

Refraktive Laserchirurgie an einer Universitäts-Augenklinik

Shadi Axmann, Farhad Hafezi, Genf

I. Medizinische Indikationen

In allen Fällen ist das Behandlungsziel nicht die Freiheit von einer Brille, sondern die Verbesserung der reduzierten Bildqualität.

Nicht erreichte Zielrefraktion nach komplizierter Kataraktoperation

Wird nach erfolgter Phakoemulsifikation und Implantation einer Hinterkammerlinse festgestellt, dass die effektive Refraktion deutlich von der Zielrefraktion abweicht, dann ist in der Regel eine Linsenexplantation sowie Implantation der korrekten Linsenstärke die Methode der Wahl. Bisweilen ist dies aber aus bestimmten Gründen nicht möglich (Implantation einer Sulcuslinse, partielle Zonuladialyse, Kapselfibrose, etc). In solchen Fällen ist eine Standard-PRK (photorefraktive Keratektomie) oder LASIK (Laser in situ Keratomileusis) ein probates, genaues und klinisch vielfach erprobtes Mittel, um die Zielrefraktion zu erreichen.²

Irregulärer Astigmatismus nach komplizierter Kataraktoperation oder Keratoplastik

Bei der Kataraktchirurgie kommt es bei Problemen mit der Konstruktion des corneoskleralen Tunnels postoperativ bisweilen zu einem irregulären Astigmatismus, der den bestkorrigierten Visus empfindlich einschränken kann. Dieser Astigmatismus kann oft erfolgreich mittels einer topographie- oder wellenfrontgeführten PRK oder LASIK korrigiert werden.² Ähnlich verhält es sich mit einem irregulären Astigmatismus nach Keratoplastik, welcher seit einigen Jahren erfolgreich mittels einer individualisierter Ablation vermindert werden kann.^{3,4}

Komplikationen nach primärer refraktiver Laserchirurgie

In den Anfangsjahren der refraktiven Laserchirurgie war das Verständnis um die Physiologie und Biomechanik der Hornhaut rudimentär. Das Zauberwort «Laser» war in aller Munde, entsprechend unbekümmert wurde die neue Technologie an der Hornhaut eingesetzt. So wurde zum Beispiel die PRK für Myopien bis zu -24.0 D eingesetzt.⁵ Heute wissen

Die Refraktive Chirurgie mittels Excimer-Laser, erst vor knapp 30 Jahren in die Augenheilkunde eingeführt,¹ stellt heute das grösste operative Volumen in der Ophthalmologie dar. Die refraktive Laserchirurgie wurde in den letzten 10 Jahren erheblich verbessert und ist den Kinderschuhen entwachsen. Zudem hat sie sich in den letzten Jahren neue Betätigungsfelder weit über den rein kosmetischen Anspruch des «Lebens ohne Brille» hinaus erschlossen. Letzterer stellt sicherlich weiterhin das Hauptbetätigungsfeld der vielen privaten Anbieter dar. Daneben aber bestehen vier Gebiete, welche klar zu den Aufgaben eines universitären Zentrums gehören und welche dieses daher auch kompetent abdecken muss:

I) Medizinische Indikationen der refraktiven Laserchirurgie; neben der hohen

wir, dass dies nicht nur unweigerlich zur Narbenbildung führen wird, sondern in vielen Fällen auch zu einer iatrogenen Keratektasie. Wenn man sich vergegenwärtigt, dass die damaligen Patienten typischerweise im Alter von 20 bis 30 Jahren waren, so wird klar, dass wir uns heute mit den mittlerweile presbyop gewordenen Patienten von damals und deren Komplikationen auseinandersetzen müssen. Glücklicherweise stehen uns heute operative Möglichkeiten zur Verfügung, um die diversen Komplikationen anzugehen: zuvorderst das Crosslinking der Hornhaut zur Stabilisierung der iatrogenen Keratektasie.⁶ Ferner helfen topographiegeführte Ablationsprofile zur Behandlung von dezentrierten Ablationen und den sogenannten «central steep islands»⁷⁻⁹ sowie ein mehrstufiges Vorgehen bei kleinen optischen Zonen.¹⁰

