

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016

Monika Zollerová



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

Katarakta – přehled operačních technik

Cataract – history of the operative technologies

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Monika Zollerová

Vedoucí bakalářské práce: Prof. MUDr. Blanka Brůnová, DrSc.

Kladno, 2016

Abstrakt

Cílem této práce je porovnání operačních technik používaných v kataraktové chirurgii. Práce začíná reklinací, která byla první metodou odstranění zakalené čočky, přes intrakapsulární extrakci a extrakapsulární extrakci. Také popisuje a porovnává fakoemulzifikaci, nejvyužívanější metodu odstranění zakalené čočky s metodou prováděnou femtosekundovým laserem.

Klíčová slova:

Operace katarakta, intrakapsulární extrakce, extrakapsulární extrakce, fakoemulzifikace, femtosekundový laser

Abstract

The goal of this work is to compare the techniques used in cataract surgery. Process starts with reklination method, which was the first method of removing the cloudy lens then intracapsular extraction and extracapsular extraction. Also describes and compares the phacoemulsification, which is the most common method of cloudy lens removal and method performed by femtosecond laser.

Key words:

Cataract surgery, intracapsular extraction, extracapsular extraction, phacoemulsification, femtosecond laser

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní Prof. MUDr. Blanka Brůnová, DrSc. za rady při tvorbě práce, za poskytnuté materiály a za její čas.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem týmový projekt s názvem „*Katarakta – přehled operačních technik*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k týmovému projektu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V dne

.....

podpis

Obsah

Úvod.....	6
1 DEFINICE KATARAKTY	7
2 PŘÍČINY VZNIKU KATARAKTY	7
3 TYPY KATARAKTY	8
3.1 Kongenitální.....	8
3.2 Metabolická	8
3.3 Komplikovaná.....	8
3.4 Traumatická	9
3.5 Věkem podmíněná	10
3.5.1 Kortikální	10
3.5.2 Nukleární	10
3.5.3 Zadní subkapsulární	11
3.6 Sekundární	11
3.6.1 Proliferační typ	11
3.6.2 Fibróza zadního pouzdra.....	11
4 PROJEV KATARAKTY	12
4.1 Objektivní vyšetření.....	12
4.2 Subjektivní příznaky	12
5 REKLINACE.....	13
5.1 První zmínky v historii	13
5.2 Postup operace	14
6 INTRAKAPSULÁRNÍ EXTRAKCE.....	15
7 EXTRAKAPSULÁRNÍ EXTRAKCE	16
7.1 Princip.....	17
7.1.1 Otevření přední komory	17
7.1.2 Kapsulorexe (CCC – circular continuous capsulorhexis).....	17
7.1.3 Vybavení jádra	17
7.1.4 Odstranění čočkových hmot	18
8 FAKOEMULZIFIKACE	19
8.1 Historie.....	19

8.2 Princip	20
8.3 Ultrazvuková fakoemulzifikace	20
8.3.1 Fakokoncovka	20
8.3.2 Pulsní režim	21
8.3.3 Burst režim	21
8.3.4 Destruktivní působení	21
8.4 MICS ultrazvuková fakoemulzifikace	22
8.5 Základní techniky	22
8.5.1 Divide and Conquer	22
8.5.2 Phaco chop	23
8.5.3 Stop and Chop	24
8.5.4 Quick chop (Crack)	24
8.5.5 Chip and Flip	24
8.5.6 Phaco prechop	25
8.5.7 Ultrachopper	26
8.5.8 Biaxiální fakoemulzifikace	26
8.6 Neultrazvuková fakoemulzifikace	26
8.6.1 AquaLase	26
8.6.2 Laserové operace	27
8.6.3 Zvuková fakoemulzifikace	29
9 Vlastní zhodnocení	30
Závěr	33
Seznam použité literatury	34
Seznam symbolů a zkratk	37
Seznam obrázků	38

Úvod

Pro výběr tématu bakalářské práce, která se zabývá přehledem technik operací katarakty a jejich porovnání, jsem se rozhodla po absolvování praxí v nemocnicích, kde jsem viděla operace katarakty. Operační postup mě zaujal natolik, že jsem se rozhodla věnovat se tomuto tématu ve své bakalářské práci.

Práce se věnuje vývoji chirurgii katarakty neboli šedému zákalu. Katarakta znamená zkalení oční čočky, jemuž dochází při fyziologickém stárnutí oční čočky. Nemusí se jednat pouze o stárnutí oční čočky, ale může být spojena s mnoha jinými faktory, jako jsou oční onemocnění nebo záření. Léčba spočívá v chirurgickém zákroku, kdy je udělán řez v rohovce, odstraněna původní oční čočka a nahrazena nitrooční čočkou. Neustálý vývoj operačních technik a postupů má za cíl zmenšování operačního řezu v rohovce a následné snížení pooperačních komplikací.

Nejstarší technikou je reklinace, která je poprvé zmíněna v Chamurappiho zákoníku někde 1750 let před naším letopočtem. Následníkem této metody je intrakapsulární extrakce katarakty a poté extrakapsulární extrakce, která umožňovala nahrazení zkalení čočky novou nitrooční čočkou. O několik let později byla extrakapsulární extrakce základem pro nejpoužívanější metodu současných let fakoemulzifikaci, která od svého počátku prošla několika modifikacemi.

Cílem této práce je porovnat používané operační metody a postupy v historii chirurgii katarakty.

1 DEFINICE KATARAKTY

Pojmem katarakta označujeme šedý zákal oční čočky, který má nepříznivý vliv na vidění. Počátek vzniku je většinou ve fyziologickém procesu stárnutí. Oční čočka začíná ztrácet svoji pružnost a průhlednost, s přibývajícím věkem se zabarvuje a zakaluje. Mění svou barvu díky chemickým změnám bílkovin, z průhledné se postupem času mění na bělavou až šedou. [1]

Katarakta vymezuje typické lokální rozdíly, stoupá s věkem a je vyšší u žen. Jejím největším problémem ale zůstává velký výskyt v rozvojových zemích, kde je nejen nouze o operující lékaře, ale i nedostatek finančních prostředků. Budují se improvizované operační sály, kam lékaři přijíždí a provádí velmi jednoduché operace s implantací nitroočních čoček.

2 PŘÍČINY VZNIKU KATARAKTY

Katarakta nemusí být jen senilní (způsobena věkem), ale může být i získaná, vrozená či podmíněná dalšími jinými faktory jako jsou metabolické, systémové a oční onemocnění (úrazy, záněty, diabetes mellitus), záření, radiace, kouření, genetická dispozice. Máme několik typů příčin vzniku katarakty senilní (věkem podmíněná), traumatická, radiační, kongenitální, metabolická, komplikovaná a sekundární. [1,3]

3 TYPY KATARAKTY

3.1 Kongenitální

Šedý zákal nemusí být spojen pouze se stářím. Kongenitální neboli vrozená katarakta u dětí se vyskytuje především v rozvojových zemích. Důležitá je včasná operace, která musí být provedena co nejdříve po narození dítěte, nejpozději do dvou měsíců. V opačném případě hrozí vznik amblyopie na oku, na kterém se zákal vyskytuje. Po operaci je důležité na postižené oko aplikovat kontaktní čočku nebo implantovat nitrooční čočku. Do dvou let od narození mění oko svůj tvar a velikost a je lepší jej do této doby korigovat kontaktní čočkou nebo brýlemi a později implantovat nitrooční čočku. Pokud je zákal na obou očích, musí se druhá operace provést co nejdříve po té první. Příčinou vzniku mohou být vlivy hereditární, teratogenní látky, eventuálně virová exanthematická onemocnění během těhotenství. [4]

3.2 Metabolická

Je způsobena vlivem metabolických onemocnění, např. galaktosemií, diabetes mellitus Wilsonovou chorobou, kouřením, hypokalcemií nebo onemocněním jater a ledvin.

Diabetes mellitus ovlivňuje čírost čočky, refrakční index a akomodaci. Při zvýšení hladiny glukózy v krvi se zvedá i její množství ve sklivci. Odtamtud se dostává do čočky, kde způsobuje pomocí biochemických dějů její zakalení. Pacienti s diabetem mají občasné refrakční poruchy, častokrát myopické a snížený akomodační rozsah. Pravá diabetická katarakta je oboustranná a vytváří v postižené oblasti vločkovité zákalky. Vznik věkem podmíněné katarakty je zapříčiněn nahromaděním sorbitolu uvnitř čočky, následovaným hyperhydratačními změnami a zvýšením glykozylace proteinů v čočce.

Hypokalcemie způsobuje oboustrannou kataraktu. Při vyšetření na štěrbinové lampě uvidíme tečkovité duhově zabarvené opacity předního a zadního kortexu pod pouzdem čočky. Opacity mohou zůstat, tak jak jsou nebo může dojít ke kortikální kataraktě. [4]

3.3 Komplikovaná

Vzniká působením jiné oční choroby jako je uveitida, akutní glaukom, pigmentová degenerace sítnice, vysoká myopie, hereditární dystrofie zadního pólu oka a pseudoexfoliační syndrom.

Pigmentová degenerace sítnice se zobrazí jako postupné zužování zorného pole, které může končit až slepotou. Vzniká atrofie pigmentového epitelu respektive atrofie papily zrakového nervu nebo postupné zužování až obliterace sítnicových a cévnatkových cév. Ve třetím stádiu začíná zadní miskovitá katarakta.

