

# Come-and-See – Ophthalmologist's Conference



1.–2. Juli 2016 in Bad Horn, Schweiz

Zum 8. Mal trafen sich diskussionsfreudige Ophthalmologen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz am Bodensee, um sich über Neues aus Vorder- und Hinterabschnittschirurgie zu informieren und mit Gleichgesinnten auszutauschen. Der Programmkommission mit Prof. Dr. Arnd Gandorfer (Memmingen), Prof. Dr. Rupert

Menapace (Wien), Prof. Dr. Bojan Pajic (Reinach) und dem Vorsitzenden Prof. Dr. Manfred Tetz (Berlin) ist es wiederum gelungen, ein spannendes Programm zusammenzustellen, mit dem auch über den Tellerrand der mitteleuropäischen Ophthalmochirurgie geschaut wurde. Für den geeigneten Rahmen und perfekten Ablauf der

Veranstaltung sorgten die Sponsoren HOYA, Mediconsult und Oertli, für die eine hohe wissenschaftliche Qualität des wissenschaftlichen Programms klar im Vordergrund steht.



# Come-and-See – Ophthalmologist's Conference

1.–2. Juli 2016 in Bad Horn, Schweiz

## Kataraktchirurgie im Himalaya



Dr. Sanduk Ruit,  
Nepal

Dr. Sanduk Ruit aus Nepal berichtete über sein beeindruckendes Hilfswerk „Himalaya Cataract Project“. Dr. Ruit hat eine einfache Methode der Kleinschnitt-Kataraktchirurgie entwickelt, die nur 25 USD pro Behandlung kostet, aber sehr erfolgreich und effizient ist. Um die Kosten zu senken, gründete er 1994 das Tilganga Eye Center, das Krankenhäuser, Trainingsprogramme, eine Augenbank und eine eigene Intraokularlinsen-Produktion umfasst. Dort werden wöchentlich



Abb. 1: Augenchirurgie unter erschwerten Bedingungen

2500 Katarakte operiert, und Patienten ohne finanzielle Mittel müssen nicht zahlen. Viele Arme und Blinde können nicht selbst nach Kathmandu kommen, daher unternimmt Dr.

Ruit für deren Behandlung Trekking-Touren in abgelegene Gegenden von Nepal und im gesamten Himalaya-Gebiet. In manchen Gegenden haben er und sein Team mobile Eye Camps errichtet, aber es wird auch in Zelten, Klassenzimmern und wenn es keine andere Möglichkeit gibt, sogar in Tierställen operiert. Auf diese Weise hat Dr. Ruit in seinem Leben bereits etwa 120.000 Katarakte operiert, nicht nur in Nepal, sondern auch in Nord-Korea, Kambodscha, Bangladesch, Vietnam, Äthiopien und Ghana. Die New York Times nannte Dr. Ruit in einem Bericht von 2015 den „world champion in the war on blindness“.

## Der Dorn im Auge – Spannendes aus Südafrika



Prof. Dr. Robert  
Stegmann,  
Südafrika

Mit den Vorträgen von Prof. Dr. Robert Stegmann aus Südafrika wurde ein weiteres Highlight der „Augenchirurgie unter erschwerten Bedingungen“ geboten. Unter der Anleitung seines Mentors Dr. David Miller war Prof. Stegmann 1977/78 der erste, der eine IOL unter Nutzung eines Viscoelastikums beim Menschen implantierte. Was damals von mancher Seite noch als „criminal act“ angesehen wurde, gehört heute zum Routineprogramm jedes Kataraktchirurgen. Prof. Stegmanns chirurgischer Fokus liegt in der Behandlung von okulärem Trauma, pädiatrischer Katarakt und schwer behandelbarem Glaukom. In einer Universitätsklinik am Rand von Pretoria, unweit des afrikanischen Busches, behandelt Stegmann, der sich selbst einen „bush surgeon“ nennt, viele Fälle von schwerem perforierendem okulärem Trau-

ma, was häufig insbesondere bei Kindern durch dornige Pflanzen hervorgerufen wird. Durch die langjährige Erfahrung mit besonders schweren Fällen gelingt ihm bei einem hohen Prozentsatz der Patienten die Wiederherstellung eines funktionellen Visus. Sehr gute Erfolge erreicht er auch bei pädiatrischen traumatischen Katarakten mit einer von ihm entwickelten Operationstechnik, bei der er die IOL-Optik hinter die posteriore Kapsel schiebt, ähnlich den neueren Vorschlägen der „bag in the lens“ von Prof. Marie Tassignon. Obwohl er viele dieser Fälle erst Tage oder Wochen nach der Verletzung sieht, erlaubt diese Technik eine gute und langanhaltende Wiederherstellung des Visus ohne Kapseltrübung und mit einer extrem niedrigen Inzidenz eines Sekundärglaukoms. Viele dieser Verletzungen führen zu linearen Kapselrissen, weshalb Prof. Stegmann – anstelle einer zirkulären Kapsulorhexis – die Kapsel linear eröffnet. Die Absaugung erfolgt trocken wegen möglicher Löcher in der hinteren Kapsel, durch die ansonsten Spüllösung in den Glaskörper gelangen könnte. Anschließend wird das vordere Hyaloid von der hinteren Kapsel getrennt und keine primäre Vitrektomie durchgeführt. In dem Zwischenraum von mindestens 1 mm erfolgt die parallele posteriore Kapsulotomie. Zuletzt wird die Intraokularlinse (IOL) im Kapselsack platziert und die Optik vorsichtig hinter die posteriore Kapselöffnung bugsiert. Damit bleibt eine Kapseltrübung auf die Peripherie beschränkt. Eine Vitrektomie bei der Kataraktchirurgie von Kindern kommt für Prof. Stegmann nicht infrage. Auf diese Weise hat er die Inzidenz des Sekundärglaukoms drastisch von publizierten 40% auf ca. 1–3% reduziert.

Diese Methode nutzt Prof. Stegmann erfolgreich seit 1992. Seine Patienten erreichen einen langanhaltenden Visus von 0,8 und aufgrund der hinteren Kapsulotomie bleibt der zentrale Optikkbereich klar.

Da eine IOL-Biometrie bei diesem Krankheitsbild nicht machbar ist, hat Stegmann sein eigenes Nomogramm entwickelt. Er ver-

wendet Linsenstärken bis maximal 30 dpt, bei normalen Augen nimmt er meist 24 dpt.

*Die kindliche traumatische Katarakt kann unter Anwendung einer geeigneten Technologie beherrscht werden: vordere und hintere Kapsulotomie unter Abtrennung des vorderen Hyaloids, Erhaltung des Vitreus und Platzieren der IOL-Optik hinter dem Kapselsack. Die Sekundärglaukom-Inzidenz sinkt dramatisch.*

## Glaukom – ist eine Heilung möglich?

Behandlungsresistente Glaukome sind ein weiterer chirurgischer Schwerpunkt von Prof. Stegmann. Da Standardtherapien nicht den gewünschten Erfolg zeigten, suchte er nach besseren Behandlungsmöglichkeiten, die er in der Viscokanalostomie fand. Die Weitung des Schlemmschen Kanals zur Verbesserung der Zirkulation und des Abflusses von Kammerwasser war seit 1989 seine Standardmethode, bis er noch bessere Ergebnisse mit der Viscokanaloplastik erzielte. Zu Beginn des Eingriffs wird ein Flap mit 1/3 der Skleradicke präpariert. Ein zweiter tieferer Flap bis zum Schlemmschen Kanal wird 0,5 mm innerhalb des ersten Flaps angelegt. Eine hochflexible, am vorderen Ende beleuchtete Mikrokanüle wird unter Viscoelastika-Gabe in den Schlemmschen Kanal eingeführt und über die ganzen 360° durch den Kanal geschoben. Das pulsierende Licht hilft dem Chirurgen bei der Orientierung im Gewebe. Um die Weitung des Kanals aufrecht zu erhalten, wird ein 10-0-Prolene-Faden am Ende der Kanüle befestigt und beim Zurückziehen der Kanüle durch den Kanal gezogen. Mit einem speziellen Knoten wird der Faden auf etwa 20 Gramm Spannung gehalten. Zum Schluss wird der tiefere Flap entfernt, um eine intersklerale Lagune zu bilden. Der äußere Flap wird genäht, um ihn wasserdicht zu machen (klassische „Faden“-Kanaloplastik). Mit dem Stegmann-Kanalexpander ist es möglich, die normale physiologische Funktion über 180° des Schlemmschen Kanals wiederherzustellen. In vielen Fällen konnten damit Druckwerte von 30 mmHg auf 9-12 mmHg gesenkt werden. Dank der Hilfe

seiner Frau Prof. Ané Pienaar, können Patienten über mehr als 20 Jahre nachverfolgt werden, alleine aus Dankbarkeit kommen die Patienten gerne zurück in die Klinik. Die sorgfältige Nachbeobachtung der Patienten über viele Jahre hat gezeigt, dass die Wiederherstellung der physiologischen Druckwerte und Papillendurchblutung zu einer Normalisierung des Sehnervenkopfes bei Kleinkindern und Säuglingen führen kann.

Bei intakten Sammelkanälchen unmittelbar nach der Operation erreicht man durchaus eine IOD-Senkung von 60–70%. Bei Kindern sieht Prof. Stegmann meist nicht nur eine Drucksenkung, sondern auch ein verringertes Cupping des Sehnervenkopfes. Mit dem OCT hat er auch eine Zunahme der retinalen Nervenschichtdicke zeigen können. Wichtig ist ein frühzeitiger Eingriff, bevor der Sehnervenkopf oder die Sammelkanäle dauerhaft geschädigt sind.

Eine Rückbildung des Cuppings hat Prof. Stegmann teilweise auch bei jungen Erwachsenen beobachtet. Einen sehr niedrigen Ziel-druck findet er weniger wichtig. Aus seiner Sicht sollte es bei einer Senkung des IOD um 50% zu einer Heilung der Erkrankung kommen. So lange der IOD in einem ähnlichen Bereich wie der episklerale Venendruck liegt, sollten die physiologischen Abflussmechanismen wirken.

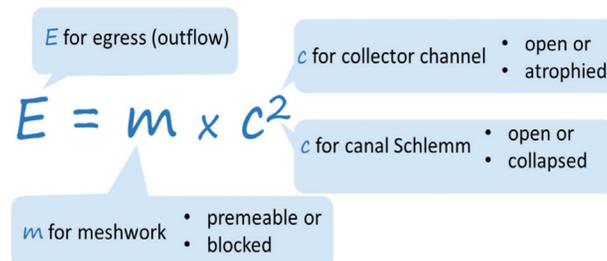


Abb. 2: Relativitätstheorie & Glaukomchirurgie – Analogie nach Prof. R. Stegmann

Mit einer schönen Analogie zur weltberühmten Formel Albert Einsteins „ $E = m \times c^2$ “ (Abb. 2) beendete Prof. Stegmann seine interessanten Ausführungen.

*Prof. Stegmann ist der festen Überzeugung, dass Glaukom chirurgisch heilbar ist. Eine frühzeitige Diagnose und ein frühzeitiges Eingreifen sind die Schlüsselfaktoren, um ein Glaukom zu heilen.*

## AMD-Behandlung – nach Schema oder individuell?



Prof. Dr. Arnd Gandorfer, Memmingen

Im Rahmen eines gemeinsam mit Prof. Dr. Michael Ulbig (München) erarbeiteten Vortrags durchleuchtete Prof. Dr. Arnd Gandorfer, Memmingen, die verschiedenen Ansätze der AMD-Therapie.

Es begann mit der kontinuierlichen Therapie mit monatlichen Ranibizumab-Injektionen über zwei Jahre. Die MARINA-Studie zeigte, dass mit beiden Dosierungen, 0,3 mg und 0,5 mg, eine Visussteigerung um 5–7 ETDRS-Buchstaben möglich war. Die Sham-injizierte Vergleichsgruppe hatte hingegen einen signifikanten Visusverlust von 15 Buchstaben. Die kontinuierliche Behandlung ist aufwendig und teuer, weshalb in der folgenden PIER-Studie nach einem Upload nur noch alle drei Monate injiziert wurde. Bei diesem Therapieschema war jedoch kein Visusgewinn zu verzeichnen, weshalb nach neuen Wegen gesucht wurde.

Ein flexibleres pro re nata (PRN) Therapieschema mit Injektionen nur bei Rezidiven mit Flüssigkeitsansammlung wurde im Rahmen der PRONTO-Studie untersucht. Ziel war eine Reduzierung der Injektionsfrequenz und der Kosten. Die Ergebnisse zeigen einen günstigen Visusverlauf, je-

doch ist der Evidenzlevel aufgrund der niedrigen Patientenzahl von 40 sehr gering.

In der CATT-Studie wurde eine kontinuierliche Anwendung mit einer PRN-Gabe von Ranibizumab oder Bevacizumab verglichen. Die kontinuierliche Gabe führte zu besseren Ergebnissen, jedoch sollten diese Ergebnisse unter Vorbehalt betrachtet werden: Studien bieten oft ideale Bedingungen, die es in der späteren Realität nicht mehr gibt. Die Studienpatienten, -ärzte und -assistenten waren hoch motiviert durch regelmäßigen Kontakt über Monitoring und Audits, es gab

keine Budgetsorgen, da die Medikamente kostenfrei waren, und den Patienten wurden die Reisekosten erstattet. Schaut man sich die Ergebnisse einer PRN-Behandlung in der Realität an, so zeigen Studien aus Schweden (370 Patienten) und Deutschland (2320 bzw. 3470 Patienten) keinen nennenswerten Visusgewinn.

Im AURA-Ländervergleich findet man die besten Visussteigerungen in England und den Niederlanden, beides Länder mit deutlich höheren Injektionsraten. Weitere Hürden bei der PRN-Realität liegen in den bis 2014 erforderlichen Einzelanträgen an die Krankenkassen, wodurch sich eine Verzögerung der Behandlung ergab. Letztlich erfolgten dadurch zu wenige Injektionen im ersten Jahr. Es war kein Visusgewinn zu verzeichnen, und die Patienten waren frustriert, weil sie viel Aufwand wegen der monatlichen OCT-Untersuchung hatten, aber oft keinen Behandlungsnutzen sahen. Für die Kliniken ist die PRN-Behandlung zudem schlecht planbar.

Bei Treat & Extend (T&E)-Behandlung wird monatlich eine IVOM durchgeführt, bis die Läsion inaktiv ist. Es wird dann weiterhin injiziert, jedoch mit einem jeweils um zwei Wochen verlängerten Intervall, bis zu Abständen von zwölf Wochen. Ist die Läsion wieder feucht, wird engmaschiger injiziert. Der Patient kommt jedoch monatlich zu Kontrolluntersuchungen.

im ersten Jahr weniger OCTs und Arztbesuche erforderlich, der bürokratische Aufwand ist reduziert, mit dem weiteren Vorteil eines zuverlässigen Behandlungsschemas. Leider wurde anfangs die T&E-Strategie von den Krankenkassen nicht anerkannt.

Die VIEW-Studien untersuchten den Erhalt der Sehschärfe über 52 Wochen bei Patienten, die entweder alle vier Wochen Ranibizumab erhielten oder unterschiedliche Dosierungen von Aflibercept alle vier oder alle acht Wochen. Das Hauptzielkriterium, eine Visusverschlechterung  $\leq 15$  Buchstaben, unterschied sich nicht zwischen den Gruppen. Als sekundäre Endpunkte wurden die Veränderung der Sehschärfe und der Netzhautdicke über 52 Wochen untersucht. Auch hier gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Der Vorteil der Aflibercept-Therapie liegt in den größeren Behandlungsintervallen.

Stellt man die Behandlungsstrategien PRN und T&E einander gegenüber, so zeigt die PRN-Strategie einen Ziehharmonika-Effekt, da die Behandlungsintervalle sich immer weiter herauszögern und man die Wirkstoffgabe nicht mehr aufholen kann, weil das Rezidiv abgewartet werden muss. Bei der T&E-Strategie zeigen sich weniger Rezidive, aber die Behandlung ist organisatorisch aufwendiger. Die Verträge mit den Kassen sind deutlich auf PRN gerichtet, was alternative Strategien für Klinik und Zuweiser erschwert.

tigste Rolle zu spielen. Zeigten sich nach einjähriger Behandlung von AMD und diabetischem Makulaödem bessere Ergebnisse mit Aflibercept, so hatten sich diese bereits im zweiten Jahr relativiert.