Corneoplastische Eingriffe

Als corneoplastische Operationen werden Eingriffe bezeichnet, welche versuchen, die Krümmung und die Oberfläche der Hornhaut bei Hornhauterkrankungen (Keratokonius, PMD) im Sinne einer Remodellierung zu beeinflussen und damit die Bildqualität zu verbessern. Dies geschieht im Wissen, dass ansonsten in den allermeisten Fällen die Keratoplastik die einzige Alternative darstellt. Die corneoplastischen Chirurgen begründen ihr

Anisometropie umfassen diese die nicht erreichte Zielrefraktion nach komplizierter Kataraktoperation, den irregulären Astigmatismus nach komplizierter Kataraktoperation oder Keratoplastik, Komplikationen nach primärer refraktiver Laserchirurgie, «corneoplastische» Operationen, pädiatrische refraktive Laserchirurgie. – II) Der Berührungspunkt von refraktiver Laserchirurgie und Katarakt-/Hornhautchirurgie (Beispiel des Femtosekundenlasers),

– III) Ausbildung der Assistenzärzt(innen) in präoperativer Diagnostik, postoperativer Nachsorge und Grundlagen des Komplikationenmanagements der refraktiven Laserchirurgie sowie – IV) Klinische Forschung und Grundlagenforschung. Da die Punkte III und IV selbsterklärend sind, werden im Folgenden die ersten beiden Gebiete näher dargestellt.

Vorgehen damit, dass bis anhin in vielen Fällen die erkrankte Hornhaut zu rasch «aufgegeben» und die Transplantation zu früh vorgenommen wird. Ebenso gut kann zuvor der Versuch unternommen werden, die Hornhaut umzumodellieren; im ungünstigsten Fall toleriert die biomechanisch schwache Hornhaut diese Belastungen nicht und die ohnehin geplante Transplantation wird unumgänglich.

Als Techniken kommen intrastromale Ringe, topographiegeführte Excimerlaserbehandlungen sowie das Crosslinking der Hornhaut in Frage (Abb. 1). Vor allem eine Kombination dieser Eingriffe zeigte in neuester Zeit spektakuläre Resultate. Die Langzeiterfahrung fehlt noch.¹¹⁻¹⁹ Zur Zeit ist die Keratokonus-Studiengruppe der ESCRS (European Society for Cataract and Refractive Surgery), zu welcher der Autor zählt, dabei, eine prospektive Multizenterstudie aufzusetzen, um die Kombination dieser Eingriffe zu prüfen.

Pädiatrische refraktive Laserchirurgie

Die pädiatrische refraktive Laserchirurgie scheint sich bei bestimmten pädiatrischen Indikationen als alternative Behandlungsmethode zu etablieren, vor allem in Fällen von schwerer Anisometropie oder einer bilateralen hohen Ametropie, bei welchen konventionelle An-

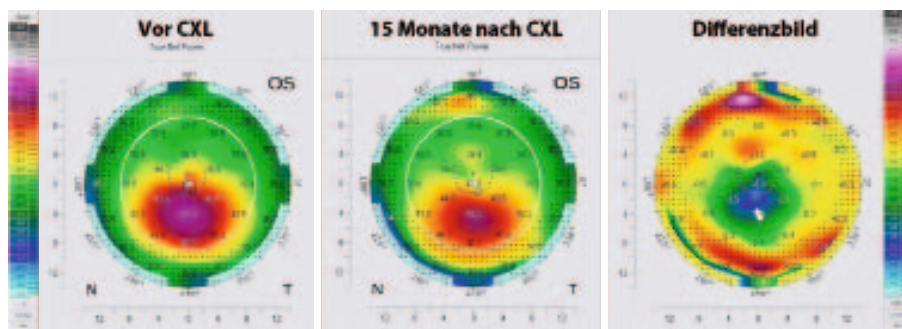


Abb. 1 Korneale Topographie eines 23-jährigen Patienten mit diagnostisch gesichert progressivem Keratokonus vor der Crosslinking (CXL)-Behandlung und 15 Monate danach. Das Differenzbild zeigt die deutliche Reduktion der Kmax-Werte um mehr als 5 Dioptrien und eine Remodellierung der Hornhautoberfläche.