Přední uveitida způsobuje nedostatečnou výživu čočky nitrooční tekutinou. Čočka se začne kalit pod zadním pouzdrém a vznikne zadní subkapsulární katarakta. [4]

3.4 Traumatická

Nejčastěji se vyskytuje u mladých pacientů a to po mechanickém poranění oka, elektrickým proudem, chemikáliemi nebo zářením. Poranění může být způsobené tupými nebo ostrými předměty. Dojde k poškození předního segmentu oka a v čočce tak dochází k částečnému či úplnému zakalení. Často je doprovázena také změnou polohy čočky, která dopomáhá ke tvorbě katarakty nebo sekundárního glaukomu. Katarakta nastane akutní nebo se postupem času rozvíjí. Nabývá charakteru subkapsulární (přední nebo zadní) a kortikální katarakty.

Po tupém poranění může katarakta postihnout čočku celou nebo pouze určitou část. Ze začátku se projevuje jako hvězdicovitá opacita postihující zadní pouzdro čočky, ale postupem času může postihnout čočku celou. Může dojít k prasknutí pouzdra, hyperhydrataci vláken čočky a vzniku rychlého zákalu. Během úderu se čočka při přetržení zonulárních vláken dokáže posunout všemi směry, třeba do sklivcového prostoru nebo do přední komory. Zde dochází k poruše akomodace, monokulární diplopii nebo vysokému stupni astigmatismu.

Po ozáření se katarakta může objevit klidně i za několik let. Doba před jejím vyskytnutím závisí na dávce záření a na věku pacienta. Mladší čočka je citlivější na záření. Pod šterbinovou lampou uvidíme tečkovité opacity zadního pouzdra a peříčkovité přední subkapsulární opacity.

Chemickým poraněním vzniká kortikální katarakta akutně nebo jako jeho pozdější následek. Kyseliny do oka na rozdíl od alkalických sloučenin nevnikají tak snadno, způsobují v oku změnu pH komorové vody a snižují hladinu glukózy a askorbátu. Kromě vzniku zákalu je poraněná rohovka, duhovka i spojivka.

Při poranění elektrickým proudem musí projít proud hlavou. Dojde ke koagulaci proteinů a poté ke kataraktě. Nejdříve jsou zákaly v přední střední periférii čočky, následně v lineární opacitě v předním subkapsulárním kortexu. Průběh zákalu se nedá předpovědět, u každého pacienta je jiný. [4]

3.5 Věkem podmíněná

Nejběžnějším typem katarakty je senilní neboli věkem podmíněná. Vyskytuje se ve třech formách, které se mnohdy kombinují – kortikální, nukleární a zadní subkapsulární. U hodně případů věkem podmíněné katarakty je více rysů najednou uvedených typů. Zkalení čočky může být způsobené multifaktoriálním charakterem. V průběhu stárnutí dochází k chemickým změnám čočkových proteinů s vytvářením pigmentace, nižším obsahem draslíku a glutathionu a naopak vyšší koncentrací sodíku, vápníku a především zvýšené hydratace. Ta má za následek zvětšení hmotnosti čočky a jejího předozadního rozměru a také pokles akomodační schopnosti. [1]

3.5.1 Kortikální

Zakalení se objevuje v přední a zadní kortikální vrstvě směrem od periferie do středu čočky a je způsobeno přeměnou složení kortexu. Zpravidla postihuje obě oči a rychlost progresu je individuální, někdy může být dlouhou dobu ustálená a jindy se zvyšuje. Vliv na vidění je různý, záleží na místě zakalení a ose vidění. Hodně častou známkou bývá oslnění, například od reflektorů aut. Vyšetření probíhá na šterbinové lampě, kde se při kortikální kataraktě v předním nebo zadním kortexu čočky objevují vakuoly. Také může dojít k nálezu radiální zákalu nedaleko okraje čočky, též řečené kortikální paprsky, kde konce směřují do středu. Tyto kortikální paprsky vypadají za pomoci retroiluminace jako bílé opacity nebo tmavé stíny. Při dlouhém pohledu do světelného zdroje může mít pacient pocit monokulární diplopie nebo rozostřeného vidění.

3.5.2 Nukleární

U jádra čočky se vyskytne určitý stupeň sklerózy, zbarví se od odstínu hnědé po hnědočervenou barvu a vytvoří se centrální zákal. Tyto projevy mají za následek biochemické změny, které mění index lomu čočky na vyšší a oko se stává myopické. Problémy nastávají při pohledu do dálky a pohled do blízka se zlepšuje tak, že presbyopičtí pacienti dokáží po určitou dobu číst bez brýlové korekce. Někdy může způsobit změna indexu jádra vůči kortexu čočky monokulární diplopii. Zbarvení čočky má za následek zhoršení barevného vidění. Nukleární katarakta je nejčastěji oboustranná s pomalou progresí a vyskytuje se u středního a vyššího věku. Její stupeň zakalení se hodnotí na šterbinové lampě pomocí získaného reflexu od pozadí při rozšířené zornici.

3.5.3 Zadní subkapsulární

Vyskytuje se u pacientů mladšího věku v zadní kortikální části čočky, často zasáhne optickou osu. Epiteliální buňky čočky se zvětší a přemístí z rovníkové části do zadního pólu. Zhoršené vidění je oproti nukleární kataraktě na blízkost. Při pohledu štěrbínovou lampou na čočku přes dilatovanou zornici uvidíme jako první známku jemný duhový lesk a později se změní do šedobělavého nebo hnědobělavého zbarvení. Známkou bývá také oslnění anebo špatné vidění za jasného osvětlení. U některých pacientů se může vyskytnout i monokulární diplopie. Tato katarakta se sice řadí do skupiny věkem podmíněných, ale následek může být vyvolaný nebo spojený s traumatem, intraokulárním zánětem, radiací či podáváním kortikosteroidů.

3.6 Sekundární

Vzniká jako pozdější komplikace operace katarakty nebo po úrazu, při kterém došlo k porušení čočkového pouzdra. Jemné pouzdro čočky vidění nebrání, pokud je zbytnělé, naruší pohodlné vidění. Existují dva typy zkalení zadního pouzdra: proliferační a fibróza. Léčba možná metodou laserové kapsulotomie za pomoci Nd:YAG laseru, očištěním novotvořeného materiálu na pouzdře nebo chirurgickou discizí zadního pouzdra. [1,2]

3.6.1 Proliferační typ

Zapříčiněný proliferací buněk epitelu v čočce a jejich přemístění na zadní pouzdro, mezi optickou část nitrooční čočky a zadní pouzdro čočky. Vyskytuje se častěji než fibróza zadního pouzdra, závisí na věku pacienta. Nejčastěji se vyskytuje u dětí.

3.6.2 Fibróza zadního pouzdra

Setkáme se s ním do šesti měsíců po operaci katarakty. Pacient má monokulární diplopii a zhoršený vÍzus.

4 PROJEV KATARAKTY

4.1 Objektivní vyšetření

Každý lékař si sestaví jednotlivé anamnestické údaje a výsledky z různých vyšetřovacích metod pacienta před provedením chirurgického zákroku.

Anamnéza obsahuje oční, celkové a sociální údaje, společně s vyšetřením samotného oka a jeho okolí, reakcí zornic a oční motilitou. Dále se kontroluje stav rohovky, spojivky, duhovky, přední komory a čočky. Zjišťuje se zraková ostrost do dálky a do blízka, zorné pole a kontrastní citlivost.

K vyšetření průhlednosti je nejužívanější metodou biomikroskopie čočky na štěrbinové lampě. Zornice musí být maximálně dilatovaná. Fotografické a zobrazovací analytické metody (objektivní metody) zobrazí kortikální a subkapsulární zákal, ale také měří denzitu a barvu jádra. Přístroje jsou založené na Scheimplugově principu a dokáží určit počínající změny čočky za pomoci speciálního spektroskopu. Z výsledků se určí za pomoci systému klasifikace neprůhlednosti čoček (Lens Opacities Classification System) I., II. a III. stupeň katarakty a tvrdost jádra. Fotografie pacientova výsledku se porovnávají s fotografiemi z této klasifikace.

Na vyšetření očního pozadí slouží přímá a nepřímá oftalmoskopie, kde za pomoci světla je vybaven červený reflex, kde je možné pozorovat oční pozadí. Pokud se zobrazí v červeném reflexu černé skvrny nebo je červený reflex nepozorovatelný, jedná se o zákal. Při nepozorovatelném reflexu od pozadí lze využít B-scan. [4]

4.2 Subjektivní příznaky

Subjektivní pocity jsou charakteristické. Řadíme sem pokles zrakové ostrosti, která se liší podle závažnosti zákalu. Při závažného případu může být zraková ostrost snižena až na světlocit. Změna kontrastní citlivosti je problematická při vidění za slunečního svitu a za šera či při nočním řízení vozidla. Světloplachost je způsobena rozptylem světla při průchodu světelných paprsků nehomogenním optickým prostředím. Zkalení a tvrdnutí struktur čočky přivodí změnu dioptrické refrakce na dálku nebo do blízka. Presbyopové mohou začít číst bez brýlí, což je způsobeno zvýšením dioptrické síly čočky. [4]

5 REKLINACE

5.1 První zmínky v historii

Metoda, která se jako první proslavila v historii operace katarakty a jedná se nejstarší zákrok v historii lékařství.

