

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ  
PRÁCE**

**2018**

**TEREZA  
STAŇKOVÁ**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra přírodovědných oborů**

**Vliv předchozí operace katarakty na hustotu endotelu rohovky u zemřelých  
dárců rohovkové tkáně**

**The effect of previous cataract surgery on corneal endothelial cell density in  
donor corneas**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

**Autor bakalářské práce: Tereza Staňková**

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jakub Král

Konzultant bakalářské práce: doc. MUDr. Pavel Studený, Ph.D., MHA

---

**Kladno 2018**

Katedra přírodovědných oborů

Akademický rok: 2017/2018

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tereza Staňková**  
Obor: Optika a optometrie  
Téma: **Vliv předchozí operace katarakty na hustotu endotelu rohovky u zemřelých dárců rohovkové tkáně**  
Téma anglicky: The effect of previous cataract surgery on corneal endothelial cell density in donor corneas

### Zásady pro vypracování:

Vzhledem k tomu, že četnost předchozí operace katarakty u zemřelých dárců rohovky významně stoupá, je často nezbytné používat i tyto tkáně. Přestože operace katarakty představuje teoreticky zátěž pro rohovkový endotel, přesný vliv na hustotu endotelu a případná zvýšená rizika pro použití takovéto tkáně v transplantační medicíně není znám. Studentka zpracuje rešerši dosud publikovaných výsledků na toto téma. Následně retrospektivně statisticky zpracuje parametry tkání zpracovaných v Oční tkáňové bance FNKV, vyhodnotí hustotu endotelu u dárců po operaci katarakty, případně zjistí procento komplikací v průběhu přípravy a samotné transplantace. Tyto výsledky porovná s výsledky v odpovídajících věkových skupinách dárců bez předchozího nitroočního zákroku.

### Seznam odborné literatury:

- [1] KWON, J.W., CHO, K.J., KIM, H.K., LEE, J.K., GORE, P.K., MCCARTNEY, M.D., CHUCK, R.S., Analyses of Factors Affecting Endothelial Cell Density in an Eye Bank Corneal Donor Database, *Cornea*, ročník 35, číslo 9, 2016, pp. 1206-10
- [2] TANG, Y., CHEN, X., ZHANG, X., TANG, Q., LIU, S., YAO, K., Clinical evaluation of corneal changes after phacoemulsification in diabetic and non-diabetic cataract patients, a systematic review and meta-analysis, *Scientific Reports*, ročník 26, číslo 7, 2017, No. 14128
- [3] REUSCHEL, A., BOGATSCH, H., OERTEL, N., WIEDEMANN, R., Influence of anterior chamber depth, anterior chamber volume, axial length, and lens density on postoperative endothelial cell loss, *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, ročník 253, číslo 5, 2015, pp. 745-752

Zadání platné do: 20.09.2019  
Vedoucí: Mgr. Jakub Král  
Konzultant: MUDr. Pavel Studený, Ph.D.

vedoucí katedry / pracoviště

děkan

V Kladně dne 19.02.2018

**Název bakalářské práce:** Vliv předchozí operace katarakty na hustotu endotelu rohovky u zemřelých dárců rohovkové tkáně

**Abstrakt:**

Tato práce se zabývá vlivem operace katarakty na hustotu endotelových buněk rohovky. V teoretické části je stručně popsána anatomie a fyziologie rohovky a její základní parametry. V práci je dále zmíněná operace katarakty. Nejprve je popsána anatomie oční čočky, co je to katarakta, a jak se projevuje. V poslední řadě jsou rozepsané jednotlivé metody operace a jejich vliv na změny parametrů oka a možné komplikace spojené s tímto chirurgickým zákrokem. Třetí kapitola je věnována keratoplastice. Zde jsou popsány indikace operace, požadavky na výběr vhodných dárců rohovek, jejich uchování a samotné typy operací a komplikace s jimi spojené.

V praktické části jsou porovnány hodnoty dárců po operaci katarakty se zdravými dárci. Kde vyšel statisticky vysoce významný rozdíl průměru počtů endotelových buněk obou skupin.

**Klíčová slova:**

Hustota endotelových buněk, katarakta, operace katarakty, keratoplastika, oční tkáňová banka

**Bachelor's Thesis title:** The effect of previous cataract surgery on corneal endothelial cell density in donor corneas

**Abstract:**

This work deals with the effect of cataract surgery on the density of endothelial cells of the cornea. In the theoretical part is briefly described anatomy and physiology of the cornea and its basic parameters. In the work is further mentioned cataract surgery. First, an eye lens anatomy, what is cataract, and how it is manifested. Finally, the individual methods of operation and their influence on the changes in the parameters of the eye and the possible complications associated with this surgical procedure are described. The third chapter is dedicated to keratoplasty. Here are the indications of the operation, the requirements for selection of suitable donors of corneas, their preservation and the types of operations themselves and the complications associated with them.

The practical part compares donor values after cataract surgery with healthy donors. Where there was a statistically significant difference in the number of endothelial cell counts in both groups.

**Key words:**

Endotel cell density, cataract, cataract surgery, keratoplasty, eye tissue bank

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu doc. MUDr. Pavlu Studenému, Ph.D., MHA a paní doktorce MUDr. Magdaléně Netukové, Ph.D., za užitečné rady a připomínky a možnosti spolupráce s Fakultní nemocnicí Královské Vinohrady a oční tkáňovou bankou FNKV. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svému vedoucímu práce Mgr. Jakubu Královi za velkou pomoc, připomínky a ochotu při zpracování této práce.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Vliv předchozí operace katarakty na hustotu endotelu rohovky u zemřelých dárců rohovkové tkáně*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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

V Kladně dne .....

.....

podpis

# Obsah

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Úvod .....  | 1  |
| 2     | Rohovka.....  | 2  |
| 2.1   | Popis rohovky a její parametry .....                            | 2  |
| 2.2   | Anatomie vrstev.....  | 3  |
| 2.2.1 | Epitel.....   | 3  |
| 2.2.2 | Bowmanova vrstva .....  | 4  |
| 2.2.3 | Stroma.....   | 4  |
| 2.2.4 | Endotel.....  | 4  |
| 2.2.5 | Inervace rohovky .....  | 5  |
| 3     | Operace katarakty .....   | 6  |
| 3.1   | Anatomie čočky .....  | 6  |
| 3.2   | Definice katarakty .....  | 6  |
| 3.3   | Příznaky katarakty .....  | 7  |
| 3.4   | Druhy katarakty .....   | 8  |
| 3.5   | Kataraktová chirurgie.....                                      | 10 |
| 3.5.1 | Intrakapsulární extrakce .....                                  | 10 |
| 3.5.2 | Extrakapsulární extrakce .....                                  | 10 |
| 3.5.3 | Použití laseru .....  | 11 |
| 3.6   | Implantace čočky .....  | 11 |
| 3.7   | Pooperační komplikace.....                                      | 12 |
| 4     | Keratoplastika.....   | 13 |
| 4.1   | Indikace k provedení keratoplastiky .....                       | 13 |
| 4.1.1 | Keratokonus.....  | 14 |
| 4.1.2 | Fuchsova endoteliální dystrofie.....                            | 15 |
| 4.1.3 | Bulózní keratopatie.....  | 15 |
| 4.1.4 | Kongenitální hereditární endotelová dystrofie .....             | 16 |
| 4.1.5 | Pelucidní marginální degenerace.....                            | 16 |
| 4.2   | Oční tkáňová banka.....   | 16 |
| 4.3   | Hodnocení rohovkové tkáně a vhodný výběr pro transplantaci..... | 17 |
| 4.4   | Odběr rohovkové tkáně.....                                      | 17 |
| 4.5   | Uchovávání rohovek .....  | 18 |
| 4.6   | Předoperační příprava pacienta.....                             | 20 |



---

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.7   | Typy keratoplastiky .....                         | 21 |
| 4.7.1 | Perforující keratoplastika.....                   | 21 |
| 4.7.2 | Lamelární keratoplastika .....                    | 23 |
| 4.8   | Pooperační péče o pacienta.....                   | 25 |
| 4.9   | Pooperační komplikace.....                        | 25 |
| 5     | Experimentální část .....                         | 27 |
| 6     | Diskuse .....                                     | 31 |
| 7     | Závěr.....  | 35 |
|       | Seznam použité literatury .....                   | 37 |
|       | Seznam symbolů a zkratek .....                    | 41 |
|       | Seznam obrázků.....                               | 42 |
|       | Seznam tabulek.....                               | 43 |
|       | Příloha A: Data dárců bez operace katarakty ..... | 44 |
|       | Příloha B: Data dárců po operaci katarakty .....  | 47 |

# 1 Úvod

Katarakta neboli šedý zákal je fyziologický proces oční čočky, kdy dojde k jejímu zakalení, a tak neprůhlednosti prostředí a nekomfortnímu vidění člověka. Tato vada postihuje až 4 % obyvatelstva nad 50 let. V populaci nad 65 let trpí zákalem 50 % populace a ve věku nad 75 let je postiženo až 70 % obyvatel. V dnešní době je operace katarakty naprosto běžným zákrokem na oku a ve věku nad 70 let je odoperovaná poměrně velká část obyvatelstva. A díky neustálému vývoji operačních technik tak nedochází k velkému poklesu počtu endotelových buněk.

Právě tato práce je zaměřena na to, jaký vliv má operace katarakty na hustotu endotelových buněk pacienta z pohledu oční tkáňové banky. Vzhledem ke stále rostoucí prooperovatelnosti dárců a jejich častějším setkáním, bude potřeba častokrát využívat i tyto tkáně. Hraniční limit hustoty buněk pro transplantaci je 2000 buněk/mm<sup>2</sup>. A v budoucnu by se mohlo stát, že tyto tkáně nebudou zpracovatelné.

Motivací k výběru tohoto téma byla spolupráce s Fakultní nemocnicí Královské Vinohrady v Praze a oční tkáňovou bankou, kde mi byl umožněn přístup do registru dárců rohovkových tkání a já tak mohla porovnávat parametry nepoškozené a odoperované rohovky. Díky těmto hodnotám lze zjistit, zda operace katarakty nějak zhoršuje kvalitu rohovky. Což mi přijde opravdu zajímavé a v dnešní době aktuální téma, jehož problematika by mohla jednoho dne velice ovlivnit kvalitu jednotlivých štěpů v oční tkáňové bance.

V praktické části mé práce se budu zabývat úbytkem endotelových buněk dárců po operaci katarakty. Dále sledovat, jestli se počet buněk mění věkem a zda čas odběru tkáně zemřelému pacientovi nějakým způsobem ovlivňuje počet buněk. Cílem mé práce je dokázat, že operace katarakty stále snižuje počet endotelových buněk a tím ovlivňuje manipulaci s rohovkami použité pro transplantace.

## 2 Rohovka

Rohovka je jedno z nejdůležitějších optických rozhraní oka. Představuje až 2/3 celé optické mohutnosti. Pokud dojde k poškození tkáně, postižení mají poměrně snížené až znemožněné zrakové podmínky. Proto při transplantaci rohovky je důležité znát její stavbu, vrstvy a parametry pro následující manipulace.

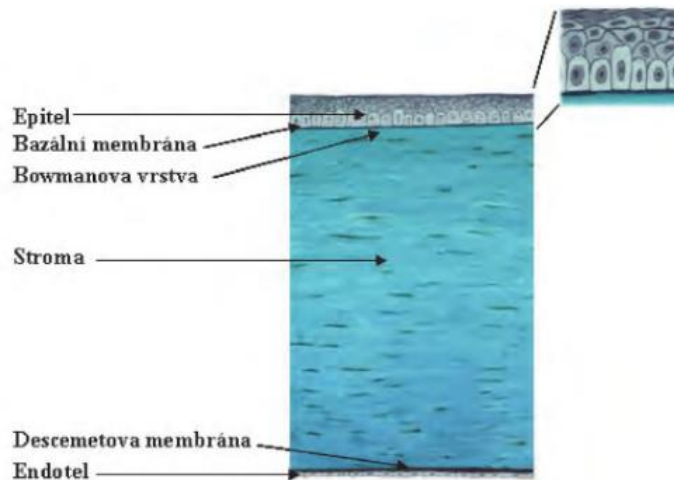
### 2.1 Popis rohovky a její parametry

Rohovka je průhledná, lesklá, bezcévná a spolu s bělimou tvoří povrchovou vrstvu oka a jeho pevný obal. Zaujímá zhruba 20 % celého povrchu oční koule. Má elipsovité tvar o průměrech asi 12 mm v horizontálním řezu a zhruba 11 mm ve vertikálním. Jelikož je vertikální zakřivení větší, než horizontální vzniká drobný rohovkový astigmatismus ( $\pm 0,5$  dpt) a tato drobná vada je vyrovnávána opačným čočkovým astigmatismem. Tloušťka není všude stejná. Nejtenčí je kolem středu 0,54 mm a nejširší kolem rohovkového okraje, až 0,67 mm. Pro vysoký obsah nervových vláken vedoucích z trojklaného nervu je nejcitlivější tkání lidského těla. Do bělimy přechází v místě označovaném jako limbus. Více parametrů najdeme níže v tabulce 2.1. [1, 2, 3, 4]

Tabulka 2.1: Rozměry rohovky a související parametry [1]

| Parametry                   | Hodnoty             |
|-----------------------------|---------------------|
| Plocha                      | 1,1 cm <sup>2</sup> |
| Horizontální průměr         | 11,8 mm             |
| Vertikální průměr           | 10,6 mm             |
| Poloměr zakřivení 1. plochy | 7,8 mm              |
| Poloměr zakřivení 2. plochy | 6,5 mm              |
| Středová tloušťka           | 0,54 mm             |
| Okrajová tloušťka           | 0,67 mm             |
| Index lomu                  | 1,376               |
| Optická mohutnost           | 42 dpt              |

## 2.2 Anatomie vrstev



Obrázek 2.1: Příčný řez rohovkou [5]

### 2.2.1 Epitel

Je vrchní vrstva rohovky tvořena 5-6 vrstvami buněk. Tvoří 10 % z celé tloušťky rohovky (55  $\mu\text{m}$ ). Rozlišujeme tři typy povrchových buněk: první vrstva bazálních cylindrických buněk, která je jako jediná schopna proliferace. Vznikají kubické buňky, které se směrem k povrchu oka diferencují. Dále 2-3 vrstvy kubických buněk a na povrchu jsou 2-3 vrstvy polygonálních buněk. K povrchu epitelu přiléhá slzný film, který rohovku chrání před dehydratací a infekcí, zajišťuje hladkost povrchu, přísun živin a zásobu kyslíkem a je velice důležitou lomivou vrstvou. Skládá se ze tří složek: mucinová, která naléhá přímo na epitel díky mikroklkům, vodná složka, která je tvořena rozpustnými muciny a baktericidními proteiny a na povrchu najdeme lipidovou vrstvu, která je produktem Meibomových žláz a zabraňuje odpařování filmu z povrchu oka. Do slzného filmu se odlupují odumřelé buňky a jsou odplavovány slzami. Epitel má rychlou schopnost regenerace 5-6 dní, což je mimořádně důležitá schopnost k rychlejší rekonvalescenci a následným nerozvinutím zánětu. Při rozsáhlejších poranění se může obnovovat pomocí kmenových buněk, které jsou rozprostřené kolem limbu. Epitel ze zadní strany nasedá na bazální membránu. [1, 5]

