



Basiswissen refraktive Chirurgie

Korrektur von Refraktionsfehlern mit modernen chirurgischen Verfahren

Thomas Kohnen, Anja Strenger, Oliver K. Klaproth

ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung: Die refraktive Chirurgie der Augenheilkunde umfasst sichere, wirksame, zuverlässige und komplikationsarme Verfahren zur dauerhaften Korrektur von Fehlsichtigkeiten des menschlichen Auges.

Methoden: Selektive Literaturlaufarbeitung in Anlehnung an die Richtlinien der Kommission Refraktive Chirurgie.

Ergebnisse: Mit nahezu 18 Millionen Behandlungen ist die LASIK (Laser-in-situ-Keratomileusis) das häufigste angewendete Verfahren der refraktiven Chirurgie weltweit. Alternativen kommen Oberflächenbehandlungen (PRK, LASEK, Epi-LASIK) oder zusätzliche Kunstlinsenimplantationen zur natürlichen Augenlinse zum Einsatz, sogenannte phake Intraokularlinsen. Ist die Akkommodationsfähigkeit des Auges nicht mehr gegeben, stellt die Implantation neuartiger multifokaler Intraokularlinsen eine vielversprechende Technologie dar. Die Implantation erfolgt im Rahmen der Myopie-, Hyperopie-, oder Presbyopiebehandlung nach Entfernung der natürlichen Augenlinse.

Diskussion: Die Behandlungsergebnisse werden maximiert und Komplikationen auf ein Minimum reduziert, wenn die strikte Einhaltung der Indikationskriterien erfolgt und ein hoher technischer Standard bei den Verfahren Grundlage ist.

Dtsch Arztebl 2008; 105(9): 163–72

DOI: 10.3238/arztebl.2008.0163

Schlüsselwörter: Excimer, refraktive Chirurgie, Oberflächenbehandlungen, LASIK, phake Intraokularlinsen, refraktiver Linsenaustausch

Klinik für Augenheilkunde der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, Frankfurt am Main: Prof. Dr. med. Kohnen, Dipl.-Ing. (FH) Strenger, Dipl.-Ing. (FH) Klaproth

Die refraktive Chirurgie – ein Teilgebiet der Augenheilkunde – ist definiert als die chirurgische Korrektur von Abbildungsfehlern des menschlichen Auges. In den letzten Jahren entwickelte sie sich zu einem hochspezialisierten Bereich. Mittlerweile kann der Ophthalmochirurg mit einer Vielzahl an refraktiv-chirurgischen Methoden eine individuelle Korrektur von Fehlsichtigkeiten erreichen. Eingesetzt werden sowohl in der refraktiven Hornhaut-, als auch in der Linsen Chirurgie, Verfahren, bei denen die Standardkriterien Sicherheit, Wirksamkeit, Effektivität und Vorhersagbarkeit des Refraktionsergebnisses zuverlässig erfüllt werden sollen (1, e1).

Lernziele dieses Beitrages sind:

- die unterschiedlichen Verfahren der refraktiven Chirurgie zur Korrektur der Fehlsichtigkeiten des menschlichen Auges kennenzulernen
- mit den Indikationsstellungen, basierend auf den Richtlinien der Kommission Refraktive Chirurgie, vertraut zu werden
- den um Rat suchenden Patienten über vorliegende Kontraindikationen und mögliche Komplikationen informieren zu können.

Der Fortbildungsartikel basiert auf einer selektiven Literaturlaufarbeitung und eigenen Erfahrungen mit über 6 000 refraktiven Eingriffen.

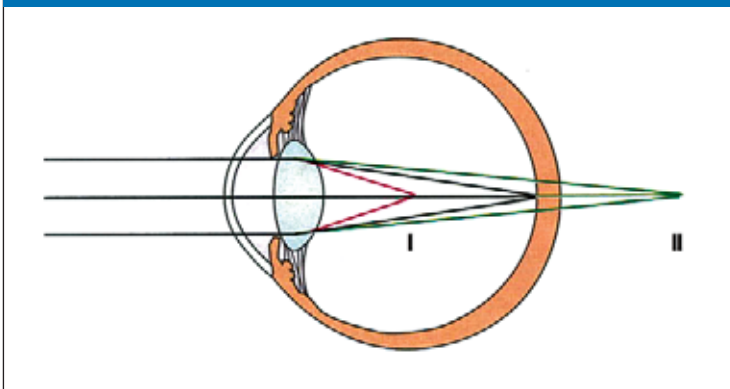
Fehlsichtigkeiten des menschlichen Auges

Fehlsichtigkeiten werden in der Einheit Dioptrien (dpt) angegeben und lassen sich in achsensymmetrische und astigmatische Formen einteilen, wobei in den meisten Fällen eine gemischte Form vorliegt. Zu den achsensymmetrischen Fehlsichtigkeiten zählen die Kurzsichtigkeit (Myopie) und die Weitsichtigkeit (Hyperopie). Eine Myopie besteht dann, wenn das Auge in Relation zum Brechkraftapparat zu lang ist (e2). Einfallende Lichtstrahlen werden vor der Netzhaut in einem Punkt gebündelt und erzeugen schließlich auf der Netzhaut ein unklares Bild (*Grafik 1, I*). Die Hyperopie (oder Hypermetropie) ist der medizinische Terminus für die Weitsichtigkeit.

Fehlsichtigkeiten

Sie gliedern sich in achsensymmetrische (Myopie, Hyperopie) und astigmatische Fehlsichtigkeiten (Astigmatismus) sowie die Presbyopie. Diese bilden die Gruppe der Abbildungsfehler niederer Ordnung.

GRAFIK 1



Abbildungsverhältnisse bei Myopie und Hyperopie. Bei der Myopie wird ein Punkt aus dem Unendlichen im Raum vor der Netzhaut abgebildet (I), bei der Hyperopie im Raum hinter der Netzhaut (II).

Diese Fehlsichtigkeitsform entsteht, wenn das Auge für den Brechkraftapparat zu kurz ist. Lichtstrahlen, die in das Auge einfallen, werden theoretisch erst hinter der Netzhaut fokussiert. Es wird somit eine verschwommene Abbildung auf der Netzhaut erzeugt (Grafik 1, II). Myopie und Hyperopie sind häufig mit einer Stabsichtigkeit (Astigmatismus) kombiniert, wobei ein Astigmatismus auch allein auftreten kann.

Der Brechkraftapparat des Auges besteht im Wesentlichen aus der Hornhaut, der Vorderkammer, der Augenlinse und dem Glaskörper. Diese Elemente bilden zwei Funktionsgruppen: das Hornhaut- und das Linsensystem. Das Hornhautsystem hat mit circa 40 bis 50 dpt die größte brechende Wirkung im Gegensatz zum Linsensystem. Es weist eine Brechkraft von etwa 15 bis 25 dpt auf, gemessen in Akkommodationsruhe bei Einstellung auf den Fernpunkt. Astigmatismus entsteht, wenn die brechenden Medien Hornhaut oder Augenlinse in zwei Meridianen eine unterschiedliche Krümmung und somit differente Brechkraften besitzen. Durch die ungleiche Brechung der Lichtstrahlen beim Eintritt ins Auge wird kein punktförmiges, sondern ein verschobenes oder verzerrtes Bild auf die Netzhaut projiziert. Eine weitere Fehlsichtigkeitsform ist die Altersweitsichtigkeit (Presbyopie). Die Presbyopie ist das Ergebnis des normalen Alterungsprozesses. Die Augenlinse verliert mit der Zeit ihre Flexibilität. Durch diesen Verlust kann die Linse die Brechkraft für die Naheinstellung nicht mehr erhöhen. Die meisten Menschen erfahren den Verlust der Nahsehfähigkeit zwischen dem 40. und 50. Lebensjahr. Neben den beschriebenen Fehlsich-

Presbyopie

Sie ist ein Teil des normalen Alterungsprozesses und eine weitere Form der Fehlsichtigkeit mit Verlust der Nahsehfähigkeit.

tigkeitsformen (Abbildungsfehler niedriger Ordnung) gibt es die Abbildungsfehler höherer Ordnung.

