

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI  
KATEDRA OPTIKY



# **Nitrooční čočky**

**Bakalářská práce**

**VYPRACOVALA:**  
Kristýna Nováková  
Obor 5345R008 Optometrie  
Studijní rok 2012/2013

**VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:**  
Mgr. Lucie Machýčková

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Lucie Machýčkové za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci dne 10. května 2013

.....

podpis

## **Poděkování**

Děkuji Mgr. Lucii Machýčkové za odborné vedení bakalářské práce. Také děkuji MUDr. Barboře Jirkové a Doc. Ing. Věře Kašpárkové CSc. za užitečné rady, poskytnutí materiálu a podporu při tvorbě bakalářské práce

V Olomouci dne 10. května 2013

## **Obsah:**

Úvod .....	- 5 -
1 Anatomie a fyziologie čočky .....	- 6 -
1.1 Anatomie čočky .....	- 6 -
1.2 Fyziologie čočky .....	- 8 -
2 Historie nitrooční čočky .....	- 11 -
3 Rozdělení IOL podle použitého materiálu .....	- 13 -
3.1 Anorganické látky .....	- 14 -
3.2 Polymery .....	- 14 -
3.2.1 Polymetylmetakrylát (PMMA) .....	- 14 -
3.2.2 Silikony .....	- 15 -
3.2.3 Akryláty .....	- 16 -
Hydrofobní akrylát .....	- 17 -
Hydrofilní akrylát .....	- 18 -
3.3 Další vhodné materiály používané pro IOL .....	- 18 -
3.4 Srovnání materiálů pro IOL .....	- 19 -
4 Dělení podle umístění IOL .....	- 21 -
4.1 Předněkomorová IOL .....	- 21 -
4.1.1 Fixace IOL v komorovém úhlu .....	- 22 -
4.1.2 Fixace IOL na duhovku .....	- 22 -
4.2 Zadněkomorová IOL .....	- 23 -
4.3 IOL v pouzdře čočky .....	- 23 -
4.4 Předněkomorová fakická čočka .....	- 23 -
4.4.1 Fixace FIOL v komorovém úhlu .....	- 24 -
4.4.2 Fixace FIOL na duhovku .....	- 24 -
4.5 Zadněkomorová fakická čočka .....	- 25 -
5 Dělení IOL podle tvaru a počtu ohnisek .....	- 26 -
5.1 Refrakční multifokální IOL .....	- 27 -
5.2 Difrakční multifokální IOL .....	- 28 -
5.3 Difrakčně - refrakční multifokální IOL .....	- 28 -
6 Moderní trendy v IOL .....	- 29 -
6.1 Trendy u multifokálních IOL .....	- 29 -
6.2 Akomodační IOL .....	- 30 -
6.2.1 Pseudoakomodační IOL .....	- 31 -
6.2.2 Akomodující IOL .....	- 32 -
6.3 IOL pro malé řezy .....	- 34 -
6.4 Specifické typy IOL .....	- 34 -
7 Důvody aplikace IOL .....	- 37 -
7.1 Katarakta .....	- 37 -
7.2 Jiná onemocnění čočky .....	- 40 -
7.3 Refrakční vady a IOL .....	- 41 -
7.4 Vyšetřovací metody k diagnostice zakalené čočky .....	- 42 -
Závěr .....	- 43 -
8 Seznam použité literatury .....	- 44 -
Přílohy .....	- 49 -

## Úvod

Bakalářská práce pojednává o problematice nitroočních čoček (*Intraocular lens*, IOL). Nitrooční čočku lze definovat jako umělou čočku, která je aplikována do vnitřní struktury oka. Lze ji označit za náhradu či doplněk k naturální čočce, která není zcela funkční z důvodu zakalení, nemoci čočky. Dále se této nitrooční čočce užívá pro úpravy korekce.

Pro představu je zde nejprve uvedena anatomie a fyziologie zdravé čočky. Dále se práce zabývá historií nitroočních čoček ve světě i v České republice. Poté jsou popsány materiály, ze kterých jsou nitrooční čočky a jejich komponenty vyrobeny. Jsou rovněž uvedeny jednotlivé druhy a typy čoček a jejich využití. V kapitole „Moderní trendy“, je práce zaměřena na novinky v oblasti nitroočních čoček, jako jsou akomodační čočky či jiné prémiové čočky, tenké a specifické čočky. V sedmé kapitole se práce věnuje patologiím, které mohou postihnout naturální čočku a důvody implantace IOL. Ve stručnosti jsou popsány refrakční vady a jejich korekce pomocí nitroočních čoček. V závěrečné kapitole práce shrnuje poznatky, které obor optometrie využívá ve své praxi.

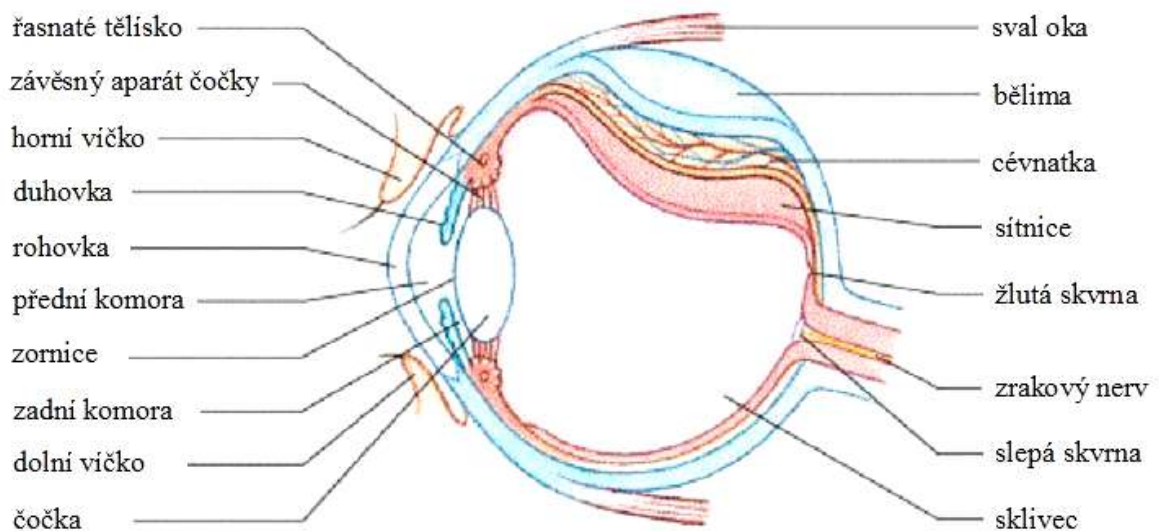
Problematiku nitroočních čoček lze považovat za velmi zajímavou. Práce si klade za cíl přehledně informovat o tématu nitroočních čoček v celé jeho hloubce a objevuje se v ní i problematika často se vyskytujícího onemocnění oka, šedého zákalu. Vše je zaměřeno na využití v praxi, pro správnou diagnostiku a poradenství. V dnešní době se operace šedého zákalu označuje za rutinní operační zákrok. Je běžným zákrokem s minimálním počtem komplikací, který má možnost zachránit zrak pacientům nejčastěji v sedmé dekádě života, a to z důvodu poklesu transparence a elasticity čočky s přibývajícím věkem.

# 1 Anatomie a fyziologie čočky

Oko je jedním z pěti smyslovým orgánů, kterými můžeme poznávat věci, lidi a místa. Zrakem můžeme vnímat až 80 % všeho, co se kolem nás děje. Oko (*oculus*) je uloženo v očníci (*orbita*) na obličejové části lebky. Skládá se z mnoha komponentů. Rohovka a čočka jsou komponenty pro rozhraní, které mají za úkol směřovat paprsky světla na sítnici, kde dojde ke zpracování obrazu. Sítnice se skládá ze světločivných buněk a nervových zakončení, které pomocí nervových impulzů předávají informace do okcipitálního laloku v mozku.

## 1.1 Anatomie čočky

Čočka (*lens cristallina*) je nedílnou součástí oka. Nachází se za duhovkou (*iris*) v prohloubenině sklivce (*fossa patellaris*), ve které je držena a upevněna vlákny závěsného aparátu (*fibrae zonulares*). Závěsný aparát (*apparatus suspensorius lentis*) vychází z řasnatého tělíska a upíná se cirkulárně do pouzdra čočky v oblasti ekvátoru. Přední plocha čočky ohraničuje zadní oční komoru a její střední část opírá se zezadu na zornici (*pupilu*). Zadní plocha pak naléhá na sklivce. [1,2]

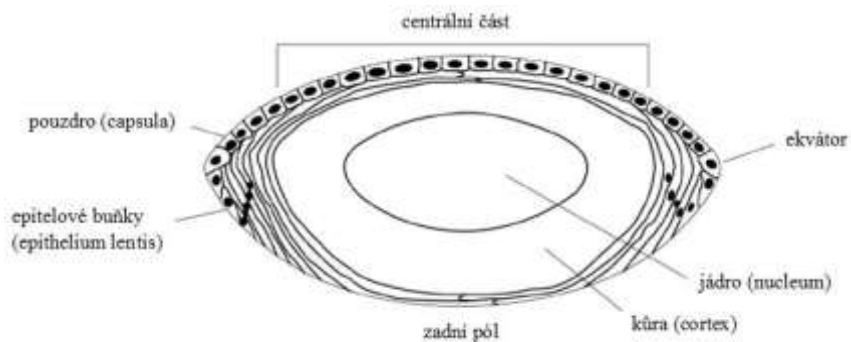


Obr. 1 Anatomie oka [29]

Čočka má bikonvexní tvar spojné čočky s různými poloměry zakřivení. Přední plocha (*facies anterior*) má poloměr zakřivení 9–10 mm, je spíše sférická a méně vyklenutá než zadní plocha (*facies posterior*). Zadní plocha má poloměr zakřivení 5–6 mm, je spíše parabolická. Přední a zadní plochy čočky se stýkají v místě zvaném ekvátor čočky (*equator lentis*). V ekvátoru dosahuje čočka velikosti 9–10 mm. Na čočce

popisujeme přední pól (*polus anterior*) a zadní pól (*polus posterior*). Spojnice pólů se nazývá osa čočky (*axis lentis*), která měří v dospělosti 3,6–4,4 mm. Předozadní průměr čočky novorozence je 3,5 mm, u dospělého jedince 4 mm a při stárnutí dosahuje až 5 mm. Čočka váží 190–220 mg. Optická mohutnost čočky je 10-17 dioptrií (D). Posledním důležitým parametrem je index lomu čočky, který má vyšší hodnotu než index rohovky, a to 1,44–1,55. [1,2,4]

Čočku dělíme na tři části: pouzdro (obal), kůru a jádro. Na povrchu čočky se vyskytuje velmi tenké, pevné a pružné **pouzdro** (*capsula lentis*), které se podílí na akomodaci. Pouzdro je nejtenčí v centrální části a v periferii se ztlušťuje. Není srostlé s dalšími hlubšími částmi, což umožňuje při operaci kůru a jádro separovat. Pod přední plochou čočky se nachází jedna vrstva kubických epitelových buněk (*epithelium lentis*). V oblasti ekvátoru se buňky prodlužují, ztrácí buněčné organely a mění se na tenká, dlouhá a zcela transparentní vlákna (*fibrae lentis*), jež tvoří *substantia lentis*. Tato vlákna vznikají během celého života. Nejstarší vlákna jsou ve středu, novější pak v periferii čočky. Vlákna čočky mají šikmý průběh a stýkají se ve třech švech, které jsou na přední ploše ve tvaru písmene „Y“ a na zadní ploše ve tvaru převráceného písmene „Y“ (viz Obr. 3). Tyto švy můžeme pozorovat na štěrbinové lampě. [1,2,3]



Obr. 2 Anatomie čočky [30]



Obr. 3 Švy čočky [31]

Vlastní hmota čočky se nazývá *substantia lentis*, na které popisujeme kůru a jádro čočky.

**Kůra čočky** (*cortex lentis*) se podobá měkké vrstvě, která je pružná díky vyšší koncentraci vody z povrchových vláken čočky. Poslední součástí čočky je **jádro** (*nucleus lentis*), jež lze označit za bezstrukturní a tuhé. Tvoří ho vlákna, a to od embryonálního vývoje až do doby dospělosti. Tudíž se jádro označuje za vývojově nejstarší. [2,3]

První známka embryonálního vývoje čočky se vyskytuje již u embrya velkého 6 mm, čočka se vyklene oproti očnímu pohárku z ektodermu. U embrya velikosti 14 mm je zadní část čočky vyplněna buňkami, které se přeměňují na *fibrae lentis*. Vzniká nejdříve čočková ploténka, čočkový váček a konečně vlastní čočka. Během embryonálního vývoje se čočka vyživuje cévou (*artera hyaloidea*), která vytváří na zadní ploše cévní síť. Ale už ve třetím měsíci céva degeneruje a její zbytky můžeme nalézt i po narození. Dále je čočka vyživována z tzv. pupilární membrány, jež je umístěna na přední ploše a regreduje až v osmém fetálním měsíci. V dalších letech je čočka vyživována z komorové vody pomocí osmózy. [1,3]

## 1.2 Fyziologie čočky

Čočka je tkáň bez cévního zásobení a bez jakékoliv inervace, proto se v ní během celého života odehrávají metabolické reakce. Nejvíce metabolických změn se děje v epitelu čočky, kde probíhá syntéza bílkovin za pomoci kyslíku a glukózy. Odehrává se zde i transport iontů (tzv. sodíko-draslíková pumpa), transport sacharidů (cukrů) a aminokyselin do čočky. Čočka je vyživována pomocí komorové vody, která omývá přední i zadní pouzdro čočky. Komorová voda také odvádí produkty metabolismu z čočky do přední komory. Co se týká složení, obsahuje čočka nejvíce vody, jak je dokumentováno údaji uvedenými v (Tab. č. 1). Vláknina čočky obsahuje proteiny tzv. krystaliny (specifické proteiny, mající schopnost zachovávat transparentnost čočky). Dále je v čočce přítomno velké množství draslíku díky sodíko-draselné ( $\text{Na}^+ / \text{K}^+$ ) pumpě, která společně s negativně nabitými krystaliny zajišťuje homeostázu uvnitř čočky. Tímto jevem nastává dehydratace, která je důležitá pro zamezení otoku čočky. Dalším velice důležitým fyziologickým procesem je metabolismus glukózy. Glukóza je základním zdrojem energie v celém těle. Glukóza v čočce ovlivňuje osmotickou rovnováhu. Platí pro ni i vztah k šedému zákalu, čočka se zakalí při vysoké koncentraci glukózy. V čočce se nachází i určité množství glutationu a kyseliny askorbové, které mají zřejmě ochranný účinek proti oxidačnímu stresu, například při ozáření ultrafialovým zářením. [1,2,5]