### 2.2.2 Bowmanova vrstva

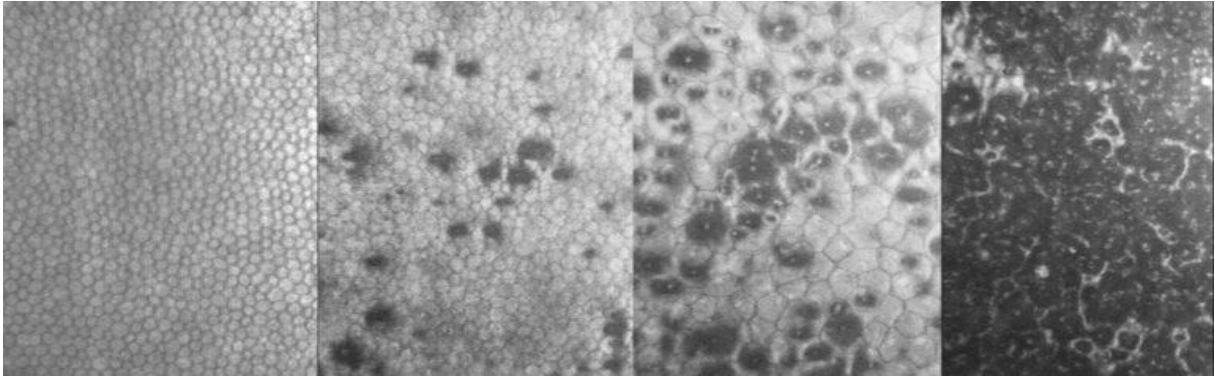
Je tenká vrstva (8-12  $\mu\text{m}$ ) mezi bazální membránou a stromatem, na kterou nasedají bazální buňky dlaždicového epitelu. Pokud je vrstva porušena, nemá schopnost regenerace a na rohovce vzniká viditelná jizva. Je složena z jemně vláknitých struktur a neobsahuje žádné buňky. Má dvě základní funkce: organizaci a stabilitu buněk epitelu a zachování jeho správné funkce. Na okraji plynule přechází do vaziva spojivky. [5, 6]

### 2.2.3 Stroma

Stroma je nejsilnější vrstvou rohovky, zabírá až 90 % celkové tloušťky. Hlavní funkcí rohovky je udržování tvaru, tedy zakřivení a udržování stálé hodnoty hydratace a tím i transparentnosti. Jeho regenerace je velmi malá. Stroma je tvořeno z většiny extracelulární matrix, jehož složkou jsou kolagenní vlákna složená z fibril. Tyto fibrily mají stejnou tloušťku a vzdálenost mezi sebou. Jednotlivé fibrily jsou skládány do lamel, ty tvoří pásy a vzájemně se vertikálně a horizontálně prolínají. V periférii u limbu jsou tvořeny do kruhů a v centru tvoří hustou síť. Důležitou roli při udržení průhlednosti rohovky hraje pravidelné uspořádání fibril a obsah vody mezi nimi. Normální obsah vody ve stromatu je kolem 80 %. Jakmile se tato hodnota zvýší, struktura zbobtná, fibrily se roztlačí a rohovka se zakalí. [3, 5, 6]

### 2.2.4 Endotel

Endotel je jednovrstvý plát pravidelných šestibokých buněk o tloušťce 4-6  $\mu\text{m}$  na vnitřní straně rohovky. Zde přechází na přední plochu duhovky a vystylá duhovko-rohovkový úhel. Jeho účel je regulovat průnik nitrooční tekutiny do stromatu a aktivně ho čerpat zpět. Tím zajišťuje konstantní hydrataci rohovky a její transparentnost. Normální hustota buněk endotelu (ECD) při narození bývá 4000–5000 buněk na  $\text{mm}^2$ . Během života jejich počet klesá na polovinu, tedy kolem 2 500-3000 buněk na  $\text{mm}^2$ . Jelikož endotel nemá regenerační schopnost dochází ke zvětšování stávajících buněk nebo k jejich migraci. Pokud počet buněk klesne pod 500 buněk na  $\text{mm}^2$  dojde k průniku komorové tekutiny do stromatu rohovky a vzniká edém rohovky a její postupné zakalení. [3, 6]



Obrázek 2.2: Postupné poškození buněk endotelu [7]

### 2.2.5 Inervace rohovky

Rohovka je nejvíce inervovaná a citlivá část lidského těla. Téměř každá buňka má své nervové zakončení. Rohovka je senzitivně inervovaná z první větve trojklanného nervu. Nervová vlákna se nacházejí v předních vrstvách a v centrální oblasti rohovky. Nervy vychází z ciliárního plexu, což je hustá pletěň nad řasnatým tělískem a pod sklérou. Během svého průběhu skrz rohovku se nervová vlákna postupně rozvětvují, navzájem spojují a vytvářejí hustou nervovou pletěň ve stromatu pod Bowmanovou vrstvou. Pronikají skrz ni a jemnými větvičkami se dostávají mezi buňky epitelu. Jejich zakončení je většinou volné. Kromě této inervace je rohovka také zásobena nervovými vlákny z limbu, které přicházejí ze spojivky. [1, 5, 6]

## 3 Operace katarakty

Tato práce popisuje vliv operace katarakty na hustotu endotelových buněk a následného použití rohovky pro transplantační účely. Proto je nezbytné se okrajově seznámit s operací šedého zákalu a zejména operačními technikami, kterými se provádí a kterými je endotel poškozen.

### 3.1 Anatomie čočky

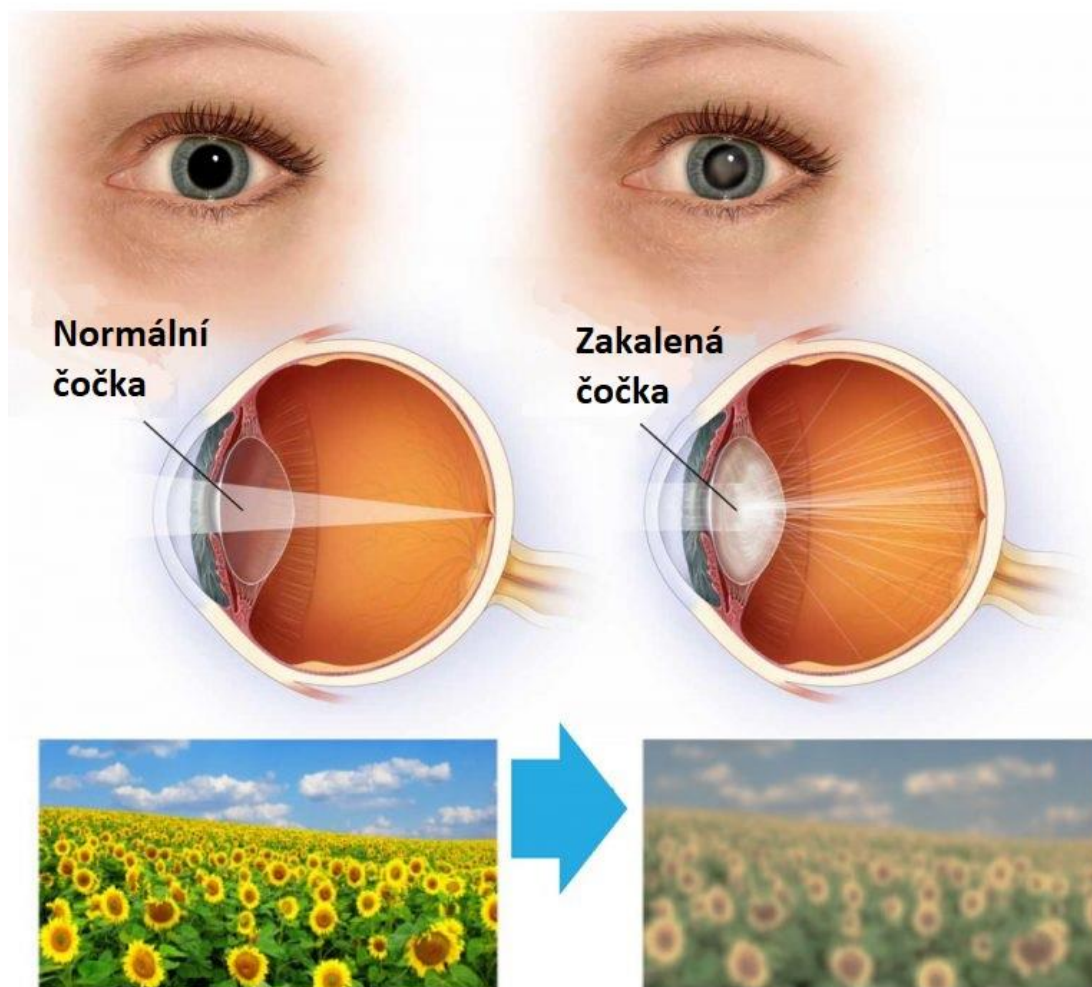
Čočka je průhledné, dvojbypuklé, avaskulární tělísko o průměru 9-10 mm a tloušťce 4-5 mm, ale její hodnoty se mění podle stavu akomodace. Přední plocha, v klidném stavu, má zakřivení 10 mm a zadní -5,33 mm. Čočka je významnou součástí optického systému oka a má přibližně 10-19 dioptrií. Mimo předního a zadního pólu oka, rozlišujeme na čočce ještě ekvátor. Čočka je připevněna pomocí zonulárních fibril k řasnatému tělísku. Ty jsou připevněny k čočce před a za ekvátorem. Je složena z pouzdra, kortexu a jádra. Pouzdro čočky je elastická, průhledná membrána obklopující celou čočku, na níž z přední strany nasedá jednovrstevný epitel. Tento epitel je metabolicky velice aktivní po celý život. Vytvořené buňky se postupně protahují, mění se v čočkovitá vlákna, ztrácejí buněčné organely a zvyšuje se v nich obsah proteinů. Během stárnutí se zesiluje kortikální část a zmenšuje se poloměr zakřivení. [2, 8, 9]

### 3.2 Definice katarakty

Katarakta (šedý zákal) je stav čočky, kdy je zakalené její jádro, má žlutavé zbarvení a vede k rozptylu světla v oku, zamlženému vidění a oslňování postiženého. Podle příčiny se rozděluje katarakta na: vrozenou (kongenitální), senilní (vzniklá přirozeným procesem stárnutí), traumatická (vzniklá úrazem), katarakta nutričních a metabolických poruch (diabetes mellitus, galaktosemie), toxickou kataraktu, poruchy CNS (neurofibromatóza), u kožních onemocnění, vznik po závažných či celkových onemocnění (uveitidy, glaukom, odchlípení sítnice, zásah elektrickým proudem) nebo důsledkem užívání steroidů, diuretik či antibiotik. Dále se může dělit podle stupně zkalení, místa zkalení a podle věku. Kataraktu nelze nijak léčit, postiženým pomůže pouze chirurgický zákrok s výměnou čočky. [3, 8]

### 3.3 Příznaky katarakty

O šedém zákalu můžeme mluvit tehdy, dojde-li k poklesu a změně zrakových funkcí. Symptomy se liší podle hustoty a umístění zákalů. Pokud je zákal v pokročilejším stádiu dochází k rozptylu světla, a tím se i mění zraková ostrost, kontrastní citlivost a může docházet k oslňování. Proto někteří postižení vidí lépe v noci než za světla a popisují vidění jako přes mlhu či papír. Tuhnutím čočky dochází ke změně indexu lomu, což způsobuje myopizaci a někteří pacientu mohou odkládat brýle na čtení. U jiných případů je zpozorována hypermetropizace či astigmatismus. Časté jsou také poruchy barevného vidění. Celkově si pacienti stěžují na špatnou korekci. Nejčastěji používanou metodou ke zjištění transparentnosti oční čočky je biomikroskopie na štěrbinové lampě v mydriáze. [3, 8, 10]



Obrázek 3.1: Porovnání zdravého a zakaleného oka-upraveno [11]



### 3.4 Druhy katarakty

Šedý zákal má mnoho typů a kategorií, na které se rozděluje. Proto jsou zde uvedeny jen ty nejznámější, se kterými se nejčastěji můžeme setkat. Existuje několik obecných rizikových faktorů, které mohou zvýšit riziko vzniku katarakty. Zejména se jedná o UV záření, kterému je naše oko denně vystavováno. Také je prokázáno, že kouření a obecně životní styl (např. obezita) zvyšují riziko vzniku nukleární katarakty. Dále se jedná o několik onemocnění, které urychlují tvorbu šedého zákalu, jako je například diabetes mellitus. A v poslední řadě určité druhy léčiv nebo pohlaví (větší riziko vzniku mají ženy). Přestože je mnoho rizikových faktorů způsobujících vznik katarakty, stále největším zůstává stárnutí. Vzniku katarakty nelze zamezit, ale můžeme oddálit její nástup.

#### **Katarakta u dětí**

Katarakta u dětí je stále přítomným typem se kterým se můžeme setkat. Objevuje se jen zřídka, přibližně jedno z desetitisíc nerozených dětí se narodí s šedým zákalem. Ta vzniká spolu s autoimunitními onemocněními, genetickými poruchami nebo jsou součástí celkového postižení plodu či virové infekce plodu. U dětí je nejdůležitější včasná identifikace a chirurgické odstranění, nejpozději do dvou měsíců od porodu, aby se zajistil průchod světla na sítnici, a tím eliminovali amblyopii. V dnešní době se pravidelně dělá screening novorozenců okamžitě po porodu, proto už nedochází k častému vzniku amblyopických dětí. [3, 10]

#### **Katarakta presenilní**

Katarakta presenilní se projevuje dříve, tedy v produktivním věku. Objevuje se kolem 50. roku a většinou se jedná o zakalení pod zadním pouzdrém čočky nebo o klasickou stařeckou kataraktu. Také může být způsobena celkovými chorobami (diabetes mellitus, myotonická dystrofie).

### **Katarakta senilní**

Senilní katarakta je nejčastější druh katarakty, který postihuje až 4 % obyvatelstva nad 50 let. V populaci nad 65 let trpí zákalem 50 % populace a ve věku nad 75 let je postiženo až 70 % obyvatel. Katarakta způsobená vlivem stáří vzniká chemickou přeměnou čočkových proteinů a tvorbou pigmentu.

### **Katarakta traumatická**

Traumatická katarakta nejčastěji vzniká jako důsledek poranění oka. Může se jednat o penetrující poranění do předního segmentu oka, při kterém dojde k porušení pouzdra čočky. Dalším typem poranění může být kontuze oka neboli tupý náraz. Po kontuzi katarakta vzniká, buď ihned, nebo se rozvíjí postupně. Katarakta také může vzniknout po zásahu elektrickým proudem.