*Die T&E Strategie zur Behandlung von AMD erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Sie ist aufgrund der ausreichenden Anzahl an Injektionen sicher, es sind weniger Arztbesuche erforderlich, sie ist für den Patienten besser planbar und hat bessere Aussichten auf einen Visusgewinn im Vergleich zur PRN.*

### Komplizierte OP im Bekanntenkreis – eine besondere Herausforderung



Prof. Dr. Michael Georgopoulos, Wien

Prof. Dr. Michael Georgopoulos (Wien) berichtete über den spannenden Fall einer 82-jährigen Patientin, die sich bei ihm wegen einer seit sechs Monaten zunehmenden Sehverschlechterung vorstellte. Die Anamnese der systemischen Erkrankungen ergab einen insulinpflichtigen Diabetes Typ 2 und eine Hypertonie, die Patientin wurde mit Resochin behandelt. Okulär lagen beidseits eine Cornea verticillata, eine Cataracta brunescens und ein Pseudoexfoliationssyndrom (PEX) vor. Der Augeninnendruck (IOD) war unter Augentropfen bei 23 mmHg kontrolliert, der Fundus unauffällig. Anzeichen einer diabetischen Retinopathie gab es keine. Die Patientin hatte einen korrigierten Visus von 0,3 beidseits. Die langjährige persönliche Bekanntschaft von Operateur und Patientin war eine weitere Herausforderung.

Die Operation des ersten Auges (OD) gestaltete sich aufgrund einer Kapselruptur bei enger Pupille und Zonulaschwäche kompliziert. Im Rahmen der 23-G-Vitrektomie wurde zunächst versucht, mit dem Vitrektom die Linse zu entfernen, was jedoch nicht gelang. Dann wurde ein zusätzlicher 20-G-Zugang angelegt und mit einer Endophako

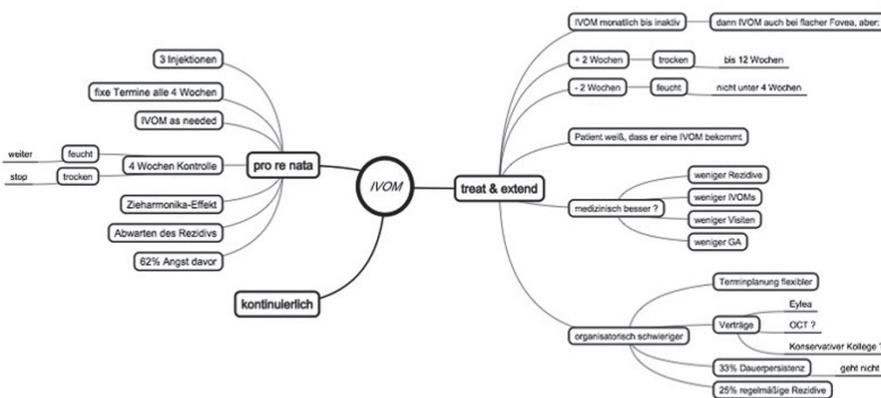


Abb. 3: Therapieschemen Pro Re Nata und Treat & Extend.

Die Fachinformation von Aflibercept sieht eine kontinuierliche Therapie mit sieben Injektionen im ersten Jahr vor, für die nur ein Antrag gestellt werden muss. Im zweiten Jahr stehen dann die T&E, kontinuierliche Therapie oder PRN zur Auswahl. Damit sind

Was wünschen sich die Patienten? Eine Studie von Fauser und Kirchhof (Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2014; 252:31–34) zeigt, dass sie – wie zu erwarten – nicht alle vier Wochen eine Spritze erhalten möchten. Der Wirkstoff selbst scheint nicht die wich-

die Linse problemlos aus dem Vitreusraum entfernt. Zunächst wurde keine Vorderkammerlinse eingesetzt, um den Netzhautverlauf besser beobachten zu können. Etwa einen

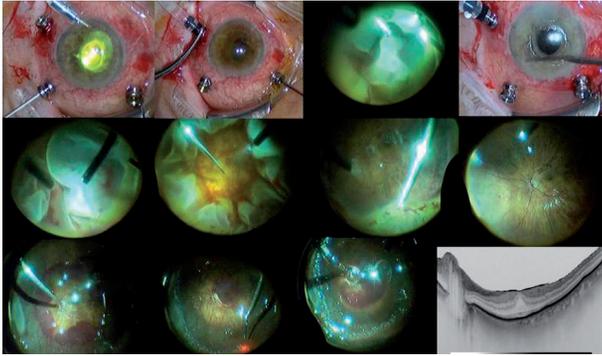


Abb. 4: Bilderserie aus einer komplizierten Vitrektomie bei kompletter Ablatio retinae.

Monat später wurde eine Artisan-Linse implantiert, auf die die Patientin jedoch mit einer starken Entzündungsreaktion reagierte: Blendung, Tränenfluss und Sekret sowie ein starker Zellbelag auf der Artisan-Linse und ein Visus von 0,2 waren zu verzeichnen. Unter lokaler Therapie sowie Änderung der Diabetes- und Resochin-Therapie, besserte sich der Zustand und ein Visus von 0,5 im betroffenen Auge wurde erreicht.

Es stellte sich die Frage, wie nach diesen Erfahrungen am besten mit dem anderen Auge zu verfahren sei. Prof. Georgopoulos entschied sich, einen auf die Vorderabschnittschirurgie spezialisierten Kollegen zu bitten, den Eingriff am zweiten Auge zu übernehmen. Die Operation wurde ca. acht Monate nach der des ersten Auges durchgeführt. Trotz größter Sorgfalt kam es erneut zu einer Zonuladialyse und Kapselruptur. Es wurde eine vordere Vitrektomie durchgeführt und wieder keine Linse implantiert. Postoperativ kam es zu einer Glaskörperblutung mit echographischem Verdacht auf Netzhautabhebung. Es erfolgte eine 23-G-Vitrektomie bei wiederum sehr enger Pupille, zunächst unter Verwendung eines Anterior Chamber Maintainers. Während der Operation wurde der Funduseinblick schlechter, was durch eine Epithel-Abrasio zu verbessern war. Es zeigte sich dann eine Abhebung der gesamten Netzhaut (Abb. 4).

Während des Flüssigkeits-Luft-Austausches wurde der Fundus-Einblick plötzlich erneut sehr schlecht: Bei enger Pupille wurde aufgrund der Aphakie die Iris durch die einströmende Luft nach vorne an die Hornhaut ge-

drückt. Nachdem Prof. Georgopoulos die Vorderkammer mit Viskoelastikum gefüllt hatte, konnte der Flüssigkeits-Luft-Austausch unter gutem Einblick bei stabiler Vorderkammer durchgeführt werden. Das PFCL wurde abgesaugt und die Silikonölfüllung problemlos durchgeführt.

Die Entfernung des Silikonöls über einen kleinen Schnitt erfolgte nach vier Monaten und einen Monat später wurde eine Artisan-Linse in die Vorderkammer implantiert. Auch beim linken Auge war eine überdurchschnittliche Zellreaktion auf der Artisan-Linse zu sehen. Zuletzt lag der korrigierte Visus der Patientin bei 0,8 (OD) und 0,15 (OS).



*Intraoperative Komplikationen lassen sich selbst dann nicht immer vermeiden, wenn bereits entsprechende Erfahrungen von der Operation des ersten Auges vorliegen. Komplizierte Vitrektomien sind bei aphaken Augen mit enger Pupille eine besondere Herausforderung.*

### Kataraktchirurgie und trockenes Auge – Prävention/Behandlung/Komplikationen



Dr. Marc Schargus, Schweinfurt-Gerolzhofen

*Ein Patient mit Visus 0,5 kommt zur Kataraktchirurgie, die erfolgreich verläuft. Bei der Nachkontrolle stellt der Chirurg erfreut einen Visus von 1,0 fest und ist mit dem Ergebnis sehr zufrieden. Der Patient ist jedoch gar nicht glücklich, weil ihm das Jucken und Brennen des Auges die Freude am besseren Sehen nimmt.*

Situationen wie diese sind nicht selten, so Dr. Marc Schargus (Schweinfurt-Gerolzhofen), wenn Patienten mit trockenem Auge ohne

spezielle Maßnahmen kataraktoperiert werden. Dabei geht es nicht nur um Oberflächenstörungen des Tränenfilms, sondern auch um das refraktive Ergebnis, da der Einfluss des Tränenfilms auf die Refraktion oft unberücksichtigt bleibt.

Im Rahmen einer Studie (Trattler WB, AAO Meeting 2012) wurden die Tränenfilm-Charakteristika von 143 über 55-jährigen Patienten vor der geplanten Kataraktchirurgie untersucht. Eine Tränenfilmaufrisszeit (TBUT) von fünf Sekunden oder weniger wurde bei 63 % der Patienten beobachtet, 21 % hatten abnormale Ergebnisse im Schirmer-Test, bei 77 % zeigte sich eine positive korneale Fluoreszenzfärbung, davon 50 % mit zentraler Anfärbarkeit, und mehr als 30 % der Patienten berichteten über ein gelegentliches Brennen und Stechen der Augen.

Bei der Kataraktchirurgie tragen insbesondere die Tropfanästhesie, die Nervenverletzungen beim Eingriff selbst und die Konservierungsmittel der Augentropfen für die Nachbehandlung zum trockenen Auge bei. In einem Schema des Dry Eye Workshop veranschaulichte Dr. Schargus die Zusammenhänge zwischen der Operation und dem Sicca-Syndrom. Mehrere Punkte sind für den Augenarzt interessant: Zunächst sollte man sich präoperativ Gedanken machen, inwieweit der veränderte Tränenfilm die IOL-Berechnung beeinflusst und ob es prädiktive Hinweise für postoperative Sicca-Probleme gibt. Intraoperativ gilt es zu überlegen, ob sich Sicca-Probleme durch eine modifizierte OP-Technik verhindern lassen. Postoperativ lassen sich die Beschwerden des trockenen Auges möglicherweise medikamentös vermeiden.

Die Literaturrecherche zum Thema Katarakt und Sicca-Problematik ergibt nur wenig Brauchbares laut Dr. Schargus. Geringe Fallzahlen, veraltete Operationstechniken, zu wenige Untersuchungsparameter und zu kurze Nachbeobachtungszeiten sind die Ursachen dafür.

Die interessantesten Studienergebnisse fasste Dr. Schargus für die Come and See Teilnehmer zusammen:

Kasetsuwan et al. (PLoS ONE 2013;8(11): e78657) fanden bei 92 Patienten ohne Beschwerden eine Sicca-Inzidenz von 10% nach der Kataraktoperation. Definiert war das Sicca-Syndrom durch einen OSDI >25 (Ocular Surface Disease Index), eine TBUT

<10 sec und einen Schirmer-Test 1 <10 mm. Die Inzidenz war zwischen Tag 7 und einem Monat postoperativ am höchsten. Noch drei Monate nach einer Katarakt-Operation kann in der Impressionszytologie eine signifikante Abnahme der Becherzellen festgestellt werden (Li et al. Cornea 2007;26(Suppl. 1):S16–S20). Signifikante Veränderung der Meibom-Drüsen können noch drei Monate postoperativ bei ca. 70 % und in ca. 85 % in Form einer Verstopfung der Meibomdrüsen-Öffnungen nachgewiesen werden (Han et al. Am J Ophthalmol 2014;157:1144–1150).

rheumatischen Erkrankungen wie Sjögren-Syndrom und Steven-Johnson-Syndrom und bei Graft-versus-Host-Reaktionen auf. Diabetiker weisen üblicherweise einen höheren OSDI-Score und eine geringere TBUT auf.

Okulär deuten schwankende Visus-Messergebnisse und Lidkantenveränderungen auf ein Sicca-Problem hin. Zu den sinnvollen diagnostischen Tests gehören Schirmer, TBUT, korneale Anfärbarkeit und OSDI.

Intraoperativ hat die Nervendurchtrennung der Hornhaut einen ungünstigen Einfluss

auf den Tränenfilm. Bekannt ist das Phänomen von der LASIK. Hier liegt die Inzidenz des trockenen Auges unmittelbar postoperativ bei 50 % und nach sechs Monaten bei 20 %. Bei der Kataraktoperation beträgt die Anzahl der durchtrennten Hornhautnerven nur einen Bruchteil derer der LASIK. Hier liegt die Sicca-Inzidenz postoperativ bei 10 %. Damit hat die Breite des Bereiches der durchtrennten Hornhautnerven offensichtlich auch einen

Postoperativ spielt die medikamentöse Therapie eine wichtige Rolle bei der Sicca-Problematik. Nicht konservierte Präparate sollten bevorzugt angewendet werden, der Gebrauch von Steroiden und nicht steroidal Antiphlogistika muss im Einzelfall abgewogen werden. Unter den nicht steroidal Antiphlogistika scheint Nepafenac die bessere Wahl als Diclofenac zu sein, was sich in einer Vergleichsstudie anhand der geringeren kornealen Fluoreszenzfärbung gezeigt hat. Hyaluronhaltige Tränenersatzmittel reduzieren postoperative Sicca-Beschwerden bei Normalpatienten signifikant. Wie erwartet schneiden konservierungsmittelfreie Medikamente in Bezug auf die Sicca-Beschwerden besser ab als konservierte. Cyclosporin 0,05 % wirkt sich ebenfalls positiv in Bezug auf Sicca-Symptome aus und kann in Einzelfällen perioperativ gegeben werden.

Bei der IOL-Berechnung sollte der Einfluss des Tränenfilms auf die Keratometriewerte und die Messung der Vorderkammertiefe berücksichtigt werden. Patienten mit höheren Osmolariätswerten des Tränenfilms (>316 mOsmol/l) haben ein höheres Risiko für Abweichungen in den Keratometrie-Werten. Hier sind Unterschiede von >1,0 dpt möglich und könnten für die eine oder andere refraktive Überraschung verantwortlich sein. Gerade bei Premium-Linsen sollte daher auf eine reguläre Augenoberfläche geachtet werden.



Katarakt OP: Welche Wirkung an der Augenoberfläche?



Veränderung	Folgen
Operationstrauma perse	- Erhöhung der Entzündungsmediatoren
Durchtrennung von Hornhautnerven	- Reduktion der kornealen Sensitivität - Verminderung der Lidschlagrate - Verminderung der Tränensekretion
Peri- und Postoperative Gabe von Antibiotika / Steroiden / NSAID	- Beeinflussung der konjunktivalen und kornealen Oberflächen durch Konservierungsmittel
Perioperative Desinfektion	- Beeinflussung der konjunktivalen und kornealen Oberfläche



Abb. 5: Auswirkungen der Operationsschritte auf die Augenoberfläche.

Die einzelnen Operationsschritte bei einer Kataraktoperation wirken sich unterschiedlich auf die Augenoberfläche aus. Das Operationstrauma selbst führt zu einer Erhöhung der Entzündungsmediatoren. Die Durchtrennung von Hornhautnerven bewirkt eine Reduktion der kornealen Sensitivität und eine Verminderung von Lidschlagrate und Tränensekretion. Die konjunktivalen und kornealen Oberflächen werden durch Konservierungsmittel der peri- und postoperativen Gabe von Desinfektionsmitteln, Antibiotika, Steroiden und nicht steroidal Antiphlogistika beeinflusst. Im schlimmsten Fall führen diese Prozesse zu einer Erhöhung der Infektionsrate, einer verlängerten visuellen Rehabilitation und/oder zu langfristigen Siccabeschwerden.

Prädiktive Faktoren für eine postoperative Sicca-Problematik lassen sich unter den systemischen Begleiterkrankungen finden. So tritt ein trockenes Auge vermehrt bei Diabetikern und Patienten mit Kollagenosen,

Einfluss auf das postoperative Auftreten von Sicca-Problemen.

Die Lage der Hauptinzision des Katarakt-Eingriffes hat keinen Einfluss auf die postoperative Sicca-Situation, jedoch spielt die Schnitt-Technik eine Rolle, zumindest bei Patienten ohne vorbestehendes trockenes Auge. Beschwerden treten verstärkt bei einem mehrstufigen Schnitt auf. Modernere Verfahren wie die Femto-Kataraktchirurgie (LCS) bieten in Bezug auf das trockene Auge keinen Vorteil. Eine Studie von Yu et al. (J Cataract Refract Surg 2015;41:2614–2623) ergab signifikant stärkere Symptome und eine schlechtere Fluoreszenzfärbung bei der LCS im Vergleich zur Standard-Phakoemulsifikation.

