Persönliche PDF-Datei für
Knorz M.

Mit den besten Grüßen von Thieme

www.thieme.de

Presbyopiekorrektur mittels Laserchirurgie

Augenheilkunde up2date

2025

249–265

10.1055/a-2673-5881

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kolleginnen und Kollegen oder zur Verwendung auf der privaten Homepage der Autorin/des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

Copyright & Ownership
© 2025. Thieme. All rights reserved.
Die Zeitschrift *Augenheilkunde up2date* ist Eigentum von Thieme.
Georg Thieme Verlag KG,
Oswald-Hesse-Straße 50,
70469 Stuttgart, Germany
ISSN 1616-9719

Thieme

fprint for personal use

Augenheilkunde *up2date*

3 · 2025

Katarakt und refraktive Chirurgie 5

Presbyopiekorrektur mittels Laserchirurgie

Michael Knorz

VNR: 2760512025167572705
DOI: 10.1055/a-2673-5881
Augenheilkunde up2date 2025; 15 (3): 249–265
ISSN 1616-9719
© 2025 Thieme. All rights reserved.
Georg Thieme Verlag KG, Oswald-Hesse-Straße 50,
70469 Stuttgart, Germany

Thieme

Unter dieser Rubrik sind bereits erschienen:

Patientenselektion für Multifokallinsen R. Khoramnia, T. Naujokaitis Heft 2/2025

Angeborene Fehlbildungen der Linse T. Neuhann, L. Neuhann Heft 2/2025

Sekundäre Linsenimplantation K. P. Kaiser, M. Shajari Heft 4/2024

Intraoperative Komplikationen der Kataraktchirurgie C. Latz, A. Mirshahi Heft 1/2024

Enhancement-Optionen nach Linsen- und refraktiver Hornhautchirurgie L. Feldhaus, N. Luft, W. Mayer Heft 1/2023

Voruntersuchung bei Kataraktoperation A. Müller-Kassner, T. Kohnen, M. Shajari Heft 3/2022

Erworbene Katarakte L. Bisorca-Gassendorf, P. Szurman, M. Wenzel, K. Januschowski Heft 1/2022

Die senile Katarakt I. Neuhann, L. Neuhann, T. Neuhann Heft 1/2022

Die moderne Orthokeratologie – scharf sehen über Nacht T. Ring-Mangold, R. Emminger Heft 2/2021

Eintrübung von Intraokularlinsen R. Khoramnia Heft 2/2021

SMILE – Small Incision Lenticule Extraction G. Steinwender, M. Shajari, W. J. Mayer, D. Kook, M. Dirisamer, T. Kohnen Heft 2/2020

Refraktive Hornhautchirurgie: Nachkorrekturen D. Kook, W. J. Mayer, M. Shajari, G. Steinwender, T. Kohnen Heft 2/2020

Presbyopiekorrektur mittels Linsensystemen M. C. Knorz Heft 4/2019

Linsenchirurgie: Einsatz von multifokalen Intraokularlinsen M. Shajari, W. J. Mayer, S. Priglinger Heft 4/2019

Pseudophake additive Intraokularlinsen F. H. Hengerer, I. Conrad-Hengerer Heft 4/2017

Refraktiver Linsenaustausch F. H. Hengerer, I. Conrad-Hengerer Heft 3/2017

Presbyopiekorrektur mittels Laserchirurgie B. Pajic, H. Massa, E. N. Eskina Heft 3/2017

Phake Intraokularlinsen F. H. Hengerer, I. Conrad-Hengerer Heft 2/2017

Endophthalmitis nach Kataraktchirurgie D.-T. Pham, U. Pleyer Heft 1/2017

Kataraktchirurgie mit dem Femtosekundenlaser – aktueller Stand und Ausblick H. Dick, T. Schultz Heft 3/2016

LASIK und Femto-LASIK T. Schlote, M. Kynigopoulos Heft 3/2016

Sekundäre Linsenimplantation K. Gekeler, F. Gekeler Heft 3/2015

Multifokale und Add-on-Intraokularlinsen K. Gekeler, F. Gekeler Heft 4/2014

Diagnostik in der refraktiven Laserchirurgie T. Schlote, A. Heuberger, L. Schluep, C. Gebhard Heft 4/2012

Die Linse bei systemischen Erkrankungen J. Rohrbach, P. Szurman, T. Schlote, K. Bartz-Schmidt Heft 3/2012

Kataraktchirurgie und altersbedingte Makuladegeneration H. Baatz Heft 1/2012

ALLES ONLINE LESEN

Mit der eRef lesen Sie Ihre Zeitschrift: online wie offline, am PC und mobil, alle bereits erschienenen Artikel. Für Abonnenten kostenlos! https://eref.thieme.de/GFJG3

IHR ONLINE-SAMMELORDNER

Sie möchten jederzeit und überall auf Ihr up2date-Archiv zugreifen? Kein Problem! Ihren immer aktuellen Online-Sammelordner finden Sie unter: https://eref.thieme.de/PHWUW

JETZT FREISCHALTEN

Sie haben Ihre Zeitschrift noch nicht freigeschaltet? Ein Klick genügt:

www.thieme.de/eref-registrierung

Thieme

Presbyopiekorrektur mittels Laserchirurgie

Michael Knorz

Die Presbyopie, auch treffend als „Alterssichtigkeit“ bezeichnet, wird durch eine zunehmende Verhärtung der Augenlinse ausgelöst, betrifft jeden Menschen und führt durch den Elastizitätsverlust der Augenlinse zu einer Abnahme der Akkommodationsfähigkeit und damit zur Notwendigkeit einer Lesebrille bzw. einer Gleitsichtbrille. Wird eine Brillenkorrektur abgelehnt, so stellen operative Verfahren der refraktiven Chirurgie eine Alternative dar.

ABKÜRZUNGEN

BVA	Berufsverband der Augenärzte Deutschlands
CLEAR	Customized Lenticule Extraction for Advanced Refractive Correction
DOG	Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft
HOA	Aberrationen höherer Ordnung
KL	Kontaktlinse
KRC	Kommission Refraktive Chirurgie der DOG und des BVA
LASIK	Laser-in-situ-Keratomileusis
PRK	photorefraktive Keratektomie
SA	sphärische Aberration
SMILE	Small Incision Lenticule Extraction
trans-PRK	transepitheliale PRK
WF	Wellenfront

Zielsetzung der Presbyopiekorrektur mittels Laserchirurgie

Zur operativen Korrektur der Presbyopie stehen die Laserkorrektur der Hornhaut (z. B. Femto-LASIK) und der Austausch der Augenlinse gegen eine presbyopiekorrigierende Intraokularlinse [1] (sog. refraktiver Linsenaustausch) zur Verfügung. Das Ziel beider Methoden ist es, ein brillenfreies Sehen in den drei wesentlichen Sehbereichen in unserem Alltag zu ermöglichen:

- Ferne,
- mittlerer Bereich (ca. 0,6 m, z. B. Arbeiten am Computer) und
- Nahbereich (ca. 0,3 m, z. B. Lesen eines Buches).

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Indikationen und Grenzen der Laserkorrektur der Presbyopie dargestellt.

Merke

Die Presbyopie entsteht durch den Elastizitätsverlust der Augenlinse und die dadurch nachlassende Akkommodationsfähigkeit.

Epidemiologie

Die Augenlinse als ektodermale Abschnürung wächst während des Lebens appositionell ausgehend vom an der Innenwand der vorderen Linsenkapsel liegenden Epithel. Da aufgrund der rigiden Linsenkapsel nur ein begrenztes Größenwachstum möglich ist, verdichtet sich die Linse im Laufe des Lebens zunehmend, was zunächst zu einem Elastizitätsverlust und damit zur Verringerung der Akkommodationsfähigkeit führt, der sog. Presbyopie: Eine Lesebrille wird erforderlich. ▶ **Abb. 1** zeigt das Nachlassen der Akkommodationsfähigkeit in Abhängigkeit vom Lebensalter.

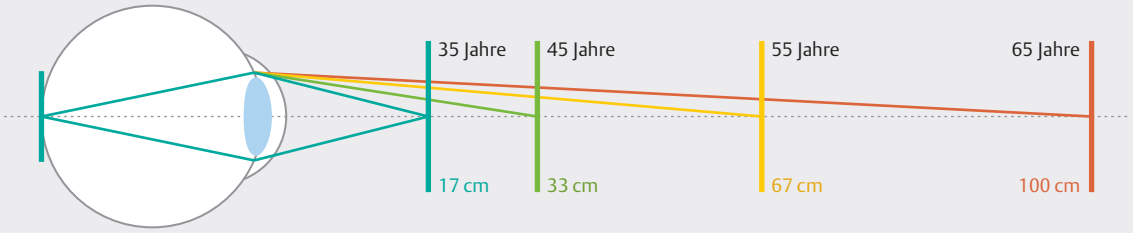
Im weiteren Verlauf kommt es dann zur Eintrübung der Linse, der sog. Katarakt („Grauer Star“).

Merke

Die Phase der Presbyopie liegt zwischen dem 40. und 60. Lebensjahr, die Phase der Kataraktbildung zwischen dem 60. und 80. Lebensjahr. Betroffen ist grundsätzlich jeder Mensch.

