DGII

27. Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation, Interventionelle und Refraktive Chirurgie

Herausgegeben von
G. U. Auffarth, J. Kuchenbecker

27. Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation, Interventionelle und Refraktive Chirurgie

27. Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation, Interventionelle und Refraktive Chirurgie

11. bis 13. April 2013 in Heidelberg

Herausgegeben von G. U. Auffarth, J. Kuchenbecker

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen und dergleichen, die in diesem Buch ohne besondere Kennzeichnung aufgeführt sind, berechtigt nicht zur Annahme, dass diese von jedermann ohne Weiteres frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich um gesetzlich geschützte Warenzeichen handeln.

Wichtiger Hinweis:

Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und die DGII große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes entspricht.
Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann von der Gesellschaft jedoch keine Gewähr übernommen werden. Jeder Benutzer ist angehalten, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers. Autoren und Herausgeber appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten der DGII mitzuteilen.

Anschriften der Herausgeber:

Prof. Dr. Gerd U. Auffarth
Universitäts-Augenklinik
Im Neuenheimer Feld 400
D-69120 Heidelberg

PD Dr. Jörn Kuchenbecker
Helios Klinikum Berlin-Buch
Augenklinik
Schwanebecker Chaussee 50
D-13125 Berlin

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Deutschsprachige Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation, Interventionelle und Refraktive Chirurgie; 27. Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation, Interventionelle und Refraktive Chirurgie.
Früher u. d. T.: Deutschsprachige Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation: ... Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation

11. – 13. 04. 2013 in Heidelberg

Copyright © 2013 by Deutschsprachige Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation, Interventionelle und Refraktive Chirurgie (DGII), Gießen. Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung der Gesellschaft in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren) reproduziert oder unter Verwendung von mechanischen bzw. elektronischen Datenverarbeitungsmaschinen gespeichert, systematisch ausgewertet oder verbreitet werden.

Lektorat: Dagmar Fernholz, Köln
Satz und Layout: Regine Becker, Berkheim
Druck und Bindung: TZ Verlag & Print GmbH, Roßdorf

Vorwort

Sehr geehrte Kolleginnen, sehr geehrte Kollegen,
sehr geehrte Damen und Herren,

der 27. Kongress der DGII 2013 fand vom 11. bis zum 13. April nun schon zum fünften Mal in Heidelberg statt. Wie auch die verschiedenen Male zuvor wurden die Räumlichkeiten der Chemischen Institute als Hörsäle genutzt sowie die Räumlichkeiten in der Kopfklinik für die Kurse.

Im Vergleich zu den letzten Kongressen in Heidelberg ist insbesondere auffällig, dass die Zahl der Kurse immens gesteigert worden ist. Denn: Es besteht ein sehr großes Interesse an diesen Kursen. Zum ersten Mal wurde hier auch im Rahmen der Phako-Kurse das System der Firma MTS mit den Schweineaugen und das System der Firma VR Magic mit dem Virtual Reality Simulator kombiniert im Kurs eingesetzt. Das Feedback hierzu war ausgesprochen positiv.

Der vorliegende Kongressband fasst im Prinzip alle wichtigen Stichpunkte des Kongresses zusammen. In der refraktiven Chirurgie war es vor allem die Presbyopiechirurgie, die auf Interesse gestoßen ist. Immer wieder wichtig sind die Themen der Biometrie und Intraokularlinsenberechnung insbesondere vor dem Hintergrund, dass viele Premiumlinsen im Rahmen von refraktiven Eingriffen eingesetzt werden. Von refraktiver Seite dominierte klar der Femtosekundenlaser. Ein großes Symposium am Sonntag ohne parallele andere Sitzungen ist hier zu nennen. In diesem fast dreistündigen Symposium wurden alle Aspekte der Femtosekundenlaseranwendungen abgearbeitet. Vorträge über die „Femto-Phako“ mit allen auf dem Markt befindlichen Geräten, intrastromale Behandlungen, Verfahren wie SMILE etc. sowie Beiträge zu Femto-Flaps ließen keinen Aspekt der modernen Lasertechnologie am Auge aus.

Auffällig ist die große Zahl von hochrangigen ausländischen Referenten, die die DGII zu einem fast schon internationalen Kongress machten. Erstaunlicherweise ist der größte Teil der hier abgegebenen Beiträge eher im linsen- und kataraktchirurgischen Bereich zu sehen. Hier tut sich einiges an Innovationen bei den Kunstlinsen.

Das Thema Glaukom, insbesondere die minimalinvasive Glaukomchirurgie, ist stark im Kommen. Zwei Sitzungen zu diesem Thema waren im Programm etabliert. Mittlerweile ist dies zu einem festen Bestandteil der DGII geworden.

Zu einem weiteren Highlight entwickelte sich in den letzten zwei Jahren das DGII-Fußballturnier. Hier wurde mit großem Engagement und einer Vielzahl von Mannschaften hart um die Trophäe gekämpft, die Rückmeldungen aus diesem Bereich waren alle exzellent. Viele freuen sich schon auf die nächsten DGII-Kongresse mit angeschlossenem Fußballturnier.

Es war mir eine große Ehre und Freude, den Kongress in diesem Jahr hier in Heidelberg wieder ausrichten zu dürfen.

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen Autoren, Vortragenden und Mitautoren bedanken.

Gerd U. Auffarth
Präsident der DGII

Tagungspräsident der 27. Tagung der DGII

Laudatio für Herrn Professor Pham anlässlich der Verleihung des DGII-Wissenschafts-preises 2013

Der Wissenschaftspreis der DGII 2013 geht an Prof. Dr. med. D. T. Pham, Augenklinik des Vivantes-Klinikums in Berlin.

PROF. D. T. PHAM

Mit diesem Preis ehrt die DGII das Lebenswerk von einem sehr engagierten und der DGII seit Langem verbundenen Wissenschaftler und Arzt. Herr Prof. Pham studierte 1977 in Berlin Medizin, machte dort auch seinen Facharzt für Augenheilkunde und ist seit 1986 Mitglied der DGII. 1989 erfolgte die Habilitation an der Freien Universität Berlin am Virchow-Krankenhaus unter Prof. Dr. Wollensak. Im Jahr 1993 erhielt er dort eine apl. Professur, 1997 wurde er Chefarzt der Augenklinik im Vivantes-Klinikum Neukölln in Berlin.

Während seiner gesamten Mitgliedszeit der DGII war er auf allen Kongressen aktiv tätig, hat eine Vielzahl von Vorträgen gehalten und war aktiv in die Berufspolitik der Gesellschaft eingebunden.

Seine Forschungsschwerpunkte und Projekte umschlossen vor allem die Mikrochirurgie der Linse und die Implantationschirurgie – hierbei insbesondere kleinschnittchirurgische Techniken und Astigmatismuskorrektur. Weiterhin war er extrem engagiert im Bereich der Multifokallinsentechnologie und der refraktiven Chirurgie. Crosslinking und HH-Chirurgie runden sein wissenschaftliches Schaffen ab, ca. 150 Publikationen entstammen seiner Feder.

2004 kam er in den Vorstand der DGII, direkt als Präsident. Diese Präsidentschaft hielt er bis 2008 inne, von 2008 bis 2011 war er turnusgemäß der Vizepräsident der DGII, das heißt, acht Jahre hat er in einer führenden Position die Geschicke unserer Gesellschaft geführt und geleitet. Er hat der DGII ein frisches modernes Image gegeben, hin zu einer Gesellschaft, die sich mit allen wichtigen Themen im Katarakt- und refraktiven Bereich ausgiebig beschäftigt. Er verstand es, am Anfang des Jahres auf dem Kongress der DGII jeweils die aktuellsten Themen, die das weitere Jahr bestimmen, vorzustellen.

Durch seine ruhige und verbindliche moderate Art konnte er immer einen Konsens im Vorstand erreichen. Dadurch konnte die DGII kontinuierlich seine wirtschaftliche Situation konsolidieren und sich wissenschaftlich weiter darstellen.

Lieber Prof. Pham ich freue mich, Ihnen den DGII-Wissenschaftspreis 2013, der übrigens mit 1.000 € dotiert ist, verleihen zu dürfen. Alles Gute, herzlichen Glückwunsch und weiterhin viel Erfolg.

Gerd U. Auffarth, Heidelberg
Präsident der DGII

Laudatio für Herrn Florian Kretz anlässlich der Verleihung des DGII-Publikationspreises 2013

In jedem Jahr vergibt die DGII ihren Publikationspreis für den besten Artikel im vorherigen DGII-Band. Die Jury besteht aus dem Präsidenten, dem Vizepräsidenten, dem Sekretär und dem Tagungspräsidenten.

FLORIAN KRETZ

Die Jury hat sich entschlossen, den Publikationspreis 2013 an einen jungen Wissenschaftler von der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg zu vergeben: Herr Florian Kretz, F.E.B.O, erhält ihn für den Beitrag „Virtual Reality – zukunftsweisende Technik in der Ausbildung junger Ophthalmochirurgen".

Herr Kretz studierte zunächst Medizin an der Medical University of Szeges in Ungarn von 2001 bis 2003 und setzte sein Medizinstudium dann an der Universität Ulm von 2003 bis 2007 fort. Dort schloss er Ende 2007 das Studium erfolgreich ab, seit Anfang 2008 arbeitet er als Assistenzarzt in der Universitäts-Augenklinik Heidelberg. Er schloss sich schnell der Forschungsgruppe International Vision Correction Research Center (IVCRC) unter Leitung von Herrn Prof. Auffarth an. Dort beschäftigte er sich im Wesentlichen mit Forschungsprojekten im Bereich Diagnostik und hier im Bereich der Premiumlinsen insbesondere mit den neuen trifokalen diffraktiven Intraokularlinsen. Seine Doktorarbeit schrieb er im Bereich der Uveitisdiagnostik, im Mai 2013 legte er die Facharztprüfung und den F.E.B.O (Fellow European Board Ophthalmology) ab.