### **Katarakta metabolická**

Metabolická katarakta nejvíce postihuje mladé lidi trpící nekompensovaným diabetem 1. typu. Na čočce vznikají vločkovité zákal, které se kolikrát mění v zákal celé čočky. Také jsou pro něj charakteristické přechodné hodnoty refrakce, které mohou předcházet zakalení čočky. Pokud je diabetes kompenzován, mělo by dojít k navrácení do fyziologického stavu. Obecně u diabetiků se senilní katarakty vyvíjejí rychleji (kolem 50. roku). Katarakta také může vzniknout jako důsledek odstranění štítné žlázy nebo ze snížené hladiny vápníku. Také diagnostikujeme kataraktu způsobenou progresivní svalovou dystrofií, která bývá diagnostikována kolem 30. - 40. roku života.

### **Katarakta toxická**

Toxická katarakta je způsoben lokálními léky i celkovou léčbou, také zvaná jako steroidní katarakta. Vznik katarakty je podmíněn délkou terapie a dennímu dávkování, které je velice individuální. Nejběžnější léky způsobující zákal jsou miotika, psychofarmaka (např. Thioridazin) nebo léky na glaukom. Toxickou kataraktu způsobují také soli železa a mědi, při dlouhodobém zanechání v oku. Také včelí žihadla či poleptání oka chemickými látkami.

### **Katarakta komplikovaná**

Komplikovaná katarakta často vzniká jako následek jiného očního onemocnění. Nejčastější vývin katarakty probíhá u chronické uveitidy, kde vzniká zadní subkapsulární katarakta. Také často u akutního glaukomu, kde dochází k tvorbě šedých zákalků na přední straně čočky. [2, 3, 8, 10]

## **3.5 Kataraktová chirurgie**

Před samotnou operací musí pacient podstoupit předoperační vyšetření. To je složeno z oční biometrie (měření axiální délky oka) buď z laserové nebo ultrazvukové. Také se provádí rohovková keratometrie, pro zmapování povrchu rohovky. Dalším vyšetřením mohou být rohovková pachimetrie (analyzuje tloušťku rohovky) a endoteliální mikroskopie. Samotná katarakta pacientovi nijak neškodí, pouze snižuje zrakovou ostrost a jas.

### **3.5.1 Intrakapsulární extrakce**

Metoda intrakapsulární extrakce se již od 90. let 20. století přestala hojně používat a pomalu ji nahradila extrakapsulární extrakce. V dnešní době se už nepoužívá. Tato metoda spočívá v odstranění celé čočky i s jejím pouzdem. Dochází k rychlému ochlazení sondy, která je zavedena do oka. Čočka se přimrazí na kryosondu, a tím dojde k rozrušení zonulárních vláken a uvolnění čočky. Ta se vyjme z oka ven celá, proto bylo nutné udělat vstupní řez na rohovce dostatečně velký (kolem 180° obvodu oka, tedy kolem 10 mm). Nakonec se rána sešije jemnými stehy. Průchod sondy rohovkou zmenšil riziko krvácení, ale dochází k většímu riziku vzniku astigmatismu. Oko zůstává afakické a je nutná následná korekce (cca. +11 dpt). Rekonvalescence vyžadovala dlouhou dobu, kvůli rozsáhlé vstupní ráně. [3, 8, 10]

### **3.5.2 Extrakapsulární extrakce**

Tato metoda je v České republice používána od roku 1991 a je dodnes jedinou používanou metodou. Jedná se o vyjmutí čočky se zachováním, pokud možno celého jejího pouzdra. To je velice důležité pro následnou implantaci nitrooční čočky.

Zákrok se provádí dvěma způsoby: první je Sklerokorneální tunelový řez u č. 12 - přibližně 2 mm od limbu, po odstranění spojivky následuje řez šířky asi 3 mm. Druhá metoda se nazývá Clear corneal incision – je proveden jednovpichový rohovkový řez, o šířce 2,75 mm. Poté se aplikuje vysoko-elastický materiál (pro eliminaci poškození tkání v oku) a krouživým pohybem pinzety se odstraní přední pouzdro čočky. Metoda spočívá v použití ultrazvukové techniky fakoemulzifikace a díky mechanickým vibracím je jádro rozmělněno a následně vysáto. Tato metoda má oproti starším metodám několik výhod. Zejména eliminaci rohovkových řezů přibližně na 2-3 mm, a tím i eliminaci pooperačních komplikací. Také zkracuje délku výkonu a pooperační hojení. Zmírní se tím porušení rohovky, hlavně endotelových buněk. Od roku 2003 je v České republice fakoemulsifikací operováno 99 % pacientů postihnutých šedým zákalem. Tato metoda je v České republice používána od roku 1991 a je dnes nejpoužívanější metodou. [3, 8, 12]

### 3.5.3 Použití laseru

Použití femtosekundového laseru v kataraktové chirurgii se využívá k přípravě oka před fakoemulsifikací nebo u femtokatarakty k odstranění jádra čočky. Existují dva typy laserů: jeden funguje na principu šokové vlny a tím mechanicky rozbije jádro, druhá metoda spočívá v absorbování infračerveného záření, což způsobuje fotoablaci tkáně. Operace katarakty pomocí laseru se jeví jako šetrný prostředek. Malý nárůst teploty během operace (oproti fakoemulsifikaci) a pokles hodnoty buněk endotelu u laserového přístroje je o něco menší než u ultrazvukové fakoemulsifikace. Na rozdíl od fakoemulsifikace je třeba delší doba na rozmělnění jádra. Jako výhodná metoda se zatím ukazuje spojení laseru a fakoemulzifikace. [3, 12]

## 3.6 Implantace čočky

Následně když je čočka z oka odstraněna, tak je do prázdného pouzdra implantovaná umělá nitrooční čočka (tzn. NOČ lze vybírat mezi několika typy čoček a materiálů). Obecně se na trhu pohybují dva: tvrdé nitrooční čočky, které se dnes používají zcela výjimečně (vyrobené z polymethylmetakrylátu – PMMA). Nevýhoda je v tvrdosti materiálu, který nelze srolovat, a tak je zapotřebí větších vstupních řezů na rohovce. Měkké nitrooční čočky se využívají více, díky měkkosti a možnosti je složit a aplikovat pomocí speciální implantační pinzety. Tím je také zajištěna sterilita a zamezení pooperačních komplikací.

Čočka je v aplikátoru srolována a vložena do pouzdra, kde se rozvine a díky své tvarové paměti vrátí do původního stavu a usadí.

Díky metodě fakoemulsifikace a měkkým nitroočním čočkám je možné provádět řezy na oku do velikosti 2,2 mm, proto není nutné jejich šití. Zkrácení doby operace a snížení vstupních řezů se jeví jako nejúčinnější metoda ochrany endotelu. Operace probíhá v lokální anestezii (jen ve výjimečných případech v celkové anestezii - např. u dětí, lidí s třesem hlavy nebo mentálně retardovaných pacientů). Lokální metody anestezie přinášejí ještě méně komplikací a celá operace trvá přibližně 15 minut. [3, 10, 12, 13, 14]

### **3.7 Pooperační komplikace**

Operace šedého zákalu je jednou z nejčastěji prováděných a nejbezpečnějších chirurgických zákroků vůbec. Pokud se tedy vyskytnou nějaké komplikace, tak mají většinou mírný průběh. Poškozením endotelu může vzniknout chronická bulózní keratopatie, která je jednou z hlavních indikací ke keratoplastice. Dále může dojít k zánětu, infekci, sekundární kataraktě (zakalení zadního pouzdra čočky), popřípadě glaukomu. Tato rizika jsou malá a objevují se spíše výjimečně. Mezi rizikové pacienty patří lidé léčení diabetem mellitus a lidé s hypermetropií. Nejedná se jen o jednorázovou ztrátu buněk, ale hustota může klesat až tři měsíce po operaci. Diabetické rohovky jsou náchylnější ke stresu a traumatům, což vede k větší morfologické abnormalitě a delším době obnovy. Lidé s hypermetropií jsou také vystaveni většímu riziku. Krátké oko a mělká přední komora způsobuje snížení bezpečné zóny, a to může vést k obtížím při operaci. Při operaci je zde důležitá dlouhodobá praxe chirurga. Operativa katarakty zaznamenává v posledních letech výrazný pokrok, operace jsou čím dál tím šetrnější a úbytek endotelových buněk se snižuje. K tomu přispívají zejména nové fakoemulzifikační přístroje, které k odstranění katarakty používají stále méně ultrazvukové energie. [3, 10, 12, 13, 15, 16]

## 4 Keratoplastika

Keratoplastika je zákrok, při kterém je vyměněna celá rohovka nebo jen její část za rohovku získanou od zemřelého dárce. Touto tkání jsou nahrazeny neprůhledné, patologicky změněné či infikované části rohovky příjemce. V dnešní době je transplantace rohovky nejčastější a nejúspěšnější transplantací v humánní medicíně, s úspěšností až 95 % u pacientů s příznivou prognózou. Důvodem vysoké úspěšnosti transplantace je imunologická privilegovanost rohovkové tkáně, která je zapříčiněna avaskularitou s nízkým počtem antigenprezentujících buněk. Mnoho pacientů postižených onemocněním či zánětem rohovky by bez keratoplastiky bylo odsouzeno k slepotě. Keratoplastika se provádí u nemocných, kteří mají rohovku různě zdeformovanou, ztenčenou, zakalenou či jinak změněnou úrazem.

Keratoplastika se rozděluje na lamelární, tj. transplantace jen určité vrstvy rohovky nebo perforující, tj. náhrada celé rohovky. Podle imunologické prognózy můžeme keratoplastiku dělit na nerizikovou, tj. transplantace rohovky, která nemá neovaskularizace a jedná se o první transplantaci a na rizikovou, tj. transplantace s povrchovou či hlubokou vaskularizací přesahující limbus alespoň o 2 mm nejméně ve 2 kvadrantech nebo pokud se jedná o retransplantaci. Tyto transplantace mají mnohem horší prognózu z hlediska imunologických komplikací. První transplantace na světě byla provedena v Olomouci v roce 1905, kterou provedl doktor Karl Eduard Zimer, tehdejší primář očního oddělení. Ve druhé polovině 20. století se hranice transplantační chirurgie posunuly, dnes je tato operace standardním chirurgickým výkonem v oftalmologii. [3, 6, 17, 18]

### 4.1 Indikace k provedení keratoplastiky

Indikace k provedení keratoplastiky můžeme rozdělit do čtyřech skupin: optické, terapeutické, tektonické a kosmetické. [5,19]

#### Optická keratoplastika

Cílem optické operace je obnova funkce rohovky, nejčastěji se setkáváme s abnormalitami tvaru rohovky nebo při změně její průhlednosti. Například u keratokonu a keratoglobu, zjizvením rohovky či edémem nebo u stromálních zákalů po zánětlivých, dystrofických a degenerativních změnách, například Fuchsovy endoteliální dystrofie.

Keratoplastika se také může provádět u pacientů trpících poleptáním rohovky nebo jiným zraněním porušujícím tvar rohovky či při problémech po fotoablačním zákroku.

### **Terapeutická keratoplastika**

Terapeutická keratoplastika je indikovaná v případě, že pacient trpí infekcí či zánětem. V nejčastějším případě nějakým typem aktivní keratitidy s progresí nálezu, která už nereaguje na konzervativní léčbu. Cílem je odstranit ložisko infekce, popřípadě ulevit pacientovi od bolesti.

### **Tektonická keratoplastika**

Tektonická keratoplastika se provádí u pacientů trpících značným ztenčením rohovky (keratokonus), také u pacientů trpících rohovkovým vředem či jeho perforací nebo traumaty, (tj. poleptání rohovky nebo značné mechanické poškození), u kterých může dojít k perforaci rohovky. Cílem je tedy zachování celistvosti rohovky a zamezit její protržení. Tektonická keratoplastika nepatří mezi plánované transplantace rohovky, jedná se tedy o akutní stav vyžadující urgentní řešení.

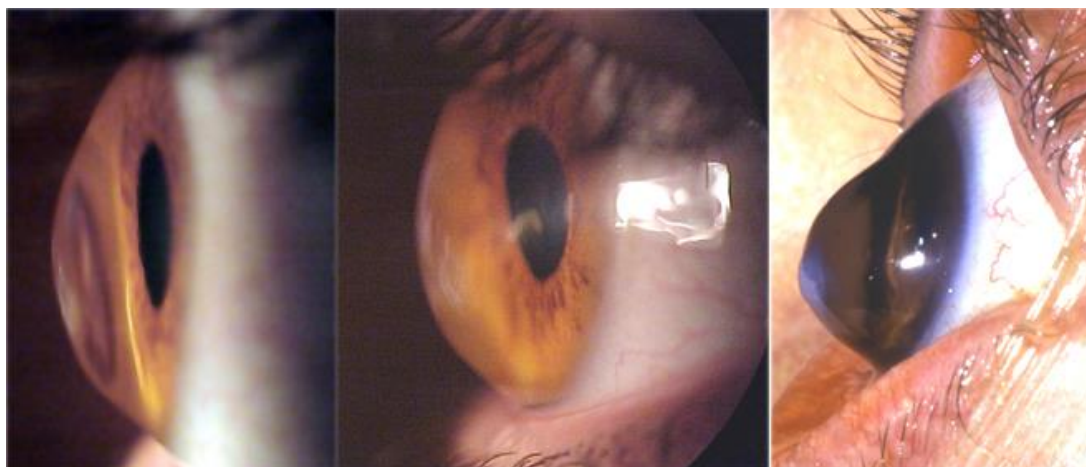
### **Kosmetická keratoplastika**

Kosmetická keratoplastika se používá ke zlepšení vzhledu a bolesti očí, ale zrak není obnoven. Dříve se používala u slepých očí trpících leukomem nebo jiným viditelným zákalem. V dnešní době se už moc nepoužívá. Byla nahrazena slupkovými očními protézami nebo barevnou kontaktní čočkou. [6, 8, 20, 21]

#### **4.1.1 Keratokonus**

Keratokonius je vrozené onemocnění rohovky charakteristická kuželovitým vyklenutím mírně pod jejím středem. Většinou se jedná o genetické onemocnění s výjimečným výskytem a 85 % onemocnění začíná v pubertě. Postižení jedinci si nejčastěji stěžují na neostré vidění, které se díky rostoucímu nepravidelnému astigmatizmu a myopizaci zhoršuje. Keratokonus je nejvíce patrný při pohledu pacienta dolů. Jeho vývoj je závislý na věku a délce trvání. Čím dříve je odhalen, tím je jeho progresse rychlejší. V prvních stádiích

se koriguje brýlemi. Pokud ty nestačí, tak tvrdými plynopropustnými čočkami. Dále jsou vhodné intrastromální rohovkové prstence z polymethylmetakrylátu, které oploští a zpevní strukturu rohovky. Mohou také korigovat myopii a astigmatismus. Novější metodou je corneal collagen crosslinking (CXL). Tato metoda funguje na principu zpevňování kolageních vláken rohovky za pomoci UV záření. Posledním možným řešením je perforující keratoplastika. [3, 6]