sätze keinen Erfolg zeigen.²⁰ Als weitere operative Optionen bestehen phake Linsen oder eine «clear lens extraction» mit oder ohne Implantation einer IOL.²⁰⁻²² Zudem scheint eine kürzlich publizierte Metaanalyse mit den Daten von fünfzehn Studien aufzuzeigen, dass die refraktive Laserchirurgie eine Option zur Verbesserung der Sehkraft bei einseitiger Amblyopie in Verbindung mit Anisometropie darstellt.²³

II. Der Femtosekundenlaser und seine Anwendung in der Hornhaut- und Kataraktchirurgie

Der Femtosekundenlaser in der Kataraktchirurgie

Die Geometrie, Zentrierung und mechanische Widerstandsfähigkeit der Kapsulorhexis wird mit dem vermehrten Aufkommen von multifokalen Linsen und deren Zentrierung im Kapselsack in Zukunft immer bedeutsamer werden. Dementsprechend wäre eine Technologie, die eine reproduzierbare und mit höchster Präzision geschaffene Kapsulorhexis ermöglicht, für den Vorderabschnittschirurgen von sehr hohem Wert. Der Femtosekundenlaser bietet prinzipiell diese Möglichkeiten. Nach seinem Siegeszug in der refraktiven Laserchirurgie sowie der Hornhautchirurgie ist er nun anscheinend dabei, die Kataraktchirurgie grundlegend zu verändern.

2010 hat die US-amerikanische FDA (Food and Drug Administration) den Femtosekundenlasern in den USA die Zulassung erteilt. Zurzeit sind drei Firmen dabei, zum Teil bereits in diesem Jahr die ersten Systeme auf den Markt zu bringen: OptiMedica, LensAR sowie die Firma LenSx, welche von Alcon aufgekauft wurde. Allen Produkten ist

gemein, dass sie mittels Femtosekundentechnologie die Parazentesen, den Tunnel, die Kapsulorhexis sowie die Fragmentierung der Linse anbieten.²⁴⁻²⁶ Die Visualisierung erfolgt in diesen Systemen mittels eines integrierten OCT.²⁷ Besonders erwähnenswert ist, dass die Kapsulorhexis aufgrund ihrer kreisrunden und gleichmässigen Beschaffenheit mechanisch deutlich belastbarer ist als eine von erfahrener Chirurgenhand geschaffene Kapsulorhexis.²⁷

Der Femtosekundenlaser in der Keratoplastik-Chirurgie

Die lamellären Keratoplastiken (ALK, DALK) haben sich wegen etlicher Vorteile in den letzten Jahren gegenüber der penetrierenden Keratoplastik bei vielen Indikationen durchgesetzt. Die wichtigsten sind das nahezu vollständige Fehlen einer Abstoßungsreaktion sowie die weniger schwerwiegenden intra- und postoperativen Komplikationen.²⁸ Bis in die frühen 2000er Jahre wurden die Lamellen zunächst manuell präpariert. Mit dem Einsatz der ursprünglich für die LASIK entwickelten Mikrokeratome erhöhte sich die Präzision der Präparation der Lamelle schlagartig,²⁹ nur um bereits wenige Jahre später mit dem Einsatz des Femtosekundenlasers eine weitere Verbesserung zu erfahren.²⁸⁻³² Heutzutage sind die femtosekundenlaser-gestützten anterioren lamellären Techniken aus dem Repertoire des Hornhautchirurgen nicht mehr wegzudenken und haben bei einigen Indikationen, wie zum Beispiel dem Keratokonus, die penetrierende Keratoplastik abgelöst.

Fazit

Das Spektrum der medizinischen Indikationen hat sich in der refraktiven Laserchirurgie in den letzten Jahren deutlich

erweitert. Daneben werden Technologien wie der Femtosekundenlaser, welche initial für die refraktive Laserchirurgie entwickelt wurden, nunmehr in anderen operativen Gebieten wie der Keratoplastik-Chirurgie sowie der Kataraktchirurgie eingesetzt. Die Grenzen zwischen der refraktiven Laserchirurgie und der Vorderabschnittschirurgie verwischen immer mehr und der Excimer-Laser sowie der Femtosekundenlaser werden zu dem, was sie eigentlich sein sollten: Arbeitsgeräte für den Vorderabschnittschirurgen, um das gesamte Spektrum der medizinisch indizierten Versorgung abzudecken.