Zu den weiteren intraoperativen Faktoren, die die Sicca-Situation negativ beeinflussen, gehören eine verlängerte intraoperative Belichtungszeit, die zu einer verringerten postoperativen TBUT führt und die Verwendung von Aspirations-Lidsperrern, die ebenfalls die TBUT vermindert und den OSDI und die korneale Anfärbarkeit erhöht.

*Prädiktive Faktoren für postoperative Siccaprobleme lassen sich leider nicht durch einen aussagekräftigen Einzeltest ermitteln. Einen Anhalt geben am ehesten die TBUT und die korneale Anfärbarkeit. Der Einfluss der OP auf die Sicca-Problematik hat ihren Höhepunkt zwischen sieben Tagen und einem Monat nach dem Eingriff und lässt nach drei bis sechs Monaten wieder nach. Intraoperativ sollte man die kornealen Inzisionen klein halten und auf mehrstufige Schnitte eher verzichten. Die Lage der Schnitte hat keinen Einfluss auf die Sicca-Beschwerden. Postoperativ beugen konservierungsmittelfreie Tropfen, hyaluronhaltige Tränenersatzmittel und im Einzelfall Cyclosporin-Augentropfen einer Sicca-Problematik vor.*

## Wenn eine Linse nicht reicht – Piggyback- oder Add-On IOL?



PD Dr. med. Katrin Gekeler, Stuttgart

Den heutigen Stellenwert von Piggyback- und Add-On-Linsen beleuchtete PD Dr. med. Katrin Gekeler (Stuttgart) und erläuterte zunächst die Unterschiede dieser beiden „Huckepack“-Linsenkonstellationen. Schon im Jahr 1993 wurde das erste Mal über die Implantation von zwei Intraokularlinsen in den Kapselsack bei einem Microphthalmus-Fall berichtet (Gayton JL and Sanders VN. J Cataract Refract Surg 1993;19:776–777). Es folgten mehrere Versuche, die Refraktionsfehler von Patienten mit hoher Hyperopie oder Keratokonus durch zwei Linsen auszugleichen, die entweder beide in den Kapselsack oder eine in den Kapselsack und die andere in den Sulcus implantiert wurden. In den entsprechenden Publikationen etablierte sich der Begriff Piggyback-IOL, der so definiert ist, dass eine zweite Linse in den Kapselsack oder Sulcus implantiert wird, die eigentlich nicht für diesen Einsatz vorgesehen ist.

Piggyback-Implantationen mit zwei Linsen im Kapselsack haben den Nachteil interlenticulärer Prozesse wie Trübungen oder Anlagerung von Elschnig-Perlen, die auch zu einem späteren hyperopen Shift führen können (Gayton JL et al. JCRS 2000 Mar;26(3):330–336).

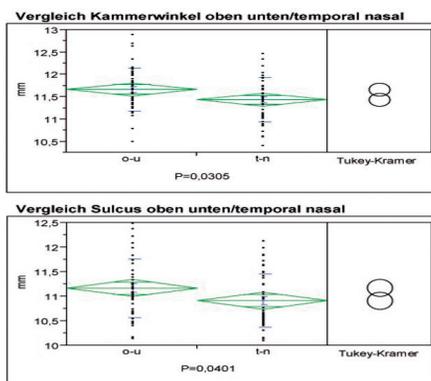


Abb. 6: Der vertikale Durchmesser des Sulcus und des Kammerwinkels ist signifikant größer als der horizontale.

Verschiedene Hersteller haben daher spezielle Linsen entwickelt, die der normalen Intraokularlinse vorgeschaltet und in den Sulcus implantiert werden, die Add-On IOL. Erste Modelle waren aus Silikon gefertigt und benötigten eine recht große Inzision. Neuere Modelle aus hydrophilem Acrylat lassen sich durch kleinere Inzisionen implantieren und haben eine wellenförmige Haptik, die den Sitz im Sulcus stabilisieren soll. Dennoch gibt es Erfahrungsberichte über Rotationen dieser Linse nach der Implantation, was bei torischen Modellen zu Problemen führt. Erschwerend für einen stabilen Sitz im Sulcus ist dessen nicht kreisrunde, sondern hoch-ovale Form (Petermeier K et al. J Cataract Refract Surg 2012;38(6): 986–991).

Neuere Entwicklungen bei den Add-On IOL, wie die 1stQ AddOn IOL, haben vier Haptiken und sollten daher sehr stabil im Sulcus sitzen. Als Indikationen für Add-On IOL stehen eine Fehlrefraktion bei Pseudophakie, ein hoher Astigmatismus und der Wunsch des Patienten nach Brillenfreiheit im Vordergrund. Studien belegen, dass die beste Astigmatismuskorrektur bei einer Fehlrefraktion durch LASIK/LASEK erreicht wird (Jin GJC et al. J Cataract Refract Surg 2008;34:562–569; Fernandez-Buenaga R et al. J Refract Surg 2013;29:676–683) und die Add-On IOL hier eher zweite Wahl sind. Ein Linsentausch ist grundsätzlich mit einem höheren Komplikationsrisiko verbunden.

Add-On IOL sind eine interessante Möglichkeit für die Korrektur hoher Astigmatismen wie zum Beispiel nach Keratoplastik, bei Keratokonus oder wenn das zweite Auge eine torische IOL bekommen soll.

Vergleicht man multifokale Add-On IOL mit Multifokallinsen bei Patienten mit Wunsch nach Brillenfreiheit, so sind das Auftreten von Streulicht, der Visus und die Patientenzufriedenheit vergleichbar. Dennoch sieht Dr. Gekeler die Add-On IOL hier nur als zweiten Eingriff. Besteht der Wunsch des Patienten, ohne Brille auszukommen, von Anfang an, dann sollte eine Multifokallinse implantiert werden. Hat sich ein Patient zunächst für eine Monofokallinse entschieden und möchte dann später doch keine Brille mehr tragen, kann eine Add-On IOL sinnvoll sein.

Ein neuer interessanter Ansatz ist die Entwicklung einer Add-On IOL, wie zum Bei-

spiel die Scharioth Macular Lens (SML), für Patienten mit Vergrößerungsbedarf aufgrund altersbedingter Makuladegeneration (AMD) oder ähnlichen Erkrankungen. Die 6 dpt dieser SML entspricht jedoch einem nur 1,5-fachen Vergrößerungsbedarf, was zu wenig für die meisten AMD-Patienten ist. So waren in einer von Scharioth publizierten Studie (J Cataract Refract Surg 2015 Aug;41(8):1559–1563) nur vier von acht Patienten mit der SML IOL lesefähig. Untersuchungen der Tübinger Sehbehindertenambulanz ergaben einen mittleren 7,7-fachen Vergrößerungsbedarf (Altpeter EK, Nguyen NX. Ophthalmologie 2015; 112:923–928).

Ein weiteres Einsatzgebiet der Add-On IOL ist die kindliche Katarakt. So entwickelte eine Wiener Studiengruppe die „Duett-Implantation“ bei Kindern, bei der zwei Linsen zur Emmetropisierung implantiert werden. Später sollte nach entsprechenden refraktiven Veränderungen die Add-On Linse explantiert oder ausgetauscht werden. In der Literatur sind jedoch temporäre Fremdkörper-Riesenzellen und Fibrinreaktionen bei dieser Vorgehensweise beschrieben. (Amon M, Kahraman G. Spektrum der Augenheilkunde 2012;26:21–23). Dr. Gekeler gibt zu bedenken, ob eine umgekehrte Vorgehensweise, zunächst eine Monofokallinse und gegebenenfalls später eine Add-On IOL zu implantieren, nicht sinnvoller sein könnte.

Insgesamt werden Add-On IOL eher selten eingesetzt. Eine Umfrage der DGIL im Jahr 2014 ergab einen Anteil von 0,1% aller Linsen. Dabei nimmt der Einsatz der Add-On Linsen über die Jahre eher ab: 2012 wurden noch 826 dieser Linsen implantiert, 2013 waren es nur noch 660 und im Jahr 2015 wurden 556 Add-On IOL erfasst. (Wenzel M et al. Ophthalmo-Chirurgie 2015;27:155–166). Das bedeutet, dass im Median etwa drei Add-On Linsen pro Jahr pro operativem Zentrum implantiert werden.

Die Zuhörer wurden befragt, ob sie bei einem pseudophaken Patienten mit überraschendem refraktiven Ergebnis eine Add-On IOL implanzieren würden. Die Meinungen waren sehr geteilt, viele würden eher einen Linsenaustausch vornehmen. Bei problematischer Kapselsacksituation könnte eine Add-On Linse helfen, Komplikationen zu vermeiden.



*Add-On IOL sind eine interessante Option bei postoperativen Fehlfractionen, hohem Astigmatismus oder Patienten, die sich erst nach ihrer Kataraktoperation mit Monofokallinsen-Implantation ein brillenfreies Leben wünschen. Neuere Indikationen wie Vergrößerungsbedarf bei AMD oder bei kindlicher Katarakt müssen noch ausführlicher untersucht werden.*

## Und sie dreht sich doch – oder nicht? Rotationsstabilität unterschiedlicher Intraokularlinsen



Prof. Dr. Rupert Menapace, Wien

Ein stabiler Sitz im Kapselsack ist insbesondere bei torischen Linsen (TIOL) von großer Bedeutung. Prof. Dr. Rupert Menapace (Wien) untersuchte die Rotationsstabilität verschiedener IOL und zeigte Wege auf, die Linsenposition im Falle einer Rotation zu korrigieren. Schon eine Abweichung von 1° von der Zielachse bewirkt einen Wirkungsverlust von 3,3% bei torischen Linsen. Bei 10° Abweichung ist bereits ein Drittel der Wirkung verloren und 30° Abweichung führen zu einem kompletten Wirkungsverlust. Doch nicht immer hat die Linsenrotation Schuld an der falschen Ausrichtung, häufig entsteht sie durch eine primäre Fehlpositionierung, durch eine falsche Berechnung der Zielachse, eine unpräzise Markierung selbiger oder eine unpräzise Ausrichtung der TIOL.

Für die Messung der Rotationsstabilität sind der Zeitpunkt und die Methode von Bedeutung. Als Basiswert muss die Achsenlage am Ende der Operation verwendet werden. Durchforstet man die Literatur, so findet man ganz überwiegend Arbeiten, die als Ausgangswert die Achsenlage eine Stunde, einen Tag oder zu einem noch späteren Zeitpunkt nach der Operation gewählt haben. Am AKH in Wien verwendet die Arbeitsgruppe um Prof. Menapace eine standardisierte Methodik zur systematischen Bestimmung der Rotationsstabilität. Dazu wird die Positi-

on am Ende der OP mithilfe eines Videoclips dokumentiert und dann nach einer Stunde, einem Tag, einer Woche, einem Monat und vier bis sechs Monaten ein Foto der Linsenposition erstellt. Die Analyse der IOL-Achsenlage erfolgt relativ zu identen fixen Bezugspunkten, wie zum Beispiel skleralen Referenzgefäßen, mit Bildanalyse-Software. Bei den Studien zur Rotationsstabilität werden am AKH alle Kautelen zur Minimierung der Nachrotation berücksichtigt. Die Linsenimplantation erfolgt unter kohäsivem und nicht unter dispersivem OVD. Am Ende des Eingriffs wird die Entfaltung der Haptik abgewartet, die Kammer abgeflacht und das Auge dann normoton abgeschlossen. Eine zu starke Tonisierung des Auges ist unbedingt zu vermeiden. Auf die komplette Absaugung des gesamten OVD auch hinter der Linse und aus der Kapselsackperipherie wird besonderer Wert gelegt.

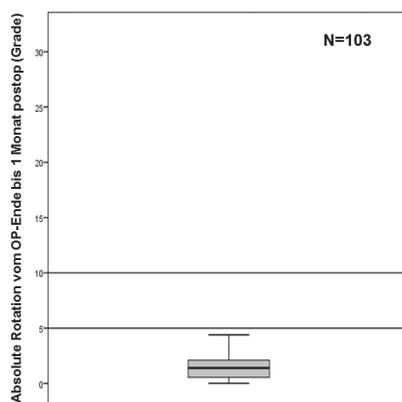


Abb. 7: Rotation der HOYA iSert XY1 zwischen Operationsende und der Nachuntersuchung nach 4–6 Monaten.

Im Rahmen der Studien wurden unterschiedliche IOL-Typen untersucht. Eine hydrophile einstückige Linse (HumanOptics MC 6125 AS) mit 12,5 mm Durchmesser und ohne Haptikangulierung zeigte eine absolute Rotation von im Mittel  $6,3 \pm 9,7^\circ$ . Bei 60% der Augen lag die Rotation unter 5°, bei 8,5% der Patienten über 10°. Die mittlere Rotation (Median) einer hydrophoben einstückigen Linse (HOYA 255) mit ebenfalls 12,5 mm Durchmesser und einer 5° Angulierung lag bei  $2,3^\circ$ , 7% der Linsen rotierten jedoch mehr als 10°. Die Rotationsstabilität von IOL mit 13 mm Haptikspannweite war wie folgt: Die mittlere Rotation der hydrophoben einstückigen IOL Acrysof (Alcon) lag bei  $1,54 \pm 1,15^\circ$ ; 3% der Augen zeigten eine Rotation von mehr als 10°. Die hydrophobe

einstückige IOL Tecnis (AMO) rotierte im Mittel  $4,2 \pm 8,2^\circ$ , 10% der IOL mehr als 10°. Die größten Positionsveränderungen aller genannten IOL fanden zwischen dem OP-Ende und der ersten Messung nach einer Stunde statt. Die neue Vivinex iSert Modell XY1 von HOYA rotierte im Mittel um  $1,54 \pm 1,2^\circ$ ; im Unterschied zu allen anderen untersuchten Linsen rotierte keine Linse mehr als 5°, was diese Linse als besonders rotationsstabil ausweist.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich die meisten und größten Sekundärrotationen in der ersten Woche nach dem Eingriff ereignen, also in der Zeit, in der der Kapselsack noch geöffnet ist. Anschließend, bis einen Monat postoperativ, treten Achsenabweichungen nur selten auf und sind vom Ausmaß her gering, im weiteren Verlauf sind keine nennenswerten Rotationen mehr festzustellen.

Da die publizierte Datenlage nicht eindeutig ist, wünscht sich Prof. Menapace bildanalytische Messdaten der Rotation ab OP-Ende für alle TIOL-Modelle. Der IOL-Industrie schlägt er vor, eine Kennziffer „R“ für die Rotationsstabilität in die Produktdatenblätter aufzunehmen.

Eine weitere interessante Fragestellung, der sich Prof. Menapace widmete, betrifft den Einfluss von Kapselspannrings auf die Linsenrotation. Studienergebnisse zeigen, dass der Kapselspannung die Rotation zwar in der ersten Stunde vermindert, diese aber in der ersten Woche danach wiederum höher ist als in der Kontrollgruppe ohne Kapselspannung. Das lässt sich möglicherweise darauf zurückzuführen, dass der Kapselspannung das Aneinanderlegen der Kapselblätter behindert. Nach sechs Monaten war kein statistisch signifikanter Unterschied festzustellen.

Die Ergebnisse der Studien mit modernen IOL-Designs zeigen eine ordentliche, aber doch sehr unterschiedlich gute Rotationsstabilität. Mit Ausnahme der Vivinex-IOL von HOYA wurden bei allen TIOL-Plattformen Ausreißer mit resultierendem Handlungsbedarf beobachtet. Zunächst stellt sich die Frage, wann die postoperative Achsenausrichtung kontrolliert werden sollte. Prof. Menapace schlägt vor, die Fusion der Kapselblätter, die nach ein bis zwei Wochen eintritt, abzuwarten, da dieser Prozess die TIOL stabilisiert und damit eventuelle unerliche Verdrehungen verhindert.