Während der Phase der Presbyopie ist eine Korrektur sowohl mittels Laserchirurgie als auch durch den Austausch der Augenlinse gegen eine presbyopiekorrigierende Kunstlinse möglich. Besteht bereits eine Katarakt, kommt nur noch ein Austausch der Augenlinse in Betracht. Daher beschränkt sich das Zeitfenster für die Laserkorrektur der Presbyopie auf das 40.–60. Lebensjahr. Auch während dieses Zeitraumes verändert sich die Brechkraft der Augen-

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use



Altersbezogener erforderlicher Mindestabstand in Zentimetern, um Objekte in der Nähe ohne Lesehilfe scharf sehen zu können.

▶ **Abb. 1** Akkommodationsfähigkeit mit zunehmendem Lebensalter (Quelle: SCHWIND eye-tech-solutions GmbH, Kleinostheim).

linse weiter [2], sodass häufig eine Nachkorrektur erforderlich wird.

Refraktive Laserchirurgie allgemein

Der Begriff „refraktive Laserchirurgie" bezeichnet Verfahren, bei denen mittels Laser die Brechkraft der Hornhaut des Auges verändert wird. Zur Verfügung stehen

- die photorefraktive Keratektomie (PRK),
- die Laser-in-situ-Keratomileusis (LASIK), heute i. d. R. mittels eines Femtosekundenlasers durchgeführt und daher als Femto-LASIK bezeichnet, sowie
- die Laser-Lentikelextraktion, je nach Gerätehersteller als SMILE, CLEAR o. Ä. bezeichnet.

Die einzelnen Verfahren werden fortlaufend von der gemeinsamen Kommission Refraktive Chirurgie (KRC) der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (DOG) und des Berufsverbandes der Augenärzte Deutschlands e. V. (BVA) bewertet und als Behandlungsempfehlungen publiziert [3]. Zu jedem Verfahren werden von der KRC anhand der in der wissenschaftlichen Literatur publizierten Arbeiten ein Anwendungsbereich und ein Grenzbereich dargestellt [3].

Anwendungsbereich ist im Sinne der KRC-Empfehlungen der Bereich, in dem das jeweilige Verfahren als geeignet anzusehen ist und Nebenwirkungen selten sind. Es gelten die üblichen Anforderungen an die Aufklärung der Patienten.

Grenzbereich im Sinne der KRC-Empfehlungen ist der Bereich, in dem das jeweilige Verfahren noch angewendet werden kann, aber mit zunehmend schlechteren Ergebnissen und häufigeren Nebenwirkungen. Für den Grenzbereich gelten erhöhte Anforderungen an die Aufklärung der Patienten.

Außerhalb des Anwendungs- und Grenzbereiches ist nach Ansicht der KRC die Anwendung des jeweiligen Verfahrens nicht empfehlenswert. Gleiches gilt für sämtliche refraktivchirurgischen Verfahren, die nicht ausdrücklich in den Empfehlungen der KRC bewertet wurden. Sollte dennoch eine Anwendung erfolgen, so ist bei der Aufklärung ausdrücklich auf die Anwendung außerhalb des empfohlenen Grenzbereiches hinzuweisen und/oder eine Genehmigung der Ethikkommission für die Durchführung im Rahmen einer Studie einzuholen [3].

BEISPIEL

Presbyopiekorrektur mittels Laser am Beispiel des PresbyMAX-Verfahrens

Für das PresbyMAX-Verfahren (Schwind eyenovation) gelten die folgenden Einschlusskriterien:

- ab 40. Lebensjahr
- keine Amblyopie, Visus cc 0,8 oder besser beidseits
- Refraktionsgrenzen wie Femto-LASIK (− 8 dpt bis + 3,0 dpt)
- Keratometrie präoperativ 40–48 dpt (postoperativ 35–48 dpt)
- korneale Aberrationen höherer Ordnung (HOA) < 0,5 µm (6-mm-Zone), sphärische Aberration (SA) korneal > 0 µm (6-mm-Zone), SA okular > − 0,2 µm (6-mm-Zone)
- Pupille photopisch 2,5–3,5 mm, skotopisch 4,5 mm oder mehr, Offset ≤ 0,7 mm
- Anisometropie von mindestens 1 dpt muss vertragen werden (KL-Test!)

Entsprechend den genannten Einschlusskriterien müssen manifeste Refraktion, Visus, Hornhauttopografie und Aberrometrie untersucht werden. Bei Aberrometrie und Topografie wird i. d. R. der Pupillendurchmesser photopisch und skotopisch ebenfalls bestimmt, sodass dies nicht separat erforderlich ist.

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

Photorefraktive Keratektomie

Bei der photorefraktiven Keratektomie (PRK) wird zunächst die oberste Schicht der Hornhaut, das Epithel, entfernt. Dies erfolgt entweder mechanisch (mittels sog. Hockeymesser oder mittels rotierender Bürsten) oder mittels Laser. Anschließend wird mit dem Excimer-Laser das zentrale vordere Stroma der Hornhaut abladiert, um die Fehlsichtigkeit auszugleichen. Das Epithel bildet sich unter einer Kontaktlinse in wenigen Tagen neu und schließt die oberflächliche Wunde.

Heute wird zumeist die sog. transepitheliale PRK (trans-PRK) eingesetzt. Bei dieser Variante erfolgen Epithelentfernung und refraktive Korrektur in einem Zug. Der Excimer-Laser abladiert also das Epithel und auch das vordere Stroma. Während der Ablation überwachen sog. Eye-Tracking-Systeme das Auge und gleichen Augenbewegungen sowie Fokussierfehler automatisch aus, was die Operation stark vereinfacht und sehr sicher macht.

In den ersten Tagen nach PRK oder trans-PRK ist das Sehvermögen aufgrund des Epitheldefekts reduziert, und es bestehen in der Regel mäßige Beschwerden, in Ausnahmefällen auch stärkere Schmerzen.

Grundsätzlich nimmt mit dem Umfang der erforderlichen Korrektur die Komplikationsrate zu. Mögliche Nebenwirkungen umfassen

- eine oberflächliche Narbenbildung der Hornhaut (Haze),
- eine teilweise Rückbildung des Operationserfolges innerhalb der ersten Wochen und Monate und
- eine Verschlechterung des Sehvermögens bei Dämmerung und in der Nacht mit Wahrnehmung von Halos und Schattenbildern, insbesondere bei Patienten mit weiter Pupille;
- des Weiteren kommt es häufig vorübergehend zu einer vermehrten Trockenheit der Augen.

Weitere extrem seltene Nebenwirkungen sind

- eine Infektion und
- eine starke Narbenbildung mit erheblicher Herabsetzung des Sehvermögens.

Gemäß Einschätzung der KRC [3] wird die PRK primär nur zur Myopiekorrektur als uneingeschränkt geeignet angesehen. Daher gilt für den Anwendungsbereich die Myopiekorrektur bis − 6 dpt und die Astigmatismuskorrektur bis − 5 dpt.

Besteht eine Myopie mit Astigmatismus, so ist für die Bewertung die Summe aus Myopie und Astigmatismus zu bilden und nicht das sphärische Äquivalent. Hintergrund dieser Berechnung ist, dass bei der Gewebeablation mittels Excimer-Laser der Gewebeabtrag für 1 dpt Sphäre und 1 dpt Zylinder ungefähr gleich ist. Daher müssen beide Werte addiert werden. Würde nur das sphärische Äquivalent berechnet, so würde ein höherer Astigmatismus zu einem deutlichen höheren Gewebeabtrag führen als gemäß sphärischem Äquivalent zu erwarten wäre.

Besteht bereits eine Presbyopie, so ist auch die Monovision eine geeignete Variante innerhalb des Anwendungsbereiches (s. u.).

Merke

Als Grenzbereich gilt

- **Myopiekorrektur bis − 8 dpt,**
- **Astigmatismuskorrektur bis − 6 dpt und**
- **Hyperopiekorrektur bis + 3 dpt.**

Besteht eine Kombination aus Myopie bzw. Hyperopie und Astigmatismus, so ist für die Berechnung der Obergrenze die Summe aus Myopie und Astigmatismus zu bilden und nicht das sphärische Äquivalent.

LASIK und Femto-LASIK

Bei der LASIK wird zunächst mit einem Mikrokeratom („Hobel“) eine ca. 0,1–0,15 mm dicke Lamelle der Hornhaut teilweise abgetrennt und wie ein Deckel umgeklappt. Anschließend wird mittels des Excimer-Lasers das Innere der Hornhaut „abgeschliffen“, um die Fehlsichtigkeit auszugleichen. Nach der Laserablation wird die vordere Hornhautlamelle wieder zurückgeklappt. Sie adaptiert sich von selbst und verschließt somit die Hornhaut.

Bei der moderneren Form der LASIK, der Femto-LASIK oder auch Laser-LASIK, ersetzt ein Femtosekundenlaser das Mikrokeratom. Der Femtolaser arbeitet mit ultrakurzen Impulsen im Infrarotbereich (1052 nm), die exakt in der jeweiligen Tiefe der Hornhaut fokussiert werden können. Bei jedem Laserpuls entsteht eine Mikroblase aus Gas (5–10 µm), die das Hornhautgewebe durchtrennt.