Podle některých zdrojů se považuje za nejstarší dochovaný záznam o kataraktě a jeho operaci v Chamurappiho zákoníku z roku 1750 př. n. l., kde je zobrazen ceník výkonů tehdejších lékařů. Mimo cen obsahuje i tresty za nepodařené výkony. Pokud přišel o oko, lékař přišel o prsty. [6]

Prvotní oficiální zmínka pochází z Babylonu, kde lékaři z Indie kolem roku 500 př. n. l. operovali kataraktu ostrým nástrojem. Další operace byly realizovány v antickém Řecku a v indo-arabských zemích před 2 000 lety. V antickém Řecku byly nalezeny nástroje pocházející z této doby, použity při operacích. [5]

Lékaři ve starověku i ve středověku netušili správnou polohu čočky v oku ani původ příčiny zákalu čočky. Čočka měla podle tehdejších informací být hlavní zrakový receptor a ležet ve středu oční bulvy. I Leonardo Da Vinci zobrazoval na svém nákresu hlavy a také Andreas Vesalius špatnou polohu oční čočky. Kolem počátku 17. století byla zjištěna správná poloha oční čočky Hieronymem Fabriciem v Itálii, který popsal anatomii oka.

Důvod oslepnutí ve starověku a středověku při kataraktě byl považován za vodu a hlen, který se utvářel před čočkou a vytvořil blanku nepropustnou pro světlo, nebo měla vytékat z mozku tekutina před oční čočkou a vytvářet opět neprůhlednou blanku. Tato domněnka přetrvala až do 17. století, kdy ji vyvrátil pařížský lékař Francois Quarre a o pár let později ji potvrdil anatom Rolfinck z Jeny roku 1656, že místem katarakty je oční čočka. V roce 1700 pařížský lékař Pierre Brisseau prozkoumal zkalenou čočku mrtvého vojáka, ale o místě vzniku zákalu bylo rozhodnuto v roce 1850 se zavedením očního zrcátka Hermannem Helmholtzem. [5,7]

Reklinace se provádí dodnes v některých částech Afriky.

5.2 Postup operace

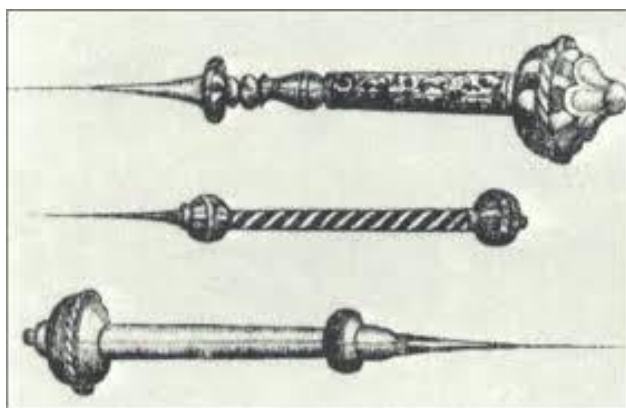
Zkalenou oční čočku pomocí ostré jehly, kterou zavedou do oka 4 mm od limbu nebo rohovkou proti odrazu v zornici, čočku vychýlí z optické osy do sklivcového prostoru tzv. luxací. Operace končila ve chvíli, kdy pacient začal vidět ostřeji. V té době byly špatné hygienické podmínky a mnohdy docházelo k zánětům až k úplnému oslepnutí operovaného oka. I přesto, že docházelo k oslepnutí, byla tato technika používána až do středověku. Ranhojič před operací oko masíroval palcem a dýchal na něj, přitom pomocník ranhojiče pacientovi držel pevně hlavu a pacient se díval na špičku svého nosu. Lancetu zavedl přes horní kvadrant rohovkou do zornice a zatlačil zkalenou oční čočku do vnitra oka. [5,7]

Indové měli trochu bezpečnější metodu, kdy ostrou jehlou otevřou skléru a čočku zatlačili tupým nástrojem do sklivce. Zde bylo menší riziko poranění. Arabové pokud čočka nešla odstranit luxací do sklivce, byla ostrou jehlou rozčleněna na části. Když byly části čočky měkké, byly odsáty dutou jehlou, jinak ponechány v oku. [7]

Postup operace katarakty napsal do svého díla *De Re Medicina* Aurelius Cornelius Celsus počátkem 1. století n. l. Svou encyklopedii, která byla sbírkou několika téma jako farmacie, chirurgie a operace katarakty, se objevila v roce 29 n. l. je považována za nejlepší dílo v Římském světě.



Obrázek 1. Operace katarakty [1]



Obrázek 2. Operační jehly [1]

6 INTRAKAPSULÁRNÍ EXTRAKCE

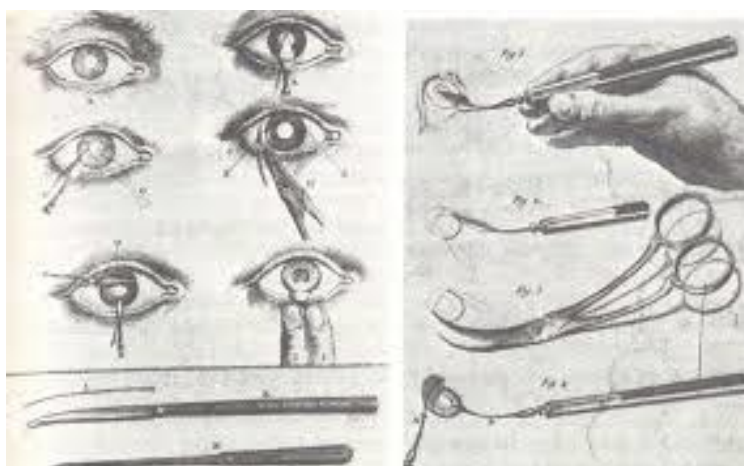
Samuel Sharp jako první provedl intrakapsulární extrakci v roce 1753 v Londýně. Tlakem palce vytlačil zakalenou čočku s neporušeným pouzdrém limbální incizí. Henry Smith v 19. století v Indii použil svalový háček, kterým mechanicky přerušil dolní závěsný aparát a poté stejným nástrojem vytlačil čočku z oka limbálním řezem. Tento postup se jmenuje Smithova indická operace. Frederick Verhoeff a Jean Baptiste Kalt využili pinzety, s kterou uchopili okraj pouzdra čočky a kývavým pohybem uvolnili ze závěsného aparátu. Přisávací nástroj ve 20. století použil Ignacio Barraquer k intrakapsulární extrakci. Joaquin Barraquer v roce 1957 informoval o chemickém rozpuštění zonulárních vláken za využití α -chymotrypsinu. V roce 1961 zavedl Tadeusz Krwawicz kryosonda do praxe se záměrem snížení rizika ruptury pouzdra čočky. V České republice se tato metoda používala přibližně do roku 1990, dnes se skoro už nepoužívá. V jiných částech světa se technika stále využívá. [4,8]

Odstraňuje se celá čočka s neporušeným pouzdrém, kdy se oční čočka přimrazí na konec kryosondy za pomoci oxidu uhličitého a rajského plynu se vyjme z oka operační ránou. Bazální iridektomie slouží jako zábrana před zvýšením nitrooční tlaku. Oko zůstává afakické a zraková ostrost se vykompenzuje brýlovou korekcí nebo kontaktními čočkami.

7 EXTRAKAPSULÁRNÍ EXTRAKCE

Poprvé ji popsal francouzský oční lékař Jacques Daviel v roce 1748. S objevením, že se čočka dá vyjmout bez pouzdra a následně do něj nechat vložit čočku umělou, vyvinul v roce 1750 Ital Tadini skleněnou nitrooční čočku ke korekci afakie. Vložení skleněné nitrooční čočky provedl o 45 let později Ital Casamaata. O tuto metodu byl zájem ve druhé polovině 19. století, kdy Albrecht von Graefe zavedl lineární extrakci zákalu s periferní iridektomií. Rozmach byl až v sedmdesátých letech minulého století, kdy se publikovaly výsledky a komplikace intrakapsulární extrakce. V České republice se touto operační metodou začalo operovat až ke konci devadesátých let minulého století. Především o další se zájem se postarali v šedesátých letech Harms a Mackensen, kteří zavedli operační mikroskop, a v roce 1949 zavedl Harold Ridley implantaci umělých nitroočních čoček. Všiml si během druhé světové války, kdy se vojákům do očí dostaly střepiny z polymethylmethakrylátu (PMMA), že nenastaly žádné zánětlivé komplikace a tak 29. 11. 1949 provedl v londýnské nemocnici St. Thomas první implantaci nitrooční čočky z PMMA. [1,4]

Katarakta je odstraněna ze zadní komory přes řez v dolní polovině rohovky a implantována zadně komorová nitrooční čočka (PC IOL). Zachování zadního pouzdra a přední sklivcové membrány se snižuje riziko vzniku odchlípení sítnice a cystoidního makulárního edému. Pokud by bylo pouzdro zkalené, odstraní se pomocí YAG laseru později.



