

Korekce očních vad laserem – novinky a co od operace čekat

MUDr. Róbert Kadlec

Oční klinika Gemini, Praha

Článek poskytuje přehled o vývoji a principech laserové refrakční chirurgie, o jednotlivých metodách chirurgické korekce očních vad. Popisuje historický vývoj od povrchových metod (PRK) až po moderní techniky jako femtoLASIK a ReLEx SMILE. Hlavní princip zákroku spočívá ve změně zakřivení rohovky, čímž se upraví lomivost optického systému oka. Excimerové lasery fungují na principu fotoablace, zatímco femtosekundové využívají fotodisrupci. Každá metoda má své výhody a omezení, a výběr závisí na individuálních anatomických podmínkách a preferencích pacienta. Mezi důležité předpoklady pro operaci patří stabilita refrakční vady, dostatečná slizivost, normální tloušťka a pravidelnost rohovky, dobrý celkový a oční zdravotní stav. Laserová refrakční chirurgie je moderní a stále se vyvíjející metoda korekce zraku, která nabízí vynikající výsledky při správném výběru pacientů a individuálním přístupu.

Klíčová slova: PRK, LASIK, ReLEx SMILE.

Laser correction of refractive errors – news and what to expect from the surgery

The article provides an overview of the development and principles of laser refractive surgery, the different methods of surgical correction of refractive errors. It describes the historical development from superficial methods (PRK) to modern techniques such as femtoLASIK and ReLEx SMILE. The main principle of the procedure is to change the curvature of the cornea, thereby correcting the refractive error of the eye's optical system. Excimer lasers work on the principle of photoablation, while femtosecond lasers use photodisruption. Each method has its advantages and limitations, and the choice depends on the individual patient's anatomical conditions and preferences. Important prerequisites for surgery include the stability of the refractive error, sufficient tearing, normal corneal thickness and regularity, and good general and ocular health. Laser refractive surgery is a modern and constantly evolving method of vision correction that offers excellent results with proper patient selection and an individualized approach.

Key words: PRK, LASIK, ReLEx SMILE.

Princip laserové korekce refrakčních vad

Laserová korekce zraku spočívá ve změně zakřivení rohovky, která tvoří přibližně dvě třetiny celkové optické mohutnosti oka. U krátkozrakosti (myopie) je optická mohutnost příliš vysoká a paprsky se sbíhají před sítnicí. Korekce spočívá ve snížení lomivosti optického systému. Brýlová skla nebo kontaktní čočky s negativní (mínusovou) hodno-

tu, rozptylky, tuto optickou mohutnost sníží tak, aby paprsky dopadaly přesně na sítnici a obraz sledovaného objektu byl ostrý (Obr. 1).

Laserovou korekcí dosáhneme změnu lomivosti světelných paprsků dopadajících na povrch oka. Změnu tvaru dosáhneme použitím excimerového laseru, který na principu fotoablace odstraní přesně určený objem tkáně na povrchu rohovky, čímž rohovku zploští (Obr. 2).

DECLARATIONS:

Declaration of originality:

The manuscript is original and has not been published or submitted elsewhere.

Ethical principles compliance:

The authors attest that their study was approved by the local Ethical Committee and is in compliance with human studies and animal welfare regulations of the authors' institutions as well as with the World Medical Association Declaration of Helsinki on Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects adopted by the 18th WMA General Assembly in Helsinki, Finland, in June 1964, with subsequent amendments, as well as with the ICMJE Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals, updated in December 2018, including patient consent where appropriate.

Conflict of interest:

Not applicable.

Consent for publication:

Not applicable.

Cit. zkr: Med. Praxi. 2025;22(4):280-284
<https://doi.org/10.36290/med.2025.057>

Článek přijat redakcí: 22. 4. 2025

Článek přijat k tisku: 9. 7. 2025

MUDr. Róbert Kadlec

robert.kadlec@gemini.cz

U dalekozrakosti (hypermetropie) je situace opačná – paprsky se lámou nedostatečně a obraz vzniká až za sítnicí. Korekce se provádí zvýšením optické mohutnosti plusovými skly, spojkami. Tyto čočky zvýší optickou mohutnost (Obr. 1). V případě laserového zákroku je rohovka upravená vytvořením cirkulární ablace kolem centra, čímž je samotné centrum rohovky strmější (Obr. 2).

