



Prof. Dr. med.  
Michael C. Knorz



PD Dr. med.  
Ralf-Christian Lerche



Dr. med.  
Detlev Breyer



Prof. Dr. med.  
Thomas Kohnen

## Geschichte und neueste Entwicklungen des LenSx Lasers



Prof. Dr. med.  
Michael C. Knorz

→ Sir Harold Ridley implantierte 1949 die erste Hinterkammer-IOL in London. Knapp 20 Jahre später, 1967, stellte Charles Kelman die Phakoemulsifikation vor [1], die sich zum „Goldstandard“ der Kataraktchirurgie in der ganzen Welt entwickelte. Seither hat sich die grundlegende Technik nicht verändert. Die Idee, einen Laser zur Kataraktoperation zu nutzen, ist aber nicht neu. YAG-Laser wurden präoperativ zur Kapsulotomie und Kernerweichung eingesetzt [2] und Dodick erfand einen YAG-Laser-Handgriff, mit dem der Kern zerkleinert werden konnte [3]. Beide Lasertechniken haben sich nicht durchgesetzt, da keine Kapsulorhexis möglich war und der Kern nicht ausreichend schnell zerkleinert werden konnte, wie ich aus eigener Erfahrung lernen durfte.

Ganz anders sieht es seit der Verfügbarkeit des ersten intraokularen Femtosekundenlasers seit 2008 aus. Mit diesem Laser, dem Alcon LenSx Laser, führte Prof. Dr. med. Z. Nagy 2008 an der Semmelweis Universität in Budapest die weltweit erste Laser-Refraktive Kataraktoperation durch [4]. Ich operierte meine ersten Patienten 2009 ebenfalls in Budapest als Gast von Prof. Nagy und verwende den LenSx Laser seit Juli 2011 in Mannheim. Mit diesem 2009 in den USA und 2010 in Europa zugelassenen Laser liegen bisher die meisten Erfahrungen vor [4, 7, 8, 9].

### Welche Vorteile bietet die Laser-Refraktive Kataraktoperation mit dem Alcon LenSx Laser?

**Kapsulorhexis:** Durch den Laser wird die Kapsulorhexis exakt reproduzierbar [4]. Eine Luxation der IOL-Optik aus dem Kapselsack wird somit seltener, die Zentrierung der IOL ist besser, eine Verkipfung unwahrscheinlicher. Daher ist die postoperative Refraktion exakter vorhersehbar, das refraktive Ergebnis

besser. Zudem ist ein Einriss der Vorderkapsel seltener, was die Sicherheit der Operation erhöht [5].

**Korneale Schnitte:** Der Laser ermöglicht exakt reproduzierbare mehrstufige Tunnelschnitte, die besser dichten als ein manueller Schnitt [6]. Dies erhöht ebenfalls die Sicherheit der Operation.



Abbildung 1: Alcon LenSx Laser

**Kernfragmentation:** Bei geringer Kernhärte kann der Laser den Kern in kleinste Fragmente zerteilen, es ist nur noch eine Absaugung erforderlich. Bei härteren Kernen kann der Kern mittels Laser fragmentiert werden, was die Phakozeit reduziert und damit das Endothel schont.

**Astigmatismuskorrektur:** Die manuelle Astigmatismuskorrektur mittels limbusparalleler Schnitte ist ungenau. Hier ermöglicht der Laser nach meinen Erfahrungen wesentlich bessere Ergebnisse, was gerade bei multifokalen IOL sehr wichtig ist, da diese nur bei postoperativer Emmetropie gute Ergebnisse liefern. Zahlreiche Publikationen belegen mittlerweile die Wirksamkeit des LenSx Lasers und die Vorteile gegenüber der normalen Phakoemulsifikation [4,7,8,9]. So konnte gezeigt werden, dass die Laser-Kapsulorhexis etwas stabiler als

