

Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

Katedra optiky

Refrakční operace u myopického oka

Bakalářská práce

VYPRACOVAL:

Ondřej Augusta

obor 5345R008 OPTOMETRIE

studijní rok 2011/2012

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

KONZULTANT BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

MUDr. Martin Šín

### **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Mgr. Františka Pluháčka a MUDr. Martina Šína za použití literatury uvedené v závěru.

V Olomouci dne 9.5.2012

.....  
Ondřej Augusta

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval RNDr. Mgr. Františku Pluháčkovi a MUDr. Martinu Šínovi za čas strávený nad mojí bakalářskou prací a za jejich cenné rady.

## Obsah

1 Úvod.....	6
2 Anatomie rohovky.....	7
3 Myopie.....	10
4 Historie refrakční chirurgie zaměřené na myopii.....	12
4.1 První operace myopie.....	12
4.2 Vývoj keratotomie.....	13
4.3 Využití excimerového laseru a metoda PRK.....	13
4.4 Vývoj metody LASIK.....	14
4.5 Vývoj fakických nitroočních čoček.....	14
5 Předoperační péče o pacienta.....	15
5.1 Předoperační vyšetření.....	15
5.2 Příprava pacienta na operaci.....	19
6 Přehled refrakčních metod a jejich moderní trendy.....	20
6.1 Excimer laser a fotoablace.....	20
6.2 PRK.....	21
6.3 LASEK.....	24
6.4 Epi-LASIK.....	26
6.5 LASIK.....	27
6.6 FemtoLASIK.....	30
6.7 Wavefront-guided PRK a LASIK.....	31
6.8 Radiální keratotomie.....	33
6.9 Rohovkové implantáty – segmenty.....	34
6.10 Fakická nitrooční čočka.....	36

6.11 Refrakční lensektomie.....	38
7 Srovnání jednotlivých metod refrakční chirurgie myopie.....	39
7.1 Srovnání laserových refrakčních metod.....	39
7.2 Srovnání laserových a nelaserových refrakčních metod.....	41
8 Refrakční chirurgie a aberace vyšších řádů.....	42
9 Závěr.....	44
Seznam použitých zdrojů.....	45

# 1 Úvod

Zrak je velmi důležitý smysl. Pomáhá nám vnímat světlo, rozlišovat barvy, orientovat se v prostoru, rozpoznávat lidi, místa a věci. Jednoduše řečeno zrak zprostředkovává většinu získaných informací. V případě, že člověka postihne refrakční vada, je tato schopnost podle míry postižení omezena.

Refrakční vada s menším či větším počtem dioptrií způsobuje neostře, rozmazané vidění a zrakový komfort není tak pohodlný jako je tomu u emetropického oka. Tyto potíže můžeme korigovat několika způsoby – brýlová korekce, korekce pomocí kontaktních čoček a refrakční chirurgie. Každá z těchto možností korekce také ovšem své nevýhody. Brýlová korekce není vhodná na sport a její obruba překáží v zorném poli. O kontaktní čočky se musí člověk pravidelně starat a pečlivě dbát na hygienu. U refrakční chirurgie je několik možností korigovat dioptrickou vadu, ale u každé z nich je riziko nepřesného provedení operace a pooperačních komplikací.

Korekce refrakčních vad pomocí chirurgie patří mezi novodobé trendy. Její techniky se neustále zlepšují, používané stroje a mechanismy se zdokonalují a tím se refrakční chirurgie stává spolehlivější. Díky modernizaci refrakční chirurgie se snižuje i riziko pooperačních komplikací. To je také důvod, proč stále více pacientů využívá možnosti refrakční chirurgie.

Tato bakalářská práce směřuje k vytvoření přehledu refrakčních operací na myopickém oku. Refrakční operace nejvíce na oku ovlivňují rohovku. Pro lepší pochopení chirurgických zákroků na rohovce bude v práci zařazena podrobná anatomie rohovky. Čtenář se také seznámí s definicí myopického oka a jeho charakteristikami. Dále bude následovat přehled jednotlivých operací využívaných právě pro myopické oko, jejich historii a moderní trendy. Na závěr bude pozornost věnována srovnání jednotlivých operačních zákroků a aberacím vyšších řádů.

## **2 Anatomie rohovky**

Rohovka zaujímá 1/6 povrchu oka. Představuje přední a více zakřivenou část očního bulbu. Její horizontální průměr je 12 mm a vertikální 11 mm. Poloměr zakřivení se u rohovky rovná 7 – 8 mm. Její barva je zcela průhledná a neobsahuje žádné cévy, protože by přes cévy nebylo vidět. Zato obsahuje velké množství nervových zakončení. Její zevní okraj tvoří limbus corneae, který pokračuje jako bělima. Lomivost rohovky je způsobena tím, že rohovka tvoří hranici mezi vzduchem a komorovou vodou. Centrální tloušťka rohovky je 0,6 mm a periferní tloušťka asi 1 mm. Rohovka je tvořená z pěti vrstev (epitel, Bowmanova membrána, stroma, Descemetova membrána, endotel).

### **Epitel**

Epitel tvoří vrchní vrstvu rohovky. Je tvořen mnohvrstevným dlaždicovým epitelem, který má pět vrstev epitelových buněk. Vnitřní část epitelu je tvořena vysokými prizmatickými buňkami. Epitel rohovky nerohovotí a má vysokou schopnost regenerace.

### **Bowmanova membrána**

Bowmanova membrána má ostré ohraničení směrem k epitelu, ale splývá se stromatem rohovky na vnitřní straně. Tato membrána nemá schopnost regenerace.

### **Stroma**

Rohovkové stroma je tvořeno svazečky kolageních vláken, které se ve všech směrech kříží. Kolem limbu jsou vlákna uložena radiálně, ale uprostřed rohovky vlákna křížením tvoří hustou síťovinu. Kolagenní vlákna jsou tvořena jemnými fibrilami, které mají pravidelnou tloušťku a mezi sebou pravidelnou vzdálenost, tudíž tvoří mřížku. Díky této mřížce nejsou světelné paprsky, které procházejí rohovkou, ovlivňovány.

Průhlednost rohovky je způsobena obsahem vody mezi kolageními vlákny. Aby se průhlednost rohovky zachovala, musí se udržovat obsah vody kolem 80 %. Při zvýšení obsahu vody se rohovka zakalí.

### **Descemetova membrána**

Descemetova membrána je tenká elastická vrstva, protože je tvořena elastickými vlákny. Tato vrstva je odolná vůči infekcím a poraněním. Descemetova membrána přechází v periferní části do duhovkorohovkového úhlu a ze stromatem je ostře ohraničena.

### **Endotel**

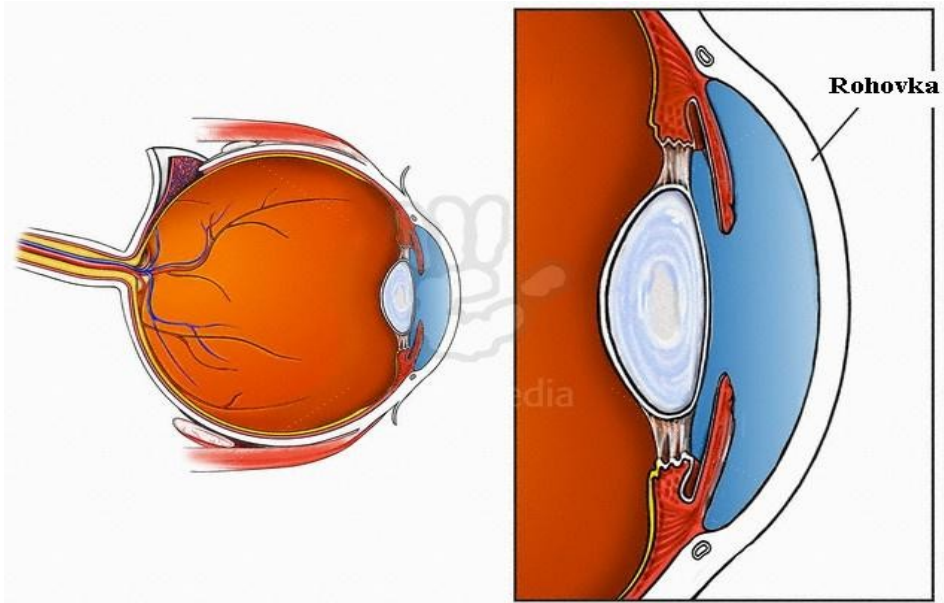
Endotel je tvořen jednou vrstvou polygonálních buněk. Tyto buňky jsou rozprostřeny velmi řídky. Při narození je jejich počet až 5 000 buněk na 1 mm<sup>2</sup>, ale tento počet s přibývajícím věkem rapidně klesá. Jestliže počet polygonálních buněk klesne pod 500 buněk na 1 mm<sup>2</sup>, může dojít k edému rohovky.

### **Výživa a nervové zásobení rohovky**

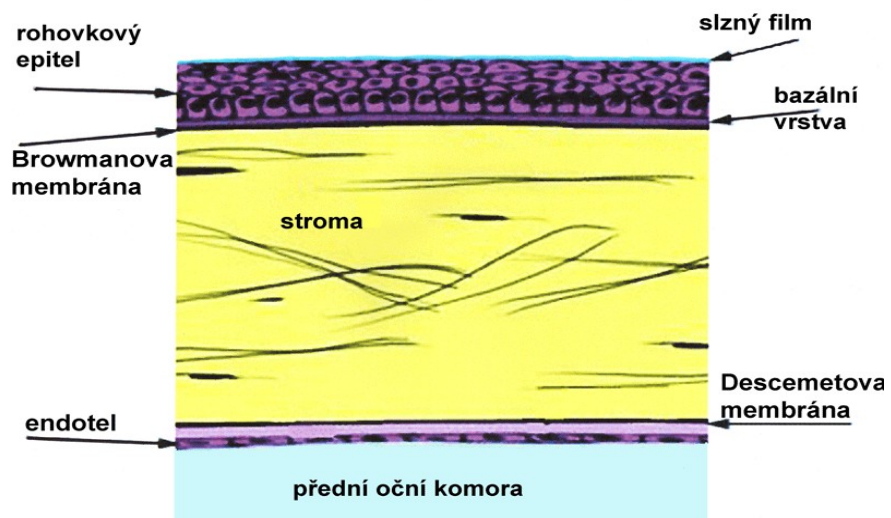
Výživu rohovky zajišťují hlavně slzy a komorová voda. Komorová voda zásobuje rohovku glukózou a slzy přivádějí kyslík. Rohovku mohou vyživovat také cévní kličky v oblasti limbu.

