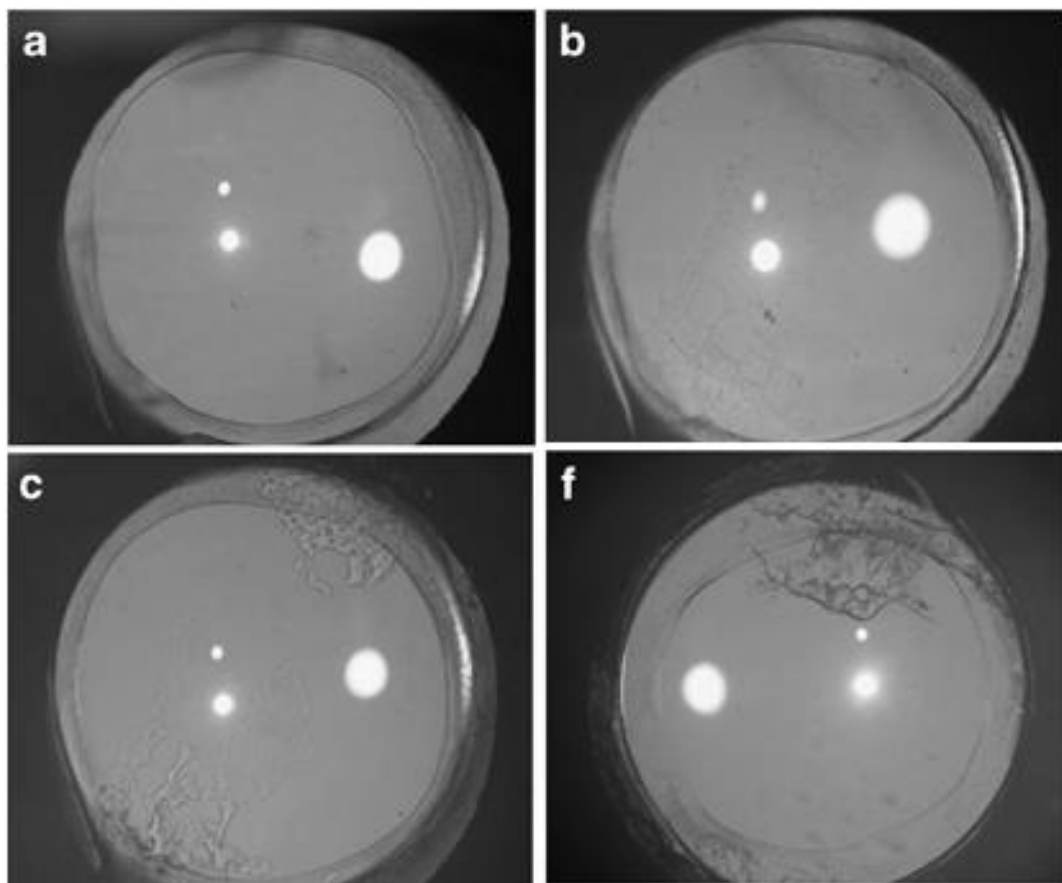
Obr. 17. Štěrbínová lampa SL 990 vybavená Digital Vision Systémem



Kvantifikace PCO byla provedena s využitím subjektivního hodnocení zkalení zadního pouzdra EPCO 2000 software (Evaluation of Posterior Capsule Opacification, Tetz MR a společnosti, Berlín, Německo) a objektivním hodnocením PCO systémem OSCA (Open-Access Systematic Capsule Assessment) počítačové PCO analýzy s otevřeným přístupem (Aslam TM, Edinburgh, United Kingdom). Vylučujícím kritériem počítačového hodnocení PCO byla Nd:YAG laserová kapsulotomie pro porušené zadní pouzdro čočky. Fotografie byly poté přeneseny do programu EPCO 2000. Po manuálním ohraničení opacit za pomoci počítačové myši a subjektivním určení stupně hutnosti zákalů, byla tímto softwarem provedena automatická kvantifikace PCO, vyjádřené EPCO indexy pro každý jednotlivý stupeň opacit (1–4) a pro celou optickou část IOL byl vypočten celkový EPCO index - obr. 18. Pokud zadní pouzdro vykazovalo jen jemné zvrásnění a jemné homogenní vrstvy, byla hustota zakalení posouzena jako minimální (stupeň 1). Oblasti

plástvových tvarů PCO, silnější homogenní vrstvy a hustší fibróza byly hodnoceny stupněm jako jemné (stupeň 2), zatímco oblasti klasických Elschnigových perel a homogenních vrstev byly hodnoceny stupněm jako mírné (stupeň 3). Oblasti hustých Elschnigových perel nebo jakýkoliv typ silného zakalení byly hodnoceny stupněm jako silné (stupeň 4) [72].

Obr. 18. Jednotlivé stupně PCO (a – minimální, b – jemné, c – mírné, f – silné)



Obrazy také byly analyzovány systémem OSCA. Je možné použít 3 různé metody analýzy: 1) Prostá analýza (Single Analysis) pro analyzování jediného obrazu pacientova pouzdra s bleskem nepokrývajícím PCO; 2) Nová analýza (New Analysis) vyžadující 2 obrazy obsahující poškozené oblasti blesku v různých oblastech; a 3) cirkulární analýza (Circ Analysis), která dovoluje specifikaci středního počtu pixelů, které se mají měřit [69]. V této studii byla použita Prostá analýza (Single Analysis) a Nová analýza (New Analysis). Indexy EPCO a hodnoty OSCA skóre byly vypočítány automaticky a statisticky analyzovány. Byl hodnocen i počet Nd:YAG laserové kapsulotomie. Nd:YAG kapsulotomie byla prováděna na základě poklesu NKZO spojenou s přítomností PCO

v optické části zadního pouzdra.

4.3. Statistické zpracování dat

Statistická analýza

Výsledky pro spojité proměnné jsou prezentovány jako průměr \pm směrodatná odchylka; minimum; maximum. Statistická analýza byla provedena softwarem IBM SPSS, verze 23. O normalnosti jednotlivých rozdělení bylo rozhodnuto jednovýběrovým Kolmogorov-Smirnovovým testem. Párový t test byl použit pro srovnání indexů EPCO a OSCA mezi oběma soubory. Prostá lineární regrese byla provedena pro stanovení vztahů celkového indexu EPCO a OSCA k pooperační NKZO. Korelace mezi EPCO a výsledky OSCA byly stanoveny s použitím Pearsonova korelačního koeficientového testu. Všechna rozhodnutí byla učiněna na úrovni významnosti (alfa) 0,05.

4.4. Výsledky

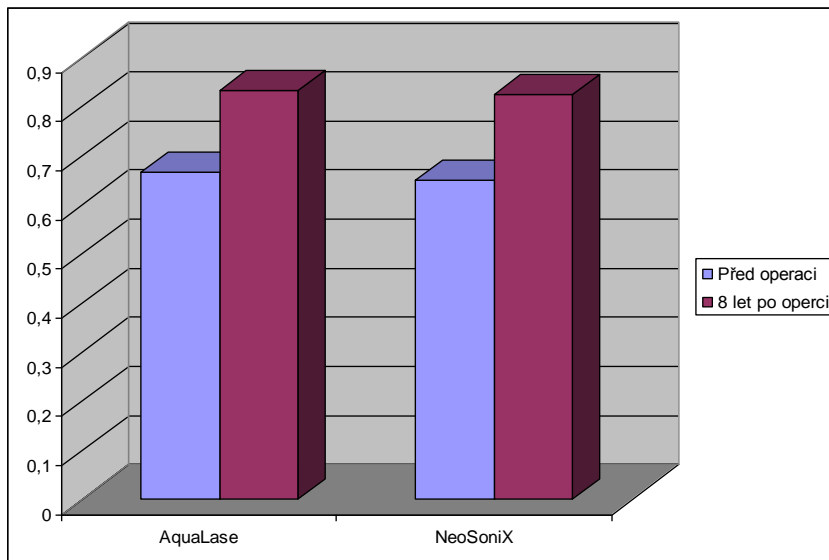
První soubor tvořilo třicet sedm pacientů (74 očí) z původních 62. Do druhého souborů (OZil) bylo zařazeno 30 pacientů (38 očí) a všichni pacienti byli vyšetřeni za 1 rok po operaci.

Nejlépe korigovaná zraková ostrost

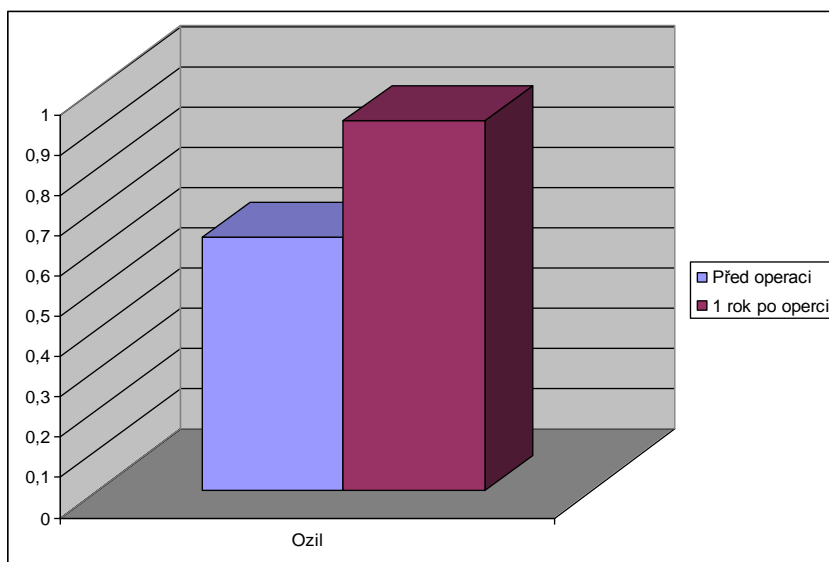
Nebyl zjištěn žádný významný rozdíl u NKZO mezi skupinou AquaLase a NeoSoniX. Osm let po operaci NKZO byla $0,834 \pm 0,07$ pro pravé oči (skupina AquaLase) a $0,825 \pm 0,08$ pro levé oči (skupina NeoSoniX). Většina očí (85% v průměru) dosáhla NKZO 0,8 a lepší (0,8 až 1,2). Byl prokázán statistický významný vzestup NKZO mezi hodnotami před a po operaci jak u skupiny AquaLase, $P = ,006$, tak i u skupiny NeoSoniX ($P = ,0011$) - graf 1.

Jeden rok po operaci byla NKZO ve druhém souboru (OZil) $0,92 \pm 0,12$. U 38 očí (100 %) dosahovala hodnot 0,8 nebo lepší a 1,0 nebo lepší u 24 očí (58.62 %) - graf 2.

Graf 1. Vývoj NKZO během sledování, první soubor pacientů



Graf 2. Vývoj NKZO během sledování, druhý soubor pacientů

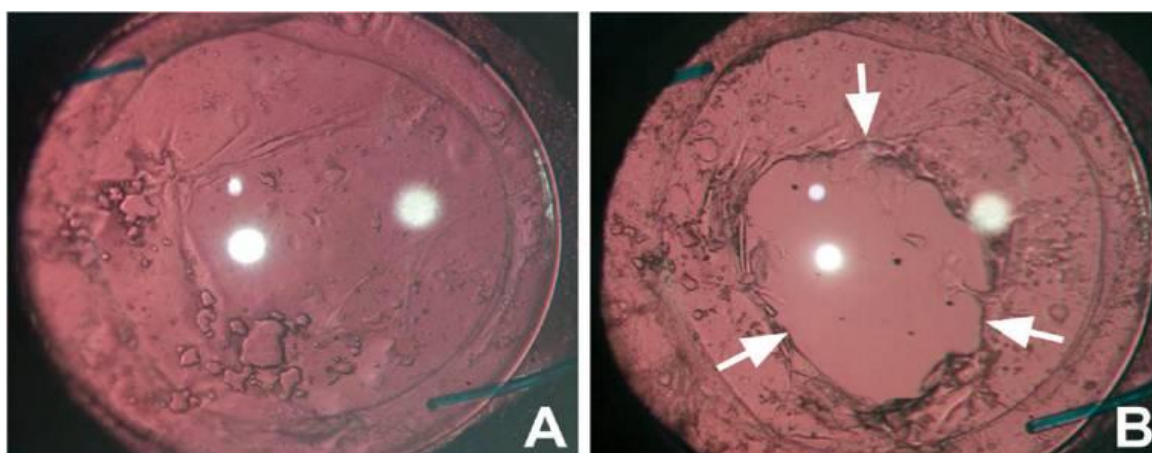


Nd:YAG laserová kapsulotomie

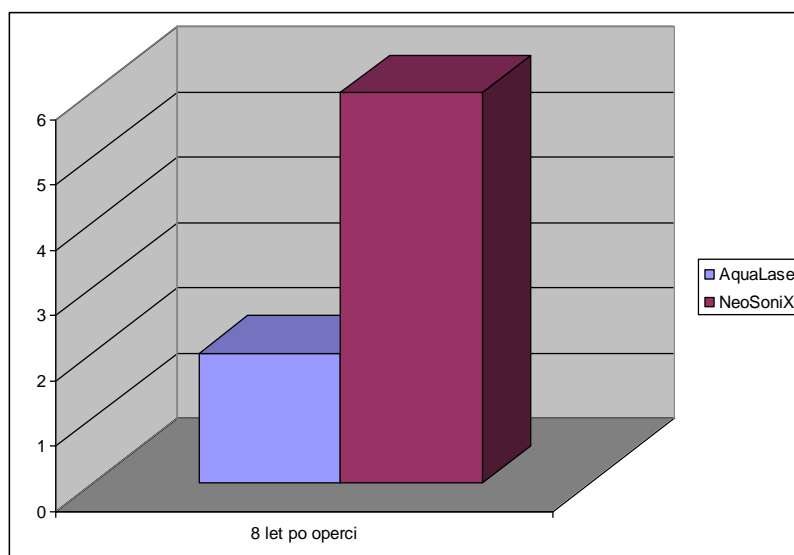
Poměr Nd:YAG laserové kapsulotomie (obr. 19) u AquaLase oproti Nd:YAG laserové kapsulotomie u NeoSoniX byl 8 let po operaci 2:6 očí (graf 3).

Ve druhém souboru (OZil) 1 rok po operaci nebyla provedena ani jedná ND:YAG zadní kapsulotomie.