Tab. č.1: Chemické složení čočky- hodnoty mladšího a staršího člověka. [2]

Složka	Jednotka	mladší člověk	starší člověk
voda	(%)	69	64
Bílkovina	(%)	30	35
sodík	( $\mu\text{mol/g}$ mokré váhy)	17	21
Draslík	( $\mu\text{mol/g}$ mokré váhy)	120	121
chloridy	( $\mu\text{mol/g}$ mokré váhy)	27	30
kyselina askorbová	( $\mu\text{mol/g}$ mokré váhy)	35	36
glutacion	( $\mu\text{mol/g}$ mokré váhy)	2,2	1,5

Průhlednost čočky klesá s věkem, jádro čočky žloutne, hnědne až získá červenohnědý odstín. Tím se mění i vnímání barev pozorované u starších lidí v oblasti modrého spektra. [2]

Funkcemi čočky jsou zachování průhlednosti čočky pro lom světla na sítnici (tzv. transparentnost) a akomodace. **Akomodace** je dynamický proces, jehož se účastní čočka a její závěsný aparát. Ten zároveň centruje čočku do osy vidění. *Fibrae zonulares* začínají na ciliárních výběžcích řasnatého tělíska, upínají se na přední i zadní části čočky v oblasti ekvátoru. Zde se kříží nebo nekříží. Jsou uspořádána tak, že tahem vláken k řasnatému tělisku se čočka zplošťuje a tím zaostřuje do dálky a naopak při uvolnění tahu se čočka vyklene a tím zaostří na blízko. „Při kontrakci cirkulárně orientované části *musculus ciliaris* se tah závěsného aparátu zmenší a čočka se svou vlastní pružností více vyklene.“ [2] To umožňuje čočce akomodovat. Akomodace je děj, při kterém se mění optická mohutnost čočky. Akomodační šíře je dána rozdílem akomodace na blízko a do dálky. Věkem se snižuje, dítě ji má kolem 16 D, ve stáří je pak kolem 1 D.

Děje se tak při zaostřování na různé předměty do dálky i do blízka. Tato schopnost klesá s věkem, kdy hovoříme o tzv. presbyopii. Optická mohutnost neakomodované čočky se u dospělého člověka pohybuje mezi 10 až 17 dioptrií. [1,2,3,5]

Proces akomodace je velmi složitý a dodnes nebylo jednoznačně určeno, jak přesně akomodace funguje a které orgány se do ní zapojují. V literatuře však bylo popsáno několik teorií, které mechanismus akomodace čočky vysvětlují a některé z nich uvádí i tato práce.

## Teorie akomodace čočky

- **Teorie Helmholtzova** (relaxační): Helmholtz si všiml, že při kontrakci ciliárního svalu dojde k uvolnění vláken a čočka se vyklene dopředu. Za aktivní orgán při akomodaci označil ciliární sval a za pasivní orgán elastickou čočku. Akomodace podle něj vzniká smrštěním ciliárního svalu, uvolněním závěsného aparátu. Stav, kdy je čočka napnutá a ciliární sval v akci, je stav bez akomodace. Zatímco při akomodaci se čočka uvolní, díky své elasticitě, vyklene se a tím zvětší svou optickou mohutnost.
  - Modifikace Helmholtzovy teorie:
    - Teorie podle **Tscherminga** předpokládá, že se akomodace účastní tuhé jádro a elastický obal čočky za účasti slivce.
    - **Finchanova** teorie uvažuje různé tloušťky tuhého obalu čočky a elastickou čočku. Čočka se vyklene jen v centrální části dopředu, kde je obal tenčí.
  - **Schacharova teorie** uvádí, že čočka je zavěšená na třech typech vláken: přední, zadní a střední. Ve stavu bez akomodace se čočka ztenčí, protože je napnuté přední a zadní vlákno, zatímco je střední vlákno v relaxaci. Kdežto stav akomodace nastává za uvolnění předního a zadního vlákna plus napnutí středního vlákna, čímž dojde k vyklenutí tuhého jádra čočky.
  - **Colemanova teorie** říká, že proces je složitější a k vyklenutí čočky pomáhá tlak sklivce na zadní plochu čočky za zvyšování a snižování tlaku v přední komoře.
- [5,20]

## 2 Historie nitrooční čočky

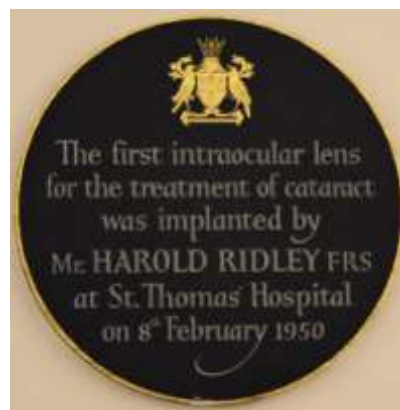
Nitrooční čočka (IOL – zkratka z angl. *Intraocular Lens*) je v dnešní době jedna z nejpoužívanějších oftalmologických optických pomůcek pro léčbu katarakty (šedý zákal). Proto je historie IOL více spjatá s kataraktou.

Katarakta byla známa již před více než 4000 lety, kdy byla a stále je nejčastější příčinou slepoty lidí na celém světě. V té době však nebylo známo, že katarakta je způsobena „pouze“ zakalením čočky. Až začátkem 17. století francouzský fyzik *Michel Pierre Brisseau* přišel s teorií, že šedý zákal je způsoben zakalením čočky a ne komorovým mokem. Tento objev podnítil zájem o operativní vyřešení zakalené čočky. Historie nitroočních čoček sahá až k 18. století, přesněji do roku 1795, kdy *Casaamara* v Drážďanech využil nápad Itala *Tadiniho* a pokusil se o výměnu zakalené čočky za čočku skleněnou, která však zapadla do oka a operace se nezdařila. [6,8]

Po dalších mnoha letech pozoroval chirurg **Sir Harold Ridley** (Obr. 4) v očích letců dobrou toleranci kousků akrylátu uvolněných z kokpitu letadla. V listopadu roku 1949 pak *Harold Ridley* vyjmul pacientovi zakalenou čočku a 8. února 1950 v nemocnici St. Thomas v Londýně (Obr. 5) poprvé úspěšně implantoval IOL za duhovku. Aplikovaná čočka byla z materiálu PMMA (polymethylmetakrylát), který se používá i v dnešní době. Ridley operoval v roce 1950 asi 750 očí pacientů. Některé z těchto operací proběhly bez komplikací a operovaní pacienti mají čočku dodnes. U několika pacientů se objevily komplikace v podobě zánětů či dislokace. [5,6]



Obr. 4 Harold Ridley [32]



Obr. 5 Pamětní deska v Londýně [33]

Další lékaři *Binkhorst* a *Epsteine* zdokonalili operaci tím, že umístili čočku do přední komory a fixovali ji za duhovku či pomocí zadního pouzdra. Oftalmologové *Strampelli* a *Choyce* (žák *Ridleyho*) rovněž umístili čočku do přední komory, ale fixovali ji do komorového úhlu. [6]

Ani **Česká republika**, tehdejší Československo, nezůstala pozadu. První pokusy implantovat IOL provedl **profesor Jan Vanýsek** již za druhé světové války v Brně. Využíval plně a později duté skleněné čočky. Tyto implantace však nebyly úspěšné. Vanýsek se svými pokusy pokračoval na oční klinice v Hradci Králové, kde společně se spolupracovníkem *J. Altmanem* vyrobili čočku ze superakrylu, kterou implantovali pacientovi. Operace byla úspěšná a upoutala v roce 1954 i denní tisk. Další pokusy s touto IOL již tolik úspěšné nebyly. Vanýskova skupina se tedy vrátila na kliniku v Brně a nadále pokračovala v experimentech. Předněkomorovou IOL tato výzkumní skupina vyvinula dokonce dříve, než německý oftalmolog *Dannheim*. Čočku s flexibilním závěsem z nylonu a optickou částí z PMMA (dovezeného z Velké Británie) implantovali v roce 1958. Vlastní výzkum IOL byl však pozastaven z důvodu vývoje kontaktních čoček. [6,7]



Obr. 6 Jan Vanýsek [34]

V roce 1979 se výzkum i implantace IOL vrátily znovu na území Československa. A to díky **profesoru Milanu Izákovi** (Bánská Bystrice), který implantoval Fjodorův „iris clip“ tzv. Sputnik. Politické uvolnění po roce 1989 přineslo možnosti pro novou generaci nadšených oftalmologů, která zrychlila vývoj IOL. Zároveň byly zavedeny náročné a drahé operační metody. Česká Republika se tak v kvalitě péče o pacienty s kataraktou vyrovnala západní Evropě. [6,7]

### 3 Rozdělení IOL podle použitého materiálu

IOL se skládá ze dvou hlavních částí. Haptická část slouží k upevnění čočky a optická část zastupuje funkci vlastní vyjmuté čočky. Jak již bylo uvedeno, IOL jsou v neustálém vývoji. Hledají se materiály, které jsou biokompatibilní, nedegradují, jsou maximálně průhledné a mají správné optické vlastnosti. Nabízí se nové možnosti použití IOL nejen při operaci šedého zákalu, ale rovněž při korekci refrakčních vad. IOL lze rozdělit do několika skupin, například - podle materiálu, z kterého je čočka vyrobena, místa umístění čočky i podle počtu ohnisek. [5,7]

IOL je tzv. „cizí těleso v oku“, a proto je na ni kladena z hlediska biologické snášenlivosti neboli kompatibility spousta požadavků. Biokompatibilitu určují biofyzikální a chemické vlastnosti materiálu. Je to jedna z nejdůležitějších vlastností čočky, z důvodu možného vzniku patologických změn po implantaci IOL do oka. Změny jsou pro chirurgy a firmy vyrábějící IOL nežádoucí. [7]

*Materiál IOL by měl splňovat tato kritéria:* [6,7]

- Hmotnost materiálu nesmí zatěžovat nitrooční struktury
- Optická část by měla plně zakrývat zornici jak ve stavu miózy (zúžené zornici) tak v i mydriáze (rozšířené zornici)
- Samostatná centrace optické části by neměla dráždit strukturu oka
- Materiál by měl být snadno zpracovatelný ve vysoké kvalitě
- Vysoký index lomu
- Nesmí vyvolávat antigenní reakce (buněčná přilnavost)
- Musí být sterilní [6,7]

Z obecného hlediska lze materiály použité na IOL rozdělit na **anorganické látky** (sklo), a **organické látky**, které tvoří převážně polymery – jako například **polymetylmetakrylát (PMMA), akryláty, silikony** a další. [6,7]

### 3.1 Anorganické látky

První vyrobená IOL byla z anorganické látky – ze skla. **Sklo**, které již dříve bylo používáno na výrobu optických ploch či zrcadel, splňovalo jedno z kritérií - vysoký index lomu. Vysoký index lomu znamená, že vyrobená čočka je velmi tenká (pro +19 dioptrií je tloušťka skla 0,3 mm v centrální části). Dalším materiálem podobným sklu byl **sařir**, odolný vůči účinkům Nd: YAG laseru, který se využívá k operacím. Použití skleněné či sařirové optické plochy bylo spíše experimentální a nemělo větší význam. Čoček ze sařiru bylo vyrobeno jen málo a to v Japonsku a v Rusku. [5,7,12]

Sklo bylo tenké, ale nebylo ohebné. Při operacích se musela rozšiřovat rána pro uložení IOL. Tento fakt byl nepříznivý pro hojení pooperačních ran, proto přispěl k vývoji nových měkkých materiálů, které se mohou svinout a skládat (foldable lens) pro lepší implantaci IOL pomocí injektoru. [6,7,11]

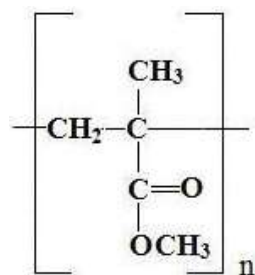
### 3.2 Polymery

Název **polymer** je odvozen z řeckého POLY (mnoho) a MER (jednotka). Polymer označujeme za dlouhou řetězcovou strukturu, složenou z mnoha opakujících se jednotek. Vlastnosti polymerů jsou odvozeny jak z jednotek ve struktuře, tak i ze vztahu řetězců k sobě připojených. Polymery mohou v některých oblastech nahradit klasické materiály např.: kov, sklo, keramiku, dřevo a další. Vyrábějí se z levných dostupných surovin, lze je snadno zpracovávat a mají nízkou hustotu. Mají však i nedostatky. Deformují se, degenerují, mají nízkou tuhost a obtížně se opravují. Polymery vznikají polymerizací, při které se opakující jednotky (monomery) tvořící polymer, spojují kovalentními vazbami. Tím polymer dosáhne mezi molekulami stabilní vazby. Polymery dělíme na elastomery a plastomery (plasty). [11,12]

#### 3.2.1 Polymetylmetakrylát (PMMA)

PMMA (Obr. 7) je polymer vzniklý polymerací *metylmetakrylátu*. Někdy se označuje jako organické sklo. Hmota se může řadit k tzv. tvrdému akrylátu, protože je vyrobena z kyseliny akrylové. PMMA má vysokou teplotu skelného přechodu (105 °C), což znamená, že PMMA nelze ohýbat za pokojových teplot. Měkne až při teplotě 140 °C. PMMA se stal prvním historickým materiálem pro výrobu IOL. Používá se od roku 1949 a byl upřednostňován do roku 1997, kdy se objevily akrylátové IOL. I dnes se v určitých případech využívá. Má výborné optické vlastnosti, je průhledný, tvrdý,

tuhý a nepoddajný, ale zároveň "sklovitý" a křehký materiál. Jeho předností je i dobrá odolnost a stabilita v čase. [5,6,7,11,12]