U astigmatismu není optická mohutnost lomivého aparátu oka stejná ve všech meridiánech. Princip samotné refrakční vady i její korekce je stejný jako u myopie a hypermetropie, jen se liší v jednotlivých rovinách.

Excimerový laser

Excimerový laser s vlnovou délkou 193 nm (UVC spektrum) působí na tkáň fotoablaací – procesem, při kterém dochází k přesnému odstranění rohovkového materiálu bez přehřátí okolí. Laser rozvolňuje molekulární vazby, tkáň se odpaří a výsledný tvar rohovky upravuje lomivost oka (1, 2).

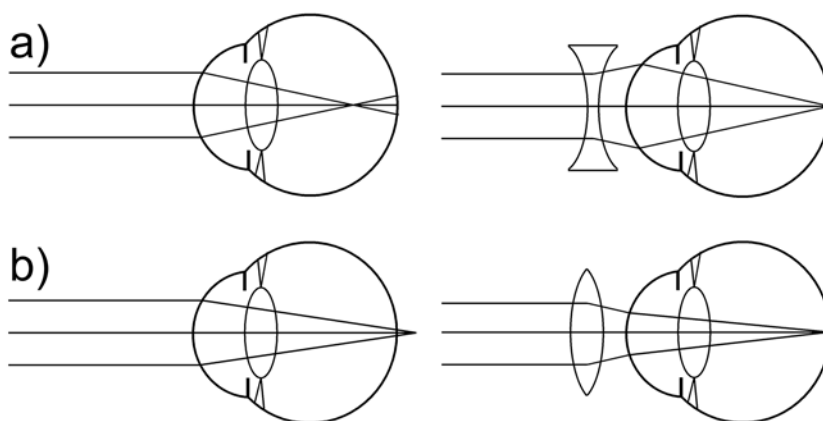
Histologie rohovky

V rohovce rozlišujeme šest vrstev. Na povrchu se nachází nekeratinizující vícevrstevný, rychle regenerující epitel a pod ním nebuněčná zesílená vrstva stromatu, Bowmanova membrána, která je jeho bazální membránou. Přibližně 90 % tloušťky rohovky tvoří vazivové stroma, skládající se z pravidelně uspořádaných kolagenních fibril, keratocytů a extracelulární matrix. Pod stromatem se nachází nově objevená Duova vrstva, na kterou navazuje Descemetova membrána. Je to jemná pevná kolagenní vrstva. Vnitřní vrstvu rohovky tvoří jednovrstevný endotel (Obr. 3) (1).

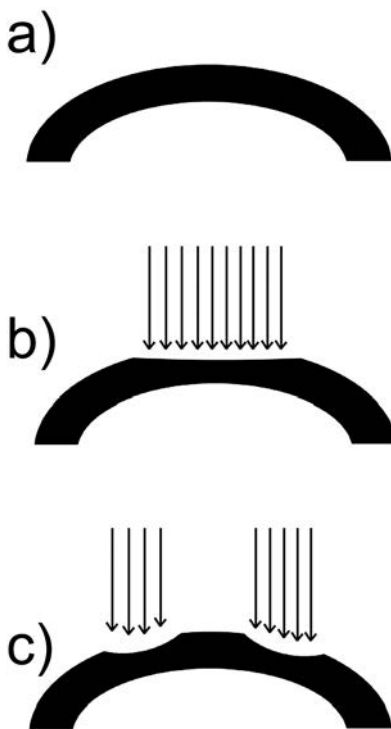
Možnosti laserové korekce

Realizace výše uvedeného principu laserové korekce refrakčních vad má v praxi jedno zásadní úskalí. Rohovkový epitel se rychle regeneruje, což znamená, že laserová úprava na povrchu rohovky by byla pouze přechodná. Efektivní úprava rohovkového profilu je tedy možná až ve vrstvě, která neregeneruje, a její modifikace bude trvalá – tedy v rohovkovém stromatu. Způsob, jakým se do rohovkového stromatu dostaneme, pak zásadně odlišuje jednotlivé metody laserové refrakční korekce.