Rohovka představuje nejcitlivější tkáň lidského těla, protože obsahuje velké množství nervových vláken. Většina epitlových buněk má vlastní nervové vlákno. Zakončení nervových vláken je většinou volné. Síť nervových vláken doplňují nervová vlákna z oblasti limbu. [1, 2]





Obr. 1 Rohovka [3]



Obr. 2 Řez rohovkou [4]

### **3 Myopie**

Myopie neboli krátkozrakost je refrakční vada, při které se ohnisko rovnoběžných paprsků vstupujících do oka nachází před sítnicí. Je způsobena nadměrným růstem oka, změnami indexů lomu s věkem, nadměrným namáháním zraku nebo špatným osvětlením. Myopie ale může být také důsledkem různých chorob, úrazů a léků.

#### **Příčiny**

Jsou uváděny tři druhy příčin myopie. Většina myopií je způsobena větší vzdáleností předního a zadního pólu oka. Dále pak známe myopii osovou, u které jsou jiné radiusy optické soustavy než u emetropického oka. Jako třetí stav myopického oka máme myopii indexovou a to jsou zase odlišné indexy lomu jednotlivých lámavých ploch v oku.

#### **Symptomy**

Myopie se projevuje mlhavým a rozmazaným viděním do dálky, ale naopak ostrým viděním do blízka. Myop má posunutý daleký bod do konečné vzdálenosti před okem a bez korekce skoro nevyužívá akomodace. Často se myopie projevuje přivíráním očí, exoftalmem nebo širšími zornicemi. Progresivní formy zahrnují ztenčení skléry, odchlípení sítnice nebo zkapalnění sklivce.

#### **Klasifikace**

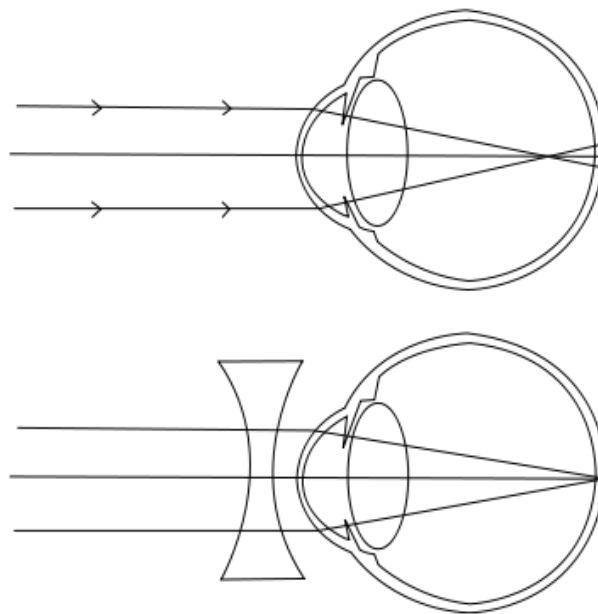
Myopii dělíme na lehkou (simplex) do této skupiny se řadí vady od  $-0,25$  do  $-3,0$  dioptrií. Myopie střední (modica) zahrnuje vady od  $-3,25$  do  $-6,0$  dioptrií. Dalším typem je myopie těžká (gravis), do které se řadí vady nad  $-6,0$  dioptrií. Myopie nad  $-10$  dioptrií jsou většinou doprovázeny dalšími změnami v oku.

## Druhy myopie

**Myopie intermedialis**, jejíž příznaky jsou zvětšování bulbu, narůstá až do - 10,0 dioptrií. Zastavuje se kolem dvacátého roku života.

**Myopie progressiva** neboli patologická myopie se projevuje rychlým narůstáním minusových dioptrií, což může představovat až - 4 dioptrie za jeden rok. U této myopie se ale projevuje i degenerativní onemocnění sklivce a cévnatky. K zastavení progresu dochází kolem dvacátého až třicátého roku života. Tato myopie může dosahovat - 10,0 až - 30,0 dioptrií.

**Vrozená myopie**, jak už to je zřejmé z názvu, se projevuje hned po narození a dosahuje hodnot kolem - 10,0 dioptrií. [5, 6]



Obr. 3 Myopické oko bez korekce a s korekcí [7]

## 4 Historie refrakční chirurgie zaměřené na myopii

Začátky refrakční chirurgie se datují do roku 1890, kdy provedl doktor Fukala historicky nejstarší operaci v oftalmologii a to vyjmutí čiré čočky z oka. Tato čočka ale nebyla tehdy nahrazena. Komplikace této metody zahrnovaly glaukom, odchlípení sítnice nebo dekompenzaci rohovky. V této kapitole se soustředí na hlavní a nejčastější metody refrakční chirurgie.

### 4.1 První operace myopie

Postupem času se hlavním druhem očních operací staly zákroky na rohovce. V roce 1945 byla zavedena metoda autoplastické myopické keratomileusis (MKH), která se stala základní metodou lamelární rohovkové chirurgie. Při MKH se využívalo mikrokeratomu pro odstranění centrální části rohovky. Takto vznikla volná rohovková lamela, ze které se po zmrazení odstranila centrální tkáň. Jakmile lamela rozmrzla, byla našita zpět a díky jinému zakřivení rohovky došlo ke zmírnění myopie.

V šedesátých letech minulého století navázaly na MKH metoda hypermetropické keratomileusis (HKH) a metoda keratofakie, které se staly základem pro epikeratoplastiku z roku 1979.

Již známé techniky byly stále zdokonalovány. Například byl použit druhý mikrokeratom, takže rohovka se už nemusela zamrazovat. Technika keratomileusis in situ spočívala v keratektomii nově ve stromálním lůžku. Mezi další vylepšení se řadilo zdokonalení mikrokeratomu, což vedlo ke zpřesnění řezu na rohovce.

## 4.2 Vývoj keratotomie

Důležitým bodem v historii refrakční chirurgie dodnes představují přední a zadní keratotomie. V roce 1953 japonský autor Sako popsal korekci zakřivení rohovky pomocí radikálních rohovkových incizí. Tyto incize neboli zářezy do rohovky byly používány z epitelové i endoteliální strany rohovky. Později se začala u incizí vynechávat centrální zóna rohovky. Mezi lety 1980 a 1990 byla tato metoda radiální keratotomie vylepšena do současné podoby. Nyní se využívá pro řešení myopie v rozsahu šesti až osmi dioptrií. Také ji lze využít pro operaci astigmatismu.

## 4.3 Využití excimerového laseru a metoda PRK

Dalším mezníkem se stalo využití excimerového laseru, který byl vyvinut v roce 1980. Tento revoluční laser byl původně používán k výrobě počítačových čipů. Oční lékaři začali excimer laser používat k odstranění velmi přesného množství tkáně z povrchu oka. Excimerové lasery dovedly stupeň bezpečnosti a přesnosti na úroveň, která by nemohla být s jinými technikami dosažena. Od roku 1986 se prováděla fotoablace rohovky na zvířatech, což poskytlo důkazy normálního hojení ran po laserové ablací rohovky. Metoda PRK byla poprvé uskutečněna v roce 1987 na slepém lidském oku. V roce 1988 byla však uskutečněna na oku vidoucím. Díky excimerovému laseru se rozvinuly mnohé operační metody. U vyšších dioptrických vad začala techniku PRK střídat technika LASIK.

## 4.4 Vývoj metody LASIK

Zdokonalování v oblasti refrakční chirurgie pokračovalo nekompletním řezem lamely. Lamela se tedy mohla jen odklopit a na konci se nemusela na rohovku našívát, protože se pouze přiklopila. Metoda odklopení rohovky dostala název automated lamellar keratoplasty a stala se podkladem pro metodu LASIK neboli laser assisted stromal in situ keratomileusis. Tento nový zákrok vznikl složením moderní laserové fotoablace a keratomileusis a zároveň se stal nejčastěji používaným postupem v korekci myopie. U této metody se k vytvoření rohovkové lamely používal ruční mikrokeratom. V 80. letech dvacátého století byl vyvinut automatický mikrokeratom a to zlepšilo předvídatelnost řezu. Nejprve se pro odstranění stromální tkáně používal druhý mikrokeratom, ale tento způsob vytvářel nepravidelný astigmatismus. V roce 1990 byla provedena první operace LASIK, při které se pro odstranění tkáně použilo místo druhého mikrokeratomu excimerového laseru.

## 4.5 Vývoj fakických nitroočních čoček

Zmínky o fakických nitroočních čočkách se v literatuře objevují už od roku 1953. Byly zmínky jak o čočkách implantovaných do přední komory, tak o čočkách implantovaných do zadní komory. Tato metoda však nebyla okamžitě zavedena do praxe, protože byla doprovázena velkým množstvím komplikací. Až čočkou, která byla fixovaná na duhovku se začala tato metoda užívat. Vývoj zadněkomorové fakické čočky byl ukončen v roce 1991. [5, 8, 9]

## **5 Předoperační péče o pacienta**

Důkladné předoperační hodnocení pacienta má zásadní význam pro dosažení úspěšného výsledku při refrakční chirurgii. Lékař musí zhodnotit, zda je nebo není pacient vhodný kandidát pro refrakční chirurgii.

Hodnocení probíhá už při vstupním pohoru, kdy se lékař snaží zjistit očekávání a cíle pacienta, průběh refrakční vady. Pokud je pacient vhodným kandidátem pro operaci musí se s ním projednat postupy refrakční chirurgie, její rizika a přínosy a pacient musí podepsat informovaný souhlas.