Obr. 7 Chemický vzorec PMMA

IOL vyrobená z PMMA obsahuje méně než 1 % vody a její index lomu je 1,49. Obvyklá celková délka čočky je kolem 12–13 mm. Nevýhodou je, že pro uložení IOL do oka je nutno provést řez rohovkou, či spojivkou v délce 5,5–6 mm. Velký řez se vykonává z důvodu neohebnosti materiálu, protože optická část čočky měří 5 mm. Tabulka níže (Tab.č. 2) uvádí výhody a nevýhody diskutovaného materiálu. [6,7]

Riziko znovuzakalení implantované čočky se eliminuje kombinací PMMA s povrchovou úpravou heparinem, která snižuje přiléhání zánětlivých buněk k IOL. U pacientů s *Diabetes mellitus (cukrovkou)*, *chronickou uveitidou a traumatickou kataraktou* se po implantaci IOL s heparinovým povrchem se méně vyskytují zánětlivé reakce. [5,7,11]

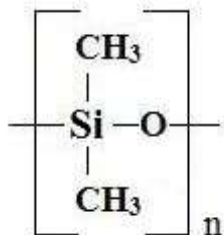
Tab. č. 2: Výhody a nevýhody IOL vyrobené z PMMA IOL

Výhody a nevýhody PMMA IOL	
Výhody	Nevýhody
nízké výrobní náklady	velký řez
Dostupnost	nejvyšší riziko zakalení pouzdra
biokompatibilita	

### 3.2.2 Silikony

Silikony jsou polymery, chemicky známy jako *polysiloxany*. Hlavní řetěz tohoto polymeru tvoří atomy kyslíku spojené s atomy křemíku, ke kterým jsou navázány veškeré organické skupiny. Díky siloxanové vazbě je materiál pružný. Silikonové IOL se používají od roku 1978. Pro první generaci silikonových IOL byl použit polymer *dimethylsiloxan (DMS)* viz (Obr. 8), který má index lomu 1,41. Druhou generací silikonů pro IOL byl *Dimetyldifenylsiloxan (DMDPS)*, který se používá spolu s třetí

generací dodnes. Má vyšší index lomu 1,46 a optická část IOL je tenčí než u předchůdce. [6,7,12]



Obr. 8 Chemický vzorec DMS

Jako „Folding IOL“ se označuje čočka, která se po svinutí navrací do původního tvaru. Toto svinutí umožňuje implantovat čočku malými řezy. Tuto schopnost mají i silikonové čočky. Celková délka IOL je 10,8mm (diagonálně 11,2mm), řez rohovkou, jenž je potřeba pro umístění této IOL, je 2,8–3 mm. [5,6,7,10]

Silikony jsou odolné vůči Nd: YAG laseru a stabilní při různých teplotách. Jsou vysoce biokompatibilní, nepřiléhávají (neadherují) k okolním tkáním a nezpůsobují zánětlivé reakce. Výhody a nevýhody silikonových IOL jsou uvedeny v (Tab. č. 3). [6,7]

Silikonové čočky se nedoporučují pro pacienty s *Diabetes mellitus* a pro další pacienty, u kterých by v budoucnu musela být provedena vitrektomie (operace kde se sklivce vyměňuje za silikonový olej). Důvodem je přilnutí silikonové čočky k silikonovému oleji, což má za následek snížení optických vlastností čočky. [5,6,7,11,12]

Tab. č. 3: Výhody a nevýhody silikonových IOL

<b>Výhody a nevýhody silikonových IOL</b>	
<b><i>Výhody</i></b>	<b><i>Nevýhody</i></b>
měkký a elastický materiál	decentrace čočky díky pružnosti
snadná implantace IOL, malý řez	stárnutí materiálu - mění se barva IOL
nízký obsah vody	častý vznik sekundární katarakty
nejnižší bioadhezivita	adheruje k silikonovému oleji

### 3.2.3 Akryláty

Akrylát je odvozen od *kyseliny akrylové*. Tento polymer váže větší obsah vody, což umožňuje vzniku hydrofilních a hydrofobních materiálů. Technické akryláty jsou složeny z dlouhých řetězců *metakrylátu* a *akrylátu* ko-monomerů (*2-fenylethyl akrylátu*



a *2-fenylethyl methakrylátu*). Přidání fenylového kruhu je klíčem pro zvýšení indexu lomu na 1,55. Akrylové IOL mají teplotu skelného přechodu 18 °C, což znesnadňuje skládání při pokojové teplotě. Následné rychlejší rozvíjení se pak objevuje při tělesné teplotě. Při nízkých teplotách se chovají jako čočky z PMMA a jejich rozvinutí se urychlí zahřátí IOL. Pokud je čočka příliš zahřátá, její povrch se stává lepkavým a tím znemožňuje její rozvinutí. Rychlost rozvíjení bývá výrazně pomalejší, než u později vynalezené silikonové IOL. Rok 1998 byl rokem, kdy se akrylátové čočky staly první volbou 42 % amerických chirurgů a už v roce 2003 to bylo 69 % chirurgů, kteří si vybrali právě akrylátovou IOL. Její celková délka činí 12 mm, řez potřebný pro implantaci IOL se udává 3,2 mm. Jak již bylo výše zmíněno, akryláty dělíme do dvou skupin na hydrofobní a hydrofilní. [5,6,7,11,12]

Akrylát se označuje jako materiál s nejvyšším indexem lomu (1,47–1,55), proto jsou čočky z akrylátu velmi tenké. Po delší době se na materiálu mohou objevit mikrovakuoly (nahromadění tekutin na povrch IOL), které způsobí materiálovou závadu ve formě třpytu čočky. Materiál zpomaluje reakce dělení buněk pouzdra čočky. Tím se snižuje riziko sekundární katarakty. [5,6,7,11,12]

### **Hydrofobní akrylát**

Hydrofobní akrylát je **kopolymerem** (polymer, který vzniká ze směsi dvou nebo více monomerů) *akrylátu* a *metakrylátu*. Má nízký obsah vody s hodnotou od 1 do 2%. Index lomu je vyšší než u silikonu nebo PMMA a pohybuje se mezi 1,44 a 1,55. [6,7,11,12]

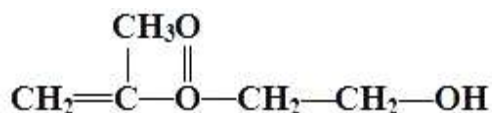
IOL se v oku pomalu rozvíjejí, což umožňuje lepší kontrolu při operaci. Povrch je lepkavější, a proto hrozí nebezpečí, že se haptika může při operaci přichytit k optické části. Výhody a nevýhody hydrofobního materiálu jsou uvedeny v (Tab. č. 4). [6,7]

*Tab. č. 4: Výhody a nevýhody hydrofobní IOL*

<b>Výhody a nevýhody hydrofobní IOL</b>	
<b><i>Výhody</i></b>	<b><i>Nevýhody</i></b>
nejtenčí čočka	křehký materiál
možná vitrektomie	vysoká bioadhezivita
	riziko poškrábání materiálu

## Hydrofilní akrylát

Hydrofilní akrylové polymery jsou kopolymery skládající se z hydrofilních síťovaných polymerů a vody. Mezi tyto akryláty patří: HEMA (viz Obr. 9) (*2-hydroxyethyl- metakrylát*), poly-HEMA (*polyhydroxyethylmetakrylát*) a HOHEMA (*6-hydroxyethylmethakrylát*). Jejich hlavním znakem je, že absorbují více vody. Řadí se mezi **hydrogely**. Obsahují obvykle 18–38 % vody. Výjimkou je materiál vyrobený v Brazílii, který obsahuje 73,5 % vody. [6,11,12]



Obr. 9 Chemický vzorec HEMA

IOL z hydrofilního akrylátu jsou nerozpustné ve vodě, ale mají schopnost bobtnat jako houba a tím udržují ve své struktuře značné množství vody. Dále se vyznačují měkkostí a odolností vůči teplotě. Index lomu se uvádí většinou 1,47. Výhody a nevýhody tohoto materiálu jsou uvedeny v tabulce níže (Tab. č. 5). [6,7,11]

Tab. č. 5: Výhody a nevýhody hydrofilní, akrylátové IOL

Výhody a nevýhody hydrofilní IOL	
<i>Výhody</i>	<i>Nevýhody</i>
měkký, pružný materiál	kalcifikace (vápenatění)
malý řez	vyšší riziko zakalení pouzdra
menší riziko poškrábání	

### 3.3 Další vhodné materiály používané pro IOL

Dalším materiálem, který se využívá na výrobu optické části IOL je **Collamer**. Je to hydrofilní materiál tvořený směsí kolagenu, chromoforů absorbující UV a kopolymerů polyHEMA. Collamer obaluje IOL a tím se IOL stává nejvíce biokompatibilní. Jeho index lomu činí 1,44. Materiál obsahuje 40 % vody. Je vhodný pro rizikové pacienty s cukrovkou a jinými onemocněními. Collamer má nejmenší rizika zánětlivých onemocnění, taktéž je méně náchylný ke kalcifikaci. Nevýhodou je jeho vysoká cena. [6,11]

Čočka nemusí být celá pouze z jednoho typu materiálu, tzv. „one piece lens“. Materiály se mohou navzájem kombinovat a vznikají tak čočky ze dvou a více materiálů. Například čočky se silikonovou optikou a polypropylenovou či PMMA

haptikou. Nejlepší však je, když čočka může být z jednoho kusu materiálu. Předchází to mnoha komplikacím, jako je ulomení či prasknutí haptiky. [7,10]

*Pro výrobu haptických materiálů se využívají následující materiály:* [6,7,11,18]

- **PMMA** – používá se u akrylátových i silikonových čoček. Nevýhodou tohoto materiálu je možnost výskytu prasklin, které mohou vzniknout při implantaci čočky a následně je pak nutné nešetrné vyjmutí IOL.
- **Polyamid** neboli nylon – je označován za elastický materiál, který se běžně používá jako chirurgický materiál. Avšak jeho nevýhodou je biodegradace (rozklad).
- **Polyetylglykoltrefalát** – málo elastický materiál podobný polyamidu, nepodléhá však biodegradaci a není tak hydrofilní.
- **Polypropylen** – nemá tvarovou paměť a vlivem UV záření se materiál rozpadá.
- **Teflon** – materiál pro transklerální fixaci (uchycení přes bělimu). Výhoda tohoto uložení materiálu je dobré zahojení.
- **kovy** – nejčastěji platina, zlato, titan nebo slitiny ušlechtilých kovů.

Důležitým komponentem pro IOL jsou filtry, protože přirozená čočka brání proti proniknutí většiny spektra UV záření na sítnici. Používají se tzv. UV blokátory chromoforů, dále filtry pro krátké vlnové délky fialového a modrého světla a žlutý chromofor pro přesnější napodobení normální čočky a lepší vidění za šera. [5,6,11]

### **3.4 Srovnání materiálů pro IOL**

Najít materiál, který by splňoval všechna kritéria kladená na ideální IOL, je obtížné. Každý materiál má své výhody i nevýhody jako mince má rub a líc. Jeden z hlavních bodů zájmu je tendence ke zkalení zadního pouzdra čočky. Tato komplikace se prokázala nejčastěji u čoček vyrobených z hydrofilního akrylátu. Objevuje se dva až čtyři měsíce po operaci a spojuje se i s decentrací IOL a dalšími problémy. Zakalení se však dá odstranit pomocí Nd: YAG laseru. I u PMMA se objevuje vyšší četnost zakalení pouzdra, toto zakalení má ovšem na svědomí konstrukce čočky a ne samotný materiál. [6,11,13,14,16]

Další kritéria představují fyzikální veličiny jako je tloušťka, elasticita, křehkost a velikost řezu nutná pro vložení IOL při operaci.

Z hlediska tloušťky označujeme akrylátovou IOL za nejtenčí čočku. To je dáno jejím indexem lomu. Nejsilnější IOL bude čočka ze skla. Silikon představuje nejměkčí a zároveň elastický materiál na rozdíl od akrylátu a PMMA. Jeho nevýhodou však je, že na něm ulpívá silikonový olej po vitrektomii, proto je tento typ IOL využíván zřídka. Kriteřiem volby IOL je i přilnavost, například hydrofobní akrylát má vyšší bioadhezivitu než silikon. [6,7,11]

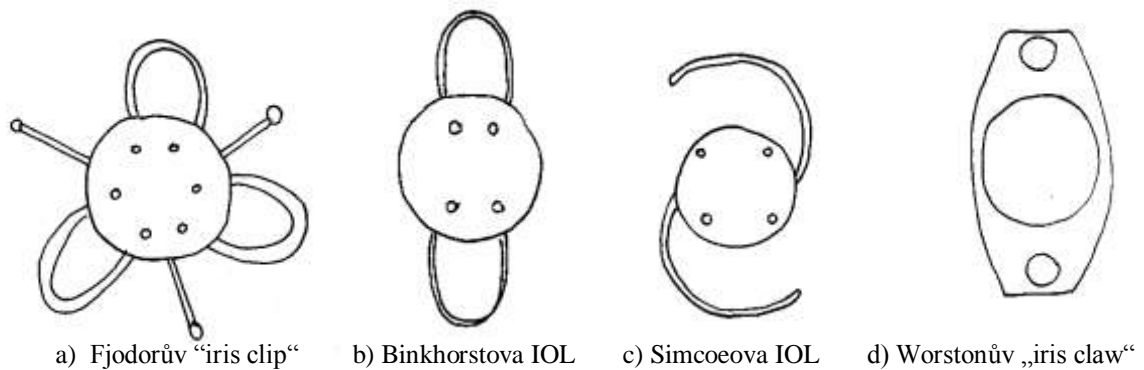
Rozdíl mezi hydrofobním a hydrofilním akrylátem je nejzřetelnější v křehkosti materiálu. Hydrofobní materiál je křehčí a snadněji podléhá povrchovým defektům (škrábance) než hydrofilní akrylát. Tato informace je důležitá při manipulaci s IOL během operace, jelikož poškrábaná či jinak poškozená IOL je nežádoucí. [6,7,11,14]

Po řezu rohovkou nebo bělimou vzniká astigmatismus způsobený hojením struktur. Proto platí pravidlo: čím menší řez, tím menší astigmatismus. Nejmenší řez potřebný k implantaci IOL v injektoru je potřebný pro čočku ze silikonu, naopak největší řez je nutný u IOL z PMMA, z důvodu neohebnosti čočky. V neposlední řadě hraje roli i stránka finanční, kdy PMMA představuje nejlevnější a nejdostupnější materiál. [1,5,6,11]

## 4 Dělení podle umístění IOL

IOL lze implantovat do přední a do zadní komory a do pouzdra čočky. Nejčastěji se IOL implantuje právě do pouzdra čočky. IOL se implantují do oka z těchto důvodů: operace katarakty a úraz, při kterém je porušeno pouzdro čočky. Posledním případem implantace IOL je při korekci refrakčních vad, kdy se implantuje fakická IOL – tzv. FIOL. Názvy i konstrukce čoček obou typů jsou velmi podobné.