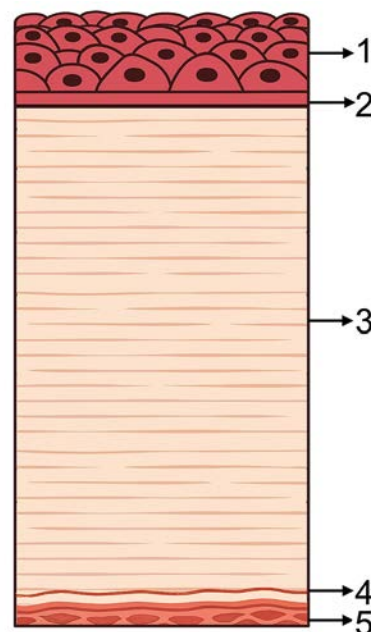
Obr. 1. Princip myopie a hypermetropie – vysoká lomivost optického systému oka při myopii je korigována rozptylkami (a) a nízká při hypermetropii je korigována spojkami (b)



Obr. 2. Princip laserové korekce myopie a hypermetropie – při korekci myopie excimerový laser rohovku v centru oploští (b), v případě hypermetropie zestrní (c); (a – normální rohovka)



Obr. 3. Vrstvy rohovky: 1 – epitel, 2 – Bowmanova membrána, 3 – stroma, 4 – Duova vrstva a Descemetova membrána, 5 – endotel



zmínky v odborné literatuře se objevily již v letech 1987–1988 (Seiler, McDonaldová).

V případě povrchové ablace se laser dostane k rohovkovému stromatu po předchozím mechanickém odstranění epitelu. Excimerový laser následně na principu fotoablace upraví zakřivení rohovky odstraněním přesně definované vrstvy tkáně (Obr. 4). Objem a tvar odstraněné tkáně závisí na typu a rozsahu refrakční vady a individuálních parametrech rohovky. Po aplikaci excimerového laseru se epitel v průběhu několika dní spontánně zahojí.

Při působení laseru po odstranění epitelu může dojít k nežádoucímu poškození Bowmanovy membrány, která se může zhojit fibrózou, tzv. haze. Tento jev se projevuje jako pooperační zažednutí rohovky a může vý-

Povrchová ablace

Ještě před zavedením laseru do klinické praxe byly k dispozici tzv. nelaserové refrakční operace, které rovněž pracovaly na principu změny zakřivení rohovky, ale bez použití laseru, pouze pomocí chirurgických zásahů do rohovky. Do této kategorie patří zákroky jako keratomileusis, přední a zadní keratotomie, radiální keratotomie nebo epikeratoplastika, které se používaly již od padesátých let minulého století (3).

Prvním typem laserové refrakční operace byla fotorefrakční keratektomie (PRK). První

znamně negativně ovlivnit výsledek operace. Rozsah a stupeň fibrózy byl vyšší u starších typů excimerových laserů, které vytvářely méně pravidelný povrch. Riziko fibrózy lze snížit lokální aplikací kortikosteroidů, nebo použitím mitomycinu C (MMC) (4).

Další metody povrchové ablace se liší způsobem odstranění epitelu před samotným laserovým ošetřením. Zatímco u PRK je epitel odstraněn mechanickou abrazí, u metody LASEK je epitel shrnut po aplikaci roztoku alkoholu, u operace epiLASIK je epitel seříznut pomocí speciálního nože a u metody transPRK je epitel odstraněn fotoablaží excimerovým laserem.

I přes použití krycí kontaktní čočky je tento typ operace, vzhledem k obnažení nervových zakončení, spojen s výraznou pooperační bolestivostí a delší rekonvalescencí. Právě diskomfort pacienta po operaci a vyšší riziko pooperační fibrózy byly důvodem pro další zdokonalování laserové refrakční chirurgie. I přesto má povrchová ablace i v současnosti své místo v některých indikovaných případech. Ze všech metod je u povrchové ablace zásah do rohovky nejpovrchovější, což ji činí vhodnou alternativou například u tenkých rohovek.