Jelikož jsou přesné výsledky předoperačního vyšetření rozhodující pro úspěch refrakční chirurgie, musí lékař provést všechna vyšetření pečlivě, nástroje používané během vyšetření musí být přesně nastaveny. [10]

### **5.1 Předoperační vyšetření**

Před operací je nutné provést důkladné vyšetření, které trvá asi tak dvě hodiny. Toto vyšetření se provádí v mydriáze a pacient musí přestat dva týdny před operací používat oční kosmetické přípravky a týden před operací by neměl nosit kontaktní čočky.

Předoperační vyšetření zahrnuje vyšetření předního i zadního segmentu oka, vyšetření objektivní i subjektivní refrakce, vyšetření nitroočního tlaku, pupilometrii, pachymetrii, rohovkové topografie a vyšetření slzného filmu.

#### **Vyšetření refrakce**

Subjektivní i objektivní vyšetření zrakové ostrosti se musí provést velmi pečlivě, protože při špatně vyšetřené korekci může být výsledek zákroku nedostatečný. Je také nutné provést manifestní a cykloplegickou refrakci. Vízus na dálku se měří na Snellově optotypu. Měří se i s aktuální brýlovou korekcí. Na závěr se používá červeno-zelený test. Poté se vyšetří refrakce v cykloplegii. K rozkapání se používá 1 % cyklopentolate

a čeká se 30 až 60 minut na plnou cykloplegii. Cykloplegická refrakce upřesňuje manifestní refrakci. Jestliže je rozdíl mezi manifestní a cykloplegickou refrakcí větší (např. 0,75 D), měla by být refrakce znovu překontrolována. Většina pacientů má cykloplegickou refrakci o 0,25 až 1,0 dioptrie posunutou v hypermetropickém směru. Podle zvolené techniky chirurga se do laseru zadává manifestní nebo cykloplegická refrakce.

### **Vyšetření pupily**

Po vyšetření refrakce se vyšetřuje přední segment oka. Zvláštní pozornost se věnuje vyšetření pupily, zhodnocení její velikosti za jasného i nízkého osvětlení. Pro měření pupily při slabém osvětlení existuje celá řada technik (karta s velikostmi pupil na okraji, pupilometr se zesilováním světla nebo infračervený pupilometr. Přílišná velikost pupil může být jedním z rizikových faktorů pro pooperační oslnění. Riziko oslnění zvyšuje velikost pupil větší než 6 mm. Při operaci by měla být optická zóna větší než průměr pupily, aby se minimalizoval výskyt oslnění a svatozáří. Stanovení šíře zornic pomocí pupilometru je také důležité pro nastavení Excimerového laseru.

### **Vyšetření motility a zhodnocení anatomie očí**

U pacientů s asymptomatickou tropií nebo forií se mohou vyvinout po refrakční operaci příznaky. Před operací je možno získat ortoptické zhodnocení, zda hrozí strabismus.

Pro metody PRK a LASEK musí být pečlivě kontrolována anatomie orbity. Vysoké čelo, hluboko zasazené oko nebo úzké oční štěrby zvyšují obtížnost zákroku. Pacienti s malými očními štěrbinami nemusí být ideálními kandidáty pro LASIK.

### **Nitrooční tlak**

Nitrooční tlak se vyšetřuje bezkontaktním nebo kontaktním tonometrem a za normální nitrooční tlak se považují hodnoty do 25 torrů. Pacienti s glaukomem by



si měli uvědomit, že některé postupy refrakční chirurgie mohou dramaticky zvýšit nitrooční tlak v průběhu procedury, případně mohou poškodit optický nerv. Výrazné zvýšení nitroočního tlaku mohou způsobit i kortikosteroidy, které se používají během operace a často také i několik měsíců po operaci. Laserové refrakční chirurgie mohou u tenkých rohovek po operaci způsobit falešně nízký nitrooční tlak.

### **Vyšetření na štěrbinové lampě**

Na štěrbinové lampě se provádí kompletní vyšetření očních víček a předního segmentu. Na očních víčkách je kontrolována přítomnost blefaritidy nebo meibomitidy. Na spojivce by se nemělo vyskytovat zjizvení, protože to může způsobit problémy při použití mikrokeratomu. Na rohovce jsou hodnoceny povrchové abnormality jako například tečkovité eroze epitelu. Znamky keratokunu nebo edém rohovky jsou kontraindikací pro refrakční operaci. Před operací LASIK je při hodnocení rohovky obzvláště důležité podívat se na příznaky dystrofie bazální membrány, které by mohly vést k epiteliálním defektům při průchodu mikrokeratomu během operace. Zavedení fackických nitroočních čoček se nedoporučuje u mělkých předních komor.

Mnoho studií ukazuje, že pooperační pocit suchého oka je více častý u operace LASIK než u PRK. Na předoperační vyšetření suchého oka je třeba znát dřívější hodnocení slz oka. Slzný meniskus je barven bengálskou červení a na oko je dále použit i Schirmerův test. Suché oči by měly být předoperačně léčeny umělými slzami.



Obr. 4 Štěrbínová lampa [11]

## **Vyšetření fundu**

Před operací je nutné mít jistotu, že je v pořádku také fundus. Zvláštní pozornost je třeba věnovat zrakovému nervu a periférii sítnice. Krátkozraké oči jsou vystaveny zvýšenému riziku odchlípení sítnice a to i poté, co byla jejich refrakční vada opravena.

## **Pachymetrie**

Předoperační měření tloušťky rohovky, které se provádí pachymetrem, je povinné, protože musí zůstat dostačující stromální základ. U neobvykle tenkých rohovek se může časně odhalit keratokonus. Tloušťka rohovky je důležitým faktorem při určování, zda je pacient vhodným kandidátem pro refrakční chirurgii a jaký postup může být nejlepší. Průměrná tloušťka centrální rohovky je 550 mikrometrů plus minus 33 mikrometrů. Následující formule se používá k výpočtu rohovkové tloušťky:

centrální rohovková tloušťka – tloušťka lamely – hloubka ablace = zbytková tloušťka.

Ve výpočtu pravděpodobné tloušťky zbytkového stromatu musí chirurg použít hloubku ablace založenou na finální korekci. Pravá hloubka tkáňové ablace bude blízko hodnoty potřebné k dosažení refrakčního posunu.

## **Topografie rohovky**

Topografie rohovky musí být provedena kvůli zhodnocení astigmatismu a musí se vyloučit přítomnost dřívějšího keratokonu. Během operace LASIK mají rohovky strmější než 48 dioptrií větší pravděpodobnost k vytvoření tenké lamely a centrální perforace lamely. Rohovky plošší než 40 dioptrií mají větší pravděpodobnost k vytvoření lamely s menším průměrem a mají vyšší riziko pro vytvoření volné lamely. Uvedené důsledky mohou být redukovány použitím menšího průměru lamely a vyšším nitroočním tlakem. Toto musí splňovat hlavice mikrokeratomu navržená k vytvoření tenkých lamel nebo femtosekundový laser při ultrakrátkých pulzech. Operatér si musí

být vědom, že použitím stejné čepele pro vytvoření lamely na druhém oku pacienta bude lamela o 10 až 20 nm tenší než lamela prvního oka. [10, 12]



Obr. 5 Pachymetrie [13]

## 5.2 Příprava pacienta na operaci

Někteří chirurgové před operací aplikují lokální antibiotika. Před tím než se provede laserová léčba, by měl být pacient poučen o zvucích a vůních laseru. Úzkostlivý pacient může užít orální sedativa (Diazepam). Při operaci pouze jednoho oka musí být operační oko označeno nálepkou na čele.

Pokud je léčen vyšší astigmatismus, někteří chirurgové označují rohovku na vodorovné nebo svislé ose, aby bylo zajištěno přesné zarovnání pacienta pod laserem. Posun o 15° v ose léčby může snížit efektivní cylindrickou změnu o 50 %.

Před operací do oka nakapeme lokální anestetika pro znecitlivění oka. V průběhu operace je zabráněno mrkání díky rozvěrači víček, tudíž oko musí být neustále zvlhčováno očními kapkami a přes obličej a řasy je přetažena sterilní rouška, aby se zabránilo infekci. [14]

## 6 Přehled refrakčních metod a jejich moderní trendy

**Chirurgická léčba myopie zahrnuje tyto metody:**

- Laserové
  - Ve stromatu – LASIK, Femto-LASIK
  - Pod epitelem – PRK , LASEK, Epi-LASIK
- Nářezy rohovky – radiální keratotomie
- Rohovkové implantáty – segmenty
- Implantace nitrooční čočky – fakická čočka
- Náhrada vlastní čočky umělou – refrakční lensektomie [15]

### 6.1 Excimer laser a fotoablace

Název LASER je složen z názvu Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, což v překladu znamená zesílení světla stimulovanou emisí záření. Laser je koherentní zdroj světla v ultrafialové části optického spektra. Vyzářuje jednobarevné spektrum (monochromatické). Velmi podstatnou schopností laseru je možnost regulovat a upravovat sílu záření.

Excimer je název nestálé molekuly, vzniklé ve většině případů ze dvou vzácných plynů. Jde o kombinaci inertních plynů (argon, xenon, krypton) a reakčních plynů (chlor, fluor) při impulzu s vysokým napětím. Molekula je nestálá, tudíž se rozpadne a při tom vyzáří ultrafialové záření o vlnové délce 193 nm. První pokus s tímto laserem byl proveden v Americe roku 1975.

Excimer laser snižuje refrakci pomocí ablace předního stromatu rohovky. Stroma rohovky je tvarováno do nového poloměru zakřivení. Existují tři hlavní refrakční chirurgické techniky, které využívají excimer laserové ablace. Jsou to metody PRK, LASEK a LASIK.

K fotoablaci dochází, protože má rohovka extrémně vysoký absorpční koeficient pro 193 nm. Excimer laser vyzářuje velké množství energie k narušení molekulových

vazeb na tkáňovém povrchu, které se odpaří do vzduchu prostřednictvím ablace. S každým pulzem laseru je odstraněno určité množství rohovkové tkáně. Díky tomu může laser odebrat neobyčejně tenké vrstvy z povrchu tkáně, a jelikož laser nevytváří žádné teplo, nedochází působením laserového světla k poškození okolní tkáně. Excimer laser je velmi přesný tudíž okolní tkáň zůstane nepoškozená.