Überprüfen lässt sich die korrekte Ausrichtung der TIOL orientierend über die Auto-refraktion. Genauere Informationen erhält

man mit einem Wellenfront-Aberrometer wie dem iTrace oder über die Lage der Achsenmarkierung der TIOL unter Mydriasis an der Spaltlampe. Prof. Menapace rät, die Ausrichtung der TIOL grundsätzlich bei allen Patienten zu prüfen, denn auch bei TIOL, die für ihre Rotationsstabilität bekannt sind, können Ausreißer nicht ausgeschlossen werden. Über eine Repositionierung der TIOL sollte der Restzylinder und nicht die beobachtete Position der Linse entscheiden. Diese Nachjustierung sollte frühestens nach einer Woche und spätestens nach einem Monat erfolgen. Zu einem früheren Zeitpunkt muss mit Sekundärrotationen gerechnet werden. Die kollagenöse Verklebung der Kapselblätter, die eine Nachrotation der Linse erheblich erschwert, beginnt nach etwa einem Monat. Ein guter Zeitpunkt für die Kontrolle ist daher zwei Wochen nach der Operation, für eine eventuelle Nachrotation das Zeitfenster zwischen zwei und vier Wochen postoperativ. Für eine Repositionierung legt Prof. Menapace zwei Parazentesen an oder öffnet vorbestehende und tauscht das Kammerwasser gegen kohäsives OVD aus. Nun wird das Rhexisblatt mit der Kanüle unterfahren und der Kapselsackfornix vor den Haptiken nur so weit aufgedehnt, wie die Linse gedreht werden muss. Dann dreht man die TIOL bimanuell mit zwei Spateln in die korrekte Position. Anschließend werden das OVD gezielt aus den aufpräparierten Kapselsacktaschen aspiriert und Reste aus der Kammer ausgespült. Der Bulbus wird normoton abgeschlossen.

**Moderne IOL-Designs bieten eine gute Rotationsstabilität, die auch materialabhängig zu sein scheint. Dennoch gibt es bei praktisch allen TIOL Ausreißer mit höheren Positionsabweichungen. Intraoperativ sollte der Chirurg ein kohäsives OVD zur IOL-Implantation verwenden und die Entfaltung der Haptiken abwarten, bevor die Kammer abgeflacht und normoton abgeschlossen wird. Die Position der TIOL sollte bei allen Patienten zwei Wochen nach dem Eingriff kontrolliert werden. Positionskorrekturen sollen zwei bis vier Wochen postoperativ terminiert werden. Der Patient sollte vor der Implantation einer TIOL über das Risiko und die linsenspezifische Wahrscheinlichkeit einer Nachrotation aufgeklärt werden.**

## Standard-Therapie bei der Kataraktoperation – was, warum und wie oft?



Roundtable-Diskussion zur Standard-Therapie bei Katarakt-Operation.

Im Rahmen eines Roundtable-Gesprächs mit intensiver Einbindung des Publikums diskutierten Dr. Graemiger (Sankt Gallen), Prof. Gandorfer, Prof. Menapace und Prof. Pajic unter der Moderation von Prof. Tetz, wie die Standardtherapie bei Kataraktchirurgie prä-, intra- und postoperativ aussehen könnte oder sollte. Die wichtigsten Schlussfolgerungen werden zusammengefasst:

- Präoperativ: Steroide, Antibiose und NSAID bis drei Tage vor dem Eingriff (wenig evidenzbasiert)
- Intraoperativ: intracamerales Cefuroxin
- Postoperativ: Steroide und Antibiotika als individuelle oder Kombinations-Präparate. Gründe, die gegen ein Kombinationspräparat sprechen, sind die Möglichkeit, die Präparate konservierungsmittelfrei zu geben und dass man Steroide üblicherweise ausschleicht, Antibiotika jedoch nicht. Weiterhin erfolgt häufig eine Gabe von 4x täglich NSAID, idealerweise unkonserviert, über vier Wochen.

Wichtig ist es, die Therapieschemen für den Patienten einfach zu halten, um die Compliance zu erhöhen. Sind häufigere Nachuntersuchungen geplant, lassen sich die Medikamente auch staffeln. In der postoperativen Phase machen Salben Sinn, da sie länger am Auge verbleiben.

Diskutiert wurde, ob die postoperative Gabe von Antibiotika Sinn macht, da sie nachweislich eine Endophthalmitis nicht verhindert und die Zugabe von Vancomycin zur Spülflüssigkeit bereits Endophthalmitiden vorbeugt. Konsens herrschte jedoch, die postoperative Antibiose beizubehalten, zum einen für den Fall, dass der Patient durch Reiben am Auge Keime einbringt, zum anderen für die seltenen Fälle, dass ein Auge nicht

ganz dicht ist und zu guter Letzt auch aus juristischen Gründen.

Interessant war auch die Diskussion über die postoperative NSAID-Gabe, die in der Literatur empfohlen wird. Hier scheinen eher Budgetgründe gegen einen Standardeinsatz zu sprechen, denn die Experten waren sich einig, dass sie ihre Patienten grundsätzlich mit Steroiden und NSAID versorgen und dies auch für ihre eigene Versorgung nach Kataraktoperation wünschen würden.

Etwa 20% der Teilnehmer geben routinemäßig Tränenersatzmittel nach Kataraktoperation.

## Astigmatismus – nicht nur die Hornhaut-Vorderfläche zählt



Dr. Peter Hoffmann, Castrop Rauxel

Der Gesamtastigmatismus des Auges setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Zwar trägt die Vorderfläche der Hornhaut mit Abstand am meisten bei, doch sollte der Einfluss der Hornhaut-Rückfläche und der Linse nicht vernachlässigt werden, so Dr. Peter Hoffmann (Castrop Rauxel). Eine Verkippung und Dezentrierung der Linse oder auch nicht rotationssymmetrische Anteile der Optik sind weitere Faktoren, die zum Gesamtastigmatismus beitragen.

Betrachtet man nur den „inneren“ Astigmatismus, so entfällt im gesunden Auge etwas weniger als die Hälfte auf den Linsen-Astigmatismus und etwas mehr als die Hälfte auf den Hornhaut-Astigmatismus der Rückfläche. Augen mit Kernkatarakt weisen einen signifikant höheren Zylinder auf. Dieser erhöhte Astigmatismus stammt überwiegend von der Linse, nicht von der Hornhaut-Rückfläche, die Streuung ist hier sehr hoch.

Bei der klassischen Zylinder-Messung mit dem Keratometer darf man keineswegs auf die Brillenrefraktion schließen, denn nimmt man den Effekt der Hornhaut-Rückfläche – typischerweise in einem Winkel von etwa 90° – und den Effekt der Linse dazu, so

kommt man zu deutlichen Abweichungen der Achse und möglicherweise auch zu einem anderen Betrag.

Die über 100 Jahre alte Javal-Regel, die beim normalen Auge einen inneren Astigmatismus von  $0,6 \times 90^\circ$  beschreibt, hat nach wie vor Gültigkeit. Davon trägt die Hornhaut-Rückfläche aufgrund des pachymetrischen Profils den Hauptanteil. Dezentrierung und Verkipfung der natürlichen Linse im Strahlengang sind die Hauptursachen für den Linsenastigmatismus. Beim Kataraktauge kommen unvorhersehbare Effekte hinzu, insbesondere durch den Dichtegradienten bei Kernkatarakten mit deutlich höherem refraktiven Index in der Mitte der Linse.

Fast alle Formeln und Geräte fassen die Vorder- und Rückfläche der Hornhaut zu einer dünnen Linse zusammen, die einen fiktiven Brechungsindex ergibt. Diese Vereinfachung funktioniert, solange die Radienverhältnisse vorne und hinten konstant bleiben – was zum Beispiel bei LASIK-Augen nicht gegeben ist – und der Abstand der Flächen gering ist. Sind diese Voraussetzungen gegeben, dann lässt sich der Gesamtastigmatismus zum Beispiel über die Radiendifferenzen des steilsten und flachsten Meridians aus der Vorderfläche bestimmen.

Der keratometrische Index wird unter der Annahme verwendet, dass das Profil der Hornhautdicke einheitlich ist. Jedoch ist das pachymetrische Profil in der Horizontalen relativ gleichmäßig, beim vertikalen Profil kommt es zu stärkeren Abweichungen. Insgesamt ist die Hornhaut in der Vertikalen dicker als in der Horizontalen, was die Hornhaut-Rückfläche etwas mehr gegen die Regel astigmatisch macht. Damit ist das pachymetrische Profil der Hornhaut die Ursache für den Astigmatismus der Rückfläche. Da die Werte stark variieren, sollten individuelle Messungen durchgeführt werden.

Standard-Messverfahren ist nach wie vor die Keratometrie. Dr. Hoffmann bevorzugt hier die Zeiss-Bombe, da sie auch bei schlechtem Tränenfilm, wie bei Kataraktpatienten häufig der Fall, verlässliche Werte liefert. Wie die automatische Keratometrie, so ist auch die Placido-Topographie sehr tränenfilmabhängig. Die Scheimpflug-Tomographie ist weniger abhängig vom Tränenfilm, dafür aber recht langsam, wodurch es zu Bewegungsartefakten kommen kann. Dr. Hoffmann verwendet selbst die Hybrid-Topographie, bei

der die Scheimpflug- und Placido-Technologien kombiniert sind. Die Zukunft sieht er in der Swept-Source-OCT-Technologie, die sehr schnell ist, robuste Werte liefert und kaum tränenfilmabhängig ist.

Zum Astigmatismus der Hornhaut-Rückfläche wurde in den letzten Jahren einiges publiziert, und es ist erfreulich, dass die Ergebnisse mit im Mittel  $-0,3$  dpt bei  $90^\circ$  weitgehend übereinstimmen. Auch bei dieser Messung gibt es natürlich Ausreißer in Bezug auf Dioptrie und Richtung, die in einer Häufigkeit von 5-10% vorkommen. Dabei scheint es aber kaum auf die Höhe des Astigmatismus anzukommen. Damit ist der Astigmatismus der Hornhaut-Rückfläche praktisch unabhängig von dem der Vorderfläche.

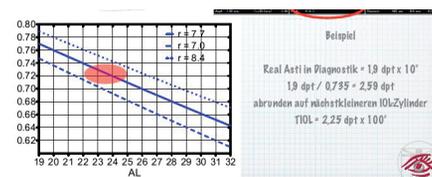


Abb. 8: Umrechnung des Hornhaut-Zylinders auf die IOL-Ebene.

Vergleicht man die Messgenauigkeit der unterschiedlichen Geräte, so zeigen Scheimpflug und Placido die größten Streuungen. Die Kombination beider Technologien hat deutlich weniger Streuung und wäre daher das Mittel der Wahl, falls kein OCT vorhanden ist. Auch mit der Keratometrie ist die Streuung recht gering, insbesondere, wenn als Korrekturwert der theoretische Astigmatismus der Rückfläche dazugerechnet wird. Die neue Firmware des Lenstar beinhaltet schon diesen von Dr. Barrett entwickelten Korrekturfaktor. Die Berücksichtigung des Rückflächen-Astigmatismus ist besonders bei niedrigeren Zylindern von Bedeutung, da geringe Achsenabweichungen relativ hohe Auswirkungen haben.

Der Einfluss der Hornhaut-Rückfläche ist abhängig von der Achsenlage des Astigmatismus: Bei Zylindern mit der Regel kommt es zu einer Abschwächung, bei Zylindern gegen die Regel zu einer Verstärkung. Bei schrägen Astigmatismen muss mit einer Achsen-drehung gerechnet werden.

In der klinischen Routine berechnet Dr. Hoffmann die sphärische Brechkraft der Linse, prüft den refraktiven Gesamtastigmatismus und rechnet dies mithilfe eines Schemas auf die IOL-Ebene um (Abb. 8).

Die Vorhersagefehler des Zylinders resultieren bei niedrigeren Astigmatismen überwiegend aus der Messung der anterioren Radien, bei höheren Zylindern aus der nicht exakten Achsenlage. Ungenauigkeiten bei der Messung von Rückfläche, Refraktion und chirurgisch induziertem Astigmatismus sind weniger Dioptrie-abhängig.

*Der innere Astigmatismus wird im gesunden Auge überwiegend von der Hornhaut-Rückfläche bestimmt, aber auch von der Linse.*

*Das OCT ist der Scheimpflug- und Placido-Technologie in der Erfassung des Astigmatismus der Hornhaut-Rückfläche klar überlegen, mit einer deutlich geringeren Streuung und signifikant weniger Ausreißern. Steht einem Operateur keinerlei moderne Technik zur Messung des Rückflächen-Astigmatismus zur Verfügung, so bietet es sich an,  $-0,3$  dpt bei  $90^\circ$  vektoriell zum Vorderflächen-Astigmatismus hinzuzurechnen.*

## Die Wege und Irrwege der Presbyopie-Behandlung



Prof. Manfred Tetz, Berlin

Immer mehr Patienten wünschen sich ein brillenfreies Leben, wenn sie das Alter der Presbyopie erreichen, und es gibt viele Ansätze der Presbyopie-Behandlung, von denen Prof. Manfred Tetz (Berlin) einige auswählte und deren Sinnhaftigkeit und Erfolgsaussichten beleuchtete.

Am häufigsten werden Intraokularlinsen mit mehreren Brennpunkten eingesetzt, doch sollte man hier auf die richtige Terminologie achten. Viele von den Herstellern als Multifokallinse vertriebenen Implantate sind tatsächlich nur bifokal. In den letzten Jahren haben sich auch die trifokalen Linsen etabliert. Interessant ist auch die Bezeichnung polyfokal, die offensichtlich ein anderes Optikprinzip implizieren soll, wobei die Be-

deutung des Wortes sich jedoch nicht von multifokal unterscheidet, der Nutzer des Wortes jedoch offensichtlich aus dem Griechischen stammende Vorsilben bevorzugt. Ein relativ neues Konzept sind Linsen mit einem kontinuierlichen Brennpunktwechsel, was bedeutet, dass sich entlang der Oberfläche der Linse die Krümmung ständig ändert. Alternativ kann das diffraktive Design auch mit mehr Ringen im Zentrum als in der Peripherie gewählt werden. Alle Linsen-Designs mit Veränderungen entlang der IOL-Oberfläche sind jedoch pupillenabhängig. Ideal wären Linsen, die über die Ziliarmuskeltätigkeit wie die natürliche Linse bewegt werden. Um diesen Mechanismus möglichst gut zu imitieren, wurden Linsen mit einer mechanisch induzierten Krümmungsradius-Änderung entwickelt und Dualoptik-Linsen, die durch das Zusammenspiel zweier Linsen mit unterschiedlicher Brechkraft und dem Verschieben einer Linse eine Art Akkommodation erzeugen.

Eine neuere Entwicklung, mit der Prof. Tetz seit fünf Jahren Erfahrung hat, ist das Raindrop Implantat. Hier handelt es sich um ein transparentes Hydrogel-Inlay mit einem Durchmesser von 2 mm und einer Dicke von 30 µm, das unter den Femtosekundenlaser-Flap in die Hornhaut eingesetzt wird. Dieses Implantat bewirkt eine zentrale Aufsteilung der Hornhaut, man erreicht damit eine funktionelle Nahaddition von etwa 2 dpt. Es kann wieder entfernt werden und hat damit den Vorteil, dass die Hornhaut wieder auf ihren „Ursprung“ zurückgeführt werden kann, da kein Gewebe abgetragen wurde. Bei geeigneten Patienten hat das Raindrop-Implantat bislang sehr gute Ergebnisse gezeigt.

Zu bedenken ist jedoch, dass Augen mit dem Raindrop-Implantat eine intensive Nachbehandlung über drei Monate mit Steroiden benötigen, um einen Haze rund um das Inlay zu vermeiden.

Eine FDA-Zulassungsstudie mit etwa 200 Patienten ergab ein sphärisches Äquivalent von 0,24 dpt nach einem Jahr. Zu diesem Zeitpunkt hatten 93% der Patienten einen monokularen unkorrigierten Nahvisus von 0,8 oder besser und 85% einen Fernvisus von mindestens 0,6. Binokular lagen 93% der Patienten bei einem Visus von 0,8 oder mehr für alle Entfernungen. Diese guten Ergebnisse spiegelte auch die hohe Patientenzufriedenheit mit 94% wieder.

Eine andere Möglichkeit, die Hornhaut zentral aufzusteilen, bietet die LASIK. Bei dieser Methode hebt der Arzt zuerst mit dem Keratom oder dem Femtosekundenlaser eine hauchdünne Lamelle von der Hornhautoberfläche ab und schiebt sie für die Operation zur Seite. Danach wird das Relief der verbliebenen Hornhaut mit einem Excimer-Laser neugestaltet und die Lamelle anschließend zurückgelegt. Die Lamelle wirkt wie ein körpereigenes Pflaster, was eine Abheilung innerhalb weniger Tage ermöglicht.