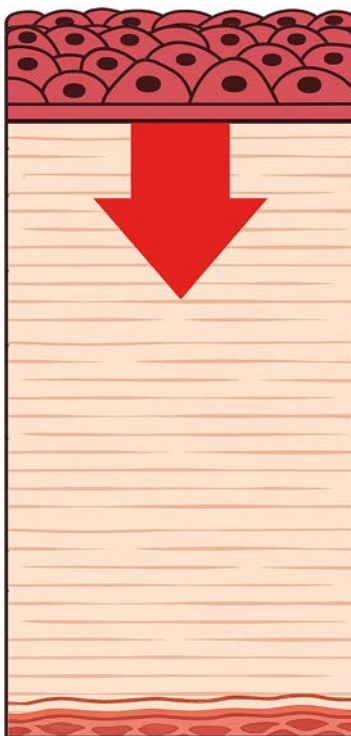
LASIK

Dalším zásadním krokem ve zdokonalování laserových operací refrakčních vad byl LASIK (Laser-assisted in situ keratomileusis). Tato metoda byla poprvé publikována v roce 1989 (Burratto). LASIK je první z tzv. hlubokých ablací. V případě LASIKu se k rohovkovému stromatu dostane excimerový laser po odklopení lamely, která je kromě epitelu a Bowmanovy membrány tvořena i malou vrstvou stromatu (Obr. 5).

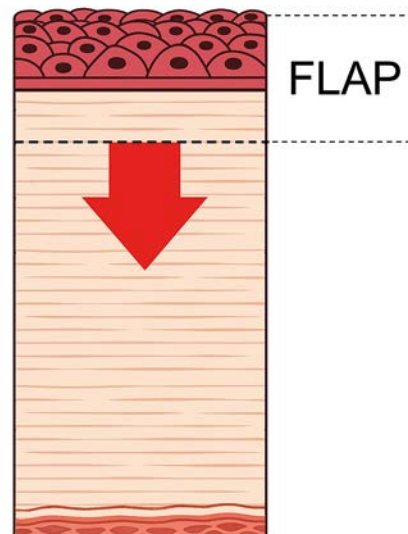
Tato lamela neboli „flap“, byla původně vytvořena pomocí mechanického nástroje, mikrokeratomu. Zůstává fixována v horní nebo nazální části k rohovce pomocí „pantu“, tzv. hinge. Po jejím odklopení má excimerový laser přímý přístup k rohovkovému stromatu a umožní remodelaci zakřivení rohovky stejně jako u PRK. Po skončení laserové ablace je flap přiložený na své původní místo. Epitel, který tvoří vrchní část flapu, zůstává vitální díky intaktní Bowmanově membráně i přilehlé vrstvě stromatu, což výrazně zkracuje rekonvalescenci.

Metoda LASIK byla od roku 2000 zdokonalena použitím femtosekundového laseru.

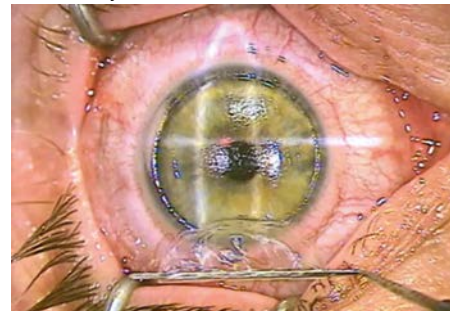
Obr. 4. Fotoablace při PRK – fotoablace je provedena po odstranění epitelu v povrchovém stromatu



Obr. 5. Fotoablace při LASIK – fotoablace je provedena v hlubším stromatu, pod flapem tvořeným epitelem, Bowmanovou membránou a povrchovým stromatem



Obr. 6. Odklopení povrchové lamely při femtoLASIK (Zdroj: archiv autora)



Tato inovace je označována jako femtoLASIK. Místo mechanického mikrokeratomu vytvoří povrchovou lamelu femtosekundový laser. Takto vytvořený flap je tenčí, jeho okraj je pravidelnější a provedení přesnější (Obr. 6). Tento postup výrazně zlepšil výsledky operace i zkrátit rekonvalescenci.

Femtosekundový laser

Femtosekundový laser využívá ultrakrátkých optických pulzů záření o vlnové délce v oblasti 1 100–1 600 nm. Jejich energie je soustředěna do velmi malého prostoru, což vede k vysoké energetické hustotě a následně ke vzniku elektronového plazmatu a vypaření exponované tkáně. Vzniká drobný plazmatický výbuch, a tomuto principu říkáme fotodisrupce. Sumací těchto plazmatických výbuchů je laser schopen vytváření ploch nebo tvarů v prostoru (Obr. 7). Řez rohovkou vzniká na principu husté sítě bodů (bublinek), spojených miniaturními můstky, jež je třeba mechanicky manuálně rozvolnit pomocí separátoru (1, 2).

