

Intraokulare Chirurgie mit dem Femtosekunden-Laser

Sinnvolle Ergänzung bei der **Katarakt-OP** – Hoffnung für die **Presbyopie-Therapie**

KÖLN Die Nd:YAG-Laser-Behandlung der catarata secundaria (Nachstar) nach extrakapsulärer Kataraktoperation (oder Phakoemulsifikation) mit Kunstlinsenimplantation (IOL) stellte in den frühen 1980er-Jahren einen echten Quantensprung dar. Heute ist das ein Routine-Eingriff. Das Konzept der minimal-invasiven Kleinschnittchirurgie mit IOL-Implantation erfuhr erst durch diese neue Lasertherapie eine überzeugende Praktikabilität, die letztlich zum Wandel eines ganzen Fachgebietes beitrug. Ein kleiner Lasereingriff machte aus einer nicht ganz unkomplizierten Zweitoperation eine sogenannte „lunch-hour-Procedure“.

Bereits in den 1990er-Jahren gab es Weiterentwicklungen der photodisruptiven Lasersysteme. Ultrakurzgepulste Infrarotlaser durchdringen die optischen Medien des Auges nahezu ohne Absorptions- und Streuverluste. Die starke Lichtbündelung mittels spezieller Linsen mit hoher Apertur steigern die Leistungsdichte der Laserpulse derart, dass es in Folge nicht linearer Prozesse zu einem sogenannten optischen Durchbruch kommt. Ein Mikroplasma entsteht, in dessen Folge sich kugelförmig ausbreitende Stoßwellen mit Schallgeschwindigkeit ausbreiten. In unmittelbarer Nähe des optischen Durchbruchs ist die Energie der Stoßwelle groß genug, um mechanische Kräfte zu entfalten und zum Beispiel Gewebe zu zertrennen.

Die Bemühung der Wissenschaft und Technik in den 1990er-Jahren zielte auf eine Verkürzung der Pulszeiten von zunächst Nanosekunden hin zu Pikosekunden, um schließlich Ende der 1990er-Jahre erstmals auch Femtosekundenlaserpulse generieren zu können. Die Pulszeitverkürzung reduziert die eingebrachte Energie und damit die mechanische Zerstörungskraft der photodisruptiven Laserpulse. Gleichzeitig wurde die Pulsfrequenz deutlich erhöht, sodass ein Einsatz in der Hornhaut und Linsen Chirurgie des Auges immer mehr Perspektive bekam. Genügte der Pikosekundenlaser noch

der Entwicklung von neuen und experimentellen chirurgischen Konzepten, so war der Femtosekunden(fs)-Laser eher geeignet, diese Konzepte auch in die klinische Anwendung zu bringen. Intracorneale und intralenticuläre Laserschnitte wurden also schon mit dem Pikosekundenlaser experimentell erprobt.

Zu Beginn des neuen Millenniums war es dann soweit. Nachdem die Femtosekundenlaser-gestützte LASIK

schnitte in der klaren Linse. Eine echte „terra incognita“.

Nach der Hypothese von Helmholtz, in der die Akkommodation aus einem Kräftespiel von Linsenkapsel und Ziliarkörper die Linse verformt und damit die optische Brechkraft verändert, spielt die Abnahme der Elastizität von Nucleus und Kortex mit zunehmendem Alter eine entscheidende Rolle beim Verlust der Akkommodationsfähigkeit und gilt als Hauptsache für die Presbyopieentwicklung.

Bisherige Therapien wie Monovision oder konduktive Keratoplastik erhöhen nicht die Elastizität der Augenlinse und schaffen damit auch keinen Gewinn in der Akkommodationsfähigkeit. Auch Ansätze wie Multifokalität oder Erhöhung der Tiefenschärfe durch in die Kornea eingebrachte Aperturen schaffen lediglich eine Pseudoakkommodation.

Untersuchungen mit dem Femtosekundenlaser haben gezeigt, dass durch das Erzeugen von Gleitebenen innerhalb der Linse eine Wiederherstellung der Linsenelastizität erfolgt und somit die Akkommodationsamplitude an der alternden Linse wieder erhöht werden kann.

Das Einbringen der Gleitebenen erfolgt ähnlich wie beim Erzeugen eines Flaps in der Cornea bei der LASIK durch Fokussierung von fs-Pulsen in das Linsengewebe. Anders als bei der LASIK muss man hier jedoch die Pulse tiefer im Auge platzieren und nicht nur eine Schnittebene erzeugen sondern ein dreidimensionales Gebilde von Schnittebenen. Da sich Größe und Position der Linse von Patient zu Patient unterscheiden, erfolgt eine Kontrolle zur Platzierung der Schnittebenen mittels Optischer Kohärenztomographie (OCT).