Die Conductive Keratoplastik (CK) eignet sich für Presbyope, die in der Ferne gut sehen und für Hyperope mit einem Sehfehler von maximal +1,5 dpt. Zunächst werden entsprechend der zuvor erfolgten Berechnungen mehrere Punkte auf der Hornhaut markiert. Die Behandlung erfolgt anschließend in den markierten Arealen durch hochfrequente Wellen, die mithilfe einer kleinen Sonde auf das Gewebe der Hornhaut einwirken. Durch die Behandlung zieht sich das Gewebe zusammen. Der Patient sieht nach der Behandlung mit dem behandelten Auge in der Nähe, mit dem nicht behandelten Auge in der Ferne scharf. Ein Nachteil liegt in der Symmetrie und Regression.

Menschen übertragen lassen, ist bisher noch vollkommen offen.

Ein anderer Ansatz zur Presbyopie-Behandlung ist die Erhöhung der Schärfentiefe. Das Kamra-Inlay nutzt das Lochblenden-Prinzip. Die 0,005 mm dicke ringförmige schwarz gefärbte Folie mit einem Durchmesser von 3,8 mm und einer zentralen Öffnung von 1,6 mm besitzt 8400 über das Implantat verteilte kleine Löcher und wird in die Hornhaut des nicht dominanten Auges implantiert.

Eine Weiterentwicklung des Lochblendenprinzips wurde mit der IC-8-Linse von Acufocus realisiert. Die Linse besitzt einen Gesamtdurchmesser von 12,5 mm und eine 6 mm asphärische bikonvexe Optik und wird ebenfalls in das nicht dominante Auge implantiert. Durch das Lochblendenprinzip entsteht auf der Netzhaut ein kleinerer Unschärfekreis bei der Abbildung naher Objekte, wodurch das Nahsehen verbessert wird. Mit der Linse werden sehr gute Resultate erzielt, insbesondere bei leichter Myopisierung (-0,5 dpt) des Auges. Schwieriger gestaltet sich in ersten Studien das YAG-Lasern bei Augen mit dieser Linse.

Eine Möglichkeit, die Presbyopie zu korrigieren und gleichzeitig im Rahmen der Kataraktchirurgie die Akkommodation wieder-

herzustellen, sollten mechanisch bewegliche Linsen bieten. Die Crystallens wurde in den USA stark beworben und sogar die Kosten wurden erstattet, jedoch stellte sich ein viel zu geringer bis gar kein akkommodativer Effekt heraus, weshalb diese Linse heutzutage kaum mehr Bedeutung hat.

Die HumanOptics 1CU Linse war ein anderer früherer Ansatz, die Akkommodation mechanisch durch Vor- und Rückbewegung der Linse im Kapselsack wieder-

herzustellen. Doch alleine die theoretische Betrachtung der Strecke, die die Linse mit dieser Bewegung zurücklegen müsste, lassen an der klinischen Relevanz zweifeln. Bei einer 20 dpt IOL würde für eine 2,9 dpt Brillenglas-Refraktionsänderung eine 2,2 mm Axialverschiebung der Linsenoptik benötigt. Dies klingt unwahrscheinlich, je-



Abb. 9: Übersicht über Multifokallinsen-Konzepte aus Vergangenheit und Gegenwart.

Noch in der Experimentalphase befindet sich das „Weichlasern“ der Linse. Derzeit wird erforscht, wie sich starre Linsen mithilfe von Laserimpulsen aufweichen lassen könnten. Tierversuche waren erfolgreich, aber es kam in den behandelten Linsen häufig zu einer Kataraktentwicklung. Inwieweit sich die Ergebnisse verbessern und in Zukunft auf den

doch konnte Prof. Tetz in eigenen Studien einen durch Pilocarpin ausgelösten Shift von etwa 1,0 bis 1,3 dpt messen, was im klinischen Setting oft nicht ausreicht.

Eine vielversprechende Entwicklung war die Synchrony-Linse. Hier sind eine Basis-Linse und eine bewegliche Linse über ein ausgeklügeltes System miteinander verbunden. Dieses Dualoptik-Verschiebungsprinzip soll durch die natürliche Bewegung des Kapselsacks während des Akkommodationsvorganges zu einem guten Sehen in allen Entfernungsbereichen führen. Ein Millimeter Bewegung reichte für einen Effekt von 3 dpt. Auch hier waren die ersten Ergebnisse vielversprechend, konnten jedoch in der klinischen Routine nicht bestätigt werden. Die Dualoptik-Linse wurde nie in den Markt eingeführt.

Unter den vielen Multifokalmustern mit unterschiedlichen Nahzusätzen (Abb. 9) gab es ein frühes interessantes Konzept der bilateralen Implantation einer ferndominanten und einer nahdominanten Linse. Da bei bifokalen Linsen jedoch mindestens 50% des Lichts für einen ausreichenden Fernvisus benötigt werden, hat das AcriTwin-Prinzip nicht wirklich zur Patientenzufriedenheit geführt.

Eine recht neue Entwicklung ist die sogenannte polyfokale WIOL-CF-IOL. Diese haptiklose Linse besitzt der natürlichen Linse nachempfundene asphärische Kurvaturen. Das Hydrogelmaterial wächst nach der Implantation um 10–15% und soll sich dadurch gut im Kapselsack positionieren. Erste Studien zeigen, dass mit dieser Linse ein sehr guter Fern- und Intermediärvisus erreicht wird. Mehr als 70% der Patienten erreichten nach sechs Monaten einen unkorrigierten Visus von 1,0 oder besser und einen unkorrigierten Intermediärvisus von J1 oder besser. Ein längeres Lesen ohne Brille ist mit dieser Linse jedoch schwierig. Nur 65% der Patienten erreichten einen unkorrigierten Nahvisus von J3 oder besser. Ein weiterer Vorteil dieses Optikprinzips liegt in dem geringen Auftreten photischer Phänomene, die mit denen der Monofokallinsen vergleichbar waren.

Ein neues Prinzip der Presbyopie-Korrektur verfolgt die Fluidvision AIOL von Powervision. Diese Technologie nutzt die Ziliarmuskulaktivität des Auges, um Flüssigkeit von der Peripherie des Implantats zum zentralen Lin-

senbereich zu drücken und über eine Krümmungsänderung der vorderen Linsenfläche die Brechkraft zu verändern. Dabei soll die Bewegung der Vorderfläche nur 0,2 mm, die Dioptrie-Veränderung jedoch bis zu 8 dpt betragen. Die FluidVision IOL hat einen Gesamtdurchmesser von 9,5 mm mit 5,5 mm Optik. Sie ist mit etwa 50 µl Silikonöl gefüllt, was ungefähr der Menge eines Tropfens entspricht. Da die Linse sehr groß ist, stellt die Implantation eine chirurgische Herausforderung dar. In der Studie waren einige Fälle mit Hornhaut-Endothelzellverlust zu verzeichnen. Zuletzt wurde das Design der Linse modifiziert, sie befindet sich weiterhin in der klinischen Studienphase.

Eine Strategie zur Vermeidung photischer Phänomene bei Multifokallinsen verfolgt die Firma Oculentis mit ihrer Nahsegment-IOL. Dieses Optikprinzip beeinflusst Halos und Glare.

Seit etwa zwei Jahren ist die Tecnis Symphony IOL in Europa erhältlich, bei der es sich laut Hersteller um eine diffraktive Linse mit erweitertem Sehbereich handelt. Die asphärische Symphony kombiniert eine achromatische Komponente mit einem diffraktiven Design, bei dem die Brennpunkte nur 1,25 dpt auseinanderliegen. Diese Nähe der Foci erlauben einen guten Intermediärvisus oder einen quasi verlängerten „Fokus“-Bereich. Der Nahvisus lässt sich durch Mini-Monovision mit -0,5 dpt Differenz zwischen den Augen verbessern.



*Es ist erfreulich, dass es viele unterschiedliche Ansätze zur Presbyopie-Korrektur auf Hornhaut- und Linsenebene gibt. Jedoch gab und gibt es unter den Neuentwicklungen auch viele Irrwege. Ob es eine Lösung geben wird, die eine ausreichende (Pseudo-) Akkommodationsbreite ohne störende Lichtphänomene geben wird, ist fraglich. Am vielversprechendsten scheinen die Entwicklungen zu sein, bei denen durch die Verschiebung von Flüssigkeit der Krümmungsradius geändert wird, da hier Bewegungen von 200 µm für die gewünschte Brechkraftänderung ausreichend sind. Diese Entwicklungen stellen jedoch bezüglich Design und Technologie die größte Herausforderung dar.*

## Hornhaut-Chirurgie – welches Problem wie lösen?

In einem von Prof. Thomas Neuhann (München) vorbereiteten Vortrag zeigte Prof. Tetz auf, welche Hornhaut-chirurgische Lösung es heute optimiert für welches Problem gibt.

Zu den Hornhaut-chirurgischen Optionen zählen die perforierende (pKp) und die lamelläre Keratoplastik und die Keratoprothetik. Die Hauptindikation der pKp liegt in der Behebung von Trübungen, die sich durch alle Schichten der Hornhaut ziehen. Eine Re-pKp tritt relativ häufig auf. Die Gründe dafür liegen in den gestiegenen Ansprüchen der Patienten, die klar und auch gut sehen möchten, in jahrzehntelangen Vorverläufen der Hornhauterkrankung, in den technischen Fortschritten der letzten Jahre und auch in den neuen medikamentösen Entwicklungen, die die Nachbehandlung vereinfachen.

Für die Trepanation bei der pKp gibt es unterschiedliche Optionen. Das GTS, ein geführtes Trepansystem nach Krumeich, ist laut den Autoren allen anderen Systemen durch die senkrechte Trepanation, das geschlossene System und den übereinstimmenden „Undercut“ von Spender und Empfänger überlegen. Mit dem Femtosekundenlaser sind Profilschnitte möglich, jedoch eine Applanation erforderlich. Der Excimerlaser stellt für die pKp kein etabliertes System dar.

Der Femtosekundenlaser bietet den Vorteil hochpräziser intracornealer Dissektion in jedem Winkel, in jeder Tiefe und in jedem Profil. Das Keratoplastikmodul erlaubt dem Benutzer damit verschiedene Schnitt-Tiefen und Ausführungen, wie zum Beispiel posterior side cut, lamellar cut, anterior side cut und angled cut (Abb. 10). Prof. Neuhann bevorzugt unter allen Schnittvarianten die „Nut-und-Feder“- und „Square-zag“-Schnitte, da schräge Schnittlagen die Dickendisparität besser verzeihen und die Schräge nach innen und nicht nach außen gerichtet ist, was einen Vorteil insbesondere bei der Femto-DALK bietet. Auch liegt der größte Durchmesser intrastromal und damit weg von den Limbus-Gefäßen und es wird weniger Endothel bei der pKp verbraucht.

Bei der profilierten Femtolaser-Keratoplastik lässt sich das Gewebe meist leicht

heraustrennen, nur in Trübungsarealen ist die Dissektion gelegentlich schwierig. Das Auge ist sofort nach Anlegen der ersten Nähte dicht. Reizfreie Augen, eine schnelle Reepithelisierung, ein früh verwertbarer Visus und frühe sehr feste Narben tragen zur raschen Rehabilitation des Patienten bei. Die Astigmatismus-Entwicklung scheint vorteilhaft, es fehlen jedoch Vergleichsstudien.

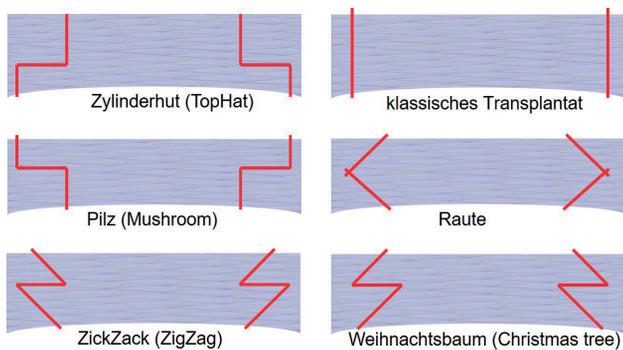


Abb. 10: Übersicht einiger möglicher Schnittführungen.

Fortlaufende Nähte der pKp sollten immer als Hoffmann-Naht doppelt fortlaufend und „non-torque“ angelegt werden. Gegenüber einer einfach fortlaufenden Naht bieten sie mehr Sicherheit und keinerlei Nachteile. Sollte die Bowman-Schicht im Empfänger-Gewebe nicht überall intakt sein, empfehlen sich Einzelnähte.

Die Vorteile der lamellären Keratoplastik liegen darin, dass Form, Struktur und Stabilität der eigenen Hornhautanteile erhalten bleiben, da nur erkrankte Bereiche ersetzt werden. Es ist weniger Antigen erkennbar und intraoperativ arbeitet man in einem teilweise geschlossenen System.

Bei der Deep Anterior Lamellar Keratoplasty (DALK) ist das gesamte Stroma austauschbar. Weitere Vorteile sind hier, dass man mit dem bestmöglichen Interface arbeitet, auch Transplantate mit schlechtem Endothel verwendbar sind und eine endotheliale Abstoßung ausgeschlossen ist. Jedoch ist die Freilegung der Deszemet schwierig und es kann zu einer Perforation kommen. Man muss mit Funktionseinbußen wegen des belassenen Stromas und Interface rechnen.

Indiziert ist die DALK bei allen Keratoplastiken mit intaktem Endothel. Bevorzugt wird diese Methode bei Patienten mit hohem Abstoßungsrisiko, wie zum Beispiel Atopiker oder Down-Syndrom, bei tektonischer Vorbereitung, wie zum Beispiel Kera-

toglobus und bei chronischer intraokularer Entzündung angewandt. Die Autoren versuchen grundsätzlich eine DALK durchzuführen, wenn es sinnvoll erscheint, da sie eine extra Chance ohne ein extra Risiko bietet. Funktioniert es nicht, dann sind die Ergebnisse dennoch nicht schlechter als bei einer pKp.

Die endotheliale Keratoplastik mit der Descemet's stripping automated endothelial

keratoplasty (DSAEK) und Descemet's membrane endothelial keratoplasty (DMEK) sind heute definitiv die Methoden der Wahl bei allen endothelialen Dekompensationen als Ursache einer Hornhauttrübung, sofern Stroma und Oberfläche weitgehend intakt sind. Die offensichtlichen Vorteile liegen darin, dass der

Eingriff nahtlos ist und über eine kleine Inzision – wie bei der Kataraktchirurgie – erfolgt und damit weitgehend refraktionsneutral bei hoher mechanischer Stabilität ist. Die endotheliale Keratoplastik ist kombinierbar und wiederholbar, die Innervation bleibt intakt und man arbeitet intraoperativ im geschlossenen System. All dies führt zu einer raschen Rehabilitation.

Prof. Neuhann hat seit 2006 mehr als 800 DSAEKs durchgeführt. Nach vier bis acht Wochen lag der Visus bei praktisch allen Augen bei 0,6, sofern Medien, Makula und N. opticus ohne Befund waren. Etwa 25% der Augen hatten einen Visus von 0,7–0,8, einige Augen 1,0, meist nahm der Visus mit der Zeit zu. Die Patienten sind sehr zufrieden. Bislang kam es nur in 2% aller Fälle zu einer Abstoßung, eine Spät-Dekompensation nach initialem Erfolg trat nur sehr selten auf. Drucksteigerungen waren nicht zu verzeichnen.

Die DMEK ist die derzeit erfolgreichste Methode. Man arbeitet mit der dünnsten möglichen Schicht bei minimalen Abstoßungsraten und erreicht einen sehr guten Visus mit hohen Anteilen von 0,8–1,0. Die Lernkurve ist flacher als bei den anderen Techniken. Anfangs ist die Präparation des Transplantats aufwendiger und die Dislokationsrate höher. Bei schlechtem Einblick ist der Eingriff zunehmend weniger kontrollier-

bar. Auch hier hilft die Erfahrung oder aber ein intraoperatives OCT. Bei komplizierten Ausgangssituationen ist die DMEK komplikationsanfälliger. Das Potenzial der DMEK ist sehr hoch. Sobald die Transplantate fertig präpariert aus der Hornhautbank kommen, wird das der DMEK einen weiteren Aufschwung geben. Im Vergleich zur DSAEK ist das Handling bei der DMEK besser, bei vergleichbaren funktionellen Resultaten. Der pKp ist die DMEK in jeder Hinsicht überlegen.