eine manuelle Kapsulorhexis ist [4]. Die Laser-Kapsulorhexis war zudem wesentlich exakter reproduzierbar hinsichtlich Durchmesser und Form [7,8]. Ein Vergleich der IOL-Zentrierung und der IOL-Verkipfung zeigte eine signifikant bessere IOL-Zentrierung und eine signifikant geringere IOL-Verkipfung nach Laser-Kapsulorhexis [8]. Schließlich fanden sich geringere optische Aberrationen, insbesondere eine signifikant geringere Coma nach Laser-Kapsulorhexis im Vergleich zur manuellen Kapsulorhexis [9]. Zusätzlich zur Linsenoperation kann mit dem LenSx auch ein LASIK Flap „geschnitten“ werden. Wir werden voraussichtlich erste Operationen im dritten Quartal 2013 in Mannheim durchführen. Auch bei der Präparation des Hornhautflaps arbeitet der Laser OCT-gesteuert, so dass ein exakt dimensionierter Flap erzeugt werden kann.

### Was ist das Potenzial der Laser-Refraktiven Kataraktchirurgie?

Die Laser-Refraktive Kataraktchirurgie macht die Kataraktoperation standardisierbarer und reproduzierbarer und sorgt damit für eine höhere Genauigkeit und eine geringere Komplikationsrate. Sie wird sich daher in einem ersten Schritt zum einen bei der refraktiven Linsen Chirurgie und zum anderen bei der Ausbildung angehender Operateure durchsetzen. Mit sinkenden Preisen dürfte eine weitere Verbreitung erfolgen, die wohl nicht so lange dauern wird wie bei der Phakoemulsifikation. Das Potential der Laser-Refraktiven Kataraktoperation ist immens und kann derzeit noch nicht exakt abgeschätzt werden.

## Moderne inzisionale Hornhautchirurgie zur Korrektur eines Astigmatismus mit dem LenSx Femtosekundenlaser von Alcon



PD Dr. med.  
Ralf-Christian Lerche

→ Die moderne Augen Chirurgie hat in den letzten Jahrzehnten viele Höhepunkte erlebt. Ausgehend von der ersten Implantation einer Kunstlinse durch Ridley, über die Zerkleinerung und Absaugung der kristallinen Linse mittels Ultraschallenergie durch Kelman, die Neugestaltung der Kapsulorhexis durch Gimbel und Neuhann und schließlich die Modifikation der Schnittführung durch

Singer, sind die Ergebnisse in der Linsen Chirurgie immer besser, sicherer und vorhersagbarer geworden.

Bei all diesen Fortschritten wurde die Mitbehandlung eines Hornhautastigmatismus zunächst allerdings vernachlässigt. Und das, obwohl die Prävalenz des Astigmatismus ausreichend untersucht ist. Sie unterliegt u.a. ethnologischen und genetischen Gesetzen. In unseren Breitengraden haben zirka 65% der Menschen einen Astigmatismus <0,75 Dioptrien, 25% zwischen 1,0 und 2,0 Dioptrien und etwa 10% von >2,25 Dioptrien. So war nach Linsenoperationen eine volle Auskorrektur selten, eine Restrefraktion wurde billigend in Kauf genommen.

Da aber heute der Anspruch gilt, in der Linsen Chirurgie unter maximalen Sicherheitsaspekten auch refraktive Chirurgie zu leisten, wird die Behandlung personalisiert. Einerseits erreichen wir dies durch eine individualisierte IOL-Auswahl, andererseits durch eine optimierte Schnittführung. Aus der Vergangenheit wissen wir, dass schnittchirurgische Nomogramme (z.B. Donnenfeld) durchaus anwendbar sind. Ihr Erfolg steht und fällt aber mit der Genauigkeit des ausführenden Verfahrens. In Studien konnte aufgrund der hohen Schwankungsbreite der refraktiven Ergebnisse nie der Anspruch auf reproduzierbare und vorhersagbare Chirurgie erfüllt werden. Zudem erhielten die torischen Intraokularlinsen Einzug in das

implantationstechnologische Portfolio. Mit der LenSx-Femtosekundenlaser-Technologie eröffnen sich in der Inzisionschirurgie nun völlig neue Möglichkeiten. Mit der durch die Online-HD-OCT-Messung des vorderen Augenabschnittes gesteuerten Lasertechnologie gelingt eine wesentlich genauere und reproduzierbare OP-Planung und -Durchführung [6]. Die ersten Ergebnisse sind vielversprechend, allerdings ist auch hier ein optimiertes Nomogramm erforderlich. Bei der Laser-Refraktiven Linsen Chirurgie mit Standardlinsen hat sich das Anlegen bogenförmiger Inzisionen mit dem LenSx Laser bereits zur Korrektur bestehender Astigmatismen bis 1,5 dpt etabliert.