Der prämierte Beitrag „Virtual Reality – zukunftsweisende Technik in der Ausbildung junger Ophthalmochirurgen" beschäftigt sich mit dem Gerät Eyesy der Firma VR Magic. Hier wurde eine der OP-Situation extrem naheliegende Version einer Virtual-Reality-Simulation zur Operation des Vorderabschnitts – insbesondere der Kataraktchirurgie – mit der Universitäts-Augenklinik Heidelberg aufgebaut. Herr Kretz war hier federführend mit dabei. Das System enthält ein normales OP-Mikroskop, entsprechende Fußschalter und auch auf echten Instrumenten basierende mit Elektroden versehene Instrumente. Während der Operation sieht der Chirurg im OP-Mikroskop dreidimensional die gleiche Situation wie in der wirklichen Operation. Eine Kataraktoperation kann sehr realitätsnah durchgeführt werden, auch Probleme bei der Kapsulorhexis, Ausreißer, vordere Einrisse bzw. Probleme beim Absaugen von

Cortex oder Rinde und Hinterkapselruptur lassen sich sehr gut simulieren und verlangen von dem Chirurgen entsprechende Strategien, um Erfolge zu erreichen. Im Rahmen einer Studie haben Herr Kretz und Mitarbeiter Studenten, junge Assistenten und erfahrene Operateure an verschiedene Module des Eyesi-Gerätes gesetzt. Dabei konnten sie die Ergebnisse miteinander vergleichen und selbst den Lerneffekt mit dem Simulator darstellen.

Was in anderen Berufszweigen (Piloten) Routine ist und regelmäßig abgefragt wird, ist in unserem chirurgischen Fach oder überhaupt in der Medizin noch wenig im Einsatz. Wir halten jedoch das Konzept für sehr zukunftsweisend und sehen gespannt den Neuentwicklungen entgegen.

Sehr geehrter Herr Kretz, ich freue mich, Ihnen heute den Publikationspreis der DGII, der mit 500 € dotiert ist, verleihen zu dürfen. Alles Gute, herzlichen Glückwunsch und weiterhin viel Erfolg auf Ihrem beruflichen Weg.

Gerd U. Auffarth, Heidelberg
Präsident der DGII

Inhalt

G. U. Auffarth
Vorwort 5

G. U. Auffarth
Laudatio für Herrn Professor Pham anlässlich
der Verleihung des DGII-Wissenschaftspreises 2013 7

G. U. Auffarth
Laudatio für Herrn Florian Kretz anlässlich
der Verleihung des DGII-Publikationspreises 2013 9

Hornhaut

E. Yörük
Innovationen in der DMEK-Chirurgie 21

R. Khaireddin
Neue Möglichkeiten der Hornhauttopografie –
Color-LED-Topografie „Cassini“ 23

Refraktive Chirurgie – Presbyopie

M. C. Knorz
Möglichkeiten und Grenzen von intrakornealen Inlays 31

W. Riha, A. Dexl, G. Grabner
Presbyopiekorrektur mit dem Kamra™ Corneal Inlay –
Studienergebnisse nach 3 Jahren 33

Komplizierte Katarakt: OP-Techniken

Z. Bíró, I. Szabó, Z. Pámer
Combined Cataract Surgery on a Marfan-syndrome Patient (Case report) 43

A. R. Vasavada, S. Shah
Surgical Correction of Ectopia Lentis 49

A. R. Vasavada
Tackling the malpositioned IOL 53

Biometrie

W. Haigis
Optische und geometrische Weglänge in der Laserinterferenzbiometrie 59

P. Hoffmann, P.-R. Preußner
Bedeutung der Hornhautrückfläche für die Berechnung torischer Linsen 65

A. Fitting, T. M. Rabsilber, B. C. Thomas, R. Khoramnia,
E. Kiss, G. U. Auffarth, M. P. Holzer
Bestimmung der Linsenposition nach Implantation
einer monofokal-asphärischen Intraokularlinse 69

A. Frings, V. Hold, B. Vidic, Y. El-Shabrawi, N. Ardjomand
Biometrie und Kunstlinsenberechnung nach
hornhautrefraktiven Eingriffen 75

J. Hülle, V. Druchkiv, M. Pahlitzsch, G. Richard, T. Katz, S. Linke
Aberrometrie-basierte intraoperative Refraktionsmessung und
PNS-Analyse: erste klinische Ergebnisse 79

Berufspolitik

St. Schmickler
Erfahrungen mit der OcuNet-Gruppe 87

M. Zach
Rechtsfragen zur Abrechnung/Kostenerstattung 89

M. Wenzel, T. Kohnen, A. Scharrer, K. Schayan, J. Klasen, T. Reinhard
Umfrage von DGII, BVA und DOG 2012 zur Intraokularchirurgie 99

Interventionelle Chirurgie

A. J. Augustin
Die suprachorioidale Medikamentenapplikation als neue Therapieoption bei exsudativen Makulaerkrankungen 109

St. Dithmar
IVOM bei seltenen Indikationen 115

Refraktive Chirurgie – phake IOL

A. Probst, M. Kohlhaas
Phake Intraokularlinsen – erste Ergebnisse mit der „AcrySof Cachet Linse“ ... 119

T. Schilde, T. Bende, M. Matallana, M. Kohlhaas
Vergleichsmessungen des Pupillendurchmessers mit dem neuen PupilX, dem ProCyon und dem Colvard-Handpupillometer bei verschiedenen Lichtintensitäten 125

J. Bühren, H. Jungnickel, W. Raab, D. Weigel, M. Gebhardt, R. Kowarschik, T. Kohnen
Die Auswirkung der Optotypengröße auf die Beeinflussung der Kontrastempfindlichkeit durch Wellenfrontaberrationen höherer Ordnung 129

Glaukom

M. Müller, K. Moser-Notbom, M. Ranjbar, C. Schulz-Wackerbarth, A. Wegent, J. Torrent Despouy, A. Brüggemann
Biomorphometrie vor und nach Kanaloplastik und Phakokanaloplastik 135

L. Kodomskoi, A. C. Schröder, K. Hille
Fadensondenkanaloplastik: 1-Jahres-Ergebnisse und eine Erfolgsfaktorenanalyse 149

J. Kuchenbecker, M. L. Rogge, M. Käding, H. Breuß
Trabekulektomie in Intubationsnarkose versus topischer Anästhesie 157

H. Höh, S. Grisanti, S. D. Vold, A. Anton, M. Rau, K. Singh, D. F. Chang, B. J. Shingleton, S. Grisanti, T. Ianchulev
Erste klinische Erfahrungen mit dem CyPass-Mikrostent: Sicherheit und Operationsergebnisse eines neuen supraziliären Mikrostents 163

Femto-Laser

M. C. Knorz
Persönliche Erfahrungen mit dem LenSx-Femtosekundenlaser 179

P. Hoffmann, C. Lindemann
Fs-Laser-assistierte Kataraktchirurgie – 6-Monats-Ergebnisse 181

B. Meyer, R. Neuber
Zwei Jahre Erfahrung mit ReLEx-Smile 185

B. Meyer, R. Neuber
ReLEx-Smile – Probleme und Problemlösungen 189

Kataraktchirurgie

S. M. Schriefl, C. Leydolt, E. Stifter, R. Menapace
Prospektive Vergleichsstudie der Nachstarentwicklung zweier unterschiedlicher Mikroinzisionslinsen – 3-Jahres-Ergebnisse 195

C. Leydolt, K. Kriechbaum, S. M. Schriefl, M. Pachala, R. Menapace
Vergleich von Nachstar- und YAG-Kapsulotomie-Rate zwischen der Tecnis ZCB00 und der Acrysof SA60AT einstückigen hydrophoben Acryl-Intraokularlinse 201

F. N. Auerbach, M. P. Holzer, B. C. Thomas, R. Khoramnia, L. Kastlunger, T. M. Rabsilber, G. U. Auffarth
Vergleich zweier kombinierter dispersiv-kohäsiv viskoelastischer Substanzen während der Kataraktchirurgie 205

F. N. Auerbach, F. T. A. Kretz, E. Jakob, L. Hildebrand, I.-J. Limberger, G. U. Auffarth
Evaluierung einer neuen Double Cross-Action Kapsulorhexispinzette zur Kleinschnittkataraktchirurgie (MICS) 211

F. T. A. Kretz, G. U. Auffarth
Spektrum bakterieller Erreger und ihrer Resistenzen anhand der Auswertung von Abstrichen an einer Universitäts-Augenklinik über 4 Jahre 217

H. Häberle
Funktioneller Visus bei Pseudophakie 225

F. T. A. Kretz, M. Becker, D. Plaza, R. Max, G. U. Auffarth, F. Mackensen
Entwicklung nicht parametrischer Score-Systeme zur Evaluation der Uveitisaktivität 231

K. Gerstmeyer, N. Marquardt, C. Treffenstädt, R. Gades-Büttrich
Menschliche Fehler im Augen-OP und mentale Beanspruchung des Operateurs 239

Multifokallinsen

A. Dexl, S. Zaluski, M. Rasp, G. Grabner
Visuelle Performance nach bilateraler Implantation der Diffractiva-aA multifokalen IOL 253

F. T. A. Kretz, A. Fitting, I.-J. Limberger, G. U. Auffarth
Evaluation der ersten trifokalen Blaufiltermultifokallinse 261

K. Likaj, C. Althaus, O. Cartsburg, M. Engels, M. Fröhlich, St. Schmickler
Das Leistungsspektrum der neuen trifokalen Multifokallinse vom Typ Physiol FineVision 267

IOL monofokal

R. Khoramnia, A. Fitting, B. C. Thomas, T. M. Rabsilber, G. U. Auffarth, M. P. Holzer
Funktionelle Ergebnisse nach Implantation einer asphärischen, aberrationsneutralen Intraokularlinse 275

P. Hoffmann
Bedeutung der optisch gemessenen Linsendicke für die Vorhersage der postoperativen IOL-Position 279

Anschriften der Erstautoren

Dr. Florian Auerbach
Universitäts-Augenklinik
Im Neuenheimer Feld 400
D-69120 Heidelberg
▸ S. 205, 211

Prof. Dr. Gerd U. Auffarth
Universitäts-Augenklinik
Im Neuenheimer Feld 400
D-69120 Heidelberg
▸ S. 5, 7, 9

Prof. Dr. Albert J. Augustin
Klinikum Karlsruhe gGmbH
Augenklinik
Moltkestraße 90
D-76133 Karlsruhe
▸ S. 109

Prof. Dr. Zsolt Bíró
Medical University of Pécs
Dept. of Ophthalmology
Nyar útca 8
HU-7643 Pécs
▸ S. 43

PD Dr. Dr. Jens Bühren
Universitäts-Augenklinik
Theodor-Stern-Kai 7
D-60590 Frankfurt/Main
▸ S. 129

PD Dr. Alois Dexl
Landeskliniken Salzburg
Augenklinik
Müllner Hauptstraße 48
A-50226 Salzburg
▸ S. 253