Eine DSAEK wird von Prof. Neuhann standardmäßig bei schlechtem Einblick ins Auge, zum Beispiel wegen eines Ödems, bei komplikationsträchtigen Situationen wie Aphakie oder Vitrektomie, bei limitierter Visusprognose und bei limitierten Möglichkeiten der Nachbetreuung durchgeführt. Die DMEK kommt bei genügend gutem Einblick und symptomatischer, aber noch nicht oder erst beginnender dekompensierter Fuchs'scher Endotheldystrophie oder bei endothelialen Dekompensationen anderer Ursache zum Einsatz.

Zu den Indikationen für eine Limbus-Stammzell-Transplantation gehören die Hornhauttrübung und konjunktivalisierte Oberfläche bei Verätzungen und Verbrennungen, kongenitaler Aniridie, „stromalen“ Heredodegenerationen, okulärem Pemphigoid und idiopathischer Stammzellinsuffizienz.

Die Stammzell-Transplantation kann autolog direkt vom Partnerauge, nach Expansion vom Partnerauge, als Bindehaut-Autotransplantat oder Interponat und über Mundschleimhaut-Expansion erfolgen. Heterologe Optionen sind die Limbus-Keratoplastik, das direkte Transplantat und nach Expansion auf Amnionmembran. Die Vorteile der direkten Limbustransplantation liegen in der geringeren Anzahl primärer Versager, in dem einzeitigen Vorgehen und in dem meist dauerhaften Erfolg, wenn sie einmal erfolgreich war. Jedoch ist der Gewebebedarf relativ hoch und es kommt nur ein völlig gesundes Partnerauge als Spender infrage.

Bei der autologen Bindehaut-Interposition oder „Pterygium-OP“ ist die Idee, mit den restlichen vorhandenen Stammzellen den Limbus zu repopulieren, ohne vorherige Überwachung durch die Bindehaut.

Die heterologe Limbustransplantation erfolgt direkt oder nach Expansion auf die Amnion-

membran. Daher ist diese Technik auch bei einem einzigen Auge oder beidseitiger Insuffizienz möglich. Eventuell findet man geeignete Spender im Verwandtenkreis des Patienten. Zu beachten ist, dass ein typisiertes Transplantat und eine langzeitige Immunsuppression erforderlich sind.

In München ist die direkte autologe Limbustransplantation die erste Wahl bei der Vorgehensweise. Bei erfolgversprechendem Triplet Matching ist die zweite Wahl die heterologe Limbustransplantation. Ohne Immunsuppression ist die Langzeitprognose fraglich. Beim autologen Bindehaut-Interponat sind die ersten Ergebnisse bei vermuteter inkompletter Insuffizienz erfolgversprechend.

Die Boston-Keratoprothese (Kpro) wurde in den 60er-Jahren von Claes Dohlman entwickelt und ist seit 1992 in den USA zugelassen und seit 2015 in Europa CE-zertifiziert. Die Implantationszahlen stiegen durch fortlaufende Verbesserungen des Designs und der Nachbehandlung stark an. Mittlerweile ist das Implantat in 58 Ländern verfügbar und wurde etwa 11.000-mal implantiert. Prof. Neuhann implantiert das Kpro seit 2009 und hat zwischenzeitlich 40 eigene Fälle. Die Indikation für das Kpro lässt sich so zusammenfassen, dass es eingesetzt werden kann, wenn es keine vernünftige Erfolgchance für eine Keratoplastik gibt. Gründe können mehrfache irreversible Abstoßungen sein, mehrfache irreversible Wiedereintrübungen von Keratoplastiken oder eine nicht beherrschbare Oberflächenproblematik, zum Beispiel bei Stammzellensuffizienz mit Konjunktivalisierung oder bei nicht epithelisierenden Oberflächen mit rezidivierender Infektion, Ulzeration oder Einschmelzung. Eine primäre Implantation kann erwogen werden, wenn die Erfolgsprognose für die Keratoplastik sehr schlecht ist, zum Beispiel bei entsprechendem Verlauf am Partnerauge, bei massiv vaskularisierter Hornhaut und wenn eine Immunsuppression nicht möglich ist. Sollte das Implantat nicht den erhofften Erfolg bieten, kann es im schlimmsten Fall wieder explantiert werden. Gegenüber der Osteo-Odonto-Keratoprothese (OOKP) ist die Implantation des Kpro weniger aufwendig. Außerdem ist die OOKP gerade bei älteren Menschen mangels geeignetem Zahn nicht immer möglich und der Eingriff praktisch nicht reversibel.



*DSAEK und DMEK sind bei der Keratoplastik aus endothelialer Indikation heute erste Wahl und „Stand der Kunst“. Das funktionelle Ergebnis ist optimal oder wenigstens den Bedürfnissen entsprechend, mit kurzer Rehabilitationszeit, wenigen Komplikationen und vergleichsweise geringem Nachsorgeaufwand. Die DSAEK und die DMEK haben die Rehabilitation von endothelial dekompensierten Hornhäuten revolutioniert und so die Schwelle für die Keratoplastik deutlich gesenkt.*

*Die Boston-Keratoprothese ist – neben der aufwendiger zu implantierenden OOKP – die einzige verbleibende Option für ansonsten permanent blinde Augen. Bei korrekter Indikationsstellung und perfekter Compliance von Patient und Arzt bietet diese Technik mittlerweile eine hohe Retentionsrate.*

*Seit ihrer Erfindung vor 100 Jahren und seit der Einführung der mikrochirurgischen direkten Naht vor 50 Jahren war die Hornhauttransplantationschirurgie nie so raffiniert, variantenreich, erfolgreich und spannend wie heute, auch wenn es einige Hürden wie Transplantat-Beschaffung und fehlende Budget-Anpassungen gibt.*

## DSAEK, DMEK, DALK – Was soll ich tun?



PD Dr. Martin Dirisamer, München

Dieser Frage widmete sich PD Dr. Martin Dirisamer (München). Betrachtet man die Häufigkeit der unterschiedlichen Eingriffe, so zeigt sich, dass die Anzahl an penetrierenden Keratoplastiken (PK) in den USA seit 2005 abnimmt, während die endotheliale Keratoplastik (EK) zunimmt. Seit 2012 wird die EK häufiger als die PK durchgeführt. Die Anzahl anteriorer lamellärer Keratoplastiken bleibt über die Jahre weitgehend konstant. In Deutschland erfolgte der Schritt in die

Zukunft früher: Die PK ging seit 2008 mit 87% bis 2013 auf 52% zurück und wurde zunehmend durch die posteriore lamelläre Keratoplastik ersetzt, wobei in den letzten Jahren die DMEK den größten Anteil ausmacht. Auch in Deutschland blieb die Anzahl der anterioren lamellären Keratoplastiken weitgehend konstant.

Die Deep Anterior Lamellar Keratoplasty (DALK) ist bei Keratokonus, tiefen stromalen Narben, stromalen Hornhautdystrophien und (post-LASIK) Ektasien indiziert. Ungeeignet sind dagegen Augen mit perforierenden Verletzungen, nach PK, Keratokonus mit Hydrops und bei endothelialer Mitbeteiligung. Es gibt unterschiedliche Techniken zur Freilegung der Descemet-Membran. Die Lamelle kann entweder mit einem Spatel nach Melles disseziert werden, was mit einem höheren Perforationsrisiko verbunden ist, oder über eine Big Bubble Air Dissection nach Anwar. Hier werden 3/5 bis 4/5 des Stromas zentral und dicht an der Descemet-Membran abpräpariert und anschließend Luft insuffliert. Bei manueller Trepanation ist mit ungleichen Schnittkanten zu rechnen. Ein Vorteil der Femtosekundenlaser-gestützten Trepanation könnten die kongruenteren Schnittkanten sein. Eine Vergleichsstudie aus dem Jahr 2013 (Amavem AF, Hamdi IM, Hamdi MM. Cornea 2013;4:2–5) ergab vergleichbare Ergebnisse von DALK und PK in Bezug auf Langzeit-Visus, sphärisches Äquivalent und refraktiven Zylinder. Die Vorteile der DALK gegenüber der PK sieht Dr. Dirisamer darin, dass es zu keiner endothelialen Abstoßung kommt und dass er im geschlossenen System arbeiten kann. Vorteilhaft ist weiterhin die längere Überlebenszeit des Transplantats, die frühere Nahtentfernung und das geringere Risiko für expulsive Blutungen und postoperative Perforationen. Jedoch ist die DALK recht zeitaufwendig und chirurgisch herausfordernd bei flacher Lernkurve. Die Visus- und Refraktionsergebnisse sind nicht besser als bei der KP.

Die Indikationen für die Posteriore Lamelläre Keratoplastik (DS(A)EK, DMEK) sieht Dr. Dirisamer bei Fuchs'scher Endotheldystrophie, posteriorer polymorpher Dystrophie, bullöser Keratopathie und kongenitaler hereditärer Endothel-Dystrophie. Fraglich geeignet ist diese Methode bei Aphakie, posttraumatischer Aniridie, komplexen Vorderabschnitts-Pathologien, schlechter Visualisie-

rung und Nanophthalmus. Eine Analyse von 500 konsekutiven DMEK-Operationen ergab bessere Visusergebnisse und eine schnellere Rehabilitation der Patienten im Vergleich zu früheren endothelialen Keratoplastik-Techniken. Komplikationen traten bei 16,2% der Patienten intraoperativ und bei 16,6% der Patienten postoperativ auf. Re-Operationen wie Re-Bubbling und Re-Keratoplastiken waren bei 5% der Patienten erforderlich. Eine Vergleichsstudie ergab für DMEK-Patienten im Vergleich zu DSAEK-Patienten einen besseren Visus und eine schnellere Rehabilitation, während der postoperative Endothelzellverlust und das sphärische Äquivalent vergleichbar waren. Die besseren klinischen Ergebnisse mit einem besseren Visus und einem sehr geringen refraktiven Shift, die anatomische Wiederherstellung und die geringere Abstoßungsrate sieht Dr. Dirisamer als Vorteil bei der DMEK im Vergleich zur DSAEK. Aber auch die DMEK ist chirurgisch herausfordernd bei flacher Lernkurve. Die Zweischritt-Prozedur mit Präparation des Spendergewebes kann eine gewisse Herausforderung darstellen. Der Einsatz der DMEK bei komplexen Vorderabschnitts-Pathologien ist fraglich.

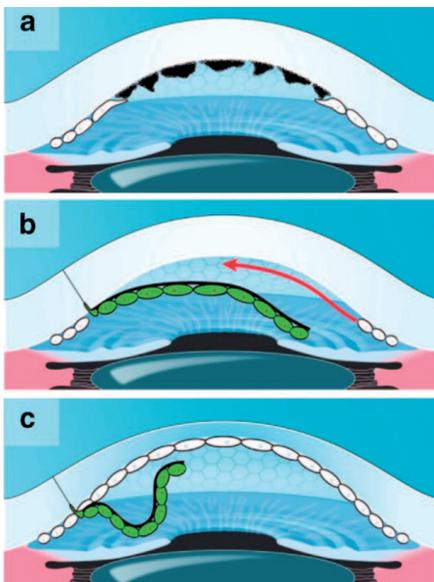


Abb. 11: Aufklärung des Transplantats durch Descemetorhexis (a. Barriere durch Guttae; b. Descemetorhexis; c. Besiedelung des posterioren Stromas durch Endothelzellen).

Am Klinikum der Universität München wurde bei zwölf von 200 konsekutiven DMEK-Fällen ein komplexer kombinierter Eingriff durchgeführt. Davon wurde bei acht Patienten zusätzlich zur DMEK eine Explantation der Vor-

derkammerlinse mit Implantation einer retropupillären Verisyse-Linse durchgeführt, bei drei Fällen mit Aphakie erfolgte eine Implantation einer sulcusfixierten Linse und in einem Fall wurde bei Aphakie eine sklerafixierte Linse implantiert. In allen Fällen konnte ein Visusanstieg verzeichnet werden. Die Pachymetrie ergab eine Verringerung der zentralen Hornhautdicke von im Mittel 758 µm präoperativ auf 505 µm postoperativ mit klarer Hornhaut. Das DMEK-Transplantat legte sich in allen Fällen an. Bei einem Patienten wurde ein erfolgreiches Re-Bubbling durchgeführt, es traten in keinem der Fälle nennenswerte intraoperative Komplikationen auf.

Aktuelle Entwicklungen in der Hornhaut-Transplantationschirurgie haben das Ziel, eine Spenderhornhaut für zwei Operationen zu nutzen, da ein Transplantat-Mangel besteht. Üblicherweise werden bei der Standard-DMEK Transplantate mit einem Durchmesser von 8,5–9,5 mm verwendet. Bei der hemi-DMEK wird die gesamte Spenderhornhaut (11–12 mm Durchmesser) geteilt und für zwei Empfänger verwendet. Erste Ergebnisse zeigen gute Visuswerte nach sechs Monaten. Alle Patienten erreichten einen Visus von 0,5 oder besser und über 80% einen Visus von 0,8 oder besser. Während der Endothelzellverlust bei der Standard-DMEK einen Monat nach dem Eingriff am höchsten ist, wurde der höchste Verlust bei der hemi-DMEK innerhalb der ersten drei Monate gemessen. Initial waren die halbkreisförmigen Spenderhornhäute peripher ödematös und frei von Endothelzellen. Nach 6 Monaten waren keinerlei Ödeme mehr zu sehen und die Endothelzellzahl hatte sich durch eine Redistribution der Zellen den zentralen Werten angeglichen.

Der Blick in die Zukunft der Hornhautchirurgie lässt interessante Entwicklungen erkennen. So könnte durch eine isolierte Descemetorhexis erreicht werden, dass Transplantate trotz Ablösung aufklaren. Normalerweise bilden Guttae eine Barriere, die ein Migrieren der Endothelzellen verhindert. Durch die Descemetorhexis wird die Barriere entfernt. Nun können die Endothelzellen migrieren und das posteriore Stroma besiedeln (Abb. 11).

Auch aus genetischer Sicht sind Fortschritte zu erwarten. So ist es gelungen, die Fuchs'sche Endothel-Dystrophie (FED) ge-

nauer zu differenzieren. Eine Mutation im TCF4-Gen tritt in geringer Prävalenz auf, birgt aber ein hohes Risiko, FED zu entwickeln. TCF8- und FCD4-Mutationen können die Ausprägung der FED beeinflussen. FCD3-Mutationen zeigen mildere Phänotypen als FCD1+2. Aktuell ist eine multizentrische Studie mit Beteiligung der LMU München in Planung, um zu untersuchen, welche Genmutationen ein besseres regeneratives Potenzial zeigen.

Möglicherweise lässt sich eine maßgeschneiderte Behandlung der FED entwickeln, zum Beispiel durch eine isolierte Descemetorhexis, eine DMET-Operation, durch kultivierte Spenderzellen auf Biomatrix, eine hemi-DMEK oder auch durch eine Standard-DMEK.

*Neuere Methoden sind dabei, die penetrierende Keratoplastik abzulösen. Auch wenn die Visusergebnisse nicht besser und die Rehabilitation der Patienten nicht schneller sind, bietet die DALK wichtige Vorteile wie die frühere Nahtentfernung, die bessere Haltbarkeit des Transplantats und die geringere Komplikationsrate. Bei der posterioren lamellären Keratoplastik zeigt die DMEK bessere Ergebnisse gegenüber der DSAEK. Interessante Entwicklungen zeichnen sich in Bezug auf die Verwendung eines Transplantats für zwei Augen und in einem genetischen Therapieansatz der Fuchs'schen Endothel-Dystrophie.*

### Ab interno Kanalooplastik – das AB(i)C der minimalinvasiven Glaukomchirurgie



Prof. Maya Müller, Zürich

Die minimalinvasive Glaukomchirurgie (MIGS) wird in der letzten Zeit verstärkt mit Stents in Verbindung gebracht, da zwischenzeitlich schon etwa 130 verschiedene Produkte verfügbar oder in Erprobung sind. Das Interesse von Frau Prof. Maya Müller (Zürich)

liegt in Bezug auf die MIGS jedoch in der ab-interno-Kanaloplastik. Versteht man das Glaukom als mangelnde Gewebewegung mit Verlust der Autoregulation, als Abflussblockade und als erhöhten Abflusswiderstand aufgrund verklebter Wände des Schlemmschen Kanals (SK), dann ist die Kanaloplastik ein kausaler Therapieansatz zur kompletten Wiederherstellung des natürlichen Kammerwasser-Abflussweges. Dazu gehören die Dilatation des SK, die Eröffnung und Erweiterung der Kollektorkanäle sowie die Aufrechterhaltung eines permanenten SKs. Diese Prozesse scheinen natürlicher zu sein als künstliche Bypässe und Shunts und sind unabhängig von der Gewebereaktion.