Diese sind Abweichungen von der idealen Wellenfront und nicht mit Brillengläsern oder Kontaktlinsen korrigierbar. Sie führen zur Verschlechterung der Abbildungsqualität. Der Beschreibung von Wellenfronten wird die Wellennatur des Lichtes zugrundegelegt (2). Zwei häufig vorkommende und bereits lange bekannte Abbildungsfehler höherer Ordnung sind Coma (Asymmetriefehler) und sphärische Aberration (Öffnungsfehler).

Refraktiv-chirurgische Verfahren

Zu den heute akzeptierten chirurgischen Korrekturverfahren von Fehlsichtigkeiten gehören die refraktive Hornhaut- und Linsenchirurgie. Zur refraktiven Hornhautchirurgie zählen die Excimer-Laser-Verfahren und Inzisionen. Zur Linsenchirurgie gehören die phaken Intraokularlinsen (PIOL) und der refraktive Linsenaustausch (RLA).

Refraktive Hornhautchirurgie

Der Excimer („excited dimer“-) Laser ist ein Argon-Fluorid-Laser, der in einem Wellenlängenbereich von 193 nm arbeitet. Die Hornhaut wird durch den Laserabtrag so modelliert, dass sich die in das Auge einfallenden Strahlen direkt auf der Netzhaut im Punkt des schärfsten Sehens (Makula) vereinigen. Die Verfahren, bei denen zur Fehlsichtigkeitskorrektur ein Excimer-Laser zur Anwendung kommt, gliedern sich in:

- Verfahren zur Oberflächenbehandlung
- lamelläre Behandlungsverfahren.

Zu den Oberflächenbehandlungen gehören die photorefraktive Keratektomie (PRK), die Laser-subepitheliale Keratomileusis (LASEK) sowie die Epi-LASIK. Der Abtrag des Hornhautgewebes mit dem Excimer-Laser erfolgt bei diesen drei Behandlungen direkt unter dem Epithel, der äußersten Schicht der fünf-schichtigen Hornhaut. Das Hornhautepithel wird vorher entweder mechanisch, chemisch oder mithilfe eines Lasers entfernt (bei der PRK) oder mit einer Alkohollösung (bei der LASEK) beziehungsweise einem Mikrokeratom (bei der Epi-LASIK) von der Unterlage abgelöst und nach der Behandlung wieder zurückgelegt.

Die Kombination eines lamellierenden stromalen Hornhautschnittes mit einer Excimer-Laser-Ablation bezeichnet man als Laser-in-situ-Keratomileusis (LASIK). Hierbei wird mit einem Mikrokeratom oder einem Femtosekundenlaser eine dünne Hornhautlamelle (Flap)

Excimer-Laser-Verfahren

Mit diesen Verfahren können sphärische und zylindrische Anteile der Fehlsichtigkeit korrigiert werden. Moderne Laserprofile berücksichtigen im Ablationsprofil die Abbildungsfehler höherer Ordnung des Auges ebenfalls.

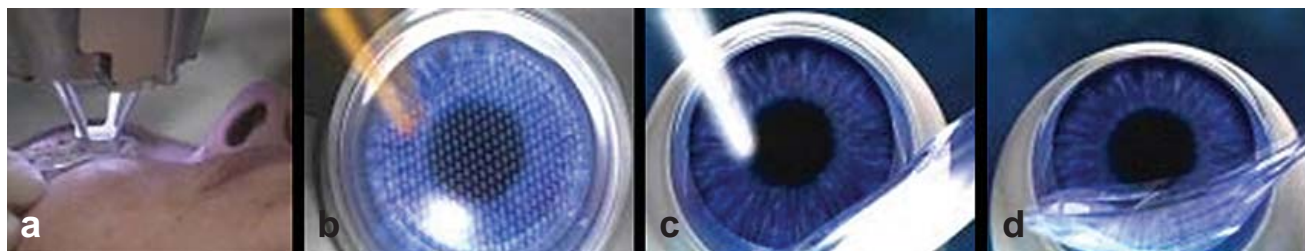


Abbildung 1: Ablauf der LASIK mit dem Femtosekundenlaser und dem Excimer-Laser: a) Die Laserstrahlen werden computergesteuert in eine exakt berechnete Tiefe der Hornhaut fokussiert (Femtosekundenlaser). b) Ein Flap entsteht, indem viele tausend Laserpulse in einer Ebene aneinander gereiht werden. c) Nach dem Anheben des Flaps wird die Fehlsichtigkeit mithilfe des Argon-Fluorid-Excimer-Lasers korrigiert. d) Anschließend wird der Flap wieder zurückgeklappt.

geschnitten und nach oben geklappt (Abbildung 1). Im Unterschied zu den Oberflächenbehandlungen erfolgt der Laserabtrag in einer tieferen Hornhautschicht, dem vorderen Stroma. Nach dem Abtrag wird die Lamelle an ihre ursprüngliche Stelle zurückgeklappt, wo sie infolge von Adhäsionskräften und dem Pumpeffekt des Endothels selbstständig an der Hornhaut anhaftet und innerhalb weniger Stunden anwächst (e3).

Der Femtosekundenlaser ist die neueste Technologie, die einen Hornhautflap erzeugt, und bietet eine höhere Sicherheit. Schnittfehler, wie sie vom mechanischen Mikrokeratom bekannt sind, sind äußerst unwahrscheinlich. Mittlerweile sind 60-kHz-Laser auf dem Markt verfügbar, die die bisher erhältlichen 40- und 50-kHz-Laser abgelöst haben. Diese Technologie kann dem bislang bekannten verlängerten Heilverlauf („delayed hypersensitivity syndrome“, [DHS]) vorbeugen. Somit ist mittlerweile die Zeit der optischen Rehabilitation nach Flaperzeugung mit dem Mikrokeratom und dem Femtolaser vergleichbar. Die Femtosekundenlaser-Technik wird allerdings zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur von wenigen Zentren angewandt.