Prof. Dr. Stefan Dithmar
Universitäts-Augenklinik
Im Neuenheimer Feld 400
D-69120 Heidelberg
▸ S. 115

Dipl.-Ing. Anna Fitting
Universitäts-Augenklinik
Im Neuenheimer Feld 400
D-69120 Heidelberg
▸ S. 69

Dr. Andreas Frings
Universitäts-Augenklinik
Hamburg-Eppendorf
Martinistraße 52
D-20246 Hamburg
▸ S. 75

Dr. Kristian Gerstmeyer
Augenklinik Minden
Königstraße 120
D-32427 Minden
▸ S. 239

Dr. Heike Häberle
Vivantes Klinikum Neukölln
Augenklinik
Rudower Straße 48
D-12313 Berlin
▸ S. 225

Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Haigis
Universitäts-Augenklinik
Josef-Schneider-Straße 11
D-97080 Würzburg
▸ S. 59

Dr. Peter Hoffmann
Augen- & Laserklinik Castrop-Rauxel GmbH
Münsterplatz 7
D-44575 Castrop-Rauxel
▸ S. 65, 181, 279

Prof. Dr. Helmut Höh
Dietrich-Bonhoeffer-Klinikum
Augenklinik
Salvador-Allende-Straße 30
D-17036 Neubrandenburg
▸ S. 163

Dr. Jan Hülle
Universitäts-Augenklinik
Martinistraße 52
D-20246 Hamburg
▸ S. 79

Dr. Riad Khaireddin
Augenarztpraxis im JosefCarrèe
Gudrunstraße 56
D-44791 Bochum
▸ S. 23

Dr. Ramin Khoramnia
Universitäts-Augenklinik
Im Neuenheimer Feld 400
D-69120 Heidelberg
▸ S. 275

Prof. Dr. Michael C. Knorz
Universitätsklinikum Mannheim
FreeVis LASIK Zentrum
Theodor-Kutzer-Ufer 1–3
D-68167 Mannheim
▸ S. 31, 179

Leonid Kodomskoi
Ortenau Klinikum Offenburg
St. Josefsklinik
Augenklinik
Weingartenstraße 70
D-77654 Offenburg
▸ S. 149

Florian T. A. Kretz
Universitäts-Augenklinik
Im Neuenheimer Feld 400
D-69120 Heidelberg
▸ S. 217, 231, 261

PD Dr. Jörn Kuchenbecker
Helios Klinikum Berlin-Buch
Augenklinik
Schwanebecker Chaussee 50
D-13125 Berlin
▸ S. 157

PD Dr. Christina Leydolt
Universitäts-Augenklinik
Währinger Gürtel 18–20
A-1090 Wien
▸ S. 201

Dr. Klodian Likaj
Augen-Zentrum-Nordwest (MVZ)
Domhof 15
D-48683 Ahaus
▸ S. 267

Dr. Bertram Meyer
Augen-OP-Centrum Köln-Porz
Ernst-Mühlendyck-Straße 1
D-51143 Köln
▸ S. 185, 189

Prof. Dr. Maya Müller
Klinik Pallas
Limmatstraße 252
CH-8005 Zürich
▸ S. 135

Dr. Alexandra Probst
St. Johannes Hospital
Augenklinik
Johannestraße 9–13
D-44047 Dortmund
▸ S. 119

Dr. Wolfgang Riha
Landeskrankenhaus Salzburg
Augenklinik
Müllner Hauptstraße 48
A-5020 Salzburg
▸ S. 33

Dr. Thomas Schilde
St. Johannes Hospital
Augenklinik
Johannestraße 9–13
D-44047 Dortmund
▸ S. 125

Dr. Stefanie Schmickler
Augen-Zentrum-Nordwest (MVZ)
Domhof 15
D-48683 Ahaus
▸ S. 87

Dr. Sabine M. Schriefl
Universitäts-Augenklinik
Währinger Gürtel 18–20
A-1090 Wien
▸ S. 195

Dr. Abhay R. Vasavada
Iladevi Cataract & IOL Research Centre
Gurukul Road, Memnagar
Ahmedabad – 380 052
Gujarat, India
▸ S. 49, 53

Prof. Dr. Martin Wenzel
Augenklinik Petrisberg
Max-Planck-Straße 14–16
D-54296 Trier
▸ S. 99

Prof. Dr. Efdal Yörük
Universitäts-Augenklinik
Schleichstraße 12–16
D-72076 Tübingen
▸ S. 21

Michael Zach
Kanzlei für Medizinrecht
Volksgartenstraße 222 a
D-41065 Mönchengladbach
▸ S. 89

HORNHAUT

Innovationen in der DMEK-Chirurgie

E. Yörük

Zusammenfassung
Erkrankungen der Endothelzellschicht der Hornhaut stellen eine häufige Indikation zur Durchführung einer perforierenden Keratoplastik dar. In den letzten Jahren erlebten lamelläre Keratoplastiktechniken eine Renaissance. Die letzte Weiterentwicklung der posterioren lamellären Keratoplastik ist die isolierte Transplantation der Descemet-Membran mit Endothelzellen, kurz als DMEK (Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty) bezeichnet. Es werden innovative Neuerungen vorgestellt, die sowohl die Präparation als auch die Ausbreitung in der Vorderkammer vereinfachen.

Summary
Diseases of the endothelial cell layer represent a common indication for perforating keratoplasty. In recent years posterior lamellar keratoplasty techniques have undergone a revival. The latest and most promising advancement is the isolated transplantation of Descemet's membrane with the endothelial layer – also known as Descemet's membrane endothelial keratoplasty (DMEK). New innovative techniques improving the dissection of the DM and the unfolding of the graft in the anterior chamber were described.

Einleitung

Die besondere Herausforderung bei der DMEK-Chirurgie liegt einerseits in der schonenden Präparation des Endothel-Descemet-Komplexes und anderseits in der wenig manipulativen intraoperativen Ausbreitung und Zentrierung. Es wurden sowohl ein neues Pinzettensystem zur einfacheren Präparation der Descemet-Membran als auch eine neue chirurgische Technik zur Ausbreitung der Descemet-Membran in der Vorderkammer vorgestellt.

Methodik

Bei 16 Spenderhornhäuten erfolgte einerseits die Präparation mit der initial von Melles beschriebenen Präparationstechnik und anderseits mit einem neu entwickelten Pinzettensystem mit einem größeren Fassbereich. Analysiert wurde die Dauer der Präparation und die zytotoxischen Schädigungen mittels Calcein-acetoxymethyl und Ethidium-homodimer-1 und DAPI-Färbungen. Außerdem wird eine neue chirurgische Methode vorgestellt, in der die Ausbreitung der Descemet-Membran lediglich durch eine digitale Impression und „korneales Tapping“ ohne zusätzliche Luftinjektion in die Vorderkammer erfolgt.

Ergebnisse

In beiden Gruppen konnten alle Spenderhornhäute erfolgreich präpariert werden. Die Präparationsdauer konnte durch das neue Pinzettensystem von 11,0 auf 6,4 Minuten verkürzt werden. Gleichzeitig verringerte sich die Zelltodrate der Endothelzellen von 7,2 ± 3,0 % auf 3,4 ± 2,0 %. Durch die neue chrurigische Methode erfolgte eine rasche Entfaltung der Descemet-Membran in allen durchgeführten Operationen. Die Luftinjektion diente lediglich zur finalen Apposition und Fixation.

Schlussfolgerungen

Das neue Pinzettensystem mit einem kurvilinearen Ansatz erlaubt durch den flächigeren Ansatz eine schonendere Präparation der Descemet-Membran. Die Zugbelastung wird zugleich minimiert, die sich in einer niedrigeren Zelltodrate der Endothelzellen darstellt. Die gleichzeitige simultane digitale Impression und ein korneales Tapping verringern die unnötige Manipulation der Descemet-Membran und erlauben eine kontrollierte Ausbreitung in der Vorderkammer.

Literatur

1. YOERUEK E, BAYYOUD T, HOFMANN J, BARTZ-SCHMIDT KU: Novel Surgical Instruments Facilitating Descemet Membrane Dissection. Cornea in press.
2. YOERUEK E, BAYYOUD T, HOFMANN J, BARTZ-SCHMIDT KU: Novel Maneuver Facilitating Descemet Membrane Unfolding in the Anterior Chamber. Cornea in press.

Neue Möglichkeiten der Hornhauttopografie: Color-LED-Topografie „Cassini“

R. Khaireddin

Einleitung

Die Hornhauttopografie ist in der Augenheilkunde der heutigen Zeit eine sehr wichtige Diagnostik und bei verschiedenen Krankheitsbildern und Therapien relevant:

- Diagnose und Verlaufskontrolle von Hornhautpathologien (zum Beispiel Keratokonus)
- Verlaufskontrolle nach Keratoplastik
- Planung refraktiver Hornhautchirurgie, insbesondere Identifikation von Aberrationen höherer Ordnung
- Auswahl torischer Intraokularlinsen
- Kontaktlinsenanpassung

Die Geschichte der Hornhauttopografie begann bereits im 17. und 18. Jahrhundert mit ersten Versuchen der Keratometrie (Scheiner 1619, Ramsden 1796) und wurde durch die Erfindung von Antonio Placido im Jahre 1880 bis heute wesentlich beeinflusst: Das Placido-Prinzip wird auch in den modernen Placido-Videotopografen angewendet. Dabei erfolgt die Berechnung der Hornhautverkrümmungswerte an jedem Messpunkt, indem die Ringabstände des Hornhautspiegelbildes der Placido-Ringe ausgewertet werden.