Nach meinen Erfahrungen sind die optischen Ergebnisse signifikant besser und stabiler als ohne bzw. mit handgeführter Astigmatismuskorrektur. Das Verfahren ist aber auch bei höheren astigmatischen Brechungsfehlern anwendbar. Als isolierte, lasergesteuerte Astigmatismuskorrektur sind die Ergebnisse ebenfalls ermutigend. In einer Serie mit 30 Augen findet sich durch das reine Anlegen bogenförmiger Inzisionen ein Anstieg der unkorrigierten Sehschärfe von 0,68 auf 0,83 über 3 Monate, bedingt durch eine effektive Reduktion des Astigmatismus von 1,03 auf 0,45 Dioptrien. Zusammenfassend stellen wir fest, dass die laserassistierte Inzisionschirurgie mit

dem LenSx Femtosekundenlaser ihre Anwendung als isolierte Maßnahme einer bogenförmigen Inzision zur Korrektur kleiner und mittlerer Astigmatismen, oder aber als kombiniertes Verfahren (Linsen-OP mit additiver Hornhautinzision) als Ergänzung zur Implantation torischer Intraokularlinsen findet. Die Kombination aller Vorteile, die der LenSx Laser bei der Optimierung von Rhexis, Linsenfragmentierung und Inzisionen mit sich bringt, beschert uns ein automatisiertes Verfahren mit höchster Reproduzierbarkeit und Sicherheit – das sein volles Potenzial vor allem in der refraktiven Chirurgie und beim Einsatz von Premiumlinsen entfaltet [5].

## LenSx – Integration in ein refraktives Zentrum: Checkliste



Dr. med.  
Detlev Breyer

→ Welche Fragen sollte sich ein Augen chirurg vor dem Erwerb eines LenSx stellen? Die Hauptvorteile des Femtosekundenlasers in der Kataraktchirurgie (Laser Refractive Cataract Surgery, LRCS) sehen wir in der Perfektionierung einer Methode im Sinne einer Evolution, in diesem Fall einer Verbesserung auf sehr hohem Niveau. Sowohl Patienten mit dem Wunsch nach einem refraktiven Linsenaustausch, als auch Patienten mit medizinischen Augenproblemen wie Zonulopathien profitieren von dieser neuen Operationsmethode. Zielgruppe sind Patienten, die eine „perfekte“ Operation mit Premiumlinsen anstreben oder die okuläre Pathologien

aufweisen. Die essentielle Frage ist also: Operiert man genügend Patienten, die in diese Indikationsgruppe fallen?

### Erfüllen die einzelnen Operationsschritte den Wunsch nach Perfektionierung?

Korneale Inzisionen können mit dem Femtosekundenlaser extrem präzise, konisch und mehrstufig durchgeführt werden. Dies könnte somit kurzfristig das Endophthalmitisrisiko verringern und langfristig zu einem stabileren Auge führen [10,11].

Die bogenförmigen kornealen Inzisionen zur Astigmatismuskorrektur sind sehr präzise und gut planbar. Sie können sogar zu Beginn als intrastromale Inzisionen angelegt und auch individuell je nach Korrekturerfolg zu einem späteren Zeitpunkt erweitert werden [12].