Jednotlivé čočky se liší tvarem haptické části a konstantou A (výrobce uváděná konstanta pro předoperační výpočet optické mohutnosti plánované IOL). Je rovněž potřeba, aby čočka byla správně nacentrovaná. Opírá se o jemné oční struktury, s nimiž by neměl materiál jakkoliv reagovat a způsobovat patologické změny. Na Obr. 10 jsou uvedeny tvary a typy vybraných haptik. [5,6,7]



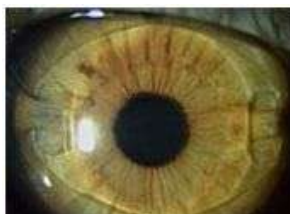
Obr. 10 Tvary haptik [vytvořeno dle 35]

### 4.1 Předněkomorová IOL

Předněkomorová IOL (viz Obr. 11) se implantuje v případě absence pouzdra čočky. Tento typ IOL zabezpečuje uchycení, které nedovoluje úniku IOL do sklivcového prostoru. Při ztrátě pouzdra čočky se sklivec vlije do přední komory. Proto je nutné před implantací IOL sklivec odstranit. Konstrukce předněkomorové čočky by měla být taková, aby u ní docházelo k minimálnímu kontaktu s odtokovou částí oka. IOL je navržena tak, aby nenaléhala na rohovkový endotel. Haptické části čočky jsou ohnuté pod malým úhlem, aby byl mezi duhovkou a čočkou prostor. Haptiky jsou kompatibilní, vyrábějí se pro různě velké oči. Podmínkou pro všechny operace, při nichž je zaváděna IOL, je dostatečně hluboká přední komora. Je potřeba zvažovat i řadu dalších očních chorob (glaukom, rohovkové dystrofie s nízkým počtem endotelových

buněk atd.). Tento typ IOL se nedoporučuje pro pacienty, kteří provozují kontaktní sporty (box) nebo vedou nebezpečný a dobrodružný život. [7]

Uchycení IOL do přední komory lze provést dvěma způsoby. Jedna varianta je uchycení IOL v komorovém úhlu a druhou variantou je fixace na duhovku.



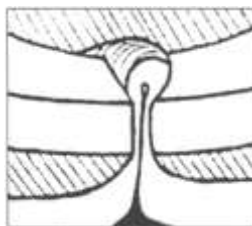
Obr. 11 Předněkomorová IOL [36]

#### 4.1.1 Fixace IOL v komorovém úhlu

Jedno z řešení umístění předněkomorové čočky je fixovat ji v komorovém úhlu pomocí haptik. Pro tyto účely byly používány neohebné IOL z PMMA pod názvem Choyce Mart a Kelman, které byly velmi oblíbené v ČR i v USA. Dále se pak používala částečně ohebná IOL typu Hussbergova. Haptiky naléhaly na zornici či se dotýkaly jemných očních struktur. Nevýhodou tohoto typu IOL byla možnost vzniku ischemií, zánětu, fibrotizace komorového úhlu a ovalizace zornice. V dnešní době se nejčastěji používá **Kelmanův multiplex** (Alcon), hladká IOL se smyčkovými haptikami, které se opírají o duhovku jen čtyřmi body. [7,11]

#### 4.1.2 Fixace IOL na duhovku

Historicky se nejdříve používaly čočky fixované v zornici, tzv. „Iris clip“ (Binkhorstova typu), ve tvaru maltézského kříže, kde měla čočka 2 - 4 haptické části (Obr. 10 b), později byla vyvinuta Fjodorovova konstrukce se 6-ti haptikami (Obr. 10 a). K další fixaci IOL se používá „uskřínutí“ duhovkové tkáně klepýtkovými haptikami, tzv. Worstova „iris-claw“ (viz Obr.10 d a 12). Základní problém byl dlouhodobý kontakt IOL se zornicí, který vedl k otlakům a k dráždění oka. Tyto implantace IOL se provádějí v Indii. V ČR se využívají IOL s názvem **Artisan afakia** (Ophtec). [7]



Obr. 12 Fixace za duhovku [37]

## 4.2 Zadněkomorová IOL

První zadněkomorové čočky se objevily roku 1986 v Rusku. Byly to silikonové IOL uložené v zadní komoře fixované do *sulcus ciliare*. V této části oka je optická část fyziologicky uložena za zornicí. Tento způsob uložení IOL se používá v případě poškozeného pouzdra čočky. Pro tuto implantaci se používají tříkusové IOL z PMMA. Ohraničují sklivec a zamezují jeho vniku do přední komory. [7,11]

## 4.3 IOL v pouzdře čočky

Fyziologickou možností je implantace IOL do pouzdra původní čočky, která je součástí standardní operace katarakty.

Jde o implantaci tzv. **arteficiální IOL** do samotného pouzdra čočky, která následuje po odstranění jádra čočky tzv. fakoemulzifikací (operační postup, kdy ultrazvukové vlny rozbijí kortex a jádro čočky viz (Obr. 13). [7,23]



Obr. 13 Implantace IOL do pouzdra čočky s fakoemulzifikací [38]

## 4.4 Předněkomorová fakická čočka

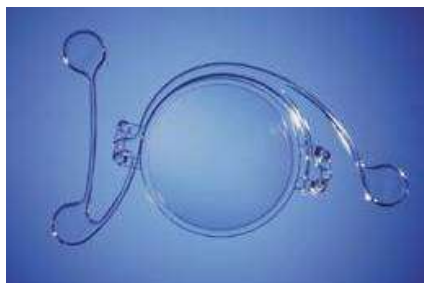
**Fakická nitrooční čočka – FIOI** se používá pro korekci refrakčních vad. Vlastní čočka se v oku ponechává. Toto umístění se provádí do čtyřicátého roku života, protože oko má ještě dostatečnou schopnost akomodovat. Čočka se fixuje do komorového úhlu nebo na duhovku. Konstrukce předněkomorové čočky by měla být taková, aby docházelo k minimálnímu kontaktu s odtokovou částí oka a vlastní čirou čočkou. Čočka je navržena tak, aby nenaléhala na rohovkový endotel a haptické části čočky jsou ohnuty pod malým úhlem, aby byl mezi duhovkou a čočkou dostatečný prostor. Haptiky jsou kompatibilní, vyrábějí se pro různě velké oči. Existují dva druhy fixace, a to do komorového úhlu a na duhovku. [6,7,11,21]

Podmínky pro všechny operace, při kterých je zaváděna FIOI, jsou shodné s implantací IOL.

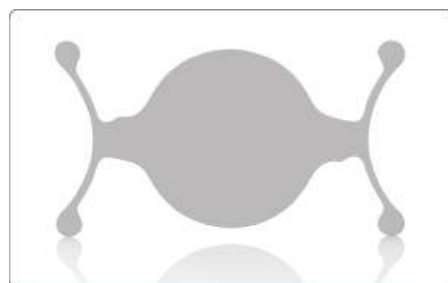
#### 4.4.1 Fixace FIOL v komorovém úhlu

Od implantace FIOL fixovaných v komorovém úhlu se kvůli častým pooperačním problémům upouští. Nejčastějšími komplikacemi byly například rotace čočky v přední komoře, krvácení do komorového úhlu, optické problémy, ovalizace zornice a další. [6,7,11]

Jedny z dřívějších FIOL tzv. „Kelmanovy předněkomorové IOL“ byly navrženy tak, aby se implantovaly co nejmenším řezem. U velkých očí se však čočka pohybovala a na malých očí se čočka opírala a způsobovala proleženiny tkáně. Vývoj postoupil dopředu a vznikl **Kelmanův Duet** (viz Obr. 14), firmy (Tekia), ke kterému se udávají všechny nosné konstrukce a vyrábějí se různé velikosti deskových haptik pro různé délky očí. Další výhodou duetu je možnost výměny optické části IOL za jinou. Duet má silikonovou optiku a haptiku z PMMA materiálu. Další předněkomorová čočka s názvem **NuVita** (Bausch&Lomb) se skládá z PMMA, později z hydrogelu, a má na svých haptikách obloukovité plošky pro menší kontakt s duhovkou a snazší rozbalení při implantaci, jinak se podobá Kelmanovu Duetu. Poslední FIOL na trhu je **Acrysof Cachet** (Alcon) z hydrofobního materiálu s jinou konstrukcí kratších haptik (viz Obr.15). [6,7,11]



Obr. 14 Kelmanův Duet [39]



Obr. 15 Acrysof Cachet [40]

#### 4.4.2 Fixace FIOL na duhovku

V dnešní době se využívá typ FIOL „**Iris-Claw**“. FIOL je položena na duhovce a jsou stabilizovány pomocí klepítkových haptik, které se uskřinou na duhovce stejně jako u IOL po úrazu. Haptiky nejsou v kontaktu s komorovým úhlem a tím je zajištěn volný odtok komorové vody. Tyto FIOL vyvinul doktor Jan Wordt v roce 1978. Ve tvrdé variantě z materiálu PMMA **Artisan** (Ophtec) a **Verisyse** (AMO), viz Obr. 16 a 17. V měkké variantě jsou vyrobeny ze silikonu **Artiflex** (Ophtec) a **Veriflex** (AMO). [6,11]





Obr. 16 Artisan [41]

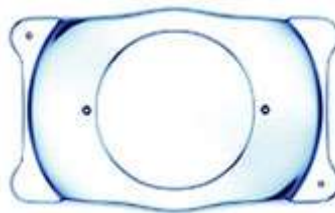


Obr. 17 Verisyse [42]

#### 4.5 Zadněkomorová fakická čočka

Fakické zadněkomorové čočky se umísťují do *sulcus ciliaris*. Optická část FIOI je za zornicí a haptická část velkého průměru naléhá na *sulcus ciliaris* nebo je uložena v zonulárních vláknech, čímž se centruje optická část do optické osy oka. FIOI musí být konstruována tak, aby nedocházelo ke kontaktu s vlastní čírou čočkou, a tím nedošlo k rozvoji katarakty. [6,11]

STAAR, firma která přivedla na trh intraocular contact lens (ICL), dnes vyrábí FIOI **Visian ICL** (viz obr. 18) a **Toric ICL**, jež se využívají pro korekci krátkozrakosti a dalekozrakosti, popřípadě astigmatismu. V Evropě se používá čočka **Medennium** (Cuba vision), která je navržena tak, aby plavala a nedotýkala se struktur oka, ale i u ní se objevilo zakalení pouzdra a luxace do sklivce. Věková hranice u těchto čoček je opět do 40 let. Kontraindikace jsou: mělká přední komora, nízký počet endoteliálních buněk, chronický zánět duhovky, dále pak glaukom a katarakta. Možné komplikace zadněkomorových FIOI jsou optické fenomény, ovalizace zornice, nesprávná centrace a rotace FIOI a vznik komplikované katarakty. [6,11]



Obr. 18 Visian ICL [43]

## 5 Dělení IOL podle tvaru a počtu ohnisek

IOL lze dále dělit dle: tvaru, zakřivení a počtu ohnisek. První tvary IOL byly bikonvexní, později se tvar zjednodušil na plankonvexní (jedna plocha vypuklá, druhá rovná) a to z důvodu vysokých nákladů při výrobě. Pro správné osově zobrazení se čočky implantují vypouklou optickou částí dopředu. Čočku lze vložit i naopak, vypouklou částí dozadu. Tato poloha brání stěhování buněk z pouzdra a degeneraci sklivce. Avšak kvalita zobrazení je nižší. [5,7]

Z hlediska zakřivení lze, podobně jako u brýlí, IOL rozdělit na sférické, asférické a torické. Na rozdíl od sférických jsou **asférické čočky** tenčí s menším zakřivením, indexem lomu pro správné zobrazení a minimální aberací. Vesměs všechny IOL jsou asférické. **Torické čočky** jsou pak určeny pro korekci astigmatismu a jsou citlivé na přesnost centrace. [5]

Podle počtu ohnisek pak dělíme IOL na monofokální (jednoohniskové) a multifokální (víceohniskové). Ohniska udávají, na jakou vzdálenost je čočka určena. Nejvíce se používají **monofokální IOL**. Po vyjmutí zakalené čočky pacient nosí přídatnou korekci v brýlích. Proto se stále více objevují na trhu dvou a více-ohniskové tzv. **multifokální IOL**, pro skupinu lidí nad 40 let tzv. presbyopy. [5]

**Multifokální IOL** je čočka, jež má dvě a více ohnisek, rozdělených do soustředných zón. Je to statický stav, kdy multifokální IOL napodobuje akomodaci.