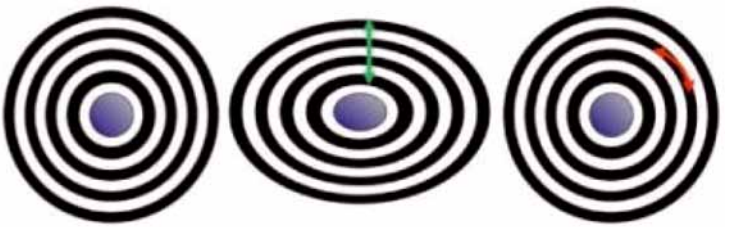
Die Placido-Videotopografie hat in den letzten 30 Jahren eine rasante Weiterentwicklung erlebt, das heißt besonders im Hinblick auf:

- verbessertes Gerätedesign
- verbesserte Kameras
- verbesserte Berechnungsalgorithmen
- verbesserte Software

Problemstellung

Dennoch hat die Placido-Technik prinzipbedingt drei wesentliche Einschränkungen (Abb. 1):

- Je weiter die Ringe vom Zentrum entfernt sind, desto kleiner ist die Dichte der Messpunkte. Deshalb kommt es in der Peripherie zu einer Interpolation der Messergebnisse.
- Placido-Videotopografen haben kamerabedingt einen zentralen blinden Fleck, d. h., die Messergebnisse der zentralen Zone (ca. 2 mm Durchmesser) werden ebenfalls interpoliert.
- Der wichtigste Nachteil: Zirkuläre Verzerrungen innerhalb der Ringe werden nicht erkannt.



grüner Pfeil:
Radial direction

roter Pfeil:
Circulation direction

The ring pattern does not give shape feature information along the red arrow direction

Abb. 1: Color-LED-Topografie „Cassini"

Vor allem der letztgenannte Punkt ist für eingeschränkte Genauigkeit der Placido-Technik bei nicht rotationssymmetrischen Hornhautveränderungen verantwortlich: Irreguläre Astigmatismen, Koma und weitere Aberrationen höherer Ordnung können nicht exakt vermessen werden.

Gerade solche Aberrationen höherer Ordnung (Abb. 2) spielen aber bei den eingangs genannten Indikationen zur Hornhauttopografie (Keratokonus, Keratoplastik, refraktive Hornhautchirurgie, torische IOL) eine wichtige Rolle. Ein neues

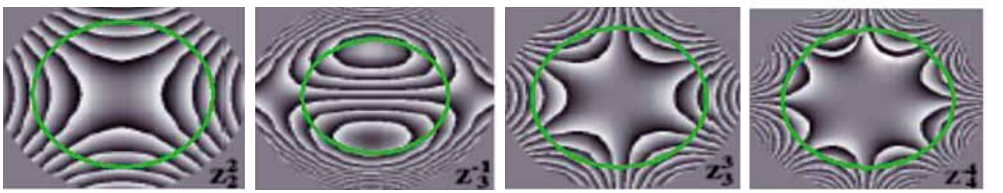


Abb. 2: Color-LED-Topografie „Cassini" von i-optics, Cave bei Placido-Topografie: nicht rotationssymmetrische Hornhautveränderungen

Abb. 3: Color-LED-Topografietechnologie – Cassini Color LED Corneal Topographer (Prototyp 1)

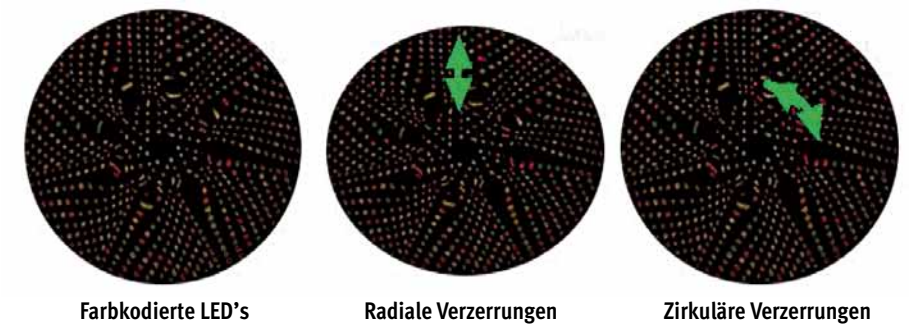


Abb. 4: Cassini-Prinzip, irreguläre Hornhautveränderungen = radiale und zirkuläre Verzerrungen

Prinzip der Hornhauttopografie, die farbkodierte LED-Topografie (vom Hersteller i-Optics „Cassini-Topografie“ genannt), könnte hier neue Möglichkeiten der hornhauttopografischen Diagnostik bieten.

Dieses hierbei verwendete, neue Topografieprinzip wurde von niederländischen Wissenschaftlern bereits in den 1990er-Jahren vorgestellt und patentiert [1]. Ursprünglich wurde ein farbkodiertes Schachbrettmuster verwendet, mittlerweile wurde die Technologie zur Verwendung von 672 farbcodierten LED (Farben: Rot, Grün, Gelb, Blau; Anordnung in definierten Mustern – siehe Abbildung 3) weiterentwickelt. Der wesentliche Fortschritt dieser Technologie besteht in der „1 : 1“-Korrespondenz der Stimulations-LED zu ihrem Hornhautspiegelbild. Dadurch können irreguläre Hornhautveränderungen, d. h. vor allem Astigmatismen und Aberrationen höherer Ordnung, präziser und reproduzierbarer gemessen werden (Abb. 4).

Bei In-vitro-Vergleichsmessungen an künstlichen Oberflächen konnte für die Cassini-Topografie eine Messgenauigkeit von weniger als 1 µm nachgewiesen werden [2]. Bei einer In-vivo-Studie in 2011 an 25 Augen nach Keratoplastik wurde die Messgenauigkeit der Cassini-Topografie mit der eines Placido-Videotopografen (Topcon)

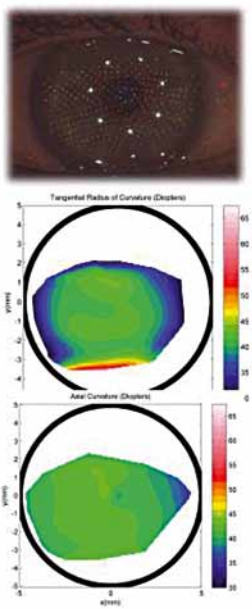
und der Scheimpflug-Topografie (Pentacam, Oculus GmbH) verglichen [3]. Auch hier zeigte sich eine höhere Genauigkeit der Cassini-Topografie sowohl im Vergleich mit der Placido-Technik als auch im Vergleich mit der Pentacam-Scheimpflug-Topografie.

Ergebnisse

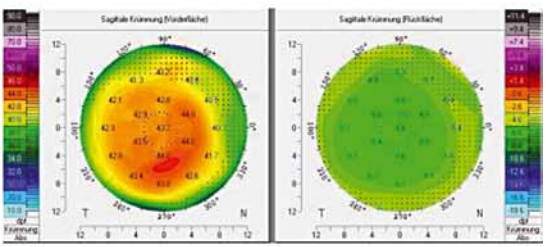
Im Rahmen der DGII 2013 stellten wir nun vorläufige Ergebnisse unserer aktuellen In-vivo-Vergleichsstudie der Cassini-Topografie mit der eines Placido-Video-Topografen (Keratograph 5M, Oculus GmbH) und der Pentacam-Scheimpflug-Topografie (Pentacam HR, Oculus GmbH) vor: Es wurden 40 Augen von 25 Patienten je dreimal mit jedem Topografiesystem untersucht. 15 Augen wiesen einen manifesten Keratokonus (mindestens Stadium 2) auf, zwölf Augen hatten Hornhautnarben, 13 Augen zeigten einen Zustand nach Keratoplastik. In Abbildung 5 werden beispielhaft bei einem Keratokonusauge die verschiedenen Ergebnisdarstellungen der drei Topografieverfahren demonstriert.

Unsere Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2 dargestellt. Bei dieser inhomogenen Studiengruppe konnten keine signifikanten Unterschiede im Vergleich der Cassini-Topografie versus Pentacam-Scheimpflug-Topografie bzw. Cassini-Topografie versus Placido-Videotopografie gezeigt werden.

Cassini-Topografie



Scheimpflug-System



Placido-Keratograf

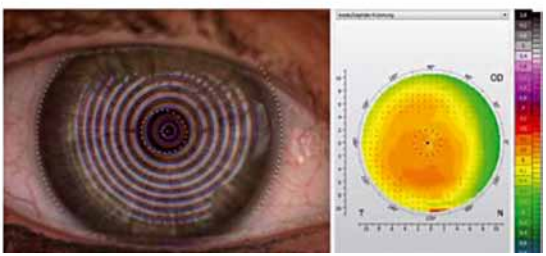


Abb. 5: Vergleich der Verfahren: Cassini-Topografie – Scheimpflug-Topografie – Placido-Videotopografie

	Cassini			Scheimpflug			Placido		
	K1 (mm)	K2 (mm)	Axis of flat-K-value in Grad	K1 (mm)	K2 (mm)	Axis of flat-K-value in Grad	K1 (mm)	K2 (mm)	Axis of flat-K-value in Grad
Keratoconus	7,76	7,66	35	7,79	7,77	116,3	7,88	7,82	29,4
	7,68	7,54	32	7,8	7,75	26,8	7,89	7,83	35,2
	7,95	7,78	44	7,83	7,79	15,2	7,84	7,76	17,8
Post-Keratoplasty	7,79	7,49	76	7,54	7,45	165,5	7,69	7,57	114,2
	7,69	7,42	77	7,56	7,49	146,2	7,65	7,52	104,5
	7,64	7,36	73				7,60	7,53	111,1
Corneal Scar	7,62	7,51	122	7,88	7,67	169,4	7,92	7,76	141,2
	7,58	7,48	126	7,84	7,67	166,7	7,90	7,72	128,4
	7,63	7,52	118	7,87	7,68	174,3	7,92	7,76	148,6

Tab. 1: Cassini- vs. Scheimpflug- vs. Placido-Topografie

		Average Mean K	Average K STD	Mean Ast.	STD Ast.	Mean Axis	STD Axis
	Pentacam	45,95	0,18	2,19	0,31	88,65	4,73
	SD	3,59	0,30	2,34	0,59	62,06	8,83
	Cassini	45,39	0,54	2,02	0,26	81,18	3,33
	SD	4,45	1,27	1,57	0,39	57,47	2,31
	Oculus	43,98	0,23	2,34	0,34	81,66	4,67
	SD	9,94	0,35	2,28	0,58	58,17	8,73
p Value	**Pentacam vs. Cassini**	0,121	0,085	0,414	0,695	0,328	0,351
p Value	**Pentacam vs. Oculus**	0,002	0,961	0,317	0,158	0,428	0,885
p Value	**Cassini vs. Oculus**	0,641	0,062	0,792	0,108	0,118	0,360

Tab. 2: Statistische Analyse; SD: standard deviation, STD: repeatability statistic standard deviation, Ast: Astigmatism

Interessanterweise zeigte sich jedoch im Vergleich zwischen Placido-Videotopografie und Pentacam-Scheimpflug-Topografie ein hoch signifikanter Unterschied der Messergebnisse in Bezug auf den gemittelten durchschnittlichen K-Wert. Die höchsten Standardabweichungen, d. h. die geringste Reproduzierbarkeit der

Messergebnisse, wiesen dabei wiederum die Pentacam- und die Placido-Topografie auf, während die Cassini-Topografie einheitlichere Ergebnisse lieferte. Einschränkend zu dieser Studie muss jedoch angemerkt werden, dass hierbei ein Prototyp der Cassini-Topografie verwendet wurde, der zum Studienzeitpunkt (Januar bis Februar 2013) noch nicht die Marktreife erreicht hatte.