In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass die LenSx „Continuous Curvilinear Capsulorhexis“ (CCC) der

manuellen Kataraktchirurgie deutlich überlegen ist. Sie ist unübertroffen hinsichtlich Zentrierung, Gleichförmigkeit, Wiederholbarkeit des Durchmessers und sogar noch stabiler (Abbildung 2) [4,13]. Die Lage der IOL bestimmt kurz- und langfristig die Qualität des Sehvermögens. Besonders bei asphärischen, torischen und multifokalen Premium-IOL ist die perfekte Positionierung der IOL langfristig entscheidend für das Sehvermögen und die Sehqualität. Diese IOL büßen einen Großteil ihrer Qualität für das Sehvermögen ein, wenn sie verkippen oder dezentrieren. Ganz zu schweigen von einer erhöhten Nachstarrate bei nicht überlappender Rhexis.

Es gibt aber auch medizinische Fälle für den Einsatz des Femtosekundenlasers, die Prof. Dr. med. G. U. Auffarth (Heidelberg) in zahlreichen OP-Videos demonstriert hat. Hierzu zählen unter anderem ein fehlender Rotreflex sowie Schonung der Zonulafasern durch das Anlegen

## ALCON LENSX LASER

der CCC mit dem Laser bei Zonulopathien (z.B. bei PEX). Hinsichtlich der Vorfragmentierung des Kerns sind sich alle hier zitierten Autoren einig: Die Vorfragmentierung des Kerns reduziert die benötigte Phakoenergie je nach Literaturquelle um bis zu 40% [4,14,15]. Mehrere Studien belegen, dass die Kataraktoperation mit dem Femtosekundenlaser dadurch schonender ist.

### Die Lernkurve

Mein sehr geschätzter chirurgischer Lehrer E. Gerke hat mich einmal mit einem Augenzwinkern gefragt, was das größte Komplikationsrisiko einer Operation sei: die Erfahrung des Operateurs. Die LRCS ist – wenn man sie beherrscht – ein großer Schritt nach vorne, doch gehört sie sicher nicht in die Hände von Anfängern.

### Die Installation eines LRCS-Lasers

Für die Installation eines solchen Lasers benötigt man zusätzlichen Raum, zusätzliches geschultes Personal und Patienten, die bereit und in der Lage sind, einen finanziellen Mehraufwand für mehr Qualität zu leisten.

### Der zusätzliche oder ein größerer Raum

Es gibt die Ein- oder Zwei-Raumlösung. Wir führen die LRCS in einem Vorraum mit dem LenSx durch und schieben dann den Patienten 5 Meter weiter auf seiner Liege in den eigentlichen OP, wo

wir die Phakoaspiration durchführen. Hierfür benötigen wir zwei zusätzliche Fachkräfte, um die Operation in einer für den Patienten angenehmen und ruhigen Stimmung vorstatten gehen zu lassen. Beide Eingriffe sollten in einem hygienezertifizierten OP unter sterilen Bedingungen durchgeführt werden.

### Die Kosten

Im Moment darf man mit dem Femtosekundenlaser alle Privatpatienten und Selbstzahler im Rahmen eines Clear-Lens-Exchange operieren. Sieht man sich die Anschaffungs- und Betriebskosten sowie den Zeitaufwand an, so sind nach unserer Erfahrung für eine Amortisierung zirka 300 Operati-

onen zum Preis von 1 500 Euro zu veranschlagen.

### In nuce

Aus den Publikation im internationalen Schrifttum und unseren eigenen Erfahrungen ergibt sich, dass die Laser-Refraktive Kataraktchirurgie nicht nur in der refraktiven, sondern auch in der medizinisch indizierten Kataraktoperation einen Gewinn bezüglich Präzision, Sicherheit und Wiederholbarkeit darstellt.

Gegenüber unseren Patienten sind wir dazu übergegangen diese Form der Behandlung FLACS (Femtosekundenlaser für die Kataraktchirurgie) zu nennen.