Das Ablationsprofil (Abtragsprofil) des Excimer-Lasers enthält die sphärischen und zylindrischen Anteile des Refraktionsfehlers (Kasten 1) (3, e4). Zur Korrektur der Myopie wird im Zentrum der Hornhaut ein zirkulärer Lentikel (Gewebestück) mit dem Excimer-Laser entfernt. Die Ablation zur Korrektur der Hyperopie erfolgt in der Hornhautperipherie, sodass die Krümmung der zentralen Hornhaut verstärkt und die Hornhautbrechkraft erhöht wird. Moderne asphärische (Abweichung von der Kugelform einer Fläche) und wellenfrontgeführte Ablationsprofile vermeiden die Induktion von Abbildungsfehlern höherer Ordnung (HOA) des Auges und reduzieren die HOA (3, 4, e4–e6). Somit führen sie zu einer Verbesserung der optischen Qualität

KASTEN 1

Ablationsprofile des Excimer-Lasers*1

- **basierend auf dem gesamten optischen System**
 konventionelles Profil (berechnet nach der Munnerlyn-Formel)
 wellenfrontgeführt
 wellenfrontoptimiert
- **basierend auf der Hornhauttopografie (Oberflächengestaltung der Hornhaut)**
 topografiegesteuert
 asphärisch

*1 modifiziert nach 3, e4

des Auges. Zur genaueren Anpassung des Ablationsprofils erfassen „eye tracker“ mit Iriserkennung neben horizontalen und vertikalen Augenbewegungen Zyklorotationsbewegungen des Auges (5). Der „eye tracker“ ist ein „Verfolgersystem“ und stellt sicher, dass das Hornhautgewebe am vorgesehenen Ort abgetragen und eine Dezentration der Ablationszone vermieden wird. Blicksakkaden des Auges können somit während der Behandlung berücksichtigt werden. Sollte der Patient plötzlich größere Blickbewegungen ausführen, wird der Ablationsvorgang unterbrochen.

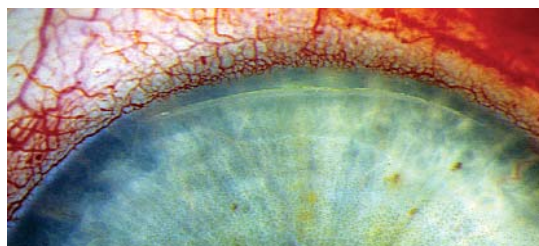


Abbildung 2: Limbale Relaxationsinzision (LRI) am Rand der Hornhaut zur Korrektur des Astigmatismus

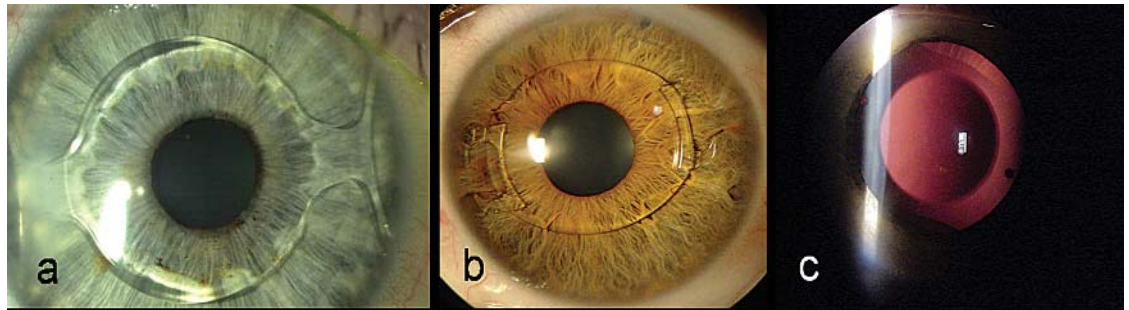
Femtosekundenlaser

Der Femtosekundenlaser ist die neueste Technologie, die einen Hornhautflap erzeugt, und bietet eine höhere Sicherheit gegenüber dem mechanischen Mikrokeratom.

Inzisionale Techniken

Bei diesen Verfahren werden ein oder zwei Schnitte in der Hornhaut zur Korrektur des Astigmatismus angebracht.

Abbildung 3: Faltbare phake Intraokularlinsen in situ: a) kammerwinkelgestützt, b) irisfixiert, c) in der Hinterkammer sitzend



Inzisionen

Die inzisionalen Techniken werden zur Korrektur des Astigmatismus angewendet. Mit einem Diamantmesser oder dem Femtosekundenlaser werden mehrere mikroskopisch kleine Schnitte senkrecht zum steilen Meridian der Hornhaut angelegt, um die Oberflächenkrümmung der Hornhaut soweit zu verändern, dass ein bestehender Astigmatismus ausgeglichen wird. Je nach Notwendigkeit werden ein oder zwei Schnitte entweder zentral, (astigmatische Keratotomie [AK]), oder limbusnah, (limbale Relaxationsinzision [LRI] *Abbildung 2*), angebracht. Inzisionale Techniken sind mittelgradig gut vorhersagbare und sehr effiziente Verfahren zur Astigmatismuskorrektur (e10).

Refraktive Linsen Chirurgie

Die Implantation einer künstlichen Linse (Intraokularlinse) in das Auge kann zusätzlich zur natürlichen Augenlinse (als sogenannte phake Intraokularlinse [PIOL]) oder mit Entfernung der natürlichen Augenlinse als refraktiver Linsenaustausch [LA] erfolgen. Diese Methoden lassen

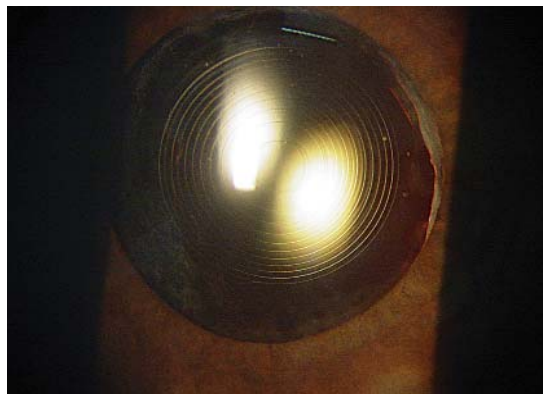
die Hornhaut unberührt und sind insbesondere bei hohen Fehlsichtigkeiten und Hornhautpathologien vorteilhaft.

Phake Intraokularlinsen

Phake Intraokularlinsen werden zusätzlich zur natürlichen Augenlinse in das menschliche Auge implantiert. Nach dem Ort der Implantation wird zwischen phaken Vorder- und Hinterkammerlinsen unterschieden. Entsprechend ihrer Befestigung werden Vorderkammerlinsen in kammerwinkelgestützte (Fixierung im Kammerwinkel) und irisfixierte Linsen (Fixierung in der Iris des Auges) eingeteilt (*Abbildung 3a, b*).

Die Hinterkammerlinsen werden zwischen Iris und natürlicher Augenlinse in die Hinterkammer des Auges implantiert (*Abbildung 3c*). Hinsichtlich der Materialien unterscheidet man zwischen rigiden Implantaten aus Polymethylmethacrylat (PMMA) und faltbaren Implantaten aus Acrylat und Silikon, die kleine Inzisionsschnitte von etwa nur 3 mm benötigen. Neben dem Vorteil, die Linsenimplantation nahezu astigmatismusneutral zu gestalten, lassen sich die faltbaren PIOL leicht implantieren.

Abbildung 4: Refraktiver Linsenaustausch: Multifokale Intraokularlinse mit apodisierter Struktur der Linsen vorderfläche in situ für das Sehen in Ferne und Nähe



Refraktiver Linsenaustausch

Beim refraktiven Linsenaustausch (RLA) wird die natürliche Augenlinse des Patienten durch eine künstliche Linse ersetzt. Dazu wird das Auge am Rand der Hornhaut eröffnet und die natürliche Augenlinse wie bei der modernen Kataraktchirurgie mithilfe des Ultraschalls zerkleinert und abgesaugt. Anschließend wird eine monofokale (entweder für ein scharfes Sehen in der Ferne oder in der Nähe) oder multifokale Intraokularlinse in den Kapselsack eingesetzt. Multifokale IOL bieten den Vorteil, dass die Patienten fern und nah gelegene Objekte wieder scharf sehen können, ohne eine Lesebrille zum Sehen in der Nähe zu benötigen (*Abbildung 4*).