Korrespondenz:

Shadi Axmann
Service d'Ophthalmologie HUG
22, Rue Alcide-Jentzer
1211 Genève 14
Tel. ####
Email ####
Universitäts-Augenklinik Genf

Referenzen

- 1 Trokel, SL, Srinivasan, R, Braren, B. Excimer laser surgery of the cornea. *American journal of ophthalmology* 1983;96(6):710-715.
- 2 Kamiya, K, Umeda, K, Ando, W, Igarashi, A, Shimizu, K. Clinical Outcomes of Photoastigmatic Refractive Keratectomy for the Correction of Residual Refractive Errors Following Cataract Surgery. *Journal of refractive surgery* 2011;1-6.
- 3 Rajan, MS, O'Brart, DP, Patel, P, Falcon, MG, Marshall, J. Topography-guided customized laser-assisted subepithelial keratectomy for the treatment of postkeratoplasty astigmatism. *Journal of cataract and refractive surgery* 2006;32(6):949-957.
- 4 Kuryan, J, Channa, P. Refractive surgery after corneal transplant. *Current opinion in ophthalmology* 2010;21(4):259-264.
- 5 Goes, FJ. Photorefractive keratectomy for myopia of -8.00 to -24.00 diopters. *Journal of refractive surgery* 1996;12(1):91-97.
- 6 Hafezi, F, Kanellopoulos, J, Wiltfang, R, Seiler, T. Corneal collagen crosslinking with riboflavin and ultraviolet A to treat induced keratectasia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(12):2035-2040.
- 7 Hafezi, F, Jankov, M, Mrochen, M, Wullner, C, Seiler, T. Customized ablation algorithm for the treatment of steep central islands after refractive laser surgery. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(5):717-721.
- 8 Knorz, MC, Jendritza, B. Topographically-guided laser in situ keratomileusis to treat corneal irregularities. *Ophthalmology* 2000;107(6):1138-1143.
- 9 Kymionis, GD, Panagopoulou, SI, Aslanides, IM, Platinis, S, Astyrakakis, N, Pallikaris, IG. Topographically