Obrázek 4.1: Keratokonus [22]

#### 4.1.2 Fuchsova endoteliální dystrofie

Je dědičné, oboustranné onemocnění rohovky. To postihuje častěji ženy mezi 30. až 50. rokem života. Jedná se o patologické výchlípky Descemetovy membrány, ty narušují mezibuněčné spoje endotelových buněk a tím dochází k odplavování buněk a jejich úbytku. Okolní endotelové buňky reagují změnou tvaru či jejich velikosti. Na rozdíl od rohovkových degenerací není doprovázena jinou systémovou chorobou a nejedná se o věkem podmíněné změny. V prvotních fázích je indikována léčba hyperosmolárními roztoky. V další fázi, kdy se projevuje horší vidění hlavně ráno, je indikována zadní lamelární keratoplastika. [3, 6]

#### 4.1.3 Bulózní keratopatie

Jedná se o nedostatečnou funkci buněk endotelu. Jednou z příčin je Fuchsova endoteliální dystrofie, dále záněty rohovky, operace předního segmentu oka, traumata a popřípadě operace zadního segmentu oka. Porušením endotelových buněk dochází



k většímu průniku vody do stromatu a díky tomu tak dochází k zakalení rohovky. Dále může dojít k obnažení povrchových vláken rohovky, a tím tak k intenzivní bolesti. [3, 6]

#### **4.1.4 Kongenitální hereditární endotelová dystrofie**

Jde o vzácné, oboustranné onemocnění novorozenců projevující se ztluštěním rohovky, které je často doprovázeno nystagmem. Jedná se o edém epitelu, stromatu a narušení Bowmanovy vrstvy. Vrstva epitelu zcela chybí. Jedinou možnou terapií je časná perforující keratoplastika. [6]

#### **4.1.5 Pelucidní marginální degenerace**

Pelucidní marginální degenerace je méně časté onemocnění projevující se vyklenováním okrajů rohovky zejména v dolních kvadrantech. Tím dochází ke vzniku nepravidelného nekorigovatelného astigmatismu. Terapie je problematická, nejčastěji se používá metoda corneal collagen crosslinking v kombinaci s implantací intrastromálních rohovkových prstenců. V některých případech je stále nejlepším řešením lamelární keratoplastika. [6]

## **4.2 Oční tkáňová banka**

Oční tkáňová banka je zařízení, které se podílí na dárcovství, odběru, vyšetření, zpracování, konzervaci, skladování a distribuci lidských očních tkání a buněk. Využívá se v rohovkové transplantaci, výzkumu a vzdělávání. Banka se stará především o uchování rohovek, které jsou konzervovány ve speciálních roztocích a na vyžádání je terč dodán na pracoviště, kde je provedena transplantace. Její prací je také posuzování odebraných vzorků a zjišťování vysloveného nesouhlasu pacienta s odběrem tkání v registru osob nesouhlasících s posmrtným darováním tkání a orgánů. Vzhledem ke stále větší potřebě rohovkových tkání, začaly v polovině minulého století vznikat první oční banky. První oční banka na světě vznikla v roce 1944 v New Yorku a postupně začaly vznikat další i v jiných částech světa. V České republice byla první oční banka založena 23. listopadu 1991 ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady. [21, 23]

### 4.3 Hodnocení rohovkové tkáně a vhodný výběr pro transplantaci

Dárci rohovky jsou pečlivě vybíráni. Výběr vhodných dárců probíhá podle legislativních požadavků a dle pokynů národních asociací pro tkáňové bankovníctví. Rohovka nemůže být odebrána dárci, který není identifikován a který prodělal infekční chorobu, smrt utonutím, Alzheimerovu chorobu, Downův syndrom, vzteklinu, leukemii či lymfomy. Dále je kontraindikací například retinoblastom, nádory předního segmentu oka a oční záněty, také degenerativní neurologická onemocnění, onemocnění neznámé etiologie, chronická dialýza a drogová závislost. Neměl by být přítomen keratokonus a keratoglobus. Věk dárců rohovky, které jsou uchovávány v tkáňových kulturách, je ve většině evropských bank 18-85 let. Kontroluje se makroskopické a biomikroskopické zhodnocení rohovky na šterbinové lampě. Nejčastěji průměr rohovky, velikost přední komory, zákal, jizvy nebo známky předchozích chirurgických zákroků (např. laserové zákroky, refrakční nářezy na rohovce, implantace intrakorneálních ringů, implantace umělé nitrooční čočky). Také kontrolujeme přítomnost cizích tělísek a nečistot. Rozhodující je počet životaschopných buněk endotelu rohovky, kdy v době transplantace hodnota nesmí klesnout pod 2000 buněk/mm<sup>2</sup> a je nezbytné, aby buňky endotelu byly vitální. Dále se také hodnotí tvar a rozložení buněk endotelu pomocí spekulárního endotelového mikroskopu.

Dalším důležitým faktorem je čas odběru tkáně, který uplyne od smrti dárce. Odběr se provádí většinou 18-24 hodin od dárcovy smrti. Bez chlazení těla pouze do 12 hodin. Při odběru tkáně se odebírá i vzorek krve pro laboratorní vyšetření přenosných onemocnění. Krev je vyšetřena na přítomnost infekce, AIDS, hepatitidy B, hepatitidy C a syfilis. Pokud je výsledek pozitivní, kromě hepatitidy B, je tkáň nevhodná pro použití na transplantační účely. U hepatitidy B se provádějí další doplňkové testy. Česká republika je jedinou zemí, kde je povinné vyšetření čelního laloku mozku dárce na přítomnost patogenních prionů. Vyšetření krevních skupin není nutné, ani nezáleží na pohlaví dárce. [5, 6, 17, 23, 24]

### 4.4 Odběr rohovkové tkáně

Rohovky se pro transplantační účely získávají jen od zemřelých dárců. Ve většině zemí Evropy (Dánsko, Francie, Itálie, Německo, Velká Británie, Švédsko) po smrti platí automatický nesouhlas dárce. V těchto zemích je odběr prováděn při získání souhlasu dárce během života nebo po smrti při podání souhlasu příslušníků rodiny. V několika zemích, jako je Česká republika (Slovensko, Polsko, Belgie, Rakousko, Španělsko), platí automatický

souhlas s darováním tkání. Pokud občan nechce darovat tkáň k transplantačním účelům, musí se za života zaregistrovat v registru osob nesouhlasících s posmrtným darováním tkání a orgánů. Při odběru tkáň je odebírán buď celý bulbus nebo jen korneosklerální terč. Nejprve se dezinfikuje oko a jeho okolí a zajistí se vzorek krve. Pokud je odebrán celý bulbus, dochází k jeho umístění do vlhké nádoby s buničinou na dně, která je neustále zvlhčována sterilním roztokem a co nejrychleji je přepraven do oční tkáňové banky při teplotě 2-8°C. Tkáň se přepravují v chladových taškách a nádoby jsou zajištěné proti otřesům. V tkáňové bance se bulbus hodnotí a v případě potřeby je z něj vyreparován potřebný terč, většinou o velikosti 12 mm a poté mikroskopicky hodnocen. Pokud se odebírá jen část, musí být korneosklerální terč ihned po odběru umístěn do sterilního média a přepraven k hodnocení zrcadlovou mikroskopií. Zde je uložen až do doby transplantace. Podle druhu skladování je s rohovkou náležitě zacházeno. Pokud bude uložena v tkáňovém roztoku, do sterilního prostředí je zde vložena až po její kontrole. Po odběru tkáň se vloží dárci do oka speciální průsvitná folie. Vypracuje se zápis a vystaví se potvrzení, které se zanechá v místě odběru. [5, 23]

## 4.5 Uchovávání rohovek

Hlavním úkolem oční tkáňové banky je uchování rohovky, a především dostatečného počtu endotelových buněk. Rohovky nejsou nutné, na rozdíl od jiných orgánů, transplantovat co nejrychleji. Uchovávají se ve specializovaných zařízeních (očních nebo multitkáňových bankách). Rohovky se ukládají do roztoků, v hypotermických podmínkách či metodou tkáňových kultur.

### Krátkodobé uchování rohovek

Krátkodobé uchovávání rohovek se provádí v médiích pro hypotermické podmínky, které jsou komerčně dostupná. Nejběžněji používaná jsou Optisol-GS (Bauch and Lomb, USA) a Eusol-C (Alchimia, Itálie), výhradně v USA se ještě používá Chen médium (Chen laboratories, Phoenix, USA). V České republice je pro používání schváleno pouze médium Eusol-C. Všechna média jsou určena pro krátkodobé uchovávání štěpů rohovek, při teplotě 2-8°C. Snížením teploty minimalizujeme buněčné procesy probíhající v tkáni. Takto uchované preparáty by měly být schopné vydržet nejdéle do 10-14 dnů. V praxi je však průměrná délka skladování 4,9 dne. Celosvětově

je tento způsob uchovávání nejběžnější, jak z důvodu jednoduchosti a ceny, tak okamžité dostupnosti skladované tkáně. Hlavní nevýhodou je možný pokles buněk rohovky, zejména v endotelu.

### Dlouhodobé uchování rohovek

Dlouhodobé uchování rohovek je komplikovanější způsob. Rohovky se musí kultivovat v orgánových kulturách, především se takto uchovávají sklerální terče. Rohovka je nejprve ukládána do skladovacího média a před transplantací je vložena do dehydratačního média, které způsobí odčerpání přebytečné vody ze stromatu. Skladovací médium obsahuje živiny, energeticky bohaté látky, antibiotika a antimykotika. Médium se vždy mění po sedmi dnech za čisté. Rohovky jsou uchovávány při teplotě 31-37 °C, po dobu kolem 14 dnů. Maximální uchování tohoto typu je 7 týdnů. Takto uchované rohovky umožňují, jak plánované, tak i akutní keratoplastiky. Druhá metoda je technicky náročnější a může dojít ke snadnější kontaminaci rohovky. [5,6]



Obrázek 4.2: Uchovávání v hypotermických podmínkách a v tkáňových kulturách [5]

## 4.6 Předoperační příprava pacienta

Před každou keratoplastikou vykonávanou samostatně nebo ve spojení s dalším chirurgickým zákrokem (operace katarakty), musíme provést základní předoperační vyšetření, mezi které patří interní, oftalmologické a speciální vyšetření. Pacient by měl být poučen o průběhu operace a možných předoperačních i pooperačních komplikacích. Mělo by mu být předloženo souhlasné vyjádření pacienta o provedení operace. Toto vyjádření pacient stvrzuje svým podpisem. K výkonu přichází pacient s interním doporučením, které nesmí být starší 14 dnů před plánovaným výkonem a s doporučením svého očního lékaře.

### Interní vyšetření

Interní vyšetření zahrnuje celkové vyšetření zdravotního stavu pacienta, které hodnotí praktický lékař nejdříve měsíc před zákrokem. Je požadováno před každou operací v celkové anestezii. Hodnotí především funkci jater a ledvin. Pacient podstupuje biochemické vyšetření krve (informuje o stavu funkce jater, ledvin a probíhajícím zánětu v těle) a moči (pro vyloučení močové infekce) pro eventuální imunosupresivní léčbu, také hodnocení koagulace a krevní obraz. U pacientů s přidruženým onemocněním nebo vyšším věkem navíc provádíme EKG (u pacientů nad 40 let s přidruženým onemocněním), RTG srdce a plic (u pacientů nad 60 let, kuřáků při podezření na TBC plic, kardiopulmonální onemocnění) a stanovení krevní skupiny. [17, 25, 26]

### Oftalmologické vyšetření

Oftalmologické vyšetření zahrnuje vyšetření jak naturální zrakové ostroty, tak i s korekcí. Velmi důležité je vyšetření slzného filmu pomocí Schirmerova testu nebo brake-up time testu. Na štěrbinové lampě se vyšetřuje přední segment oka, zadní pomocí přímé a nepřímé oftalmoskopie. Nezbytné je také změření nitroočního tlaku díky bezkontaktní tonometrii, popřípadě pomocí aplanační tonometrie. V případě neprůhlednosti očních médií provádíme ultrazvukové vyšetření oka pro vyloučení změn předního i zadního segmentu oka (ablace sítnice, záněty spojivky a možné endoftalmitidy). V případě, že bude zároveň provedena i výměna oční čočky, je nutné vyšetření doplnit navíc o biometrii oka. Ta je u poškozené rohovky těžko měřitelná, a proto raději provádíme výpočet parametrů nitrooční čočky na druhém, zdravém oku. [8, 11, 12]



Obrázek 4.3: Ukázka Schirmerova testu [27]

### Speciální vyšetření

Speciální vyšetření se provádí na zvláštních optických přístrojích. Nejprve se provádí rohovková topografie, ta umožňuje zmapování celého povrchu rohovky a jejích nerovností. Dále rohovkovou pachymetrii, pro zjištění její tloušťky a endoteliální mikroskopii, kterou je zjištěna velikost, morfologie a hustota endotelových buněk. [17, 20, 25]

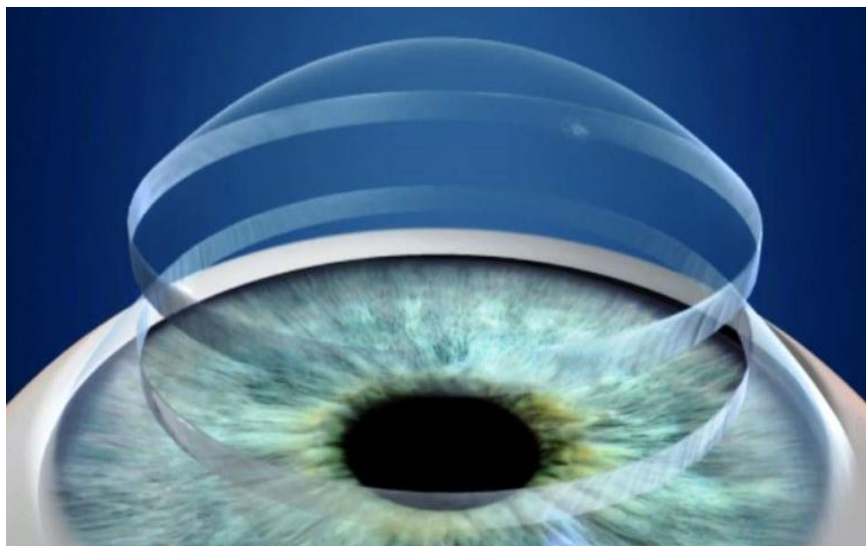
## 4.7 Typy keratoplastiky

U většiny případů je zákrok prováděn v celkové nebo jen v lokální anestezii a trvá zhruba hodinu. Existují dva základní typy druhu transplantace rohovky – perforující a lamelární keratoplastika. Výběr operační techniky závisí primárně na diagnóze, předpokládaném průběhu hojení a na zvyklostech operátora.

### 4.7.1 Perforující keratoplastika

Perforující keratoplastika (PK) je transplantace rohovky v celé její tloušťce, která je nahrazena rohovkou od dárce. Dříve se jednalo o celosvětově nepoužívanější a nejběžnější metodu keratoplastiky, dnes už tomu tak není.