Obr. 19. Stav před (A) a po ND:YAG zadní kapsulotomii (B)



Graf 3. Poměr Nd:YAG laserové kapsulotomie v prvním souboru



Opacity zadního pouzdra zhodnocené softwaru EPCO 2000 a OSCA

Bylo provedeno porovnání výskytu PCO mezi technikami AquaLase a NeoSoniX. Výsledky EPCO 2000 byly následující: po 8 letech nebyl prokázán významný rozdíl mezi skupinami AquaLase a NeoSoniX; průměrný celkový index EPCO byl mírně lepší pro skupinu AquaLase. Průměrné indexy EPCO 2000 se standardní odchylkou všech stupňů EPCO a celkový index EPCO pro skupinu AquaLase a NeoSoniX 8 let po operaci katarakty jsou uvedeny v tab. 6.

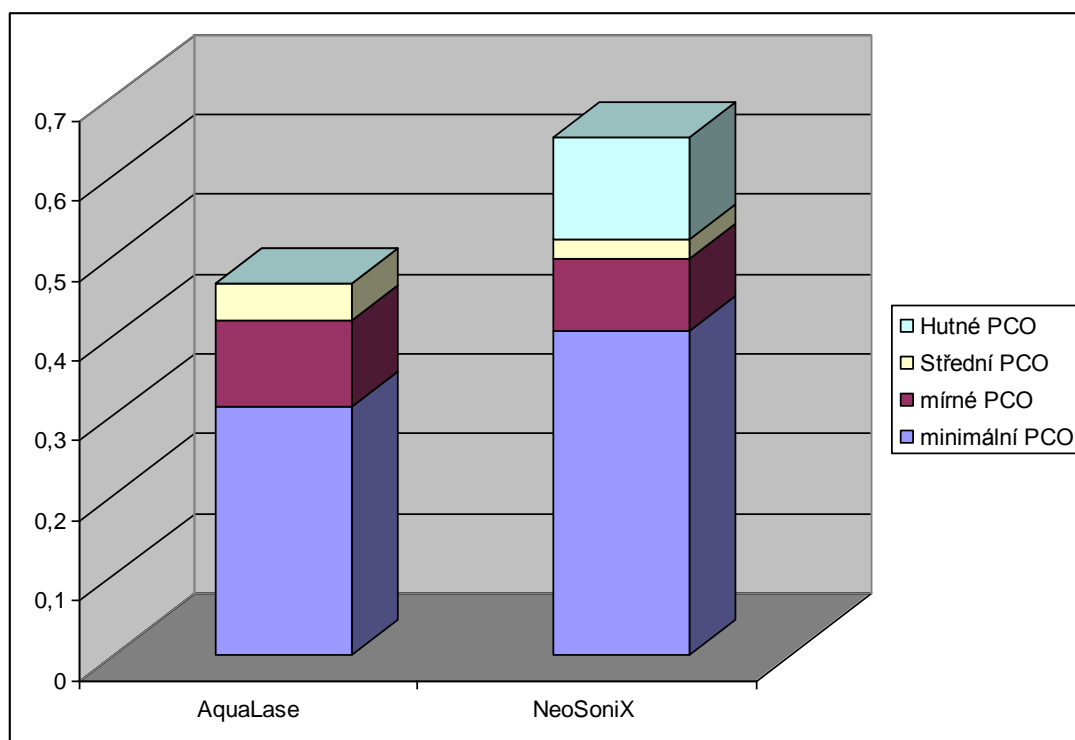
Po ročním hodnocení průměrné EPCO 2000 hodnoty pro metodu OZil byly $0,261 \pm 0,12$ ($P = ,63$) - zcela minimální výskyt PCO.

Tab. 6. Střední hodnoty indexů EPCO 2000 se směrodatnou odchylkou pro skupinu AquaLase a NeoSoniX (IOL AcrySof SA60AT) 8 let a pro skupinu OZil (IOL EriFlex 877 FAB) 1 rok po operaci katarakty.

	minimální PCO	mírné PCO	Střední PCO	Hutné PCO	Celkový EPCO index
AquaLase + AcrySof SA60AT					
8 let po operaci	0,310 ± 0,229	0,108 ± 0,14	0,047 ± 0,18	0	0,648 ± 0,567
NeoSoniX + AcrySof SA60AT					
8 let po operaci	0,405 ± 0,238	0,09 ± 0,127	0,025 ± 0,089	0,128 ± 0,167	0,673 ± 0,542
OZil + EriFlex 877 FAB					
1 rok po operaci	0,201 ± 0,2	0,06 ± 0,1	0	0	0,262 ± 0,02

EPCO - Evaluation of Posterior Capsule Opacification; PCO - posterior capsule opacification.

Graf 4. Střední hodnoty indexů EPCO 2000 se směrodatnou odchylkou pro skupinu AquaLase a NeoSoniX 8 let po operaci



Opacity zadního pouzdra zhodnocené systémem OSCA

Osm let po operaci katarakty byly u skupiny NeoSoniX hodnoty OSCA skóre nevýznamně horší ($P = ,85$). Průměrné hodnoty OSCA skóre, průměrné celkové indexy EPCO 2000 a hodnoty P analýzy párového t testu po 8 letech pro první soubor (AqL + NsX) jsou uvedeny v tab. 7.

Tab. 7. Střední hodnoty celkového hodnocení indexů OSCA se směrodatnou odchylkou pro skupiny AquaLase a NeoSoniX 8 let po operaci katarakty.

		8 let po operaci		
	= 34	AqL	NsX	P
	OSCA	1,035	1,103	,85
	OSCA SO	0,952	0,741	

Po ročním hodnocení průměrné OSCA skóre pro metodu OZil bylo $0,513 \pm 0,241$ ($P = ,71$).

Tab. 8 zahrnuje pooperační hodnoty PCO a hodnoty P analýzy 1 rok po operaci pro čočku EriFlex 877 FAB.

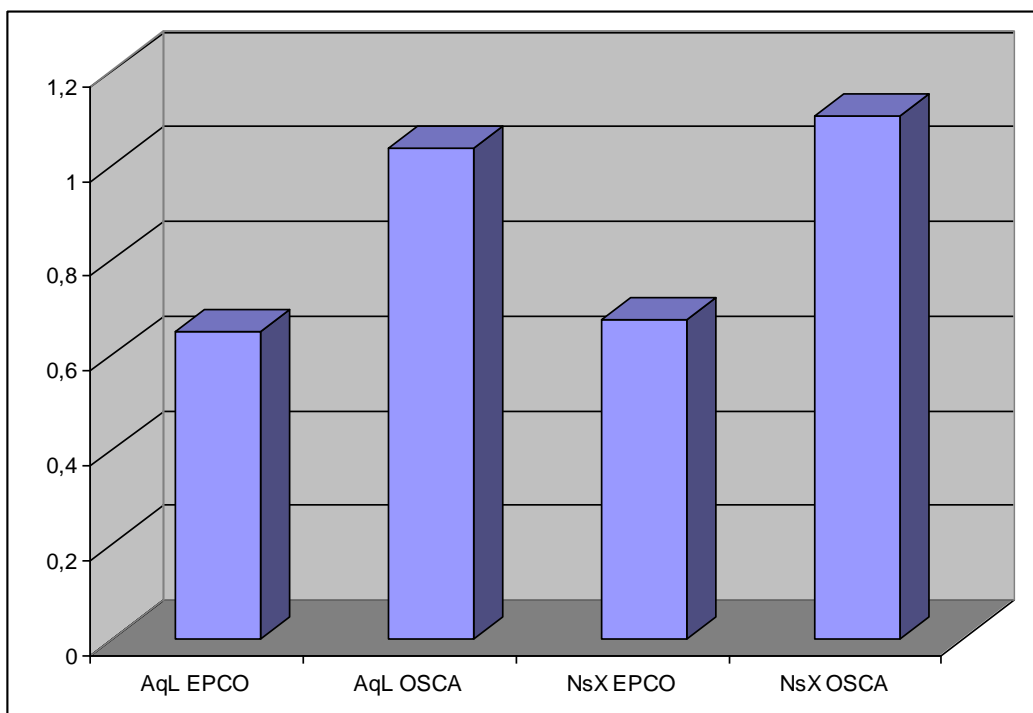
Tab. 8. Střední hodnoty celkového hodnocení indexů OSCA se směrodatnou odchylkou pro metodu OZil jeden rok po operaci katarakty.

	OZil	P
OSCA	0,503	,72
OSCA SO	0,24	

Zhodnocení korelace mezi výsledky získanými systémem OSCA a systémem EPCO 2000

Byla shledána nízká korelace mezi výsledky EPCO a OSCA 8 let po operaci katarakty v prvním souboru (AqL + NsX) (hodnota P byla ,00058 a korelační koeficient byl 0,441). Vývoj PCO pro každé z typů měření, EPCO 2000 a OSCA, během osmiletého období sledování je uveden na grafu 5.

Graf 5. Sumární graf ilustrující hodnoty PCO po metodě AquaLase (AqL) a NeoSoniX (NsX) pomoci EPCO 2000 a OSCA 8 let po operaci.



Výsledky: Skórování body OSCA bylo významně vyšší u skupiny NeoSoniX 8 let po operaci.

5. Diskuze

Opacifikace zadního pouzdra čočky je nejčastější komplikací po operaci katarakty. Pokroky chirurgických technik, materiálů intraokulárních čoček a designu snížily výskyt PCO, přesto stále zůstává významným problémem [63, 64]. Hlavním cílem této studie bylo zkoumat progresi PCO u 2 různých chirurgických metod extrakce katarakty - AquaLase a NeoSoniX v prvním souboru a u metody OZil s implantací hydrofobně-hydrofilní čočky ve druhém souboru.

To je, pokud je známo, nejdelší sledovací doba po extrakci katarakty, kdy PCO bylo hodnoceno pomocí metody EPCO 2000 a OSCA. AquaLase a NeoSoniX jsou 2 alternativy, které poskytuje systém INFINITI Vision System (Alcon Laboratories). Velký rozdíl je, že metoda AquaLase nepoužívá ultrazvuk k emulsifikaci čočky. Místo toho se používá relativně vysokotlaký proud teplého vyváženého fyziologického roztoku k fragmentování jádra. Několik studií prokázalo, že tato technologie může mít využití při čištění zadního pouzdra mechanickým omýváním epiteliálních buněk z kapsulárního vaku [65, 66, 76], čímž působí preventivně proti PCO. Abychom správně posoudili chirurgickou metodu pro prevenci vzniku PCO, je nutné dlouhodobé sledování (obvykle 3 roky nebo déle) [67]. V našem případě jsme zhodnotili vývoj PCO 8 let po operaci katarakty v prvním souboru (AqL+NsX).

Kvantifikace PCO byla provedena s použitím subjektivního EPCO 2000 software a objektivním systémem OSCA.

Metoda OSCA je systém objektivního hodnocení PCO který je založen na počítačové analýze textury digitálních obrazů. Možné hodnoty OSCA skóre mají rozsah od 0 (žádné PCO) do přibližně 15 (maximum). Typické hodnoty OSCA skóre pro zadní pouzdro s velmi malou nebo žádnou PCO jsou kolem 0,5. Hodnoty pro pacienty, které jsou indikované k ND-YAG zadní kapsulotomii jsou přibližně 4 až 5 [69]. Skóre EPCO 2000 je počítačem podporovaný systém morfologického vyhodnocení PCO a má rozsah od 0 (žádné PCO) až 4 (maximum) [72]. Proces označení a ohodnocení stupni PCO je subjektivní. Oba systémy analýzy PCO měří morfologickou hutnost PCO ve smyslu rozsahu a hustoty. Rozdíl ve vývoji PCO po AquaLase a NeoSoniX nebyl významný 8 let po operaci katarakty. Avšak poměr Nd:YAG laserové kapsulotomie byl nevýznamně nižší po metodě AquaLase. Nebyl zjištěn žádný vztah mezi celkovým indexem EPCO 2000 i OSCA a pooperační NKZO pro obě skupiny 8 let po operaci katarakty v prvním souboru. Výskyt PCO byl hodnocen jako minimální a jeho vliv na NKZO byl pravděpodobně malý, což by mohlo také vysvětlovat, proč nebyl zjištěn žádný vztah mezi hodnoty OSCA a NKZO, stejně jako mezi výsledky EPCO 2000 a NKZO.

Materiál nitroočních čoček hraje velkou roli při vzniku sekundární katarakty [67, 70, 71]. Akrylátové IOL dělíme na měkké a tvrdé, měkké existují ve dvou druzích: hydrofilní a hydrofobní. Mezi hlavní výhody hydrofilních IOL patří snadná manipulace, rychlý návrat složené čočky do původního tvaru, nižší náchylnost k poškození a možnost implantace mikroincizí. Hydrofilní akrylátové čočky jsou náchylné k pooperační opacifikaci [72]. Čočky z hydrofobního materiálu tuto vlastnost mají v menší míře a prokazují dobrou mechanickou stabilitu a biokompatibilitu. Mezi nevýhody hydrofobních čoček patří menší elasticita, vysoká bioadhezivita, křehkost a náchylnost k poškrábání a také fenomén glisteningu [73]. V našem souboru jsme měli možnost zhodnotit výskyt PCO po implantaci hydrofobně-hydrofilní IOL - EriFlex 877 FAB.

Nitrooční čočka EriFlex 877 FAB je první nitrooční čočka, která je vyrobena ze speciálního hydrofobně-hydrofilního kopolymeru SEMTE a má výhody hydrofilních a zároveň i hydrofobních IOL: snadná manipulace, rychlý návrat složené čočky do původního tvaru, nižší náchylnost k poškození a možnost implantace mikroincizí. Dále ještě přítomnost hydrofobního akrylátového materiálu, který tvoří bioaktivní vazby s fibronectinem a extracelulárním proteinem, což má za následek vznik „sendvičové struktury“. Takové spojení zlepšuje rotační stabilitu nitrooční čočky, redukuje výskyt opacifikace zadní kapsuly a poskytuje adekvátní rezistenci proti smršťování kapsulárního pouzdra.

AcrySof SA60AT (2-phenylethylakrylát a 2-phenylethylmethakrylát) je měkká akrylátová čočka s refrakčním indexem 1,47 až 1,55. Vzhledem k vysokému refrakčnímu indexu je AcrySof čočka tenká což je příznivou vlastností. Biokompatibilní materiál AcrySof čočky je na rozdíl od PMMA a silikonových čoček bioaktivní. U očí s AcrySof je popisována signifikantně nižší incidence sekundární katarakty než u PMMA a silikonových IOL [74, 75]. Bioaktivní materiál optické části AcrySof čočky vytvoří s okrajem předního pouzdra uzavřený systém. Epiteliální buňky přední kapsuly migrují podél kapsuly až mezi zadní plochu IOL a kapsulu. Vzhledem k pravoúhlé konfiguraci optické části IOL však migrují pouze v jedné řadě. Proto opacifikace zadního pouzdra nebývá vyššího stupně [76-78]. Toto je zřejmě hlavní důvod nízkého počtu provedených Nd:YAG zadních kapsulotomií u čoček z akrylátu oproti jiným materiálům IOL, což se potvrdilo i v našem prvním souboru pacientů.