Implantation phaker Intraokularlinsen

Die Implantation ist ein reversibler Vorgang, bei dem eine künstliche Linse zusätzlich zur natürlichen Augenlinse in die Vorderkammer oder Hinterkammer des Auges implantiert wird, um besonders höhere Fehlsichtigkeiten auszugleichen.

Refraktiver Linsenaustausch

Der refraktive Linsenaustausch wird zur Korrektur der Presbyopie, höherer Myopien und Hyperopien angewendet. Die Intraokularlinse wird nach Entfernung der natürlichen Augenlinse in den Kapselsack des Auges implantiert.

Indikationen

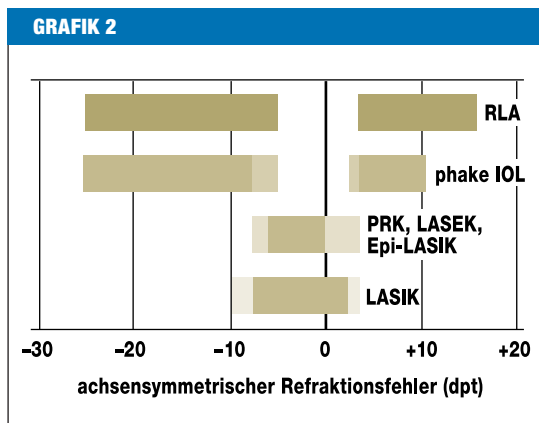
Die Kommission Refraktive Chirurgie (KRC) als gemeinsame Kommission der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (DOG) und des Berufsverbandes der Augenärzte Deutschlands (BVA) hat zur Vermeidung schwerwiegender Komplikationen allgemein gültige Indikationskriterien für refraktiv-chirurgische Verfahren erstellt (www.augeninfo.de/krc; *Kasten 2, Grafik 2, 3*; [6]). Dabei ist der Indikationsbereich der Bereich, in dem das jeweilige Verfahren als geeignet anzusehen ist und Nebenwirkungen selten sind. Im Grenzbereich kann das jeweilige Verfahren noch angewendet werden, jedoch können zunehmend schlechtere Ergebnisse und häufiger Nebenwirkungen auftreten. Prinzipiell gelten Behandlungen unter dem 18. Lebensjahr sowie Progression der nichtpresbyopen Fehlsichtigkeit als Kontraindikationen aller refraktiv-chirurgischen Verfahren.

Die Excimer-Laser-Verfahren (LASEK, PRK, LASIK, Epi-LASIK) werden zur Korrektur von Myopien bis -8 dpt (LASIK für Myopien bis maximal -10 dpt), Hyperopien bis $+4$ dpt und Astigmatismen bis 5 dpt angewendet.

Kontraindikationen dieser Verfahren sind weiterhin die symptomatische Katarakt sowie das Glaukom mit ausgeprägten Gesichtsfeldschäden und exsudative Makuladegenerationen.

Präoperative Hornhautdicken < 500 μm gelten zusätzlich als Kontraindikation der lamellären OP-Techniken. Hier werden die Oberflächenbehandlungen zur Korrektur der Fehlsichtigkeit bevorzugt. Die astigmatische Keratotomie (AK) kommt nur bei sehr starkem Astigmatismus > 3 dpt, die limbale Relaxationsinzision (LRI) bei Astigmatismen $< 2,5$ dpt sowie bei Astigmatismusentwicklung nach refraktiver (zum Beispiel Excimer) oder Katarakt-Chirurgie zur Anwendung (*Grafik 3*).

Die Implantation der PIOL ist bei einer Vorderkammertiefe $> 3,0$ mm und einer Endothelzellzahl $> 2\ 000$ Zellen pro mm^2 möglich. Ein vorhandener Astigmatismus (< 2 dpt) kann zusätzlich zur PIOL-Implantation durch geeignete Schnittführung im steilen Meridian reduziert werden. Bei vorliegendem Astigmatismus ≥ 2 dpt können torische PIOL zur Korrektur von Fehlsichtigkeiten und des Astigmatismus implantiert werden. Aufgrund wachsender Erfahrungen in der Implantation von Intraokularlinsen werden heute PIOL zur Korrektur mittlerer Fehlsichtigkeiten (ab etwa -5 dpt) alternativ zur refraktiven Hornhautchirurgie eingesetzt.



Indikationen refraktiv-chirurgischer Verfahren entsprechend den achsensymmetrischen Refraktionsfehlern (ideal = Indikationsbereich, übriger Bereich = Grenzbereich); RLA; refraktiver Linsenaustausch; IOL, Intraokularlinsen; PRK, photorefraktive Keratektomie; modifiziert nach (6)

Der refraktive Linsenaustausch (RLA) wird vor allem bei älteren Patienten (ab 50 Jahren), die eine fortgeschrittene Presbyopie aufweisen, und zur Korrektur stärkerer Myopien und Hyperopien angewendet. Wie bei den PIOL kann ein eventuell vorhandener Astigmatismus durch geeignete Schnittführung oder durch torische Implantate reduziert werden.

Ergebnisse

Refraktive Hornhautchirurgie

Die refraktiven Excimerbehandlungen werden bereits seit über 20 Jahren beim Menschen angewendet. Mit modernen Lasern liegt heute die Vorhersagbarkeit von LASIK und den Oberflächenbehandlungen im Indikationsbereich in 85 Prozent bei $\pm 0,5$ dpt, in 99 Prozent bei $\pm 1,0$ dpt. Mit steigendem zu korrigierendem Refraktionsfehler, nimmt die Vorhersagbarkeit durch nachfolgende stärkere Wundheilung ab. Dies gilt sowohl für Myopie und Hyperopie, als auch besonders für Astigmatismen.

Die Inzisionsverfahren gehören zu den älteren Verfahren in der refraktiven Chirurgie. Astigmatische Keratotomien eignen sich besonders zur Korrektur von hohen Astigmatismen nach Hornhauttransplantationen, zeigen aber auch hier wie bei der primären Korrektur von primären Astigmatismen Ungenauigkeiten im Vergleich zu anderen Verfahren (Excimer, torische Intraokularlinsen). Mit neuen Femtosekundenlasern wird die Vorhersagbarkeit jedoch weiter gesteigert werden. Die limbalen Relaxationsinzisionen sind sehr effektiv zur Reduktion von Astigmatismen bis zu $2,5$ dpt mit deutlich besserer Vorhersagbarkeit als bei der astigmatischen Keratotomie.