- supported customized ablation for the management of decentered laser in situ keratomileusis. *American journal of ophthalmology* 2004;137(5):806-811.
- 10 Hafezi, F, Mrochen, M, Seiler, T. Two-step procedure to enlarge small optical zones after photorefractive keratectomy for high myopia. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(12):2254-2256.
 - 11 Coskunseven, E, Jankov, MR, 2nd, Hafezi, F, Atun, S, Arslan, E, Kymionis, GD. Effect of treatment sequence in combined intrastromal corneal rings and corneal collagen crosslinking for keratoconus. *Journal of cataract and refractive surgery* 2009;35(12):2084-2091.
 - 12 Coskunseven, E, Kymionis, GD, Grentzelos, MA, Karavitaki, AE, Portaliou, DM, Jankov, MR, 2nd, Arslan, E. INTACS followed by KeraRing intrastromal corneal ring segment implantation for keratoconus. *Journal of refractive surgery* 2010;26(5):371-374.
 - 13 Coskunseven, E, Kymionis, GD, Talu, H, Aslan, E, Diakonis, VF, Bouzoukis, DI, Pallikaris, I. Intrastromal corneal ring segment implantation with the femtosecond laser in a post-keratoplasty patient with recurrent keratoconus. *Journal of cataract and refractive surgery* 2007;33(10):1808-1810.
 - 14 Coskunseven, E, Kymionis, GD, Tsiklis, NS, Atun, S, Arslan, E, Siganos, CS, Jankov, M, Pallikaris, IG. Complications of intrastromal corneal ring segment implantation using a femtosecond laser for channel creation: a survey of 850 eyes with keratoconus. *Acta ophthalmologica* 2011;89(1):54-57.
 - 15 Coskunseven, E, Onder, M, Kymionis, GD, Diakonis, VF, Arslan, E, Tsiklis, N, Bouzoukis, DI, Pallikaris, I. Combined Intacs and posterior chamber toric implantable Collamer lens implantation for keratoconic patients with extreme myopia. *American journal of ophthalmology* 2007;144(3):387-389.
 - 16 Kanellopoulos, AJ, Binder, PS. Collagen cross-linking (CCL) with sequential topography-guided PRK: a temporizing alternative for keratoconus to penetrating keratoplasty. *Cornea* 2007;26(7):891-895.
 - 17 Kanellopoulos, AJ, Binder, PS. Management of corneal ectasia after LASIK with combined, same-day, topography-guided partial transepithelial PRK and collagen cross-linking: the athens protocol. *Journal of refractive surgery* 2011;27(5):323-331.
 - 18 Kanellopoulos, AJ, Pe, LH, Perry, HD, Donnenfeld, ED. Modified intracorneal ring segment implantations (INTACS) for the management of moderate to advanced keratoconus: efficacy and complications. *Cornea* 2006;25(1):29-33.
 - 19 Kymionis, GD, Grentzelos, MA, Portaliou, DM, Karavitaki, AE, Krasia, MS, Dranidis, GK, Kozobolis, VP. Photorefractive keratectomy followed by same-day corneal collagen crosslinking after intrastromal corneal ring segment implantation for pellucid marginal degeneration. *Journal of cataract and refractive surgery* 2010;36(10):1783-1785.
 - 20 Daoud, YJ, Hutchinson, A, Wallace, DK, Song, J, Kim, T. Refractive surgery in children: treatment options, outcomes, and controversies. *American journal of ophthalmology* 2009;147(4):573-582 e572.
 - 21 Utine, CA, Cakir, H, Egemenoglu, A, Perente, I. LASIK in children with hyperopic anisometropic amblyopia. *Journal of refractive surgery* 2008;24(5):464-472.
 - 22 Tychsen, L. Refractive surgery for children: excimer laser, phakic intraocular lens, and clear lens extraction. *Current opinion in ophthalmology* 2008;19(4):342-348.
 - 23 Alio, JL, Wolter, NV, Pinero, DP, Amparo, F, Sari, ES, Cankaya, C, Laria, C. Pediatric refractive surgery and its role in the treatment of amblyopia: meta-analysis of the peer-reviewed literature. *Journal of refractive surgery* 2011;27(5):364-374.
 - 24 Naranjo-Tackman, R. How a femtosecond laser increases safety and precision in cataract surgery? *Current opinion in ophthalmology* 2010.
 - 25 He, L, Sheehy, K, Culbertson, W. Femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Current opinion in ophthalmology* 2010.
 - 26 Nagy, Z, Takacs, A, Filkorn, T, Sarayba, M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *Journal of refractive surgery* 2009;25(12):1053-1060.
 - 27 Palanker, DV, Blumenkranz, MS, Andersen, D, Wiltberger, M, Marcellino, G, Gooding, P, Angeley, D, Schuele, G, Woodley, B, Simoneau, M, Friedman, NJ, Seibel, B, Battle, J, Feliz, R, Talamo, J, Culbertson, W. Femtosecond laser-assisted cataract surgery with integrated optical coherence tomography. *Science translational medicine* 2010;2(58):58ra85.
 - 28 Shimazaki, J. The evolution of lamellar keratoplasty. *Curr Opin Ophthalmol* 2000;11(4):217-223.
 - 29 Hafezi, F, Mrochen, M, Fankhauser, F, 2nd, Seiler, T. Anterior lamellar keratoplasty with a microkeratome: a method for managing complications after refractive surgery. *J Refract Surg* 2003;19(1):52-57.
 - 30 Farid, M, Steinert, RF. Femtosecond laser-assisted corneal surgery. *Current opinion in ophthalmology* 2010;21(4):288-292.
 - 31 Tan, DT, Mehta, JS. Future directions in lamellar corneal transplantation. *Cornea* 2007;26(9 Suppl 1):S21-28.
 - 32 Shousha, MA, Yoo, SH, Kymionis, GD, Ide, T, Feuer, W, Karp, CL, O'Brien, TP, Culbertson, WW, Alfonso, E. Long-term results of femtosecond laser-assisted sutureless anterior lamellar keratoplasty. *Ophthalmology* 2011;118(2):315-323.