Nd:YAG kapsulotomie je metodou první volby v léčbě sekundární katarakty [68]. Po zadní kapsulotomii již není možné provést počítačové hodnocení PCO a proto počet vyloučených pacientů může značně ovlivnit výsledky studie [69, 70]. Buehl a spol. [10] publikovali článek, ve kterém popsali statistické problémy při hodnocení PCO způsobené

chybějícími údaji vůči provedené Nd:YAG laserové kapsulotomii. V naší studii pouze 8 pacientů vyžadovalo Nd:YAG kapsulotomii během celého období sledování u obou souborů. Počet provedených ND:YAG kapsulotomií nebyl významný mezi skupinou AquaLase a NeoSoniX, nicméně tyto hodnoty byly vzaty do úvahy při stanovení závěrů naše studie.

6. Závěr

Srovnání PCO v prvním souboru bylo prováděno po fakoemulsifikačních technikách AquaLase a NeoSoniX 8 let po operaci katarakty. Metoda AquaLase měla mírně lepší výsledky u většiny pozorovaných parametrů (výsledky EPCO 2000 a OSCA, Nd:YAG poměr laserové kapsulotomie, NKZO); nicméně ve většině případů rozdíl nebyl významný. Obě metody extrakce katarakty jsou účinné a bezpečné. Přesto ani technika AquaLase, ani NeoSoniX nebyla schopna zabránit progresi 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. Nitrooční čočky, vyrobené z akrylátu vzhledem k bioaktivitě materiálu jsou z hlediska výskytu sekundární katarakty vhodnější než silikonové čočky a než čočky z materiálu PMMA. V naší studii jsme prokázali, že použití moderních technologií v operaci katarakty a implantace čoček z hydrofobně-hydrofilního akrylátu vykazuje minimální výskyt PCO v pooperačním období.

Otázka prevence sekundární katarakty patří v současné době v oftalmologii k hlavním směrům výzkumu. Současná úroveň prováděných většinou kombinovaných mikrochirurgických výkonů v prevenci sekundární katarakty však slibuje, že v blízké budoucnosti se výskyt sekundární katarakty dále sníží.

Cílem předložené dizertační práce bylo porovnat progresi PCO u dvou skupin pacientů po operaci katarakty. K dosažení cíle práce jsem si stanovil následující další úkoly:

1. Zhodnotit a porovnat výskyt PCO během osmiletého sledování očí po dvou různých fakoemulsifikačních technikách (AquaLase a NeoSoniX) s implantací akrylátové hydrofobní intraokulární čočky AcrySof SA60AT během 8 let sledování.
2. Zhodnotit výskyt PCO po implantaci akrylátové hydrofobně-hydrofilní nitrooční čočky EriFlex 877 FAB s použitím metody OZil (torzní fakoemulzifikace) 1 rok po operaci.

Na základě dosažených výsledků jsem dospěl k těmto závěrům:

1. **Obě fakoemulsifikační metody**, AquaLase a NeoSoniX, vykazují **dobré vlastnosti** z hlediska preventivního vlivu na vznik a vývoj opacit zadního pouzdra a sekundární katarakty. Z naší studie vyplývá, že PCO po AquaLase vykazovaly nižší tendenci k progresi v periferní i centrální části optiky IOL, hlavně z dlouhodobějšího hlediska.

Rozdíl ve sledovaných parametrech však většinou nebyl statisticky významný. **Výskyt Nd:YAG kapsulotomií** po operaci u pacientů ve sledovaném souboru byl **minimální**. Poměr Nd:YAG laserové kapsulotomie u AquaLase oproti Nd:YAG laserové kapsulotomie u NeoSoniX byl 2:6 8 let po operaci.

3. **Výskyt PCO** po operaci katarakty s použitím metody **OZil** (torzní fakoemulzifikace) a po implantaci akrylátové **hydrofobně-hydrofilní IOL EriFlex 877 FAB** byl v průběhu ročního sledování **minimální** a nebyla provedena ani jedná ND:YAG zadní kapsulotomie.

4. Pooperační zraková ostrost byla sledována při všech kontrolách (předoperačně i pooperačně) vyšetřením nejlepší korigované zrakové ostrosti. U pacientů byla podle potřeby použita vhodná korekce. Po operaci došlo ke **statisticky významnému zlepšení NKZO u pacientů v obou souborech**, mezi metody AquaLase a NeoSoniX nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl ve všech sledovaných obdobích.

Seznam použitých obrázků

Obr. 1. Anatomie čočky.....	12
Obr. 2. Čočkové švy.....	13
Obr. 3. Zonulární vlákna.....	13
Obr. 4. Snímek lidského fetálního jádra, skenovací elektronový mikroskop.....	14
Obr. 5. Embryologie oka.....	17
Obr. 6. Reklinace čočky člověka.....	20
Obr. 7. Transformující růstový faktor beta.....	26
Obr. 8. Přední cirkulární kontinuální kapsulorhexe.....	28
Obr. 9. Square-edge okraj zleva, zprava round-edge okraj.....	31
Obr. 10. IOL z materiálu PMMA.....	32
Obr. 11. IOL z hydrofobního akrylátu.....	34
Obr. 12. Silikonová IOL.....	35
Obr. 13. Počítačové vyhodnocení celkového EPCO indexu.....	38
Obr. 14. Počítačové vyhodnocení hodnoty OSCA skóre.....	39
Obr. 15. Infiniti Vision System	42
Obr. 16. Čočka AcrySof SA60AT Single Piece	43
Obr. 17. Štěrbínová lampa SL 990 vybavená Digital Vision Systémem.....	44
Obr. 18. Jednotlivé stupně PCO (a – minimální, b – jemné, c – mírné, f – silné).....	45
Obr. 19. Stav před (A) a po ND:YAG zadní kapsulotomii (B).....	48

Seznam použitých grafů

Graf 1. Vývoj NKZO během sledování, první soubor pacientů.....	47
Graf 2. Vývoj NKZO během sledování, druhý soubor pacientů.....	47
Graf 3. Poměr Nd:YAG laserové kapsulotomie v prvním souboru.....	48
Graf 4. Střední hodnoty indexů EPCO 2000 se směrodatnou odchylkou pro skupinu AquaLase a NeoSoniX 8 let po operaci.....	49
Graf 5. Sumární graf ilustrující hodnoty PCO po metodě AquaLase (AqL) a NeoSoniX (NsX) pomoci EPCO 2000 a OSCA 8 let po operaci.....	51

Seznam použitých tabulek

Tab. 1. Přehled metod k vyšetření PCO.....	36
Tab. 2. Srovnání základních metod měření PCO (upraveno dle Bender et al 2004).....	37
Tab. 3. Pacienti a předoperační údaje prvního souboru (AquaLase a NeoSoniX).....	40
Tab. 4. Pacienti a předoperační údaje druhého souboru (OZil).....	41
Tab. 5. Hodnoty implantovaných nitroočních čoček v dioptriích (dpt) IOL.....	43
Tab. 6. Střední hodnoty indexů EPCO 2000 se směrodatnou odchylkou pro skupinu AquaLase a NeoSoniX (IOL AcrySof SA60AT) 8 let a pro skupinu OZil (IOL EriFlex 877 FAB) 1 rok po operaci katarakty.....	49
Tab. 7. Střední hodnoty celkového hodnocení indexů EPCO 2000 a OSCA se směrodatnou odchylkou pro skupiny AquaLase a NeoSoniX 8 let po operaci katarakty.....	50
Tab. 8. Střední hodnoty celkového hodnocení indexů EPCO 2000 a OSCA se směrodatnou odchylkou pro metodu OZil jeden rok po operaci katarakty.....	50

Seznam použité literatury

1. Taylor, HR. Cataract: how much surgery do we have to do? *Br J Ophthalmol.* 2000, **84**(1), 1-2.
2. Bertelmann, E., Kojetinsky, C. Posterior capsule opacification and anterior capsule opacification. *Current Opinion in Ophthalmology.* 2001, **12**, 35–40.
3. Sacu, S., Menapace, R., Findl, O. et al. Influence of optic edge design and anterior capsule polishing on posterior capsule fibrosis. *J Cataract Refract Surg.* 2004, **30**, 658–662.
4. Sacu, S., Menapace, R., Wirtitsch, M. et al. Effect of anterior capsule polishing on fibrotic capsule opacification: Three-year results. *J Cataract Refract Surg.* 2004, **30**, 2322–2327.
5. Mahelková, G., Bacáková, L., Korynta, J. et al. Effect of culture substrate and culture conditions on lens epithelial cell proliferation and alpha-smooth muscle actin expression. *Folia Biol.* 2009, **55**, 66–76.
6. Baráková, D., Kuchynka, P., Klečka, D. et al. Frekvence výskytu sekundární katarakty u AcrySof MA30BA a MA60BM. *Cesk Slov Oftalmol.* 2000, **56**, 38–42.
7. Benda, F., Mašek, P. Primární polypseudofakie u pacientů s kataraktou a hypermetropií. *Čes a Slov Oftalmol.* 2001, **57**, 226–30.
8. Krajčová, P., Chynoranský, M., Strmeň, P. Opacifikácia zadného puzdra šošovky po implantácii rôznych typov umelých vnútroočných šošoviek – II. časť: rôzne peroperačné nálezy. *Čes a Slov Oftalmol.* 2008, **64**, 13–15.
9. Nekolová, J., Pozlerová, J., Jirásková, N. et al. Pooperační výsledky expandibilní nitrooční čočky ACQUA (Mediphacos). *Čes a Slov Oftalmol.* 2008, **64**, 87–90.
10. Buehl, W., Heinzl, H., Mittlboeck, M., Findl, O. Statistical problems caused by missing data resulting from neodymium: YAG laser capsulotomy in long-term posterior capsule

opacification studies. *J Cataract Refract Surg.* 2008, **34**(2), 268-73.

11. Wormstone, I.M. Posterior capsule opacification: a cell biological perspective. *Exp Eye Res.* 2002, **74**(3), 337-47.

12. Apple, D.J., Salomon, K.D., Tetz, M.R. et al. Posterior capsule opacification (major review). *Surv Ophthalmol.* 1992, **37**, 73-116.

13. McAvoy, J.W., Chamberlain, C.G. Fibroblast growth factor (FGF) induces different responses in lens epithelial cells depending on its concentration. *Development.* 1989, **107**, 221–228

14. Gordon-Thomson, C., de Iongh, R.U., Hales, A.M., Chamberlain, C.G., McAvoy, J.W. Differential cataractogenic potency of TGF-beta1, -beta2, and -beta3 and their expression in the postnatal rat eye. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1998, **39**, 1399–1409.

15. Mansfield, K.J., Cerra, A., Chamberlain, C.G. Effects of dexamethasone on posterior capsule opacification-like changes in a rat lens explant model. *Mol. Vis.* 2004, **10**, 728–737

16. Wormstone, I.M., Liu, C.S., Rakic, J.M., Marcantonio, J.M., Vrensen, G.F., Duncan, G. Human lens epithelial cell proliferation in a protein-free medium. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1997, **38**, 396–404.

17. Saxby, L., Rosen, E., Boulton, M. Lens epithelial cell proliferation, migration, and metaplasia following capsulorhexis. *Br. J. Ophthalmol.* 1998, **82**, 945–952.

18. Davidson, M.G., Wormstone, M., Morgan, D., Malakof, R., Allen, J., McGahan, M.C. Ex vivo canine lens capsular sac explants. *Graefes. Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2000, **238**, 708–714.

19. Duncan, G., Wang, L., Neilson, G.J., Wormstone, I.M. Lens cell survival after exposure to stress in the closed capsular bag. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2007, **48**, 2701–2707.

20. Walker, J.L., Wolff, I.M., Zhang, L., Menko, A.S. Activation of SRC kinases signals

induction of posterior capsule opacification. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2007, **48**, 2214–2223.

21. Hales, A.M., Chamberlain, C.G., McAvoy, J.W. Susceptibility to TGFbeta2- induced cataract increases with aging in the rat. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2000, **41**, 3544–3551.

22. Streilein, J.W. Ocular immune privilege and the faustian dilemma. The prostor lecture. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1996, **37**, 1940–1950.

23. Saika, S., Okada, Y., Miyamoto, T., Ohnishi, Y., Ooshima, A., McAvoy, J.W. Smadtranslocation and growth suppression in lens epithelial cells by endogenous TGFbeta2 during wound repair. *Exp. Eye Res.* 2001, **72**, 679–686

24. de Iongh, R.U., Wederell, E., Lovicu, F.J., McAvoy, J.W. Transforming growth factor-beta-induced epithelial-mesenchymal transition in the lens: a model for cataract formation. *Cells Tissues Organs.* 2005, **179**, 43–55.

25. Wunderlich, K., Pech, M., Eberle, A.N., Mihatsch, M., Flammer, J., Meyer, P. Expression of connective tissue growth factor (CTGF) mRNA in plaques of human anterior subcapsular cataracts and membranes of posterior capsule opacification. *Curr. Eye. Res.* 2000, **21**, 627–636.

26. Schlotzer-Schrehardt, U., Zenkel, M., Kuchle, M., Sakai, L.Y., Naumann, G.O. Role of transforming growth factor-beta1 and its latent form binding protein in pseudoexfoliation syndrome. *Exp. Eye Res.* 2001, **73**, 765–780.

27. Dawes, L.J., Eldred, J.A., Anderson, I.K., Sleeman, M., Reddan, J.R., Duncan, G., Wormstone, I.M. TGF beta-induced contraction is not promoted by fibronectin-fibronectin receptor interaction, or alpha SMA expression. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2008, **49**, 650–661.

28. Ohta, K., Yamagami, S., Taylor, A.W., Streilein, J.W. IL-6 antagonizes TGF-beta and abolishes immune privilege in eyes with endotoxin-induced uveitis. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2000, **41**, 2591–2599.

