

# Sind mechanische Mikrokeratome noch „state of the art“?

## Femtosekunden-Laser in der refraktiven Chirurgie

### Ein Methoden-Vergleich zwischen klassischem Verfahren und Laser-Technik

KÖLN - Die in der Augenchirurgie angewandten Femtosekunden (Fs)-Laser emittieren gepulste Infrarotstrahlung bei 1040 nm Wellenlänge. Die Laserstrahlung kann, wegen der sehr geringen Absorption in Wasser, auch innerhalb des Auges (Hornhaut, Linse etc.) für dreidimensionale Prozesse eingesetzt werden.

Die Pulsenergie der Femtosekunden-Laser ist vergleichsweise niedrig und liegt im Bereich Nanojoule (nJ) bis Mikrojoule ( $\mu$ J) pro Puls. Die Expansion der in einem Fs-Laser-Pulszug entstehenden Gasblasen (1 bis 15  $\mu$ m Durchmesser) wird gezielt genutzt, um eine Gewebetrennung zu erzielen. Die Größe der Gasblasen und damit die mechanische Belastung des Gewebes sind abhängig von der Pulsenergie und der Pulsdauer des Lasers. Femtosekundenlaser emittieren Laserpulse von 250 fs bis 800 fs Pulsdauer im Kiloherz-(KHz-) bis Megahertz-(MHz)-Bereich.

von (verfahrensabhängig) unterschiedlicher Dicke und Geometrie. Der Flap wird hierbei nicht vollständig abgetrennt, vielmehr belässt man eine Gewebebrücke am Rande der Lamelle (Hinge), welche als Scharnier dient, um das herum der Flap auf- und zugeklappt werden kann.

Bei der klassischen LASIK verwendet man ein mechanisches Mikrokeratom mit Stahlklinge. Bei der Femto-LASIK wird der Fs-Laser eingesetzt, um das gleiche Ziel zu erreichen (Abb. 1).

#### Schneidevorgang reversibel

Sicherer ist die Fs-Laser-Anwendung wegen der Reversibilität des Schneidevorganges. Der Laserprozess alleine führt nicht zu einer vollständigen Gewebedurchtrennung. Feinste Perforationsbrücken im Gewebe müssen erst mechanisch mit einem stumpfen Spatel gelöst werden, bevor das Gewebe endgültig durchtrennt ist. Unterlässt der Chirurg diese finale mechanische Gewebetrennung, verflüchtigen sich die Gasblasen innerhalb weniger Minuten und das Gewebe geht wieder in die ursprüngliche native Ausgangssituation zurück. Es ist, als sei nichts geschehen. Fehlschnitte können daher erkannt werden und verlieren ihre Bedrohlichkeit.

Es gibt inzwischen zahlreiche Hinweise dafür, dass die optische Methode unter Verwendung des Fs-Lasers sicherer, präziser und stabiler ist im Vergleich zur klassischen Methode. Deletäre Flap-assoziierte Komplikationen wie Knopflochbildung, inkomplette Schnitte und zu tiefe Schnittlungen sind bei der Femto-LASIK nahezu ausgeschlossen, bei der klassischen LASIK jedoch auch heute noch mit einer Inzidenz von zirka 0,5 Prozent aller Fälle nennenswert hoch.

#### Der wesentliche methodische Unterschied

Der wesentliche methodische Unterschied zwischen klassischer und Laser-Technik ist der Umstand, dass bei der Fs-Laser-Anwendung die gesamte Hornhaut applaniert wird und der Laserprozess optisch präzise gesteuert werden kann. Bei der klassischen mechanischen Methode hingegen entsteht Friktion durch die über die Hornhaut geführte Fortbewegung des Abstandshalters des Mikrokeratomkopfes. Je nach Hysterese der behandelten Hornhaut baut sich eine Gewebewelle vor dem Keratomkopf auf. Im Extremfall entsteht eine zentrale Knopflochperforation (button hole). Nicht selten - bis zu zehn Prozent - kommt es außerdem zu Verletzungen der epithelialen Basalmembran mit partiellen Epi-



Abb. 1: Applikator bei der IntraLase Femtosekunden-Laser-Anwendung für die Femto-LASIK

thelabschilferungen. Flapdurchmesser und Hinge-Breite sind bei der klassischen klingengeführten Methode abhängig von der Größe und den Radien der behandelten Hornhaut. Bei der Lasertechnik hingegen ist die erzeugte Flap-Geometrie völlig unabhängig von der Form und Beschaffenheit der individuellen Hornhaut.