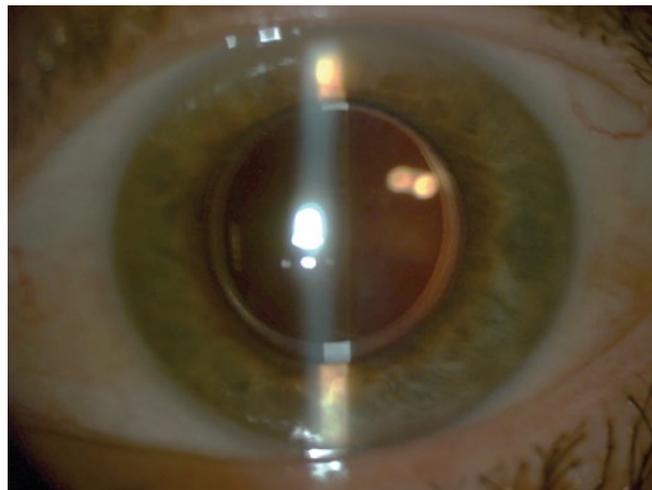


Abbildung 2: Perfekte Laser-Refraktive Rhexis. Die Abbildung zeigt das Ergebnis einer Rhexis 8 Wochen nach erfolgter Implantation. Der IOL Rand ist zirkulär gleichmäßig überlappt. Die IOL liegt zentriert.

# Femtosekundenlaser für die Linsen Chirurgie im klinischen Alltag – Implikationen für die Zukunft



Prof Dr. med.  
Thomas Kohnen

→ Die Einführung eines Femtosekundenlasers in die Katarakt- und refraktive Linsen Chirurgie ist Chance und Herausforderung zugleich. Zum einen ergeben sich organisatorische Implikationen durch die Operationsdauer und den Raumbedarf, die es zu bedenken gilt. Zum anderen ermöglicht der Laser aber auch eine weitere Optimierung der Behandlungsergebnisse und die Anwendung ganz neuer Behandlungs-

optionen. Ohne Frage sind die heutigen Modelle der für die Linsen Chirurgie anwendbaren Femtosekundenlaser relativ groß. Weiterhin kommt die laserassistierte Linsen Chirurgie noch nicht ohne eine Ultraschallphakomaschine aus, sei es nur zur Absaugung des bereits bearbeiteten Linsen Kerns oder zur Nachbearbeitung stark getrüübter Linsenfragmente, die sich mit dem Femtosekundenlaser nicht fragmentieren lassen. In der klinischen Praxis wird daher meist auf eine separate Geräteaufstellung zurückgegriffen: Die Laserbehandlung erfolgt dabei in einem Eingriffsraum (die Femtoperforation eröffnet das Auge nicht), die Linsenentfernung in einem zweiten Raum. Zwar kann so ein Laser gegebenenfalls mehrere OPs

„füttern“, für den Patienten ist diese Herangehensweise jedoch belastend. An der Klinik für Augenheilkunde der Goethe Universität Frankfurt werden daher in einem Raum beide OP-Schritte durchgeführt. Der Patient kann nach der Laserbehandlung einfach zum OP-Mikroskop geschwenkt werden.

Den erhöhten räumlichen und organisatorischen Anforderungen stehen die vielfältigen Möglichkeiten gegenüber. Direkten Nutzen ziehen Operateur und Patient bei Anwendung des LenSx SoftFit™ Interface (Alcon) beispielsweise aus der runden Rhexis, die wesentlich weniger Ansatzpunkte für Rupturen bietet als die manuelle Rhexis. Auch scheint die OP schonender zu den Zonulafasern zu sein, was zu einer verbesserten Vor-