29. Zarnegar, R., Michalopoulos, G.K. The many faces of hepatocyte growth factor: from hepatopoiesis to hematopoiesis. *J. Cell. Biol.* 1995, **129**, 1177–1180.
30. Paralkar, V.M., Vukicevic, S., Reddi, A.H. Transforming growth factor beta type 1 binds to collagen IV of basement membrane matrix: implications for development. *Dev. Biol.* 1991, **143**, 303–308.
31. Ishida, I., Saika, S., Okada, Y., Ohnishi, Y. Growth factor deposition in anterior subcapsular cataract. *J. Cataract Refract. Surg.* 2005, **31**, 1219–1225.
32. Linnola, R.J., Sund, M., Ylonen, R., Pihlajaniemi, T. Adhesion of soluble fibronectin, vitronectin, and collagen type IV to intraocular lens materials. *J. Cataract. Refract. Surg.* 2003, **29**, 146–152.
33. Taliana, L., Evans, M.D., Ang, S., McAvoy, J.W. Vitronectin is present in epithelial cells of the intact lens and promotes epithelial mesenchymal transition in lens epithelial explants. *Mol. Vis.* 2006, **12**, 1233–1242.
34. Adámková, H., Novák J. Sekundární katarakta, její prevence a léčba. Část první: Prevence vzniku sekundární katarakty. *Čes. a slov. Oftal.* 2006, **62**, 230–236
35. Nishi, O., Nishi, K., Morita, T., Tada, Y., Shirasawa, E., Sakanishi, K. Effect of intraocular sustained release of indomethacin on postoperative inflammation and posterior capsule opacification. *J. Cataract Refract. Surg.* 1996, **22**(1), 806–810.
36. Laurell, C.G., Zetterstrom, C. Effects of dexamethasone, diclofenac, or placebo on the inflammatory response after cataract surgery. *Br. J. Ophthalmol.* 2002, **86**, 1380–1384.
37. Symonds, J.G., Lovicu, F.J., Chamberlain, C.G. Differing effects of dexamethasone and diclofenac on posterior capsule opacification-like changes in a rat lens explant model. *Exp. Eye Res.* 2006, **83**, 771–782.
38. Sawhney, R.S. Expression and regulation of SPARC, fibronectin, and collagen IV by dexamethasone in lens epithelial cells. *Cell. Biol. Int.* 2002, **26**, 971–983.

39. Ravalico, G., Tognetto, D., Palomba, M. et al. Capsulorhexis size and posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg.* 1996, **22**, 98-103.
40. Spalton, D.J. Posterior capsule opacification after cataract surgery. *Eye.* 1999, **13**, 489-492
41. Linnola, R.J. Sandwich theory: bioactive-based explanation for posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg.* 1997, **23**, 527-535.
42. Sterling, S., Wood, T. Effect of intraocular lens convexity on posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg.* 1986, **12**, 655-657.
43. Hansen, S.O., Salomon, K.D., McKnight, G.T. et al. Posterior capsule opacification and intraocular lens decentration: 1. Comparison of various posterior chamber lens designs implanted in rabbit model. *J Cataract Refract Surg.* 1988, **14**, 605-613
44. Nagata, T., Minakata, A., Watanabe, I. Adhesiveness of AcrySof to a collagen film. *J Cataract Refract Surg.* 1998, **24**, 367-370.
45. Linnola, R.J., Werner, L., Pandey, S.K. et al. Adhesion of fibronectin, vitronectin, laminin a collagen type IV to intraocular lens material in pseudophakic human autopsy eyes: I.Histological sections. *J Cataract Refract Surg.* 2000, **26**, 1792-1806.
46. Hara, T., Hara, T., Yamada, Y. Equator ring for maintenance of the completely circular contours of the capsular bag equator after cataract removal. *Ophthalmic Surg.* 1991, **22**, 358-359.
47. Peng, Q., Apple, D.J., Visessook, N. et al. Surgical prevention of posterior capsule opacification: 2.Enhancement of cortical clean up by increased emphasis and focusing on the hydrodissection procedure. *J Cataract Refract Surg.* 2000, **26**, 188-197.
48. Fine, L.H. Cortical cleaving hydrodissection. *J Cataract Refract Surg.* 1992, **18**, 508-512.
49. Nishi, O., Yamamoto, N., Nishi, K., Nishi, Y. Contact inhibition of migrating lens

epithelial cells at the capsular bend created by a sharp-edged intraocular lens after cataract surgery. *J. Cataract Refract. Surg.* 2007, **33**, 1065–1070.

50. Hayashi, K., Hayashi, H., Nakao, F. et al. Capsular capture of silicone intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 1996, **22**(2), 1267–1271.

51. Hollick, EJ, Spalton, DJ, Ursell, PG et al. The Effect of Polymethylmethacrylate, silicone, and polyacrylic intraocular lenses on posterior capsular opacification 3 years after cataract surgery. *Ophthalmology.* 1999, **106**(1), 46–55.

52. Jirásková, N. Pokroky v designu a materiálech nitroočních čoček. In Rozsival, P. (Ed.) *Trendy soudobé oftalmologie. Svazek 2. Praha: Galén.* 2005, 263–283.

53. Linnola, R. The sandwich theory: a bioactivity based explanation for posterior capsule opacification after cataract surgery with lens implantation. Dissertation; University of Oulu. *Acta Univ Oul.* 2001, D **632**, 89.

54. Oner, FH, Gunenc, Ü., Ferliel, ST. Posterior capsule opacification after phacoemulsification: Foldable acrylic versus poly(methyl methacrylate) intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2000, **26**, 722–726.

55. Žemaitienė, R., Jašinskas, V., Brzd, V. et al. Prevention of posterior capsule opacification using different intraocular lenses (result of one-year clinical study). *Medicina (Kaunas).* 2004, **8**, 721–729.

56. Seward, H. C. Folding intraocular lenses: materials and methods. *British Journal Of Ophthalmology.* 1997, **81**(5), 340-341.

57. Aslam, TM., Patton, N., Rose, ChJ. OSCA: a comprehensive open-access system of analysis of posterior capsular opacification, *BMC Ophthalmol.* 2006, **23**, 30.

58. Jirásková, N., Rozsival, P. Metody hodnocení zkalení zadního pouzdra po operaci katarakty, *Čes. a slov. Oftalmol.* 2006, **60**(2), 155–157.

59. Tetz, MR., Auffarth, GU., Sperker, M., et al. Photographic image analysis system of

- posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg.* 1997, **23**, 1515–1520.
60. Buratto, L. Phacoemulsification. Principles and techniques. *Thorofare, New Jersey: SLACK Inc.* 1998, 3-21.
61. Nekolová, J., Jirásková, N., Pozlerová, J., Rozsival, P. Three-Year Follow-up of Posterior Capsule Opacification After AquaLase and NeoSoniX Phacoemulsification. *Am J Ophthalmol.* 2009, **148**(3), 390-5.e2.
62. Mackool, RJ., Brint, SF. AquaLase: a new technology for cataract extraction. *Curr Opin Ophthalmol.* 2004, **15**(1), 40-3.
63. Mester, U., Fabian, E., Gerl, R., Hunold, W., Hütz, W., Strobel, J., Hoyer, H., Kohnen, T. Posterior capsule opacification after implantation of CeeOn Edge 911A, PhacoFlex SI-40NB, and AcrySof MA60BM lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2004, **30**(5), 978-85.
64. Buehl, W., Findl, O., Neumayer, T., Georgopoulos, M., Sacu, S. Short-term changes in the morphology of posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg.* 2005, **31**(5), 962-8.
65. Hoffman, RS., Fine, IH., Packer, M. New phacoemulsification technology. *Curr Opin Ophthalmol.* 2005, **16**(1), 38-43.
66. Jirásková, N., Rozsival, P. Phacoemulsification parameters: series 20000 legacy versus legacy with AdvanTec software and NeoSonix handpiece. *J Cataract Refract Surg.* 2004, **30**(1), 144-8.
67. Ebihara, Y., Kato, S., Oshika, T., Yoshizaki, M., Sugita, G. Posterior capsule opacification after cataract surgery in patients with diabetes mellitus. *J Cataract Refract Surg.* 2006, **32**(7), 1184-7.
68. Mian, SI., Fahim, K., Marcovitch, A., Gada, H., Musch, DC., Sugar, A. Nd:YAG capsulotomy rates after use of the AcrySof acrylic three-piece and one-piece intraocular lenses. *Br J Ophthalmol.* 2005, **89**(11), 1453-7.

69. Buehl, W., Sacu, S., Findl, O. Association between intensity of posterior capsule opacification and contrast sensitivity. *Am J Ophthalmol.* 2005, **140**(5), 927-30.
70. Hancox, J., Spalton, D., Heatley, C., Jayaram, H., Yip, J., Boyce, J., Marshall, J. Fellow-eye comparison of posterior capsule opacification rates after implantation of 1CU accommodating and AcrySof MA 30 monofocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2007, **33**(3), 413-7.
71. Pozlerová, J., Nekolová, J., Jirásková, N., et al. Hodnocení opacit zadního pouzdra u různých typů umělých nitroočních čoček. *Čes a slov Oftal.* 2009, **65**(1), 12–15.
72. Werner, L. Calcification of hydrophilic acrylic intraocular lenses. *Am J Ophthalmol.* 2008, **146**, 341–343.
73. Kato, K., Nishida, M., Yamane H. et al. Glistening formation in an AcrySof lens initiated by spinodal decomposition of the polymer network by temperature change. *J Cataract Refract Surg.* 2001, **27**, 1493–1498.
74. Congdon, N. Three-year study compares acrylic and silicone IOLs. *Ophthalmology Times.* 1997, **15**, 14-15.
75. Mandle, M. Acrylic lenses cause less posterior capsular opacification than PMMA or silicone. *Ocular Surgery News.* 1996, **7**(8), 9.
76. Linnola, R.J. Sandwich theory: Bioactivity-based explanation for posterior capsule opacification. *J. Cataract. Refract. Surg.* 1997, **23**(10), 1539-1542.
77. Spalton, D.J., Maxwell, W.A. Acrylic lenses minimize PCO progression: British study. *Ocular Sugery News.* 1996, **14**(20), 34.
78. Ursell, P.G., Spalton, D.J., Pande, M.V., Hollick, E.J., Barman, S., Boyce, J., Tilling, K. Relationship between intraocular lens biomaterials and posterior capsule opacification. *J. Cataract Refract. Surg.* 1998, **24**, 352-360.

.....

podpis

MUDr. Alexandr Stepanov

.....

podpis školitele

Prof. MUDr. Naďa Jirásková, Ph.D., FEBO

PŮVODNÍ PRÁCE

HODNOCENÍ KLINICKÝCH VÝSLEDKŮ IMPLANTACE HYDROFOBNĚ-HYDROFILNÍ NITROOČNÍ ČOČKY ERIFLEX 877 FAB

**Stepanov A., Jirásková N.,
Nekolová J., Lackovič J.,
Románek J., Rozsival P.**

Oční klinika, Fakultní nemocnice,
Hradec Králové,
přednosta prof. MUDr. Pavel Rozsival,
CSc., FEBO

Práce byla přednášena na XIX. výročním kongresu České a Slovenské oftalmologické společnosti, Brno, 26. října 2013

SOUHRN

Cíl: zhodnotit klinické vlastnosti nitrooční čočky EriFlex 877 FAB, snadnost implantace a výsledky po implantaci těchto nových hydrofobně-hydrofilních nitroočních čoček u pacientů podstupujících rutinní operaci katarakty.

Materiál a metodika: do studie bylo zařazeno 30 pacientů (38 očí), průměrného věku 71 ± 8 let (rozpětí 53 až 89 let) s šedým zákallem. Po fakoemulzifikaci jsme implantovali nitrooční čočky EriFlex 877 FAB. Pacienti byli vyšetřeni za 3 měsíce po operaci. Sledovali jsme nekorigovanou zrakovou ostrost (NZO) a nejlépe korigovanou zrakovou ostrost (NKZO), refrakci, keratometrii a výskyt opacit zadního pouzdra (PCO – Posterior Capsule Opacification) pomocí software OSCA (open-access systematic capsule assessment). Byla také dokumentována individuální spokojenost pacientů s nekorigovaným vize. Snadnost manipulace s nitrooční čočkou byla hodnocena chirurgy.

Výsledky: za 3 měsíce po operaci byla průměrná nekorigovaná zraková ostrost $0,7 \pm 0,2$ a nejlépe korigovaná zraková ostrost byla $0,97 \pm 0,16$. Hodnota PCO byla $0,15 \pm 0,09$, což značí zcela minimální výskyt PCO. Dobrá nekorigovaná zraková ostrost a nízký počet PCO odpovídaly vysokému stupni spokojenosti pacientů.

Závěr: Nová hydrofobně-hydrofilní nitrooční čočka EriFlex 877 FAB se snadno implantuje a po operaci vykazuje vysokou míru biokompatibility u pacientů podstupujících rutinní operaci katarakty.

Klíčová slova: nitrooční čočka EriFlex 877 FAB, opacity zadního pouzdra, OSCA

SUMMARY

Evaluation of the Clinical Results of Implantation the Hydrophobic-hydrophilic Intraocular Lens ERIFLEX 877 FAB

Purpose: To evaluate the properties of intraocular lens ERIFLEX 877 FAB, the manipulation during implantation and clinical outcomes after implantation of the new hydrophobic-hydrophilic intraocular lens in patients undergoing routine cataract surgery.

Material and Methods: The study included 30 patients (38 eyes), mean age 71 ± 8 years (range 53–89 years) with senile cataract. After phacoemulsification intraocular lens ERIFLEX 877 FAB was implanted. Patients were evaluated at 3 months after surgery. We assessed the uncorrected visual acuity (UCVA) and best corrected visual acuity (BCVA), refraction, keratometry and the incidence of posterior capsule opacification (PCO - Posterior capsule opacification). Individual patient's and surgeon's satisfaction was also documented including manipulation during surgery.

Results: Three months after surgery, the mean UCVA was 0.7 ± 0.2 and BCVA was 0.97 ± 0.16 . PCO value was 0.15 ± 0.09 , that means minimal incidence of PCO. Good UCVA and a minimal incidence of PCO have resulted in a high degree satisfaction of patients.

Conclusion: The new hydrophobic-hydrophilic intraocular lens ERIFLEX 877 FAB could be easily implanted and after surgery shows a high degree of biocompatibility in patients undergoing routine cataract surgery.