Durch entsprechende Fokussierung des Lasers lassen sich somit Schnitte und auch refraktive Korrekturen (s. u., Laser-Lentikelextraktion) durchführen. Zunächst wird eine dünne vordere Lamelle der Hornhaut präpariert. Nach Präparation der vorderen Hornhautlamelle mit dem Femtolaser wird der Patient unter den Excimer-Laser geschwenkt. Dann wird die vordere Lamelle angehoben und das freiliegende Stroma mittels Excimer-Laser „geschliffen“. Abschließend wird die Lamelle wieder zurückgelegt.

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

TAKE HOME MESSAGE

Im Vergleich zur LASIK mit dem Mikrokeratom arbeitet der Femtolaser präziser, die Dicke der vorderen Hornhautlamelle variiert daher weniger. Zudem verwächst nach Femto-LASIK die Hornhautlamelle deutlich fester, was das postoperative Verletzungsrisiko reduziert.

Im Gegensatz zur PRK kommt es nach LASIK bzw. Femto-LASIK nur in den ersten Stunden zu einem Fremdkörpergefühl oder leichteren Beschwerden, da ja das Oberflächenepithel nicht entfernt wird. In der Regel kann bereits am Tag nach der Operation wieder ein normales Leben geführt werden, das Sehvermögen ist gut, der Patient hat keinerlei oder nur geringe Beschwerden. Die Augen dürfen lediglich für einige Tage nicht gerieben werden, ebenso ist das Schminken (Abschminken!) für einige Tage untersagt.

Merke

Die im Vergleich zur PRK wesentlich geringeren Beschwerden haben trotz identischen Ergebnissen und der komplexeren Operation dazu geführt, dass sich die LASIK bzw. Femto-LASIK viel weiter verbreitet hat und auch heute noch wesentlich häufiger angewandt wird als die PRK.

Der *Anwendungsbereich* der LASIK bzw. Femto-LASIK umfasst nach den Empfehlungen der KRC [3] die Myopiekorrektur bis − 8 dpt, Astigmatismuskorrektur bis 5 dpt und Hyperopiekorrektur bis + 3 dpt, bei gleichzeitig bestehender Presbyopie auch als Monovision (s. u.).

Der Grenzbereich reicht bei Myopiekorrektur bis − 10 dpt, Astigmatismuskorrektur bis 6 dpt und Hyperopiekorrektur bis + 4 dpt.

Laser-Lentikelextraktion

Bei der Laser-Lentikelextraktion – SMILE, CLEAR, SmartSight etc. – wird nur ein Femtosekundenlaser eingesetzt. Dieser führt einen scheibenförmigen Doppelschnitt in der Hornhaut durch und erzeugt damit ein Gewebescheibchen im Inneren der Hornhaut. Der 1., tiefere Schnitt ist der refraktive Schnitt, sein Krümmungsradius bestimmt also die Höhe der Korrektur der Myopie. Der flachere, davor liegende Schnitt hingegen verläuft parallel zur Oberfläche der Hornhaut und hat somit keinen refraktiven Effekt. Dieser 2. scheibenförmige Schnitt hat einen etwas größeren Durchmesser als der erste Schnitt, um den Rand des Gewebescheibchens besser darstellen zu können. Am Rand des 2. scheibenförmigen Schnittes werden je nach Laserhersteller noch 1 oder 2 ca. 2 mm große seitliche Öffnungen mit dem Laser erzeugt, über die das soeben erzeugte Gewebescheibchen extrahiert werden kann.

In den ersten Tagen nach Laser-Lentikelextraktion ist das Sehvermögen häufig reduziert, und es bestehen mäßige Beschwerden. Grundsätzlich nimmt mit dem Umfang der erforderlichen Korrektur die Komplikationsrate zu. Mögliche Nebenwirkungen umfassen

- eine teilweise Rückbildung des Operationserfolges innerhalb der ersten Wochen
- und eine Verschlechterung des Sehvermögens bei Dämmerung und Nacht mit Wahrnehmung von Halos und Schattenbildern, insbesondere bei Patienten mit weiter Pupille;
- des Weiteren kommt es häufig vorübergehend zu einer vermehrten Trockenheit der Augen – diese ist allerdings aufgrund der kleineren Einschnitte geringer ausgeprägt und schneller abklingend als nach LASIK.

Der Anwendungsbereich umfasst die Myopiekorrektur von − 1 bis − 8 dpt und die Astigmatismuskorrektur bis − 5 dpt, bei gleichzeitig bestehender Presbyopie auch als Monovision (s. u.). Eine Korrektur der Hyperopie mittels Laser-Lentikelextraktion ist ebenfalls möglich und in der klinischen Erprobung. Bei Hyperopiekorrektur muss jedoch das Zentrum der Hornhaut stärker gewölbt sein als die Peripherie. Daher muss das vom Laser präparierte Gewebescheibchen in der mittleren Peripherie der Hornhaut ringförmig verdickt sein, während es im Zentrum sehr dünn ist. Das erschwert die Entfernung und begrenzt die klinische Anwendung. Daher ist die Laser-Lentikelextraktion bisher von der KRC nur zur Korrektur der Myopie und des myopen Astigmatismus empfohlen.

Der Grenzbereich umfasst die Myopiekorrektur bis − 10 dpt.

TAKE HOME MESSAGE

Die refraktive Laserchirurgie nutzt 3 Verfahren:

- photorefraktive Keratektomie (PRK),
- LASIK bzw. Femto-LASIK und
- Laser-Lentikelextraktion (SMILE, CLEAR, SmartSight, etc.).

Varianten der refraktiven Laserchirurgie zur Presbyopiekorrektur

Da bei der Laserkorrektur nicht die Ursache der Presbyopie behandelt werden kann, konzentriert sich die Korrektur auf das Symptom der mangelnden Nahsehfähigkeit aufgrund der reduzierten Akkommodationsfähigkeit der Augenlinse. Ziel des Lasereingriffs ist es, die Brechkraft der Augen so zu verändern, dass sowohl in der Ferne als auch in der Nähe weitestmöglich scharf gesehen werden kann.

Eine Möglichkeit, um dieses Ziel zu erreichen, ist es, ein Auge auf die Nähe einzustellen, also „kurzsichtig“ (myop) zu machen, und das andere Auge auf die Ferne zu korrigieren. Diese sog. Monovision ist in verschiedenen Ausprägungen Grundkonzept aller Laserkorrekturen der Presbyopie.

Eine weitere Möglichkeit bietet die Erhöhung der Schärfentiefe beider Augen mittels spezieller Laserprofile, indem die sphärische Aberration der Hornhaut verändert wird.

Merke

Beide Ansätze können auch kombiniert werden und verstärken sich dann.

Monovision und Mini-Monovision

Der Begriff „Monovision“ wird leider häufig nicht präzise definiert. Monovision bezeichnet korrekt

- eine Refraktion von − 2,5 bis − 3,0 dpt an einem Auge, dem Auge für die Nähe und zum Lesen („Leseauge“) und
- eine Refraktion von 0 dpt (Emmetropie) am anderen Auge („Fernauge“).

Monovision in diesem streng definierten Sinn wird kaum eingesetzt, da ein Unterschied von 2,5–3 dpt zwischen beiden Augen nur sehr schlecht toleriert wird.

Korrekt muss die bei der Presbyopiekorrektur eingesetzte Monovision als „Mini-Monovision“ bezeichnet werden. Es wird hierbei ein Ziel von − 1,0 bis − 1,5 dpt an einem Auge (dem „Leseauge“) angestrebt und 0 dpt am anderen Auge („Fernauge“). Diese Mini-Monovision wird wesentlich besser vertragen und dient daher als Basis der Presbyopiekorrektur.

TAKE HOME MESSAGE

Mini-Monovision bezeichnet eine Myopie von − 1,0 bis − 1,5 dpt an einem Auge bei Emmetropie am anderen Auge. Das myope Auge wird so zum „Leseauge“, das emmetrope zum „Fernauge“.

Was kann Mini-Monovision leisten?

Der praktische Nutzen der Mini-Monovision ergibt sich aus der Summe der operativen Korrektur (also z. B. − 1,5 dpt, s. o.) und der noch bestehenden Akkommodationsfähigkeit der Augen. Der entsprechende Leseabstand lässt sich nach der folgenden Formel berechnen:

$$\text{Abstand (m)} = \frac{1}{\text{Akkommodation (dpt)} + 1{,}5\ \text{dpt}}$$

Besteht also neben der Mini-Monovision noch eine Akkommodationsfähigkeit von 1,5 dpt, so kann in 0,33 m Entfernung gelesen werden. Besteht keinerlei Akkommodationsfähigkeit mehr, so beträgt der Leseabstand mit Mini-Monovision 0,67 m und ist damit z. B. zum Lesen eines Buches zu groß, reicht aber für die Arbeit am Computer.

Mit Mini-Monovision lässt sich also grundsätzlich eine weitgehende Brillenfreiheit im Alltag erreichen, nicht aber eine vollständige Brillenunabhängigkeit. Folgende Einschränkungen sind zu beachten:

- Nur ein Auge sieht in die Ferne scharf („Fernauge“), daher ist aufgrund gesetzlicher Bestimmungen das Tragen einer Fernbrille z. B. zum Führen eines Pkw erforderlich, da sonst am myopen „Leseauge“ keine ausreichende Sehschärfe für die Ferne erreicht wird.
- Das andere Auge („Leseauge“) sieht in der Nähe bzw. im mittleren Bereich scharf, während das „Fernauge“ ja im Nahbereich unscharf sieht. Hierdurch wird längeres Lesen sehr anstrengend, sodass zum längeren Lesen häufig noch eine Lesebrille erforderlich ist.
- Das räumliche Sehvermögen für die Ferne und für die Nähe (ca. 0,3 m) ist eingeschränkt, da in diesen Bereichen jeweils nur ein Auge scharf sieht.