Die Flaps sind zu 100 Prozent reproduzierbar. Darüber hinaus kann die Flap-Position, nachdem das Gerät angedockt hat, noch optimal auf die Pupillenposition eingestellt werden - ein Vorteil, der gerade bei hyperopen Augen mit positivem Winkel Kappa und nasal exzentrischer Pupille von Bedeutung sein kann.

#### Planparallele Schnittführung

Die Flapdicke ist mit dem Fs-Laser präziser ( $100 \pm 10 \mu$ m gegenüber  $130 \pm 20 \mu$ m mit Mikrokeratom) einzustellen. Ein wichtiger Vorteil ist hierbei die planparallele Schnittführung bei der Lasertechnik (Applanation). Bei der klassischen klingengeführten Schnitt-Technik (Friktion) hat der Flap meist eine meniscoide Geometrie mit einer überproportional dicken mittleren Peripherie und einer oft sehr dünnen zentralen Zone.

Der breitere, mit einem sagittalen Schnitt eigens konstruierte Flaprand sorgt bei der Femto-LASIK für eine bessere Anhaftung und damit für mehr Sicherheit post-operativ. Nachteile der Femto-LASIK sind die bisweilen ausgeprägteren post-operativen sterilen Reizungen der Hornhaut, die allerdings auf Steroide gut ansprechen. Schließlich sind noch die sehr hohen Anschaffungs- und Betriebskosten zu benennen, die einer weiteren Verbreitung der Fs-Lasertechnologie noch im Wege stehen.

Die klassische LASIK wird auf lange Sicht an klinischer Bedeu-

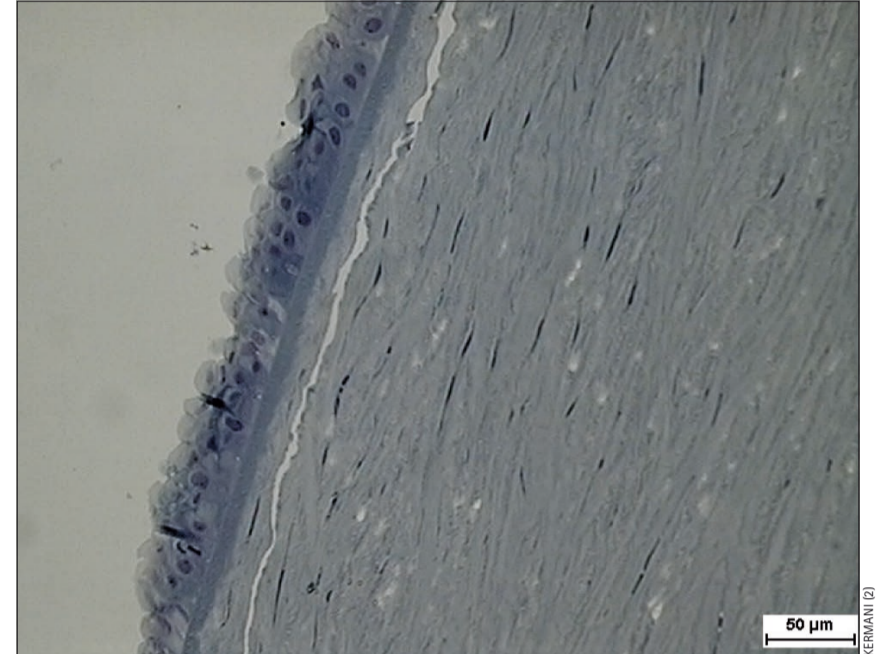


Abb. 2: Ultradünne OCT-kontrollierte Flappräparation mit einem Fs-Laser am humanen Spenderauge, Kermani et al. (SBK - Sub-Bowman-Keratomeileusis)

tung verlieren. Das Mikrokeratom wird uns aber als Instrument für besondere Fälle (z. B. bei alten Hornhautnarben) erhalten bleiben. Möglicherweise wird die klassische LASIK eine Nische als „Billig“-LASIK halten können. Die Vorteile der Femto-LASIK sind heute zu evident. Allerdings sind die inzwischen unterschiedlichen Fs-Laser auf dem Markt auch von sehr unterschiedlicher Güte. Neuere Systeme müssen noch unter Beweis stellen, dass sie auch unter hoher Fallzahlbelastung sicher und präzise arbeiten können.