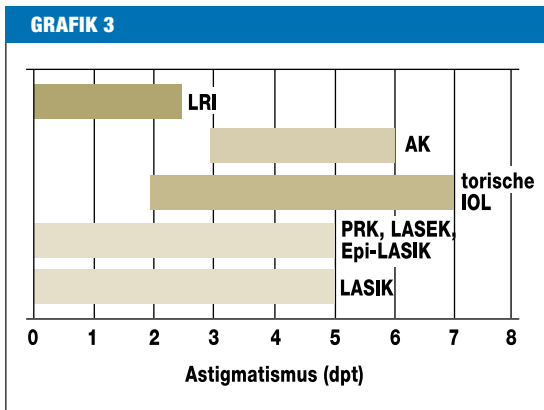
Kontraindikationen der Excimer-Laser-Verfahren sind:

- Symptomatische Katarakt
- Glaukom
- exsudative Makuladegeneration
- präoperative Hornhautpathologien

Refraktive Linsen Chirurgie

Phake Intraokularlinsen haben sich als effektives, sicheres, vorhersagbares und stabiles Verfahren zur Korrektur von höheren Fehlsichtigkeiten, besonders der Myopie, herausgestellt.

Indikationen refraktiv-chirurgischer Verfahren entsprechend der Höhe des Astigmatismus; LRI, limbale Relaxationsinzision; AK, astigmatische Keratotomie; IOL, Intraokularlinsen; PRK, photorefraktive Keratektomie; (erstellt nach 6)



KASTEN 2

Indikationen refraktiv-chirurgischer Verfahren*1

Oberflächenbehandlungen (PRK, LASEK, Epi-LASIK)

Anwendungsbereich

- Myopie bis -6 dpt
- Astigmatismus bis 5 dpt

Grenzbereich

- Myopie bis -8 dpt
- Astigmatismus bis 6 dpt
- Hyperopie bis +4 dpt

LASIK

Anwendungsbereich

- Myopie bis -8 dpt
- Astigmatismus bis 5 dpt
- Hyperopie bis +3 dpt

Grenzbereich

- Myopie bis -10 dpt
- Astigmatismus bis 6 dpt
- Hyperopie bis +4 dpt

phake IOL

Anwendungsbereich

- Myopie ab -8 dpt
- Hyperopie ab +4 dpt

Grenzbereich

- Myopie ab -5 dpt
- Hyperopie ab +3 dpt

*1 entsprechend der Richtlinien der Kommission Refraktive Chirurgie (KRC) (6)

Refraktive Linsen Chirurgie

Phake Intraokularlinsen haben sich als effektives, sicheres, vorhersagbares und stabiles Verfahren zur Korrektur von höheren Fehlsichtigkeiten, besonders der Myopie herausgestellt. Die Vorhersagbarkeit liegt im Indikationsbereich in über 70 Prozent bei ± 0,5 dpt, in über 90 Prozent bei ± 1,0 dpt, wobei immer bedacht werden sollte, dass oft Kurzsichtigkeiten von über 15 dpt behandelt werden und hier allein schon durch schwierige präoperative Diagnostik die Vorhersagbarkeit eingeschränkter ist. Die Patienten gewinnen jedoch in den meisten Fällen an Sehvermögen durch den Wegfall der verkleinernden myopischen Brillengläser.

Der Austausch der menschlichen Linse gegen eine Kunstlinse kann ebenfalls als effektives, sicheres, vorhersagbares und stabiles Verfahren zur Korrektur von höheren Ametropien und durch den Einsatz der Multifokallinsen auch für Presbyopien bewertet werden. Die Vorhersagbarkeit liegt im Indikationsbereich in über 80 Prozent bei ± 0,5 dpt.

Nachkorrekturen

Nach refraktiv-chirurgischen Eingriffen kann bei einem noch vorhandenen Rest an Refraktionsfehlern (circa fünf bis zehn Prozent der operierten Augen) eine Nachkorrektur vorgenommen werden. Da es sich um geringe Refraktionsfehler handelt, werden die Nachkorrekturen in der Regel mit Excimer-chirurgischen Maßnahmen durchgeführt.

Komplikationen

Trotz der immensen Erfolge der modernen refraktiven Chirurgie stellt jeder refraktiv-chirurgische Eingriff auch ein Risiko für mögliche Komplikationen dar. Diese können jedoch durch die Einhaltung der Indikationskriterien, den hohen technischen Standard jedes Verfahrens, sterile Operationsbedingungen sowie der wachsenden Erfahrung des Operateurs auf ein Minimum reduziert werden und betragen insgesamt gesehen weniger als 0,5 Prozent.

Refraktive Hornhautchirurgie

Mögliche Nebenwirkungen der Oberflächenbehandlungen (PRK; LASEK; Epi-LASIK) umfassen eine oberflächliche Narbenbildung der Hornhaut (Haze) sowie, im Vergleich zur LASIK, längere Refraktionsschwankungen und schwieriger durchführbare Nachbehandlungen (7). Jedoch sind diese Komplikationen mit den neuen Oberflächenbehandlungen extrem selten geworden. Sie betragen 0,5 Prozent.

Nachkorrekturen

Bei fünf bis zehn Prozent der operierten Augen bleibt ein Rest an Refraktionsfehlern nach refraktiven chirurgischen Eingriffen, die durch eine Nachkorrektur behoben werden können.

Komplikationen

Ein vorübergehendes trockenes Auge zählt mit 15 bis 20 Prozent zu den häufigsten Komplikationen nach LASIK.

Ein vorübergehendes trockenes Auge zählt zu der häufigsten Komplikation nach LASIK und tritt bei circa 15 bis 20 Prozent der Behandlungen auf. Ursache für das Auftreten ist die Durchtrennung von Hornhautnerven beim Flapschnitt, die mit einer Reduktion der Tränenfilmsekretion und damit einer neuroparalytischen Keratokonjunktivitis sicca einhergeht (8, e7). In nahezu 100 Prozent der Fälle reduziert sich das Problem nach spätestens sechs Monaten jedoch wieder auf den Zustand vor dem Eingriff. Neben dem trockenen Auge kann es in sehr seltenen Fällen, circa 0,05 Prozent, zu einer Keratektasie (Vorwölbung der Hornhaut [9, 10]) oder Infektionen kommen (8, 11).

Die Keratektasie tritt allerdings kaum noch auf. Gründe dafür sind:

- die strikte Einhaltung der Indikationsstellungen
- die technische Weiterentwicklung der Schnittsysteme
- die zunehmende Erfahrung in der Auswertung und Interpretation der präoperativen Oberflächendaten (Hornhauttopografie) sowie der Abbildungsfehler höherer Ordnung der Hornhaut (Aberrometrie) (12).

Nach astigmatischer Keratotomie kann ein irregulärer Astigmatismus entstehen, der allerdings durch den Einsatz einer neuen Technologie, dem Femtosekundenlaser, fast gänzlich vermieden werden kann. In Ausnahmefällen (< 0,05 Prozent) ist eine Epithelwucherung in die Schnitte möglich.

Linsenchirurgie

Eine bekannte Komplikation phaker Vorderkammerlinsen ist der Endothelzellverlust der Hornhaut durch den direkten oder indirekten Kontakt von künstlicher Linse und Hornhautendothel (innerste Schicht der Hornhaut). In der Praxis tritt dieser hingegen durch die Einhaltung der Indikationskriterien für phake Intraokularlinsen, die Verbesserung des Intraokularlinsen-Designs und regelmäßige postoperative Kontrollen nur in extrem seltenen Fällen auf.

Bei den Hinterkammerlinsen ist durch den zeitweisen oder andauernden Kontakt der künstlichen Linse mit der natürlichen Augenlinse sowie durch eine mangelnde Nährstoffversorgung der natürlichen Augenlinse eine Kataraktentwicklung (Cataracta subcapsularis anterior) in circa fünf bis zehn Prozent der Fälle nach fünf Jahren möglich (13).