Obrázek 3. Davielova metoda extrakce katarakty [1]

7.1 Princip

7.1.1 Otevření přední komory

Tunelový řez byl především pro fakoemulzifikaci, ale využívá se i pro extrakapsulární extrakci. Techniku otevření přední komory vynalezl Singer. Provedeme obloukovitou incizi kolmo na skléru konvexitou k limbu rohovky. Prostředek řezu musí směřovat ke dvanácti hodinám. Pak použijeme na podpreparování sklerálního tunelu do rohovky lomený nůž s okrouhlým ostřím. Otevření přední komory nejlépe provedeme keratomem s ostrým hrotem před Schwalbeho linií. Pro zachování správné hloubky přední komory vstříkneme viskoelastický materiál. Nejen, že udržuje hloubku přední komory, ale také usnadňuje práci při otevření předního pouzdra a chrání endotel rohovky. [9]

7.1.2 Kapsulorexe (CCC – circular continuous capsulorhexis)

Cirkulární kontinuální kapsulorexe byla vyvinutá několika lidmi nezávisle na sobě, Neuhannem, Gimbelem a Shimizuem. Vytvoříme okrouhlý otvor v předním pouzdře, nedochází tím k radiálním trhlinám nebo decentraci nitrooční čočky. Otvor doprostřed předního pouzdra a trháme kapsulu směrem ke třetí hodině. Změníme směr pohybu naproti hodinové ručičce nebo po směru, záleží na chirurgovi. Opět skončíme u třetí hodiny. [3,9]

7.1.3 Vybavení jádra

Klasická kapsulorexe má průměr 6 mm. Musíme ji zvětšit alespoň na 7 mm, protože průměr jádra má 9 mm. Po kapsulorexi přichází hydrodisekce, mezi přední pouzdro a kortex zavedeme kanylu, ze které vpravíme irigační roztok. Způsobí oddělení čočkového materiálu od pouzdra a snazší expresi jádra. Háčkovou pinzetou chytíme skléru v meridiánu dvanácté hodiny, mírným tahem k hornímu přímému svalu zvětšujeme operační ránu a tlačíme na skléru směrem nad střed oka. Jádro se pomalu vysvlékne z pouzdra, změním tlak směrem do středu oka. Jádro čočky přes operační ránu vystoupí postupně ven. Když je tak v polovině, uchytíme pinzetou branže nebo cystotomem a vyrotujeme ven. Pokud při zatlačení se jádro nezačne pohybovat směrem ven, zkontrolujeme jestli je operační rána dostatečně velká nebo zda je kapsulektomie kompletní. Vytváříme tlak na oko, ale můžeme ho snížit pomocí irigační kličky a irigačního roztoku. Kličku zasuneme mezi pouzdro a jádro a irigačním roztokem vyplavíme jádro do přední komory. Odtud kličkou a roztokem dostaneme snáze jádro ven, bez většího tlaku. Vhodné pro menší řezy. [3,9]

7.1.4 Odstranění čočkových hmot

Odstranit můžeme třemi různými způsoby manuální technikou, irigačně aspiračním systémem a použitím vitrektomu.

Manuální technika je spolehlivá, bezpečná a hlavně levná po finanční stránce. Dále se nemusí bát poruchy přístroje. Používá se manuální kanyla McIntyrova. Kanyla je rovná, vnitřní část s aspiračním otvorem se zavede do části irigační, která je zakončena Luerovou násadou pro injekční stříkačku. Mikroskop musí být při operaci správně nastaven na postačující zvětšení, aby chirurg dobře viděl kapsulu a čočkové hmoty. Provede aspiraci čočkových hmot za použití irigačního roztoku. [9]

Irigačně aspirační systém se moc neliší od manuální techniky. Tlak je usměřňován pedálem, operaci to urychluje. Kanyly jsou širší a řízení sukce pedálem může mít delší reakční dobu.

Vitrektom využijeme při ruptuře zadního pouzdra a proniknutí sklivce do přední komory.

8 FAKOEMULZIFIKACE

8.1 Historie

Při extrakapsulární extrakci se sice implantovala nitrooční čočka do zadního pouzdra čočky, ale IOL byla někdy decentrovaná a pacient špatně viděl. Řez tehdy byl i dost velký 6 – 7 milimetrů, aby se mohla IOL implantovat. To způsobovalo indukovaný astigmatismus, který musel být korigován, a také pooperační potíže, kde pacient musel být hospitalizován. Proto se vědci usnesli, že chtějí vyvinout operační metodu, aby se těmto potížím vyhnuli.

V roce 1967 Charles Kelman vynalezl fakoemulzifikátor a vykonal první extrakci zkalené čočky ultrazvukovou emulzifikací a aspirací jádra a čočkových hmot. Výkon trval více jak čtyři hodiny. Později vynalezl první operační techniku, která byla sestavena z nového typu kapsulotomie ve tvaru vánočního stromku. Luxoval jádro do přední komory, kde ho emulzifikoval. Docházelo k dekompenzacím rohovky, proto se tato metoda moc neprosadila. Richard Kratz vynalezl jiný nástroj, kterým si přidržoval jádro čočky. Nástroj na přidržení jádra byl v jedné ruce a fakoemulzifikátor v druhé, tím vznikla metoda operace oběma rukama. Už nedocházelo k dekompenzacím rohovky tak často jako u předchozí metody. Fakoemulzifikaci v zadní komoře proslavil Robert Sinskey. [10,11]

V roce 1979 firma Pharmacia uvedla na trh viskoelastický materiál Healon, který ochraňoval tkáň oka a zároveň umožnil chirurgovi lepší manipulaci s nástroji v oku.

V polovině 80. let objevil Robert Osher techniku, která umožňovala operovat tvrdá jádra i pacienty s úzkou zornicí. Duhovkové háčky na rozšíření úzké zornice představil Reynold, které umožnily udržet dilatovanou zornici během operace.

Cirkulární kontinuální kapsulorhexi vynalezli Gimfel a Neuhann v roce 1986 a položili základní princip pro techniku fakoemulzifikaci. Bez stehová technika je používána od roku 1990, kdy je využíváno samouzavíratelného momentu. Snižuje spotřebu irigační tekutiny, pozměňuje proudění tekutin v přední komoře, kdy výsledkem je větší stabilita přední komory v průběhu operace. Hydrodisekce objevená Finem v roce 1990 umožňuje oddělit kortex jádra od pouzdra. Využívá volnou rotaci hmot čočky uvnitř pouzdra, kdy se oddělí jádro čočky od pouzdra. [10]

Divide and conquer technika navržena Gimfelem a Shephardem. Dva kolmé řezy v jádře a využitím ultrazvuku je jádro rozděleno na části a ty jsou poté aspirovány. Při technice phaco chop, se od okraje odsekávají kousky jádra směrem ke středu. Představena v roce 1993

Nagaharou. Phaco crack neboli quick chop je technika lámání jádra od středu ven. Popsáno v roce 1996 Pfeiferem. Duální lineární ovládání bylo poprvé využito v roce 1984 Oertlinem, kdy je umožněno současné ovládání dvou funkcí fakoemulzifikace a sekání vitrektomu jedním pedálem. Úspěchu se dočkala až o 10 let později s vývojem nukleorefrakčních metod. Pulzní režim ultrazvuku je lepší než kontinuální emise, nemusí se dodávat takového množství energie ultrazvuku do oka. Počátek mikroincizní chirurgie katarakty (MICS). V roce 1990 byla použita laserová fakoemulzifikace s první zkouškou o mikroincizní chirurgii katarakty s řezem pod 2 mm širokým. [10,11]

8.2 Princip

Na principu extrakapsulární extrakce, kde je jádro fragmentováno a odsáto v čočkovém vaku za pomoci ultrazvukem ovládané kanyly. Operace je prováděna za malého řezu, což snižuje riziko pooperačních komplikací a zkracuje dobu výkonu.

Šíře řezu s objevením fakoemulzifikace se zmenšila, velikost je podmíněna velikostí používaných nástrojů. Jen byl následný problém s implantací některých měkkých čoček, že by se musela zvětšit incize. Řez nesmí být příliš malý ani velký. Kdyby byl hodně malý, mohlo by dojít k poškození rtu rány (rohovky nebo skléry). Příliš velký by znamenalo únik irigační tekutiny kolem nástrojů z přední komory. Je preferováno využít kalibrované nože pro přesnou incizi a vyvarováním se jakýchkoliv pooperačních komplikací. U klasické koaxiální fakoemulzifikace je incize do určité míry tamponována irigačním návlekm. V šíři řezu je určitá vůle.

8.3 Ultrazvuková fakoemulzifikace

Elektrická energie je v převaděči – piezoelektrickém krystalu koncovky změněna na mechanickou energii a ztrátovou tepelnou energii. Na hrot koncovky je přenesen v podobě vysokofrekvenčního chvění. Hrot potom má frekvenci v ultrazvukové oblasti nad 20 kHz a amplitudou mezi 5 – 100 mikrometry. Musí se dodávat energie k udržení vibrací v určitém rozsahu. K tomu se využívá automatický regulační systém – autotuning. [10]

8.3.1 Fakokoncovka

Je generátor ultrazvuku používaný pro extrakci katarakty. Fungují při frekvenci 28 – 40 kHz. Techniky pracují se dvěma, čtyřmi nebo šesti piezoelektrickými krystaly a s vestavěným systémem autotuningu. Během práce běží automatická kontrola vibrace hrotu pro správné udržení frekvence. Aktivní sonotroda se různě zpomaluje vlivem prostředí, ve kterém se

nachází. Fakoemulzifikátory ukazují aktuální intenzitu emitovaného ultrazvuku v procentech maximálního výkonu. Každý typ přístroje má odlišný maximální výkon. Intenzitu ultrazvuku si ovládá každý lékař sám pomocí pedálu nebo je intenzita natavena automaticky na určité hodnotě.

8.3.2 Pulsní režim

Emise ultrazvuku probíhá přerušovaně, v pravidelných pulsech. Lékař ovládá pedálem kontinuálně intenzitu ultrazvuku. Frekvence je stálá, která se dá předvolit v určitém rozsahu 0,5 – 15 pulsů za sekundu a navíc ještě zvolit poměr aktivní/ neaktivní fáze různých pulsů.