Zusammenfassung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die LED-basierte Cassini-Topografie eine interessante und vielversprechende Neuentwicklung darstellt, die durch eine verbesserte Reproduzierbarkeit und Präzision der Hornhauttopografie Ergebnisse ermöglicht. Das zugrunde liegende Messprinzip ist dem bisherigen Placido-Prinzip nachweislich in Messgenauigkeit und Identifikation nicht rotationssymmetrischer Hornhautveränderungen wie Astigmatismen höherer Ordnung überlegen.

Literatur

1. VOS FM, VAN DER HEIJDE RGL, SPOELDER HJW et al.: A new instrument to measure the shape of the cornea based on pseudorandom color coding. IEEE Trans Instrum Meas 1997;46(4):794–797
2. SICAM VA, VAN DER HEIJDE RGL: Topographer reconstruction of the nonrotation-symmetric anterior corneal surface features. Optom Vis Sci 2006 Dec;83(12):910–918
3. VRIJLING AC, BRAAF B, SNELLENBURG J et al.: Clinical validation of point-source corneal topography in keratoplasty. Optom Vis Sci 2011 Jul;88(7):E837–842

REFRAKTIVE CHIRURGIE – PRESBYOPIE

Möglichkeiten und Grenzen von intrakornealen Inlays

M. C. Knorz

Möglichkeiten

Korneale Inlays stellen eine Option zur Korrektur der Presbyopie dar. Am längsten verfügbar ist das sog. KAMRA-Inlay, das das Prinzip einer stenopäischen Lücke nutzt. Es hat einen Außendurchmesser von 3,8 mm und einen Innendurchmesser von 1,6 mm und wirkt wie eine Miniblende, die die Tiefenschärfe erhöht. Implantiert wird das KAMRA-Inlay in einem Auge, meist am nicht dominanten Auge, und zwar in den meisten Fällen in Kombination mit einer Femto-LASIK, da eine Zielrefraktion von ca. −0,75 dpt erforderlich ist („modifizierte Monovision“).

Neben dem KAMRA-Inlay ist das sog. Raindrop-Inlay der Fa. Revision Optics seit Kurzem CE-zertifiziert. Dieses 2 mm durchmessende Inlay mit einer Mittendicke von ca. 30 µm wird unter einem 140-µm-Flap implantiert und erzeugt durch seine Präsenz eine minimale zentrale Vorwölbung und damit „Nahaddition“. Auch das Raindrop-Inlay wird in Kombination mit einer LASIK am nicht dominanten Auge eingesetzt.

Als dritte Alternative ist das Flexivue-Inlay verfügbar, das eine zentrale Nahzone mit unterschiedlicher Brechkraft aufweist und daher wie eine Nahlinse wirkt.

Grenzen

Stark vereinfacht ist allen Inlays gemeinsam eine Verbesserung des Nahvisus ohne Korrektur auf Kosten einer gewissen Verschlechterung des Fernvisus am behandelten Auge. Zudem nutzen alle Inlays als Grundlage die Monovision, denn nur ein Auge dient zum Lesen. Im Vergleich zur Monovision scheinen Nah- und Fernvisus jedoch besser zu sein. Dies lässt sich am Beispiel des KAMRA-Inlays darstellen: Mittels Femto-LASIK wird das nicht dominante Auge z. B. auf −0,75 dpt korrigiert. Hierdurch wird der Fernvisus ohne Korrektur auf ca. 0,4 bis 0,5 reduziert. Der Nahvisus in 80 cm ist gut, aber gelesen werden kann nicht, da hierfür −0,75 dpt eine zu geringe Nahaddition ist. Wird zusätzlich das KAMRA-Inlay implantiert, bewirkt die stenopäische Lücke eine höhere Tiefenschärfe, sodass der Fernvisus nun bei ca. 0,8 liegt und der Nahvisus auch in 30 bis 40 cm Abstand ausreichend ist.

Bei allen Inlays sollte vor der Operation ein Defokustoleranztest durchgeführt werden. Hierzu wird mit optimaler Fernrefraktion binokular beim Blick in die Ferne

zunächst dem rechten und dann dem linken Auge eine Pluslinse mit 1,0 dpt vorgesetzt und notiert, ob dieser Defokus in der Ferne als sehr störend oder nicht störend wahrgenommen wird. Wird der Defokus nicht als störend wahrgenommen, kann an diesem Auge (in der Regel handelt es sich um das nicht dominante Auge) Monovision erzeugt werden oder eben ein Inlay implantiert werden. Stört der Defokus an beiden Augen, so muss auf jeden Fall ein Kontaktlinsenversuch durchgeführt werden. Trotz dieser Tests kann nicht in allen Fällen ein gutes Ergebnis erzielt werden, da alle Inlays optische Aberrationen erzeugen, die stören können. Alle Inlays bieten jedoch den großen Vorteil, dass sie im Fall einer (seltenen) Unzufriedenheit mit dem postoperativen Ergebnis zumindest in den ersten Monaten wieder (folgenlos) entfernt werden können.

Ähnlich den kornealen Inlays kann die Form der Hornhaut auch mittels Laserchirurgie so geändert werden, dass eine erhöhte Schärfentiefe erzeugt wird und somit die Lesefähigkeit verbessert wird. Beispiele hierfür sind die PresbyLASIK (z. B. PresbyMax [1]) oder das INTRACOR-Verfahren [2]. Alle Verfahren erzeugen eine gewisse zentrale Aufsteilung der Hornhaut und damit eine negative sphärische Aberration, was die Tiefenschärfe erhöht. Behandelt wird in den meisten Fällen ebenfalls nur ein Auge, das nicht dominante Auge. Die verbesserte Nahsehschärfe ohne Korrektur bedingt eine gewisse Verschlechterung des Fernvisus, auch mit Korrektur. So verloren 15 % der Patienten nach PresbyMax [1] und 5,7 % nach INTRACOR [2] zwei oder mehr Zeilen Fernvisus mit Korrektur. Da die genannten Laserverfahren nach den bisher publizierten Studien nicht reversibel sind, sollten diese Laserverfahren zur Korrektur der Presbyopie nur in Ausnahmefällen mit erhöhter Anforderung an die Aufklärung der Patienten eingesetzt werden.

Literatur

1. UTHOFF D, POELZL M, HEPPER D, HOLLAND D: A new method of cornea modulaiton with excimer laser for simultaneous correction of presbyopie and ametropia. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2012;250:1649–1661
2. HOLZER MP, KNORZ MC, TOMALLA M et al.: Intrastromal Femtosecond Laser Presbyopia Correction: 1-year Results of a Multicenter Study. J Refract Surg 2012;28:182–188

Presbyopiekorrektur mit dem Kamra™ Corneal Inlay – Studienergebnisse nach 3 Jahren

W. Riha, A. Dexl, G. Grabner

Zusammenfassung

Das Kamra™ Hornhaut-Inlay zur Korrektur der Presbyopie ist nach CE-Zertifizierung 2005 und prospektiven Multicenterstudien seit 2010 auch kommerziell in Europa verfügbar. Das Implantat funktioniert nach dem Prinzip der stenopäischen Lücke und kann bei ametropen wie emmetropen Patienten unilateral in das nicht dominante Auge eingesetzt werden. Bei emmetropen Patienten wird das Inlay in eine Hornhauttasche implantiert, bei ametropen im Rahmen einer Lasik unter einen 200 µm dünnen Flap gelegt.
Durch Erhöhung der Schärfentiefe kommt es zu einer langfristigen Verbesserung der Lesefähigkeit, ohne den Fernvisus signifikant zu verschlechtern. Wesentliche postoperative Untersuchungstechniken (Goldmannglasuntersuchung, Gonioskopie, OCT, Perimetrie etc.) und zukünftige Operationen sind nach unseren eigenen Untersuchungen und Berichten anderer Chirurgen ohne wesentliche Einschränkungen möglich [1].
Der operative Eingriff kann von jedem refraktiv-chirurgisch tätigen Augenarzt ambulant durchgeführt werden, wobei die präzise Positionierung des Implantates von großer Wichtigkeit ist. Ein weiterer Vorteil dieser Technik ist die weitgehende Reversibilität des Eingriffes, wie dies bereits von Yilmaz et al. 2008 durch Explantation des Inlays bei drei Patienten gezeigt werden konnte, wobei alle drei zu ihrem präoperativen Visus zurückkehrten [2].
Bisher wurden weltweit bereits mehr als 18.000 Patienten mit diesem Implantat versorgt, darunter etwa 1000 Patienten in klinischen Studien sowie auch 12 refraktive Chirurgen selbst. Das Kamra™ Corneal Inlay kann nach der derzeitigen Datenlage als sicheres und effektives Verfahren zur Presbyopiekorrektur gesehen werden.

Summary

The Kamra corneal inlay is commercially available in Europe after CE mark in 2005 and multiple prospective multicenter clinical trials. The treatment is based on the optical principle of a small aperture to increase a patient's depth of focus. This results in an improvement in both near and intermediate vision while maintaining good distance vision. In our experiences, this improvement in vision is stable and lasts over the long-term eliminating the need for an enhancement to keep up with the progression of presbyopia. The inlay is implanted unilaterally in the non-dominant eye under a femtosecond-laser created 200µm flap or in a lamellar pocket. With the flap procedure, LASIK can also be performed to simultaneously correct refactive error and presbyopia. Standard ophthalmic assessments (fundus, gonioscopy, OCT, perimetry) and future surgeries can be per-

formed [1]. Another advantage of this technique is the potential reversibillity, as Yilmaz et al. proved in 2008. After removal, all patients returned to their baseline vision [2]. Over 18.000 Kamra inlays have been implanted worldwide so far including 12 refractive surgeons who have the inlay in their own eye. The current available data demonstrates the safety and efficacy of the Kamra inlay as a corneal approach to correct presbyopia.