Rohovka je nahrazena v celé své tloušťce, tedy i vrstvy, které poškozené nejsou. Operace se provádí kruhovým trepanem o různém průměru, kterým je vyříznuta rohovka dárce i příjemce. Velikost trepanu je zvolena podle velikosti léze na poraněné rohovce. Optimální velikost rohovkového terče dárce je o průměru 7,5 až 8,5 mm.



Obrázek 4.4: Schéma rohovkového terče [28]

Zpravidla terč dárce by měl být o 0,25 až 0,5 mm větší než rohovkový terč příjemce. Dárcovský terč je našit na mateřskou rohovku jednotlivými stehy, neresorbovatelným traumatickým šitím nebo pokračující suturou, případně jejich kombinací. Sutura je zahájena čtyřmi hlavními stehy v hlavních meridiánech.



Obrázek 4.5: Vyjmutí rohovky v celé své tloušťce [29]

K šití se nejčastěji používá neresorbovatelný nylon a stehy se zpravidla vyndají rok po zákroku. Během keratoplastiky se ještě může provést rekonstrukce předního segmentu oka či výměna oční čočky. [3,6, 17, 18]

#### **4.7.2 Lamelární keratoplastika**

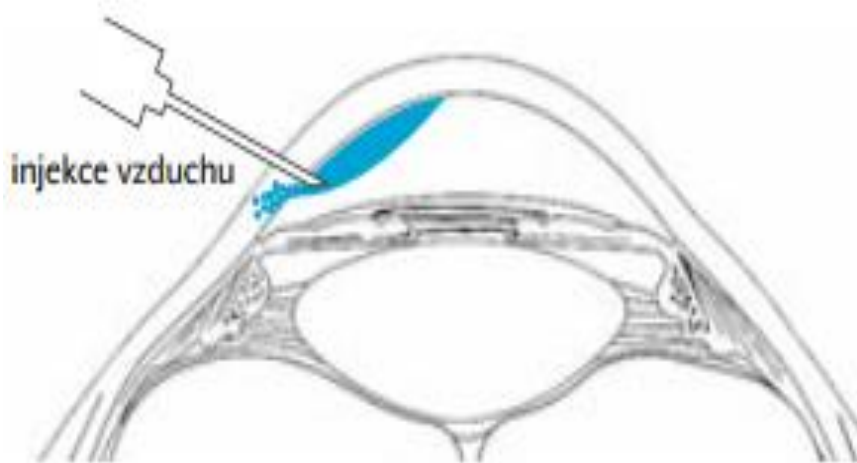
Doposud byla perforující keratoplastika považována za zlatý standart oční chirurgie, ale v posledních letech se dostává do popředí lamelární keratoplastika. Její jedinečnost spočívá v nahrazení jen určité vrstvy rohovky a v minimalizování transplantované oční tkáně. Lamelární techniku keratoplastiky můžeme rozdělit na přední a zadní.

##### **Přední lamelární keratoplastika**

U přední lamelární keratoplastiky (ALK) se nahrazuje pouze přední část rohovky (epitel, Bowmanova vrstva a rozdílná tloušťka rohovkového stromatu) a pacientovi je zachována vlastní Descemetova membrána a endotel. Tento typ keratoplastiky je prováděn u pacientů trpících poškozením epitelu, případně stromatu, kteří mají plně funkční a nepoškozený endotel. Nejběžnější indikací k transplantaci je keratokonus, rohovkové jizvy nebo dystrofie.

V dnešní době existuje spousta technik, jak bez poškození oddělit stroma od Descemetovy membrány. Mezi nejpoužívanější techniky patří manuální disekce lamely s využitím optických jevů pro přesné zobrazení membrány nebo aplikace vzduchu do nitra stromatu (tzv. big-bubble technika). Díky bublině vzduchu dochází k oddělení stromatu a Descemetovy membrány. Lamelu lze preparovat manuálně nebo pomocí mikrokeratomu, což je v dnešní době časově nejmíň náročný a nejjednodušší způsob. Po odstranění vrstev je z dárcovské rohovky vyříznut terč, položen do připraveného lůžka rohovky a přišit pokračujícími nebo jednotlivými stehy. [7, 18]



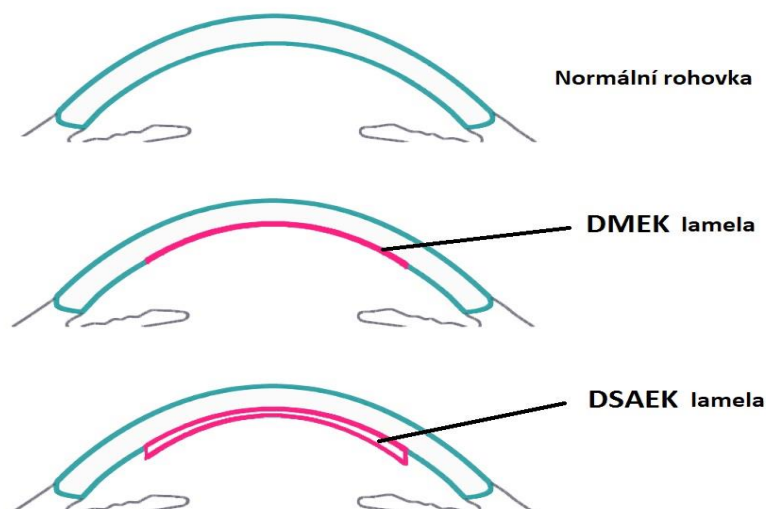


Obrázek 4.6: Grafické schéma big-bubble techniky [18]

### Zadní lamelární keratoplastika

U zadní lamelární keratoplastiky (DSAEK, DMEK) je provedena pouze náhrada endotelu, popřípadě Descemetovy membrány a části stromatu. Právě onemocnění endotelu jsou nejčastějšími indikacemi k transplantacím rohovky. Především keratopatie a Fuchsova endoteliální dystrofie. Vzhledem k tomu, že celá operace je provedena jako bezstehová, je ve srovnání s perforující keratoplastikou šetrnější.

Dojde k rychlejšímu obnovení zrakových funkcí, vzniká menší astigmatismus na rohovce a méně pooperačních komplikací. Nevýhodou je poměrně náročná příprava lamel, a proto se operační techniky neustále vyvíjejí. Existuje několik operačních metod, jakými je lamela získávána. Následně je pacientovi odstraněna Descemetova membrána a endotel. Velikost lemle je 7-9 mm v průměru. Rohovka je samovolně přitlačována bublinou vzduchu v přední komoře, která je postupně vstřebávána.



Obrázek 4.7: Typy zadních lamelárních keratoplastik – upraveno [30]

## 4.8 Pooperační péče o pacienta

V pooperační péči se musí počítat s postupným projasňováním rohovky. Doba projasňování je individuální, většinou trvá několik týdnů. Léčba transplantované rohovky závisí na diagnóze pacienta. I další pooperační péče je stejná jako u přední lamelární nebo perforující keratoplastiky, až na extrakci stehů. Zárok se většinou provádí ambulantně a pacient má oko přikryté kracím obvazem jen v den operace. Po dobu 3-6 měsíců pacient bere kombinovaný preparát kortikoidů s antibiotiky. Pro zvlhčení povrchu oka si může kapat schválený lubrikant bez konzervačních látek. Stehy se obvykle z oka vyndávají nejdříve po roce až 18 měsících. Pacientovy je doporučeno nosit nějakou dobu ochranné brýle a vyvarovat se fyzickým zátěžím. Po roce od operace pacient prakticky nemá žádná omezení, ale stále je důležitá ochrana před prudkým úderem. [17, 18, 25, 31]

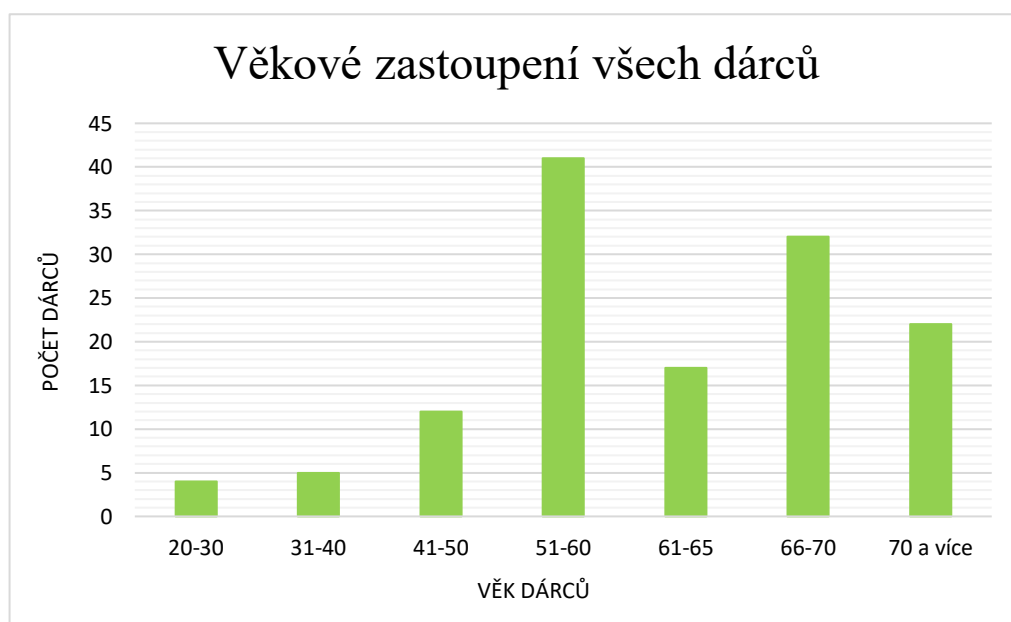
## 4.9 Pooperační komplikace

Příčiny způsobující neúspěšnost transplantace mohou být různé. Nejčastěji však dochází k rejekci štěpu rohovky, což je obrana těla proti přijetí cizí tkáně, která se ještě rozděluje podle reakcí jednotlivých vrstev rohovky. Taková komplikace se vyskytuje u 10-15 % pacientů, zvláště u pacientů s narušenou imunitou. Další komplikace jsou: infekční komplikace (vznik virové, plísňové či bakteriální keratitidy v oblasti stehů), mechanické

komplikace (jedná se o rozvolnění stehů aplikované rohovky či o porušení povrchu rohovky), sekundární glaukom, vysoký astigmatismus nebo recidiva původního onemocnění. Jako úspěšnou transplantaci můžeme považovat rohovku, která je čirá, má minimální rohovkový astigmatismus a je z pacientova hlediska opticky funkční. S příznivou diagnózou a obnovou vidění může počítat až 95 % pacientů. [6, 11, 13]

## 5 Experimentální část

Praktická část mé bakalářské práce se zabývá zkoumáním hustoty endotelových buněk dárců rohovkové tkáně a následným porovnáváním dárců, kteří mají rohovku celistvou, tedy bez žádného zásahu a dárců kteří během života podstoupili operaci katarakty. Data se zpracovávala na půdě Vinohradské nemocnice pod vedením paní doktorky MUDr. Magdalény Netukové, Ph.D., která je vedoucí oční tkáňové banky. Získávání dat probíhalo v průběhu března 2018 v oční tkáňové bance fakultní nemocnice Královské Vinohrady. Procházely se karty dárců v databázi FNKV, kteří by mohli být vhodnými dárci a během života nepodepsali nesouhlas s darováním tkáně. Zaznamenávali se dárci, kteří byli post mortem vyhodnoceni jako vhodní. Tedy měli negativní serologické testy a neměli příliš nízký počet endotelových buněk. Pacienti se zaznamenávali od věku 21-76 let. Zkoumali se obě pohlaví bez rozdílu a zaznamenávalo se pravé i levé oko zvlášť, hustota endotelových buněk změřená na konfokálním mikroskopu a čas kdy byla rohovka zemřelému dárci vyňata a dopravena k posouzení do oční tkáňové banky ve Vinohradech. Data se získávala z období leden až červen 2017.



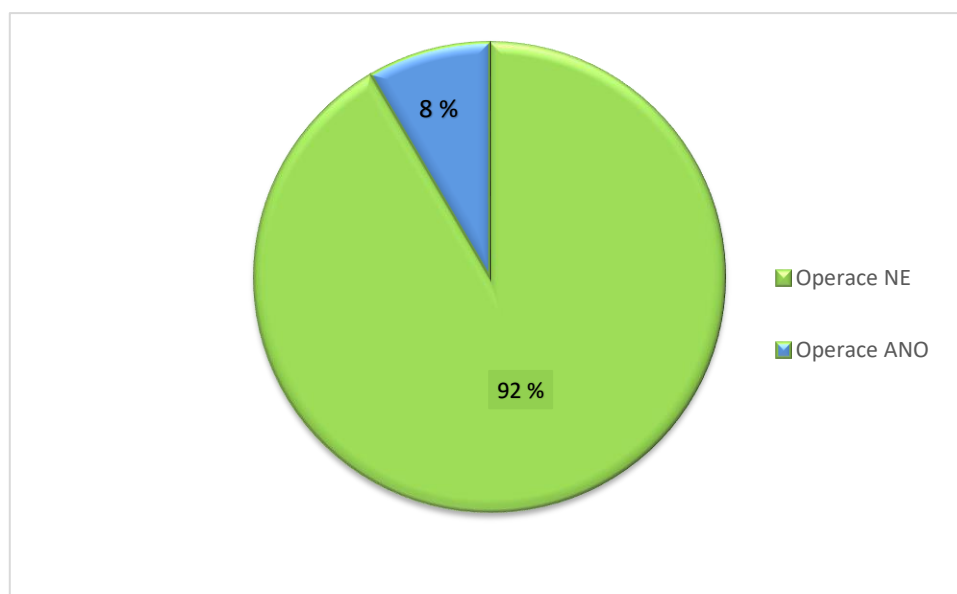
Obrázek 5.1: Věkové zastoupení všech zaznamenaných dárců

Celkem se zaznamenalo 133 dárců. Ti se rozdělovali na dvě skupiny s odoperovanou kataraktou a bez operace (možné k nahlédnutí v příloze A a B). Z toho bylo 120 (92 %) neodoperovaných dárců a 12 dárců co podstoupilo operaci katarakty, tedy pouhých 8 %. Ze 120 neodoperovaných rohovek levého oka se dvě nemohly použít, jelikož při hodnocení hustoty endotelových buněk na konfokálním mikroskopu byly znehodnoceny.

Histogram na obrázku 5.1 znázorňuje věkové zastoupení všech dárců. Nejvíce dárců bylo ve věkové kategorii 51-60 a 66-70 let s průměrným věkem 60,11 roků se směrodatnou odchylkou  $\pm 11,39$  let. Nejmladší dárcce měl 21 let a nejstaršímu bylo 76 let.