8.3.3 Burst režim

Emise ultrazvuku je jednotlivě časově přesně určená v krátkých okamžicích. Burst znamená nonkontinuální emise neboli výron energie či záblesk. U přístrojů lze nastavit dobu výronu energie na 0,001 – 1 s. u starších přístrojů byl čas omezen na 30 – 50 ms. Frekvenci pulsů nebo výronů ovládá lékař sám pedálem.

8.3.4 Destruktivní působení

Závidí na tvaru sonotrody, frekvenci ultrazvuku a jeho amplitudy, prostředí. Hlavní vliv spočívá v mechanickém působení sonotrody, teplotě a kavitaci.

8.3.4.1 Kavitační efekt

Jev, při kterém se mění tlak uvnitř kapaliny. Rozdělujeme kavitaci hydrodynamickou a akustickou a ta se dále rozděluje ještě stabilní a přechodnou.

Při šíření ultrazvukové vlny v kapalině, dojde ke snížení tlaku a vzniku mikrobublínek rozpuštěného plynu a páry kapaliny. Mikrobublínky jsou vystaveny tlakové vlně a dochází k transienční kavitaci. Pokud jsou bublinky ve styku s pevnou látkou, dojde k asymetrickému kolapsu a kapalina začne proudit vysokou rychlostí, vznikne destrukce na sousedící pevné látce. Následná šoková vlna naruší vzdálenější látku. Šoková vlna nastane, pokud látka v prostředí překročí rychlost šíření zvuku.

Kavitační efekt může být doprovázen vyloučením světelné energie (sonoluminiscence). Kavitace je doprovázena vznikem proudění. To vyhání volné části jádra od hrotu. Vypnutím ultrazvuku dojde k aspiračnímu proudění, který přitáhne fragmenty zpět a následně může dojít k vyšší účinnosti nonkontinuální fakoemulzifikace.

8.3.4.2 Fokusace ultrazvuku

Fakokoncovka nestejně fokusuje ultrazvuk hrotem, který má různý tvar a zkosení. Nestejná fokusace se odráží všemi směry v prostoru. Například při zkosení 45° se posouvá ohnisko přibližně o 20° mimo osu hrotu fakokoncovky ve směru zkosení.

Ultrazvuk se rozšiřuje axiálně směrem od činného hrotu, ale emulzifikuje jádro i do stran. Převážně když je hrot hladký a rovný. Různé zahnutí hrotu vytvoří menší nebo větší kavitační efekt.

8.4 MICS ultrazvuková fakoemulzifikace

Je vybudována na základě redukce tepelné energie, která vzniká při fakoemulzifikaci, a tak je možné oddělit irigaci od aspirace. Nežádoucí teplo má zrod při vyzařování ultrazvuku změnou mechanické energie ve všech částech ultrazvukového generátoru. Naopak výrazné teplo vzniká třením oscilujícího hrotu v ráně. Záleží na frekvenci oscilace a jejich amplitudě, na tlaku na ránu a na charakteru s velikosti třecích ploch, na době trvání emise ultrazvuku. [10]

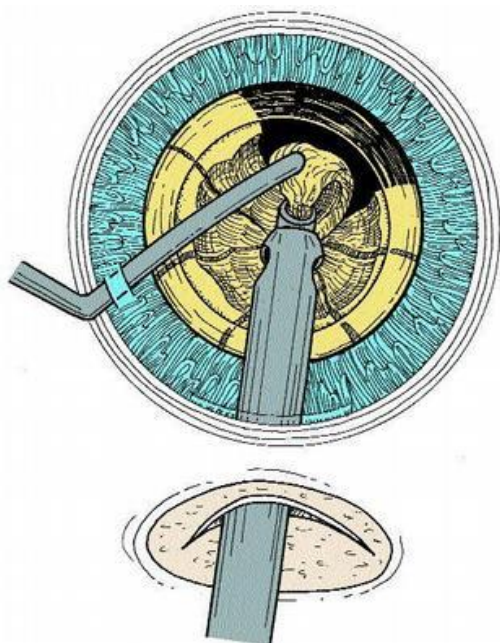
Do MICS ultrazvukové fakoemulzifikace patří C-MICS neboli koaxiální mikroincizní fakoemulzifikace a B-MICS neboli biaxiální mikroincizní fakoemulzifikace.

8.5 Základní techniky

8.5.1 Divide and Conquer

S touto technikou přišel Howard Gimbel v roce 1986, kdy jádro rozdělil na čtyři části. Fakoemulzifikace probíhala uvnitř kapsulárního vaku. Začíná se hydrodisekcí, kdy je oddělen obsah čočky od pouzdra. Kanyla je zavedena pod okraj kapsulorexe naproti vstupní incizi a pomalu se pouští vyvážený roztok solí pod pouzdro. Zatlačí se na okraji jádra, aby se tekutina mohla vrátit pět do přední komory a došlo ke správnému oddělení jádra od pouzdra. Dále fakoemulzifikační jehlou se udělá první rýha v jádře čočky. Směr řezu je od okraje kapsulorexe přilehlé k rohovkové incizi a více do hloubky a do periferie. Musí se dbát na to, že čočka má v centru přes 4 mm a fakotip má 1 mm. Okraj čočky je tenčí a proto není místo ani na dva fakotypy. Po první rýze se jádro čočky otočí o 90° špátlí a udělá se druhá rýha. Poté se za pomoci špátle a jehly oddělí od sebe kvadranty tak, že se tyto nástroje nastaví paralelně do rýhy a jsou tlačeny od sebe. To samé se provede v druhé rýze, aby vznikly čtyři kvadranty. Fakoemulzifikační jehlou jsou postupně emulzifikovány kvadranty jádra. Špátlí je kvadrant nazdvihnout, jehla se přisaje na střední dolní okraj části jádra. Mohou nastat potíže u tvrdších

jader, kdy nejsou rýhy dostatečně hluboké. U měkkých jader můžeme jádro rozdělit pouze na polovinu a fakoemulzifikovat. Při rozdělování jádra na části se musí dávat pozor na poškození zadního pouzdra čočky, závěsu čočky a na kruhovou kapsulorexi. [3,11]



Obrázek 4. Technika Divide and conquer [2]

8.5.2 Phaco chop

V roce 1993 Nagahara přišel s novou technikou operace katarakty. Rozdělení jádra se liší od předchozí techniky. Fakoemulzifikační jehla se vsune do středu jádra a pomocí vakua a ultrazvuku se stabilizuje. Druhým nástrojem čočku pootočí o 90° a vytvoří čtyři kvadranty. Poté přichází samotná fakoemulzifikace. Tato metoda je podobná štípání dřeva. Čočková vlákna prostupují od ekvátoru přes střed, kdy štěp v jádře je podobný štěpu ve dřevě. Technika je náročnější a tak docházelo ze začátku k poškození pouzdra čočky. Po získání zkušeností je tato technika rychlejší a bezpečnější než předchozí. [3,11]

Můžeme rozdělit na dvě modifikace, horizontální a vertikální. Horizontální chop je štěpení jádra oběma nástroji v horizontální rovině. U vertikálního chopu jsou nástroje ve vertikální poloze a pohybují se v části odkryté přední kapsulotomií.

Výhody této metody spočívají v poklesu použití ultrazvuku, ke zmenšení stresu na pouzdro čočky a zonulu, snížení závislosti na červeném reflexu.

8.5.3 Stop and Chop

Metoda popsána v roce 1994 Kochem. Začátek je stejný jako u divide and conquer, vykonáme hluboký centrální zářez. Rozlomíme jádro na polovinu tlakem fakotipu a štěpícího nástroje. Jádro otočíme o 90° a zanoříme fakohrot velmi hluboko do kolmé poloviny jádra, změníme intenzitu ultrazvuku a zafixujeme polohu vyšším vakuem. Zavedeme čopr k ekvátoru a rozštěpíme polovinu jádra štěpícím nástrojem a fakohrotem pohybem proti sobě. Uvolníme fakohrot a otočíme druhou polovinu jádra o 180° a také rozštěpíme. [11]

Technika se nejvíce používá u maturních katarakt, úzkých zornic a měkkých jader.

8.5.4 Quick chop (Crack)

Jedná se dělení jádra pomocí nástroje s krátkým a ostrým hrotem, který je zaveden do jádra v blízkosti fakohrotu pod zrakovou kontrolou. Také je označován vertikální chop, protože štěpení probíhá od shora dolů. Do středu čočky vytvoříme jamku, kam zavedeme fakohrot a pomocí zvýšením vakua čočku zafixujeme. Poté vpravíme do velmi blízké vzdálenosti od fakohrotu háček a protipohybem nástrojů a do stran jádro rozštěpíme. Háček jde směrem k chirurgovi a doleva a fakohrot od chirurga doprava. Pokud se rozštěpí jádro na dvě poloviny, můžeme pokračovat v dalším štěpení na více částí podle tvrdosti čočky. Jestliže dělení neproběhne, musíme nástroji proniknout hlouběji do jádra, aby došlo k rozdělení. Následně pokračujeme s fakoemulzifikací. [3,11]

Metoda je velmi bezpečná, protože celý proces probíhá v centrální zóně. Další výhodou je kratší čas operace, krátká doba použití ultrazvukové energie. Menší možnost ruptury zadního pouzdra čočky, porušení endotelu a duhovky. Největší výhodou je provádění operace při úzké zornici. Nevýhodou jsou měkká a tvrdá jádra. U měkkých jader nelze stabilizovat a u tvrdých je problematické dělení.