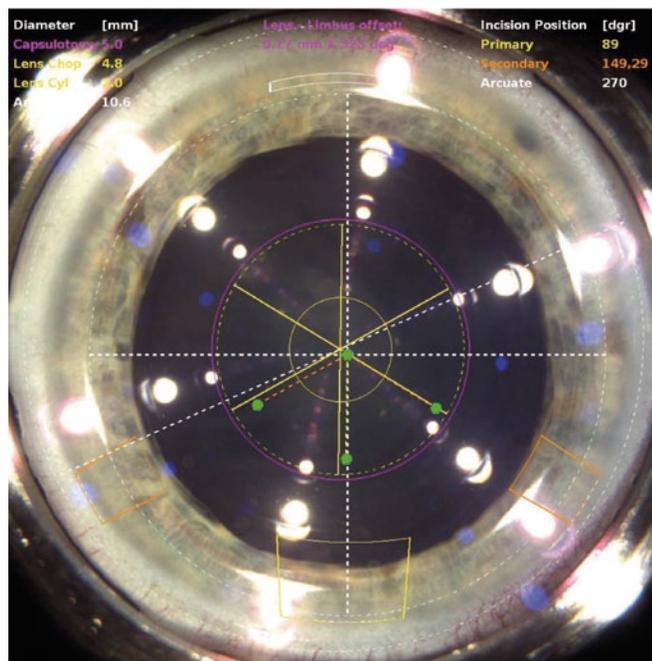


Abbildung 3: Bildgesteuerte Planung der LenSx Behandlung am HD OCT Bild (hier: Aufsicht aufs Auge): Bogenförmige Hornhautinzision, Parazentesen, Schnittmuster sowie Rhexis werden vom Chirurgen überprüft und dem System bestätigt.

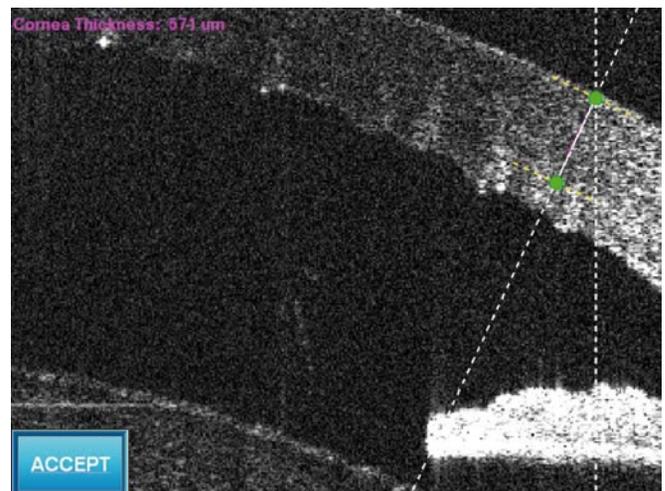


Abbildung 4: OCT-Bild am LenSx Planungsbildschirm mit Seitenansicht auf Hornhaut, Iris sowie Teile der Linse. Detaillierte, individuelle Planung der bogenförmigen Hornhautinzision wird vorgenommen.

hersagbarkeit der effektiven Linsenposition und somit zu einer verbesserten Vorhersagbarkeit der postoperativen refraktiven Ergebnisse führen könnte. Ein wesentlicher Vorteil, vor allem bei langen und kurzen Augen oder bei Implantation von multifokalen Intraokularlinsen [16,17].

In unserem OP nutzen wir die Laserpräzision neben der Anwendung für die Kapsulorhexis und die Kernfragmentierung vor allem für die präzise Platzie-

rung der Inzisionsachse auf dem steilen Meridian (bei kornealen Astigmatismen bis etwa 0,75 dpt) sowie die präzise Anwendung von oppositen kornealen relaxierenden Inzisionen bei kornealen Astigmatismen etwa zwischen 0,75 und 1 dpt. So lässt sich der manifeste postoperative Astigmatismus des Patienten auch in einem Bereich optimieren, in dem dies mit torischen Linsen schwierig ist (Abbildung 3 und 4). In der Zukunft lassen sich durch die prä-

zise präoperative Diagnostik (genannt seien hier vor allem die Scheimpflugtomographen und Vorderabschnitts-OCTs) LRI Nomogramme von ganz neuer Qualität erzielen. Angepasst an die tatsächliche lokale Hornhautdicke und Krümmung, die tatsächliche korneale Brechkraft, und, Dank des Lasers, an Faktoren wie die Schnitttiefe, Schnittanwinkelung, Schnittlänge und den Schnittdurchmesser.