Nach refraktivem Linsenaustausch (RLA) kann es in den ersten postoperativen Wochen zu einem zystoiden

Makulaödem (Wasseransammlung am Punkt des schärfsten Sehens) mit Visusreduktion kommen. Gerade bei hohen Myopien ist das Risiko einer Netzhautablösung (Amotio) nach einem solchen Eingriff erhöht, daher wird der Eingriff erst nach einer stattgefundenen Glaskörperabhebung empfohlen, die ihrerseits das Amotiorisiko deutlich reduziert. Nach einigen Monaten bis Jahren kann es zur Bildung eines regeneratorschen oder fibrotischen Nachstars (Trübung hinter der neuen Kunstlinse) kommen. Dieser kann durch eine YAG-Laser-Kapsulotomie ohne erneute Eröffnung des Auges behandelt werden. Bekannt ist weiterhin eine Verschlechterung des Dämmerungssehvermögens mit Wahrnehmung von Halos (das Sehen von Lichthöfen) und Blendung nach Implantation multifokaler Intraokularlinsen. Neu entwickelte asphärische Bifokal- und Multifokallinsen optimieren jedoch die Abbildungsqualität gerade unter niedrigen Beleuchtungsbedingungen, wie zum Beispiel beim Autofahren in der Dämmerung und Dunkelheit, indem die sphärische Aberration der Hornhaut kompensiert wird (14).

Fazit

Fehlsichtigkeiten können sicher, wirksam, zuverlässig und mit einer geringen Komplikationsrate durch die Verfahren der refraktiven Chirurgie korrigiert werden (15–20, e8–e9). So kann individuell für jeden Patienten nach umfassender Voruntersuchung ein optimales Behandlungsverfahren ausgewählt werden. Vor allem die LASIK mit dem Femtosekundenlaser gilt als das am weitesten fortgeschrittene Verfahren und wird deshalb in Kombination mit modernen asphärischen und wellenfrontgeführten Ablationsprofilen zur Korrektur niedriger bis mittelgradiger Fehlsichtigkeiten angewendet (21). Liegen präoperative Hornhautdicken < 500 µm vor, werden Oberflächenbehandlungen (PRK, LASEK oder Epi-LASIK) zur Korrektur der Fehlsichtigkeit bevorzugt. Mit modernen Lasern liegt heute die Vorhersagbarkeit von LASIK und den Oberflächenbehandlungen im Indikationsbereich in 85 Prozent bei ± 0,5 dpt, in 99 Prozent bei ± 1,0 dpt. Bei Kontraindikationen der LASIK, mittelgradigen Ametropien ab circa – 5 dpt und vorhandener Akkommodationsfähigkeit des Auges kommen alternativ phake Intraokularlinsen zur Anwendung, in denen auch unter Nachbeobachtungszeiträumen von bis zu zehn Jahren sehr gute refraktive Ergebnisse verzeichnet werden (22–24). Die Vorhersagbarkeit liegt im Indikationsbereich in über 70 Prozent bei ± 0,5 dpt, in über 90 Prozent bei ± 1,0 dpt. Ist die Ak-

Komplikationen der Linsenchirurgie

Eine Kataraktentwicklung ist bei etwa fünf Prozent der Fälle nach fünf Jahren möglich.

Fazit

Fehlsichtigkeiten können sicher und mit einer geringen Komplikationsrate durch die Verfahren der refraktiven Chirurgie korrigiert werden.

kommodationsfähigkeit des Auges nicht mehr gegeben, stellt die Implantation neuartiger Multifokallinsen eine vielversprechende Technologie im Rahmen des refraktiven Linsenaustauschs und der Presbyopiebehandlung dar. Nach Linsenverfahren können bei noch geringen Restfehlsichtigkeiten excimerchirurgische Maßnahmen zur Feinkorrektur angewendet werden.

Interessenkonflikt

Prof. Kohnen erhielt Studienunterstützung von Alcon Pharma GmbH, AMO Germany GmbH, Bausch & Lomb Surgical, Rayner Surgical GmbH, Schwind Eye-Tech-Solutions GmbH Co KG, Carl Zeiss Meditec AG. Frau Strenger und Herr Klapproth geben an, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

Manuskriptdaten

eingereicht: 13. 6. 2007, revidierte Fassung angenommen: 19. 10. 2007

LITERATUR

1. Kohnen T: Kriterien zur Evaluierung und Publikation von refraktiv-chirurgischen Eingriffen (Editorial). *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1999; 326–8.
2. Mrochen M, Seiler T: Grundlagen der wellenfrontgeführten refraktiven Hornhautchirurgie. *Ophthalmologie* 2001; 98: 703–14.
3. Mrochen M, Hafezi F, Jankov M, Seiler T: Ablationsprofile in der kornealen refraktiven Laserchirurgie. Gegenwärtige und zukünftige Konzepte. *Ophthalmologie* 2006; 103: 175–83.
4. Kohnen T, Bühren J, Kühne C, Mirshahi A: Wavefront-guided LASIK with the Zyoptix 3.1 system for the correction of myopia and compound myopic astigmatism with 1-year follow-up: clinical outcome and change in higher order aberrations. *Ophthalmologie* 2004; 111: 2175–85.
5. Kohnen T, Kühne C, Cichocki M, Strenger A: Zyklorotation des Auges bei wellenfrontgeführter LASIK mit statischem Iriskennungs-tracker. *Ophthalmologie* 2007; 104: 60–5.
6. Kohnen T, Knorz MC, Neuhann T: Bewertung und Qualitätssicherung refraktiv-chirurgischer Eingriffe durch die DOG und den BVA. *Ophthalmologie* 2007; 104: 719–26.
7. Kohnen T: Retreating residual refractive errors after excimer surgery of the cornea: PRK versus LASIK. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26: 625–6.
8. Knorz MC: Komplikationen der Excimerlaser-Chirurgie zur Behandlung von Refraktionsfehlern. *Ophthalmologie* 2006; 103: 192–8.
9. Pallikaris IG, Kymionis GD, Astyrakakis NI: Corneal ectasia induced by laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27: 1796–802.
10. Randleman JB, Russell B, Ward MA, Thompson KP, Stulting RD: Risk factors and prognosis for corneal ectasia after LASIK. *Ophthalmology* 2003; 110: 267–75.
11. Moshirfar M, Welling JD, Feiz V, Holz H, Clinch TE: Infectious and noninfectious keratitis after laser in situ keratomileusis Occurrence, management, and visual outcomes. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 474–83.
12. Bühren J, Kühne C, Kohnen T: Defining subclinical keratoconus using corneal first-surface higher-order aberrations. *Am J Ophthalmol* 2007; 143: 381–9.
13. Kohnen T: Cataract formation after implantation of myopic phakic posterior chamber IOLs. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 2245–6.
14. Kasper T, Bühren J, Kohnen T: Intraindividual comparison of higher-order aberrations after implantation of aspherical and spherical intraocular lenses as a function of pupil diameter. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 78–84.
15. Sekundo W, Bonicke K, Mattausch P, Wiegand W: Six-year follow-up of laser in situ keratomileusis for moderate and extreme myopia using a first-generation excimer laser and microkeratome. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 1152–8.