Tabulka 5.1: Rozdělení operovaných a neoperovaných dárců

| Operace katarakty | OP  | OL  | Celkem |
|-------------------|-----|-----|--------|
| Ano               | 11  | 11  | 22     |
| Ne                | 120 | 118 | 238    |



Obrázek 5.2: Procentuální zastoupení zdravých a odoperovaných rohovek

K posouzení hustoty endotelových buněk se vybrala pouze skupina respondentů ve věku od 60 do 76 let. Jelikož fyziologicky hustota buněk věkem mírně klesá a odoperovaní pacienti jsou až ve věku 59-74, proto se musí porovnávat stejné věkové skupiny.

Tedy z celkové skupiny 120 neodoperovaných lidí se vybralo 63 dárců ve věku 60 let a více, ze skupiny 12-ti odoperovaných pacientů se vybralo 11 starších 60 let.

Průměrná hodnota hustoty všech endotelových buněk (ECD) je 2909,47 buněk/mm<sup>2</sup> se směrodatnou odchylkou  $\pm 372,96$  buněk. Kde nejnižší hodnota byla 1618 buněk/mm<sup>2</sup> a nejvyšší byla 3876 buněk/mm<sup>2</sup>.

Tabulka 5.2: Průměrné hodnoty hustoty endotelových buněk zdravých rohovek

| Oko | Hustota endotelových buněk | Směrodatná odchylka | Hustota endotelových buněk OP+OL | Směrodatná odchylka | Minimum | Maximum |
|-----|----------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------|---------|
| OP  | 2934,01                    | $\pm 344,21$        | 2921,58                          | $\pm 337,58$        | 2208    | 3876    |
| OL  | 2909,15                    | $\pm 330,36$        |                                  |                     | 2232    | 3876    |

Tabulka 5.3: Průměrné hodnoty hustoty endotelových buněk odoperovaných rohovek

| Oko | Hustota endotelových buněk | Směrodatná odchylka | Hustota endotelových buněk OP+OL | Směrodatná odchylka | Minimum | Maximum |
|-----|----------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------|---------|
| OP  | 2263,08                    | $\pm 355,13$        | 2293,16                          | $\pm 318,03$        | 1618    | 2833    |
| OL  | 2323,25                    | $\pm 272,7$         |                                  |                     | 1821    | 2695    |

První hypotézou mé práce je  $H_1 =$  Operace katarakty ovlivňuje hustotu endotelových buněk. Pokles endotelových buněk a vzájemné porovnávání obou skupin se provádělo pomocí Studentova T-testu. Zde se porovnávala skupina dárců bez poškozené rohovky a dárci po operaci katarakty. Párový T-test porovnává rozdíl průměrů počtů endotelových buněk mezi skupinami s operací katarakty a bez operací katarakty. Hladina významnosti se zvolila  $p < 0,01$ . Tímto testem se zjistí pravděpodobnost shody obou skupin.

Dále se u všech dárců sledovalo, jestli úbytek hustoty endotelových buněk klesá v závislosti s věkem. Tedy jsme si zvolili hypotézu druhou, která předpokládá  $H_2$ = Dárci staršího věku budou mít výrazně nižší hustotu endotelových buněk, než mladí dárci.

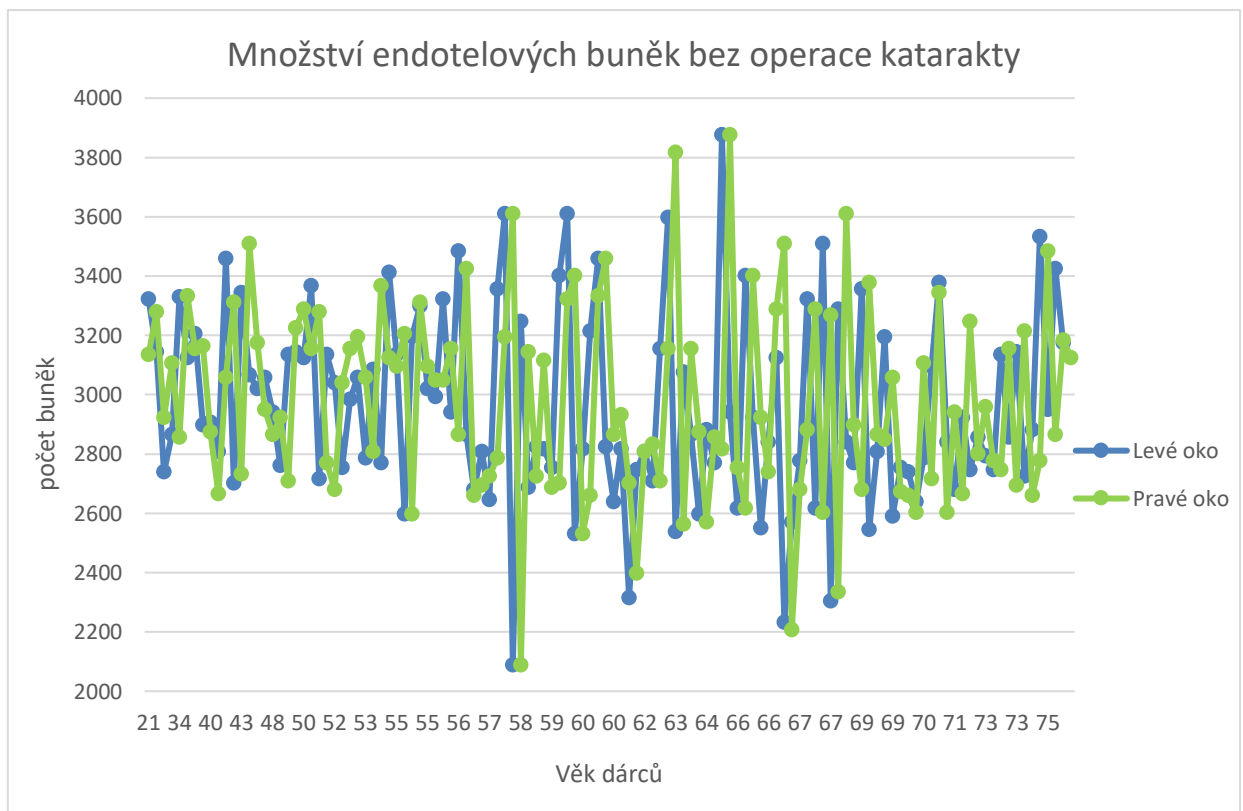
V poslední řadě budeme sledovat závislost úbytku endotelových buněk na čase odběru dárcovské tkáně (DPT). Tedy  $H_3$ = Se vzrůstajícím časem odběru klesá hodnota endotelových buněk. Čas se zaznamenával od vyjmutí štěpu, přes posouzení kvality tkáně po vložení do kultivačního média a uložení do tkáňové banky. V dnešní době stále není známo, zda čas přenosu dárcovské tkáně nějak ovlivňuje kvalitu štěpu a pokud by výsledky byli příznivé, mohly by ovlivnit celý postup odebrání rohovkové tkáně.

Tabulka 5.4: Průměrný čas odběru oční tkáně

| Oko   | Průměrný čas odběru tkáně DPT [hod] | Směrodatná odchylka [hod] | Minimum [hod] | Maximum [hod] |
|-------|-------------------------------------|---------------------------|---------------|---------------|
| OP+OL | 11                                  | $\pm 5,69$                | 0,75          | 23,5          |

## 6 Diskuse

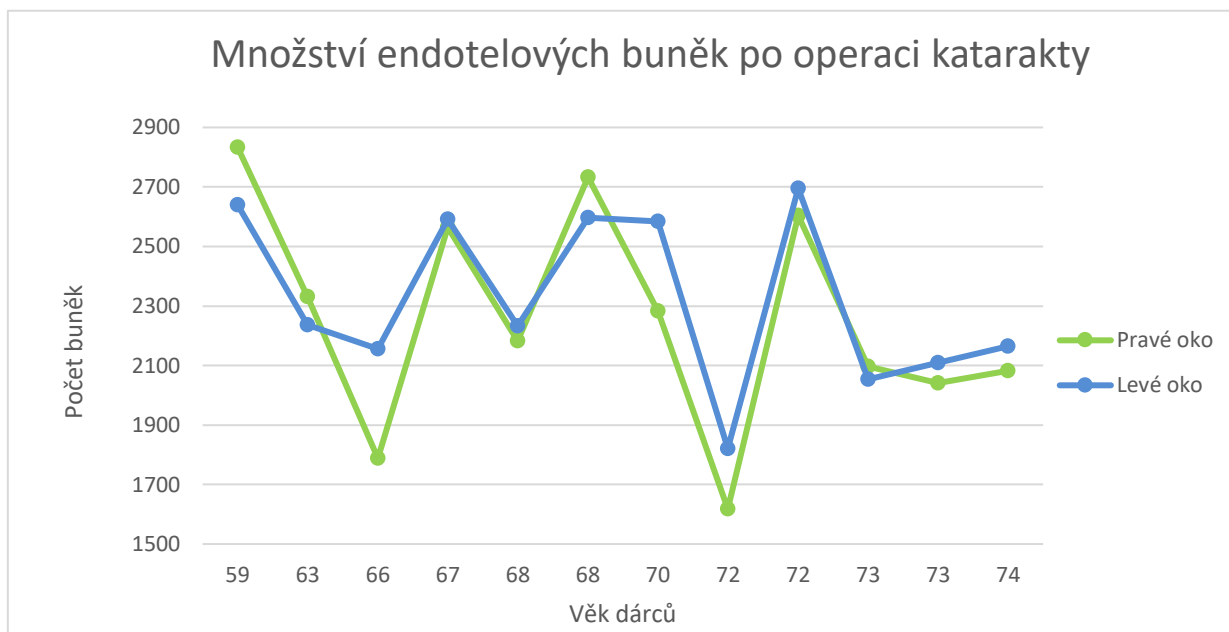
První hypotézou mé práce bylo zjistit, zda operace katarakty ovlivňuje pokles endotelových buněk nebo zda je tento úbytek zanedbatelný. Další hypotéza zjišťuje spojitost poklesu hustoty endotelových buněk se vzrůstajícím věkem a v poslední hypotéza sleduje pokles hustoty endotelových buněk v závislosti na délce odběru dárcovského štěpu.



Obrázek 6.1: Množství endotelových buněk bez operace katarakty

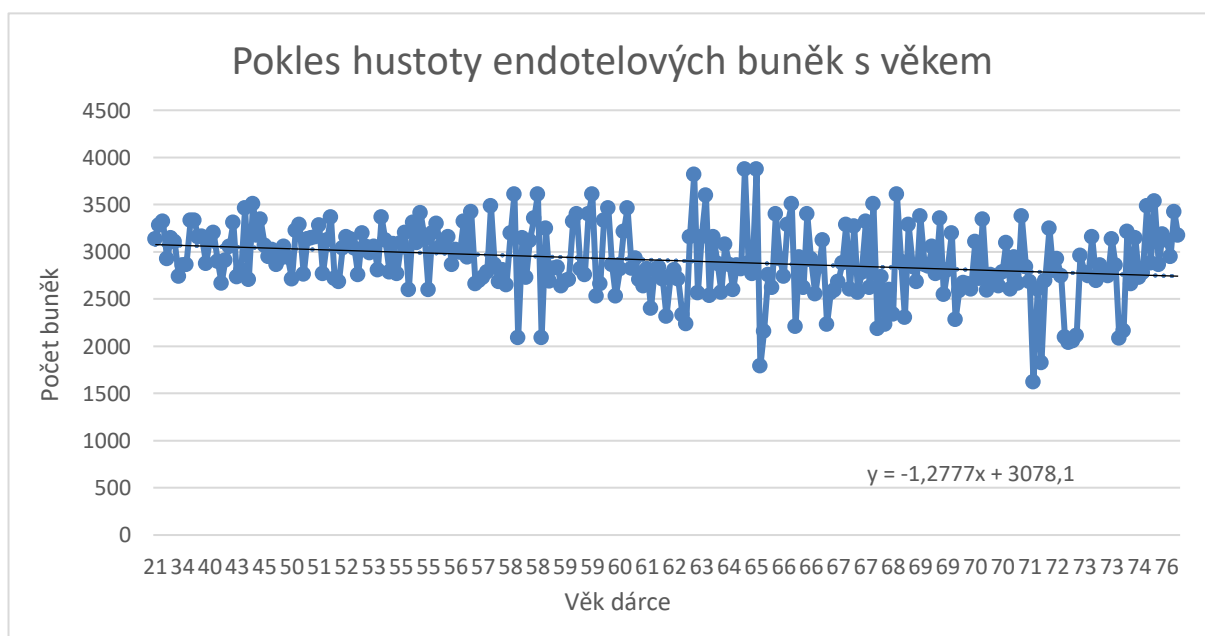
Na následujících grafech je znázorněna hustota endotelových buněk u dárců bez operace katarakty (obrázek číslo 6.1) a u dárců s operací katarakty (obrázek číslo 6.2). Kde průměrná hodnota endotelových buněk u zdravých rohovek je  $2921,58 \pm 337,58$  buněk/mm<sup>2</sup>. U odoperovaných rohovek je průměrná hodnota  $2293,16 \pm 318,03$  buněk/mm<sup>2</sup>. Tento pokles je poměrně značný v prospěch zdravých dárců bez katarakty.





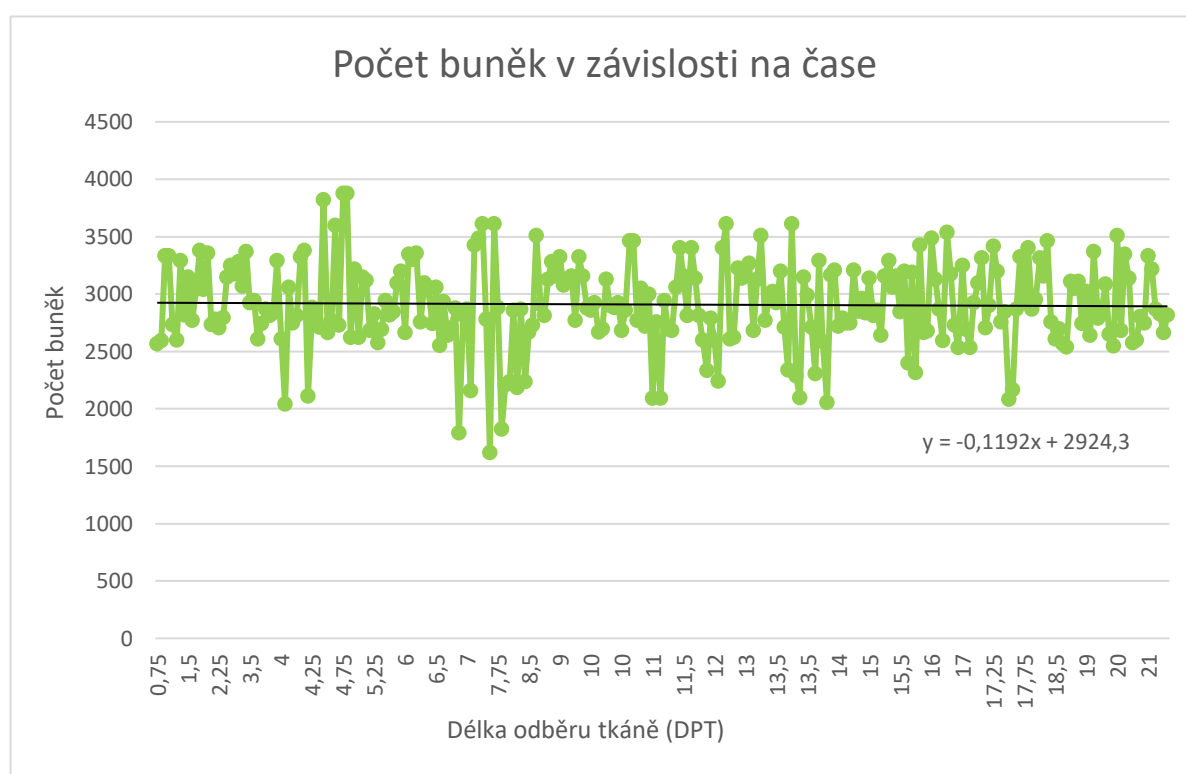
Obrázek 6.2: Množství endotelových buněk po operaci katarakty

Porovnávání hodnot hustoty endotelových buněk se provádělo pomocí párového T-testu, který porovnává dvě spolu nesouvisející skupiny. Hladinou významnosti se zvolilo  $p < 0,01$ . Párovým T-testem došlo k statisticky vysoce významnému rozdílu průměru počtů endotelových buněk mezi skupinami s operací katarakty a bez operace. Pravděpodobnost schody je  $2,13588E^{-10}$ , tudíž se hypotéza  $H_1$  potvrzuje. Díky tomuto testu se zjistilo, že operace katarakty opravdu nemá zanedbatelný vliv na hustotu endotelových buněk oka a tím se tedy zhoršuje celková kvalita dárcovského štěpu.