Der Durchmesser des SK ist abhängig vom Augeninnendruck (IOD). Bei normalem oder niedrigem IOD strömt Flüssigkeit aus dem Trabekelwerk zum Ausgleich in den SK ein, das Gewebe bewegt sich zurück und der SK öffnet sich. Ist der IOD erhöht, dann drückt Flüssigkeit im Trabekelmaschenwerk die innere Endothelwand des SK nach außen, was zu dessen zirkulärer Verengung führt. Die Funktion des SK als biomechanische Pumpe mit IOD-abhängigen Bewegungen und der pulssynchrone Abfluss in die Kammerwasser-venen wurden von der Forschungsgruppe um Johnstone in mehreren Studien nachgewiesen. Bei einem IOD von 30 mmHg sind 95% der Kollektorkanäle blockiert, da das Trabekelmaschenwerk in die Kanäle gepresst wird. Die Sammelkanäle sind jedoch wichtig für den Kammerwasserabfluss. Augen mit primärem Offenwinkelglaukom (POWG) zeigen einen schmalen SK und engere Kollektorkanäle mit teilweise kompletten Herniationen. In diesen blockierten Regionen ist der Abflusswiderstand und damit auch der IOD erhöht. Auch beim gesunden Auge findet man Herniationen, jedoch sind diese partiell, während beim POWG signifikant mehr komplette Herniationen auftreten.

	Kanaloplastik	Trabekulektomie
<b>OP-Dauer</b>	-	+
<b>IOD</b>	+	+
<b>Kombination mit Phako</b>	+	-
<b>Komplikationen</b>	+	-
<b>Weitere Maßnahmen</b>	+	-
<b>Postoperative Betreuung</b>	+	-
<b>Kosten</b>	+	-
<b>Lebensqualität des Patienten</b>	+	-

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Operationsverfahren Kanaloplastik und Trabekulektomie.

Prof. Müller bevorzugt seit 2008 die Kanaloplastik als Glaukomeingriff. Die Gründe dafür liegen in der oben beschriebenen Pathophysiologie und in dem erhöhten Versorgungsaufwand und dem ausgeprägteren Risikoprofil der Trabekulektomie (TE). Bestätigung für ihre Entscheidung zur Kanaloplastik findet Prof. Müller in den guten Ergebnissen. Bei vergleichbarem postoperativem IOD erfordert die TE eine intensivere postoperative Betreuung, die nicht nur die Kosten erhöht, sondern auch die Lebensqualität der Patienten nachteilig beeinflusst. So hat eine Studie (Brüggemann A, Müller M. Klin Monbl Augenheilkd 2012;229:118–1123) gezeigt, dass bei 21 Augen nach Kanaloplastik nur vier postoperative Interventionen erforderlich waren. Bei 40 Augen in der TE-Gruppe kam es zu 107 postoperativen Interventionen mit elf stationären Wiederaufnahmen. Tabelle 1 zeigt die Vor- und Nachteile der beiden Operationsverfahren. Auch das Sicherheitsprofil ist bei der Kanaloplastik (n=157) günstiger als bei der TE (n=107) oder bei Shunt-Operationen (n=105). Zwar gibt es keine Vergleichsstudie mit allen drei Verfahren, jedoch liegen die Re-Operationsrate bei Komplikationen (3,2% vs. 9% vs. 14%), der Visus-Verlust (0% vs. 22% vs. 16%) und die Gesamtzahl der Patienten mit Komplikationen (0,6% vs. 27% vs. 22%) in unterschiedlichen Dimensionen. Alternativ zum Faden kann bei der Kanaloplastik auch der Stegmann-Canal-Expander verwendet werden, die Ergebnisse sind vergleichbar.

Zwischenzeitlich liegen Ergebnisse mehrerer Kanaloplastik-Studien mit ein bis drei Jahren Nachbeobachtungszeit vor. In allen Studien wurde eine signifikante IOD-Senkung berichtet, Medikamente waren in geringerer Anzahl oder gar nicht mehr erforderlich. Im Rahmen einer multizentrischen Studie mit 30 Patienten wurde eine kombinierte Phako-Kanaloplastik durchgeführt. Nach drei Jahren lag die durchschnittliche IOD-Senkung bei 42% und die Reduktion der Medikation bei 80%; 78% der Patienten benötigten nach drei Jahren gar keine Medikation mehr (Lewis RA et al.

J Cataract Refract Surg. 2009;35:814–824). Eine Subgruppen-Analyse dieser Studie zeigt, dass der IOD bei der Kanaloplastik nur bei einer Vasodilatation über 360° ausreichend reduziert wird.

Betrachtet man die IOD-Senkung nach Kanaloplastik und TE im Detail, so sollte man sich nicht von vergleichbaren Mittelwerten in die Irre führen lassen. Die mit der TE gelegentlich einhergehenden Hypotonien verbessern den Mittelwert dieses Verfahrens. Bei der TE ist eine höhere Standardabweichung zu verzeichnen.

Ein sehr neues Verfahren ist die ab-interno-Kanaloplastik (ABiC). Ziel ist ein möglichst effizienter, risikoarmer und patientenfreundlicher Eingriff. Konsens herrscht, dass postoperativ meist noch Medikation erforderlich ist. Die ABiC erfasst alle Abflusswiderstände – das Trabekelmaschenwerk, den SK und die Sammelkanäle. Zwischenergebnisse einer laufenden Studie zeigen bei Patienten, bei denen ausschließlich eine ABiC durchgeführt wurde, eine IOD-Senkung von 37% und eine Reduktion der Medikation von 67% nach zwölf Monaten. Wurde die ABiC mit einer Kataraktchirurgie kombiniert, so lag die IOD-Senkung nach zwölf Monaten bei 23,4% und die Reduktion der Medikamente bei 50%.

Prof. Müller sieht viele Vorteile bei der ABiC:

- Minimalinvasiv
- Schnell (ca. 15 min)
- Minimales Trauma (2 Parazentesen, kleine Goniotomie)
- Oberflächenneutral
- Kaum Komplikationen
- Kein Implantat
- Gut kombinierbar mit Kataraktchirurgie
- Einfache Nachsorge
- Keine Einschränkung bzgl. zukünftiger Eingriffe.

Die ABiC eignet sich – wie alle MIGS – für Patienten mit leichtem bis mäßigem Glaukom. Vorteilhaft ist diese Operation auch für Kataraktpatienten, die Glaukom-Medikamente nehmen. Zu beachten ist jedoch, dass keine absolute Tropfenunverträglichkeit bestehen sollte, da viele Patienten weiterhin Glaukom-Medikation benötigen werden, wenn auch stark reduziert. Die ABiC erlaubt eine frühere Intervention als andere Verfahren.



Die ABiC ist eine effiziente minimal-invasive Glaukomchirurgie bei Patienten mit leichtem bis mittelschwerem Glaukom, die die Pathophysiologie des Glaukoms umfassend bearbeitet. Der Eingriff lässt sich schnell durchführen und ist mit der Kataraktchirurgie gut kombinierbar. Die Kosten der ABiC sind vergleichbar mit denen anderer MIGS-Eingriffe. Der risikoarme Eingriff erlaubt eine frühere Intervention. Langzeitstudien sind erforderlich, um den langfristigen IOD-Verlauf zu untersuchen.

### Swept Source OCT – faszinierende 3-D-Diagnostik



Dr. Peter Maloca, Basel

Optische Kohärenz-Tomographie (OCT) bildet Gewebestrukturen mit einer Penetrationstiefe von 2–4 mm ab. Ein Nahinfrarot-Lichtstrahl von einer kohärenten Breitband-Lichtquelle wird auf das Zielgewebe gerichtet und das vom Gewebe reflektierte Licht wird erfasst. Unterschiedliche Gewebe haben unterschiedliche Eigenschaften, die die Intensität des reflektierten Lichts beeinflussen.

Die Swept-Source-OCT-Technologie stellt einen großen Fortschritt zum Spektral-Domänen-OCT dar. Die Wellenlänge von 1050 nm erlaubt deutlich mehr Detailerkennung und penetriert leichter durch Katarakte oder Hämorrhagien. Das Hochgeschwindigkeits-Scanning mit 100.000 A-scans/sec ist angenehm für die Patienten. Da das 1050 nm Licht unsichtbar ist, werden die Patienten auch nicht geblendet oder abgelenkt. Die lange Wellenlänge der Swept-Source-Technologie ermöglicht die Bildgebung tieferer okulärer Strukturen wie Choroid und Lamina cribrosa, die bisher wegen des dichten retinalen Pigmentblatts unerreichbar schienen. Ein weiterer Vorteil des SS-OCT ist die gleichmäßige Empfindlichkeit über das gesamte Scan-Fenster. Damit können Glaskörper, Retina und tiefere okuläre Strukturen in einem einzigen Scan visualisiert werden. Im Jahr 2014 wurde eine einheitliche internationale OCT-Nomenklatur verabschiedet (Staurenghi G et al. Ophthalmology 2014; 121:1572–1578) (Abb. 12). Dr. Peter Maloca (Basel) stellte interessante Fälle aus den Bereichen Glaskörper, Retina und Gefäße vor, in denen das SS-OCT eine bessere Diagnostik als herkömmliche Verfahren ermöglicht. Zunächst ging es um einen Katarakt-Fall mit einem Visus von 0,3, jedoch klagt die Patientin über Metamorphopsien. Grundsätzlich wäre es sinnvoll (auch aus juristischer Sicht), vor jeder Kataraktchirurgie ein präoperatives OCT zu machen, jedoch ist dies unter heutigen Budget-Gesichtspunkten praktisch nicht durchführbar. Statische 2-D-OCT-Bilder sind

immer die zweitbeste Lösung, da die Welt ja dreidimensional ist, so Dr. Maloca. Zunächst gilt es zu prüfen, ob alle drei Schichten im OCT-Bild sichtbar sind. Eine Eselsbrücke für die Gewebeschichten von innen nach außen mit „O“ für „Outer limiting membrane“, „C“ für „receptor layer“ und „T“ für „pigment epithelium“ hilft hier weiter. Das OCT-Bild zeigt eine Makulatraktion. Infrage kämen eine Ocriplasmin-Therapie oder ein Peeling, aber vielleicht ist es auch besser, gar nichts zu unternehmen. Sinnvoll ist es, im OCT-Bild zwischen Farbe und Schwarzweiß-Ansicht zu wechseln, um mehr erkennen zu können. Aussagekräftiger sind grundsätzlich dreidimensionale Bilder. Diese zeigen beim Drehen und Kippen deutlich mehr vertikale Traktionen als im 2-D-Bild erkennbar waren. Damit liegen also eine vitreoretinale Traktion und eine Gliose vor und Ocriplasmin ist kontraindiziert. Die polytope Traktion erschwert den Eingriff für den Operateur. Im Prinzip lassen sich ähnlich aussagekräftige Bilder auch mit herkömmlichen OCTs erstellen, jedoch entstehen durch die längere Scandauer Bewegungsartefakte, die die Interpretation der Bilder erschweren. Für den aktuellen Fall empfiehlt Dr. Maloca ein Peeling, da die Patientin mit ihrem Sehvermögen unzufrieden war und nach einer dauerhaften Lösung suchte. Beim zweiten Netzhautfall handelte es sich um eine Katarakt bei Visus 0,5 mit Makulaödem. Es stellte sich die Frage, ob eine Fluoreszein-Angiographie, eine Prednisolon forte Behandlung oder eine anti-VEGF-Therapie durchgeführt werden sollte. Die im OCT erkennbaren drei Schichten weisen auf eine gute Situation hin. Innerhalb von drei Sekunden erstellt das SS-OCT 256 Bilder. Was zunächst im 2-D-Bild wie ein Makulaforamen aussah, stellt sich im 3-D-Bild als Pseudofoforamen und Gliose dar. Das Betrachten eines einzigen OCT-Schnittbildes genügt nicht zur Sicherung der Diagnose, lautet das Verdikt. Entfernt man das Rauschen aus dem Bild, so ist die Oberfläche nicht so glatt, wie sie im Querschnittsbild erscheint. Die Reise durch die OCT-Bilder in 3-D zeigt die typische Wellenform einer Gliose. Bezüglich der Therapie stellt sich die Frage, ob nur eine Kataraktoperation, nur ein Peeling oder beides durchgeführt werden soll. Mit einem Peeling ließ sich bei diesem Fall der Visus auf 1,0 erhöhen. Als dritten Fall stellt Dr. Maloca eine Patientin

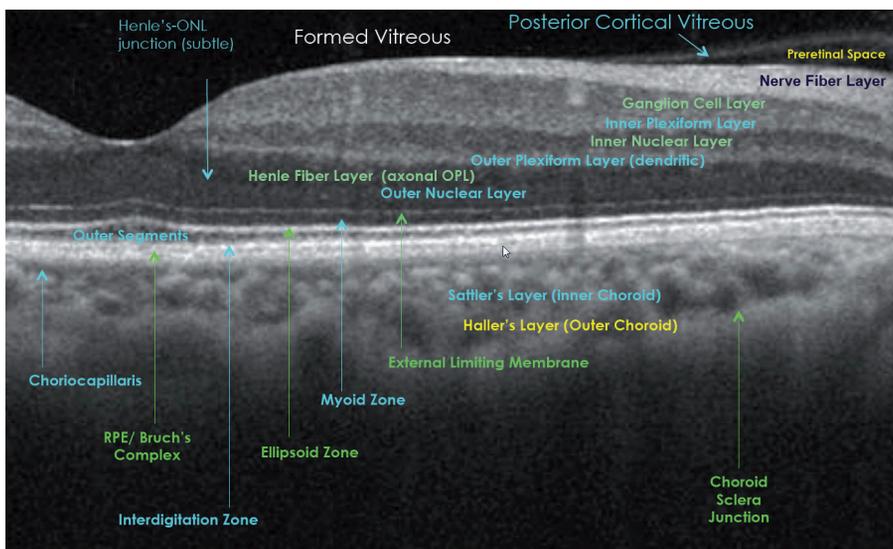


Abb. 12: Internationale OCT-Nomenklatur.

vor, die seit 20 Jahren Diabetikerin ist. Die Fundusfotografie des rechten Auges zeigt viele kleine gelbe Punkte einer Glaskörper-Degeneration, aber keinerlei Aneurysma. Das Partnerauge wurde bereits nach einseitiger proliferativer diabetischer Retinopathie gelasert. Die Fluoreszenzangiographie des rechten Auges zeigt relativ normale zentrale Verhältnisse, jedoch deutliche Veränderungen in der Peripherie. Hier macht ein Angio-OCT Sinn, um die Gefäße darzustellen. Die ersten Geräte machten mehr oder weniger Schnitte durch die Retina, die summiert werden. Ein „Rauschen“ weist auf einen Blutfluss hin. Neuere Geräte erlauben Scans in unterschiedlichen Tiefenbereichen, dem Superficial-Vascular-Complex mit netzartigen Strukturen und dem Deep-Vascular-Complex mit streifenförmigen Strukturen und eine Unterscheidung zwischen Neovaskularisierung und Blutung. Bislang lag der maximale Scan-Bereich bei 3x3 mm, dafür wurden 3-5 sec benötigt, nun sind auch Bereiche von 9x12 mm und eine 3-D-Darstellung möglich. Dr. Maloca zeigte beeindruckende Videos, bei denen man sich in die retinalen Gefäße hineinbewegt und virtuell durch sie hindurchfliegt. Die Angio-OCTs der Patientin zeigten in der mittleren Peripherie zahlreiche Gefäßabbrüche, die im Fundus-Farbfoto einfach nicht zu erkennen waren. Am Ort der diabetischen Mikroangiopathie, nämlich der feinen retinalen Kapillaren, kann eine normale Fotografie das wahre Ausmaß verschleiern und zu einer falschen Sicherheit führen.