Erhöhung der Schärfentiefe mittels spezieller Laserablationsprofile

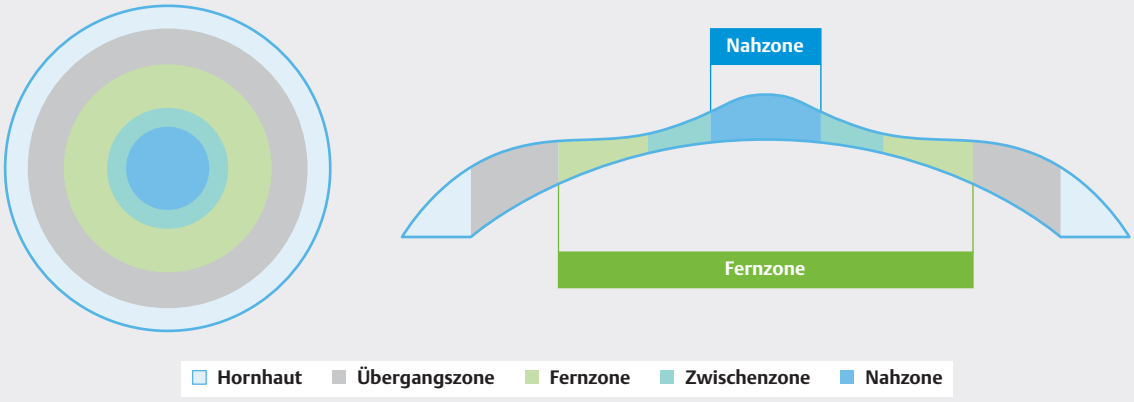
Ein ideales optisches System hat eine sphärische Aberration von 0 µm. Das einfallende Licht wird dann in einem Brennpunkt gesammelt, und es entsteht ein maximal scharfes Bild. Sobald allerdings ein Objekt außerhalb der exakten Brennweite liegt, wird es unscharf abgebildet. Die Schärfe fällt also mit der Entfernung zum Brennpunkt sehr schnell ab.

Verfügt ein optisches System hingegen über sphärische Aberration, so ist der Brennpunkt weniger exakt definiert, Licht wird über einen weiteren Bereich vor- und hinter dem Brennpunkt verteilt, sodass die Schärfentiefe steigt, die maximale Schärfe aber abnimmt. Der ideale Kompromiss bzw. die maximal tolerierte sphärische Aberration liegt beim menschlichen Auge bei ca. 0,6 µm [4]. Bei höherer sphärischer Aberration wird das Bild zu unscharf. Eine sphärische Aberration von ca. 0,6 µm entspricht einer Schärfentiefe von ca. 1,5 dpt. Das bedeutet, dass mittels geeigneter Laserablationsprofile eine Akkommodation von ca. 1,5 dpt simuliert werden kann.

▶ **Abb. 2** zeigt das Ablationsprofil einer PresbyMax-Behandlung der Fa. Schwind eye-tech-solutions (Aschaffenburg). Zentral ist die Brechkraft höher („Nahzone“) als peripher („Fernzone“), es besteht also eine positive sphärische Aberration, welche die Schärfentiefe verstärkt. Der „Preis“ dieser erhöhten Schärfentiefe ist jedoch eine Verschlechterung der Bildqualität im Vergleich zu einem System ohne sphärische Aberration.

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use



Schematische Darstellung und Querschnitt der Hornhaut nach einer PresbyMAX-Behandlung. Die Nahzone ermöglicht typischerweise das Lesen ohne Sehhilfe. Die Zwischenzone begünstigt gutes Sehen in mittleren Distanzen, z. B. am Computerarbeitsplatz. Die Fernzone sorgt für gutes Sehen in größeren Entfernungen. Die Übergangszone trägt zur Stabilität des Behandlungsergebnisses bei.

▶ **Abb. 2** Laserablation bei PresbyMax-Behandlung (Quelle: SCHWIND eye-tech-solutions GmbH, Kleinostheim).

TAKE HOME MESSAGE

Eine sphärische Aberration des Auges von maximal 0,6 µm erhöht die Schärfentiefe um ca. 1,5 dpt.

Kombination der Mini-Monovision mit sphärischer Aberration

Wie dargestellt kann die Mini-Monovision maximal 1,5 dpt Lesefähigkeit an einem Auge, dem „Leseauge“, korrigieren. Daher kann ohne zusätzliche Akkommodation nur in einem Abstand von ca. 0,67 m scharf gesehen werden. In der Ferne und im Nahbereich bei ca. 0,3 m kann nicht scharf gesehen werden.

Mit dem emmetropen Partnerauge („Fernauge“) kann nur in die Ferne scharf gesehen werden, ohne Akkommodation ist weder der mittlere Bereich (ca. 0,67 m) noch der Nahbereich (ca. 0,3 m) scharf sichtbar.

Wird Mini-Monovision jetzt mit einer sphärischen Aberration von ca. 0,6 µm kombiniert, so wird einerseits die Überlappung der Sehbereiche beider Augen verbessert und andererseits der Nahbereich verstärkt. Denn diese sphärische Aberration führt am „Leseauge“ zu einer maximalen Lesefähigkeit von ca. 3 dpt (1,5 dpt durch Mini-Monovision und 1,5 dpt durch sphärische Aberration). Am „Fernauge“ ergibt sich eine maximale Lesefähigkeit von 1,5 dpt (Emmetropie für die Ferne und 1,5 dpt durch sphärische Aberration).

KOMMENTAR

Kommerziell am weitesteten verbreitet ist das Presbyond-Verfahren der Fa. Zeiss (Oberkochen) [4]. Eigene Erfahrungen habe ich zudem mit dem Presbymax-Verfahren der Fa. Schwind eye-tech-solutions (Aschaffenburg) [5]. Auch weitere Anbieter arbeiten mit derartigen Ablationsprofilen [6].

Was kann die Kombination der Mini-Monovision mit sphärischer Aberration leisten?

Die Kombination beider Ansätze erzeugt einerseits eine bessere Lesefähigkeit auch im Nahbereich von ca. 0,3 m. Andererseits wird eine deutliche bessere Überlappung der Sehbereiche beider Augen erreicht. So kann mit beiden Augen im mittleren Bereich von ca. 0,6 m annähernd normal ohne Brille gesehen werden, da in diesem Bereich beide Augen gut zusammenarbeiten. In die Ferne kann mit dem „Fernauge“ weiterhin gut gesehen werden, aber zusätzlich sieht auch das „Leseauge“ in die Ferne aufgrund der sphärischen Aberration besser als bei reiner Mini-Monovision. In die Nähe (ca. 0,3 m) kann im Gegensatz zur reinen Mini-Monovision auch ohne Akkommodationsfähigkeit noch gelesen werden.

Mit der Kombination aus Mini-Monovision und sphärischer Aberration lässt sich also eine weitergehende Brillenfreiheit im Alltag erreichen als mit der reinen Mini-Monovision. Auch hier gibt es aber keine Garantie auf vollständige Brillenunabhängigkeit. Folgende Einschränkungen sind zu beachten:

- Ein Auge sieht in die Ferne scharf („Fernauge"), das andere Auge („Leseauge") sieht jedoch durch die sphärische Aberration meist ebenfalls noch gut genug, sodass die gesetzlichen Bestimmungen z. B. zum Führen eines Pkw meist (aber nicht immer!) erfüllt werden. Wenn nicht, ist eine Fernbrille erforderlich, falls am „Leseauge" keine ausreichende Sehschärfe für die Ferne erreicht wird.
- Das „Fernauge" sieht aufgrund der sphärischen Aberration auch im mittleren Bereich noch ausreichend scharf, sodass beide Augen in diesem Bereich gut zusammenarbeiten und z. B. für die Arbeit am Computer oder im Alltag keine Brille erforderlich ist. Lediglich im Nahbereich (ca. 0,3 m) sieht nur das „Leseauge" scharf, sodass zum längeren Lesen u. U. noch eine Lesebrille erforderlich ist.
- Aufgrund der sphärischen Aberration beider Augen entsteht eine gewisse Bildunschärfe, die auch mittels Brille nicht ausgleichbar ist. Dies führt in einigen Fällen zu Problemen vor allem bei Dämmerung und Nacht (z. B. Halos um Lichtquellen).
- Das räumliche Sehvermögen ist fast nicht eingeschränkt, da sich die Schärfenbereiche beider Augen weitgehend überlappen.

TAKE HOME MESSAGE

Die Kombination von Mini-Monovision mit der Induktion sphärischer Aberration stellt das wirksamste Verfahren zur Laserkorrektur der Presbyopie dar, allerdings um den Preis einer geringfügig reduzierten Sehqualität.

Wer ist für eine Laserkorrektur der Presbyopie geeignet?