Obrázek 6.3: Pokles hustoty endotelových buněk s věkem

Dále se sledovalo, jestli je nějaká spojitost poklesu hustoty endotelových buněk se vzrůstajícím věkem. Z hodnot na obrázku číslo 6.3 a jeho spojnice trendu můžeme říci, že hustota endotelových buněk je mírně závislá na věku dárce. Z rovnice spojnice trendu, která je  $y = -1,2777x + 3078,1$ ; můžeme vypočítat přesnou závislost hustoty na věku. Za  $x$  dosazujeme věk dárce. Ten klesá s každým rokem o 1,27 buněk/mm<sup>2</sup> a za každých deset let průměrně o 12,68 buněk/mm<sup>2</sup>. Tato hodnota na celkový počet buněk je velice malá až skoro zanedbatelná, tudíž hypotézu H<sub>2</sub> můžeme vyvrátit. Samozřejmě každý jedinec je jiný a závisí spíše na jeho genetických předpokladech. Z grafu je však vidět, že největší korelace hodnot je mezi lety 65 a 66 a mírnější mezi lety 71 a 72.



Obrázek 6.4: Hustota endotelových buněk v závislosti na čase

Jako poslední se sledoval pokles hustoty endotelových buněk v závislosti na délce odběru dárcevého štěpu neboli DPT. Čas je počítán od smrti pacienta po odběr tkáně přes hodnocení a kontrolu až po dobu uchování. Zaznamenávaný čas je pro pravé i levé oko stejný a průměrná hodnota DPT je 11 hodin  $\pm 5,69$ . Z obrázku číslo 6.4 je vidět minimální pokles počtu buněk se vzrůstajícím časem. Rovnice spojnice trendu je  $y = -0,1192x + 2924,3$ . Kdy za  $x$  dosazujeme věk dárce. Za jednu hodinu klesne počet o 0,1 buňky/mm<sup>2</sup> a za každých deset hodin průměrně o jednu buňku/mm<sup>2</sup>.

Tedy můžeme konstatovat, že závislost počtu buněk na době odběru je skoro nulová a hypotéza H<sub>3</sub> byla vyvrácena. Délka odběru štěpu nijak významně hustotu endotelových buněk neovlivňuje.

V naší práci se tedy potvrdilo, že operace katarakty ovlivňuje a statisticky signifikantně snižuje počet endotelových buněk. Dále vyšlo, že pokles buněk s věkem je minimální a spíše záleží na každém jedinci a jeho genetických predispozicích. A v poslední řadě, pokles buněk odebraného štěpu nezávisí na čase odběru.

Výsledky této práce mě poměrně překvapily. Hlavně významný rozdíl hustoty endotelových buněk mezi zdravými a operovanými dárci, ten jsem opravdu nečekala tak vysoký. A naopak, že pokles buněk v závislosti na čase odběru dárcovské tkáně bude zanedbatelný. Tam jsem spíše očekávala mírný pokles. Na zpracování této práce mi připadala nejzajímavější experimentální část, kdy jsem docházela do Oční tkáňové banky Fakultní nemocnice Královské Vinohrady v Praze. Zde jsem procházela jednotlivé složky zemřelých dárců a dozvěděla jsem se spoustu zajímavých informací. Například jaká byla příčina úmrtí, čas a věk dárce. Dále výsledky serologických testů, zda je dárce vhodný k darování orgánů či parametry darované rohovky.

## 7 Závěr

Tato práce byla zaměřena na vliv operace katarakty na hustotu endotelových buněk rohovky. Cílem této práce bylo dokázat, že operace katarakty snižuje počet endotelových buněk rohovky a tím tak ovlivňuje kvalitu dárcovské tkáně.

V teoretické části mé práce je nejprve popsána anatomie a fyziologie a důležitost pro optický systém oka. Dále je v práci popsána anatomie čočky, definice katarakty a její příčiny a druhy a samotná operace katarakty a její techniky. V další kapitole je podrobně popsána transplantace rohovky neboli keratoplastika, která se provádí u pacientů s nízkou kvalitou vidění, kteří trpí patologiemi rohovky nebo v případě pacientů, u kterých už konzervativní léčba nezabírá. Dále je v práci popsán přísný výběr a posuzování vhodných dárcovských rohovek, jejich odběr, uchování a základní typy keratoplastik.

Cílem mé práce bylo potvrdit vliv operace katarakty na hustotu endotelových buněk. Statistickému zpracování pomocí Studentova T-testu vyšlo  $2,13588E^{-10}$ . Můžeme konstatovat, že operace katarakty statisticky signifikantně snižuje počet endotelových buněk. Tedy hypotéza  $H_1$  s hladinou významnosti  $p < 0,01$  se potvrdila. Dále předpokládaný pokles buněk s věkem, tedy hypotéza  $H_2$ , byla vyvrácena, díky velice malému poklesu  $1,27$  buněk/ $\text{mm}^2$  za rok. Tedy spíše záleží na genetických predispozicích každého jedince. Poslední hypotéza  $H_3$  byla opět vyvrácena. Tudíž se nijak významně neprokázal pokles buněk s prodlužujícím se časem odběru tkáně. Byl zjištěný pokles  $1$  buněk za  $10$  hodin, tedy zanedbatelný výsledek.

Vzhledem k výrazné prooperovanosti populace v České republice lze předpokládat, že počet dárců rohovek po operaci katarakty bude stoupat. Cílem očních tkáňových bank bude hledání nových metod pro přípravu rohovkových lamel i z dárců, kteří v minulosti prodělali operaci katarakty. Do budoucna lze předpokládat, že proběhlá operace katarakty už nebude kontraindikací k použití takovéto rohovky k lamelární transplantaci. Operativa katarakty zaznamenává v posledních letech výrazný pokrok, operace jsou čím dál tím šetrnější a úbytek endotelových buněk se snižuje. K tomu přispívají zejména nové fakoemulzifikační přístroje, které k odstranění katarakty používají stále méně ultrazvukové energie. Proto doufáme, že i rohovky po prodělané operaci katarakty budou vhodné k transplantaci jak perforující,

tak lamelární a množství nevyužitých tkání bude nadále klesat. Jedná se o „vzácné zdroje“, kterých si celá společnost musí extrémně vážit a snažit se je využít bezezbytku.

Ve světě už bylo publikováno mnoho prací o vlivu operace katarakty na endotel rohovky, ale téměř vždy byli zpracované z dat živých dárců po kataraktě. Nikdy z pohledu oční tkáňové banky a ze zpracovaných dat zemřelých dárců rohovkových tkání. Také doufáme, že jako první práce tohoto typu v České republice, bude v budoucnu sloužit pro další statistická zpracování.

## Seznam použité literatury

- [1] EFRON, Nathan. *Contact lens practice*. Third edition. Edinburgh: Elsevier, 2017, s. 10-15. ISBN 978-0-7020-6660-3.
- [2] AUTRATA, Rudolf a Jana ČERNÁ. *Nauka o zraku*. Vyd. 1. - dotisk. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2006, 18, 158-164. ISBN 80-7013-362-7.
- [3] VLKOVÁ, Eva, František VLK a Šárka PITROVÁ. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. Brno: František Vlk, 2008, 212-224, 236-237, 426-430, 518-519. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [4] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2016, s. 586-587. ISBN 978-80-247-5636-3.
- [5] JIRSOVÁ, Kateřina. *Příprava rohovky pro transplantaci: historie, současnost, budoucnost*. Praha: Karolinum, 2013, s. 11-23, 45-56. ISBN 978-80-246-2364-1.
- [6] KUČHYŇKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007, 208-209, 240-243. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [7] INSTITUT OFTALMOLOGIE ASSISI. *Transplante de Cornea. Institut de oftalmologie de Assisi* [online]. Rua Mauá, Brazílie, 2006, 2017 [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://ioa.com.br/cirurgias/transplante-de-cornea/>
- [8] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, c2006, 190-191, 219-229. ISBN 80-7262-404-0.
- [9] HORNOVÁ, Jana. *Oční propedeutika*. Praha: Grada Publishing, 2011, s. 40-43. ISBN 978-80-247-4087-4.
- [10] VILÍMOVSKÝ, Michal. Šedý zákal: příčiny, příznaky, diagnostika a léčba. *MEDLICKER* [online]. 19.4.2014 [cit. 2018-01-08]. Dostupné z: <https://cs.medlicker.com/382-sedy-zakal-priciny-priznaky-diagnostika-a-lecba>

- [11] FORT WORTH EYE ASSOCIATES. Cataract Surgery FAQs – Frequently Asked Questions. *Fort Worth Eye Associates* [online]. 5000 Collinwood Avenue Fort Worth, TX 76107: Fort Worth Office, 2018, 2018 [cit. 2018-04-26].
- [12] SOUČASNÉ TRENDY V CHIRURGII KATARAKTY. *Zdravi.euro.cz: Postgraduální medicína* [online]. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 3. LF a FNKV, Oční klinika, 2002, 8.10.2002 [cit. 2018-01-08]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/soucasne-trendy-v-chirurgii-katarakty-148699>
- [13] SAHU, P.K a kol. Comparative Evaluation of Corneal Endothelium in Diabetic Patients Undergoing Phacoemulsification. *PubMed - NCBI* [online]. Department of Ophthalmology, UCMS and GTB Hospital, New Delhi, India, 2017, listopad - prosinec 2017 [cit. 2018-04-07]. DOI: 10.4103/meajo.MEAJO\_212\_16. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29422754>
- [14] DR. MEHRA, Priyanka a DR. VERMA Rajendra Kumar. Evaluation of corneal endothelial cell loss in different grades of nucleus during phacoemulsification. *International Journal of Medical Research and Review* [online]. Department of Ophthalmology, affiliated with R.N.T. Medical College and Hospital, Udaipur, Rajasthan, India, 2015, 25. listopadu 2015 [cit. 2018-04-06]. DOI: 10.17511/ijmrr.2015.i10.204. Dostupné z: <http://medresearch.in/index.php/IJMRR/article/view/404/1460>
- [15] STĂNILĂ, Dan-Mircea a kol. Endothelial cells loss to the hyperopic patients during phacoemulsification. *PubMed - NCBI* [online]. Department of Ophthalmology, Clinical Emergency Hospital Sibiu, Sibiu, Romania, 2017, listopad - prosinec 2017 [cit. 2018-04-06]. DOI: 29516044. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29516044>
- [16] TERRY, M.A a kol. Endothelial keratoplasty: the influence of preoperative donor endothelial cell densities on dislocation, primary graft failure, and 1-year cell counts. *PubMed- NCBI* [online]. Devers Eye Institute, Portland, OR 97210, USA: Devers Eye Institute, 2008, prosinec 2008 [cit. 2018-04-12]. DOI: 10.1097/ICO.0b013e3181814cbc. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19034127>
- [17] TRANSPLANTACE ROHOVKY-KERATOPLASTIKA. *Lékaři-online.cz*. [online]. In: . 29.6.2008 [cit. 2017-12-15]. Dostupné z: <http://www.lekari-online.cz/ocni-lekarstvi/zakroky/transplantace-rohovky-keratoplastika>

- [18] MUDr. SIVEKOVÁ, Deli. *Možnosti lamelární transplantace rohovky* [online]. In: . Oftalmologická klinika FNKV, Praha, s. 81-82 [cit. 2018-01-04]. Dostupné z: [http://www.address.cz/data/www.sanquis.cz/articles/files/76\\_moznost\\_lamelarni\\_transplantace.pdf](http://www.address.cz/data/www.sanquis.cz/articles/files/76_moznost_lamelarni_transplantace.pdf)
- [19] VLKOVÁ, Eva, TRNKOVÁ V. a MICHALCOVÁ L. *Keratoplastika* [online]. In: . Oftalmologická klinika FN Brno. Bohunice: Michalcová L., Trnková V., Vlková E., 2003, 16. 9. 2003, 5-7, 16, 20-21 [cit. 2017-12-17]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/1411/jaro2014/VLOL7X1/um/Keratoplastika.pdf>
- [20] BOREŠOVÁ, Hana a VÁVROVÁ, Lenka. *Zdravi.euro.cz: sestra.cz* [online]. Keratoplastika. Klinika nemocí očních a optometrie FN u sv. Anny, Brno, 2007, 10.5.2007 [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra/keratoplastika-transplantace-rohovky-305674>
- [21] KERATOPLASTIKA – INDIKACE A KONTRAINDIKACE. *Medmomsis.com* [online]. Med mom, 2017, 27.11.2017 [cit. 2018-01-08]. Dostupné z: <http://medmomsis.com/cs/pages/1068156>
- [22] DR. BENEDETTI, Carlo. Keratokonusa: Váš oftalmolog. *Dr. Carlo Benedetti* [online]. Terni - Via Cesare Battisti, Itálie, 2012, 12. října 2012 [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <http://www.carlobenedetti.it/sl/occhio-cheratocono/>
- [23] SLÁDKOVÁ, Jaroslava. *Medicina- odborné fórum lékařů a farmaceutů: veřejné zdravotnictví, medicína 11/ VII* [online]. 20.12.2000, **2000**(11), strana 3 [cit. 2018-01-08]. Dostupné z: [http://www.zdrava-rodina.cz/med/med1100/med1100\\_5.html](http://www.zdrava-rodina.cz/med/med1100/med1100_5.html)
- [23] KRABCOVÁ, MUDr. Ivana. *Zavedení nových postupů přípravy a uchování tkání pro transplantace v očním lékařství*. Praha, 2013, s. 26-32, 49, Disertační práce, Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Biologie a patologie buňky. Vedoucí práce Mgr. Kateřina Jirsová, Ph.D.
- [24] OTB FNKV, Praha. Příprava tkáně pro transplantace. *Oční tkáňová banka VFN a 1. LF UK* [online]. 2011, 13. ledna 2011, 8 [cit. 2017-12-27]. Dostupné z: [www.vfn.cz/priloha/4d2dba6f16193/priprava-tkani-pro-transplantace.pdf](http://www.vfn.cz/priloha/4d2dba6f16193/priprava-tkani-pro-transplantace.pdf)