Key words: intraocular lens ERIFLEX 877 FAB, posterior capsule opacification, OSCA

Čes. a slov. Oftal., 69, 2013, No. 6, p. 236–238

✉ Do redakce doručeno dne 24. 10. 2013

📄 Do tisku přijato dne 22. 1. 2014

MUDr. Alexandr Stepanov
Oční klinika
Fakultní nemocnice Hradec Králové
Sokolská 581
500 05 Hradec Králové
e-mail: stepanov.doctor@gmail.com

ÚVOD

Nitrooční čočka EriFlex 877 FAB je první nitrooční čočka, která je vyrobena ze speciálního hydrofobně-hydrofilního kopolymeru SEMTE. Výrobce deklaruje, že se čočka snadněji ohýbá a implantuje, přitom si ale zachovává všechny přednosti hydrofobního materiálu. Nedochází u ní ani k lepení haptik k optice. Materiál je také odolný vůči glisteningu. Neutrální sférická aberace eliminuje stávající sférické aberace čočky, zachovává hloubku ostrosti a kompenzuje fyziologické oční aberace. Haptiky mají 180° kontaktní úhel. Zajišťují tak perfektní centraci a stabilitu čočky a zároveň i zabráňují smršňování pouzdra při jeho fibrotizaci. Cílem naší práce bylo ověřit klinické vlastnosti této čočky u souboru pacientů.

SOUBOR A METODIKA

Do studie bylo zahrnuto 30 pacientů (38 očí) se senilní kataraktou, kteří byli operováni na Oční klinice FN Hradec Králové v období od srpna do listopadu v roce 2012. Od každého pacienta byl získán informovaný souhlas. Tabulka 1 zahrnuje informace o pacientech a předoperační údaje. Všechny pacienty operovali dva operatři P. R. a N. J. a operace provedli stejnou operační technikou: instalační anestezie, rohový řez velikosti 2,2 mm, vytvoření bočních incizí, kapsulorexe velikosti 5 mm, hydroseke, fakoemulzifikace jádra, irigace a aspirace kortexu a implantace intraokulární čočky (IOČ) EriFlex 877 FAB do čočkového pouzdra.

Předoperačně jsme u pacientů vyšetřovali nekorigovanou zrakovou ostrost (NZO) i nejlépe korigovanou zrakovou ostrost (NKZO) na Snellenových optotypech a měřili jsme axiální délku bulbu. Pro kalkulaci optické mohutnosti IOČ byl použit IOL Master Carl Zeiss Meditec AG, pacienty jsme vyšetřili na štiřbinové lampě.

Pooperačně byli pacienti vyšetřováni 3 měsíce od operace. Při této kontrole jsme zjišťovali refrakci, NZO, NKZO a také byla pořízena digitální fotografie předního segmentu oka se zaměřením na zadní pouzdro. Následně jsme fotodokumentaci hodnotili objektivním systémem OSCA [1]. Pacienti byli dotazováni na pooperační zrakové fenomény (například halo, starburst, vidění s duchy, pokles kontrastní citlivosti).

Předoperační a pooperační data (refrakční a keratometrická) byla uložena do

Tab. 1 Pacienti a předoperační údaje

Charakteristika	Hodnota
Pacienti (počet)	30
Oči (počet)	38
Věk (roky)	
Průměr ± SO	71,65 ± 7,7
Rozsah	53–89
Pohlaví, počet (%)	
Muž	13 (43,33)
Žena	17 (56,67)
Předoperační refrakční sféra (D)	
Průměr ± SO	+0,39 ± 2,56
Rozsah	-6,5 až +5,5
Předoperační refrakční cylindr (D)	
Průměr ± SO	-0,94 ± 0,64
Rozsah	-0,25 až -2,75
Průměr předoperační keratometrie (D) ± SO	
K1	43,67 ± 1,28
K2	44,57 ± 1,31
Axiální délka oka (mm)	
Průměr ± SO	23,21 ± 0,72
Rozsah	22,12 až 24,49
Průměr hodnoty IOČ (D) ± SO	
Sféra	21,35 ± 1,4
IOČ = intraokulární čočka	

Excel dokumentu. Pro statistickou analýzu byl použit SPSS Windows software (verze 18.0). Byl proveden Kolmogorov-Smirnov test pro normalitu, párový t-test pro porovnání parametrů mezi preoperačními a pooperačními kontrolami, P hodnota 0,05 nebo méně, byla považována za statisticky signifikantní.

VÝSLEDKY

Bylo vyšetřeno 30 pacientů (38 očí), 16 žen, 14 mužů. Průměrný věk pacientů v době operace byl 71 ± 8 let (rozpětí 53 až 89 let). Pooperačně ani poopera-

Tab. 2 Předoperační a postoperační zraková ostrost a refrakční data

Charakteristika	Preoperační	12 týdnů po operaci	P hodnota
Průměr NZO (logMAR) ± SO	0,34 ± 0,2	0,7 ± 0,2	<,001*
Rozsah	0,01 až 0,8	0,4 až 1,2	
Průměr NKZO (logMAR) ± SO	0,63 ± 0,19	0,97 ± 0,16	<,001*
Rozsah	0,3 až 0,8	0,8 až 1,2	
Průměr refrakční sféry (D) ± SO	+0,39 ± 2,56	+0,47 ± 0,7	,882
Rozsah	-6,5 až +5,5	-1,0 až +2,0	
Průměr SE (D) ± SO	-0,08 ± 2,65	+0,09 ± 0,62	
Rozsah	-6,75 až +4,88	-1,25 až +1,38	,025*
Refrakční cylindr (D)			
Průměr ± SO	-0,94 ± 0,64	-0,76 ± 0,36	,26
Rozsah	-0,25 až -2,75	0,0 až -1,5	
Výskyt opacit zadního pouzdra (PCO) ± SO	-	0,15 ± 0,09	-

NZO = nekorigovaná zraková ostrost

NKZO = nejlépe korigovaná zraková ostrost

SE = sférický ekvivalent

PCO = Posterior Capsule Opacification

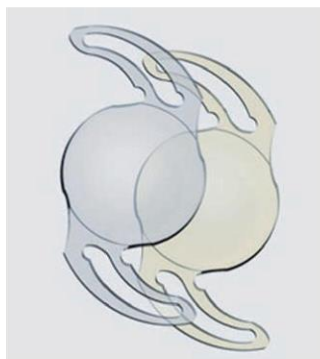
* P hodnota signalizuje na 5% hladině významnosti statisticky významný rozdíl

ně nebyly zaznamenány žádné komplikace. Tabulka 2 zahrnuje preoperační a pooperační refrakční data, NZO, NKZO, sférický ekvivalent (SE) a výskyt opacit zadního pouzdra (PCO). Pooperační NKZO byla 0,8 nebo lepší u 40 očí (100 %) a 1,0 nebo lepší u 24 očí (58,62 %). Refrakce byla hodnocena předoperačně, kdy 19 očí (48,6 %) mělo průměrný sférický ekvivalent v rozmezí $\pm 1,5$ D. Průměrný sférický ekvivalent -0,08 \pm 2,65, rozpětí -6,75 až +4,88. Za 3 měsíce po operaci 25 očí (63,6 %) mělo průměrný sférický ekvivalent v rozmezí $\pm 0,5$ D emetropie. Průměrný sférický ekvivalent +0,09 \pm 0,62, rozpětí -1,25 až +1,38. Siřední hodnota PCO indexu a jeho minimální a maximální hodnota pro EriFlex 877 FAB = 0,15 \pm 0,09 (min. 0,02; max. 0,36), což značí zcela minimální výskyt PCO. Centrace IOČ v pouzdře byla správná u všech očí. Před operací byla NZO 0,34 \pm 0,2, po operaci NZO se zlepšila dvojnásobně na 0,7 \pm 0,2. Optické nebo zrakové fenomény nečinily pacientům potíže. Jeden pacient (3,1 %) udával fenomén halo. Oba chirurgové hodnotili snadnost vložení IOČ do injektoru a její následnou implantaci jako velmi bezpečnou a snadnou.

DISKUSE

Materiál nitroočních čoček hraje velkou roli při vzniku sekundární katarakty [2, 3, 4].

Akrylátové IOČ dělíme na měkké a tvrdé, měkké existují ve dvou druzích: hydrofilní a hydrofobní. Mezi hlavní výhody hydrofilních IOČ patří snadná manipulace, rychlý návrat složené čočky do původního tvaru, nižší náchylnost k poškození a možnost implantace mikroincizí.



Obr. 1 Čočka EriFlex 877 FAB (Y)

Hydrofilní akrylátové čočky jsou náchylné k kooperativní opacifikaci [5]. Čočky z hydrofobního materiálu tuto vlastnost mají v menší míře a prokazují dobrou mechanickou stabilitu a biokompatibilitu. Mezi nevýhody hydrofobních čoček patří menší elasticita, vysoká bioadhezivita, křehkost a náchylnost k poškrábání a také fenomén glisteningu [6].

Čočka EriFlex 877 FAB má výhody hydrofilních a zároveň i hydrofobních IOČ: snadná manipulace, rychlý návrat složené čočky do původního tvaru, nižší náchylnost k poškození a možnost implantace mikroincizí. Dále ještě přítomnost hydrofobního akrylátového materiálu který tvoří bioaktivní vazby s fibronektinem, extracelulárním proteinem, což má za následek vznik „sendvičové struktury“ [7]. Takové spojení zlepšuje rotační stabilitu nitrooční čočky, redukuje výskyt opacifikace zadní kapsuly a poskytuje adekvátní rezistenci proti smršťování kapsulárního pouzdra. Námi sledovaná nitrooční čočka má neutrální asfericitu, což eliminuje stávající sférické aberace čočky, kompenzuje fyziologické oční

asymetrie (Kappa úhel) a nemění fyziologickou rohovkovou aberace, tím zachovává hloubku ostrosti. Žádné komplikace spojené s použitím nových nitroočních čoček nebyly pozorovány. Je k dispozici široký rozsah dioptrií od 0,0 do +35,0 D.

Tato studie je první studie, která popisuje aplikaci hydrofobní-hydrofilních nitroočních čoček EriFlex 877 FAB skupině pacientů podstupujících rutinní operaci katarakty. Dobrý standard nekorigované zrakové ostrosti a nízký výskyt PCO dosažené v této studii měli za následek vysoký stupeň spokojenosti pacientů s jejich nekorigovaným zrakem (84,4 % pacientů spokojených nebo velmi spokojených) a statisticky signifikantní asociaci mezi těmito faktory. Jednokusová asférická čočka EriFlex 877 FAB má 180° kontaktní úhel mezi haptikami a kapsulárním pouzdem což umožňuje těsný kontakt mezi čočkou a pouzdem. Tvar čočky splňuje nejpřísnější nároky: celková velikost 13 mm a 6 mm, asférická optika, 360° ostrá hrana. (obr. 1) Existuje také varianta čočky s „přirozeným“ žlutým filtrem, který zachovává maximum kontrastní citlivosti a poskytuje maximální ochranu makuly - EriFlex 877 FAB (Y).

ZÁVĚR

Použití hydrofobně-hydrofilních nitroočních čoček EriFlex 877 FAB během operace katarakty je dobrá varianta pro poskytnutí zlepšení zraku. Nitrooční čočka EriFlex 877 FAB se snadno implantuje a po operaci vykazuje vysokou míru biokompatibility u pacientů podstupujících rutinní operaci katarakty. Tyto čočky spojeny s vysokým stupněm spokojenosti jak pacientů, tak i chirurgů.

LITERATURA

1. **Aslam, T., Niall, P., Christopher, R.:** OSCA: a comprehensive open-access system of analysis of posterior capsular opacification, BMC Ophthalmology, 2006; 6: 30.
2. **Pozlerová, J., Nokolová, J., Jirásková, N., et al.:** Hodnocení opacit zadního pouzdra u různých typů umělých nitroočních čoček. Čes a slov Oftal, 2009; 65(1): 12–15.
3. **Jirásková, N., Rozsival, P.:** Metody hodnocení zkalení zadního pouzdra po operaci katarakty. Čes a slov Oftal, 2004; 60(2): 155–157.
4. **Žemaitienė, R., Jašinskas, V., Barzdžiukas, V. et al.:** Prevention of posterior capsule opacification using different intraocular lenses (result of one-year clinical study). Medicina (Kaunas), 2004; 40(8): 721–729.
5. **Werner, L.:** Calcification of hydrophilic acrylic intraocular lenses. Am J Ophthalmol., 2008; 146: 341–343.
6. **Kato K., Nishida, M., Yamane H. et al.:** Glistening formation in an AcrySof lens initiated by spinodal decomposition of the polymer network by temperature change. J Cataract Refract Surg, 2001; 27: 1493–1498.

HODNOCENÍ KLINICKÝCH VÝSLEDKŮ IMPLANTACE HYDROFOBNI NITROOČNÍ ČOČKY CT LUCIA 601P

SOUHRN

Cíl: zhodnotit pooperační výsledky u očí s implantovanou hydrofobní nitrooční čočkou CT LUCIA 601P u pacientů podstupujících rutinní operaci katarakty.

Materiál a metodika: do studie bylo zařazeno 38 pacientů (43 očí), průměrného věku 70 ± 8 let (rozpětí 56 až 91 let) s šedým zákalem. Po fakoemulzifikaci jsme implantovali nitrooční čočky CT LUCIA 601P. Pacienti byli vyšetřeni za 4 měsíce po operaci. Sledovali jsme nekorigovanou zrakovou ostrost (NZO) a nejlépe korigovanou zrakovou ostrost (NKZO), refrakci, keratometrii a výskyt opacit zadního pouzdra (PCO – Posterior Capsule Opacification) pomocí software OSCA (open-access systematic capsule assessment).

Výsledky: Předoperační NZO byla $0,3 \pm 0,18$, za 4 měsíce po operaci $0,7 \pm 0,15$. NKZO před operací $0,58 \pm 0,21$ a po operaci $0,94 \pm 0,08$. Hodnota PCO byla $0,199 \pm 0,05$, což značí zcela minimální výskyt PCO. Centrace nitrooční čočky (IOČ) v pouzdře byla správná u všech pacientů.

Závěr: Na základě našich zkušeností lze konstatovat, že nitrooční čočka CT LUCIA 601P firmy Zeiss vykazuje velmi dobré a stabilní pooperační výsledky.

Klíčová slova: nitrooční čočka CT LUCIA 601P, opacity zadního pouzdra, OSCA

SUMMARY

EVALUATION OF THE CLINICAL RESULTS OF IMPLANTATION THE HYDROPHOBIC INTRAOCULAR LENS CT LUCIA 601P

Purpose: To evaluate the properties and clinical outcomes after implantation the new hydrophobic intraocular lens CT LUCIA 601P in patients undergoing routine cataract surgery.