Grundsätzlich ist jeder Patient geeignet, der keine Brille tragen möchte. Es müssen jedoch folgende Einschränkungen diskutiert und vom Patienten akzeptiert werden:

- Die Laserkorrektur erfordert die Verträglichkeit der sog. „Mini-Monovision". Diese muss getestet werden (s. u.).
- Mini-Monovision führt ohne Brille zu einer geringfügigen Verschlechterung des räumlichen Sehvermögens, die allerdings mit Brille jederzeit ausgleichbar ist.
- Wird zusätzlich die Induktion sphärischer Aberrationen eingesetzt, so verringert sich die Qualität des Sehvermögens geringfügig. Dies ist nicht mit Brille ausgleichbar.
- Bei reiner Mini-Monovision ist zwar im Alltag eine Brillenkorrektur meist nicht mehr erforderlich, aber beim Führen eines Pkw wird eine Fernbrille benötigt und beim längeren Lesen eine Lesebrille.
- Nach Laserkorrektur mit kombinierter Mini-Monovision und der Induktion sphärischer Aberration wird meist keine Fernbrille mehr benötigt, zum längeren Lesen ist jedoch gelegentlich noch eine Lesebrille erforderlich.
- Auch das Lebensalter und damit die Restakkommodationsfähigkeit der Linse spielen eine wesentliche Rolle bezüglich der erreichbaren Nahsehschärfe. Je mehr Restakkommodation noch vorhanden ist, umso besser (und länger) kann nach der Laserkorrektur gelesen werden. Mit zunehmendem Alter nimmt dieser Effekt ab.
- Alle Laseroperationen der Presbyopie behandeln nicht die Ursache der Presbyopie, nämlich die Versteifung der Augenlinse, sodass die Laserkorrektur nur vorübergehend wirksam ist und in allen Fällen spätestens beim Auftreten einer Linsentrübung (Katarakt) zusätzlich ein Austausch der Augenlinse gegen eine Kunstlinse erforderlich wird.

Da ja durch die Laserkorrektur die Presbyopie nicht dauerhaft ausgeglichen werden kann, muss auch immer die Alternative hierzu, nämlich ein refraktiver Linsenaustausch mit Implantation einer presbyopiekorrigierenden Intraokularlinse, im Rahmen der Aufklärung besprochen werden.

Untersuchung der Verträglichkeit der Mini-Monovision

Prüfung der Dominanz der Augen

Zur Untersuchung der Verträglichkeit der Mini-Monovision wird zunächst das dominante Auge ermittelt. Hier kann gefragt werden, mit welchem Auge der Patient fotografiert (heute schwierig, wir nehmen ja meist ein Handy …). Oder man bittet den Patienten, mit beiden Augen über den Daumen des ausgestreckten Armes ein Ziel anzuvisieren. Dann wird je ein Auge abgedeckt. „Springt" dabei der Daumen seitlich des Ziels, so wurde das dominante Auge abgedeckt.

Defokustoleranztest

Neben der Dominanz ist vor allem die Defokustoleranz des jeweiligen Auges wichtig. Gemeint ist hiermit die Fähigkeit, eine einseitige Myopie von ca. − 1,5 dpt beim binokularen Sehen zu tolerieren. Die Defokustoleranz kann mittels Probierbrille getestet werden. Zunächst wird die Fernrefraktion eingesetzt. Dann wird beim binokularen Blick in die Ferne zunächst am rechten Auge + 1,5 dpt vorgehalten und nach der Veränderung des Seheindrucks gefragt: „stört nicht", „stört mäßig", „stört sehr". Anschließend erfolgt der gleiche Test am linken Auge. Dokumentiert wird das Ergebnis in den 3 genannten Kategorien für jedes Auge.

Mittels der beiden Tests konnte somit das dominante Auge ermittelt werden, und es wurde dokumentiert, welches Auge eine Defokussierung von 1,5 dpt toleriert.

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

Merke

Im typischen Fall toleriert das dominante Auge eine Defokussierung nicht, während das nichtdominante Auge die Defokussierung toleriert. Daher ist bei der Mini-Monovision meistens das nicht-dominante Auge myop („Leseauge"). Dies gilt jedoch in ca. 15 % der Fälle nicht. Daher ist vor allem die Bestimmung der Defokustoleranz wichtig. Einige Patienten bevorzugen nämlich eine Myopie am dominanten Auge.

Kontaktlinsenversuch

Merke

Die präziseste Aussage über die Akzeptanz der Monovision ermöglicht ein Kontaktlinsenversuch.

Basierend auf den Ergebnissen des Tests zur Defokustoleranz werden Kontaktlinsen eingesetzt, die das Auge, das keine Defokustoleranz zeigte, auf die Ferne korrigieren („Fernauge") und das Partnerauge, das eine Defokustoleranz zeigte, auf ca. − 1,5 dpt („Leseauge"). Wird diese Korrektur über einige Tage vertragen und ist der Patient mit dem Seheindruck in Ferne und Nähe zufrieden, so ist eine Laserkorrektur der Presbyopie möglich. Wird die einseitige Myopie von − 1,5 dpt jedoch nicht vertragen, so ist eine Laserkorrektur der Presbyopie nicht empfehlenswert.

Alternativ ist ein Kontaktlinsenversuch auch ohne vorherige Dominanzprüfung und ohne Ermittlung der Defokustoleranz möglich. Dabei sollte mit Kontaktlinsen zunächst rechts eine Myopie von − 1,5 dpt erzeugt werden und links Emmetropie. Nach 2–3 h sollte gewechselt werden, also rechtes Auge Emmetropie und linkes Auge − 1,5 dpt Myopie. Bereits nach diesem Test können die meisten Patienten klar angeben, an welchem Auge die Defokussierung (also die Myopie von − 1,5 dpt) besser vertragen wurde. Diese Kombination sollte dann noch für 2–3 Tage getestet werden. Ist sie verträglich, kann eine Laserkorrektur der Presbyopie erfolgen.

Zu einem vollständigen Kontaktlinsenversuch gehört bei myopen presbyopen Brillenträgern auch eine beidseitige Fernkorrektur mittels Kontaktlinsen. Viele Brillenträger nehmen nämlich unbewusst zum Lesen die Brille ab oder sehen unter den Gläsern hindurch und erkennen daher das Problem der Presbyopie nicht. Wird nun das Ausmaß der Presbyopie durch diesen Kontaktlinsenversuch demonstriert, so erscheint die Monovision häufig plötzlich als die bessere Alternative.

TAKE HOME MESSAGE

Vor einer Laserkorrektur der Presbyopie ist in allen Fällen die Toleranz der Mini-Monovision zu prüfen. Eine Laserkorrektur der Presbyopie ist nur bei Verträglichkeit der Mini-Monovision möglich.

Grundlagen für die Auswahl der Laseroperationsverfahren

Zur Auswahl stehen die oben beschriebenen Verfahren PRK, LASIK bzw. Femto-LASIK und Laser-Lentikelextraktion. Mit allen 3 Verfahren kann eine Mini-Monovision erzeugt werden. Für die Berechnung der Grenzwerte für den Anwendungsbereich bzw. den Grenzbereich der jeweiligen Verfahren ist zu beachten, dass Mini-Monovision eine Myopie von − 1,0 bis − 1,5 dpt am „Leseauge" erfordert. Dadurch reduziert sich der Wert der maximal behandelbaren Hyperopie entsprechend, da ja bereits 1,5 dpt für die Mini-Monovision behandelt werden müssen.

HINTERGRUNDINFO

Beispiel

Besteht vor einer Femto-LASIK-Operation am späteren „Leseauge" bereits eine Hyperopie von + 1,5 dpt, so müssen + 3 dpt korrigiert werden, um den postoperativen Zielwert von − 1,5 dpt zu erreichen. Daher kann innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereiches maximal eine Hyperopie von + 1,5 dpt behandelt werden und nicht + 3,0 dpt.

Für den Grenzbereich liegt die Obergrenze für das „Leseauge" dementsprechend bei + 2,5 dpt und nicht bei + 4 dpt.)

Eine zusätzliche gezielte Erhöhung der sphärischen Aberration ist jedoch nur mittels einer Femto-LASIK oder mittels einer PRK im jeweiligen Anwendungsbereich möglich. Zusätzlich ist zu beachten, dass die KRC die gezielte Erhöhung der sphärischen Aberration zur Presbyopiekorrektur nicht im Anwendungsbereich des jeweiligen Verfahrens eingestuft hat, was bedeutet, dass ein erhöhter Aufklärungsbedarf der Patienten besteht.

THERAPIE

Behandlungsoptionen

Aufgrund der oben dargestellten Anwendungs- bzw. Grenzbereiche können folgende Behandlungsoptionen zusammengefasst werden:

- Die Femto-LASIK bietet das größte Spektrum. Möglich ist innerhalb des Anwendungsbereiches (Werte für den Grenzbereich in Klammern) eine Korrektur der Fehlsichtigkeit bei gleichzeitig bestehender Presbyopie für präoperative Refraktionsfehler von + 1,5 dpt (+ 2,5 dpt) bis − 8 dpt (− 10 dpt) und Astigmatismus bis 5 dpt (6 dpt). Hierbei kann sowohl Mini-Monovision allein als auch in Kombination mit der Induktion sphärischer Aberration eingesetzt werden [4, 6, 5].