8.5.5 Chip and Flip

Začátek operace je standartní až do cirkulární kontinuální kapsulorexe. Prostřednictvím hydrodisekce a hydrodelaminace uvolníme jádro a epinukleus čočky od pouzdra, aby se čočka mohla volně pohybovat v pouzdře. Pohyb čočky je zprostředkován plynulým rotačním pohybem hydrodisekční kanyly pomocí tlaku na její zadní okraj podél ekvátoru. Následuje fakoemulzifikace v úrovni duhovky a zornice. [11]

Výhodou této techniky je oddělení tvrdého jádra od měkké části epinukleu a snížení použití ultrazvukové energie o polovinu.

8.5.6 Phaco prechop

Metoda manuálního mechanického rozdělení jádra čočky. Využívají ji chirurgové, kteří nepreferují fakoemulzifikaci oběma rukama, ale už od ní bylo opuštěno vývojem moderních technik. Byla využívána pro snížení množství ultrazvukové energie při fakoemulzifikaci a pro vyhnutí vytváření prvních zářezů. Technika možná pro všechny stupně tvrdosti jader čočky kromě čoček s porušeným závěsným aparátem. Prechop u měkkých jader je dělán kapsulárními pinzetami a u tvrdých jader je navíc použit prechopper a stabilizátor jádra. Nevýhodou mohou být rizika poškození okraje kapsulorexe, uvolnění závěsného aparátu nebo protržení zadního pouzdra čočky. [11]

Vytvoříme vstupy do oka, vyplníme přední komoru viskoelastickým materiálem a vykonáme přední kontinuální kapsulorexi. Hydrodisekcí oddělíme čočkové hmoty od pouzdra, tato část je velmi důležitá pro rozdělování jádra čočky. Provedeme aspiraci předního kortexu. Přes přední komoru zavedeme vertikálně zavřené branže do jádra čočky do správné hloubky. Rozevřením branže rozdělíme jádro na dvě poloviny. Poté čočku otočíme o 90° a provedeme opět zavedení zavřené branže do jádra. Rozevřeme a tak vytvoříme kvadranty, které fakoemulzifikujeme. Stabilizátorem si můžeme pomoci a usnadnit si práci při rozdělování jádra. Háček, který zavedeme přes přední komoru servisní paracentézou do čočky na opačnou stranu od hlavní rány. Musí se dát pozor, aby se neporušilo pouzdro a závěsný aparát.

Při rozdělování jádra nemusíme používat jenom branže, ale také můžeme použít dvou Kuglenových nebo Sinskeyho háčků. Začátek je stále stejný, pak je jeden háček zaveden hlavní ranou a druhý servisní paracentézou. Háček v levé ruce je vpraven do jádra pod okrajem kapsulorexe naproti hlavního vstupu. Druhý je vpraven do jádra pod okrajem kapsulorexe u hlavní rány. Nástroji pohybujeme proti sobě, tlak vyvineme na konce háčků, tím dojde k zafixování jádra proti rotaci. Po setkání konců uprostřed jádra odtahujeme konce od sebe, aby došlo k úplnému rozdělení jádra na dvě poloviny. Čočku opět otočíme o 90°, háček v levé ruce umístíme do jádra pod okraj kapsulorexe proti hlavnímu vstupu a ten v pravé vložíme do centra prvního řezu. Opět provedeme pohyb konců směrem k sobě a odtažení od sebe do stran na oddělení částí od sebe. Toto celé uděláme ještě jednou s polovinou u hlavní rány a získáme čtyři části jádra čočky. Rozdělené jádro můžeme fakoemulzifikovat.

8.5.7 Ultrachopper

Ultrachopper je titanová koncovka ve tvaru tenkého a svisle plochého zobáku se dvěma protilehlými otvory. Svým tvarem umožňuje lepší rozdělení převážně tvrdých jader čočky na kvadranty. Vytváří velmi malé zářezy do jádra a poté se jádro lehce rozdělí. Po rozdělení jádra se tento hrot vymění za fakoemulzifikační a jádro se může fakoemulzifikovat. Ještě následuje irigace/aspirace čočkových hmot a nakonec implantace nitrooční čočky. Nezpůsobuje velký stres na duhovku, kapsulorexi, pouzdro čočky, závěsný aparát a také šetří endoteliální buňky. [11]

8.5.8 Biaxiální fakoemulzifikace

Dříve byla špatně pojmenována jako bimanuální fakoemulzifikace. Biaxilní znamená, že v jedné ruce drží chirurg irigační koncovku a v druhé ruce fakoemulzifikační koncovku. Tento typ fakoemulzifikace je zahrnován do MICS, hlavní rozměr incize je pod 2 mm. Průměr irigační koncovky musí být správný, malý by znamenalo, že nám může kolabovat přední komora. Poté musíme pracovat v mikropulzním režimu, aby nedocházelo ke spálení incize. Polohu otvorů si zvolí každý chirurg sám, podle toho jak je zvyklý. Otvor pro implantaci nitrooční čočky musíme udělat tunelovým způsobem. [11]

Výhodou této metody je menší průměr hlavní rány, možnost prohození otvorů při operaci, tok irigační látky můžeme orientovat podle nutnosti. Pro změnu nevýhody jsou nutnost speciálního nástroje nebo fakotipem můžeme popálit rohovku. Dříve byla tato metoda hojně využívána pro implantaci nitroočních čoček incizí 1 mm, ty se časem přestaly vyrábět a tak se od této metody opustilo z důvodu, že se musí zvětšovat otvor pro implantaci čočky. Převzala to metoda C-MICS, kde je možné implantovat nitrooční čočky otvorem 1,4 mm.

8.6 Neultrazvuková fakoemulzifikace

8.6.1 AquaLase

AquaLase je jedna z nejnovějších metod fakoemulzifikace. Firma tuto metodu představila v roce 2003. K porušení jaderné struktury mikroinjekcemi ohřáté vody nastává mechanickou energií rázové vlny. Výhody této metody jsou, že nedochází k žádnému tepelnému efektu a zaručuje vysokou bezpečnost. Hrot nemusí být vyroben z rigidního materiálu a tedy je minimální riziko poškození kapsuly.

Využívají se pulzy teplé BSS (roztoku vyvážených solí) ohřáté na 57 °C místo ultrazvukové energie. Elektrody vytvářejí pulzy 4 ml roztoku o frekvenci 50 Hz, které jsou

umístěné v koncovce. Pulzní účinnost vyjadřuje veličina magnitudy, kterou kontrolujeme během operace pedálem. Pulzy roztoku jsou v očních tkáních tlumeny a není nebezpečí poškození jako při tlakové vlně ultrazvuku. Při ultrazvukové fakoemulzifikaci může nastat popálení rány ale u AquaLase toto nastat nemůže. Další výhodou je menší poškození pro endoteliální buňky ale i pro zadní pouzdro čočky. Může nastat ruptura zadní kapsuly (minimální riziko) a naopak se zvýšila schopnost lépe očistit zadní pouzdro od čočkových hmot proti vzniku sekundárního zakalení pouzdra. Tato metoda není vhodná pro tvrdá jádra, ale lze ji kombinovat s mechanickým rozlomením jádra (prechop). Doporučována je u dětských katarakt a refrakčních extrakcí čirých čoček. [11]

8.6.2 Laserové operace

Laserová operace katarakty je prováděna femtosekundovým laserem. První pokusy se objevili v polovině devadesátých let minulého století, vynalezení přístroje s Er:YAG laserem, ale žádný přístroj neuspěl. Zdařilý pokus se podařil Dodickovi laserem Nd:YAG fakolýza koncem devadesátých let minulého století. Paprsek laseru Nd:YAG dopadne na titanový terčík v hrotu laserové sondy, tím dojde k šokové vlně, která pomůže rozdrtit čočkové hmoty a ty jsou sondou aspirovány. Výhoda použití laseru je malý průměr sondy a tak i malý průměr operační rány, žádný vznik tepelné energie. Nelze použít u tvrdších jader. [3,11]

Femtosekundový laser můžeme využít ke čtyřem základním operačním krokům: vstupní rohovková incize, relaxační rohovková incize pro úpravu astigmatismu, kapsulotomie a fragmentace čočkových hmot. Lasery používají ultrakrátké pulzy o jednu femtosekunda = 10^{-15} s. Metoda pracuje s velmi přesnými technologiemi. V tkáni vznikne lokalizovaný efekt valorizace s minimálním kolaterálním terminálním poškozením. Pro provedení operace s použitím laseru, musíme využít diagnostických přístrojů, optickou koherentní tomografii (OCT) nebo Scheimpflugovu kameru. V současné době je laser vybaven jedním z těchto přístrojů, který zobrazuje nitrooční strukturu. Kvůli přesnosti je oko spojeno přes interface s přístrojem. Pacientovi je oko přisáto vakuem sukční dokovací kroužek, který se dostane pod aperturu laseru k průhlednému interface a kroužek se s interface spojí. Interface má konkávní tvar většinou, aby minimálně deformovalo rohovku. Po propojení oka s interface laseru, jsou zobrazeny struktury oka. Především přední a zadní plocha rohovky a přední a zadní plocha čočky. Nyní přichází plánovací část, kdy jsou určeny hraniční plochy struktur. Může být použita předprogramovaná automatická aplikace nebo lze zadat ručně místa působení laseru v rohovce, pouzdrů čočky a čočkových hmotách. Před

fragmentací čočky provedeme kapsulotomii, aby nedošlo k prasknutí pouzdra čočky. Uvolníme cestu vznikajícím bublinkám plynu při fragmentaci čočkových hmot. [11]

Laserová vstupní rohovková incize může mít různý tvar v prostoru a tím zdokonalí dispozici pro pooperační těsnost. Incize bývá dvakrát zalomená, protože je v periférii rohovky a světlo laseru prochází periférií optiky laseru pro její vytvoření. Incize je ovlivněna většími aberacemi, těžký úkol vzniku kvalitních incizí.