Multifokální čočky lze rozdělit na dva základní typy a kombinace obou typů. Označují se jako refrakční a difrakční multifokální IOL. Kombinací obou čoček je pak difrakčně-refrakční multifokální IOL. [6]

Existují i multifokální torické IOL pro pacienty s velkým astigmatismem, a to jak refrakční, tak difrakční, jakož i multifokální čočky pro sekundární implantaci místo monofokální čočky. Je možné použít tzv. „piggy back“, to znamená implantaci dvou IOL do zadní komory. [6,11]

Výhodou implantace multifokálních IOL je, že zajišťují dobré vidění do dálky i na blízko. Jejich nevýhodou oproti monofokálním IOL je snížená kontrastní citlivost. Další nevýhodou je zvýšené množství negativních nočních fenoménů, jako je oslnění (glare) či haló efekty kolem světelných zdrojů, které nejvíce vadí při nočním řízení automobilu. Kontraindikací pro implantaci multifokálních čoček je jakékoliv onemocnění

sítnice, monokulus (jedno oko), těžká amblyopie (tupozrakost) a psychické hledisko ve formě velkého očekávání. [5,6,11]

## 5.1 Refrakční multifokální IOL

Pojem refrakční typ IOL znázorňuje povrch soustředných zón v optické části, jenž umožňuje lom paprsku na optickém rozhraní. [6,11]

Dvouohniskové čočky, jež jsou dobrou variantou pro nitrooční korekci presbyopickou a afakickou, se nazývají **bifokální čočky** (viz Obr. 19). Podobně jako u brýlových skel, se skládají ze dvou koncentricky uspořádaných zón. Zóny se liší dioptrickou hodnotou a znázorňují zónu „na blízko“ a zónu „do dálky“. Čočku můžeme taktéž rozdělit do tří částí na horní, středovou a dolní. Typ **Lentis-Mplus** (Oculentis) má středovou část „do dálky“, ale může ji mít i „na blízko“, jak je tomu u čočky **Nuvue** (B&L). Tento typ čočky je závislý na zužování zornice při akomodačním reflexu. [6,11]

Další čočky s více než dvěma zónami jsou čistě multifokální a v jejich názvu není počet zón rozlišen. Čočka **ReZoom** (viz Obr. 20) je vyrobena z hydrofobního akrylátu s PMMA haptikou. Má 5 zón, které se jednotlivě střídají, kde zóna 1, 3, 5 je pro vidění do dálky a zóny 2 a 4 do blízka. Pro vidění na střední vzdálenost slouží přechody mezi zónami. Nevýhodou čočky je její závislost na šířce zornice. Při zúžené zornici (pod 2,5 mm) se pacient dívá pouze zónou na dálku a potřebuje při čtení brýle do blízka. [6,11]

Podobné vlastnosti vykazuje i **Array** (AMO), refrakční multifokální IOL vyrobená z druhé generace silikonových IOL s minimálně pěti optickými zónami. Haptiky jsou z PMMA ve tvaru písmena „C“. Další čočka **Rayner M-Flex** (viz Obr. 21) je vyráběna ve variantách dominantně „na blízko“ a dominantně „do dálky“. Sám klient si vybere podle preferencí. [6,11]



Obr. 19 Bifokální, Lentis Mplus [44]



Obr. 20 Refrakční, ReZoom [45]



Obr. 21 Rayner M-flex [46]

## 5.2 Difrakční multifokální IOL

Principem difrakční multifokální IOL je „schodovitá“ optika, kde se světlo pohybuje v přímce a když se setkává s překážkou, tak na ní vznikne difrakce (ohyb). Na optických částech čočky je možno vidět jemné prohlubeniny a schůdky. U čočky **AcrySoft ReSTOR** (Alcon), viz (Obr. 23) se difrakční zářezy mění postupně, kdy vyšší schody jsou ohniskem pro blízký bod a nižší schůdky pro daleký bod. Vše je regulováno mozkiem prostřednictvím tzv. neuroadaptace, kdy se pacient musí naučit, „jak se má správně dívat“. To může trvat tři měsíce až jeden rok po implantaci. Kvalita vidění je velmi dobrá do dálky i na blízko, avšak na střední vzdálenost je poněkud slabší. To je však možné zlepšit výcvikem. Vidění má minimum rušivých optických fenoménů. [6,11]



Obr. 22 Difrakční IOL [47]



Obr. 23 AcrySoft ReSTOR [48]

## 5.3 Difrakčně - refrakční multifokální IOL

Difrakčně refrakční systém vzniká spojením dvou fyzikálních jevů. Za difrakčně-refrakční čočku lze označit i novou AcrySoft ReSTOR. Dalšími čočkami jsou například **Tecnis Acrylic MF** (AMO) a **Acri.LISY**, přejmenovaná na **AT LISA** (Zeiss), která má velkou škálu možností dioptrií a je nezávislá na šířce zornice. [6,11]

## 6 Moderní trendy v IOL

V této kapitole jsou uvedeny informace o společnostech zabývajících se vývojem a implantací IOL spolu s informacemi o nejmodernějších trendech v oblasti IOL. Jsou zde popsány novinky v oblasti multifokálních IOL, akomodačních a jiných specifických IOL.

V celém světě stoupá zájem o nitrooční operace. Za účelem vývoje nových IOL vznikla řada společností. V Londýně byla 14. července 1966 založena Ridleyem a Choycem společnost zabývající se implantací IOL, s názvem **IIC** (International IntraOcular Implant Club). V USA díky velkému zájmu o implantologii vznikla v roce 1974 společnost **AIOIS** (American Intra Ocular Implant Society). Ta se stala předchůdcem dnešní **ASCRS** (American Society Cataract & Refractive Surgery). V Evropě pak byla založena **EIIC** (European Intraocular Implantlens Council). V těchto společnostech si oftalmo-chirurgové vyměňují poznatky, názory a pořádají kongresy. [6]

V roce 1997 vznikla na českém území **ČSRKCH** (Česká Společnost Refrakční a Kataraktové Chirurgie) v čele s lékařem Pavlem Kuchyňkou, která organizuje kongresy a zveřejňuje každoročně touto formou své objevy. [6]

### 6.1 Trendy u multifokálních IOL

V kapitole o multifokálních čočkách jsou popsány jejich jednotlivé druhy a možnosti aplikace. V této kapitole jsou popsány metody, jak lze multifokální IOL kombinovat a vylepšovat.

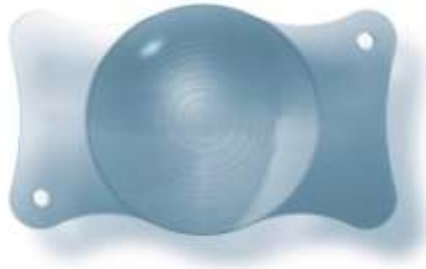
**Éra „Mix match“** je kombinací refrakční a difrakční multifokální čočky, kde operatér použil modifikaci monovision a do jednoho oka vložil multifokální čočku refrakční a do druhého difrakční. Byla kombinována čočka ReZoom s čočkou Tenis Multifocala nebo AcrySof Restor. Někteří pacienti byli s operací spokojeni, nejvíce z řad hypermetropů a presbyopů, přesto některým vadil rozdíl mezi obrazy jednotlivých očí. [6]

**Prémiové čočky firmy Carl Zeiss (Meditec)** jsou multifokální čočky AT LISA a TORBI.

- **IOL AT LISA**, dříve známá jako Acri.LISA. Je bifokální refrakčně-difrakční IOL. Optika je vyrobena z hydrofilního akrylátu s difrakční strukturou, s hladkými

schody. Adice čočky je + 3,75 D pro ideální čtení do blízka. Je dostupná ve čtyřech provedeních jako AT LISA 809 (viz Obr. 24), AT LISA 801, AT LISA 802 a AT LISA toric 909. Jednotlivé varianty se liší tvarem haptik a parametry konstrukce. Je možná i varianta, kdy je čočka žlutá s filtrem, proti modré či fialové složce světla. Pacienti uvádí dobrou zrakovou ostrost do dálky blízka i střední vzdálenost. [6]

- **AT TORBI** je variolou pro korekci rohovkového astigmatismu.



Obr. 24 AT LISA 809M [49]

## 6.2 Akomodační IOL

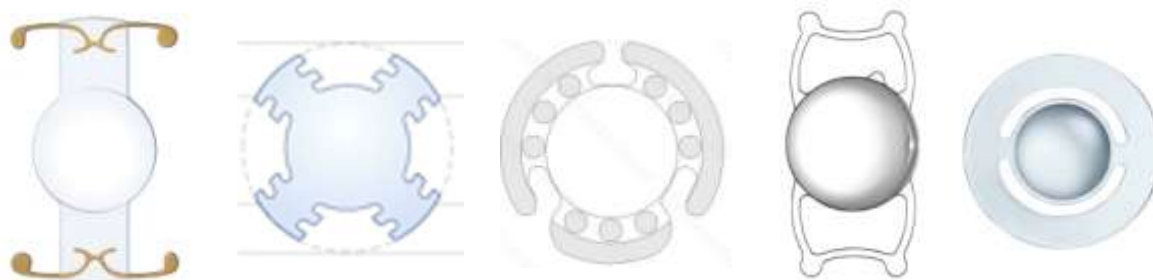
Jak již bylo napsáno výše, IOL se neustále vyvíjejí, zdokonalují a inovují. Za novinku můžeme označit **Akomodující IOL (AIOL)**. Jsou to čočky, jež by měly umožnit oku částečnou akomodaci s dynamickým projevem. Používají se pro pacienty, kteří chtějí precizní vidění bez jakýchkoliv optických fenoménů. Konstrukce akomodačních čoček vychází z teorií o akomodaci, viz výše (Helmholz, Schachara, Coleman). Samotná IOL by měla mít správné dioptrické hodnoty, které se mění v závislosti na akomodačním impulzu a zároveň by se měla posunovat dopředu a dozadu v optické ose. Předpoklady pro implantaci akomodační čočky jsou následující: a) ciliární sval by měl mít zachovány své funkce, b) pouzdro čočky by mělo být zachovalé bez jakýchkoliv usazenin, c) závěsný aparát by měl být taktéž bez poškození a d) správná funkce samotné čočky IOL. [6,11]

Existují dva typy pseudoakomodační čočky. První typ počítá s obnovením akomodační kapacity. V tomto případě se optická část čočky vyklenuje dopředu a dozadu v závislosti na ciliární tělese. Druhý typ je navržen tak, aby doplňoval rohovku a sítnici. [6,11]

V současnosti je akomodační čočka ve fázi experimentální a klinické. Ve fázi klinické se využívají tyto varianty: pseudoakomodační a akomodační IOL.

### 6.2.1 Pseudoakomodační IOL

Pseudoakomodační IOL se skládá z jedné optiky. Konstrukce čoček je navržena s předpokladem posunu předozadní optiky IOL v optické ose. K tomu napomáhají haptiky s konstrukcí ve tvaru talířů. Tato konstrukce při akomodaci spoléhá na ciliární sval a posun sklivce - podle teorie Colemanovy. Do této skupiny patří komerční výrobky: Crystalens, 1CU, BioComFold, Teraflex a Teak-clear (viz Obr. 25). [6]



a) Crystalens [50]      b) 1CU [51]      c) BioComFold [52]      d) Teraflex [53]      e) Tek-clear [54]

Obr. 25 Pseudoakomodační IOL

IOL **Crystalens** (Bausch&Lomb) je navržena jako čočka s deskovitými haptikami z polyamidu, jež jsou přizpůsobeny umístění do vaku vlastní čočky. Zbytek čočky se skládá z jednoho kusu silikonu. Dříve tato čočka měla optiku 4,5 mm, ale při rozšíření zornice vznikaly optické problémy, proto má dnes optiku o velikosti 5 mm. Konstrukteři tohoto typu čočky pracují s myšlenkou, že akomodační úsilí ciliárního svalu má i vliv na tlak sklivce, který zezadu tlačí na čočku, a tím se čočka vyklene optikou část dopředu. Při operaci se dávají do oka dvě kapky atropinu, aby čočka zůstala v zadní části pouzdra. Ultrazvukem bylo zjištěno, že čočka zaznamenává posun o 1 mm, což odpovídá průměrné akomodační změně 1,79 D. Pooperační akomodační rozsah je od 0,75 – 2 D a můžeme jej označit za velmi dostačující. [6,11,26]

**1CU** (HumanOptic) je k dispozici v Evropě, Rusku, Indii, Číně, Mexiku, Japonsku a Singapuru, ne však v USA. Je zhotovena z hydrofilního akrylátu s optickým průměrem 5,5 mm. Výrobce této IOL dokládá, že díky speciálnímu designu a mechanickým vlastnostem se čočka vyklene dopředu pomocí ciliárního svalu. Haptiky, které jsou ohnuty ve tvaru čtverce IOL fixují a zároveň účastní se dynamického procesu. Při centrování této čočky se nevyskytly žádné komplikace a 1CU má dobrou ostrost vidění do dálky. [6,11,26]

**BioComFold** (Morcher) je další IOL, která není k dispozici v USA. Je vyrobena z hydrofilního kopolymeru PMMA a HEMA s optickou částí 5,8 mm. Optická část je připojena do vnějšího kroužku širokými, „děravými“ optikami. Speciální konstrukce umožňuje stlačit použité materiály tak, že IOL ve tvaru prstence reaguje na akomodační úsilí při pohledu do blízka. Pohyb čočky dopředu je maximálně 0.33 mm. [6,11,26]

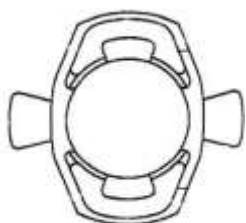
**Tetraflex** je AIOL rozšířená v Evropě, Číně, Austrálii, Taiwanu, Kanadě a Středním východě. Je konstruována z jednoho kusu materiálu hydrofilního akrylátu (HEMA) s optikou 5,75 mm a kvůli možné incidenci zakalení pouzdra má hranaté okraje. Umožňuje celý pohyb pouzdra při akomodaci směrem dopředu. [6,11,26]