- Für die PRK gilt, dass innerhalb des Anwendungsbereiches (Werte für den Grenzbereich in Klammern) eine Korrektur der Fehlsichtigkeit bei gleichzeitig bestehender Presbyopie für präoperative Refraktionsfehler von − 1,5 dpt (+ 1,5 dpt) bis − 6 dpt (− 8 dpt) und Astigmatismus bis − 5 dpt (− 6 dpt) erfolgen kann. Hierbei kann sowohl Mini-Monovision allein als auch in Kombination mit der Induktion sphärischer Aberration eingesetzt werden [4, 6, 5].
- Die Laser-Lentikelextraktion kann nur mit Mini-Monovision eingesetzt werden, da bei diesem Verfahren keine planbare Induktion der sphärischen Aberration möglich ist. Möglich ist innerhalb des Anwendungsbereiches (Werte für den Grenzbereich in Klammern) eine Korrektur der Fehlsichtigkeit bei gleichzeitig bestehender Presbyopie für präoperative Refraktionsfehler von − 1,5 dpt bis − 8 dpt (− 10 dpt) und Astigmatismus bis − 5 dpt (− 6 dpt).

TAKE HOME MESSAGE

Die Femto-LASIK stellt das am besten geeignete Laserverfahren zur Korrektur der Presbyopie dar, da sie sowohl den breitesten Indikationsbereich hat als auch eine Kombination von Mini-Monovision mit der Induktion sphärischer Aberrationen ermöglicht. Daher wird auch häufig der Name „Presby-LASIK" verwendet.

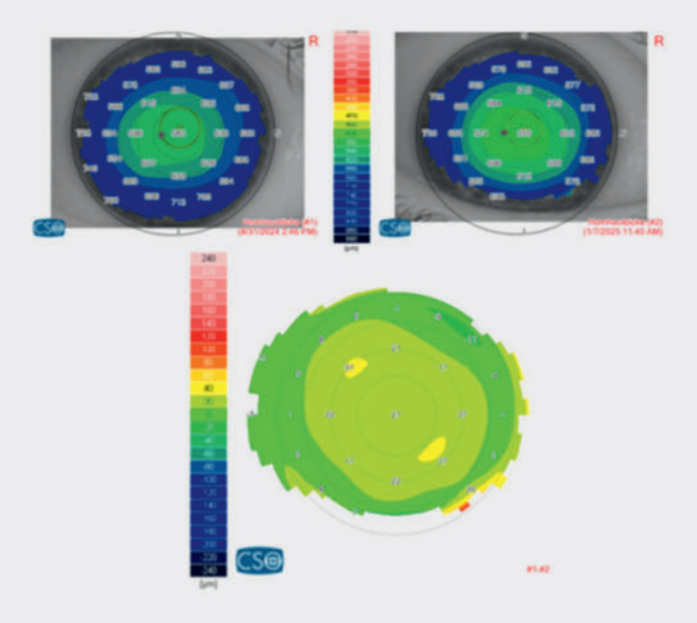
Operativer Eingriff und Ergebnis

Das am häufigsten verwendete Verfahren für eine Laserkorrektur der Presbyopie ist wie dargestellt die Femto-LASIK mit Mini-Monovision und speziellen Ablationsprofilen zur Induktion sphärischer Aberration. ▶ **Abb. 3** zeigt die prä- und postoperativen Befunde und das Differenzbild. Es wurde eine positive sphärische Aberration erzeugt.

Sicherheit

Die zur Presbyopiekorrektur verwendeten Laserverfahren kommen seit vielen Jahren zum Einsatz und sind als sehr sicher einzustufen. Spezifisch für die Presbyopiekorrektur sind folgende Komplikationen:

- Da nicht die Ursache der Presbyopie behandelt wird, wirkt die Operation nur vorübergehend, und es sind häufig Nachoperationen erforderlich (ca. 10 %).



▶ **Abb. 3** Differenzbild (unten) der Hornhauttopografie vor (links oben) und nach (rechts oben) Presby-LASIK mit der PresbyMax-Software. Das Differenzbild zeigt die zentrale Aufsteilung der Hornhaut. Die Brechkraft hat zentral zugenommen und fällt nach peripher ab, entsprechend einer positiven sphärischen Aberration.

- Die Mini-Monovision wird trotz vorheriger Testung nicht in allen Fällen dauerhaft vertragen (ca. 1 %), was aber durch eine Nachkorrektur mittels Laser ausgeglichen werden kann und dann zur Notwendigkeit einer Brillenkorrektur führt.
- Die gezielt induzierte sphärische Aberration führt bei einigen Patienten zu einer Herabsetzung der Sehschärfe [6, 5], was ebenfalls durch eine Nachkorrektur ausgeglichen werden kann und dann wiederum die Notwendigkeit einer Brillenkorrektur nach sich zieht.

Wer ist nicht geeignet für die Laser-Presbyopiekorrektur mittels induzierter sphärischer Aberration?

- Patienten, die weder eine Anisometropie von mindestens 1 dpt noch die Kontrastherabsetzung durch sphärische Aberration akzeptieren, sind ungeeignet. Dies lässt sich wie oben beschrieben durch einen Kontaktlinsenversuch zuverlässig präoperativ ermitteln.
- Da die Korrektur auch vom Pupillendurchmesser abhängig ist, sind Patienten mit weiter photopischer Pupille (> 3,5 mm) oder enger skoptopischer Pupille (< 4,5 mm) sowie dezentrierter Pupille (> 0,7 mm) ungeeignet.
- Da die Laserkorrektur die optischen Aberrationen der Hornhaut erhöht, sind Patienten mit irregulärer Hornhaut und somit erhöhten Aberrationen höherer Ordnung (HOA) nicht geeignet.

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

FALLBEISPIEL

Presbyopiekorrektur mittels Laser am Beispiel des PresbyMAX-Verfahrens – Fortsetzung

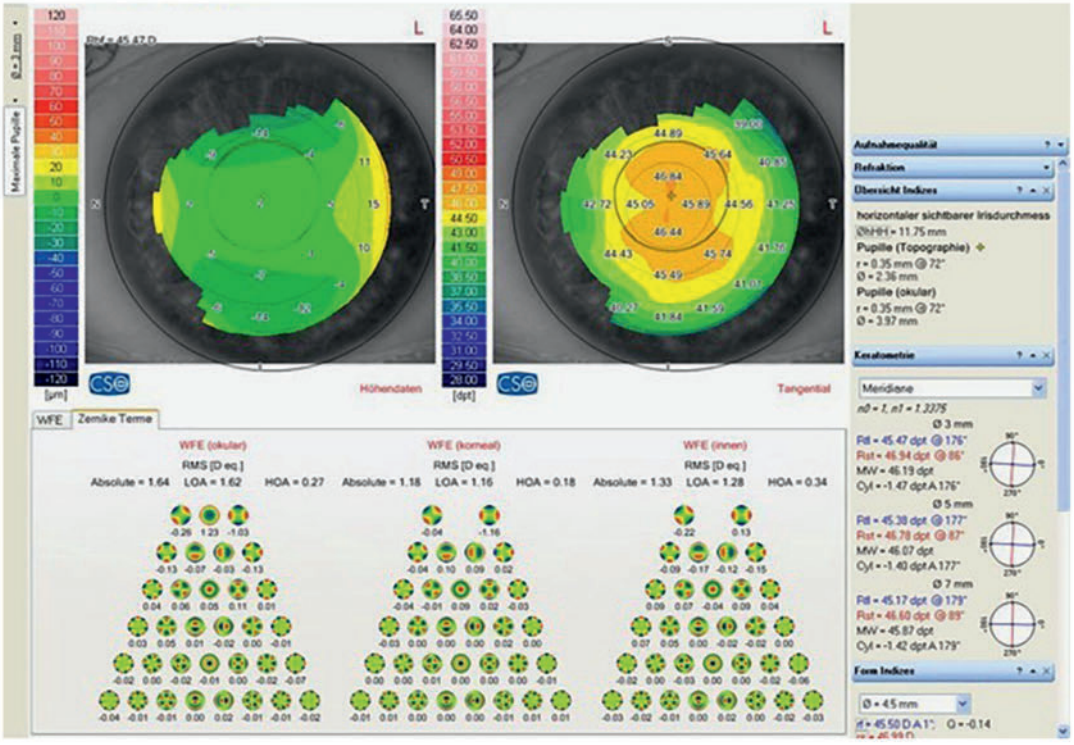
▶ **Abb. 4** zeigt die Aberrometrie und Topografie eines geeigneten Patienten. Die Keratometrie liegt innerhalb der Grenzen von 40–48 dpt. Die korneale Wellenfront (WFE korneal) ist regulär, und die Aberrationen höherer Ordnung (HOA) liegen mit 0,18 µm unter 0,5 µm.

Wichtig ist zudem ein Kontaktlinsenversuch zur Bestimmung der Anisometropietoleranz. Hierzu wird wie im Text beschrieben die Defokustoleranz der Augen geprüft. Das Auge, das einen Defokus von mindestens 1 dpt toleriert, ist das spätere „Leseauge“, das andere Auge das „Fernauge“. Vor der PresbyMAX-Behandlung wird dann am „Fernauge“ eine multifokale Kontaktlinse mit geringer Nahaddition eingesetzt und am „Leseauge“ eine multifokale Kontaktlinse mit geringer Nahaddition und Zielrefraktion − 1,0 dpt. Wir verwenden die OneDay Acuvue Moist Multifocal mit Add + 1,25 von Johnson & Johnson bei sphärischen Korrekturen. Wird diese Kombination vertragen, ist eine PresbyMAX-Behandlung indiziert (falls die anderen o. g. Einschlusskriterien erfüllt sind).