16. Kohnen T, Meltendorf C, Cichocki M: Laser-in-situ-Keratomileusis mittels Scanning-Spot-Excimerablation zur Korrektur von Myopie und myopem Astigmatismus 3-Jahresergebnisse. *Ophthalmologie* 2005; 102: 363–8.
17. Jaycock PD, O'Brart DP, Rajan MS, Marshall J: 5-year follow-up of LASIK for hyperopia. *Ophthalmology* 2005; 112: 191–9.
18. Kohnen T, Kasper T, Terzi E: Intraokularlinsen zur Korrektur von Refraktionsfehlern. Teil II: Phake Hinterkammerlinsen und refraktiver Linsenaustausch mit Hinterkammerlinsenimplantation. *Ophthalmologie* 2005; 102: 1105–17.
19. Kohnen T, Baumeister M, Cichocki M: Intraokularlinsen zur Korrektur von Refraktionsfehlern. Teil I: Phake Vorderkammerlinsen. *Ophthalmologie* 2005; 102: 1003–7.
20. Kohnen T: Evaluation of new phakic intraocular lenses and materials. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 1347.
21. Mrochen M, Donges A, Korn G: Femtosekundenlaser für die refraktive Hornhautchirurgie: Grundlagen, Wirkungsweise und klinische Anwendungen. *Ophthalmologie* 2006; 103: 1005–13.
22. Landesz MWJ, van Rij G: Long-term results of correction of high myopia with an iris claw phakic intraocular lens. *J Refract Surg* 2000; 16: 310–6.
23. Saxena R, Landesz M, Noordzij B, Luyten GP: Three-year follow-up of the Artisan phakic intraocular lens for hypermetropia. *Ophthalmology* 2003; 110: 1391–5.
24. Moshirfar M, Holz HA, Davis DK: Two-year follow-up of the Artisan/Verisyse iris-supported phakic intraocular lens for the correction of high myopia. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 1392–7.

Anschrift für die Verfasser

Prof. Dr. med. Thomas Kohnen
 Klinik für Augenheilkunde
 Johann Wolfgang Goethe-Universität
 Theodor-Stern-Kai 7
 60590 Frankfurt am Main
 E-Mail: Kohnen@em.uni-frankfurt.de

SUMMARY

Basic Knowledge of Refractive Surgery: Correction of Refractive Errors Using Modern Surgical Procedures

Introduction: Refractive ophthalmic surgery allows refractive errors to be corrected permanently in a safe, effective, and reliable way with few complications. **Methods:** Selective literature review with special reference to the Guidelines of the German Commission for Refractive Surgery. **Results:** With a total of almost 18 million treatments performed to date, laser in-situ keratomileusis (LASIK) is the most commonly used refractive surgical procedure worldwide. Alternatives to LASIK include surface ablation procedures (PRK, LASEK, Epi-LASIK) and phakic intraocular lens implantation. If ocular accommodation is lost, removal of the crystalline lens and implantation of modern multifocal intraocular lenses (refractive lens exchange) provide an alternative means of correcting myopia, hyperopia and presbyopia. **Discussion:** The treatment effect is maximized and complications kept to a minimum if strict inclusion criteria are applied and a high technical standard maintained during the procedure.

Dtsch Arztebl 2008; 105(9): 163–72
 DOI: 10.3238/arztebl.2008.0163

Key words: excimer, refractive surgery, surface ablation, LASIK, phakic intraocular lenses, refractive lens exchange



The English version of this article is available online:
www.aerzteblatt-international.de

Eine Kasuistik steht im Internet zur Verfügung:
www.aerzteblatt.de/cme/0803

e-Literatur:
www.aerzteblatt.de/cme/lit0908

Bitte beantworten Sie folgende Fragen für die Teilnahme an der zertifizierten Fortbildung. Pro Frage ist nur eine Antwort möglich. Bitte entscheiden Sie sich für die am ehesten zutreffende Antwort

Frage Nr. 1:

Welche Fehlsichtigkeiten des menschlichen Auges gehören zu den Abbildungsfehlern der niederen Ordnung?

- Abbildungsfehler niederer Ordnung sind die achsensymmetrischen Formen Myopie und Astigmatismus.
- Zu den Abbildungsfehlern niederer Ordnung zählen die achsensymmetrischen Formen, astigmatische Formen sowie die Presbyopie.
- Die Abbildungsfehler niederer Ordnung sind Myopie und Hyperopie.
- Abbildungsfehler niederer Ordnung sind Presbyopie und Astigmatismus.
- Sphärische Aberrationen und astigmatische Fehlsichtigkeitsformen bilden die Gruppe der Fehlsichtigkeiten niederer Ordnung.

Frage Nr. 2:

Woraus besteht der Brechkraftapparat des Auges?

- Iris, Hornhaut, Netzhaut, Glaskörper
- Hornhaut, Vorderkammer, Augenlinse, Glaskörper
- Ziliarmuskel, Hornhaut, Iris, Hinterkammer
- Kammerwinkel, Iris, Glaskörper, Netzhaut
- Retina, Augenfundus, Glaskörper, Hornhaut

Frage Nr. 3:

Was unterscheidet bei der Excimer-Laserchirurgie zur Korrektur von Refraktionsfehlern die Oberflächenverfahren (PRK, Epi-LASIK, LASEK) von der LASIK?

- Die Oberflächenverfahren kommen im Gegensatz zur LASIK in tieferen Hornhautschichten zum Einsatz, nachdem die Oberfläche als ein Flap entfernt wurde.
- Die Excimer-Laser-Verfahren unterscheiden sich in der Art des eingesetzten Excimer-Lasers.
- Der Abtrag des Hornhautgewebes erfolgt bei den Oberflächenverfahren in einer weniger tiefen Schicht direkt unter dem Hornhautepithel.
- Die Oberflächenverfahren finden, im Gegensatz zur LASIK, ausschließlich zur Korrektur der Hyperopie Anwendung.
- Im Gegensatz zu den Oberflächenbehandlungen wird die LASIK auch bei präoperativen Hornhautdicken < 500 μm angewendet.

Frage Nr. 4:

Es stellen sich fünf Patienten mit den folgenden Werten (a–e) zur LASIK vor. Bei wem ist die LASIK kontraindiziert?

- Präoperative Hornhautdicken > 500 μm , Astigmatismus 2,0 dpt, Myopie –4 dpt
- Präoperative Hornhautdicken > 500 μm , Astigmatismus 3,0 dpt, Hyperopie +2 dpt
- Präoperative Hornhautdicken > 500 μm , Myopie – 8 dpt, Astigmatismus 0 dpt
- Präoperative Hornhautdicken < 500 μm , Myopie – 5 dpt, Astigmatismus 1,0 dpt
- Präoperative Hornhautdicken > 500 μm , Myopie 0,0 dpt, Astigmatismus 4,0 dpt

Frage Nr. 5:

Welches ist die häufigste Komplikation nach LASIK, über die aufgeklärt werden soll?

- Erosio corneae
- hintere Synechien
- Keratektasie
- Keratitis photoelectrica
- trockenes Auge

Frage Nr. 6:

An welchen Orten im Auge können phake Intraokularlinsen implantiert werden?

- Hornhaut, Glaskörper, Iris
- Hornhaut, Iris, Hinterkammer
- Kammerwinkel, Iris, Hinterkammer
- Kammerwinkel, Iris, Glaskörper
- Vorderkammer, Glaskörper, Hinterkammer

Frage Nr. 7:

Ein Patient mit einer Myopie von – 10 dpt und einer Presbyopie von 3 dpt möchte sich phake Intraokularlinse implantieren lassen. Welche anatomischen/histologischen Mindestvoraussetzungen sollten vorhanden sein?