- [25] STRAPINOVÁ, Hana. *Ošetrovatelská perioperační péče o pacienta při transplantaci rohovky*. Olomouc, 2012, s. 19-21, Bakalářská práce, Univerzita Palackého, Fakulta zdravotnických věd, Ústav ošetrovatelství. Vedoucí práce Doc. MUDr. Zuzana Hlinomazová.
- [26] MUDr. PALEČKOVÁ, Hana. Interní předoperační vyšetření. : *Diabetologická a interní ambulance* [online]. 2011 [cit. 2018-01-08]. Dostupné z: [http://www.diabetologiept.cz/pages/interni\\_predoperacni\\_vysetreni/custom\\_page.htm?execution=e1s1](http://www.diabetologiept.cz/pages/interni_predoperacni_vysetreni/custom_page.htm?execution=e1s1)
- [27] NAVA-CASTAÑEDA M.D., Angel. Duration of Botulinum Toxin Effect in the Treatment of Crocodile Tears. *ResearchGate* [online]. Instituto de Oftalmología, Fundación Conde de Valenciana, 2006, listopad 2006, (22(6):453-6) [cit. 2018-05-17]. DOI: 10.1097/01.iop.0000244515.07925.99. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/6681074\\_Duration\\_of\\_Botulinum\\_Toxin\\_Effect\\_in\\_the\\_Treatment\\_of\\_Crocodile\\_Tears?\\_sg=eWeE3e4uYCh6mn0pNXswQHc7Yq2iBm63gBp1A0PpmnX4BMc6X6Dzzqv3FkjJPA3AdyPiVY8I6A](https://www.researchgate.net/publication/6681074_Duration_of_Botulinum_Toxin_Effect_in_the_Treatment_of_Crocodile_Tears?_sg=eWeE3e4uYCh6mn0pNXswQHc7Yq2iBm63gBp1A0PpmnX4BMc6X6Dzzqv3FkjJPA3AdyPiVY8I6A)
- [28] DR. JOSHI, Mukesh. Keratoplasty (Corneal Transplant). *Laser eye centre: Time tested quality eye care*[online]. Sarit Center, 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://lasereyeffrica.com/service/corneal-transplant-keratoplasty/>
- [29] HANUŠ a KRAUS. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada Publishing, 1997, s. 341. ISBN 80-716-9079-1.
- [30] PRAMANIK, MD MBA, Dr. Sudeep. *Mid Atlantic Cornea Consultants* [online]. 6569 N Charles St, GBMC Pavilion West # 505, Towson, MD 21204, 3017 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.midatlanticcornea.com/services/corneal-transplants/dmek/>
- [31] KWON, J.W a kol. Analyses of Factors Affecting Endothelial Cell Density in an Eye Bank Corneal Donor Database. *PubMed - NCBI* [online]. Department of Ophthalmology, Myongji Hospital, Seonam University College of Medicine, Goyang, Korea, 2016, srpen 2016 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1097 / ICO.0000000000000921. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27310882>

## Seznam symbolů a zkratk

### Seznam symbolů

| Symbol | Jednotka              | Význam                     |
|--------|-----------------------|----------------------------|
| ECD    | Buňka/mm <sup>2</sup> | Hustota endotelových buněk |
| DPT    | Hod                   | Death to preservation time |

### Seznam zkratk

| Zkratka | Význam  |
|---------|---|
| Dpt     | Dioptrie  |
| NOČ     | Nitrooční čočka   |
| CXL     | Kerato cross-linking                                    |
| PK      | Perforing keratoplasty                                  |
| ALK     | Anterior lamelar keratoplasty                           |
| DSAEK   | Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty |
| DMEK    | Descemet's membrane endothelial keratoplasty            |
| OP      | Oko pravé   |
| OL      | Oko levé  |

## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 2.1: Příčný řez rohovkou [5] .....  | 3  |
| Obrázek 2.2: Postupné poškození buněk endotelu [7] .....                              | 5  |
| Obrázek 3.1: Porovnání zdravého a zakaleného oka-upraveno [11] .....                  | 7  |
| Obrázek 4.1: Keratokonus [22] .....   | 15 |
| Obrázek 4.2: Uchovávání v hypotermických podmínkách a v tkáňových kulturách [5] ..... | 19 |
| Obrázek 4.3: Ukázka Schirmerova testu [27] .....                                      | 21 |
| Obrázek 4.4: Schéma rohovkového terče [28] .....                                      | 22 |
| Obrázek 4.5: Vyjmutí rohovky v celé své tloušťce [29] .....                           | 22 |
| Obrázek 4.6: Grafické schéma big-bubble techniky [18] .....                           | 24 |
| Obrázek 4.7: Typy zadních lamelárních keratoplastik – upraveno [30] .....             | 25 |
| Obrázek 5.1: Věkové zastoupení všech zaznamenaných dárců .....                        | 27 |
| Obrázek 5.2: Procentuální zastoupení zdravých a odoperovaných rohovek .....           | 28 |
| Obrázek 6.1: Množství endotelových buněk bez operace katarakty .....                  | 31 |
| Obrázek 6.2: Množství endotelových buněk po operaci katarakty .....                   | 32 |
| Obrázek 6.3: Pokles hustoty endotelových buněk s věkem .....                          | 32 |
| Obrázek 6.4: Hustota endotelových buněk v závislosti na čase .....                    | 33 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 2.1: Rozměry rohovky a související parametry [1] .....                       | 2  |
| Tabulka 5.1: Rozdělení operovaných a neoperovaných dárců .....                       | 28 |
| Tabulka 5.2: Průměrné hodnoty hustoty endotelových buněk zdravých rohovek .....      | 29 |
| Tabulka 5.3: Průměrné hodnoty hustoty endotelových buněk odoperovaných rohovek ..... | 29 |
| Tabulka 5.4: Průměrný čas odběru oční tkáně .....                                    | 30 |

## Příloha A: Data dárců bez operace katarakty

| Věk | PO   | LO           | Operace katarakty | DPT (hod) |
|-----|------|--------------|-------------------|-----------|
| 21  | 3135 | znehodnocena | NE                | 9         |
| 23  | 3279 | 3322         | NE                | 9         |
| 24  | 2924 | 3145         | NE                | 13,5      |
| 27  | 3106 | 2740         | NE                | 19        |
| 34  | 2857 | 2865         | NE                | 8,25      |
| 38  | 3333 | 3330         | NE                | 1         |
| 40  | 3155 | 3125         | NE                | 10        |
| 40  | 3165 | 3205         | NE                | 13,75     |
| 40  | 2874 | 2899         | NE                | 10        |
| 41  | 2667 | 2907         | NE                | 8,5       |
| 43  | 3058 | 2809         | NE                | 11,5      |
| 43  | 3311 | 3460         | NE                | 18,25     |
| 43  | 2732 | 2703         | NE                | 2,25      |
| 45  | 3509 | 3344         | NE                | 20        |
| 45  | 3175 | 3067         | NE                | 3         |
| 46  | 2950 | 3021         | NE                | 13,25     |
| 48  | 2865 | 3058         | NE                | 4         |
| 48  | 2924 | 2941         | NE                | 3,5       |
| 50  | 2710 | 2762         | NE                | 4,5       |
| 50  | 3226 | 3135         | NE                | 12,75     |
| 50  | 3289 | 3145         | NE                | 1,5       |
| 51  | 3155 | 3125         | NE                | 13        |
| 51  | 3279 | 3367         | NE                | 3         |
| 51  | 2770 | 2717         | NE                | 10,75     |
| 52  | 2681 | 3135         | NE                | 20        |
| 52  | 3040 | 3040         | NE                | 2         |
| 52  | 3155 | 2755         | NE                | 18,25     |
| 53  | 3195 | 2985         | NE                | 13,5      |
| 53  | 3058 | 3058         | NE                | 6,5       |
| 54  | 2809 | 2786         | NE                | 12        |
| 54  | 3367 | 3086         | NE                | 19,5      |
| 54  | 3125 | 2770         | NE                | 9,5       |
| 55  | 3096 | 3413         | NE                | 17,25     |
| 55  | 3205 | 3135         | NE                | 15        |
| 55  | 2597 | 2597         | NE                | 12        |
| 55  | 3311 | 3197         | NE                | 17,25     |
| 55  | 3096 | 3300         | NE                | 6         |
| 56  | 3049 | 3021         | NE                | 19        |
| 56  | 3049 | 2994         | NE                | 10,75     |
| 56  | 3156 | 3322         | NE                | 9,5       |

|    |      |              |    |       |
|----|------|--------------|----|-------|
| 56 | 2865 | 2941         | NE | 17,75 |
| 57 | 3425 | 3484         | NE | 7,5   |
| 57 | 2660 | 2865         | NE | 16    |
| 57 | 2695 | 2681         | NE | 11,25 |
| 57 | 2725 | 2809         | NE | 8,5   |
| 57 | 2786 | 2646         | NE | 19,5  |
| 58 | 3195 | 3356         | NE | 6     |
| 58 | 3610 | 3610         | NE | 7,75  |
| 58 | 2088 | 2088         | NE | 11    |
| 58 | 3145 | 3247         | NE | 2,5   |
| 58 | 2725 | 2688         | NE | 17    |
| 58 | 3115 | 2825         | NE | 5,25  |
| 59 | 2688 | 2817         | NE | 5,75  |
| 59 | 2703 | 2755         | NE | 17,25 |
| 59 | 3322 | 3401         | NE | 17,75 |
| 59 | 3401 | 3610         | NE | 12,25 |
| 60 | 2532 | 2532         | NE | 17    |
| 60 | 2660 | 2817         | NE | 23,5  |
| 60 | 3333 | 3215         | NE | 21    |
| 60 | 3460 | 3460         | NE | 10,5  |
| 60 | 2865 | 2825         | NE | 21,5  |
| 61 | 2933 | 2639         | NE | 6,75  |
| 61 | 2703 | 2817         | NE | 7     |
| 62 | 2398 | 2315         | NE | 15,75 |
| 62 | 3115 | znehodnocena | NE | 7     |
| 62 | 2809 | 2747         | NE | 4     |
| 62 | 2833 | 2809         | NE | 4     |
| 62 | 2710 | 2710         | NE | 13,5  |
| 63 | 3155 | 3155         | NE | 15,5  |
| 63 | 3817 | 3597         | NE | 4,5   |
| 63 | 2564 | 2538         | NE | 18,75 |
| 64 | 3155 | 3077         | NE | 9     |
| 64 | 2874 | 2865         | NE | 7     |
| 64 | 2571 | 2597         | NE | 20,5  |
| 65 | 2857 | 2882         | NE | 10    |
| 65 | 2817 | 2770         | NE | 1,5   |
| 65 | 3876 | 3876         | NE | 4,75  |
| 66 | 2755 | 2941         | NE | 11    |
| 66 | 2618 | 2618         | NE | 5     |
| 66 | 3401 | 3401         | NE | 11,5  |
| 66 | 2924 | 2924         | NE | 10    |
| 66 | 2740 | 2551         | NE | 6,5   |
| 66 | 3289 | 2841         | NE | 15,5  |
| 66 | 3509 | 3125         | NE | 8,5   |
| 66 | 2208 | 2232         | NE | 8     |

|    |      |      |    |       |
|----|------|------|----|-------|
| 67 | 2681 | 2571 | NE | 5,25  |
| 67 | 2882 | 2778 | NE | 4,25  |
| 67 | 3289 | 3322 | NE | 4     |
| 67 | 2604 | 2618 | NE | 12,5  |
| 67 | 3268 | 3509 | NE | 13    |
| 68 | 2336 | 2304 | NE | 13,5  |
| 68 | 3610 | 3289 | NE | 13,5  |
| 68 | 2899 | 2841 | NE | 17,25 |
| 69 | 2681 | 2770 | NE | 13    |
| 69 | 3378 | 3356 | NE | 2     |
| 69 | 2865 | 2545 | NE | 19,5  |
| 69 | 2849 | 2809 | NE | 15    |
| 69 | 3058 | 3195 | NE | 15,5  |
| 70 | 2674 | 2591 | NE | 16    |
| 70 | 2660 | 2755 | NE | 6     |
| 70 | 2604 | 2740 | NE | 3,75  |
| 70 | 3106 | 2639 | NE | 19    |
| 70 | 2717 | 2786 | NE | 14    |
| 70 | 3344 | 3096 | NE | 6     |
| 71 | 2604 | 3378 | NE | 4     |
| 71 | 2941 | 2841 | NE | 5,75  |
| 71 | 2667 | 2681 | NE | 10    |
| 72 | 3247 | 2924 | NE | 17    |
| 72 | 2801 | 2747 | NE | 20,75 |
| 73 | 2959 | 2857 | NE | 15    |
| 73 | 2778 | 2793 | NE | 2,25  |
| 73 | 2747 | 2747 | NE | 14,5  |
| 73 | 3155 | 3135 | NE | 11,5  |
| 73 | 2695 | 2857 | NE | 10    |
| 74 | 3215 | 3145 | NE | 5     |
| 74 | 2660 | 2725 | NE | 4,5   |
| 75 | 2778 | 2882 | NE | 7,75  |
| 75 | 3484 | 3534 | NE | 16    |
| 76 | 2865 | 2950 | NE | 18    |
| 76 | 3185 | 3425 | NE | 15,75 |
| 76 | 3125 | 3175 | NE | 16    |

## Příloha B: Data dárců po operaci katarakty

| Věk | PO   | LO   | Jizva ANO | DPT (hod) |
|-----|------|------|-----------|-----------|
| 59  | 2833 | 2639 | ANO       | 15        |
| 63  | 2331 | 2237 | ANO       | 12        |
| 66  | 1789 | 2155 | ANO       | 7         |
| 67  | 2564 | 2591 | ANO       | 0,75      |
| 68  | 2183 | 2232 | ANO       | 8,25      |
| 68  | 2732 | 2597 | ANO       | 1,25      |
| 70  | 2283 | 2584 | ANO       | 13,5      |
| 72  | 1618 | 1821 | ANO       | 7,75      |
| 72  | 2604 | 2695 | ANO       | 18,5      |
| 73  | 2096 | 2053 | ANO       | 13,5      |
| 73  | 2041 | 2110 | ANO       | 4         |
| 74  | 2083 | 2165 | ANO       | 17,5      |