Excimer laser byl původně vyvinut pro výrobu počítačových čipů, ale později se začal tento laser uplatňovat v chirurgii a zvláště pak v očním lékařství. Můžeme se s ním setkat ale i ve výzkumu, má vojenské využití, u technologií pro mikroelektroniku, v chemickém průmyslu ale třeba i u syntézy jádra. [8, 10, 16]

## **6.2 PRK**

Operace PRK neboli fotorefrakční keratektomie je nejstarší metoda laserové operace používaná ke korekci refrakčních vad, ale užívá se dodnes. PRK je vhodná pro pacienty, kteří vzhledem k nedostatečné tloušťce rohovky, vysokému nadočnicovému oblouku nebo kvůli krátkým víčkům nemohou podstoupit operaci metodou LASIK. Tato metoda není invazivní a je technicky jednoduchá. Laser nevstupuje dovnitř do oka, nemá tedy vliv na vnitřní struktury. Celý zákrok probíhá bezbolestně a ambulantně, trvá asi po dobu deseti minut, a hned po něm může pacient odejít domů. Veškerá příprava i se zákrokem trvá maximálně hodinu.

### **Centrace a ablace**

Laser je centrován a zaměřen dle doporučení výrobce. Obecně platí, že lepší centrace nastane, když jsou paprsky laseru zaměřeny na výstupní pupilu místo na rohovkový reflex. Pacient je poučen, aby během stromální ablace udržel fixaci. Pokud pacient začne ztrácet fixaci, měl by lékař okamžitě léčbu přerušit do té doby, dokud není u pacienta znovu dosažena odpovídající fixace. Přestože je excimerový laserový paprsek při 193 nm pro lidské oko neviditelný, slabá fluorescence hlubokého modrého světla je někdy při stromální ablaci vidět. Zvuk laserového vypalování spolu

se střídáním reflexu světla je pro lékaře hlavní signál zpětné vazby na postup stromální ablace.

### **Epiteliální očištění rány od nečistot**

Epitel může být odstraněn pomocí ostrého nože, tupou špachtlí, otáčením kartáče na rohovce, aplikací ředěného alkoholu (typicky kolem 20% koncentrace) na povrch rohovky k uvolnění epitelu nebo fotoablací excimerového laseru. U fotoablace se o očištění rány postará laser sám. U ostatních technik lékař označí vnější hranice zóny k očištění značkou a potom provede odstranění nečistot na periferii a následně v centru optické zóny. Odstranění zbytkového epitelu se provádí oční chirurgickou houbičkou navlhčenou umělými slzami. Epitel by měly být odstraněn efektivně a důsledně, aby se zabránilo hydratačním změnám ve stromatu. Optická zóna musí být před ablací bez epitelových buněk, nečistot a přebytečné tekutiny.

### **Průběh operace**

Během operace je odříznut povrchový epitel rohovky a to může být provedeno dvěma způsoby. Při mechanickém odstranění epitelové vrstvy se využívá speciálního nástroje, který seškrábne povrchovou vrstvu rohovky. Chemické odstranění epitelu je druhý způsob a jeho princip spočívá v aplikaci alkoholu, který se nechá působit na epitel, a tím dojde k dehydrataci a epitel se následně odloučí sám. Laser, který je řízen počítačově, při korekci myopie odebírá mikroskopické částičky v centrální oblasti rohovky. Frekvence laserových pulzů je přibližně 25 Hz a stopa pulzu je maximálně 2 mm. To způsobí posun ohniska na sítnici. Je také velmi důležité správně vypočítat hloubku fotoablace, protože nedotčená část rohovky by měla mít minimálně 250 mikrometrů. V některých případech, například u pacientů se středním a vysokým typem myopie a u pacientů se zhoršením hojení rohovky, se po operaci musí podávat mitomycin C, který pomáhá rohovce se zhojit.

## Pooperační péče

Po dokončení práce operatéra se na oko aplikuje kontaktní čočka kvůli lepšímu hojení a ochraně rohovky. Tato čočka se nechává naaplikovaná tři až čtyři dny. Vrstva odstraněných mikroskopických částic ve stromatu se ale nehojí a tím udržuje vadu napravenou. Po odstranění obvazu po operaci je nutné užívat předepsaná antibiotika v podobě kapek do očí. Po zákroku je vidění rozmazané, ale jakmile se epitel rohovky během čtyř dnů zhojí, zrakové funkce se přiblíží emetropickému oku. Kontrola po operaci je nutná třetí den, dále za týden a poté jeden měsíc po zákroku. U některých myopů s vysokými dioptriemi je možné zrakovou ostrost vylepšit dalším operačním zákrokem.

## Komplikace

V některých případech se může po zákroku objevit intenzivní bolest operovaného oka. Tento jev ale nejpozději do dvou dnů vymizí. Dalším nepříznivým jevem metody PRK je otok víček, pocit rýmy a slzení. Dále se objevuje pocit kruhů kolem jasného světla, snížená ostrost vidění za šera a pocit suchých očí. U pacientů s širší zorničkou se tyto problémy vyskytují častěji.

**Zpomalené hojení povrchového epitelu** rohovky představuje komplikaci, která je většinou způsobena toxickým působením některých preparátů během pooperačního období. Jestliže se povrch rohovky hojí déle jak sedm dní, musí být všechny přípravky, které na oko působí vysazeny a kontaktní čočka zůstává nasazena déle než obvyklé čtyři dny.

**Sterilní rohovkové infiltráty** se nejčastěji objevují kolem centra rohovky a jsou způsobeny nasazením terapeutické kontaktní čočky. Způsobují zčervenání oka, akutní bolest a slzení. K léčbě slouží aplikace antibiotik a steroidů.

**Záněť rohovky** neboli keratitida je způsoben podáváním kortikosteroidů po operaci. Léčba keratitidy musí být cílená a rychlá.

**Jizvy na rohovce** a její zkalení je způsobeno poškozením Bowmannovy membrány při fotoablaci. Tomu lze předejít dlouhodobým podáváním kortikosteroidů, které ale v některých případech způsobují výše zmíněnou keratitidu.

**Refrakční komplikace** jako je překorigování, podkorigování nebo astigmatismus jsou způsobeny abnormálním hojením vrstev rohovky. [8, 10, 14]

### **6.3 LASEK**

Nízká, střední a vysoká myopie se koriguje také pomocí operace LASEK neboli Laser Epithelial Keratomileusis. Tento laserový zákrok, který je svou technickou jednoduchostí a výhodami kombinací metod PRK a LASIK.

#### **Techniky pro zachování epitelu u metody LASEK**

U operace LASEK je cílem zachování epitelu pacienta. Lékař musí po ablaci složit zpět neporušený list epitelu. Umístění radiální značky fialové barvy může pomoci při izolování epitelu. Následně je na 20 až 30 sekund aplikován na rohovku roztok přibližně 20 % zředěného alkoholu. Povrch oka je po odstranění alkoholu ihned hojně zavlažován pomocí solného roztoku, aby se minimalizovala toxicita na limbu. Chirurg následně pečlivě oddělí epitel od podkladové Bowmanovy membrány. Epitel se odstraní s výjimkou malého závěsu, který se obvykle nachází v horní části.

Cílem metody LASEK je snížit pooperační bolest, urychlit obnovu zrakové ostrosti, snížit pooperační zamlžení a vytvořit epitelovou lamelu, která zůstane životaschopná a úspěšně po operaci přilne.

#### **Průběh operace**

Operace spočívá v odstraňování mikroskopických částí tkáně na povrchu oka, což se provádí použitím excimer laseru. Tímto způsobem se mění zakřivení přední plochy rohovky a její tvar, takže dochází k redukci oční vady.

Při této metodě je povrchový epitel rohovky odklopen díky aplikaci zvláštního roztoku odebrán bez použití keratomu. Následně je odstraněno potřebné množství rohovkového stromatu pomocí laseru. Po dokončení laserování je povrchová vrstva



rohovky vrácena zpět na své místo. K obnovením spojitosti rohovkového epitelu dochází během následujících tří dnů. Hojení rohovky napomáhá speciální kontaktní čočka, která je v oku ponechána po dobu čtyř dnů. Hojení povrchového epitelu rohovky je velmi důležité k dobrému vidění.

### **Pooperační péče**

Celý zákrok LASEK zabírá asi deset minut pro jedno oko. Pacient zamlženě vidí okamžitě po operaci, dobrého vízu dosáhne ale až několik dní po operaci, jakmile dojde ke zhojení rohovky. Po dobu tří měsíců se podávají kapky, které vedou ke stabilizaci zraku. Stejně jako u metody PRK se může pacient vrátit do normálního denního rytmu za maximálně pět dní. Pro další zdokonalení vidění lze u některých pacientů provést doplňující zásah.

### **Komplikace**

Závažné komplikace po operaci LASEK jsou velmi ojedinělé, ale pokud nějaké vzniknou, dají se většinou vyřešit za pomoci léků nebo dalším operačním zásahem.

**Pooperační keratitida** je jedena z možných komplikací, které mohou nastat po operaci LASEK. Tento zánět má dvě formy - časnou a pozdní. Časná forma je velmi vzácná. U této formy jde o porušení epitelové vrstvy. Pozdní forma je komplikace bakteriální, která se dává za vinu dlouhodobé kortikosteroidní terapii po operaci.

**Zjizvení a zakalení vrstvy rohovky** je další komplikace LASIKu. Jde o narušení Bowmanovy membrány fotoablačí. Zjizvení rohovky vymizí za pomoci kortikosteroidů. Tato komplikace je monitorována méně než u 1 % lidí.

**Infekce** při operaci LASEK je velice vzácná. Vyskytuje se u 0,005 % pacientů. Tato komplikace by měla být včas zachycena, protože by mohlo dojít k poškození rohovky a jiných tkání oka. [10, 14, 17]

## **6.4 Epi-LASIK**

Tato metoda je známá až od roku 2004. U operace Epi-LASIK jde o velmi přesné oddělení epiteliální vrstvy od Bowmanovy membrány. Tuto metodu můžeme provádět u většiny pacientů, je vhodná pro pacienty s tenčí rohovkou nebo u pacientů, kteří mají sušší oči, ale naopak není vhodná pro pacienty s hlouběji uloženýma očima a pro pacienty, kteří už absolvovali jakoukoli jinou metodu refrakční operace.