Laserová relaxační rohovková incize pro korekci astigmatismu je velmi kvalitní. Velká výhoda laserové incize je provádění incize intrastromálně bez porušení Bowmanovy membrány a epitelu. Manuálně se provádí diamantovým nebo kovovým nožem.

Laserová kapsulotomie má kvantifikovaný průměr, který můžeme určit podle průměru optiky implantované nitrooční čočky nebo průměru zornice. Výhodou je přesnější kruhový tvar oproti manuální kapsulotomii a také lze vytvořit různý tvar například oválný. Oddělenou část pouzdra vysát ultrazvukovou sondou nebo aspirační kanylou.

Laserová fragmentace čočkových hmot zkracuje čas samotné fakoemulzifikace a snižuje množství použité ultrazvukové energie. Fragmentaci jádra můžeme udělat klasicky do kříže nebo provést řezy do tvaru válce kolem předozadní osy. Mnohdy se použije fragmentace na podélné hranoly. Laserem můžeme fragmentovat i velmi tvrdá jádra. Poté využijeme ultrazvukovou emulzifikaci pro odstranění čočkových hmot nebo odsát pomocí vysokého vakua, tím nám odpadne použití ultrazvukové energie.

Operaci katarakty pomocí laseru uplatníme u očí s oslabeným zonulárním aparátem, kde nehrozí poškození při kapsulotomii na rozdíl od manuální kapsulorexie. Nebo při zadní kapsulotomii pro odstranění zkalené části zadního pouzdra či pro kombinovanou operaci katarakty se zadní kapsulotomií. Jedinou nevýhodou kdy se nedá femtosekundový laser použít je úzká zornice. Po operaci s asistencí laseru se zornice mírně zužuje, nejspíše proto jak se s laserem pracuje v blízkosti okraje zornice. Operace s femtosekundovým laserem je náročná po logistické a finanční stránce. Laser vyžaduje speciální podmínky na prostor a teplotu, ve které může být postaven. Pacient je operován na dvou sálech, na jednom se vykoná část s laserem a na druhém přichází nitrooční část operace. Nebo na jednom sále, že se zpod laseru pacient přesune pod operační mikroskop a vykoná se druhá část operace, tato možnost je rychlejší na dobu trvání operace. Po finanční stránce je vysokou investicí na pořízení femtosekundového laseru, speciálního sálu, poplatku výrobcí za každou operaci, obsluhu laseru a výdaje za servis. V některých zemích operaci laserem nehradí pojišťovny, ale pacient si to musí zaplatit sám. [11]

8.6.2.1 Nd:YAG laserová fakolýza

Metoda, která byla poprvé představena v roce 1991 Dodickem. Zásada metody je opět v šokové vlně, ale odlišné od té ultrazvukové. Laser promítaný na titanovou destičku na hrotu, vyvolá plazmatický výbuch, rozechvěje destičku a šoková vlna rozloží okolní tkáň. Destička se spotřebovává během operace. Laserové záření je pouze uvnitř hrotu a není ve styku s hmotou čočky. Tato metoda je nejvíce efektivní pouze do tvrdosti jádra 3. Pak se prodlužuje doba operace. Množství titanu, které zůstane v oku, je po operaci daleko menší než u operací klasické fakoemulzifikace s titanovým hrotem. Průměr hrotu je menší než u ultrazvuku. [10,11]

8.6.2.2 Er:YAG laserová fakoablace

Metoda objevena v roce 1996 ale první klinické studie až v roce 1999. Na rozdíl od Nd:YAG laserové fakolýzy je zde přímý styk laseru s hmotou čočky. Přímá fotoablace tkáně. Není žádná nežádoucí tvorba tepla a tak je tato metoda aplikovatelná pro MICS. Stejně jako u laserové fakolýzy nelze provádět u jader tvrdosti 3. Lze využít i u léčby glaukomu k vytvoření transkonjunktivální sklerostomie. [10,11]

8.6.3 Zvuková fakoemulzifikace

Využívá se od roku 2000 u operací ultrazvukové fakoemulzifikaci při tvrdších jader. Kmitání o frekvenci 40 – 400 Hz kolem dlouhé osy hrotu. Zmenší se tím množství spotřebované ultrazvukové energie. Pouze zvuková fakoemulzifikace se dá použít u měkkých jader do tvrdosti 2. Nedochozí ke kavitaci. [10]

9 Vlastní zhodnocení

Po prostudování metod intrakapsulární a extrakapsulární extrakce, fakoemulzifikace a femtosekundového laseru jsem usoudila, že intrakapsulární extrakce je ze všech technik nejvíce nevýhodná. Podstatnou nevýhodou intrakapsulární extrakce je znemožnění implantace nitrooční čočky do pouzdra čočky. Pacient je afakický a je nucen nosit brýlovou korekci nebo kontaktní čočku s přibližně + 11 dioptriemi. Možné je implantovat předněkomorovou čočku, která je fixovaná na duhovku, kde může způsobit iridodonézu neboli třes duhovky. Nitrooční čočka se dostane do kontaktu s endotelem rohovky, který je nitrooční čočkou poškozován. Jinou komplikací může být atrofie duhovky, kdy je na duhovku upevněná nitrooční čočka pomocí stehů. V porovnání komplikací má tato metoda více než ostatní. Tato metoda se už v dnešní době nepoužívá.

Po vyjmutí oční čočky i s pouzdem dochází k odebrání bariéry mezi přední a zadní částí oka. Může nastat kolísání nitroočního tlaku, zmenšení komorového úhlu a znemožnění průniku komorové vody do přední komory. Prováděla se bazální iridektomie, kdy se odstraní bazální část duhovky pro odtok komorové vody do přední komory. Po odebrání bariéry dále může dojít k prolapsu sklivce do přední komory a následné krvácení odchlípení sítnice. V důsledku přemístění částí oka vzniká makulární edém.

Při intrakapsulární extrakci je větší riziko infekce oproti jiným metodám, velikost operačního řezu je větší a tak je možný větší výskyt zánětů duhovky a uvey.

Jedinou výhodou intrakapsulární extrakce považuji, je nulové riziko zakalení zadního pouzdra čočky neboli vzniku sekundární katarakty. Poněvadž se s oční čočkou odstraňuje i její pouzdro.

U metody extrakapsulární extrakce je výhodou, že oční čočka se neodstraňuje s pouzdem, ale pouze se odstraní jádro čočky a čočkové hmoty. Operační rána je menší než u intrakapsulární extrakce ale stále větší než u novějších metod, jakou je fakoemulzifikace. Velikost operační rány se sice zmenšila, ale stále je vysoké riziko infekce.

Bariéra mezi přední a zadní částí oka není porušena, pravděpodobnost prolapsu sklivce do přední komory a následné odchlípnutí sítnice nebo atrofie duhovky je téměř nulová. Ponecháním pouzdra čočky v oku, do kterého můžeme následně implantovat nitrooční čočku. Pacientovi je vložena nitrooční čočka s potřebnou dioptrií, která je předem určena pomocí biometrie.

Podstatnou nevýhodou extrakapsulární extrakce je riziko vzniku zakalení zadního pouzdra čočka, které se poté odstraňuje pomocí YAG laseru ambulantně.

S příchodem metody fakoemulzifikace se ještě zmenšila velikost operační rány podle typu použití nástrojů. Jádru čočky a čočkové hmoty se odstraňují rozmělněné pomocí ultrazvuku. Minimální riziko vzniku infekce a pooperačního astigmatismu. Bariéra mezi přední a zadní částí oka není narušena, nulové riziko prolapsu sklivce do přední komory a odchlípení sítnice nebo atrofii duhovky. Jako u předchozí metody je možné implantovat nitrooční čočku do pouzdra čočky.

Během operace se používal viskoelastický materiál, který pomáhal ochránit vnitřní tkáň oka, především endotel rohovky. Někdy mohl způsobovat pooperační zvýšení nitroočního tlaku.

Fakoemulzifikace je nákladnější po finanční stránce na vybavení operačního sálu a na zaškolení chirurgů pro práci s technikou než předchozí dvě metody. Výhodou této metody je zkrácení operačního času, který je ovlivněn podle stupně zakalení čočky. Stejná nevýhoda jako u předchozí metody extrakapsulární extrakce je vznik sekundární katarakty.

Femtosekundový laser se začal používat ke klasické fakoemulzifikaci. U prvních operací katarakty docházelo ke komplikacím k rupturám zadního pouzdra čočky a k luxaci čočky do sklivce.

Laser se využívá k vytvoření rohovkového řezu, incize a kapsulorexe, rozmělnění oční čočky. Snížením operační doby se zmenšuje riziko poškození ostatních tkání v oku, proto je méně traumatická pro oko.

Rohovkový řez provedený femtosekundovým laserem má správně připravenou geometrii a uzávěr je bezpečný, nemusí se po operaci utěsnit. U pacientů po roce od operace katarakty bylo zjištěno, že u manuální cirkulární kontinuální kapsulorexe je nitrooční čočka decentrovaná a nakloněna od původní pozice. Posun a náklon nitrooční čočky je znát u manifestní refrakce. Především u akomodačních čoček.