Einleitung

Intrakorneale Implantate werden bereits seit Jahrzehnten in der refraktiven Chirurgie angewandt, als Pionier auf diesem Gebiet ist J. I. Barraquer (1966) zu nennen, der Ametropie durch zwei verschiedene Prinzipien, der Veränderung der Hornhautkurvatur einerseits sowie der Hornhautbrechkraft andererseits, behandeln wollte. In der Folge wurden intrakorneale Linsen aus unterschiedlichen Materialien als Methode der „synthetischen Keratophakie“ entwickelt, die sich aber aufgrund schlechter Präzision und Verträglichkeit verbunden mit Narbenbildung nicht bewährten.

Unter Verwendung moderner Materialien mit verbesserter Biokompatibilität wurde bereits 2001 das Kamra™ Corneal Inlay (Acufocus Inc., Irvine, CA), vormals AcuFocus Corneal Inlay (ACI), zur Presbyopiekorrektur entwickelt. Nach CE-Zertifizierung und prospektiven Multicenterstudien ist das Implantat seit 2010 auch kommerziell in Deutschland erhältlich. Das Kamra Inlay ist eine 5 µm dünne, mikroperforierte künstliche Blende mit einem Außendurchmesser von 3,8 mm und einem Innendurchmesser der zentralen Apertur von 1,6 mm. Hergestellt wird das Implantat aus Polyvinylidene Fluoride (PVDF), einem Material, das bisher u. a. zur Herstellung von Haptiken von Intraokularlinsen verwendet wurde. Eine große Zahl pseudo-randomisiert angelegter Mikroperforationen (Gesamtzahl: 8400, 5 bis 11 µm im Durchmesser) dient der Diffusion von Nährstoffen und damit dem Hornhautstoffwechsel.

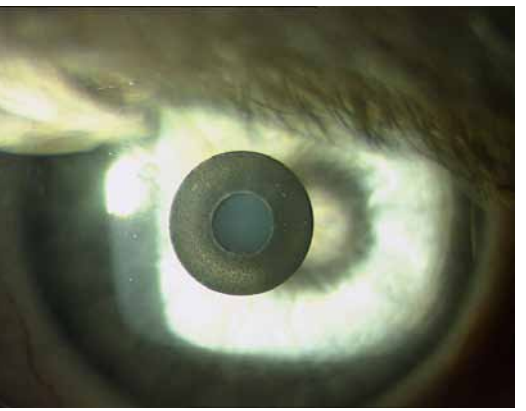


Abb. 1: Spaltlampenfoto eines Kamra™ Inlays in situ

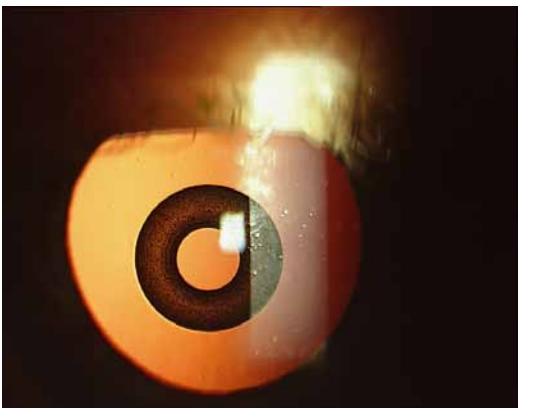


Abb. 2: Kamra™ Inlay in Retroillumination bei pharmakologisch dilatierter Pupille

Das Wirkprinzip des Kamra™ Inlays beruht auf der Bildung einer „stenopäischen Lücke“. In Fotokameras wird analog dazu durch Verkleinerung der Blende das Licht von den Randstrahlen „befreit“ und dadurch die Schärfentiefe erhöht.

Primär wurde das Implantat bei emmetropen presbyopen Personen angewandt, seit einigen Jahren wird die Implantation nun auch in Kombination mit einer LASIK durchgeführt, um im gleichen Schritt Ametropie und Presbyopie behandeln zu können.

Patientenauswahl

Die korrekte Patientenselektion ist wie bei allen Techniken zur Presbyopiekorrektur ein entscheidender Erfolgsfaktor. Ein Alter über 45 Jahre (bzw. ein ausreichender Grad von Presbyopie) sowie eine gesunde Hornhaut auf beiden Augen (ähnliche Kriterien wie für eine LASIK) mit einer sehr guten potenziellen Sehleistung ist eine Grundvoraussetzung. Die Ametropie sollte bei geplanter Kombination mit einer LASIK nicht über −5,0 dpt bzw. +3,0 dpt reichen (Astigmatismus ebenfalls bis 3,0 dpt), selbstverständlich sollte eine Berechnung der Reststromadicke erfolgen. Ein wesentlicher Faktor ist auch der Zustand der Linse, auch bei beginnenden Trübungen sollte initial die Linse getauscht werden, um auch längerfristig ein zufriedenstellendes optisches Ergebnis sicherzustellen.

Ausschlusskriterien sind alle Hornhaut- und Augenerkrankungen wie auch Amblyopie und im Speziellen eine mäßige bis höhergradige Siccasymptomatik, da eine eingeschränkte Qualität der Hornhautoberfläche zu suboptimalen Ergebnissen und Beschwerden führen kann. Außerdem zählen eine unrealistische Erwartungshaltung sowie potenzielle Compliance-Probleme zu den Exklusionskriterien.

Operative Möglichkeiten

Es gibt unterschiedliche Techniken, das Kamra™ Inlay zu implantieren. Die Therapieentscheidung wird auf Basis des vorliegenden Befundes, etwaiger Vorbehandlungen sowie der verfügbaren Technologie (Femtosekundenlaser) getroffen.

Combined Lasik Kamra (CLK)

Bei dieser Technik wird mit einem Femtosekundenlaser ein 200 µm dünner Flap geschnitten, danach kann eine bestehende Ametropie mit dem Excimerlaser korrigiert werden. Die Zielrefraktion sollte dabei bei −0,75 dpt liegen, um den Tiefenschärfeeffekt der stenopäischen Lücke maximal auszunützen. Nach Beendigung der LASIK wird der Flap neuerlich angehoben und das Inlay auf das trockene Stromabett gelegt. Nach Zurückklappen des Flaps kann die Zentrierung mittels des 1. Purkinje-Reflexes überprüft werden, bei Bedarf erfolgt eine Feinjustierung [4].

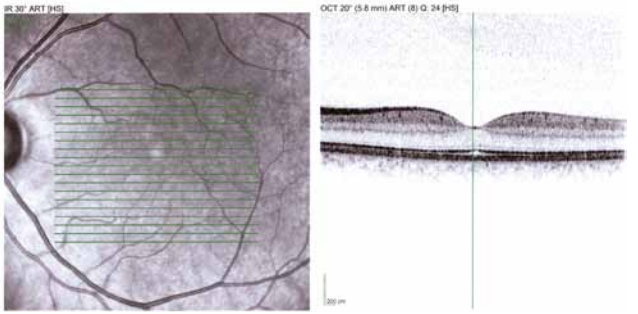


Abb. 3: OCT der Makula mit Inlay in situ

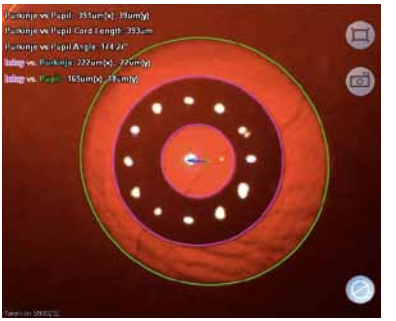


Abb. 4: Aufnahme zur postoperativen Kontrolle der Zentrierung

Pocket Emmetropic Kamra (PEK)

Bei dieser gering invasiven Technik wird bei bestehender Emmetropie bzw. nur geringer Myopie oder Astigmatismus ebenfalls mit dem Femtosekundenlaser eine Hornhauttasche in mindestens 200 µm Tiefe angelegt. Danach wird diese „Pocket" eröffnet und das Inlay direkt unter einer vorher angelegten Markierung eingelegt. Vorteile ergeben sich durch die geringere Beeinflussung der Hornhautstabilität und Siccasymptomatik, ein Nachteil ist allerdings die Beschränkung durch eine etwaige vorbestehende Ametropie. Aus diesem Grund wurde in den letzten beiden Jahren ein weiteres therapeutisches Verfahren entwickelt (PLK2, s. u.).

Post Lasik Kamra (PLK)

Eine weitere große potenzielle Gruppe stellen bekanntlich emmetrope presbyope Patienten nach bereits durchgeführter Lasik dar. In diesem Fall ist es besonders wichtig, die initiale Flapdicke und den Ausgangsbefund zu kennen, da mindestens 100 µm unter dem alten Flap eine Hornhauttasche mit temporalem Zugang angelegt wird.

Planned Lasik Kamra 2-step (PLK2)

Um die oben genannten Vorteile einer Tasche mit dem Standardverfahren einer LASIK mit dünnem Flap kombinieren zu können, wird nun als weitere operative Option initial eine herkömmliche Femto-LASIK mit dünnem Flap durchgeführt. Etwa drei Monate später erfolgt bei zufriedenstellendem refraktiven Ergebnis die wie bereits oben erklärte Implantation des Kamra Inlays in eine Hornhauttasche.

Bei allen Techniken ist die Zentrierung des Implantates einer der wesentlichen Parameter zum Erreichen eines guten Ergebnisses. Besonders wichtig sind dabei die beiden Referenzpunkte 1. Purkinje-Reflex und Pupillenzentrum, um die geplante Positionierung planen zu können. Postoperativ sollte man die erreichte Positionierung überprüfen. Bei nur geringer Distanz zwischen 1. Purkinje-Reflex und Pupillenzentrum sollte die Apertur auf den kornealen Apex zentriert werden,

bei großem Kappa-Winkel sollte die Mitte dieser beiden Referenzpunkte als Ziel angepeilt werden [3].

Postoperative Untersuchungstechniken

Besonders in der presbyopen Altersgruppe ist natürlich davon auszugehen, dass in den Jahren nach der Implantation weiterführende Diagnostik notwendig werden wird. Im Bereich der Strukturen des vorderen Augenabschnittes ergeben sich keine signifikanten Einschränkungen, für eine ausreichende Beurteilung der Linse kann Mydriase notwendig sein. Dies gilt ebenso für Netzhautuntersuchungen; wie bereits publiziert kommt es zu keinen Einschränkungen der Aufnahmequalität bei OCT oder Fundusfotografie [1].

3-Jahres-Ergebnisse der Universitätsaugenklinik Salzburg

Im Rahmen der FDA-Zulassungsstudie wurden an der Salzburger Universitätsaugenklinik 24 Patienten operiert und drei Jahre nachuntersucht. Alle Teilnehmer haben mittlerweile die Studie beendet.