### **Průběh operace**

Epi-LASIK se provádí pod lokálními anestetiky. Nejprve se odloučí epiteliální vrstva. K oddělení rohovky se užívá speciální přístroj se dvěma motory jeden na automatický pohon a druhý na oscilaci. Poté přijde na řadu laser, který koriguje refrakční vadu. Následně se epitel vrátí na své původní místo a oko se přikryje léčebnou kontaktní čočkou s velkou propustností pro kyslík. Tato čočka musí být na oku tři až pět dnů.

### **Pooperační péče**

Po operaci pacient dostane dva druhy kapek, které musí poctivě kapat, jedny obsahují umělé slzy a druhé antibiotikum. Vidění se po operaci projasňuje asi měsíc, než se ustálí. Toto ustálení je rychlejší než u metody PRK, ale ve srovnání s LASIK je pomalejší. Epi-LASIK má minimální rizika a vede ke stabilním výsledkům. Pooperační pracovní neschopnost je čtyři až sedm dní po operaci.

### **Komplikace**

U této metody jsou komplikace stejné jako u metody PRK. [18, 19, 20, 21]

## 6.5 LASIK

Termín keratomileusis pochází složením řeckého slova pro rohovku a vyřezávat. Laser in situ keratomileusis kombinuje keratomileusis s excimer laserovou stromální ablací. Metoda LASIK je v současné době nejužívanější metodou pro korekci myopie, není však vhodná pro řešení extrémně vysokého stupně této vady. Pro provedení tohoto zákroku je nutná dostatečná tloušťka rohovky, což představuje minimálně 450 mikrometrů. Tato operace je bezpečná, účinná, rohovka se rychle hojí a pro pacienta není tento zákrok nijak nepohodlný.

### **Mikrokeratom**

K vytvoření rohovkové lamely se u této metody využívá mikrokeratomu a sacího kroužku. Sací kroužek poskytuje stabilní základnu pro řez mikrokeratomem a slouží ke zvýšení nitroočního tlaku, což zpevňuje rohovku pro řez. Sací kroužek je připojen k vakuové pumpě, která je ovládána nožním pedálem. Samotný mikrokeratom má velmi ostrou řezací čepel kterou je nutno vyměnit po každém pacientovi. Délka čepele je hlavním určujícím faktorem pro tloušťku rohovkové lamely. Ostří mikrokeratomu je poháněno elektrickým nebo plynovým motorem a pohybuje se rychlostí až 15 000 cyklů za minutu. Řeznou hlavici nástroje ovládá chirurg ručně.

Pomocí mikrokeratomu je možné vytvářet vrchní spojení lamely s rohovkou, což má potenciální výhodu, která brání posunu lamely při pohybu očních víček. Nasální spojení tuto výhodu nemá. Je sporné, jaké umístění závěsu způsobuje déle trávající rohovkovou denervaci a s tím přidružený stav suchého oka.

Velký význam při používání mikrokeratomu má pečlivé servisní udržování nástroje. Perforace rohovky je způsobena nesprávným sestavením mikrokeratomu. Dále je při operaci významná seříznutá tloušťka lamely. Aktuální tloušťka se totiž liší s typem mikrokeratomu, s pacientovým věkem, s předoperačním astigmatismem, s průměrem rohovky a hlavně s rohovkovou tloušťkou.

## **Průběh operace**

LASIK spočívá v mikrochirurgickém odříznutí lamely rohovky a v laserové korekci rohovky.

Nejprve se na rohovce vyznačí značky, které slouží k vytvoření rohovkové lamely. Následně musí být rohovka dokonale opláchnuta a osušena. Ke stabilizaci rohovky se využívá přísátí kroužku na bulbus, čímž se dočasně zvýší nitrooční tlak a dochází ke ztrátě vidění. Nitrooční tlak musí být kontrolován pomocí aplanačního tonometru. Pomocí mikrokeratomu se rohovková lamela seřízne a odklopí se stranou. Chirurg rozhodne o průměru lamely, což je založeno na typu refrakční vady, zakřivení rohovky, rozměrech sacího kroužku a průměru rohovky. Předtím než se začne provádět lamelární řez, povrch rohovky musí být navlhčený, např. umělými slzami. Následuje laserova fotoablace, při které dochází u myopie k odstranění centrální části stromatu. Je důležité zahájit stromální ablací ihned, protože hrozí nadměrná dehydratace stromatu. Pacient se musí při ablací dívat na fixační světlo. Pokud je fixace ztracena, ablace musí být okamžitě zastavena. Jakmile se fixace opět naváže, může se operace dokončit.

Rohovková lamela, jejíž nejčastěji používaná tloušťka je 160 mikrometrů, je přiklopena zpět na původní místo a během 48 hodin začíná srůstat ke zbývající rohovkové tkáni. Operace jednoho oka trvá kolem deseti minut.

## **Pooperační péče**

Během několika hodin po zákroku je často vnímáno řezání, pálení a pocit cizího tělíška v oku. Pro útlum těchto nepříjemných pocitů se aplikují kortikosteroidy, analgetikum a umělé slzy. Po operaci je nutné do očí kapat také antibiotika. První kontrola po operaci se provádí hned druhý den a další po týdnu. Následuje kontrola po jednom měsíci a za půl roku se provádí finální kontrola.

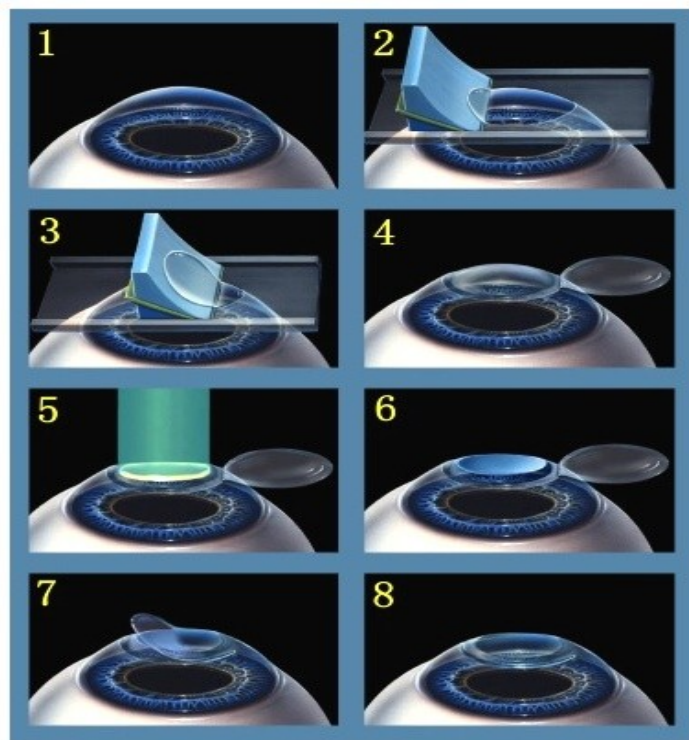
## **Komplikace během operace**

Komplikace, které vznikají během operace, nejčastěji souvisí s nedokonalým vytvořením lamely. Tyto komplikace zahrnují zkrácený řez, při kterém není možná

laserová fotoablace, protože není k dispozici dostatečná plocha rohovkového stromatu. Další komplikací je totální lamela, tzn. že lamela se utrhne od zbytku rohovky. Tenká nepravidelná lamela je způsobena poruchou mikroketratomu. Perforace rohovky představuje nejzávažnější komplikaci, ale vyskytuje se velmi vzácně. Mezi další komplikace vyskytující se během operace patří krvácení a decentrace fotoablace.

### **Komplikace po operaci**

Bolest, která trvá pár hodin po dokončení zákroku, a má tendenci ustupovat. Dislokace lamely je důsledkem promnutí oka a pacient musí být okamžitě znovu operován. Lamelární keratitida vzniká v důsledku nečistoty usazené pod lamelou. Objevuje se během tří dnů po zákroku a její projevy zahrnují pokles vidění a světloplachost. Je nutné užívání kortikosteroidů a někdy i výplach prostoru pod lamelou. K relativně častým komplikacím patří také epitelové vrůsty, které snižují zrakovou ostrost. [10, 14]



Obr. 6 Postup operace LASIK [22]

## **6.6 FemtoLASIK**

Femtolasik představuje nejmodernější korekci myopie. K vytvoření rohovkové lamely se využívá femtosekundový laser, který vytváří lamelu o tloušťce 100 mikrometrů. Výhodou tohoto zákroku je bezpečnost a nedochází k mechanickému pohybu po povrchu oka. Řez se totiž nevytváří ocelovým břitem ale laserovým paprskem.

### **Femtosekundový laser**

Femtosekundový laser tvaruje rohovkovou lamelu prováděním lamelární pitvy uvnitř stromatu. Každý pulz tvaruje nespojitou oblast kolagenu a laser vytváří tisíce sousedících pulzů pro vytvoření lamely. Počítačově je kontrolován průměr a tloušťka lamely a u spojení rohovky s lamelou počítač kontroluje jeho umístění a velikost.

### **Průběh operace**

Průběh operace se od LASIKu liší pouze tím, že se k vytvoření lamely místo mikrokeratomu používá femtosekundový laser.

### **Pooperační péče**

Jestliže se po zákroku objeví pocit řezání nebo pálení, aplikují se kortikosteroidy a umělé slzy. Prvních pět hodin po operaci musí mít pacient zavřené oči, což urychluje hojení rohovky. V prvních dnech je potřeba, aby pacient nosil sluneční brýle. Za zhruba pět dní po zákroku může pacient vykonávat lehčí sporty. Intenzivní sportovní aktivity může vykonávat až po úplném zahojení rohovky. Po operaci je také nutné kapat antibiotika. Zrak se ustálí v průměru za pět týdnů.

## **Komplikace**

**Krvácení** během operace je následkem zvýšeného tlaku v cévách nebo přerušení nově vytvořených cév u nositelů kontaktních čoček.