- Vorderkammertiefe > 2,0 mm mehr als 1 000 Endothelzellen/ mm^2

- b) Vorderkammertiefe > 3,0 mm, mehr als 2 000 Endothelzellen/mm²
- c) Vorderkammertiefe > 4,0 mm, mehr als 3 000 Endothelzellen/mm²
- d) Vorderkammertiefe > 5,0 mm, mehr als 5 000 Endothelzellen/mm²
- e) Vorderkammertiefe > 6,0 mm, mehr als 7 000 Endothelzellen/mm²

Frage Nr. 8:

Ihr Patient hat gelesen, dass multifokale Intraokularlinsen Vorteile bieten gegenüber monofokalen Intraokularlinsen und möchte wissen warum.

Was antworten Sie ihm?

- a) Multifokale Intraokularlinsen haben einen kleineren Durchmesser und lassen sich einfacher implantieren als monofokale Intraokularlinsen.
- b) Bei multifokalen Intraokularlinsen sind im Rahmen der Voruntersuchung weniger Untersuchungen erforderlich.
- c) Multifokale Intraokularlinsen bieten ein scharfes Sehen in Ferne und Nähe, ohne dass eine zusätzliche Lesehilfe hinzugenommen werden muss.
- d) Monofokale Intraokularlinsen können länger im Auge verbleiben als multifokale Intraokularlinsen, diese müssen nach fünf Jahren ausgetauscht werden.
- e) Multifokale Intraokularlinsen können auch bei älteren Patienten (ab 50 Jahren) implantiert werden, monofokale Intraokularlinsen nicht.

Frage Nr. 9:

Was sagen Sie ihm über den Unterschied im Einsatz von phaken Intraokularlinsenimplantation und refraktivem Linsenaustausch?

- a) Phake Intraokularlinsen werden zusätzlich zur natürlichen Augenlinse implantiert, beim refraktiven Linsenaustausch wird die natürliche Augenlinse durch eine Kunstlinse ersetzt.
- b) Die Implantation phaker Linsen wird eingesetzt zur Korrektur niedriger Myopien/Hyperopien, der refraktive Linsenaustausch zur Korrektur höherer Myopien/Hyperopien.
- c) Phake Intraokularlinsenimplantation und refraktiver Linsenaustausch unterscheiden sich in der Höhe der zu korrigierenden Fehlsichtigkeit.
- d) Diese beiden Verfahren unterscheiden sich im Linsenmaterial der künstlichen Intraokularlinsen.
- e) Der Unterschied besteht in der Korrektur des Astigmatismus: bei phaken Intraokularlinsen ist eine Korrektur möglich, im Rahmen des refraktiven Linsenaustauschs nicht.

Frage Nr. 10:

Eine Patientin mit einem Astigmatismus von 6,5 dpt möchte eine refraktive Korrektur der Fehlsichtigkeit vornehmen lassen. Welche Verfahren kommen bei ihrer Fehlsichtigkeit infrage?

- a) Zum Ausgleich des Astigmatismus stehen keine refraktiven Verfahren zur Verfügung.
- b) Bei einer Dioptrienzahl von 6,5 sind die astigmatische Keratotomie und die Implantation von torischen Intraokularlinsen die Methoden der Wahl.
- c) Ein Ausgleich dieses Astigmatismus bedarf des refraktiven Linsenaustauschs und dem anschließenden Tragen einer Fernsichtbrille.
- d) Zum Ausgleich eignen sich neben dem Tragen von Brille oder Kontaktlinsen bei dieser Fehlsichtigkeit die limbale Relaxationsinzision.
- e) Ein Ausgleich dieses Astigmatismus ist durch die photorefraktive Keratektomie und die LASEK möglich.

Weitere Informationen zu cme

Dieser Beitrag wurde von der Nordrheinischen Akademie für ärztliche Fort- und Weiterbildung zertifiziert. Die erworbenen Fortbildungspunkte können mithilfe der Einheitlichen Fortbildungsnummer (EFN) verwaltet werden. Unter www.aerzteblatt.de/cme muss hierfür in der Rubrik „Meine Daten“ oder bei der Registrierung die EFN in das entsprechende Feld eingegeben werden.

Die 15-stellige EFN steht auf dem Fortbildungsausweis.

Wichtiger Hinweis

Die Teilnahme an der zertifizierten Fortbildung ist ausschließlich über das Internet möglich: www.aerzteblatt.de/cme

Einsendeschluss ist der 11. April 2008.

Einsendungen, die per Brief oder Fax erfolgen, können nicht berücksichtigt werden.

Die Lösungen zu dieser cme-Einheit werden in Heft 17/2008 an dieser Stelle veröffentlicht.

Die cme-Einheit „Effiziente Diagnostik und Therapie gastrointestinaler Blutungen“ (Heft 5/2007) kann noch bis zum 14. März 2008 bearbeitet werden.

Für Heft 13/2008 ist das Thema „Wunden – von der Physiologie zum Verband“ vorgesehen.

Lösungen zur cme-Einheit in Heft 1–2/2008:

Hach-Wunderle V et al.: Die tiefe Bein- und Beckenvenenthrombose: 1/a, 2/e, 3/b 4/b, 5/d, 6/d, 7/c, 8/b, 9/c, 10/d

Basiswissen refraktive Chirurgie

Korrektur von Refraktionsfehlern mit modernen chirurgischen Verfahren

Thomas Kohnen, Anja Strenger



Teilnahme nur im
Internet möglich:
aerzteblatt.de/cme

eLITERATUR

- e1. Koch DD, Kohnen T, Obstbaum SA, Rosen ES: Format for reporting refractive surgical data. *J Cataract Refract Surg* 1998; 24: 285–7.
- e2. Seiler T, Genth U: Zum gegenwärtigen Stand der chirurgischen Myopiekorrektur. *Dtsch Arztebl* 1994; 91(48): A 3344–50.
- e3. Giessler S, Duncker GI: Short-term visual rehabilitation after LASIK. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2001; 239: 603–8.
- e4. Kohnen T: Classification of excimer laser profiles. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 543–4.
- e5. Kohnen T, Bühen J: Derzeitiger Stand der wellenfrontgeführten Hornhautchirurgie zur Korrektur von Refraktionsfehlern. *Ophthalmologie* 2004; 101: 631–45.
- e6. Kohnen T: Optimierung der refraktiven Hornhautchirurgie. *Ophthalmologie* 2006; 103: 173–4.
- e7. Lee SJ, Kim JK, Seo KY, Kim EK, Lee HK: Comparison of corneal nerve regeneration and sensitivity between LASIK and laser epithelial keratomileusis (LASEK). *Am J Ophthalmol* 2006; 141: 1009–15.
- e8. O'Brart DP, Patsoura E, Jaycock P, Rajan M, Marshall J: Excimer laser photorefractive keratectomy for hyperopia: 7.5-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 1104–13.
- e9. Tahzib NG, Nuijts RM, Wu WY, Budo CJ: Long-term study of Artisan phakic intraocular lens implantation for the correction of moderate to high myopia: ten-year follow-up results. *Ophthalmology* 2007; 114: 1133–42.
- e10. Wang L, Swami A, Koch DD: Peripheral corneal relaxing incisions after excimer laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 1038–44.