Material and Methods: The study included 38 patients (43 eyes), mean age 70 ± 8 years (range 56–91 years) with senile cataract. After phacoemulsification intraocular lens CT LUCIA 601P was implanted. Patients were evaluated at 4 months after surgery. We assessed uncorrected visual acuity (UCVA), best corrected visual acuity (BCVA), refraction, keratometry and the incidence of posterior capsule opacification (PCO – Posterior capsule opacification).

Results: Before surgery the mean UCVA was 0.3 ± 0.18 and four months after surgery was 0.7 ± 0.15 . The mean UCVA before surgery was 0.58 ± 0.21 and after surgery was 0.94 ± 0.08 . PCO value was 0.199 ± 0.05 , that means minimal incidence of PCO.

Conclusion: The new hydrophobic intraocular lens CT LUCIA 601P could be easily implanted and after surgery shows a high degree of biocompatibility in patients undergoing routine cataract surgery.

Key words: intraocular lens CT LUCIA 601P, posterior capsule opacification, OSCA

Čes. a slov. Oftal., 71, 2015, No. 4, p.

ÚVOD

Jednokusová monofokální nitrooční asférická čočka C-Loop Haptic CT LUCIA 601P je vyrobena ze speciálního hydrofobního akrylátu, povrch čočky je kryt heparinem, což poskytuje lepší odolnost proti vzniku a rozvoji opacifikaci zadního pouzdra [4]. Materiál je také odolný vůči glisteningu [6]. Patentovaná asferická optika Zeiss kompenzuje fyziologické oční aberace a zachovává hloubku ostrosti. Díky konstrukci haptik „C-loop“ se speciálním zakřivením je zaručena optimální stabilní poloha ve vaku a eliminuje se též kontakt s duhovkovou tkání. V tomto sdělení předkládáme pooperační výsledky pacientů, kterým tato nitrooční čočka byla implantována.

SOUBOR A METODIKA

Do studie bylo zahrnuto 38 pacientů (43 očí) se senilní kataraktou, kteří byli operováni na Oční klinice FN Hradec Králové v období od června do října v roce 2014. Od každého pacienta byl získán informovaný souhlas. Tabulka 1 zahrnuje informace o pacientech a předoperační údaje. Všechny pacienty operoval jeden operátor (P. R.), a operace provedl stejnou operační technikou: instalační anestezie, rohovkový řez velikostí 2,2 mm, vytvoření bočních incízií, kapsulorexe o průměru 5 mm, hydrosektce, fakoemulzifikace jádra, irigace a aspirace kortexu a implantace intraokulární čočky (IOČ) CT LUCIA 601P do čočkového pouzdra.

Stepanov A., Jirásková N., Rozsival P.

Oční klinika Fakultní nemocnice, Hradec Králové,
přednosta prof. MUDr. Pavel Rozsival, CSc.,
FEBO

Autori článku prehlasujú, že vznik odborného článku, jeho publikovanie a zverejnenie nie je predmetom stretu záujmov a nie je podporené žiadnou farmaceutickou firmou.

Do redakce doručeno dne 15. 1. 2015
Do tisku přijato dne 1. 7. 2015

MUDr. A. Stepanov
Oční klinika
Fakultní nemocnice
Sokolská 581
500 05 Hradec Králové
e-mail: stepanov.doctor@gmail.com

Tab. 1 Pacienti a předoperační údaje.

Charakteristika	Hodnota
Pacienti (počet)	38
Oči (počet)	43
Věk (roky)	70,63 ± 7,5
Průměr ± SO	56 až 91
Pohlaví, počet (%)	
Muž	11 (29)
Žena	27 (71)
Předoperační NZO ± SO	0,3 ± 0,18
Rozsah	0,01 až 0,8
Předoperační refrakční sféra (D)	-0,1 ± 2,6
Průměr ± SO	-6,25 až +4,0
Rozsah	
Předoperační refrakční cylindr (D)	-1,02 ± 0,66
Průměr ± SO	0 až -3,5
Rozsah	
Axiální délka oka (mm)	23,12 ± 0,81
Průměr ± SO	22,25 až 24,68
Rozsah	
Průměr hodnoty IOČ (D) ± SO	21,5 ± 0,85
Sféra	
IOČ = intraokulární čočka	
NZO = nekorigovaná zraková ostrost	

Předoperačně jsme u pacientů vyšetřovali nekorigovanou zrakovou ostrost (NZO) i nejlépe korigovanou zrakovou ostrost (NKZO) na Snellenových optotypech a měřili jsme axiální délku bulbu. Pro kalkulaci optické mohutnosti IOČ byl použit IOL Master Carl Zeiss Meditec AG, pacienty jsme vyšetřili na štěrbínové lampě.

Pooperačně byli pacienti vyšetřováni 4 měsíce od operace. Při této kontrole jsme zjišťovali refrakci, NZO, NKZO, hodnotili jsme výskyt opacit zadního pouzdra (PCO Posterior capsule opacification) na štěrbínové lampě a provedli jsme digitální fotografii zadního

pouzdra čočky v retroiluminaci. Vlastní hodnocení jsme provedli pomocí software OSCA (Open-Access Systematic Capsule Assessment) [1]. PCO index byl vypočítán pro celou oblast optické části čočky. Vylučujícím kritériem byla Nd:YAG laserová kapsulotomie porušující zadní pouzdro čočky a zneumožňující hodnocení metodou OSCA. Předoperační a pooperační data (refrakční a keratometrická) byla uložena do Excel dokumentu. Pro statistickou analýzu byl použit SPSS Windows software (verze 18.0). Byl proveden Kolmogorov-Smirnov test pro normalitu, párový t-test pro porovnání parametrů mezi preoperačními a pooperačními kontrolami, P hodnota 0,05 nebo méně, byla považována za statisticky signifikantní.

VÝSLEDKY

Bylo vyšetřeno 38 pacientů (43 očí), 27 žen, 11 mužů. Průměrný věk pacientů v době operace byl 71 ± 8 let (rozpětí 56

Tab. 2 Předoperační a postoperační zraková ostrost a refrakční data

Charakteristika	Preoperační	4 měsíce po operaci	P hodnota
Průměr NZO (Decimal) ± SO	0,3 ± 0,18	0,7 ± 0,15	<,001*
Rozsah	0,01 až 0,8	0,5 až 1,2	
Průměr NKZO (Decimal) ± SO	0,58 ± 0,21	0,94 ± 0,08	<,001*
Rozsah	0,05 až 0,8	0,8 až 1,2	
Průměr refrakční sféry (D) ± SO	-0,1 ± 2,6	+0,45 ± 0,41	,763
Rozsah	-6,25 až +4,0	-0,25 až +1,5	
Průměr SE (D) ± SO	-0,6 ± 2,58	+0,17 ± 0,39	,02*
Rozsah	-6,75 až +3,5	-0,87 až +1,0	
Refrakční cylindr (D)			,21
Průměr ± SO	-1,02 ± 0,66	-0,9 ± 0,59	
Rozsah	0 až -3,5	0,0 až -2,75	
Výskyt opacit zadního pouzdra (PCO) ± SO	-	0,199 ± 0,05	-
Rozsah		0,07 až 0,29	

NZO = nekorigovaná zraková ostrost

NKZO = nejlépe korigovaná zraková ostrost

SE = sférický ekvivalent

PCO = Posterior Capsule Opacification

* P hodnota signalizuje na 5% hladině významnosti statisticky významný rozdíl

až 91 let). Pooperačně ani pooperačně nebyly zaznamenány žádné komplikace. Tabulka 2 zahrnuje preoperační a pooperační refrakční data, NZO, NKZO, sférický ekvivalent (SE) a výskyt opacit zadního pouzdra (PCO). Pooperační NKZO byla 0,8 nebo lepší u 40 očí (100 %) a 1,0 nebo lepší u 19 očí (44,19 %). Refrakce byla hodnocena předoperačně, kdy průměrný sférický ekvivalent byl v rozmezí -0,6 ± 2,5 D, rozpětí -6,75 až +3,5. Za 4 měsíce po operaci průměrný sférický ekvivalent byl +0,17 ± 0,39, rozpětí -0,875 až +1,0. Střední hodnota PCO indexu pro CT LUCIA 601P = 0,199 ± 0,05 (min. 0,07; max. 0,29), což značí zcela minimální výskyt PCO. Centrace IOČ v pouzdře byla správná u všech očí. Před operací byla NKZO 0,58 ± 0,21, po operaci NKZO se zlepšila na 0,94 ± 0,08. Pacienti neudávali žádné subjektivní potíže se zrakovými fenomény.

DISKUSE

Materiál nitroočních čoček hraje velkou roli při vzniku sekundární katarakty [3, 5, 7, 8]. Jednokusová čočka CT LUCIA 601P(Y) je vyrobena ze speciálního hydrofobního akrylátu ultravysoké čistoty. Mezi hlavní výhody hydrofobních IOČ patří dobrá mechanická

stabilita a biokompatibilita. Okraj čočky CT LUCIA 601P má 360° „square-edge“ design, povrch IOČ je kryt heparinem, což brání vzniku a rozvoji opacifikace zadního pouzdra a poskytuje lepší odolnost proti glisteringu [2, 6]. Design



Obr. 1 Čočka CT LUCIA 601P(Y)



Obr. 2 Injektor čočky CT LUCIA 601P

haptik „C-loop“ zaručuje lepší stabilizaci a fixaci čočky ve vaku. I v našem souboru jsme prokázali její dobrou stabilitu v pouzdře. Námí sledovaná nitrooční čočka má neutrální asféricitu, což eliminuje stávající sférické aberace čočky, kompenzuje fyziologické oční asymetrie (Kappa úhel) a nemění fyziologickou rohovkovou aberaci a zachovává hloubku

ostrosti. Žádné komplikace spojené s použitím nových nitroočních čoček nebyly pozorovány. Je k dispozici široký rozsah dioptrií od +4,0 do +30,0 D. Tvar čočky splňuje nejpřísnější nároky: celková velikost 13 mm, optická část má parametr 6 mm, asférická patentovaná optika Zeiss, 360° ostrá hrana (obr. 1). Existuje také varianta čočky s „přirozeným“ žlutým filtrem, který zachovává maximum kontrastní citlivosti a poskytuje maximální ochranu makuly – CT LUCIA 601P(Y). Velkou předností čočky CT LUCIA 601P je její balení, kdy je IOČ dodávána s injektorem, do kterého je vložen kartridž s IOČ a bez jakékoliv další manipulace a kontaktu s povrchem oka se IOČ implantuje do pouzdra vlastní čočky. Hodnota PCO indexu pro CT LUCIA 601P za 4 měsíce po operaci je $0,199 \pm 0,05$, což značí zcela minimální výskyt PCO. V roce 2013 jsme na naší klinice hodnotili výskyt opacit zadního pouzdra u hydrofobně-hydrofilní nitrooční čočky EriFlex 877 FAB, za 3 měsíce po operaci byl index PCO $0,15 \pm 0,09$ [7]. Je známo, že hydrofilní akrylátové čočky jsou náchylné k pooperační opacifikaci, ale PCO index pro IOČ CT LUCIA 601P je zcela srovnatelný s PCO indexem IOČ, vyrobených z hydrofobně-hydrofilního materiálu a vykazuje minimální hodnoty v krátkém pooperačním období.

Tato studie je první studie v České republice, která popisuje výsledky krátkodobého hodnocení po aplikaci hydrofobních nitroočních čoček CT LUCIA 601P skupině pacientů podstupujících rutinní operaci katarakty.

ZÁVĚR

Nitrooční čočka CT LUCIA 601P se snadno implantuje a po operaci vykazuje vysokou míru biokompatibility u pacientů podstupujících rutinní operaci katarakty. Na základě našich zkušeností lze konstatovat, že nitrooční čočka CT LUCIA 601P firmy Zeiss vykazuje dobré a stabilní pooperační výsledky.

LITERATURA

1. **Aslam, T., Niall, P., Christopher, R.:** OSCA: a comprehensive open-access system of analysis of posterior capsular opacification, *BMC Ophthalmology*, 2006, 6: 30.
2. **Bosc, JM.:** Initial impressions and early clinical results of a new single-piece hydrophobic yellow acrylic IOL, presented at The ASCRS Symposium on Cataract, IOL, and Refractive Surgery, San Francisco, 2009.
3. **Jirásková, N., Rozsival, P.:** Metody hodnocení zkalení zadního pouzdra po operaci katarakty, *Čes a Slov Oftal*, 2004, 60(2): 155–157.
4. **Maedel, S., Hirschall, N., Chen, YA., Findl, O.:** Effect of heparin coating of a foldable intraocular lens on inflammation and capsular bag performance after cataract surgery, *J. Cataract Refract Surg*, 2013, 39(12): 1810-1817.
5. **Pozlerová, J., Nekořová, J., Jirásková, N., et al.:** Hodnocení opacit zadního pouzdra u různých typů umělých nitroočních čoček. *Čes a Slov Oftal*, 2009, 65(1): 12-15.
6. **Rosca, G.:** High Precision Injection with a New Heparin Coated Hydrophobic
7. **Stepanov, A., Jirásková, N., Nekořová, J., Lackovič, J., Románek, J., Rozsival, P.:** Evaluation of the clinical results of implantation the hydrophobic-hydrophilic intraocular lens ERIFLEX 877 FAB, *Čes a Slov Oftal*, 2013, 69(6): 236–238.
8. **Žemaitienė, R., Jašinskas, V., Barzdžiukas, V. et al.:** Prevention of posterior capsule opacification using different intraocular lenses (result of one-year clinical study), *Medicina (Kaunas)*, 2004, 40(8): 721–729.

Long-term follow-up of posterior capsule opacification after AquaLase and NeoSoniX phacoemulsification

Alexandr Stepanov, Jana Nekolova, Nada Jiraskova, Pavel Rozsival

Aim. To compare the degree of posterior capsule opacification (PCO) after AquaLase and NeoSoniX phacoemulsification methods during an 8-year follow-up period using two types of software.

Design. Prospective, randomized clinical trial.

Methods. AquaLase was used in the right eye and NeoSoniX in the left eye of each patient with bilateral cataract.