**Lamelární keratitida** se projevuje poklesem vidění a světloplachostí. Je způsobena nečistotami usazenými pod lamelou.

**Infekce** oka jsou způsobené kontaminovaným nástrojem. Je nutná okamžitá léčba antibiotiky, které se aplikují po hodině. [10, 14]

## **6.7 Wavefront-guided PRK a LASIK**

Konvenční excimerová laserová ablace (PRK, LASIK) léčí méně náročné sférocylické aberace. Tyto méně náročné aberace tvoří přibližně 90 % všech aberací, aberace vyššího řádu tvoří zbytek. Aberace vyššího řádu mohou být výsledkem nežádoucího účinku u ablace excimerovým laserem. Některé aberace vyššího řádu mohou dokonce způsobit ztrátu kontrastní citlivosti, noční svatozáře a oslnění a snižují kvalitu vidění.

Wavefront-guided ablace se snaží omezit nárůst aberací, případně je snížit. Při řešení aberací vyšších řádů nabízí wavefront-guided ablace potenciální výhodu ve zlepšení kvality zraku. Může řešit ale i nižší sférické a sférocylické aberace. Wavefront-guided vytváří profil, který je přizpůsobený pro každého jednotlivého pacienta ve snaze snížit již existující aberace.

Tato metoda není vhodná pro všechny pacienty. Není možná u pacientů s velmi nepravidelnou rohovkou, s rohovkou po keratoplastice nebo při zjizvené rohovce, protože se u těchto pacientů špatně získávají data při wavefront analýze. Přesnost této metody je na wavefront analýze závislá.

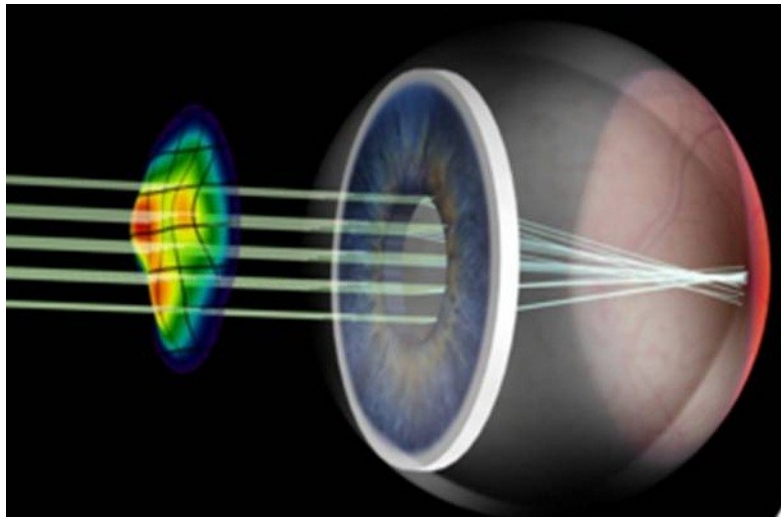
## Průběh operace

Před operací je tedy nejprve provedena wavefront analýza. Některé systémy k zachycení dat vyžadují dilataci pupily. Wavefront refrakce zjištěná při wavefront analýze se porovná s manifestní refrakcí a rozdíl mezi nimi nesmí být větší než 0,75 dioptrie. Při rozdílu větším než 0,75 dioptrie by mělo být měření manifestní refrakce a wavefront analýzy opakováno. Údaje jsou poté elektronicky přeneseny do laseru. Wavefront-guided laser si vytváří vlastní vzor ablace podle wavefront analýzy daného pacienta.

Samotná operační technika je podobná konvenční léčbě Excimerovým laserem.

## Komplikace

U některých pacientů se po operaci může objevit ještě více aberací vyššího řádu než před operací. [10]



Obr. 7 Wavefront-guided LASIK [23]



## **6.8 Radiální keratotomie**

Radiální keratotomie se nejčastěji využívá k léčbě pacientů s hodnotou krátkozrakosti od  $-1,00$  až do  $-4,00$  dioptrií. Tato metoda se v dnešní době používá už jen zřídka převážně na korekci astigmatismu.

### **Průběh operace**

Při této operaci se provádí řezy do rohovky. Radiální rohovkové řezy oddělují kolagenní fibrily v rohovkovém stromatu. Tyto řezy zvyšují poloměr zakřivení centrální rohovky a tím snižují krátkozrakost. Design diamantové čepele mikrometru ovlivňuje hloubku i obrys řezu. Délka čepele je stanovena na základě tloušťky rohovky, která se obvykle měří ultrazvukovým pachymetrem.

### **Pooperační stav oka**

Radiální keratotomie změní nejen zakřivení centrální rohovky ale i její celkovou topografii. Nová topografie rohovky vytváří komplexnější optický systém, který zahrnuje centrální a periferní oploštění.

Téměř všechny oči ihned po radiální keratotomii ukazují pokles myopie. Většina očí je stabilních už tři měsíce po operaci. Nicméně se může objevit refrakční nestabilita v podobě denního kolísání vidění.

### **Komplikace**

Nejlepším měřítkem bezpečnosti radiální keratotomie je míra ztráty korigované zrakové ostrosti. Až 3 % očí se zhorší vize až o dva řádky na Snellově optotypu. Mnozí pacienti udávají přítomnost svatozáří kolem světla v noci, což nejspíše vychází z rozptylu světla mimo radiální řezy. Někteří pacienti by proto neměli v noci řídit. Mezi další nežádoucí účinky patří pooperační bolest, překorigování nebo nedokorigování, zvýšení astigmatismu a vaskularizace stromatu jizev.

Po radiální keratotomii se také může vzácně vyskytovat perforace rohovky, což může vést k traumatické kataraktě, a bakteriální zánět rohovky. Ten může vzniknout bezprostředně po operaci nebo jeden až tři roky po ní, protože se epitel poraněním cév hojí pomalu. [10]

## **6.9 Rohovkové implantáty – segmenty**

Rohovkové implantáty se využívají pro refrakci lehké krátkozrakosti (-1,0 až -3,0 D), ale nekorigují astigmatismus. Pacient musí mít 21 let nebo více a musí být u něj prokázána stabilita refrakce. Hodnota astigmatismu může u pacienta být maximálně 1,0 D nebo méně. Rohovkové implantáty nejsou doporučovány pacientům se systémovým onemocněním, které by ovlivnilo hojení ran, a pacientům s anamnézou herpes simplex nebo herpes zoster. Dále se nedá provádět u pacientů s menší tloušťkou rohovky než 480 mikrometrů, u pacientů s menší periferní tloušťkou než 570 mikrometrů, u pacientů s rohovkou strmější než 46 D nebo plošší než 40 D.

Rohovkové implantáty neboli kroužkové segmenty se skládají do dvou oblouků, které mají vnější průměr 8,1 mm a jsou k dispozici v pěti tloušťkách: 0,25; 0,275; 0,3; 0,325 a 0,35 mm. Kroužky s vyšší hodnotou tloušťky se používají k refrakci vyšších hodnot vad.

### **Průběh operace**

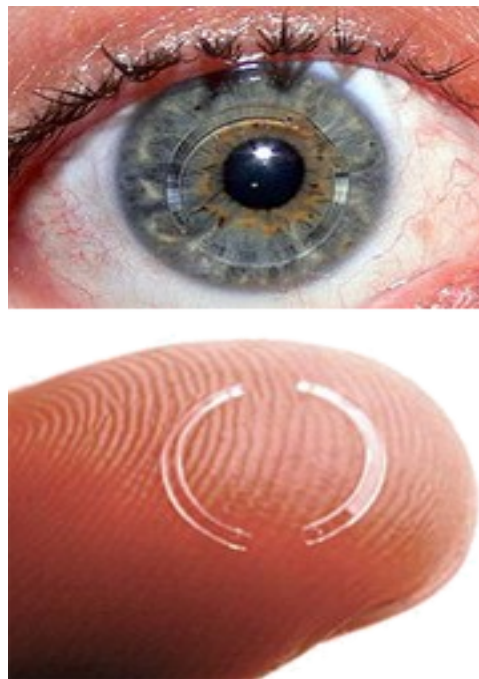
Pro umístění kruhových segmentů byla vyvinuta speciální sada chirurgických nástrojů. Tato sada obsahuje nástroj pro umístění značky, kleště na kroužek, stromální stěrky, vakuový systém, skalpel. Další potřebné vybavení je ultrazvukový pachymetr a diamantový nůž.

Při této operační metodě se nejprve označí geometrický střed rohovky tupým háčkem pomocí lehkého tlaku. Tloušťka rohovky se měří ultrazvukovým pachymetrem. Diamantový nůž je nastaven na 68 % stromální hloubky a je použit k vytvoření

radiálního řezu. Poté se vytvoří lamelární kanál přibližně ve 2/3 hloubky stromatu, zatímco je oko pomocí vakua ve stabilizované poloze. Následuje vložení segmentového prstence. Radiální řez se uzavře jedním nebo dvěma stehy. Postup trvá obvykle 15 až 30 minut.

### **Komplikace**

Přibližně u 1 % pacientů se během prvního roku po operaci zhorší ostrost zraku. U 1 % pacientů se také po operaci vyskytují nežádoucí účinky. Je to například perforace přední komory, mikrobiální keratitida nebo oko nemusí implantát přijmout. U 11 % pacientů se objevují oční komplikace. Patří mezi ně snížená citlivost rohovky, astigmatismus, neovaskularizace v místě řezu, iritida nebo uveitida. V některých případech nastávají potíže s nočním viděním, rozmazané vidění, diplopie, kolísavé vidění do dálky nebo do blízka, světloplachost. [10]



Obr. 8 Rohovkové implantáty [24]

## **6.10 Fakická nitrooční čočka**

Tato operace je vhodná pro pacienty s vyšším stupněm myopie (-3 dioptrie až -23,5 dioptrií) nebo pro ty, kteří nemají dostatečnou tloušťku rohovky pro operaci laserem. Při této operaci se implantuje umělá čočka, ale vlastní čočka pacienta se z oka neodstraní. Tato operace zajistí pacientům zlepšení vidění při zachování akomodace. Na rozdíl od metod LASIK, PRK či LASEK se nemění zakřivení rohovky a tudíž provedený výkon na oku lze kdykoli vrátit. Fakické čočky lze z oka vyjmout při jakékoli komplikaci nebo ji lze vyměnit za jinou čočku. Tato čočka je vložena do oka s cílem zlepšit vidění.