**Tek-clear** (Tekia) čočka je vyrobena z hydrofilního akrylátu. Má diskovitý tvar, který umožňuje dobrou centraci a stabilitu v pouzdře. Průměr optiky je 5,5 mm a má ostré hrany stejně jako haptiky, které jsou ve tvaru prstence. Optickou a haptickou část spojují dva můstky, jež umožňují předozadní pohyb. U čočky se neobjevují žádné nežádoucí efekty a její aplikace snižuje nutnost nošení brýlí na čtení. [6,11,26]

### 6.2.2 Akomodující IOL

Akomodující IOL se skládá ze dvou optik, které poskytují řadu možností, jako je například vyplnění celého pouzdra čočky elastickým specifickým materiálem. Další možnost je zkombinovat IOL tak, aby se po implantaci pouzdro tahem za zonulární vlákna deformovalo. Tímto způsobem bylo možno navodit několik desítek dioptrií. To jsou však jenom nepotvrzené spekulace. [6]

V reálných studiích se objevují i duální konstrukce AIOL. Jsou založeny na principu „piggy-back“, při němž dvě implantované IOL (dual optic device) se vzájemně doplňují, čímž se získává vjem vidění do dálky i na blízka. Do této skupiny můžeme zařadit tyto čočky (viz Obr. 26): silikonové **SYNCHRONY** (AMO), **SARFARAZI** (B&L) a **AKKOLENS** (AkkoLens). [6,11,26]



a) Synchrony [55]



b) Sarfarazi [56]



c) Akkolens [57]

Obr. 26 Akomodující IOL



Model čočky **SYNCHRONY** Lens byl schválen roku 2006. Od té doby bylo těchto IOL implantováno kolem 900 kusů. Vlastní IOL má podobu dvou optických komponentů. Přední optika je spočítána z refrakční vady pacienta a zadní optika má + 32 D. Tyto plochy jsou spojeny pružinou jako haptickou strukturou. Čočka se implantuje do pouzdra původní čočky, a proto má zadní část větší zakřivení, což přispívá k její stabilitě. [6,11,26]

IOL s názvem **SARFARAZI** byla vyvinuta v roce 2003 a vyznačuje se přítomností dvou optických ploch a tří haptik. Haptiky spojují elipticky optické plochy tak, aby vyplnily celé pouzdro čočky. Tyto IOL byly implantovány pouze do oka opice a studie o implantaci do lidských očí nejsou známy. [6,11,26]

**AKKOLENS** je takéž akomodační čočka s duální optikou, která je uložena v pouzdře a propojena s ciliárními svaly. Čočky se pohybují přes sebe ze strany na stranu. Pacient vidí do dálky, jestliže jsou optické části IOL za sebou. Na blízko v případě, že se objektivy vzájemně od sebe posunou směrem do stran. [6,26]

Nově vyvíjené AIOL jsou navrhovány pro širší škálu akomodace. Většina modelů je však zatím ve fázi klinického výzkumu. Mezi tyto IOL řadíme **TURTLE**, **NULENS** a **Fluid Vision**.

**TURTLE** je AIOL vložená do pouzdra s dvěma optickými plochami, které rotují v reakci na ciliární sval. Je ve fázi preklinických zkoušek, kdy po implantaci do oka prasete bylo dosaženo 8 D při posmrtné akomodaci. [26]

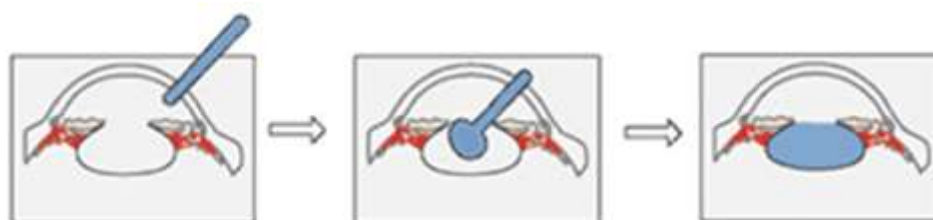
**NULENS** (NuLens) jsou dvě čočky pohybující se proti sobě, implantované do sulku. AIOL je vyrobena z PMMA a uvnitř ze silikonového gelu, který je tlačěn pístem z PMMA. Při vytlačení gelu se vytvoří boule, jež mění svoji lomivost. Vše se odvíjí od kontrakce ciliárního svalu při pohledu do blízka. Tato čočka byla implantovaná i u lidí s VPMD (Věkem podmíněná makulární degenerace) a její výsledky byly subjektivně uspokojující. [6,26]

**Fluid Vision IOL** (Power Vision) je AIOL, která se implantuje do pouzdra čočky při operaci katarakty. Optika i haptiky jsou duté. Princip akomodace spočívá v přelévání tekutiny mezi haptikami za účasti ciliárního svalu. Dochází tak ke zvětšení či zmenšení objemu IOL a tím i ke změnám optické mohutnosti o rozsahu až 10 D. [6,26]

### 6.3 IOL pro malé řezy

Jedním z důležitých kritérií pro správnou implantaci a hojení po operaci oka je malý řez rohovkou. Proto byly vyvinuty IOL, které jsou označovány jako „smart“ či tenké IOL.

**Smart IOI** (Medennium) jsou ve fázi klinického výzkumu. Vyplňuje celé pouzdro čočky dynamickým hydrofobním akrylátem. Čočka se implantuje skrz malý řez v podobě malé tyčky (viz Obr. 27). Při tělesné teplotě se materiál mění v gel, který je schopen napodobovat akomodaci. [6,11]



Obr. 27 Implantace Smart IOL [58]

**Acri Smart** je další malý objekt, který lze vložit do oka malým řezem je Acri Smart (Acri.Tec., GmbH) z Německa. Optická část je z jednoho kusu materiálu a dá se složit do přibližně 1,2 mm. Při implantaci do pouzdra se rozloží a má asi 5 mm velkou optiku. [6,11]

**UltraChoice™ ThinLens**, rolovací čočka, již lze do oka vložit řezem menším jak 2 mm (1,45mm). Je vyrobena z hydrofilního akrylátu. Má ultra tenké rozměry. Optika čočky má 3 až 5 soustředných zón. Každý kousek čočky soustřeďuje paprsek do jednoho místa a tím snižuje vznik aberací. Čtyři haptiky umožňují dobré uchycení ve vaku a možnou pseudoakomodaci. [5,6,11]

### 6.4 Specifické typy IOL

Mezi specifické typy IOL patří ty, jež nelze zařadit do akomodačních či multifokálních čoček. Mají navzájem odlišné vlastnosti i použití. Spojuje je pouze nitrooční implantace. Jsou to méně časté IOL, ale z hlediska vědy patří k pokročilým výrobkům. Lze mezi ně zařadit čočky z hydrogelu WIOL, čočku Calhoun a miniaturní teleskop. Další skupinou jsou přídavné doplňky, stenopeické čočky či adiční intraokulární implantáty (viz Obr. 28).

**WIOL-CF** - jedná se o novou bioanalogickou IOL, jež se snaží co nejvíce přiblížit vlastnostem lidské čočky. Je někdy nazývána jako tzv. „protéza čočky“. Vyrábí se z negativně nabitého hydrogelu s vysokou biokompatibilitou. Umožňuje posun při akomodaci o více než 2 D. Umísťuje se do zadní části pouzdra čočky. Její implantace přináší dobré výsledky co se týká stability vízu (zrakové ostrosti) a nízkého výskytu kalcifikací. [6,11]



Obr. 28 WIOL [59]

**Calhoun** je čočka s pooperačně měnitelnou optikou, tzv. „light adjustable lens“ (LAL). Základ tvoří třídílný silikonový materiál z fotosenzitivních jednotek, které umožňují po operaci měnit všechny její parametry. Je to v principu obyčejná čočka konstruovaná s PMMA haptikami ve tvaru C, která působením UV zářením nabobtná. Proto je nutné po operaci během rekonvalescence a upravování dioptrické síly IOL nosit sluneční brýle s UV absorbéry. [6,11]

**Miniaturní teleskop** (Vision care) je založen na principu Gallieho teleskopu spojeného s dioptrickou silou rohovky. Optika se skládá z přední čočky a zadního minusového objektivu. Obě části jsou odděleny bublinou vzduchu. Optické komponenty dalekohledu jsou vyrobeny ze skla. Zvětšení objektů může být až 3 x ze vzdálenosti 50 cm. Rozdíl v indexu lomu čoček a vzduch zvyšuje sílu zvětšení dalekohledu. Nosné zařízení se skládá z čirého nosiče. Vše je navrženo tak, aby byl volný prostor přibližně 2,0 až 2,5 mm od očního endotelu. Teleskop je implantován do jednoho oka ke zlepšení centrálního vidění. Druhé oko nadále poskytuje periferní vidění. Teleskop zlepšuje každodenní činnosti. Číst se může pomocí standardních brýlí, aby byl zvětšený obraz na sítnici zaměřen. Pacient s miniaturním implantátem by měl být schopen skenovat zorné pole pro čtení prostřednictvím přirozených očních pohybů, protože zařízení je umístěno v celém v oku. [11]



Obr. 29 Miniaturní teleskop [60]

**Stenopeické čočky** (Ophtec) jsou další skupinou specifických IOL. Označují se jako kosmetické či terapeutické implantáty, které se vkládají před duhovku. Jsou to estetické čočky, jež jsou využívány při ztrátě duhovky nebo její části, či při trvale rozšířené zornici. Nejčastější materiál, z něhož se tato čočka vyrábí, je PMMA. Avšak poslední dobou se vyrábějí čočky i z měkkých materiálů. Barva čočky bývá většinou černá (Obr. 30 a). Čočku lze fixovat do sulku nebo na duhovku. Periferie čočky je zbarvena, střed čočky je transparentní a dioptricky průchozí. Pro vložení stenopeické čočky je potřeba větší řez a zpravidla se aplikují zároveň s operací katarakty. Frekvence použití nitroočních stenopeických čoček v populaci je velice nízká. [6,11]

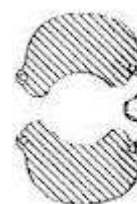
**Adiční intraokulární implantáty** - tuto skupinu implantátů lze označit za nedioptickou a používá se k estetickým a terapeutickým účelům. Mezi ně patří **okluzní implantáty**. Jsou to přechodné implantáty černé barvy pro odstranění amblyopie (tupožrakost). Implantáty se vkládají do zadní části pouzdra. **Duhovkové membrány a stenopeické segmenty** se využívají v kombinaci s dioptrickou IOL. Mohou být v různých barvách, našívají se na zbytky duhovky z estetického důvodu, jako doplněk části duhovky. Další důvod je regulace světla při vstupu do oka. **Distenzní kapsulární kroužek** je varianta prevence před sekundární kataraktou a také slouží pro krytí duhovkových defektů. Kroužek se implantuje do pouzdra čočky. **Kapsulární fixační implantát se sklerálním závěsem** je určený pro dislokovanou čočku. [6,11]



a) Stenopeická IOL



b) Stenopeický kroužek



c) Duhovkový segment

Obr. 30 Stenopeické čočky a implantáty [61]

## 7 Důvody aplikace IOL

Nejčastější důvod aplikace IOL je onemocnění čočky – katarakta. Toto onemocnění se rozděluje na několik skupin podle umístění a příčin. Existují i jiná onemocnění čočky, která se dají řešit prostřednictvím IOL. Patologie čočky můžeme rozdělit na vrozené a získané, a to z pohledu změny velikosti, polohy či tvaru čočky.

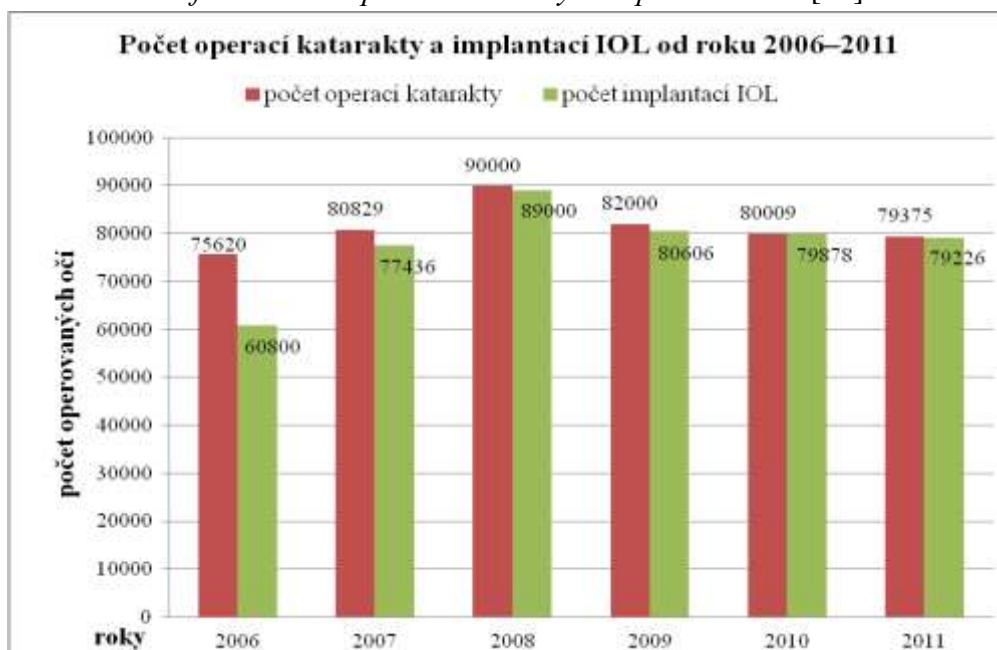
### 7.1 Katarakta

Katarakta neboli šedý zákal je nejčastějším onemocněním čočky (viz Obr. 31). Pokud není tato vada včas odoperována, může způsobit slepotu. Můžeme ji klasifikovat podle a) části, která je zakalená, b) podle věku, kdy se objevuje c) podle příčin vzniku a pak na získanou a vrozenou. Nejčastěji to bývá po šesté dekádě života. Jediným způsobem, jak vidění zachránit, je přirozenou čočku extrahovat a implantovat místo ní některou z IOL. Rozhodnutí pro implantaci IOL se v dnešní době stává běžným postupem léčby katarakty (viz graf č. 1). [5,22,23,24]