In unserem Beispiel wurde das Sehen mit den genannten Kontaktlinsen als gut empfunden und daher eine Femto-LASIK mittels PresbyMAX durchgeführt.

Postoperativ lag der Visus binokular am 1. Tag bei 0,5, was typisch ist. Es dauert in der Regel einige Wochen, bis eine stabile Refraktion und ein guter Visus eingetreten sind. Ursächlich hierfür sind Änderungen der Epitheldicke, die nach jeder Formveränderung der Hornhaut auftreten und einige Wochen benötigen. Da die Laserablation aber auf das Endergebnis nach der epithelialen Heilung berechnet ist, kommt es in dieser Übergangsphase zu Visus- und Refraktionsschwankungen. Des Weiteren ist eine Gewöhnung einerseits an die Monovision und andererseits an die erhöhte sphärische Aberration erforderlich.

Nach 8 Wochen wurde binokular ein Visus von 1,0 in Ferne und Nähe (30 cm) erreicht.



▶ **Abb. 4** Präoperative Aberrometrie und Hornhauttopografie.

Ist eine Nachbehandlung möglich?

Eine Nachkorrektur ist möglich. Hierbei kann sowohl ein noch bestehendes Refraktionsdefizit korrigiert werden als auch die sphärische Aberration wieder reduziert werden. Es gibt spezielle Ablationsprofile, die es erlauben, die zur Korrektur der Presbyopie erzeugten Aberrationen wieder zu reduzieren. Dies ermöglicht eine Nachkorrektur bei Patienten, die trotz positivem Kontaktlinsenversuch mit den Nebenwirkungen der Laserkorrektur nicht zurechtkommen.

Merke

Generell ist zu beachten, dass Nachkorrekturen wesentlich häufiger sind als nach einer „normalen" refraktiven Laserkorrektur der Hornhaut. Die Rate liegt bei ca. 10 % [4].

Des Weiteren ist die Operation technisch deutlich anspruchsvoller als eine „normale" Laserkorrektur. Bereits die Auswahl geeigneter Patienten und deren Aufklärung und Voruntersuchung ist erheblich aufwendiger. Daher sollte eine umfassende operative Erfahrung bestehen, bevor diese Technik in das Behandlungsspektrum aufgenommen wird.

Alternativen zur Laserkorrektur der Presbyopie

Eine Alternative zur Laserkorrektur der Presbyopie ist der refraktive Linsenaustausch mit Implantation einer presbyopiekorrigierenden Intraokularlinse. Da bei diesem Verfahren die alternde und nicht mehr akkommodationsfähige Augenlinse entfernt wird, ist die Korrektur dauerhaft. Im späteren Leben ist zumeist keine Nachkorrektur mehr erforderlich. Zudem kann es nicht mehr zur Ausbildung einer Linsentrübung (Katarakt) kommen, da ja die Augenlinse entfernt wird.

Auf der anderen Seite erhöht eine Entfernung der Augenlinse bei myopen Patienten das Risiko einer Netzhautablösung (Amotio retinae). Hierbei gilt, dass das Risiko umso höher ist, je jünger der Patient ist und je höher die Myopie ist. Bei hyperopen Patienten erhöht sich hingegen das Risiko des Auftretens einer Netzhautablösung nicht.

Allgemein lässt sich für die Hyperopiekorrektur vereinfacht sagen, dass bei Hyperopie von mehr als 1,5 dpt immer ein refraktiver Linsenaustausch vorzuziehen ist, da die Laserkorrektur ja nur bis + 1,5 dpt möglich ist (s. o.). Auch bei geringerer Hyperopie ist der Linsenaustausch die bevorzugte Methode ab ca. dem 50. Lebensjahr, wenn keinerlei Akkommodationsfähigkeit des Auges mehr besteht, da ja die Hyperopie weiter zunimmt [2] und wie gesagt das Risiko einer Netzhautablösung nicht besteht.

Cave

Bei Myopie ist unterhalb des 50. Lebensjahres wegen des erhöhten Risikos einer Netzhautablösung vom refraktiven Linsenaustausch abzuraten.

Ab dem 50. Lebensjahr sinkt das Risiko des Auftretens einer Netzhautablösung, da sich bis zu diesem Alter meist eine hintere Glaskörperabhebung ausgebildet hat, die das Risiko senkt. Daher kommt ab dem 50. Lebensjahr gerade bei hoher Myopie eher der refraktive Linsenaustausch in Frage, da auch eine Myopie von mehr als − 8 dpt behandelbar ist (Laser: maximal − 8 dpt, s. o.).

Ab dem 60. Lebensjahr macht eine Laserkorrektur keinen Sinn mehr, da es bereits zur langsamen Eintrübung der Augenlinse (Katarakt) kommt.

TAKE HOME MESSAGE

Die Laserkorrektur der Presbyopie kommt primär zwischen dem 40. und dem 60. Lebensjahr zur Anwendung.

BEISPIEL

Presbyopiekorrektur mittels Laser am Beispiel des PresbyMAX-Verfahrens – Fortsetzung

Wer ist nicht geeignet?

- Patienten, die weder eine Anisometropie von mindestens 1 dpt noch die Kontrastherabsetzung durch sphärische Aberration akzeptieren, sind ungeeignet. Dies lässt sich wie im Beitrag beschrieben durch einen Kontaktlinsenversuch zuverlässig präoperativ ermitteln.
- Da PresbyMAX vom Pupillendurchmesser abhängig ist, sind Patienten mit weiter photopischer Pupille (> 3,5 mm) oder enger skotopischer Pupille (< 4,5 mm) sowie dezentrierter Pupille (> 0,7 mm) ungeeignet.
- Da PresbyMAX die optischen Aberrationen der Hornhaut erhöht, sind Patienten mit irregulärer Hornhaut und somit erhöhten Aberrationen höherer Ordnung (HOA) nicht geeignet.

Zusammenfassung

Im dargestellten Fall konnte ein gutes Ergebnis erzielt werden. Da die Presbyopiekorrektur mittels Laser einen Kompromiss bezüglich der Sehqualität darstellt, steht im Vordergrund die Patientenauswahl.

Ein wichtiges Hilfsmittel ist die Demonstration des erzielbaren Ergebnisses mittels multifokaler Kontaktlinsen. Diese sollte in jedem Fall erfolgen.

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

Schlussfolgerungen

Die Laserkorrektur der Presbyopie bietet eine Alternative zur ständigen Brillenkorrektur. Sie kann die Notwendigkeit zum Tragen einer Brille weitgehend reduzieren bei nur sehr geringem Risiko schwerer Komplikationen. Sie kommt zwischen dem 40. und 60. Lebensjahr zum Einsatz und stellt damit eine wirksame Alternative zum refraktiven Linsenaustausch mit Implantation einer presbyopiekorrigierenden Intraokularlinse dar.

KERNAUSSAGEN

- Die Presbyopie wird durch den Elastizitätsverlust der Augenlinse und die dadurch nachlassende Akkommodationsfähigkeit ausgelöst und ab dem 40. Lebensjahr symptomatisch, eine Lesekorrektur wird dadurch erforderlich.
- Eine Laserkorrektur der Presbyopie ist möglich. Diese wird an der Hornhaut des Auges z. B. mittels Femto-LASIK durchgeführt. Da jedoch nicht die Ursache der Presbyopie behandelt wird, ist eine Laserkorrektur nur vorübergehend wirksam, kann aber wiederholt werden.
- Eine Option ist die Mini-Monovision, bei der ein Auge auf die Ferne (0 dpt) und ein Auge auf den mittleren Bereich (ca. − 1,5 dpt, ca. 0,6 m) korrigiert wird. Hierdurch wird eine Brille im Alltag großenteils vermieden, es ist jedoch weiterhin eine Fernbrille zum Führen eines Pkw und eine Lesebrille zum längeren Lesen erforderlich. Mit Brille ist die Sehqualität perfekt, daher ist die Mini-Monovision das zwar weniger wirksame (es ist ja häufig noch eine Brille erforderlich), aber das sicherste Verfahren.
- Die wirksamere Option ist eine Kombination von Mini-Monovision mit der Induktion einer sphärischen Aberration (ca. 0,6 µm). Hierbei deckt das „Fernauge“ einen Bereich von − 1,5 dpt bis 0 dpt ab und das „Leseauge“ einen Bereich von − 1,5 dpt bis − 3,0 dpt. Somit ist eine Brillenkorrektur nur sehr selten erforderlich. Allerdings führt die induzierte sphärische Aberration zu einer etwas unschärferen Abbildung und daher einer reduzierten Sehqualität, die nicht mittels Brille ausgeglichen werden kann. Trotzdem ist die PRK (photorefraktive Keratektomie) kombiniert mit Mini-Monovision und induzierter sphärischer Aberration diejenige Option, die am häufigsten zur Unabhängigkeit einer Brillenkorrektur führt.
- Die Laserkorrektur stellt sozusagen eine „Brückentechnologie“ zur Korrektur der Presbyopie zwischen dem 40. und 60. Lebensjahr dar. Mit zunehmender Eintrübung der Augenlinse ab dem 60. Lebensjahr wird ein Austausch der Augenlinse gegen eine Kunstlinse erforderlich und ist der Laserkorrektur überlegen.