#### Technische Fusionen

Fs-Laser werden kleiner und preisgünstiger werden, und es wird technologische Fusionen geben. Unsere Arbeitsgruppe hat zeigen können, dass der Fs-Laser sehr sinnvoll mit einem OCT (optische Kohärenztomografie) gekoppelt werden kann. Das bildgebende OCT dient hierbei der Darstellung der Mikroschichten der Hornhaut, insbesondere des Epithels und der Bowman'schen Schicht. Unter Verwendung dichroitischer Spiegel kann nun der Fs-Laserstrahl kollinear geschaltet werden. Auf diese Weise ist im Experiment an humanen Spenderaugen die Machbarkeit einer in Echtzeit OCT-kontrollierten Sub-Bowmann-Keratomeileusis (SBK) nachgewiesen worden. Ein solches „sehendes“ Lasermikrotom ist für Anwendungen in der pathologischen Gewebsdiagnostik bereits zum Einsatz gekommen. Die SBK würde Vorteile von LASIK und PRK vereinen: intakte Oberflächenstruktur bei maximaler Restdicke des Ablationsbettes (Abb. 2).

Die technische Aufrüstung der refraktiven Laserchirurgie wird wohl kaum aufzuhalten sein. Mit Apparate-Zentren und -Gemeinschaften werden zunehmend kooperative Strukturen die Freibe-

rufligkeit der Augenmediziner sichern müssen. Denn stärker als bisher werden kapitalstarke Filialisten das Bild der refraktiven Laserchirurgie prägen. Zu befürchten sind ein harter Verdrängungswettbewerb und ein noch höheres Maß an Kommerzialisierung.

#### Autor:

Dr. Omid Kermani  
Augenklinik am Neumarkt  
Schildergasse 107-109  
D-50667 Köln  
e-mail: o.kermani@augenportal.de

Ekkehard Emmel  
Vertriebsleitung  
1stQ Deutschland GmbH & Co. KG



HumanOptics Deutschland\*  
in Mannheim ist jetzt 1stQ:

**Bewährtes >  
wird beibehalten.**

1stQ vertreibt weiterhin die bewährten Intraokularlinsen von Dr. Schmidt und Human-Optics.

Grundlage ist das funktionsorientierte IOL-Konzept, bei dem die visuellen Anforderungen des Patienten im Vordergrund stehen.

\* Die Aktivitäten der HumanOptics AG, Erlangen sind von der Umfirmierung nicht betroffen.



1stQ Deutschland GmbH  
Hans-Thoma-Straße 11 · D-68163 Mannheim  
Tel.: +49 (0) 621/7 17 63-30 · info@1stq.de · www.1stq.de

Rüdiger Dworschak  
geschäftsführender Gesellschafter  
1stQ Deutschland GmbH & Co. KG



HumanOptics Deutschland\*  
in Mannheim ist jetzt 1stQ:

**Bewährtes >  
wird beibehalten.**

**Vieles >  
wird noch besser.**

**Neues >  
kommt hinzu.**

\* Die Aktivitäten der HumanOptics AG, Erlangen sind von der Umfirmierung nicht betroffen.



1stQ Deutschland GmbH  
Hans-Thoma-Straße 11 · D-68163 Mannheim  
Tel.: +49 (0) 621/7 17 63-30 · info@1stq.de · www.1stq.de

Die derzeit wichtigste, auch klinisch etablierte Anwendung des Fs-Lasers liegt in der refraktiven Laserchirurgie an der Hornhaut und ist die Präparation einer Lamelle für die sogenannte LASIK (Laser in Situ Keratomileusis). Lamelläre Verfahren der refraktiven Laserchirurgie separieren vor Ablation eine Hornhautlamelle (Flap)