Obr. 31 Katarakta [62]

Graf č. 1 Počet operací katarakty a implantací IOL [28]



*a) Rozdělení podle postižené části čočky:*

### **Kortikální katarakta**

Jedná se o zakalení přední nebo zadní části kůry čočky. V kortexu se tvoří vakuoly z hydratovaných vláken čočky díky iontové nerovnováze. Vakuoly splývají v klínovité zakalení v periférii čočky. Při tomto typu katarakty se nejčastěji projevují příznaky oslnění při jízdě za tmy a zhoršení vidění v periférii a centrální vidění je dlouho zachováno. Často je tento typ diagnostikován u pacientů trpících cukrovkou. Vidění se zhorší jak do dálky, tak do blízka. [22,23,24]

### **Nukleární katarakta**

Název je odvozen od slova nukleus, jde o zakalení jádra čočky. Jedná se o fyziologický proces stárnutí čočky, kdy se jádro stává nejprve tuhé a později nepropustné pro paprsky světla do sítnice. Projevuje se myopizací oka, což působí potíže při pohledu do dálky, ale paradoxně do blízka postižený může číst bez brýlí. Dalšími projevy nukleární katarakty mohou být porucha barvocitu v modré a žluté barvě, porucha vidění v centrální části a monokulární diplopie. [22,23,24]

### **Subkapsulární katarakta**

Podle výskytu lze subkapsulární kataraktu rozdělit na zadní a přední podle toho, ve které části pouzdra se nachází. Je charakteristická vakuolami v centru, jež mohou být příčinou užívání kortikosteroidů, následkem úrazu nebo záření. Projevuje se poklesem vidění na blízko. Vyskytuje se i u mladších pacientů. [22,23,24]

*b) Rozdělení podle věku:*

### **Senilní katarakta – věkem podmíněná**

Vyskytuje se u 60 % populace v 65 letech a u 70 letých je tento výskyt až 70%. Způsobují ji multifaktoriální změny, jako jsou chemické změny proteinů spojené s tvorbou pigmentace, kdy se jádro čočky zbarvuje do žluté až hnědé barvy. Nebo vyšší koncentrace sodíku a vápníku, která zvyšuje hydrataci čočky. Další faktor, podílející se na kataraktě, je nižší koncentrace draslíku a glutationu. Tím jsou způsobeny změny velikosti a nárůst předozadní délky čočky. Ta se stává těžší a snižuje se její akomodační schopnost. [22,23,24]

## **Vrozená katarakta a katarakta dětského věku.**

S **vrozenou kataraktou** se dítě narodí. Způsobuje jí rubeola (zarděnky) matky v těhotenství. Tato katarakta je příčinou amblyopie (tupožrakosti), a proto je nutné, aby byla operována co nejdříve. **Katarakta dětského věku** je získaná a objevuje se až v prvním roku života. Tato katarakta nepředstavuje tak velké riziko jako amblyopie, a proto se s operací může počkat až do dospělosti. Důvodem je stanovení správné kalkulace a správný výběr IOL. [23,24]

*c) Rozdělení podle příčiny vzniku:*

### **Komplikovaná katarakta**

Tato oční vada se přidružuje k jiným celkovým nebo očním chorobám. Může být způsobena užíváním léků, úrazy či zářením. Objevuje se při zánětech žilnatky (uveitidy), u akutního glaukomu, při odchlípnuté sítnici či její pigmentové degeneraci. Může se projevovat u celkových onemocnění, jako je například *diabetes mellitus*, *Downův syndrom*, *atopické dermatitidy* a *galaktozémie* (vrozené poruchy enzymů pro tvorbu glukózy). Dlouhodobým užíváním léků, jako jsou steroidy, miotika (léky na snížení nitroočního tlaku), Amiodaron, Pilocarpin (oční kapky), může vzniknout katarakta. Dalšími rizikovými faktory pro vznik katarakty jsou UV, ionizující a rentgenové záření, kouření atd. [4,5,22,23]

**Sekundární katarakta** je nejčastější komplikace IOL, která je způsobena reakcí materiálu IOL se zbytkem čočkových buněk. Jde o znovuzakalení pouzdra způsobené proliferací epitelových buněk v pouzdře čočky. Sekundární katarakta se odstraňuje Nd: YAG Laserem. [4,5,24]

### **Traumatická katarakta**

Je způsobena poraněním čočky při úrazu. Jsou to veškeré tupé úrazy oka, kdy je čočka dislokovaná nebo luxovaná, při poranění nebo proniknutí cizího předmětu do oka. Představuje rovněž velké riziko veškerých operací, kdy se čočka dotýká jiných struktur oka, čímž vznikají na čočce mikrodefekty. Rovněž zásah elektrickým proudem může způsobit tvorbu usazenin a vakuol v přední části kůry, které většinou celou čočku zakalí. [4,5,23,24,25]

## 7.2 Jiná onemocnění čočky

Onemocnění čočky mohou být zapříčiněna změnou tvaru nebo velikosti samotné čočky. Některá z nich mohou být v kombinaci s kataraktou a poté je nutná extrakce čočky a implantace IOL. Jiné nevyžadují chirurgický zákrok.

### Vrozené vady [23,24,27]

- *Vrozená afakie* – je velmi vzácná absence čočky v oku. Vzniká při chybném vývoji oka.
- *Kolobomem* čočky rozumíme absenci nějaké části čočky. Nejčastěji se tento nedostatek nachází v dolním kvadrantu. Současně se objevuje i defekt závěsného aparátu.
- *Mikroafakie* a *sféroafakie* jsou onemocnění, kdy se čočka v oku nachází, ale je menší nebo více kulovitá. Tato vada se většinou vyskytuje u obou očí, a má za následek i glaukom z důvodu uzavření komorového úhlu.
- *Lentikonus* se projevuje kuželovitým vyklenutím předního či zadního pouzdra čočky.

### Získané vady

Vady získané během života se mohou objevit po jakémkoliv úrazu či operaci. *Afakie* je stav oka bez čočky. V dřívější době se operace katarakty řešila pouze odstraněním čočky. Oko zůstalo bez čočky tzv. afakické. Tato ztráta se kompenzovala brýlemi o síle +10 D, které však na druhé straně omezovaly zorné pole. Na čtení se používaly brýle až +14 D, protože chyběla schopnost akomodace. Afakii lze korigovat i kontaktními čočkami, v nejlepším případě sekundárně implantovanou IOL. [23,24,27]

Nesprávné postavení čočky, neboli ektopie, je vrozené nebo posttraumatické. *Ektopie* je stav, kdy čočka změnila svoji přirozenou polohu a nastává tzv. dislokace. Hovoříme o subluxované a luxované čočce. Tyto stavy nacházíme u různých onemocnění, syndromů a mohou rovněž vznikat následkem úrazu nebo operace. [23,24,27]



### 7.3 Refrakční vady a IOL

V kapitolách výše uvedených jsou přehledně uvedeny a popsány různé typy IOL, které se používají v refrakční nitrooční chirurgii. Prostřednictvím IOL lze korigovat refrakční vady oka, jako je hypermetropie, myopie, astigmatismus a presbyopie.

**Hypermetropie** (dalekozrakost) je způsobena malou předozadní délkou oka. Paprsky, jež vstupují do oka, se sbíhají za sítnicí. U této vady se projevuje nadměrná akomodace, přičemž pacient nemusí vnímat žádnou subjektivní změnu s korekcí a bez korekce, avšak korekce uvolní akomodaci a oko je méně namáháno. Hypermetropie se koriguje „plusovými čočkami“ neboli spojkou. U této vady je možné implantovat fakické IOL, obvykle do 40 let věku pacienta.

**Myopie** (krátkozrakost) je vada, při které je axiální rozměr oka delší. Proto se paprsky setkávají před sítnicí. Je potřeba tyto paprsky dostat na sítnici a to pomocí „minusové čočky“ neboli rozptylky. Taktéž se implantuje FIOL.

**Astigmatismus** označujeme jako stav oka nestejně optické mohutnosti. Připojuje se ke všem ostatním refrakčním vadám. Pro korekci se předepisují cylindrická skla, tzv. torická. Torická varianta IOL slouží pro korekci všech vad spojených s astigmatismem.

**Presbyopie** (vetchozrakost) již byla zmiňována jako fyziologická ztráta akomodace během stárnutí, kdy je potřeba korekce na čtení do blízka. Pro tuto vadu jsou uzpůsobeny multifokální a akomodační IOL. Běžně se implantují i monofokální, u nichž pacient využívá brýlové korekce.

## 7.4 Vyšetřovací metody k diagnostice zakalené čočky

Vyšetření stavu naturální čočky v oku může být prováděno různými způsoby pomocí vybavení, které by každý oftalmolog či optometrista měl mít k dispozici. První vyšetření čočky se děje již po porodu, kdy se sleduje červený reflex na čočce novorozence oftalmoskopem. Jde o jednoduchý, ale zároveň jasný ukazatel vady v oku. S dalšími přístroji se setkávají pacienti v ordinacích. Jeden ze základních přístrojů na diagnostiku šedého zákalu je šterbinová lampa.

Vyšetření čočky lékaři provádí v artifiální mydriáze uměle vytvořené vkapáním lokálních mydriatik. Při difuzním osvětlení je čočka čirá, u starých osob zašedlá. Jednotlivé vrstvy čočky jsou sledovány pod tenkým svazkem paprsku příčným nebo paralelní řezem. Po vyšetření čočky a stanovení jejího stavu se zhodnotí i stav sítnice vzhledem k přítomnosti degenerací a možnosti jejího odchlípení. Zakalení čočky lze odhalit pomocí fundus kamery, kdy se při vyfocení obrazu nezobrazí čitelný obraz sítnice. [22,23]

Důležitým ukazatelem zakalení čočky je pokles vízu či náhlá změna refrakce, pokles kontrastní citlivosti a chyba v akomodaci.

## Závěr

Bakalářská práce se zabývá problematikou nitroočních čoček (IOL). Práce je koncipována tak, aby srozumitelně obsáhla problematiku IOL a je určena jak pro optometry, tak i pro zájemce z řad laické veřejnosti, například budoucí pacienti.

Práce nejprve popisuje anatomii čočky, která je klíčem pro pochopení možného místa aplikace IOL či porozumění funkce čočky ve smyslu její akomodace. V dalších kapitolách se bakalářská práce zabývá historií IOL, vhodnými materiály, z nichž jsou IOL vyrobeny a specifikacemi typů či druhů IOL. V kapitole „Moderní trendy“ jsou zmíněny akomodační, premiérové, malé či specifické čočky a jejich užití. V poslední kapitole se práce soustřeďuje na patologie čočky, které mohou být řešeny implantací IOL. V závěrečné části práce se nacházejí dvě přílohy týkající se vybraných očních pracovišť s orientačními cenami (Příloha 1) a vybraných výrobců IOL (Příloha 2).

Celá tato zajímavá problematika je hodnocena a diskutována z různých hledisek. Z literární studie předložené v bakalářské práci jednoznačně vyplývá, že v dnešní době jsou nitrooční zásahy běžnou praxí. Implantace IOL se řadí k běžným operativním úkonům. Protože vědecký pokrok materiálové technologii je v neustálém vývoji, rovněž IOL prodělávají vývoj týkající se použití nových příznivějších materiálů, konstrukčních principů či jejich celkového zlepšení. Smyslem nových trendů a inovací v této oblasti je zdokonalení vidění pacienta po kataraktě, která patří k nejčastějším onemocněním očí.

Závěrem bych si dovolila jeden citát, který evokuje problematiku šedého zákalu:

*„ Ono totiž není šedých dnů, které bují svou všedností. To jsou jenom unavené oči, které nechtějí vidět jejich svátečnost. “ – Jan Werich.*

## 8 Seznam použité literatury

- [1] KVAPILÍKOVÁ, K. *Anatomie a embryologie oka*. Brno: Idvzp v Brně 2000. 206 s. ISBN 80-7013-313-9.
- [2] SYNEK, Svatopluk a SKORKOVSKÁ, Šárka. *Fyziologie oka a vidění*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing, 2004. 93 s. ISBN 80-247-0786-1.
- [3] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. 3. Vyd. 1. Praha: Grada, 1997. 655 s. ISBN 80-7169-140-2.
- [4] ROZSÍVAL, Pavel aj. *Oční lékařství*. 1. vyd. Praha: Galén, ©2006. 373 s. ISBN 80-7262-404-0.
- [5] KUČHYNKA, P. a kol. *Oční lékařství*. Praha: Grada Publishing, 2007. 768 s. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [6] MAŠEK, Petr, PAŠTA, Jiří a BŘEŠŤÁK, Miroslav. *60 let nitrooční čočky*. 1. vyd. Hradec Králové: Nucleus HK, 2010. 130 s. Oftalmologie. ISBN 978-80-87009-73-4.
- [7] NOVÁK, Jan. *Nitrooční čočka - cizí těleso v oku*. 1. vyd. Praha: Galén, 1999. 133 s. Alma mater; sv. 6. ISBN 80-85824-97-3.
- [8] GARG, Ashok. FINE, I Howard. aj. *Mastering the Art of Bimanual Miroincision Phaco (Phakonit/MICS)*. India: JAYPEE, ©2005 ISBN 81-8061-542-1 [on-line] [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://books.google.cz>.
- [9] BAIKOFF, Georges. *Cataract & Refractive Surgery TodayEurope* [on-line]. ©2007 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z : <http://bmctoday.net>.
- [10] JONGEBLOED, W.L. et al. *New material for low-cost intraocular lenses*. *Biomaterials*, vol. 15, 1995, no. 10, page 766 – 773.
- [11] DAVISON, James A., KLEINMANN, Guy., APPLE, David J. *Duane's Ophthalmology* [on-line]. ©2006 [cit. 2012-24-11]. Dostupné z : <http://www.oculist.net>.
- [12] MLEZIVA, Josef. *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 1. vyd. Praha: Sobotáles, 1993. 525 s. ISBN 80-901570-4-1.
- [13] Mohammad H Nowroozzadeh. *Severe capsulorhexis contraction two weeks following acrylic lens insertion*. *Clinical and Experimental Optometry* vol. 91, 2008, no. 5, page 485 – 486.