Results. Fifty patients were analyzed 1 year, 46 patients 3 years, and 37 patients 8 years after cataract surgery. Mean EPCO 2000 values were for the AquaLase group 0.324 ± 0.305 and for the NeoSoniX group 0.298 ± 0.341 ($P = 0.53$) 1 year after surgery, for the AquaLase group 0.582 ± 0.506 and for the NeoSoniX group 0.594 ± 0.515 ($P = 0.87$) 3 years after surgery, and for the AquaLase group 0.648 ± 0.567 and for the NeoSoniX group 0.673 ± 0.542 ($P = 0.30$) 8 years after surgery. The OSCA results were for the AquaLase group 0.7097 ± 0.3778 and for the NeoSoniX group 0.8584 ± 0.4323 ($P = 0.046$) 1 year after surgery, for the AquaLase group 0.9667 ± 0.736 and for the NeoSoniX group 0.9540 ± 0.5250 ($P = 0.91$) 3 years after surgery, and for the AquaLase group $1,035 \pm 0,952$ and for the NeoSoniX group $1,103 \pm 0,741$ ($P = 0.44$) 8 years after surgery.

Conclusion. There was minimal PCO difference between these 2 approaches, AquaLase and NeoSoniX. Neither AquaLase nor NeoSoniX technique was able to prevent a natural progression of PCO.

Key words: posterior capsule opacification, AquaLase, NeoSoniX

Received: April 9, 2015; Accepted: July 23, 2015; Available online: September 3, 2015
<http://dx.doi.org/10.5507/bp.2015.039>

Department of Ophthalmology, Faculty of Medicine in Hradec Kralove, Charles University in Prague and University Hospital Hradec Kralove, Czech Republic

Corresponding author: Alexandr Stepanov, e-mail: stepanov.doctor@gmail.com

INTRODUCTION

Posterior capsule opacification (PCO) is one of the most common complications of cataract extraction with intraocular lens (IOL) implantation, occurring in 36% to 97% of cases in the first 2-4 years after extracapsular cataract surgery¹⁻⁶. Since the PCO usually develops over years and leads to a slow decrease in visual acuity (VA), progression over time is the important factor in PCO evaluation⁷. Advances in surgical technique and IOL design may decrease the amount of PCO after cataract extraction. In recent years, perioperative pharmacological modifications and changes in IOL design have been made to reduce the incidence of PCO (ref.^{8,9}).

However, the most critical factors to reduce PCO involve removal of as many residual epithelial cells as possible, proper placement of the IOL inside the capsular bag, a capsulorrhexis size that is smaller than the IOL optics, and use of an IOL with sharp-edged optics^{10,11}.

The goal of this study was to examine the progression of PCO through 8 years in eyes after 2 different irrigation/aspiration techniques (AquaLase and NeoSoniX) of cataract surgery in which AcrySof SA60AT (Alcon Laboratories, Fort Worth, Texas, USA) sharp-edged silicone intraocular lenses. We used the Evaluation of Posterior Capsule Opacification (EPCO) 2000 software (Berlin, Germany) for morphologic scoring of PCO

and the Open-Access Systematic Capsule Assessment (OSCA) system (Edinburgh, United Kingdom) for PCO analysis.

The previous results of this study after 1, 2 and 3-year follow-up have been published¹². In order to investigate whether the difference in PCO rates after AquaLase and NeoSoniX phacoemulsification was consistent over longer period of time, an 8-year follow-up was performed.

METHODS

Study design, image acquisition, and computer analysis of PCO, as well as the statistical methods and sample size calculation used, were exactly the same as in our previous publication¹². Thirty-seven patients of the original 62 were included in the study. The inclusion criteria were bilateral nonbrunescens cataract (according to the Buratto classification, a cataract grade of less than 5) (ref.¹³) and no other severe ocular pathologic features potentially affecting VA (patients with mild age-related macular degeneration were not excluded). Both eyes of each patient involved in the study had cataract with similar density grade. All surgeries were performed in the years 2004 and 2005 at the Department of Ophthalmology, University Hospital in Hradec Kralove. The AquaLase was used in the right eye and NeoSoniX was used in the left eye of

each patient^{12,14}. All surgeries were performed by 1 of 2 skilled surgeons (N.J., P.R.); both eyes of 1 patient were operated on by the same surgeon. The same IOL, AcrySof SA60AT (Alcon Laboratories, Fort Worth, Texas, USA), was implanted in all eyes. All participants were asked to come for examination 1, 3 and 8 years after surgery. In all patients able to participate in the follow-up, a complete eye examination was performed and digital retroillumination photographs, after attaining maximal pupil dilation, were obtained using the SL 990 slit-lamp equipped with Digital Vision System (CSO, Florence, Italy). The PCO quantification was done using the subjective Evaluation of Posterior Capsule Opacification (EPCO) 2000 software (Developed by Tetz MR and associates, Berlin, Germany) and the objective Open-Access Systematic Capsule Assessment (OSCA) system of computer PCO analysis (Devised by Aslam TM, Edinburgh, United Kingdom). Both systems enabled the further comparison of PCO after AquaLase and NeoSoniX cataract removal techniques. Eyes with preceding Nd:YAG laser capsulotomy were excluded from the computer PCO assessment. The remaining images were computer analyzed. They were imported into the EPCO 2000 program and the PCO was evaluated for the entire optic. The opacification density was graded as minimal (grade 1) when the capsule showed mild wrinkling, mild homogenous layers, or sheets of lens epithelial cells. Areas of honeycomb patterns of PCO, thicker homogenous layers, and denser fibrosis were graded as mild (grade 2), whereas areas of classical Elschnigg pearls and of very thick homogenous layers were graded as moderate (grade 3). Areas of very thick Elschnigg pearls with "darkening effect" or of any type of severe opacification were graded as severe (grade 4). The individual PCO score was calculated by multiplying the opacification grade by the fraction of capsule area involved behind the IOLs optic¹⁵. The images then were analyzed with the OSCA system. It is possible to use 3 different methods of analysis: 1) the Single Analysis, for analyzing the only image of the patient's capsule with flash not covering the PCO; 2) the New Analysis, requiring 2 images containing spoiled flash areas in different regions; and 3) the Circ Analysis, which allows the specification of the central number of pixels to be measured¹⁶. In this study, the Single Analysis was used when the flash light did not cover PCO and the New Analysis was used when the flash had to be removed without losing potential PCO areas under the flash. The EPCO indexes and the OSCA scores were calculated automatically and statistically analyzed. Best-corrected visual acuity (BCVA) was measured using Snellen optotypes before and 1, 3, and 8 years after surgery. Nd:YAG laser capsulotomy incidence was evaluated. Nd:YAG capsulotomy was performed based on subjective patient disappointment regarding the quality of his or her vision and measurable decrease in VA compared to best postoperative VA (loss of more than 1 line in Snellen BCVA), coupled with the presence of PCO in the central part of posterior capsule. Measurement of the degree of capsule opacification was not determinant. Statistical analysis was performed using MS Excel (Microsoft Corp, Redmond, Washington, USA) and NCSS (the Statistical

and Power Analysis software) (NCSS, Kaysville, Utah, USA). Paired t test was used to compare EPCO indexes and OSCA scores, each for the right eye and the left eye 1, 3, and 8 years after surgery. Simple linear regression was performed for the assessment of the relations of total EPCO index to postoperative BCVA and OSCA scores to postoperative BCVA. Correlation between EPCO and OSCA results was assessed using Pearson correlation coefficient test. All decisions were made at significance level (α) of 0.05.

RESULTS

Sixty-two patients eligible for the study were originally included. Fifty patients completed 1-year follow-up examination, 46 of them attended 1-year and 3-year follow-up examinations, and 37 participants completed all 8-year follow-up examinations. Nd:YAG laser capsulotomy rate for AquaLase vs NeoSoniX was 0:1 eyes 1 year postoperatively, 1:4 eyes 3 years after surgery and 2:6 eyes after 8 years. Thus, the PCO of 49 patients were computer analyzed 1 year after surgery, 42 patients were included in the computer PCO analysis 3 years postoperatively, and PCO of 37 patients were computer analyzed after 8-year follow-up.

The mean OSCA scores, the mean total EPCO 2000 indexes, and *P* values of paired t test analysis, each for the right eye operated on by using AquaLase phacoemulsification and for the left eye after NeoSoniX cataract removal method, are shown in Table 1. There are 1-year, 3-year, and 8-year-results.

The summary graph illustrating development of PCO after the AquaLase and the NeoSoniX method for each measurement type, EPCO 2000 and OSCA, within the 8-year follow-up period is shown in Fig. 1. The comparison of PCO after AquaLase and NeoSoniX phacoemulsification is shown in Fig. 2. There are mean total EPCO 2000 indexes and OSCA scores, with error bars.

An increase in EPCO 2000 indexes was found during the 8-year period, after both AquaLase and NeoSoniX cataract removal method ($P < 0.05$). A significant increase was proved in the EPCO 2000 outcomes between the first and third postoperative years. The difference in the EPCO 2000 scores between the third and eight postoperative years was not significant.

The difference in the OSCA indexes between the first and third and between the third and eight postoperative years was significant; the scores was nonsignificantly higher in the AquaLase group, 8 years after surgery ($P = 0.41$), whereas in the NeoSoniX group it was significantly higher in the eight year ($P = 0.68$). A significant increase was proved in the OSCA outcomes between the first and the third postoperative year, after both AquaLase and NeoSoniX phacoemulsification method ($P < 0.05$).

The comparison of PCO after the AquaLase and the NeoSoniX technique was done. The EPCO 2000 results were as follows: after 1 year, there was no proven significant difference between the AquaLase and the NeoSoniX group; the mean total EPCO index was slightly better for

Table 1. Mean Values With Standard Deviation of Total Evaluation of Posterior Capsule Opacification 2000 Indexes and Open-Access Systematic Capsule Assessment Scores for the AquaLase and the NeoSoniX Group, 1, 3 and 8 Years After Cataract Surgery.

	1 Year Postoper.			3 Years Postoper.			8 Years Postoper.		
	AqL	NSX	P value	AqL	NSX	P value	AqL	NSX	P value
n = 49									
EPCO mean value	0.324	0.298	0.53						
EPCO SD	0.305	0.341							
OSCA mean value	0.709	0.858	0.046 ^a						
OSCA SD	0.378	0.432							
n = 42									
EPCO mean value				0.582	0.594	0.87			
EPCO SD				0.506	0.515				
OSCA mean value				0.967	0.954	0.91			
OSCA SD				0.736	0.525				
n = 34									
EPCO mean value							0.648	0.673	0.89
EPCO SD							0.567	0.542	
OSCA mean value							1.035	1.103	0.85
OSCA SD							0.952	0.741	

AqL = AquaLase; EPCO = Evaluation of posterior capsule opacification; NSX = NeoSoniX; OSCA = Open-Access Systematic Capsule Assessment; SD = standard deviation.

Comparison of posterior capsule opacification after AquaLase and NeoSoniX; P values of paired t test.

^aP < 0.05 (confidence interval alpha) showed a significant difference.

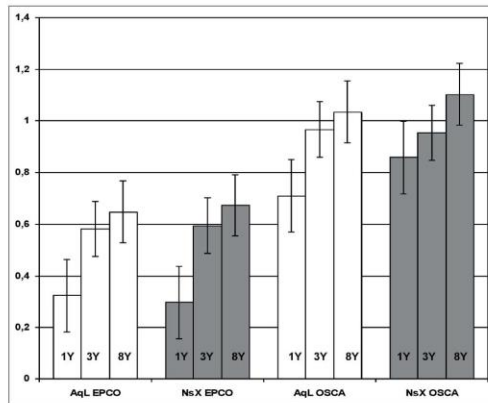


Fig. 1. Summary graph illustrating the development of posterior capsule opacification (PCO) after the AquaLase (AqL) and the NeoSoniX (NSX) method for each measurement type, Evaluation of Posterior Capsule Opacification (EPCO) 2000 and Open-Access Systematic Capsule Assessment (OSCA). Mean values with error bars. One-year (1Y), 2-year (2Y), and 8-year (8Y) results. Considerable increase in the mean total EPCO indexes was found during the 3Y period, after both AquaLase and NeoSoniX cataract removal method. The OSCA score was higher in the AquaLase group 3 years after surgery, whereas in the NeoSoniX group it was only nonsignificantly higher in the third year. A nonsignificant increase was proved in the EPCO outcomes between the third and the eight postoperative year and in the OSCA outcomes after AquaLase method. The OSCA score was significantly higher in the NeoSoniX group 8 years after surgery. White bars = AquaLase group; gray bars = NeoSoniX group.

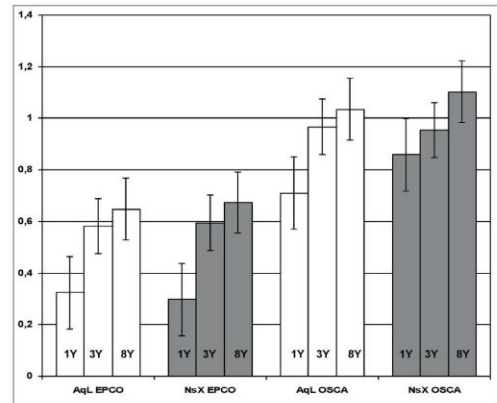


Fig. 2. Comparison of mean total EPCO 2000 indexes and OSCA scores after AqL and NSX phacoemulsification 1, 3, and 8 years after cataract surgery, with error bars. The difference in EPCO 2000 outcomes was not significant. There was a significant difference in OSCA scores 1 year and 8 years postoperatively and nonsignificant difference 3 years postoperatively. White bars = AquaLase group; gray bars = NeoSoniX group.

Table 2. Mean Evaluation of Posterior Capsule Opacification 2000 Indexes With Standard Deviation of All Grades and of Total Evaluation of Posterior Capsule Opacification Index for AquaLase and NeoSoniX Group, 1, 3, and 8 Years After Cataract Surgery.