### **Průběh operace**

Zárok trvá asi 30 minut. Uložení čočky na správné místo umožňuje malý řez v rohovce. Čočka se ukládá buď do přední komory, kde je umístěna mezi rohovkou a duhovkou, nebo do zadní komory, kde leží mezi duhovkou a vlastní čočkou. Fakická nitrooční čočka se díky speciálním klipsnám, které se nazývají haptiky, uchycuje na duhovku. Dále stačí už jen uzavřít řez na rohovce.

### **Pooperační péče**

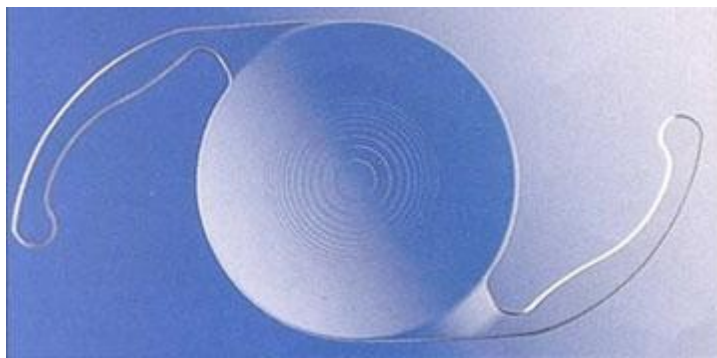
Fakická čočka je umělá vyrobená z biokompatibilního materiálu. Tento materiál je vhodný, protože ho tělo dobře přijme. Po refrakčním zákroku pacient má v oku dvě čočky. Vložená fakická čočka musí korigovat dioptrickou vadu, která na oku dosud byla. Tato čočka musí být speciálně vyrobena, aby celkový stav oka se rovnal nebo maximálně přiblížil oku emetropickému. Pokud po operaci tělo pacienta z jakéhokoli důvodu nepřijme nebo se může změnit dioptrický stav oka u pacienta tak se fakická oční čočka dá vyjmout.

Hojení trvá standardně dva až tři týdny. Zrak je obnoven už druhý den po operaci, ale vidění může být mírně zamlžené, což se do tří dnů samo upraví.

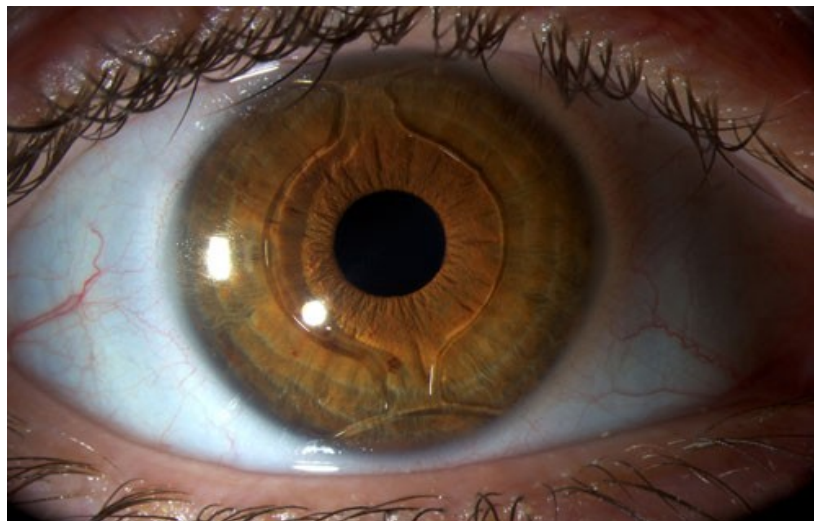
Po operaci se musí pravidelně po tři týdny aplikovat protizánětlivé kapky, které obsahují antibiotika.

### **Komplikace**

Mezi komplikace při implantaci nitrooční čočky se řadí oválná zornice, riziko odchlípení sítnice a akutní zánět všech struktur a tkání v oku. [14]



Obr. 9 Fakická nitrooční čočka [25]



Obr. 10 Implantovaná fakická nitrooční čočka [14]

## 6.11 Refrakční lensektomie

Refrakční lensektomie s implantací nitrooční čočky se obvykle provádí pouze v případě, že alternativní postupy refrakční nejsou proveditelné a existuje vážný důvod, proč nejsou přijatelné alternativy brýle nebo kontaktní čočky. Lensektomie se provádí, je-li rohovka příliš tenká, příliš plochá, příliš strmá nebo jestliže refrakční vada přesáhne hranici léčby pomocí Excimerového laseru.

### Průběh operace

Průběh refrakční lensektomie je podobný operaci šedého zákalu. Je důležité zjistit, zda je zdrojem krátkozrakosti rohovka nebo zvýšení axiální délky oka. U strmé rohovky by měla být provedena topografie rohovky, aby se vyloučila ektázie rohovky.

Pokud je u pacienta zdrojem myopie vysoká axiální délka, mělo by se při operaci vyhnout retrobulbární injekci, aby se předešlo perforaci bulbu. Měly by být tedy voleny peribulbární anestetika.

Operace se provádí v lokální anestezii. Proveďte se úzký řez při limbu. Do oka se musí vpravit speciální roztok chránící jemné struktury jeho částí. Následně je odsáta vlastní čočka a implantována čočka umělá. Místo vstupního řezu na rohovce se po operaci nezašívá. Během operace hluboká přední komora zhoršuje vizualizaci a manipulaci s chirurgickým nástrojem.

### Komplikace

Lékař musí výslovně informovat pacienta o značném riziku odchlípení sítnice spojené s odstraněním oční čočky. Myopie samotná je již významným rizikovým faktorem pro odchlípení sítnice. Riziko u myopů s vadou do - 3 D může být až 4krát větší než u emetropického oka. U myopů s vadou vyšší než 3 D může být riziko odchlípení sítnice až 10krát větší než u emetrova. [10]

## 7 Srovnání jednotlivých metod refrakční chirurgie myopie

Jednotlivé metody se od sebe liší a pro každého pacienta je vhodná jiná metoda. Pro výběr správné metody je důležitý výsledek předoperačního vyšetření. Nicméně více než 90 % pacientů upřednostňuje metodu LASIK.

### 7.1 Srovnání laserových refrakčních metod

Níže uvedená tabulka je vytvořena na základě studované literatury a jednotlivé laserové zákroky srovnává z hlediska pooperační bolestivosti, komplikací, kvality vidění okamžitě po operaci a z hlediska rychlosti hojení zrakových funkcí. [10, 14, 17, 20]

Hodnocení	Pooperační bolestivost	Pooperační komplikace	Pooperační kvalita vidění	Rychlost hojení zrakových funkcí
nejlepší	FemtoLASIK	FemtoLASIK	Epi-LASIK	FemtoLASIK
	LASIK	Epi-LASIK	FemtoLASIK	LASIK
	LASEK	LASIK	LASIK	Epi-LASIK
	Epi-LASIK	LASEK	LASEK	LASEK
nejhorší	PRK	PRK	PRK	PRK

Tab. 1 Srovnání laserových operací [10, 14, 17, 20]

Podle tabulky je nevýhodou metod PRK a LASEK delší hojení, více pooperačních komplikací a menší stabilita napravené vady. Nejsou také vhodné pro rychle se zhoršující vady a pro pacienty se zvýšenými nároky na kvalitu vidění za šera. Obě jsou však vhodné pro pacienty s nižším stupněm myopie, pro pacienty s tenkou rohovkou a pro pacienty se syndromem suchého oka. Dále se těchto metod využívá u pacientů s vysokým nadočnicovým obloukem nebo se strmou rohovkou.

Metoda LASIK má velkou výhodu ve výrazné stabilitě výsledné korekce. Tato metoda stejně jako PRK a LASEK není vhodná pro pacienty s vyššími nároky na vidění za šera s v noci. Nevýhodou LASIKu je, že ovlivňuje vnitřní struktury oka.

Metoda Epi-LASIK se volí v případě, že je menší průměr rohovky, oválný tvar rohovky nebo excentrická zornice. Výhodou této metody je kvalitní výsledné vidění.

Metoda FemtoLASIK je pro oko šetrná, přesná a bezpečná. Velkou výhodou je u této metody, že je lépe kontrolovatelná z hlediska tloušťky lamely, dochází k menšímu množství komplikací, je zde precizní kontrola rozměrů a lokace lamely.

Při metodě wavefront-guided je dosahováno nejlepších funkčních výsledků, lepší kontrast a ostrost a méně pooperačních aberací vyšších řádů, protože podkladem pro modelaci rohovky jsou data získaná měřením konkrétního unikátního oka. [10, 14, 21, 26]

## **7.2 Srovnání laserových a nelaserových refrakčních metod**

Základní rozdíl mezi laserovými a nelaserovými metodami je, že nelaserové metody neodstraňují tkáň z centra rohovky. Mezi nelaserové metody, které se užívají k refrakci myopie, patří keratotomie, fakická nitrooční čočka, rohovkové implantáty a lensektomie.

Nevýhodou keratotomie je malý rozsah pro operaci refrakční vady na rozdíl od laserových operací. Při keratotomii je také větší riziko perforace, keratitidy a endoftalmitidy.

Fakická nitrooční čočka je výhodná z toho důvodu, že je zákrok vratný. Nitrooční čočky jsou vysoce spolehlivou alternativou laserové operace. Mohou být



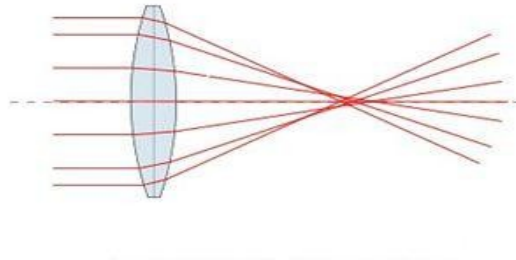
z oka kdykoli odstraněny a nahrazeny čočkou jinou. Nevýhodou fakické nitrooční čočky je, že oko novou čočku špatně toleruje a minimálně měsíc po operaci se nedoporučuje zvýšená fyzická aktivita.