- [14] IOANNIS TSINOPOULOS, et al. *Capsule contraction syndrome in eight cases of hydrophobic one-piece intraocular lens implantation*. Clinical and Experimental Optometry vol. 91, 2008, no. 5, page 469 – 472.
- [15] James S Wolffsohn, Leon N Davies. *Intraocular lenses in the 21st Century*. Clinical and Experimental Optometry vol. 93, 2010, no. 6, page 377 –378.
- [16] Ioannis T Tsinopoulos, et al. *Bilateral manifestation of severe anterior capsule contraction syndrome after implantation of a preloaded intraocular lens*. Clinical and Experimental Optometry vol. 92, 2009, no. 6, page 503 –504.
- [17] JONGEBLOED, W.L. et al. *New material for low-cost intraocular lenses*. Biomaterials, vol. 15, 1995, no. 10, page 766 – 773.
- [18] SEWARD,H.C. *Folding intraocular lenses: materials and methods*. British Journal of Ophthalmology, vol 81, 1997, page 340-341.
- [19] DAVISON, James. A. *Achieving Best Visual Outcomes with a Monofocal Intraocular Lens*. US Ophthalmic Review, vol.4, 2011, no.1, page 30-37.
- [20] PLUHÁČEK, F. *Základní vyšetření BV a akomodace – výukové materiály k předmětu Korekce zraku I*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2010.
- [21] ÚVN - Ústřední vojenská nemocnice. *Refrakční a laserové centrum* [on-line]. ©2005 [cit. 2013-24-1]. Dostupné z: <http://www.epilasik.cz>.
- [22] KRAUS, Hanuš a kol. *Kompendium očního lékařství*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing, 1999 dotisk. 341 s., obr. příl. ISBN 80-7169-079-1.
- [23] HYCL, Josef a TRYBUČKOVÁ, Lucie. *Atlas oftalmologie*. 2. vyd. V Praze: Triton, 2008. 239 s. ISBN 978-80-7387-160-4.
- [24] JIRKOVSKÁ, B. *Čočka – výukový materiál k předmětu Oftalmologická klinika, Oční klinika v Olomouci*, Olomouc, 2013.
- [25] HYCL, Josef. *Šedý zákal: informace pro pacienty*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2000. 15 s. ISBN 80-7254-071-8.
- [26] SHEPPARD, Amy. L. et al., *Accommodating intraocular lenses: a review of design concepts, usage and assessment methods*. Clinical and Experimental Optometry, vol. 93, 2010, no. 6, page 441 – 452.
- [27] CHARVÁTOVÁ, K. *Afakie a její korekce: bakalářská práce*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 2008.

[28] *Mezinárodní kongres České společnosti refrakční a kataraktové chirurgie: sborník abstrakt*, Česká společnost refrakční a kataraktové chirurgie. Mezinárodní kongres. Praha: Česká společnost refrakční a kataraktové chirurgie, [2006–2011].

### **Seznam použitých obrázků**

[29] Anatomie Oka, [on-line]. [cit. 2012-11-8]. Dostupné z: <http://leccos.hostuju.cz>.

[30] Anatomie čočky, JIRKOVSKÁ, B. *Čočka – výukový materiál k předmětu Oftalmologická klinika, Oční klinika v Olomouci*, Olomouc, 2013.

[31] Švy čočky, [on-line]. [cit. 2012-11-8]. Dostupné z: <http://apocd.astronomie.cz>.

[32] Harold Ridley, [on-line]. [cit. 2013-1-11]. Dostupné z: <http://3.bp.blogspot.com>.

[33] Pamětní deska v Londýně, [on-line]. [cit. 2013-1-11]. Dostupné z: <http://upload.wikimedia.org>.

[34] Jan Vanýsek, [on-line]. [cit. 2013-1-11]. Dostupné z: <http://www.muni.cz>.

[35] Tvar Haptik, Petr, PAŠTA, Jiří a BŘEŠŤÁK, Miroslav. *60 let nitrooční čočky*. 1. vyd. Hradec Králové: Nucleus HK, 2010. 130 s. Oftalmologie. ISBN 978-80-87009-73-4.

[36] Předněkomorová IOL [on-line]. [cit. 2013-3-19]. Dostupné z: <http://www.tanaocniklinika.cz>.

[37] Fixace za duhovku [on-line]. [cit. 2013-4-29]. Dostupné z: <http://www.oculist.net>.

[38] Implantace IOL do pouzdra čočky s fakoemulzifikací, [on-line]. [cit. 2013-3-19]. Dostupné z: <http://cz.alcon.com>.

[39] Kelmanův duet, [on-line]. [cit. 2013-2-5]. Dostupné z: <http://www.ophtalmologymanagement.com>.

[40] Acrysof Cachet, [on-line]. [cit. 2013-2-5]. Dostupné z: <http://www.acrysofcachet.ca>.

[41] Artisan, [on-line]. [cit. 2013-3-19]. Dostupné z: <http://www.ophtec.com>.

[42] Verisyse, [on-line]. [cit. 2013-3-19]. Dostupné z: <http://www.amo-inc.com>.

[43] Visian ICL, [on-line]. [cit. 2013-3-19]. Dostupné z: <http://visianinfo.com>.

[44] Lentis mplus, [on-line]. [cit. 2013-3-19]. Dostupné z: <http://www.topcon-medical.eu>.

[45] Refrakční IOL, [on-line]. [cit. 2013-3-19]. Dostupné z: <http://www.rustoneyeinstitute.com>.

[46] Raynermflex, [on-line]. [cit. 2013-3-19]. Dostupné z: <http://www.oftalco.rs>.

[47] Difrakční IOL, [on-line]. [cit. 2013-3-23]. Dostupné z: <http://www.tecnismultifocal.com>.

- [48] Acrysoft, [on-line]. [cit. 2013-3-23]. Dostupné z: <http://www.stmichaelseye.com>.
- [49] AT LISA, [on-line]. [cit. 2013-3-23]. Dostupné z: <http://www.opli.net>.
- [50] Crystalens, [on-line]. [cit. 2013-4-9]. Dostupné z:  
<http://www.opthalmologymanagement.com>.
- [51] 1CU, [on-line]. [cit. 2013-4-1]. Dostupné z: <http://www.healio.com>.
- [52] BioComFold, [on-line]. [cit. 2013-4-1]. Dostupné z: <http://www.aao.org>.
- [53] Tetraflex, [on-line]. [cit. 2013-3-30]. Dostupné z: <http://iqmedical.com.au>.
- [54] Tek clear, [on-line]. [cit. 2013-4-9]. Dostupné z: <http://iol.myportal.de>.
- [55] Synchrony, [on-line]. [cit. 2013-4-3]. Dostupné z: <http://ars.els-cdn.com>.
- [56] Sarfarazi, [on-line]. [cit. 2013-4-3]. Dostupné z: <http://www.strutpatent.com>.
- [57] Akkolens, [on-line]. [cit. 2013-4-1]. Dostupné z:  
<http://patentimages.storage.googleapis.com>.
- [58] Implantace Smart IOL, [on-line]. [cit. 2013-4-1]. Dostupné z:  
<http://media.opthalmologyweb.com>.
- [59] WIOL, [on-line]. [cit. 2013-4-1]. Dostupné z: <http://www.wiols.com>.
- [60] Miniaturní teleskop, [on-line]. [cit. 2013-4-29]. Dostupné z: <http://www.oculist.net>.
- [61] Stenopeické čočky a implantáty, [on-line]. [cit. 2013-4-2]. Dostupné z:  
<http://ars.els-cdn.com>.
- [62] Katarakta, [on-line]. [cit. 2013-3-19]. Dostupné z: <http://i.iinfo.cz>.
- [63] UP - logo, [on-line]. [cit. 2013-3-20]. Dostupné z: <http://files.disputatio-historica.webnode.cz>.





## **Přílohy**

## Příloha č. 1

### Seznam vybraných pracovišť s možností implantace IOL

V České republice existuje kolem 65 pracovišť (ČSRKCH 2012), které se specializují na operace katarakty a s tím i spojenou implantací IOL. Tabulka obsahuje město a název vybraného pracoviště, dále typy IOL, ceny operace a odkazy pro další informace. Operaci katarakty, při níž se implantuje monofokální IOL, hradí pojišťovna, pacient si doplácí nadstandardní IOL.

Město	Název pracoviště	Typ IOL	Specifika	Cena za jedno oko/ Kč	Odkaz
Brno	Neovize	monofokální	fakická	38 000	<a href="http://www.neovize.cz">http://www.neovize.cz</a>
			torická	38 000	
		multifokální		29 600	
			torická	39 000	
Olomouc	Fakultní nemocnice	monofokální		3 090	<a href="http://www.fnol.cz">http://www.fnol.cz</a>
			fakická	25 000	
		multifokální		14 784	
Olomouc	Tana	monofokální		2 500–6 500	<a href="http://www.tana-oc.cz">http://www.tana-oc.cz</a>
			torická	8 000	
		multifokální		20 000	
			torická	29 000	
Ostrava	Lexum	monofokální		3 500–6 900	<a href="http://www.lexum.cz">http://www.lexum.cz</a>
			torická	11 000–19 000	
		multifokální		14 900–25 000	
			torická	26 000–34 000	
		akomodační		28 000–38 000	
Pardubice	Oční centrum	monofokální		10 500	<a href="http://www.ocni-centrum.eu">http://www.ocni-centrum.eu</a>
		multifokální		28 000–38 000	
Zlín, Praha, Brno, Ostrava	Gemini	monofokální		30 000	<a href="http://www.gemini.cz">http://www.gemini.cz</a>
			fakická	30 000	
		multifokální		25 000	
Zlín	Oční klinika	monofokální		5 000	<a href="http://www.klinikazlin.cz">http://www.klinikazlin.cz</a>
			torická	12 000	
		multifokální		21 500	
			torická	26 000	

Ceny převzaty v dubnu 2013

## **Příloha č. 2**

### **Seznam vybraných výrobců IOL**

Výrobci mohou vyrábět IOL z různého materiálu a taky za různým účelem. Na výrobu IOL se specializuje mnoho firem, v práci jsou uvedeny pouze některé. Nejvíce firem pochází z USA, Německa, Nizozemska, Švýcarska. I v České republice se vyrábějí IOL.

#### **AMO - Abbott Medical Optics (USA-Kalifornie)**

Firma se zabývá refrakční podporou odborníků v oblasti kontaktních čoček a jejich příslušenstvím, moderními technologiemi laserů (LASIK) a v kataraktové chirurgii poskytuje vybavení a nitrooční čočky.

*<http://www.amo-inc.com/>*

#### **Alcon (USA-Texas)**

Specializuje se na výzkum a vývoj léčby zrakových onemocnění. Zároveň je předním celosvětovým výrobcem výrobků oční péče.

Firma nabízející širokou paletu v oblasti péče o zrak. V chirurgické sféře se zaměřuje na technologie a zařízení na léčbu šedého a zeleného zákalu, choroby sítnice a refrakční chirurgii. V oblasti šedého zákalu nabízí pokročilé technologie nitroočních čoček. Společnost se zabývá i farmaceutickým stavem po stránce léčby očních onemocnění. Dodává vše od kapek na léčbu glaukomu po protizánětlivé a protiinfekční léčiva, stejně jako léky na bolest po očních operacích. Jednoduchými produkty této firmy jsou kapky na zvlhčování očí nebo oční vitamíny. Poslední složkou, na niž se firma Alcon v integraci s CUBAVision specializuje, jsou kontaktní čočky a péče o ně.

*<http://www.alcon.com>*

#### **Bauch and Lomb (USA-Kalifornie)**

Firma zabývající se farmaceutickým průmyslem především v oftalmologii, dále se specializuje na výrobu kontaktních čoček a jejich příslušenství. V poslední řadě se specializuje na výrobu přístrojů do očních ordinací i přístroje, nástroje a komponenty pro chirurgické operace: mikrochirurgické nástroje, laserové systémy, šicí a viskoelastické materiály, diagnostické přístroje, nitrooční čočky a další.

*<http://www.bausch.com>*

## **Příloha č. 2**

### **Carl Zeiss (Německo)**

Velmi dobře známá optická firma a výrobce brýlových čoček. Taktéž se firma specializuje na veškerá příslušenství do oftalmologických ordinací i operačních sálů včetně nitroočních čoček. Podílí se na také na řadě základních a aplikovaných výzkumech.

*<http://meditec.zeiss.com>*

### **Erilens s.r.o (Česká Republika)**

Společnost zabývající se výrobou lokomočních pomůcek a zdravotnického materiálu. Specializují se na dlahy, berle, francouzské hole a různými dalšími pomůckami a dokonce i nitrooční čočky.

*<http://www.erilens.cz>*

### **Morcher (Německo)**

Německá společnost zabývající se produkty pro oční chirurgii a výrobou kontaktních čoček. Specializují a podílejí se na výrobě mnoha modelů nitroočních čoček.

*<http://www.morcher.com>*

### **Ophtec (Nizozemsko)**

OPHTEC je soukromým výrobcem zdravotnických prostředků, který poskytuje inovativní a jedinečné patentované a vysoce kvalitní objevy nitroočních čoček a kompletní sortiment zařízení pro oční chirurgii. Specializují se na zařízení a materiály pro operace šedého zákalu, refrakční chirurgii a úrazovou chirurgii. Hlavní část výrobků jsou nitrooční čočky.

*<http://www.ophtec.com>*

### **STAAR Surgical (USA-Kalifornie)**

Chirurgická společnost zabývající se technologiemi spojenými s očním viděním. Specializují se chirurgickou korekcí červených očí, problematiku glaukomu a také mají patentován Collamer materiál pro výrobu nitroočních čoček.

*<http://www.staar.com>*