Untersuchungen an behandelten Kaninchen zeigen, dass durch die eingebrachten Schnittmuster erwartungsgemäß zunächst eine Lichtstreuung entsteht, diese aber im Verlaufe der Zeit abnimmt. Mikroskopisch waren die direkt um das lasergenerierte Plasma gruppierten Zellmembranen beziehungsweise Kollagenfasern zerstört. Die lokalisierte Disruption führte jedoch nicht zur Eintrübung der betroffenen Linsenfasern oder gar der gesamten Kaninchenlinse.

Hinsichtlich der Frage nach längerfristigen Komplikationen, insbesondere die mögliche Eintrübung beziehungsweise Kataraktogenität des Verfahrens, kann dies als ermutigendes Indiz gewertet werden, da die Fasern humaner Augenlinsen prinzipiell ähnlich in Struktur und Größe sind. Ob entsprechende fs-Laserschnitte auch in der Augenlinse des Menschen ohne Kataraktbildung möglich sind, muss durch weitere Studien geklärt werden.

Der Weg bis hin zur klinischen Anwendung am Menschen dürfte recht weit sein bei der fs-Laser-gestützten presbyopien Lentomie. Insbesondere in den USA werden regulatorische Hürden durch die Food- und Drug Administration (FDA) die Markteinführung in die Länge ziehen. Anders im Rest der Welt. Sollte

eine derartige, wiederum als „lunch-hour-procedure“ zu bezeichnende Therapie Erfolge zeigen, so dürften die Chancen einer breiten klinischen Anwendung beachtlich sein. Werden doch heute schon zahlreiche refraktive Linsenextraktionen (RLE) und multifokale IOL bei Gleitsichtbrillenträgern angewendet. Die Femto-Presbyopie Therapie könnte



Omid Kermani

hier eine sehr sinnvolle Ergänzung im Armentarium des refraktiven Chirurgen darstellen. Würde doch die RLE mit „Opferung“ der noch relativ klaren Linse hinter eine Modulation der presbyopien Linse mit dem Femtosekundenlaser zurücktreten. Gute fünf bis zehn Jahre Zeit könnten dem Patienten bleiben, bevor tatsächlich eine RLE durchgeführt werden müsste. Das Durchschnittsalter der presbyopien RLE könnte von derzeit Mitte 50 auf Mitte 60 angehoben werden.

Unter Zuhilfenahme sogenannter adaptiver Optiken ist man bestrebt, noch tiefer liegende Strukturen im Augeninneren der Bearbeitung mit dem Femtosekundenlaser zugänglich zu machen. Glaskörpertrübungen,

wird nicht ersetzt, wohl aber die Klinge, die Nadel und die Pinzette. Der Laser bewerkstelligt unter OCT-(optical coherent tomography)-Bildgebung ein sogenanntes Pre-Chop der getrübbten und harten Linse. Die Linse wird in leicht zu entfernende Fragmente zerteilt, dann fokussiert der Laser auf die vordere Linsenkapsel und vollführt eine absolut prä-

zise und vollständig reproduzierbare, kreisrunde Kapselöffnung (Rhesis), um sich schließlich mit der gleichen Präzision dem Anlegen der cornealen Zugänge in optimaler Drei-Stufen-Architektur zuzuwenden. Bei Bedarf können auch astigmatische Keratometrien gesetzt werden. Bei dieser, die eigentliche Operation vorbereitenden und automatisierten Maßnahme, muss der Patient noch nicht steril abgedeckt sein. Der vorbereitende Laser-Eingriff kann in einem Vorraum zum OP durchgeführt werden. Erst unter dem Operationsmikroskop werden dann, ähnlich wie bei der Femto-LASIK, die Schnitte geöffnet und die vorbereitete Linse mit geringerem Energieaufwand emulsifiziert und entfernt.