ReLEx SMILE

V roce 2008 (Sekundo) byla představena nová laserová refrakční operace, která nevyužívá excimerový laser, ale stále pracuje na principu změny zakřivení rohovky. Metoda, známá

jako ReLEx SMILE, je zkratkou pro Refractive Lenticule Extraction Small Incision Lenticule Extraction. Tento zákrok se provádí pomocí femtosekundového laseru (Obr. 8), který v rohovce vytvoří tzv. lentikulu, jež je následně extrahována malým řezem (Obr. 9).

ReLEx SMILE je náročnější na techniku a vyžaduje delší učební křivku, ale je bezpečnější a komfortnější pro pacienta. Díky menšímu řezu, než u metody LASIK, se zmenšuje poškození rohovkových nervů a riziko suchého oka (Obr. 10) (5). Povrch rohovky zůstává nedotčený, což pomáhá udržet její stabilitu a biomechanickou pevnost (6). Dalším přínosem je nižší emitovaná energie ve srovnání s excimerovým laserem. Původně byla tato metoda určena zejména pro pacienty s vyšší myopií a tenčí rohovkou, ale díky technologickým inovacím je dnes vhodná i pro nižší myopii, astigmatismus a nově také pro korekci hypermetropie.

Indikace laserové refrakční operace

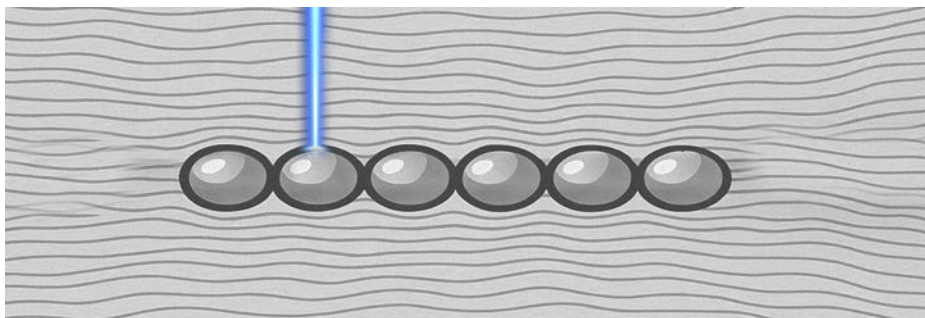
Základem podstupují lidé, kteří chtějí odstranit závislost na brýlích či čočkách. Nejde o zdravotní indikaci, ale o výkon kosmetického charakteru, který není hrazen ze zdravotního pojištění.

Před operací zjišťujeme podrobnou celkovou a oční anamnézu. Podmínkou pro operaci je stabilita refrakční vady, i proto se laserové refrakční operace provádějí až od 18 let, jen výjimečně v mladším věku.

Za horní hranici věku pro laserovou refrakční operaci považujeme věk 40 let. Příčinou není bezpečnostní riziko, ale riziko nespokojenosti po operaci z důvodu nastupující presbyopie.

Celková anamnéza odhalí další možné rizikové faktory a případné důvody ke kontra-indikaci laserové refrakční operace. Přítomnost autoimunitních onemocnění, nebo pokročilého a nedostatečně kompenzovaného diabetu by negativně ovlivnila pooperační hojení. Onemocnění pojivové tkáně může mít dopad na jizvení po laseru, což v praxi úplně vylučuje provedení PRK. Hormonální terapie je spojená

Obr. 7. Princip femtosekundového laseru – femtosekundový laser vytváří v hloubce tkáně drobné bublinky

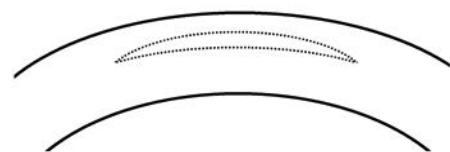


s vyšším rizikem rohovkových ektázií. S tím souvisí i nevhodnost operace v období těhotenství a šestinedělí. Jednou z příčin je zmíněná změna hormonální rovnováhy a riziko změny tvaru rohovky. Druhým důvodem je možnost kolísání refrakce během tohoto období.