Einschlusskriterien waren Emmetropie (±0.5 sph), Presbyopie (Nahadd. +1,0 bis +2,5 dpt), Alter zwischen 45 und 60 Jahre, ein unkorrigierter Nahvisus von 20/100 bis 20/40, ein unkorrigierter Fernvisus von mindestens 20/20 beidseits, Keratometriewerte zwischen 41 und 47 dpt sowie eine Endothelzellzahl von >2000 Zellen/mm². Ausschlusskriterien waren jegliche sonstige Augenpathologien, vorhergehende Augenoperationen sowie ein Refraktionsunterschied von >1,0 dpt zwischen manifester und zykloplegischer Refraktion.

Bei den Studienteilnehmern wurde mit einem Femtosekundenlaser (FS60™ und IFS™, Intralase, AMO) eine Hornhauttasche in mindestens 200 µm Tiefe angelegt und das Kamra™ Inlay implantiert. Es kam intraoperativ zu keinen schwerwiegenden Komplikationen, in einem Fall wurde aufgrund der zu zentralen Inzision ein geringer Astigmatismus von 1,5 dpt induziert.

Es waren keine Nachzentrierungen notwendig. Der durchschnittliche Fernvisus am implantierten Auge verschlechterte sich nach drei Jahren um etwa eine Zeile von 20/16 auf 20/20 (binokular unverändert bei 20/16). Im Intermediärbereich konnte monokular eine Verbesserung um zwei Zeilen auf 20/25 erreicht werden (binokular 20/20). Der Nahvisus zeigte sich mit Jäger 2 (präoperativ Jäger 7/8) ebenso deutlich verbessert. Der bestkorrigierte Fernvisus als Sicherheitsparameter nahm nur in zwei Fällen um mehr als eine Zeile ab, beide Testpersonen erreichten jedoch auch nach drei Jahren noch 20/20 monokular.

Das sphärische Äquivalent veränderte sich nicht signifikant von +0,05 ± 0,25 dpt präoperativ auf −0,02 ± 0,75 dpt. Im Studienzeitraum musste keines der Implantate entfernt werden. Bei genauer Subanalyse der Daten fanden sich zwei Hauptfak-

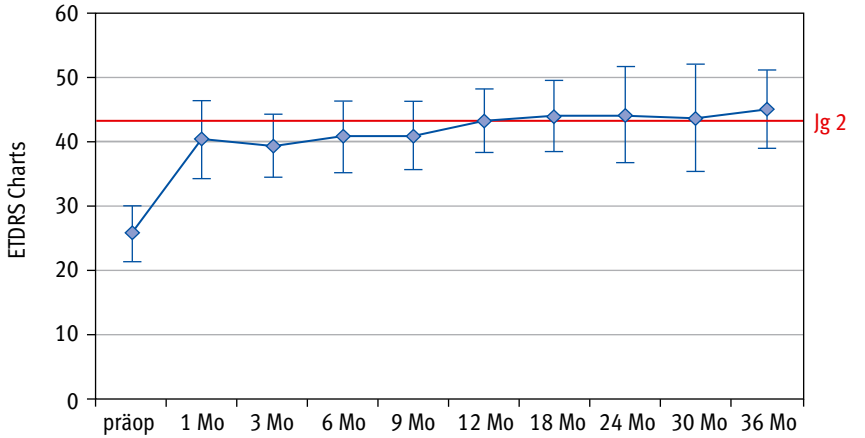


Abb. 5: 3-Jahres-Ergebnisse: Unkorrigierter Nahvisus am implantierten Auge (n = 24)

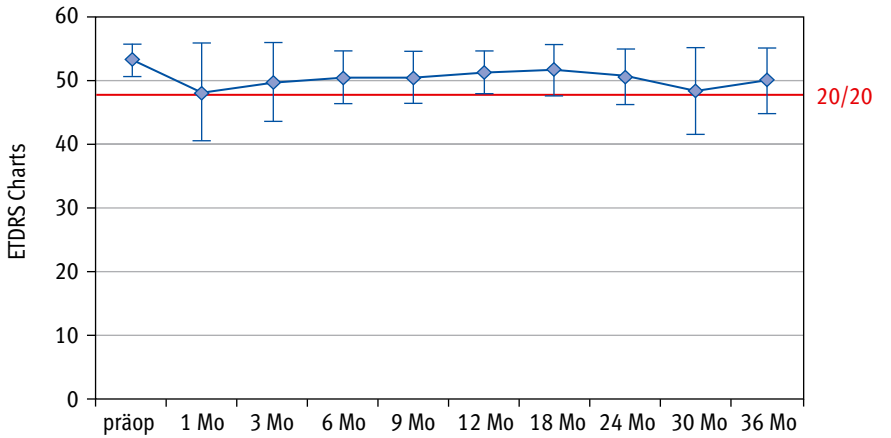


Abb. 6: 3-Jahres-Ergebnisse: Unkorrigierter Fernvisus am implantierten Auge (n = 24)

toren, die wesentlich die Patientenzufriedenheit und die Visusergebnisse beeinflussten. Die leicht myope Patientengruppe von 0 bis –0,75 dpt zeigte einen signifikant besseren Lesevisus ohne Verschlechterung der Ferne im Vergleich zu den leicht hyperopen Testpersonen (0 bis +0,5 dpt). Diese Ergebnisse führten in der Folge zu der Empfehlung, bei ametropen Patienten die Zielrefraktion der LASIK im gering myopen Bereich zu planen.

Ebenso konnte nachgewiesen werden, dass sich bei verfeinerten Einstellungen des Femtosekundenlasers aufgrund eines gleichmäßigeren Stromabettes die funktionellen Ergebnisse verbesserten.

Risiken und Komplikationen

Generell sind die rein operativen Risiken mit denen einer Standard-LASIK vergleichbar, auf die jedoch an dieser Stelle nicht eingegangen wird. Bei initial schlechter Positionierung kann man durch Rezentrierung eine deutliche Verbesserung erreichen [3]. Manche Patienten empfinden den leichten Kontrastverlust beim Dämmerungssehen zu Beginn als störend, was durch neuronale Adaptation allerdings meist innerhalb von einigen Monaten gut ausgeglichen wird. Probleme können auch durch verstärkte Siccasymptomatik und Wundheilungseffekte entstehen, die zu schwankender Sehleistung und Sehqualität führen können.

Die potenzielle partielle Reversibilität, d. h. die einfache Entfernung des Implantats bei Problemen kann sowohl vom behandelnden Chirurgen als auch von den Patienten als Vorteil gesehen werden.

Conclusio

Das Kamra™ Corneal Inlay kann bei geeigneten Patienten einseitig in das nicht dominante Auge mittels zweier unterschiedlicher Techniken implantiert werden. Bei Emmetropie erfolgt diese in eine Hornhauttasche, bei Ametropie kann davor oder gleichzeitig der Refraktionsfehler mittels LASIK korrigiert werden. Durch das Ausnutzen des Effektes einer verkleinerten Blende und die damit verbundene erhöhte Schärfentiefe kommt es zu verbessertem Sehen im Nah- und Intermediärbereich, ohne die Fernsicht signifikant zu verschlechtern. Dadurch bleibt auch das Stereosehen unverändert.

Postoperative Untersuchungstechniken des vorderen und hinteren Augenabschnittes sind mit nur geringen Einschränkungen der Qualität durchführbar, Ähnliches gilt für zukünftige Operationen. Auch eine Explantation bei Unzufriedenheit oder aus medizinischer Indikation ist nach Berichten von Chirurgen und aus unserer eigenen Erfahrung problemlos durchführbar. Nach der derzeit publizierten Datenlage kann das Kamra™ Hornhautimplantat als sicheres und effektives Verfahren zur Korrektur der Presbyopie bezeichnet werden.

Literatur

1. CASAS-LLERA P, RUIZ-MORENO JM, ALIO JL: Retinal Imaging after corneal inlay implantation. J Cataract Refract Surg 2011 Sep;37(9):1729–1731
2. YILMAZ OF, ALAGÖZ N, PEKEL G et al.: Intracorneal inlay to correct presbyopia: Long-term results. J Cataract Refract Surg 2011;37(7):1275–1281
3. GATINEL D, EL DANASOURY A, SAAD A: Recentration of a small aperture corneal inlay. J Cataract Refract Surg 2012 Dec;38(12):2186–2191
4. TOMITA M, WARING GO 4TH, YUKAWA S: Simultaneous corneal inlay implantation and laser in situ keratomileusis for presbyopia in patients with hyperopia, myopia, or emmetropia: six-month results. J Cataract Refract Surg 2012 Mar;38(3):495–506

KOMPLIZIERTE KATARAKT: OP-TECHNIKEN

Combined Cataract Surgery on a Marfan-syndrome Patient (Case report)

Z. Biró, I. Szabó, Z. Pámer

Summary
Combined cataract surgery of an ectopic lens was performed on a 10 years old girl with Marfan-syndrome. A Cionni capsular tension ring was implanted into the capsular bag, and the bag was pulled to its place and fixed with a scleral suture. Because of the young age of the patient a primary posterior capsulorhexis was performed, through which anterior vitrectomy was carried out and the artificial lens was implanted into the capsular bag. In the literature a several surgical solution is advised for the treatment of the ectopic lens in patients with Marfan-syndrome. We have performed a successful surgery combined with posterior capsulorhexis in our case. Because of its rarity and special surgical solution, we think this case report is interesting and can be helpful in such cases to be published.

Introduction

Marfan-syndrome is a genetic disturbance of the connective tissue, in most of the cases (90 %) caused by haploid insufficiency, due to mutation in the fibrillin-1 (FBN-1) gene encoding connective fibres. The remaining 10 % is caused by mutation of the gene encoding transforming growth factor beta (TGF-beta) receptors. Prevalence is 1/5–10,000, according to this about 1–2000 people can be affected with this disease in Hungary. The rate of spontaneous mutation ('de novo') is 1/20,000. There is no ethnic or geographic difference, and males and females are equally affected.

The disease was named after Antoine Marfan (1858–1942) a French paediatrician [6], who described the clinical picture in 1896. The gene of the disease was discovered nearly 100 years later by Francesco Ramirez, in New York in 1991 [4, 11] and only five years later in 1996, the first intrauterin genetic test was performed [8].