Interessenkonflikt

Erklärung zu finanziellen Interessen

Forschungsförderung erhalten: nein; Honorar/geldwerten Vorteil für Referententätigkeit erhalten: nein; Bezahlter Berater/interner Schulungsreferent/Gehaltsempfänger: nein; Patent/Geschäftsanteile/Aktien (Autor/Partner, Ehepartner, Kinder) an Firma (Nicht-Sponsor der Veranstaltung): ja; Patent/Geschäftsanteile/Aktien (Autor/Partner, Ehepartner, Kinder) an Firma (Sponsor der Veranstaltung): nein.

Erklärung zu nichtfinanziellen Interessen

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Autorinnen/Autoren

Prof. Dr. med. Michael Knorz

Facharzt für Augenheilkunde. 1977–1983 Studium der Humanmedizin an der Universität des Saarlandes und der Universität Heidelberg. 1984–1989 Facharztausbildung Ophthalmologie am St. Vincentius Krankenhaus Karlsruhe und der Universitäts-Augenklinik Mannheim. Seit 1999 Geschäftsführer und ärztlicher Leiter des FreeVis LASIK Zentrums Mannheim GmbH, spezialisiert auf refraktive Chirurgie.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Michael Knorz
FreeVis LASIK Zentrum Mannheim
Theodor Kutzer Ufer 1–3
68167 Mannheim
Deutschland
knorz@eyes.de

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen: Prof. Dr. med. Michael C. Knorz, Mannheim

Zitierweise für diesen Artikel

Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde
DOI 10.1055/a-2543-2881

Literatur

[1] Agresta B, Knorz MC, Kohnen T et al. Distance and near visual improvement after implantation of multifocal intraocular lenses in cataract patients with presbyopia: a systematic review. J Refract Surg 2012; 28: 426–435. DOI: 10.3928/1081597X-20120518-06

[2] Hashemi H, Khabazkhoob M, Iribarren R et al. Five-year change in refraction and its ocular components in the 40- to 64-year-old population of the Shahroud eye cohort study. Clin Exp Ophthalmol 2016; 44: 669–677. DOI: 10.1111/ceo.12753

[3] Kommission Refraktive Chirurgie. Bewertung und Qualitätssicherung refraktiv-chirurgischer Eingriffe durch die Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft und den Berufsverband der Augenärzte Deutschlands. 2024. Zugriff am 02. Juli 2025 unter: https://dog.org/wp-content/uploads/sites/11/2024/06/KRC-Empfehlungen-28.5.24.pdf

[4] Reinstein DZ, Ivory E, Chorley A et al. PRESBYOND Laser Blended Vision LASIK in commercial and military pilots requiring class 1 medical certification. J Refract Surg 2023; 39: 6–14. DOI: 10.3928/1081597X-20221129-02

[5] Kohnen T, Böhm M, Herzog M et al. Near visual acuity and patient-reported outcomes in presbyopic patients after bilateral multifocal aspheric laser in situ keratomileusis excimer laser surgery. J Cataract Refract Surg 2020; 46: 944–952. DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000000198

[6] Shetty R, Brar S, Sharma M et al. PresbyLASIK: A review of PresbyMAX, Supracor, and laser blended vision: Principles, planning, and outcomes. Indian J Ophthalmol 2020; 68: 2723–2731. DOI: 10.4103/ijo.IJO_32_20

Bibliografie

Augenheilkunde up2date 2025; 15: 249–265
DOI 10.1055/a-2673-5881
ISSN 1616-9719

© 2025. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Oswald-Hesse-Straße 50, 70469 Stuttgart, Germany

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Die Teilnahme an dieser Fortbildungseinheit ist in der Regel 12 Monate möglich, solange ein aktives Abonnement besteht. Unter **https://eref.thieme.de/CXRA9YJ** oder über den QR-Code kommen Sie direkt zur Startseite des Wissenstests und zum Artikel. Sie finden dort auch den genauen Einsendeschluss. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter **https://cme.thieme.de/hilfe** eine ausführliche Anleitung.

Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

VNR 2760512025167572705

Thieme CME · Fortbildungspunkte 3

Frage 1

Eine der folgenden Aussagen zur Laserkorrektur der Presbyopie trifft *nicht* zu. Welche?

A Es kann neben der Presbyopie auch eine Myopie oder Hyperopie korrigiert werden.
B Behandelt wird die Hornhaut des Auges.
C Die Presbyopie wird dauerhaft korrigiert.
D Ein irregulärer Pupillotonus oder eine leichte Anisokorie hat keinen Einfluss auf das Ergebnis presbyopiekorrigierender Ablationen.
E Eine Fern- und/oder Lesebrille kann auch weiterhin erforderlich sein.

Frage 2

Welche der genannten Laseroperationen wird am häufigsten zur Korrektur der Presbyopie eingesetzt?

A photorefraktive Keratektomie (PRK)
B Femto-LASIK
C Laser-Lentikelextraktion (SMILE, CLEAR etc.)
D intrastromale Astigmatismuskorrektur mittels Femtosekundenlaser
E Linsenaustausch mittels Femtosekundenlaser

Frage 3

Wodurch ist die Mini-Monovision gekennzeichnet?

A Mini-Monovision ermöglicht das problemlose Lesen ohne Brille.
B Mini-Monovision ist für Tätigkeiten mit hohem beidäugigem Visusanspruch wie Fliegen oder Nachtfahrt ideal geeignet.
C Mini-Monovision und induzierte sphärische Aberration sind inkompatible Verfahren.
D Mini-Monovision verbessert stereoskopisches Sehen durch gezielte Differenzierung der Refraktion.
E Ein Auge wird auf den mittleren Bereich (ca. 0,6 m) korrigiert.

Frage 4

Welches der genannten Verfahren führt am häufigsten zur Unabhängigkeit von einer Brillenkorrektur?

A Femto-LASIK mit Mini-Monovision
B PRK (photorefraktive Keratektomie) mit Mini-Monovision und induzierter sphärischer Aberration
C Laser-Lentikelextraktion mit Mini-Monovision
D Femto-LASIK mit induzierter sphärischer Aberration
E refraktiver Linsenaustausch mit monofokaler IOL und Monovision

Frage 5

Was gilt für den Anwendungsbereich bzw. Grenzbereich der refraktiven Laserchirurgie?

A Die photorefraktive Keratektomie (PRK) darf nur innerhalb des Anwendungsbereiches angewendet werden.
B Bei Anwendung im Grenzbereich ist keine besondere Aufklärung erforderlich.
C Die Femto-LASIK darf außerhalb des Grenzbereiches nicht angewendet werden.
D Anwendungs- und Grenzbereich unterscheiden sich bezüglich der erforderlichen Aufklärungsanforderungen.
E Anwendungs- und Grenzbereich eines Verfahrens sind verbindliche Richtlinien.

Frage 6

Welches Laserverfahren ist zur Korrektur einer Hyperopie heute am weitesten verbreitet?

A photorefraktive Keratektomie (PRK)
B Laser-Lentikelextraktion (SMILE, CLEAR, SmartSight etc.)
C Femto-LASIK
D trans-PRK
E keines der genannten Verfahren

▶ Weitere Fragen auf der folgenden Seite ...

Knorz M. Presbyopiekorrektur mittels Laserchirurgie ... Augenheilkunde up2date 2025; 15: 249–265 | © 2025. Thieme. All rights reserved.

Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung …

Frage 7

Mit welcher der genannten Methoden kann die Verträglichkeit der Mini-Monovision am präzisesten bestimmt werden?

A Prüfung der Dominanz der Augen
B Prüfung der Defokustoleranz der Augen
C Ausmessung der Gleitsichtbrille
D Kontaktlinsenversuch
E unnötig; Mini-Monovision wird immer gut toleriert

Frage 8

Einer der genannten Ausgangsbefunde liegt *nicht* innerhalb des Anwendungsbereiches der Femto-LASIK. Welcher?

A Myopie − 6 dpt kombiniert mit Astigmatismus − 3 dpt
B Myopie − 7 dpt kombiniert mit Astigmatismus − 1 dpt
C Myopie − 8 dpt
D Hyperopie + 3 dpt
E Hyperopie + 1 dpt kombiniert mit Astigmatismus + 2 dpt

Frage 9

In welchem Lebensabschnitt kommt die Laserkorrektur der Presbyopie in der Regel zur Anwendung?

A ab dem 50. Lebensjahr
B ab dem 60. Lebensjahr
C vom 30.–40 Lebensjahr
D vom 40.–60. Lebensjahr
E in jedem Alter bei Vorliegen einer Presbyopie

Frage 10

Nur eine der folgenden Aussagen zur Presbyopie ist korrekt. Welche?

A Presbyopie entsteht durch eine Sklerosierung des Ziliarmuskels.
B Presbyopie wird durch eine zunehmende Verhärtung der Augenlinse ausgelöst und betrifft jeden Menschen.
C Refraktive Hornhautchirurgie kann die Akkommodationsfähigkeit wiederherstellen.
D Intraokularlinsen sind die einzige effektive Option zur Behandlung der Presbyopie.
E Sphärische Aberration ist ein unerwünschter Nebeneffekt in der refraktiven Presbyopiechirurgie.

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use