Základem pro zvažování výkonu je změření objektivní a subjektivní refrakce optimálně zkušeným optometristou. V indikovaných případech je potřebné i změření objektivní refrakce v cykloplegii.

Zájemce musí před samotnou operací podstoupit kompletní oční vyšetření předního i zadního segmentu oka k vyloučení jiné patologie. Nález jiných onemocnění rohovky,

Obr. 8. Princip ReLEx SMILE – femtosekundový laser vytvoří v hloubce rohovky dvě na sebe navazující vrstvy separace, které ohraničí mezi sebou rohovkovou lentikulu



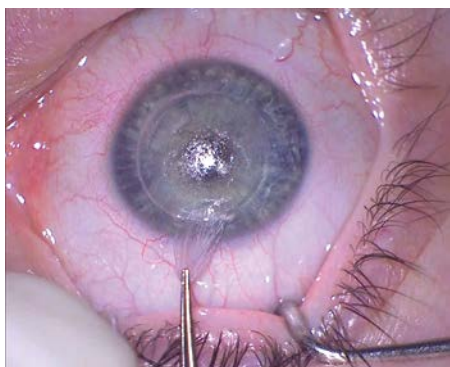
čochy nebo sítnice, přítomnost zánětů a jiných faktorů, které ovlivňují zrakovou ostrost nebo hojení oka, znemožňují provedení operace.

Velmi důležitým a často limitujícím faktorem je topografie a pachymetrie rohovky.

Laserová refrakční operace způsobuje její ztenčení. Podmínkou je, aby rohovka

INZERCE

Obr. 9. Extrakce rohovkové lentikuly při ReLEx SMILE (Zdroj: archiv autora)



i po takovém ztenčení zůstala pravidelná, dostatečně pevná a dál plnila všechny své funkce. Pokud tedy při předoperačním vyšetření zjistíme v rohovkové topografii jakékoliv anomálie, nebo je rohovka tenká, operaci neprovádíme.

Nedílnou součástí vstupního vyšetření je vyšetření slzivosti. Právě nedostatečná produkce nebo kvalita slzného filmu bývá často důvodem ke kontraindikaci operačního výkonu. Všechny typy laserových refrakčních operací pooperačně zhoršují suchost oka, či už samotným porušením povrchové inervace rohovky (Obr. 10), nebo nutností pooperační lokální aplikace kortikosteroidů.

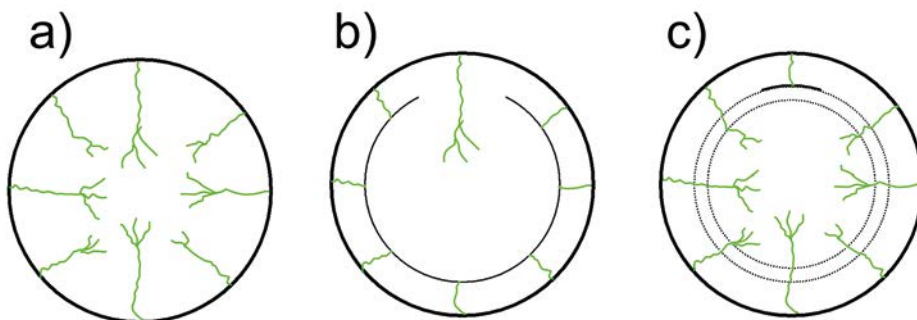
Na základě všech získaných parametrů lze vyhodnotit, zda je zákrok vhodný a proveditelný. Pokud hrozí riziko, že operační zákrok by mohl jakkoli zhoršit stávající stav, je operace kontraindikována. V některých případech je před plánovaným zákrokem nutná úprava režimu (například zvýšená lubrikace oka, dočasná úprava korekce apod.). S odstupem času je možné vstupní vyšetření zopakovat a případně indikovat operační zákrok.

U vhodného adepta je nejčastěji indikována operace femtoLASIK nebo ReLEx SMILE, výjimečně PRK.

Většina pacientů podstupujících laserovou refrakční operaci jsou myopové a pacienti s myopickým astigmatismem. U nižších vad volíme spíše femtoLASIK, u vyšších vad ReLEx.