## Literatur

1. *Kelman CD (1967)* Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol* 64: 23–35
2. *Chambless WC (1985)* Neodymium:YAG laser anterior capsulotomy and a possible new application. *J Am Intraocul Implant Soc* 11: 33–34
3. *Dodick JM, Christiansen J (1991)* Experimental studies on the development and propagation of shock waves created by the interaction of short Nd:YAG laser pulses with a titanium target. Possible implications for Nd:YAG laser phacolysis of the cataractous human lens. *J Cataract Refract Surg* 17: 794–797
4. *Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, Sarayba M (2009)* Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Refract Surg* 25: 1053–1060
5. *Roberts TV, Lawless M, Bali SJ, Hodge C, Sutton G (2013)* Surgical Outcomes and Safety of Femtosecond Laser Cataract Surgery A Prospective Study of 1500 Consecutive Cases. *Ophthalmology* 120: 227–233
6. *Nagy ZZ, Filkorn T, Takács AI, Kránitz K, Juhasz T, Donnerfeld E, Knorz MC, Alio JL, (2013)* Anterior Segment OCT Imaging After Femtosecond Laser Cataract Surgery. *J Refract Surg* 29: 110–112
7. *Kranitz K, Takacs A, Mihaltz K, Kovacs I, Knorz MC, Nagy ZZ (2011)* Femtosecond laser capsulotomy and manual continuous curvilinear capsulorhexis parameters and their effects on intraocular lens decentration. *J Refract Surg* 27: 558–563
8. *Nagy ZZ, Kranitz K, Takacs AI, Mihaltz K, Kovacs I, Knorz MC (2011)* Comparison of intraocular lens decentration parameters after femtosecond and manual capsulotomies. *J Refract Surg* 27: 564–569
9. *Mihaltz K, Knorz MC, Alio JL, Takacs A, Kranitz K, Kovacs I, Nagy ZZ (2011)* Internal aberrations and optical quality after femtosecond laser anterior capsulotomy in cataract surgery. *J Refract Surg* 27: 711–716
10. *Lundström M (2006)* Endophthalmitis and incision construction. *Curr Opin Ophthalmol* 17: 68–71
11. *Nichamin LD, Chang DF, Johnson SH, Mamalis N, Masket S, Packard RB, Rosenthal KJ (2006)* American Society of Cataract and Refractive Surgery Cataract Clinical Committee. ASCRS White Paper: What is the association between clear corneal cataract incisions and postoperative endophthalmitis? *J Cataract Refract Surg* 32: 1556–1559
12. *Steinert R (2011)* Femtosecond Laser Refractive Cataract Surgery. Presentation, 63rd Annual Proctor Lecture
13. *Friedman NJ, Palanker DV, Schuele G, Andersen D, Marcellino G, Seibel BS, Batlle J, Feliz R, Talamo JH, Blumenkranz MS, Culbertson WW (2011)* Femtosecond laser capsulotomy. *J Cataract Refract Surg* 37: 1189–1198. Erratum in: *J Cataract Refract Surg* (2011) 37: 1742
14. *Batlle JF, Feliz R, Culbertson WW (2011)* OCT-guided femtosecond laser cataract & surgery: precision and efficacy. Association for Research in Vision and Ophthalmology Annual Meeting, Fort Lauderdale; A4694 Poster #D633
15. *Edwards K, Uy HS, Schneider S (2011)* The effect of laser lens fragmentation on use & of ultrasound energy in cataract surgery. Association for Research in Vision and Ophthalmology Annual Meeting, Fort Lauderdale; A4710 Poster #D768
16. *Kranitz K, Mihaltz K, Sandor GL, Takacs A, Knorz MC, Nagy ZZ (2012)* Intraocular lens tilt and decentration measured by Scheimpflug camera following manual or femtosecond laser-created continuous circular capsulotomy. *J Refract Surg* 28: 259–263.
17. *Kranitz K, Takacs A, Mihaltz K, Kovacs I, Knorz MC, Nagy ZZ (2012)* Femtosecond laser capsulotomy and manual continuous curvilinear capsulorhexis parameters and their effects on intraocular lens centration. *J Refract Surg* 27: 558–563