Kapsulorexi lze provést libovolného tvaru a velikosti oproti manuální technice. Výsledný řez je pevnější a přesnější. Odchylky velikosti jsou u femtosekundového laseru daleko menší než u manuální. To je výhodné u implantací nitroočních čoček, čočka je lépe centrovaná v pouzdře, způsobuje méně vnitřních aberací optického systému oka, zabraňuje myopickému posunu a náklonu čočky, zakalení předního pouzdra.

Riziko vzniku makulárního edému u metody fakoemulzifikace a fakoemulzifikace asistované femtosekundovým laserem není ani u jedné vyšší. Oproti vzniku cystoidního edému makuly je riziko menší u použití femtosekundového laseru. Metoda je šetrnější a může být využita u pacientů s diabetem mellitus, diabetickou retinopatií nebo s uveitidou.

Fakoemulzifikace asistovaná femtosekundovým laserem je také náročná po finanční stránce na vybavení ale také na zaškolení personálu pro obsluhu laseru. Není potřeba, aby výkon laserem prováděl chirurg, postačí speciálně zaškolený personál, který tento výkon bude provádět ve vedlejší místnosti operačního sálu. Není potřeba sterilního prostředí operačního sálu jako u klasické manuální metody u fakoemulzifikace.

Femtosekundový laser nelze použít při úzké zornici a zapadlých očích, kdy nelze vytvořit otvor v předním pouzdře čočky. Metoda je určena pro pacienty starší 18 let. Pro implantaci některých nitroočních čoček je potřeba zvětšit operační řez. Operace katarakty pomocí laseru není prozatím hrazena zdravotní pojišťovnou, pacient si musí operaci doplatit sám, zdravotní pojišťovna hradí jen určitou částku.

Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo vytvořit přehled metod a postupů operací v historii chirurgii katarakty, sledovat vývoj vybavení očního operačního sálu a principy náhrady oční čočky nitrooční čočkou.

Sledovala jsem vývoj operací katarakty od roku 1750 př. n. l. až po současnost. První metodou byla reklinace. Poté nastoupila intrakapsulární extrakce a extrakapsulární extrakce, které se hojně používaly do 18. století, které vystřídala modernější metoda fakoemulzifikace, která se používá do dnešní doby. Nově se začal používat femtosekundový laser ke klasické fakoemulzifikaci. Metody mohou být i bez použití ultrazvuku, využitím proudu ohřáté vody nebo laseru.

Mým úkolem bylo porovnat metody operačních technik s femtosekundovým laserem. Za výhodnější metodu a méně rizikovou považuji fakoemulzifikaci s femtosekundovým laserem.

V budoucnosti se bude u operace katarakty zřejmě více používat laser a s ním i větší podíl elektronických přístrojů na operaci katarakty.

Seznam použité literatury

- [1] ROZSÍVAL, P. Oční lékařství. Galén, 2006. ISBN 80-7262-404-0
- [2] KOLÍN, J. Oční lékařství. Karolinum, Praha, 2007, str. 63-67.
ISBN 978-80-246-1325-3
- [3] KUCHYNKA, P., BARÁKOVÁ, D. Novinky v kataraktové chirurgii. Trendy soudobé oftalmologie, svazek 1. Praha: Galén, 2000, str. 55-80. ISBN 80-7262-043-6
- [4] KURZ, H., KAREL, I., RŮŽIČKOVÁ, E. Oční zákaly. Grada, 2000, str. 41-64.
ISBN 80-7169-967-5
- [5] ANTON, M. Historie operace katarakty. Česká oční optika, 47, 2006, č. 3, str. 36-37
- [6] PESUDOVS, K. – Elliot, D. B. The evolution of cataract surgery. 2001.
Dostupný z WWW: <http://www.pesudovs.com/konrad/Docs/Evolution.pdf>
- [7] RUCKER, C. W. Cataract: A historical perspective. Investigative ophthalmology, 4, 1965, č. 4, str. 377-383. Dostupný z WWW:
<http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2124951>
- [8] KWITKO, M. L. – KELMAN, C. D. The history of modern cataract surgery. New York: Kugler Publications, 1998. ISBN 90-6299-154-8. Dostupný z WWW:
<https://books.google.cz>
- [9] JANULA, J., ROZSÍVAL, P. Moderní operace katarakty. Vydavatelství Masarykovy univerzity v Brně, 1. vydání, Brno, 1995. ISBN 80-210-1226-9
- [10] CHOLEVA, M. Mikroincizní chirurgie katarakty. Trendy soudobé oftalmologie, svazek 2. Praha: Galén, 2005, str. 119-140. ISBN 80-7262-326-5
- [11] PAŠTA, J., MAŠEK, P., A KOL. Fakoemulzifikace. Mladá fronta, 1. vydání, Praha, 2015. ISBN 978-80-204-3534-7
- [12] KORYNTA, J. Fragmentace jádra při fakoemulzifikaci: techniky 90. let. Česká a slovenská oftalmologie, 55, 1999, č. 5, str. 323-327
- [13] MAŠEK, P. Operace katarakty v roce 2000. Česká a slovenská oftalmologie, 58, 2002, č. 2, str. 112-116

-
- [14] SKORKOVSKÁ, Š., SYNEK, S. Pseudofakické odchlípení sítnice ve vztahu ke komplikacím operace katarakty. *Česká a slovenská oftalmologie*, 58, 2002, č. 2, str. 117-121
- [15] ERNEST, J., REJMONT, L. Fakoemulzifikace u očí po pars plana vitrektomii s implantací silikonového oleje. *Česká a slovenská oftalmologie*, 55, 1999, č. 2, str. 82-85
- [16] NOVÁK, J., ROZSÍVAL, P. Bimanuální irigace/aspirace čočkového epitelu. Prevence vzniku sekundární katarakty. *Česká a slovenská oftalmologie*, 55, 1999, č. 2, str. 86-91
- [17] PITROVÁ, Š., OBRUSNÍKOVÁ, E., LEŠTÁK, J., PEŠKOVÁ, H. Operace katarakty u velmi starých lidí (85 let a více). *Česká a slovenská oftalmologie*, 55, 1999, č. 2, str. 92-97
- [18] KURZ, J. Lidský zrak. Nakladatelství Československé akademie věd, 1. vydání, Praha, 1961, str. 118-135
- [19] MAŠEK, P. Operace šedého zákalu v České republice v letech 1988 – 1997. *Česká a slovenská oftalmologie*, 55, 1999, č. 3, str. 117-122
- [20] KRAUS, H., A KOL. Kompendium očního lékařství. Grada, 1. vydání, Praha, 1997, str. 127-132. ISBN 80-7169-079-1
- [21] ANDERLE, R. Nové femtosekundové lasery v oční chirurgii. *Česká oční optika*. 53, 2012, č. 3, str. 44-46
- [22] MOSHIFAR, M., CHURGIN, D. S., HSU, M. Femtosecond laser-assisted cataract surgery: A current review. *Middle east african journal of ophthalmology*. 18, 2011, č.4, str. 285-291
- [23] VUKICH, J. A. Update on laser cataract surgery. *Journal of cataract and Refractive Surgery*. 38, 2012, č. 2, str. 59-60
- [24] ROZSÍVAL, P. Moderní operace katarakty. *Zdravotnictví a medicína*. 2014, č. 17., str. 38. Dostupný z WWW: <http://zdravi.euro.cz/clanek/mlada-fronta-zdravotnicke-noviny-zdn/moderni-operace-katarakty-sedeho-zakalu-477066>

-
- [25] ISERLE, J. Operace šedého zákalu. 1. Vydání, Praha, Státní pedagogické nakladatelství, 1962, str. 102
- [26] ROZSÍVAL, P. Operace čočky femtosekundovým laserem. Trendy soudobé oftalmologie. Svazek 9, 2013, str. 89.-102. ISBN 978-80-7492-103-2
- [27] PAŠTA, J. Femtosekundové lasery v oftalmologii. Trendy soudobé oftalmologie. Svazek 9, 2013, str. 73.-88., ISBN 978-80-7492-103-2
- [28] PAŠTA, J. Využití laserů v oftalmologii. Trendy soudobé oftalmologie. Svazek 4, 2007, str. 186.-219, ISBN 978-80-7262-470-6
- [29] STODŮLKA, P. Mikroincizní operace katarakty. Trendy soudobé oftalmologie. Svazek 4, 2007, str. 307.-319, ISBN 978-80-7262-470-6

Seznam symbolů a zkratek

PMMA	Polymethylmethakrylát
PC IOL	Posterior chambre intraocular lens, zadněkomorová nitrooční čočka
CCC	Circular continuous capsulorhexis, cirkulární kontinuální kapsulorexe
IOL	Intraocular lens, nitrooční čočka
MICS	Micro incision cataract surgery
C-MICS	Coaxial micro incision cataract surgery, koaxiální mikroincizní fakoemulzifikace
B-MICS	Biaxial micro incision cataract surgery, biaxiální mikroincizní fakoemulzifikace
BSS	Balanced salt solution, fyziologicky vyvážený roztok
OCT	Optical coherence tomography, optická koherenční tomografie

Seznam obrázků

Obrázek 1. Operace katarakty [1].....	14
Obrázek 2. Operační jehly [1]	15
Obrázek 3. Davielova metoda extrakce katarakty [1]	16
Obrázek 4. Technika Divide and conquer [2].....	23