Dalším faktorem při výběru metody jsou aktivity a životní styl. Pro přítomnost flapu,

Obr. 10. Inervace rohovky – normální (a), po operaci LASIK (b), po operaci ReLEx SMILE (c)



který (obzvláště v pooperačním období) nemusí odolat nešetrné manipulaci (tření, mnutí) nebo dokonce přímému nárazu, je u exponovaných povolání nebo koníčků (policie, armáda, kontaktní sporty) upřednostněna tzv. „bezflapová“ metoda, tedy ReLEx SMILE nebo PRK.

Operační zákrok

V případě, že je na základě všech provedených vyšetření adept k laserové refrakční operaci vhodný, podstupuje operační zákrok.

Laserová refrakční operace je prováděna vždy ambulantně, na obou očích současně (při binokulárním zákroku). Díky lokální anestezii je zákrok bezbolestný a trvá obvykle 10–20 minut. Po zákroku odchází pacient s doprovodem domů a pokračuje v lokální terapii antibiotiky, kortikosteroidy a lubrikancí po dobu několika týdnů. Už bezprostředně po operaci vidí, ale velmi zamlženě, což se v následujících dnech postupně zlepšuje.

Další hojení probíhá v závislosti od typu zákroku. Po PRK přetrvává následujících 48 hodin výrazná bolestivost a zraková rehabilitace je relativně pomalá, plného efektu je dosaženo často až za měsíc. Po absolvování zákroku LASIK a ReLEx SMILE je u většiny pacientů zraková ostrost už na první kontrole téměř 100%. Po operaci je nutné po dobu 1–2 týdnů (u PRK měsíc) počítat s omezením fyzické námahy a vyhýbáním se potenciálně rizikovému a infekčnímu prostředí (bazén, sauna, prach).

Závěr

Laserová refrakční chirurgie je rychle se rozvíjející obor, který se díky bezpečnosti a dostupnosti těší stále většímu zájmu veřejnosti. Původní princip změny zakřivení rohovky se od povrchových ablací (PRK) neustále zdokonaluje a flapovou metodu LASIK začíná postupně nahrazovat nejmodernější minimálně invazivní ReLEx SMILE. Jeho další zdokonalování rozšiřuje možnosti korekce refrakčních vad i pro řešení vyšších myopií, astigmatismu a hypermetropie. Výzvou do budoucna zatím zůstává efektivní řešení presbyopie.

Přestože je díky rychle se rozvíjejícím se technologiím laserová refrakční chirurgie stále přesnější a bezpečnější, není pro každého. Nezbytná předoperační konzultace a podrobné vyšetření může odhalit spoustu různých důvodů, proč pro konkrétního pacienta není laserová operace vhodná, nebo dokonce není bezpečná. Pečlivým výběrem vhodných adeptů lze ale minimalizovat množství nespokojených pacientů, příp. pooperačních komplikací. Zvolení optimální metody u každého vhodného pacienta a precizní provedení samotné operace mohou vést k vynikajícím a dlouhodobým výsledkům. Ačkoliv laserové operace představují moderní a účinnou možnost korekce zraku, stále platí, že rozhodnutí o jejich provedení by mělo být výsledkem důkladné diskuze mezi pacientem a lékařem. S rostoucími technologickými pokroky a zkušenostmi specialistů se i nadále zvyšuje úspěšnost těchto zákroků, přičemž bezpečnost a spokojenost pacientů zůstávají na prvním místě.

LITERATURA

1. Heissigerová J, et al. Oftalmologie. Praha: Maxdorf s. r. o. 2018;28:61–62.
2. Kuchynka P, et al. Oční lékařství. 2nd ed. Praha: GRADA Publishing; 2016:177.
3. Novák P. Současný pohled na problematiku refrakční chi-

4. Kuchynka P, et al. Praha: Galén. 2000:83–85.
4. Rajan MS, O'Brart DP, Patmore A. Cellular effects of mitomycin-C on human corneas after photorefractive keratectomy. J Cataract Refract Surg. 2006;32(10):1741–1747.
5. Zhang Y, Shen Q, Jia Y, et al. Clinical Outcomes of SMILE

- and FS-LASIK Used to Treat Myopia: A Meta-analysis. J Refract Surg. 2016;32(4):256–265.
6. Titiyal JS, Kaur M, Shaikh F. Small incision lenticule extraction (SMILE) techniques: patient selection and perspectives. Clin Ophthalmol. 2018;12:1685–1690.