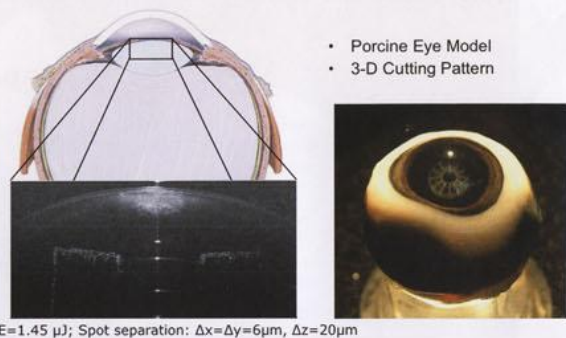


anzfangs noch belächelt wurde (Vergleiche mit der Sinnhaftigkeit eines Ferrari wurden herangezogen), ist die Femto-LASIK heute weltweit die Methode der ersten Wahl in der refraktiven Chirurgie. Hohe Reproduzierbarkeit, Sicherheit und Präzision sind die Qualitätsmerkmale des Lasers – und hier liegen auch die Vorteile gegenüber den konventionellen mechanischen Methoden.

Das erste Jahrzehnt des neuen Millenniums ist vergangen und der Femtosekundenlaser macht erstmals der unangefochtenen Königsdisziplin der Augenheilkunde, der Kataraktchirurgie, die Aufwartung. Die Femto-Phako ist derzeit das Thema Nr. 1 in den USA und auf vielen internationalen Kongressen. Gleich mehrere Anbieter versprechen „ein neues Zeitalter“ der Kataraktchirurgie.

Dabei stand bei den ersten experimentellen Anwendungen an der kristallinen Linse ein ganz anderes Ziel im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses. Die Behandlung der Presbyopie. Die letzte uneingetragene Bastion der refraktiven Chirurgie. Femtosekundenlaser-

OCT Guided FS.-Laser Lentotomy



$E=1.45 \mu\text{m}$; Spot separation: $\Delta x=\Delta y=6\mu\text{m}$, $\Delta z=20\mu\text{m}$

Abb. 2: Das Erzeugen dreidimensionaler Gleitebenen innerhalb der Linse führt zu einer Wiederherstellung der Linsenelastizität. Die Kontrolle zur Platzierung der Schnittebenen erfolgt mittels OCT.

Tractionen und Manipulationen an der Retina sind hier im Fokus von Forschung und Entwicklung.

Ist die Netzhaut- und Glaskörperchirurgie mit dem fs-Laser die sprichwörtliche „Taufe auf dem Dach“, so kann der fs-Laser gestützten Kataraktoperation die Rolle des „Spatzes in der Hand“ zugeschrieben werden. Wenn auch einige Industrieunternehmen und Start-Ups auf dem Gebiet zunächst auf die Presbyopie Therapie als Anwendung gezielt haben, so hat sich herausgestellt, dass der Einsatz des fs-Lasers in der Kataraktchirurgie greifbar nahe ist. Auch hier erfolgt die Anbindung des Lasers an ein bildgebendes Verfahren (OCT). Zur Marktreife haben es derzeit gleich drei US-amerikanische Firmen gebracht. Der Femtosekundenlaser wird in der Kataraktchirurgie genutzt, um die Arbeit des Phako Chirurgen zu erleichtern und zu standardisieren. Der Ultraschall

Es wird sich zeigen müssen, ob der Femtosekundenlaser-gestützten Kataraktoperation der gleiche Erfolg wie der Femto-LASIK zuteil wird.

Sicher ist jedenfalls, dass der Patient diese Form der technischen Aufrüstung eines Standardeingriffes aus eigener Tasche bezahlen wird. Die Femto-Phako wird daher auch ein Marketinginstrument im harten Wettbewerb um Premiumpatienten der Zukunft sein.

Fr., 20.05.

H.1.23

16.26-16.34

Saal Tokio

► Autor:

Dr. Omid Kermani
 Ärztlicher Leiter
 Augenklinik am Neumarkt
 Schildergasse 107-109
 50667 Köln
 Tel.: 0221-65072261
 E-Mail: o.kermani@augenportal.de
 www.augenportal.de

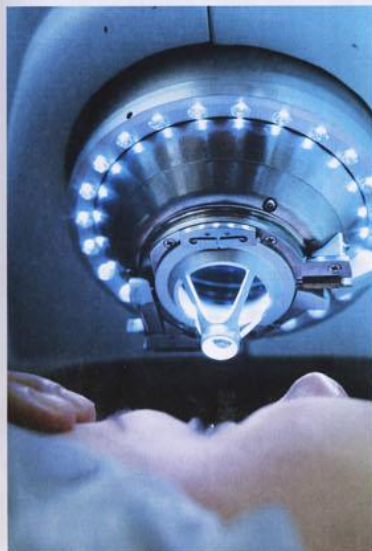


Abb. 1: Die Femto-Phako ist derzeit das Thema Nr. 1 auf vielen internationalen Kongressen.