Bildet man das Choroid mit dem SS-OCT dreidimensional ab, so kann man nach Entfernen des Rauschens die Gefäße, das Gewebe und sogar kleine Tumore mit einer Größe von 250 µm erkennen. Dies ist möglich mit einer von Dr. Maloca und seiner Forschungsgruppe am OCTlab der Universität Basel entwickelten Technologie, der Virtual Choroidal Tumoropsy.

**Die Swept Source OCT-Technologie mit 3-D-Darstellung und größeren Scan-Bereichen bis zu 9x12 mm erlaubt eine detailliertere Diagnostik als bisherige Technologien. Die Patienten können besser beraten und eine Therapieentscheidung leichter herbeigeführt werden.**

### Femtophako – wird es überleben?



PD Dr. Florian Sutter, Herisau (links) und Prof. Bojan Pajic, Reinach (rechts).

Eine spannende Pro-Contra-Diskussionen lieferten sich Prof. Bojan Pajic (Reinach) und PD Dr. Florian Sutter (Herisau) über den aktuellen Stand und die Zukunftsaussichten der Femtolaser-gestützten Kataraktchirurgie (FLACS). Die einander wohlgesonnenen Kontrahenten waren gebeten worden, eine klare Position „pro FLACS“ (Prof. Pajic) und „contra FLACS“ (Dr. Sutter) einzunehmen.



Abb. 13: Aktuell verfügbare FLACS-Systeme.

Aktuell sind fünf FLACS-Systeme im Markt erhältlich (Abb. 13): LenSx Laser (Alcon), LensAR Laser System (LensAR Inc.), Catalys Precision Laser System (Abbott Medical Optics), Victus (Bausch & Lomb) und FEMTO LDV Z8 (Ziemer Ophthalmic Systems AG). Die Erwartungen an die FLACS sind hoch, so Prof. Pajic, denn für den Operateur macht die Investition nur dann Sinn, wenn sich die höhere Präzision auf das klinische Ergebnis auswirkt, der Zeit- und Platzbedarf angemessen ist und das Kosten/Nutzen-Verhältnis stimmt. Auch stellt sich die Frage, was ein Femtosekundenlaser alles können sollte, denn für die Kataraktchirurgie allein lohnt die Investition kaum. Die aktuellen FLACS-Systeme arbeiten mit unterschiedlichen Energiemengen. Hier ist zu beachten, dass mehr Energie auch eine höhere Apoptose-Rate der Keratozyten bedeutet (Abb. 14). Auch könnte eine Relati-

on zwischen zugeführter Energie und Entzündungsreaktionen bestehen, doch das ist schwer nachzuweisen. Hilfreich ist eine größere numerische Apertur, denn umso kleiner sind der Fokusbereich, die Pulsenergie zur Photodisruption und die potenziellen Nebenwirkungen. Prof. Pajic bevorzugt den dichteren Pulsabstand des Ziemer Z8 Lasers, bei dem die Spots überlappen. Bei den herkömmlichen Systemen ist der Abstand zwischen den Laserpulsen größer, sodass es zu keiner Überlappung kommt. Dies kann zu Gewebebrücken führen, die wiederum durch mechanische Mobilisation im CCI und Parazentesebereich zu Ödembildung im Bereich der Hornhaut führen können.

Auch die Anforderungen bezüglich Raumbedarf und -klima sollten beachtet werden. Für manche Systeme ist ein enger Bereich für die Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit vorgeschrieben, bei den meisten Lasern ist ein separater Raum erforderlich und die Patienten müssen interoperativ bewegt werden. Die Vorteile einer reproduzierbar präzisen Kapsulotomie mit dem Femtolaser in Bezug

auf Größe, Form und Zentrierung ist belegt (Donaldson KE et al. Cataract Refract Surg 2013;39:1753–1763). Studienergebnisse zeigen ein stabileres refraktives Ergebnis mit geringerem Tilt und geringerer Dezentrierung als bei einer manuellen Kapsulorhexis. Dr. Sutter bestätigt die bessere Zentrierung der IOL, weist jedoch auf die Ergebnisse von Toto et al (J Refract Surg 2015;31:524–530) hin, die zeigen, dass trotz besserer IOL-Zentrierung mit der FLACS kein Unterschied im refraktiven Vorhersagefehler zwischen FLACS und manueller Rhexis zu verzeichnen war. Von daher stellt sich die Frage, ob der statistisch signifikante Unterschied bei der Zentrierung auch eine klinische Relevanz hat. Prof. Pajic erwidert, dass die bessere Zentrierung Möglichkeiten für die Entwicklung neuer IOL-Designs ermöglicht, bei denen genau diese Präzision zum Tragen kommt.

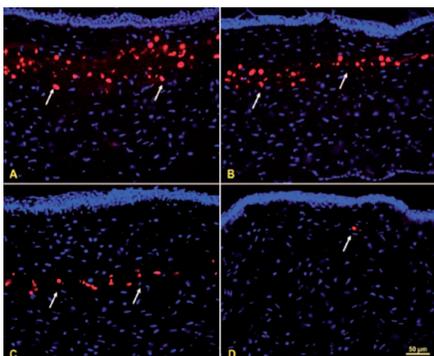


Abb. 14: Zunehmende Apoptose der Keratozyten (Pfeile) bei zunehmender Energie.

Prof. Pajic erklärt, dass die kontinuierlichen scharfkantigen Kapselschnitte die Stabilität der Kapsel erhöhen und das Risiko einer Kapselruptur während Phakoemulsifikation und IOL-Implantation senken. Dr. Sutter widerspricht und hält dagegen, dass es fraglich sei, ob die Kapselöffnung mit der FLACS dadurch wirklich sicherer und komplikationsärmer ist. Eine gleichmäßige präzise manuelle Kapsulorhexis „CCC“ ist in weniger als einer Minute machbar und auch weniger begabte Operateure können dies lernen. Auch sieht er ein Problem in der Lernkurve der Chirurgen, da eine Studie (Roberts et al. *Ophthalmology* 2013;120:227–233) signifikante Unterschiede in der Qualität der Kapsulotomie und dem Auftreten von Komplikationen zwischen den ersten 200 und den weiteren 1300 FLACS-Eingriffen gezeigt hat. An dieser Stelle hat Prof. Pajic den Einwand, dass die zitierte Arbeit auf Lasersystemen beruht, die noch ganz am Anfang der Entwicklung standen. In der Zwischenzeit hat sich sehr viel in der technologischen Weiterentwicklung des Femtosekundenlasers getan, sodass heute das Durchführen einer Kapsulorhexis sehr sicher ist und die Anwendung eine sehr steile Lernkurve hat.

Das bessere 3-D-Shaping der Inzision stellt Dr. Sutter nicht infrage. Allerdings sieht er bei der herkömmlichen Methode keine Wundprobleme, da das Stretching der Inzision ja erst später bei der Linsenimplantation erfolgt.

Die Fragmentierung des Linsenkerns ist mit allen Systemen effektiv, die vielen Fragmentierungsmuster erlauben eine individuelle Behandlung, berichtet Prof. Pajic. Durch die Fragmentierung lassen sich Linsenteile sehr leicht mobilisieren und konsekutiv sicher entfernen, was ebenfalls das Risiko einer

Kapselruptur senkt.

Mehrere Studien haben gezeigt, dass die benötigte Phakoenergie bei der FLACS signifikant geringer als bei der traditionellen Phakoemulsifikation ist. Dies sollte in einem geringeren Endothelzellverlust resultieren. Da weniger Energie und Flüssigkeit in das Auge gelangen, sollte auch das Risiko einer Entzündung oder eines Corneal Burns geringer sein.

Nagy et al. (*J Cataract Refract Surg* 2012 Jun;38(6):941–916) verglichen das Auftreten eines subklinischen Makulaödems bei FLACS und konventioneller Chirurgie und fanden eine etwas geringere Verdickung der äußeren Retinaschicht nach FLACS.

Prof. Pajic sieht ein intraoperatives OCT als großen Vorteil bei der FLACS, da es eine präzise Zentrierung der Kapsulotomie, eine exakte Positionierung der kornealen Inzisionen und eine automatische Kantendetektion erlaubt.

Im Rahmen einer Studie verglichen Prof. Pajic und sein Team die FLACS mit der konventionellen Phako bei 537 Patienten. Das Setup bei der Operation war ein Catarhex 3 Oertli Phakogerät und ein LDV Z8 Femtosekundenlaser. Das Alter der Patienten, die mittlere Kernhärte der Katarakt, der präoperative Visus und der präoperative IOP der beiden Gruppen waren vergleichbar. Die Dauer des gesamten Eingriffes unterschied sich nicht zwischen den beiden Gruppen, jedoch waren die Phakodauer und die Effective Phaco Time (EPT) bei der FLACS signifikant geringer. Wenn man die Phakozeiten eines nicht sehr erfahrenen Chirurgen betrachtet, so ist der Unterschied viel größer, das heißt, die Phakozeit betrug bei FLACS im Mittel 2,5 sec versus 14,4 sec bei konventioneller Kataraktchirurgie. Der Unterschied ist statistisch hoch signifikant. Bei einem Zieldurchmesser von 5 mm war der postoperative Kapsulorhexis-Durchmesser bei der FLACS mit  $5,03 \pm 0,09$  mm signifikant präziser als bei der konventionellen Phako ( $4,70 \pm 0,27$  mm) und die Streuung deutlich niedriger. Nach einem Tag war der Visus bei den FLACS Patienten signifikant besser als bei der Phako-Gruppe, jedoch gab es nach drei Wochen keine signifikanten Unterschiede mehr. Auch wenn eine schnelle Visusrehabilitation angestrebt werden sollte, fragt sich Dr. Sutter, ob es die 2000 Euro oder Schweizer Franken aus der Tasche der Patienten wert

sind, dass die Brille zwei Wochen früher angepasst werden kann.

Präoperativ gab es bei der Studie von Prof. Pajic keinen Unterschied in der Endothelzellzahl zwischen den Gruppen. Vier und zwölf Wochen nach dem Eingriff war die Anzahl der Endothelzellen jedoch bei der FLACS-Gruppe signifikant höher. Dieser Aspekt kann klinisch im Leben einer Hornhaut durchaus signifikant sein, da diese auch physiologisch im Laufe der Zeit an Endothelzellen abnimmt. Daher ist ein höheres Endothelzell-Niveau vorteilhaft. Auch hier fragt Dr. Sutter nach der klinischen Relevanz, da die Studienergebnisse zum Endothelzellverlust teils statistisch grenzwertige Unterschiede zwischen den Techniken zeigen.

Ein weiterer Vorteil, der für die FLACS sprechen soll, ist die Sicherheit bei sehr schwierigen Fällen, so Dr. Sutter. Eine Studie von Asena & Kaskaloglu (*Lasers Surg Med* 2016 Apr 22) zeigt jedoch, dass mit zunehmender Kernhärte die Anzahl suboptimaler Kapsulotomien bei der FLACS signifikant ansteigen. Prof. Pajic entgegnet, dass bei dieser Studie ein konventioneller Femtosekundenlaser zitiert wird, der bei der Applikation aufgrund seiner Technologie Gewebebrücken hinterlässt. Gerade mit der neuesten Generation Femtosekundenlaser, insbesondere mit hochfrequenter Applikation ist seiner Ansicht nach die Anwendung des Lasers bei schwierigen und sehr schwierigen Fällen ein großer Vorteil, nicht zuletzt wegen fehlender mechanischer Kräfte und der hohen Präzision während der Operation.

Eindeutige Nachteile bei der FLACS sieht der als FLACS-Gegner angeheuerte Dr. Sutter in den Investitionskosten, in der längeren Operationsdauer und im Wechsel vom Laser zur Phako-Weiterbehandlung wegen möglicher Sterilitätsrisiken. Die Kapselöffnung mit dem Femtolaser ergibt ein brüchigeres Ergebnis als eine manuelle Rhexis. Dem Auge tut der hohe Druck während des Ansaugens an das Interface nicht gut. Laut Prof. Pajic hängt die Operationsdauer beziehungsweise der Unterschied FLACS versus Phako sehr stark mit dem Lasersystem und der Organisation im Operationssaal zusammen. Es sei durchaus möglich, den Operationsablauf so zu organisieren, dass es keinen signifikanten Zeitunterschied zwischen den beiden Operationsmethoden mehr gibt. Ferner entfällt bei gewissen Lasersystemen das zitierte Sterili-

tätsrisiko, da der gesamte Eingriff unter dem Operationsmikroskop durchgeführt werden kann, das heißt Patient und Augenchirurg können an Ort und Stelle bleiben. Dabei ist ein voll mobiler Femtosekundenlaser sicher vorteilhaft.

Dr. Sutter sieht die FLACS daher als von der Industrie induzierte Mogelpackung, da die Vorteile klinisch kaum relevant scheinen und diese Technik sich deshalb nicht als Routineverfahren eignet. Wird die FLACS bei seriöser Indikationseinstellung und nicht aus finanzieller Motivation eingesetzt, so lässt sie sich aus Dr. Sutters Sicht nicht wirtschaftlich betreiben. Er sieht die FLACS auf wenige Zentren beschränkt, wo die wenigen schwierigen Fälle operiert werden. Dort wird der Laser dann voraussichtlich auch für Keratoplastiken eingesetzt werden. Mit einem Schmunzeln zieht Dr. Sutter das Resümee, dass die FLACS die perfekte Lösung für viele Probleme ist, die es in der Realität nicht oder kaum gibt. Daher sieht er die FLACS wieder vom Markt verschwinden.

Prof. Pajic beendete seine Ausführung mit einem Plädoyer für die FLACS, die die Präzision, die Reproduzierbarkeit, die Sicherheit und das refraktive Ergebnis des Eingriffes verbessert. Er sieht eine Zukunft für die FLACS und deren Weiterentwicklung.

Wichtig ist, so Prof. Pajic, dass das Operationsteam gut aufeinander eingespielt ist, da sonst der Wechsel zwischen den Operationen zu lange dauert. Bei einem gut funktionierenden Team sind vier FLACS-Operationen pro Stunde möglich.



*Die Femtolaser-gestützte Kataraktchirurgie hat ohne Zweifel Vorteile in der Präzision beim Anlegen von Inzisionen und Kapsulotomien. Studien zeigen, dass daraus eine bessere IOL-Zentrierung und eine frühere postoperative Stabilisierung der Refraktion resultieren. Die klinische Relevanz dieser Ergebnisse und damit das Kosten-Nutzen-Verhältnis der FLACS ist noch nicht abschließend geklärt.*

Einmal mehr ist es den Veranstaltern, Moderatoren und Referenten gelungen, ein spannendes Programm auf die Beine zu stellen, das vom Publikum dankbar aufgenommen wurde. Dies zeigte sich in der Diskussionsfreude der Zuhörer, die nicht nur die großzügig bemessene Diskussionszeit nach jedem Vortrag, sondern auch die Pausen für weitere Gespräche mit den Experten nutzten. Und so wundert es nicht, dass die Veranstaltungsreihe auch im Jahr 2017 fortgesetzt wird. Das 9. Come and See-Meeting wird am ersten Juliwochenende wiederum in Horn am Bodensee stattfinden.

Bitte notieren

9. Come and See Meeting 2017

- 30. Juni –1. Juli 2017
- Bad Horn, Schweiz
- [www.come-and-see.ch](http://www.come-and-see.ch)



Ophthalmologische Nachrichten  
Biermann Verlag GmbH  
Otto-Hahn-Str. 7, 50997 Köln, Deutschland  
Tel.: 02236-376-0  
Sonderbeilage ON 12/2016

ophta  
Sonderbeilage ophta 6/2016

8. Come and See Meeting,  
Bad Horn 2016, 1.–2. Juli 2016

Mit freundlicher Unterstützung von HOYA  
Surgical Optics GmbH, Mediconsult AG und  
Oertli Instrumente AG

Information: Oertli Instrumente AG  
Hafnerwisenstrasse 4  
9442 Berneck, Schweiz

Autorin: Dr. Monika Fuchs

Layout & Grafik: Biermann Verlag GmbH

Druck: Griebisch & Rochol Druck GmbH,  
59069 Hamm, Deutschland

Bildnachweis: Dr. André Delley