	Minimal PCO	Mild PCO	Moderate PCO	Severe PCO	Total EPCO Index
AquaLase					
1 year postoperatively	0.259 ± 0.263	0.031 ± 0.091	0.001 ± 0.009	0	0.324 ± 0.305
3 years postoperatively	0.255 ± 0.260	0.085 ± 0.130	0.035 ± 0.101	0.012 ± 0.042	0.582 ± 0.506
8 years postoperatively	0.310 ± 0.229	0.108 ± 0.14	0.047 ± 0.18	0	0.648 ± 0.567
NeoSoniX					
1 year postoperatively	0.226 ± 0.296	0.018 ± 0.059	0	0.004 ± 0.019	0.298 ± 0.341
3 years postoperatively	0.346 ± 0.306	0.039 ± 0.070	0.062 ± 0.216	0.013 ± 0.037	0.594 ± 0.515
8 years postoperatively	0.405 ± 0.238	0.09 ± 0.127	0.025 ± 0.089	0.128 ± 0.167	0.673 ± 0.542

EPCO = Evaluation of Posterior Capsule Opacification; OSCA = Open-Access Systematic Capsule Assessment; PCO = posterior capsule opacification.

the NeoSoniX group. Whereas in 3-year and 8-year results the AquaLase showed better outcomes, the difference was not significant. The mean EPCO 2000 indexes with standard deviation of all EPCO grades and of total EPCO index for the AquaLase and the NeoSoniX group, 1, 3, and 8 years after cataract surgery are shown in Table 2. There was an increase in PCO density within the whole follow-up period; there were more PCO assessed with higher EPCO grades. The PCO scores obtained with the OSCA system were worse for the NeoSoniX group 1 and 8 years after cataract surgery, unlike the 3-year results, when the mean OSCA score was nonsignificantly better for the NeoSoniX group. There was low correlation between the EPCO and OSCA results, 1, 3, and 8 years after cataract surgery (P value was 0.0046 and correlation coefficient was 0.347 1 year after surgery, 3 years postoperatively P value was 0.0000007 and correlation coefficient was 0.547, and 8 years after surgery P value was 0.00058 and correlation coefficient was 0.441). There was no significant difference found in the BCVA between the AquaLase and the NeoSoniX group. One year after surgery, the BCVA was 0.837 ± 0.262 for the right eyes (AquaLase group) and 0.849 ± 0.224 for the left eyes (NeoSoniX group). The mean BCVA was 0.886 ± 0.197 for the AquaLase group and 0.842 ± 0.211 for the NeoSoniX group 3 years after cataract surgery and 0.834 ± 0.07 for the right eyes and 0.825 ± 0.08 for the left eyes 8 years postoperatively. Most eyes (85% on average) achieved BCVA 0.8 and better (0.8 to 1.2).

There was a nonsignificant increase in BCVA between the first and the third postoperative year in the AquaLase group, $P = 0.006$; and nonsignificant decrease in the NeoSoniX group, $P = 0.11$). And between the third and eighth year, the BCVA nonsignificant decreased.

DISCUSSION

Posterior capsular opacification is the most frequent complication of cataract surgery. Advances in surgical techniques, intraocular lens materials, and designs have

reduced the PCO rate, but it is still a significant problem¹⁷⁻¹⁹. Patients with mild age-related macular degeneration were not excluded from this study; this disease might also have an impact on the postoperative visual outcomes.

In our study, the PCO development after 2 different methods of cataract extraction - AquaLase and NeoSoniX - was observed. This is up to knowledge longest period after cataract extraction when the PCO were evaluated by EPCO 2000 and OSCA methods. AquaLase and NeoSoniX are 2 of 4 options provided by INFINITI Vision System (Alcon Laboratories). The major difference is that the AquaLase device does not use ultrasound to break up the lens. Instead, it relies on a relatively high-pressure stream of warm (about 60 °C), balanced saline solution (BSS) to fragment the nucleus. Several studies have shown that the technology may have applications in polishing the capsule through mechanical washing of epithelial cells from the capsule bag with the fluid pulses²⁰⁻²². The reduction of lens epithelial cells has been shown to help prevent PCO (ref.¹⁶), so AquaLase may carry a reduced risk over standard phacoemulsification cataract extraction for the development of PCO (ref.^{20,21,23-25}). The AquaLase was primary used for liquefaction of the cataract in this study. We did not use special settings for lens epithelial cells removal, but because it is very difficult to rupture the posterior capsule using the soft AquaLase needle we believe that the polishing of posterior capsule was more accurate in the AquaLase eyes. NeoSoniX is an option that includes a dedicated hand-piece that produces rotary oscillations of the phacoemulsification tip of up to 2 degrees. This oscillatory motion can be used alone or as an adjunct to ultrasonic energy^{22,26}. Not many studies have examined the NeoSoniX effect on the PCO alone.

Multiple studies documented that the PCO develops over years. To properly judge the potential of a new IOLs or a surgical method to prevent PCO, a long-term follow-up (usually 3 years or longer) of the included eyes is necessary²⁷. We observed the PCO at 1-year intervals up to 8 years after cataract surgery; therefore the PCO change over longer period of time was assessed. PCO-induced decrease of VA can be treated by opening the posterior

lens capsule by a Nd:YAG capsulotomy²⁸. After the capsulotomy, computer PCO assessment is no longer possible and these dropouts can considerably bias study results^{29,30}. Buehl and associates⁷ published an article in which they identified the difficult statistical problems caused by missing data attributable to Nd:YAG laser capsulotomies in long-term PCO trials, especially when a study includes many capsulotomies. They gave possible statistical solutions to the problem on the basis of data obtained from a representative clinical long-term trial of PCO. In our study, only 6 patients required Nd:YAG capsulotomy over the whole follow-up period. The difference in the laser treatment of PCO was not significant between the AquaLase and the NeoSoniX group, so no direct comparison of software outcomes was made. The capsulotomy dropouts were taken into account when making study conclusions. The main purpose of this study was to examine the progression of PCO in eyes after 2 different surgical methods of cataract extraction, AquaLase and NeoSoniX. The PCO quantification was done using the subjective EPCO 2000 software and the objective OSCA system of computer PCO analysis. The OSCA is a system of objective PCO assessment, which is based on location-sensitive entropy-based texture analysis of digital images. Images with no clinical PCO produce very low scores in the analysis. The possible OSCA scores range from 0 (no PCO) to approximately 15 (practical expected maximum). Typical OSCA values for images with very little or no PCO are around 0.5. Values for patients that are deemed to warrant laser capsulotomy are typically around 4 to 5 (ref.¹⁶). The EPCO 2000 is a computer-assisted system of PCO morphologic assessment. It incorporates planimetric and grading assessment. The selection process and grading of areas are subjective. The EPCO 2000 scores range from 0 (no PCO) to 4 (maximum) (ref.¹⁵). Both systems of PCO analysis measure morphologic severity of PCO (extent and density); as regards the OSCA software, it is in addition with positive weighting toward the central visual axis. We suggest that this is the reason why the correlation between EPCO 2000 and OSCA results was poor over the whole follow-up period. Changes in PCO after AquaLase and NeoSoniX phacoemulsification progressed with time in this study. Progression in EPCO 2000 results was significantly more extensive than in OSCA scores. This means that PCO extent and density progressed (according to the EPCO 2000 and OSCA outcomes), while the progression of opacities in the central part of posterior capsule was slower (according to OSCA scores and to nonsignificant increase in Nd:YAG capsulotomies). The difference in the development of PCO after the AquaLase and the NeoSoniX phacoemulsification method was not significant within a longer period of time. However, the Nd:YAG laser capsulotomy rate was nonsignificantly lower after the AquaLase method over the whole follow-up period. BCVA reached its maximum in 3 years after cataract surgery, then it decreased. Neither relation between total EPCO 2000 index nor OSCA scores and postoperative BCVA for both groups was established 1, 3, and 8 years after cataract surgery. We suggest that it was because there was a very small variability in BCVA

in the study (it was 0.8 or better in most cases). PCO was assessed as minimal and its influence on BCVA was probably small, which might also explain why no relation was found between OSCA results and BCVA, as well as EPCO 2000 outcomes and BCVA.

CONCLUSIONS

A comparison of PCO after AquaLase and NeoSoniX phacoemulsification techniques was done 1, 3, and 8 years after surgery. The AquaLase method was slightly better in the majority of observed parameters (EPCO 2000 and OSCA results, Nd:YAG laser capsulotomy rate, BCVA); however, the difference was not significant in most cases. The OSCA system carries out complete PCO analysis; higher the score, the more PCO are in the central part of posterior capsule. Missing values caused by laser capsulotomies have greater impact on the OSCA outcomes than on the EPCO 2000 results. In conclusion, our study has shown that there was only minimal PCO difference between these 2 approaches, AquaLase and NeoSoniX. Both methods of cataract extraction are effective and safe. However, neither AquaLase nor NeoSoniX technique was able to prevent a natural progression of PCO.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported in part by research project MZO 00179906 from the ministry of the health, Prague, Czech Republic.

Author contributions: AS, JN: literature search, manuscript writing and data collection; NJ, PR: final text correction.

Conflict of interest statement: The authors state that there are no conflicts of interest regarding the publication of this article.

REFERENCES

- Born CP, Ryan DK. Effect of intraocular lens optic design on posterior capsular opacification. *J Cataract Refract Surg* 1990;16(2):188-92.
- Percival SPB, Setty SS. Analysis of the need for secondary capsulotomy during a five-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 1988;14(4):379-82.
- Auffarth GU, Brezin A, Caporossi A, Lafuma A, Mendicute J, Berdeaux G, Smith AF; European PCO Study Group. Comparison of Nd: YAG capsulotomy rates following phacoemulsification with implantation of PMMA, silicone, or acrylic intraocular lenses in four European countries. *Ophthalmic Epidemiol* 2004;11(4):319-29.
- Greenberg PB, Tseng VL, Wu WC, Liu J, Jiang L, Chen CK, Scott IU, Friedmann PD. Prevalence and predictors of ocular complications associated with cataract surgery in United States veterans. *Ophthalmology* 2011;118(3):507-14.
- Dangel ME, Kirkham SM, Phipps MJ. Posterior capsule opacification in extracapsular cataract extraction and the triple procedure: a comparative study. *Ophthalmic Surg* 1994;25(2):82-7.
- Prajna NV, Ellwein LB, Selvaraj S, Manjula K, Kupfer C. The Madurai Intraocular Lens Study IV: posterior capsule opacification. *Am J Ophthalmol* 2000;130(3):304-9.
- Buehl W, Heinzl H, Mittlboeck M, Findl O. Statistical problems caused by missing data resulting from neodymium: YAG laser capsulotomy.

- mies in long-term posterior capsule opacification studies. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(2):268-73.
8. Nishi O, Nishi K, Akura J, Nagata T. Effect of round-edged acrylic intraocular lenses on preventing posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg* 2001;27(4):608-13.
 9. Nishi O, Nishi K, Wickstrom K. Preventing lens epithelial cell migration using intraocular lenses with sharp rectangular edges. *J Cataract Refract Surg* 2000;26(10):1543-9.
 10. Peng Q, Visessook N, Apple DJ, Pandey SK, Werner L, Escobar-Gomez M, Schoderbek R, Solomon KD, Guindi A. Surgical prevention of posterior capsule opacification. Part 3: Intraocular lens optic barrier effect as a second line of defense. *J Cataract Refract Surg* 2000;26(2):198-213.
 11. Prosdocimo G, Tassinari G, Sala M, Di Biase A, Toschi PG, Gismondi M, Corbanese U. Posterior capsule opacification after phacoemulsification: silicone CeeON Edge versus acrylate AcrySof intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1551-5.
 12. Jana Nekolová, Nadá Jirásková, Jana Pozlerová, Pavel Rozsival. Three-Year Follow-up of Posterior Capsule Opacification After AquaLase and NeoSoniX Phacoemulsification. *Am J Ophthalmol* 2009;148(3):390-5.e2.
 13. Buratto L, editor. Phacoemulsification. Principles and techniques. Thorofare, New Jersey: SLACK Inc, 1998:3-21.
 14. Mackool RJ, Brint SF. AquaLase: a new technology for cataract extraction. *Curr Opin Ophthalmol* 2004;15(1):40-3.
 15. Tetz MR, Auffarth GU, Sperker M, Blum M, Völcker HE. Photographic image analysis system of posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg* 1997;23(10):1515-20.
 16. Aslam TM, Patton N, Rose ChJ. OSCA: a comprehensive open-access system of analysis of posterior capsular opacification. *BMC Ophthalmol* 2006;6:30.
 17. Mester U, Fabian E, Gerl R, Hunold W, Hütz W, Strobel J, Hoyer H, Kohnen T. Posterior capsule opacification after implantation of CeeOn Edge 911A, PhacoFlex SI-40NB, and AcrySof MA60BM lenses. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(5):978-85.
 18. Buehl W, Findl O, Neumayer T, Georgopoulos M, Sacu S. Short-term changes in the morphology of posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(5):962-8.
 19. Hollick EJ, Spalton DJ, Ursell PG, Pande MV, Barman SA, Boyce JF, Tilling K. The effect of polymethylmethacrylate, silicone, and polyacrylic intraocular lenses on posterior capsular opacification 3 years after cataract surgery. *Ophthalmology* 1999;106(1):49-54.
 20. Mackool RJ, Brint SF. AquaLase: a new technology for cataract extraction. *Curr Opin Ophthalmol* 2004;15(1):40-3.
 21. Hoffman RS, Fine IH, Packer M. New phacoemulsification technology. *Curr Opin Ophthalmol* 2005;16(1):38-43.
 22. Jirásková N, Rozsival P. Phacoemulsification parameters: series 20000 legacy versus legacy with AdvanTec software and NeoSoniX hand-piece. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(1):144-8.
 23. Jirásková N, Kadlecová N, Rozsival P, Nekolová J, Pozlerova J, Dúbravská Z. Comparison of the effect of AquaLase and NeoSoniX phacoemulsification on the corneal endothelium. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(3):377-82.
 24. Lehmann RP. AquaLase versus Phaco. In: Boyd S, Dodick J, Freitas LL, editors. New outcomes in cataract surgery. English edn. Panama City: The Highlights Coll, 2005:79-84.
 25. Barsam A, Chandra A, Bunce C, Whitefield LA. Prospective randomized controlled trial to compare the effect on the macula of AquaLase liquefaction and ultrasound phacoemulsification cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(6):991-5.
 26. Davison JA. Ultrasonic power reduction during phacoemulsification using adjunctive NeoSoniX technology. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(5):1015-9.
 27. Ebihara Y, Kato S, Oshika T, Yoshizaki M, Sugita G. Posterior capsule opacification after cataract surgery in patients with diabetes mellitus. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(7):1184-7.
 28. Mian SI, Fahim K, Marcovitch A, Gada H, Musch DC, Sugar A. Nd:YAG capsulotomy rates after use of the AcrySof acrylic three-piece and one-piece intraocular lenses. *Br J Ophthalmol* 2005;89(11):1453-7.
 29. Buehl W, Sacu S, Findl O. Association between intensity of posterior capsule opacification and contrast sensitivity. *Am J Ophthalmol* 2005;140(5):927-30.
 30. Hancox J, Spalton D, Heatley C, Jayaram H, Yip J, Boyce J, Marshall J. Fellow-eye comparison of posterior capsule opacification rates after implantation of 1CU accommodating and AcrySof MA 30 monofocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(3):413-7.