Rohovkové implantáty se používají na dokorekci pacientů po metodě LASIK. Jedná se o pacienty s tenkým stromálním lůžkem, kteří nemohou podstoupit opakovanou laserovou ablací.

U lensektomie se nahrazuje vlastní čočka za čočku umělou. Toto je výhodou u pacientů nad 40 let, protože se u nich snižuje schopnost akomodace a pacient se stává presbyopem. Lensektomie může tento problém řešit pomocí multifokální nitrooční čočky. Její nevýhodou oproti laserovým operacím u pacientů pod 40 let je v tom, že implantací umělé čočky pacienti ztratí schopnost akomodace, která nelze rovnocenně nahradit. [10, 18, 26, 27]

## 8 Refrakční chirurgie a aberace vyšších řádů

Aberace se dělí na aberace nižšího a vyššího řádu. Aberace nižšího řádu zahrnují myopii, hypermetropii, presbyopii a astigmatismus. Mezi aberace vyšších řádů patří například sférické aberace či koma. Tyto dva typy jsou nejčastějším typem aberací u lidského oka. U sférických aberací se rovnoběžné paprsky lámou v periférii čočky jinak než v centru. Tím pádem se tyto periferní paprsky sbíhají už před ohniskem. Tato vada může být redukována menším zakřivením rohovky v periférii nebo úzkou zornicí. U chromatické aberace mají paprsky různých vlnových délek ohnisko v různých místech. Z toho vyplývá, že obrazy mají různou polohu a různou velikost. Koma je aberace, při které se bod nezobrazí jako bod, ale zobrazí se jako útvar připomínající svým tvarem kometu. Další aberace vyššího řádu jsou trefoil, quadrafoil, sekundární astigmatismus a další. Mezi aberace vyššího řádu se neřadí chromatické aberace, které pro svou složitost ani nelze řešit.



Obr. 11 Sférická aberace [31]

Aberace mají vliv na zrakové funkce, hlavně na zrakovou ostrost a kontrastní citlivost. Lidské oko představuje nedokonalý optický systém, proto v něm vznikají aberace. V ideálním případě by paprsky, které projdou očními médii vytvořily na sítnici dokonalý obraz. Na sítnici lidského oka se ale nevytvoří ideální obraz.

Pro optické vady vyššího řádu se používá termín aberropie. Nižší aberropie zahrnuje aberace, které se v populaci vyskytují přirozeně. Mezi vyšší aberropie se řadí patologické stavy (keratokonus, změny po keratoplastice, potraumatické změny oka). Aberropie se také dělí na vrozené a získané.

Dnešní refrakční chirurgie se nesnaží korigovat pouze aberace nižšího řádu, ale jejím cílem je vykorigovat i složité aberace vyššího řádu. Aberace nižšího či vyššího řádu je schopen detekovat přístroj, který se nazývá aberometr. Rozsah aberací je do značné míry ovlivněn velikostí zornice. Aberace jsou tím větší, čím je zornice širší. Přístroj detekuje vlnoplochu, která vychází z optického systému oka, digitálně ji zpracuje a přenese do excimerového laseru. Excimerový laser může následně provést wavefront-guided ablaci, která je přizpůsobena každému jednotlivému oku.

Laserová refrakční chirurgie se dělí podle rozsahu korekce aberací vyššího řádu. Ablace, které nekorigují aberace vyššího řádu, jsou sférické, cylindrické a sférocyindrické. Optimalizovaná wavefront ablace koriguje sférické aberace, které vznikly kvůli laserovému zákroku. Aberace celého optického systému koriguje wavefront-guided ablace a rohovkové aberace vyšších řádů koriguje topography-guided ablace.

Všechny metody laserových operací s sebou však mohou nést riziko pooperačního nárůstu aberací vyšších řádů. Jak už bylo výše zmíněno je u wavefront-guided ablace dosahováno nejlepší zrakové ostrosti a nejlepšího kontrastu. U této metody jsou také minimalizovány potíže s viděním za tmy a za šera. Koma a sférické aberace statisticky po obou operacích mírně vzrostou, avšak u metody wavefront – guided PRK je tento nárůst menší. Při srovnání metod wavefront – guided PRK a wavefront – guided LASIK je nárůst pooperačních aberací vyšší u metody LASIK. [6, 28, 29, 30]

## 9 Závěr

Mezi dioprické vady se řadí hypermetropie, myopie, presbyopie a astigmatismus. Tyto vady lze korigovat brýlemi, kontaktními čočkami nebo refrakční operací. Tato bakalářská práce je zaměřena právě na chirurgické řešení myopie.

Chirurgické řešení refrakčních vad se dělí na zákroky, které mění zakřivení povrchové části rohovky, a na zákroky nitrooční. Ve druhé kapitole byla popsána anatomie rohovky, protože při laserových operacích je práce na rohovce důležitou součástí zákroku. Rohovka je složena z pěti vrstev, přičemž je při laserové operaci ovlivněna pouze horní vrstva – epitel. Rohovka má velkou schopnost regenerace.

V práci byla podrobně popsána i refrakční vada krátkozrakosti. Je to vada, při které se ohnisko tvoří před sítnicí, což je nejčastěji způsobeno nadměrnou axiální délkou oka nebo rozdílnými indexy lomu lámavých ploch v oku.

Historie refrakční chirurgie je datována od roku 1890. První vada, která byla korigována pomocí operace byla právě krátkozrakost. Pro současnou refrakční chirurgii byl významný vývoj excimerového laseru, na jehož základě, probíhají dnešní laserové operace.

V bakalářské práci byl vytvořen přehled refrakčních operací myopie. Mezi operace, které mění zakřivení rohovky patří operace prováděné laserem. Je to LASIK, PRK, LASEK, Epi-LASIK a FemtoLASIK. Nitrooční operace zahrnují implantaci fakické nitrooční čočky, lensektomii, rohovkové implantáty. Nejpoužívanější jsou laserové operace. Většina pacientů volí k refrakční operaci zákrok LASIK nebo jeho obdoby.

Pozornost byla věnována také aberacím vyššího řádu a srovnání jednotlivých operací z hlediska bolestivosti, pooperačních komplikací, kvality vidění a rychlosti hojení. Při řešení myopie vykazuje podle tabulky vytvořené v sedmé kapitole nejlepší výsledky FemtoLASIK, ale tato metoda se nedá označit za jednoznačně nejlepší, protože se u každého jednotlivého pacienta může preferovat jiná metoda. Jsou-li přítomny i aberace vyšších řádů, je pro oko nejšetrnější zákrok wavefront – guided PRK.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] Radomír Čihák: Anatomie 3, Grada Publishing, Praha 1997, ISBN 80-7169-140-2
- [2] Květa Kvapilíková: Anatomie a embryologie oka, IDVPZ, Brno 2000, ISBN 80-7013-313-9
- [3] <http://www.anytimehealth.com/fact-sheets/508-Corneal-Abrasion>
- [4] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Rez\\_lid\\_rohovkou.gif](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Rez_lid_rohovkou.gif)
- [5] Pavel Kuchyňka a kol.: Oční lékařství, Grada Publishing, Praha 2007, ISBN 978-80-247-1163-8
- [6] Pavel Rozsival a kol.: Oční lékařství, Galén, Praha 2006, ISBN 80-7262-404-0
- [7] <http://zrak-nas-nejcennejsi-smysl.blog.cz/1002/refrakcni-vady-oka>
- [8] [www.videni.cz](http://www.videni.cz)
- [9] <http://www.avicenna.cz/item/lasery-v-ocnim-lekarstvi/category/tema-mesice>
- [10] Rapuano J. CH. et al.: Refractive Surgery, American Academy of ophtalmology, 2007, ISBN 9781560558019
- [11] <http://obchod.geodis.cz/optika/sterbinove-lampy?lred=1>
- [12] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10571362.1>
- [13] <http://www.svobodovaocni.cz/technologie/pachymetr/>
- [14] [www.lekari-online.cz](http://www.lekari-online.cz)
- [15] [www.lasik.cz/DATA/3LF/08\\_ref-chir-cz.ppt](http://www.lasik.cz/DATA/3LF/08_ref-chir-cz.ppt)
- [16] <http://www.fnbrno.cz/princip-funkce-excimer-laseru/t2928>
- [17] Nemocniční listy FN Brno, březen 2007, ročník VIII., ISSN 1802-0224
- [18] [www.klinikazlin.cz](http://www.klinikazlin.cz)
- [19] [www.seewithlasik.com/docs/epi-lasik.html](http://www.seewithlasik.com/docs/epi-lasik.html)
- [20] <http://www.gemini.cz/cz/sluzby/laserove-korekce-ocnich-vad/lasik-epi-lasik-femto-lasik/>
- [21] [www.vaszrak.cz](http://www.vaszrak.cz)
- [22] <http://sandbox.cz/~varvara/lasik.html>
- [23] [http://eyewiki.aao.org/LASIK\\_for\\_Myopia\\_and\\_Astigmatism:\\_Safety\\_and\\_Efficacy](http://eyewiki.aao.org/LASIK_for_Myopia_and_Astigmatism:_Safety_and_Efficacy)

- [24] <http://www.harvardeye.com/procedures/keratoconus.html>
- [25] <http://www.tana-oc.cz/index.php?pg=multifokalnicocky>
- [26] [www.neovize.cz](http://www.neovize.cz)
- [27] [www.refrakcnicentrum.cz](http://www.refrakcnicentrum.cz)
- [28] Česká oční optika, ISSN 1211-233X, ročník 2009/01- Aberace vyšších řádů a refrakční chirurgie
- [29] Randleman J. B. Et all: Higher-order aberrations after wavefront-optimized photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis, Journal of cataract and Refractive surgery, Vol. 35, 2009, p.p.260-264
- [30] Moshirfar M. Et all: Visual outcomes after wavefront-guided photorefractive keratectomy and wavefront-guided laser in situ keratomileusis: Prospective comparison, Journal of cataract and Refractive surgery, Vol. 36, 2010, p.p.1336-1343
- [31] [www.technet.idnes.cz](http://www.technet.idnes.cz)