Diagnosis of Marfan-syndrome is most often made by the typical clinical picture (the genetic tests are quite expensive), but family history is also very important. Marfan-syndrome has several typical symptoms, the central nervous system, the bony system, the skin (striae), the joints, the heart and the vascular system, the lungs (spontaneous pneumothorax), the dental system and the eye can all be affected. The most characteristic mutation is the typically high, thin constitution, long legs, arms and fingers. Scoliosis, protruding or indenting breastbone and flat-foot can be observed quite often, the joints are markedly flexible. Among the cardiac and the vascular symptoms aneurysm of the aorta has to be emphasized, which can lead to

rupture (dissection) of the aorta. Other typical changes are the prolapse of the mitral valve, and closing insufficiency of the aortic valve and heart valves.

There are several ophthalmic symptoms of the disorder. Myopia, astigmatism, coloboma of the iris, retinal detachment, cataract and glaucoma can be observed quite often, but the most typical and most well known ophthalmic symptom is the ectopic lens due to the elongation of the zonular fibres, which happens in 80 % of the cases, typically to the upward and temporal direction.

Case report

A ten years old girl with Marfan-syndrome was admitted to the Department of Ophthalmology Medical University of Pécs, Hungary. Her father had Marfan-syndrome as well. Visual acuity (VA) on the right eye was 0.07 (correction: –15.0 D = –2.0 D cyl 180), VA on the left eye was 0.15 (correction: –14.0 D = –2.0 D cyl 180). Slit-lamp examination revealed deep anterior chamber bilaterally, and an upward and temporally dislocated crystalline lens in the right eye, and an upward and nasally dislocated crystalline lens in the left eye.

Intraocular pressure was normal in both eyes, funduscopy in mydriasis showed no pathology in either eye. Pictures of the left eye after pupil dilation are shown on Figure 1. Surgery was performed in general anaesthesia first on the right eye, and 3 months later on the left eye. A conventional capsular tension ring (CTR) was implanted into the right eye, while a Cionni-CTR (Morcher GmbH, Stuttgart, Germany) was implanted into the left eye. The surgical steps of the cataract extraction and IOL implantation of the left eye is discussed in this paper.

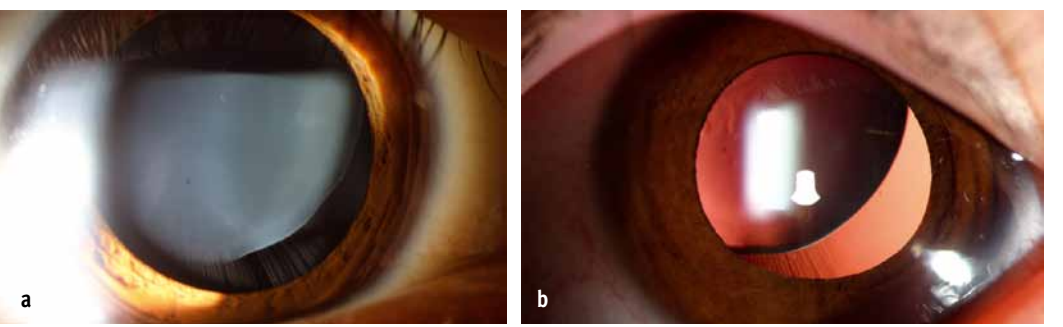


Fig. 1: Slit lamp photos of the left eye after pupil dilatation. With diffuse illumination (a), and with red reflex (b). The elongated zonular fibres can be well seen, the lens is dislocated upward and nasally

Due to the age of the patient, not a “clear-corneal” wound, but a “sclero-corneal” wound was performed after opening the conjunctiva. A small amount of Tonogen (epinephrin 1 mg/ml) was given into the anterior chamber (AC), by which the pupil could be well dilated. The AC was filled-up by cohesive viscoelastic material (OVD)

and a 5.0 mm diameter capsulorhexis (CCC) was performed with forceps on the center of the lens. This was a specially difficult procedure, because of the dislocation of the crystalline lens, and the CCC seemed to be uncommonly eccentric to the pupil. After a very careful hydrodissection the soft nucleus and the cortex was removed by irrigation-aspiration, without using any phaco energy. The capsular bag and the AC were filled up by cohesive OVD and a Cionni-CTR was introduced into the capsular bag (Figure 2). A 10/0 prolene suture (Ethicon W1713, Johnson & Johnson, UK) with a 16 mm straight needle on the end was tied on the small hook of the Cionni-CTR. This hook bends forward and out of the capsular bag after CTR implantation. The conjunctive was opened, and a half-thick limbal-based scleral flap was performed opposite to the direction of lens subluxation. Under the scleral flap, 1.0 mm from the limbus a 20 gauge needle was introduced through the sclera into the ciliary sulcus under the iris. This needle helped to direct the other 16.0 mm straight needle with the Cionni-CTR on the end to be pulled out through the ciliary sulcus. By pulling the suture the Cionni-CTR was pulled to the ciliary sulcus by which the capsular bag was centered. Because of the young age of the patient a 3.0 mm posterior capsulorhexis (PCCC) was performed with forceps. Through the PCCC a limited anterior vitrectomy was performed to prevent posterior capsule opacification (PCO). A hydrophobic one-piece acrylic intraocular lens (IOL) (AcrySof, Alcon, USA) was implanted into the capsular bag with injector. OVD was carefully removed from the AC, the wound was closed with suture and Cefuroxime (0.1 mg/ml) was given intracamerally. Combined local steroid (1.0 mg/ml dexamethasone) and antibiotic (3.0 mg/ml tobramycine) treatment was (Tobradex suspension eyedrops) applied, tapered weekly through 5 weeks. The postoperative period was uneventful. Distant best corrected VA on the right eye improved to 0.4 (correction: –1.5 D cyl 5), and on the left eye it improved to 0.5 (correction: –0.5 D = –1.0 D cyl 135). Near VA improved a lot as well, it was J2 with +3.0 D correction on the right eye, and J1 with +3.0 D on the left eye.

On the slit-lamp photo taken 6 months after surgery both anterior and posterior CCC can be seen well and also the thickened and opacified anterior capsule can be revealed (Figure 3). The optical axis is completely clear, and the young patient is very satisfied with her visual acuity.

Discussion

For a very long time the literature did not advise to perform any surgery on an ectopic lens in Marfan-syndrome. In 1963 in the Acta Ophthalmologica Hungarica ("Szemészet") Professor Boros published an article on Marfan syndrome, and he wrote the following: *"There are not many articles on the surgery of ectopic lens in Marfan-syndrome, and surgical intervention is suggested only in complicated cases such as complete dislocation, secondary glaucoma, recurrent inflammation, when otherwise the eye would go blind."* [2]

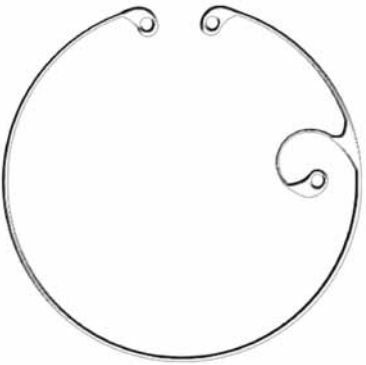


Fig. 2: Cionni capsular tension ring (CTR). Diameter of the ring is 12.0 mm, it is made of polymethyl-methacrylate (PMMA). The small hook of the CTR bends forward and out of the capsular bag.

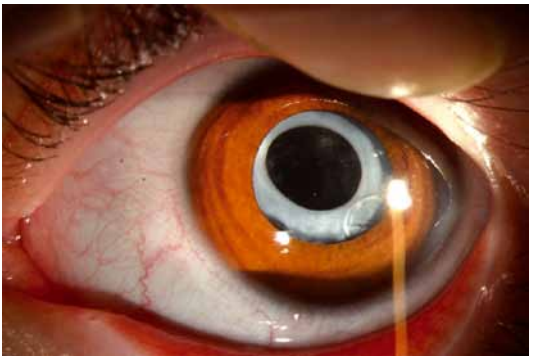


Fig. 3: Slit lamp photo of the left eye after pupil dilatation, taken 6 months after the surgery. The thickened and opacified anterior capsule is well seen, such as the hook of the Cionni CTR at V o'clock on which the 10/0-s prolene suture was tightened. The suture was stitched through the ciliary sulcus, the CTR and the capsular bag was pulled to its place and centered.

From the 1970s, more and more articles deal with the surgical solution of the subluxated lens [12]. In 1993, phacoemulsification was advised by Adank et al. [1]. The use of the CTR was first suggested in 2000 [3], and the use of the Cionni CTR in 2003 [9]. Iris fixation of foldable IOL was advised in 2006 [5], and fixation of the IOL behind the iris was published in 2008 [13]. In 2010 pars plana lensectomy and pars plana vitrectomy was suggested for the treatment of ectopic lens in Marfan-syndrome [10].

Some suggest using iris-hooks in the area of elongated zonules for the temporary fixation of the capsule after performing the CCC [14]. The next steps of the surgery especially the phacoemulsification will be performed much easier in this way, until the CTR is inserted. We did not have to apply this technique in our case due to the young age, and the soft nucleus of the patient.

In the 2012 year annual congress of the Hungarian Cataract and Refractive Society (SHIOL) there was a lecture by Hungarian authors on the "Surgical solution of the subluxated lens in Marfan-syndrome" [7].

With the surgical technique described above the centration of the IOL and the optical rehabilitation of the Marfan-syndrome patients can be successfully achieved.

Literatur

1. ADANK AM, HENNEKES R: Phacoemulsification of the subluxated or atopic lens. Bull Soc Belge Ophtalmol 1993;249:33–39
2. BOROS B: The possible complications of lens extraction in Marfan-syndrome. Acta Ophthalmologica Hungarica 1963;100:68–71
3. DIETLEIN TS, JACOBI PC, KONEN W, KRIEGLSTEIN GK: Complications of endocapsular tension ring implantation in a child with Marfan's syndrome. J Cataract Refract Surg 2000;26:937–940
4. DIETZ HC, SARAIVA JM, PYERITZ RE et al.: Clustering of fibrillin (FBN1) missense mutations in Marfan syndrome patients at cysteine residues in EGF-like domains. Hum Mutat 1992;1:366–374
5. DUREAU P, DE LAAGE DE MEUX P, EDELSON C, CAPUTO G: Iris fixation of foldable intraocular lenses for ectopia lentis in children. J Cataract Refract Surg 2006;32:1109–1114
6. ENCISO M, GARCIA L: Marfan's syndrome. Am J Ophthalmol 1948;31:736
7. GYETVAI T, FACSKÓ A: Surgical solution of cataract in Marfan-syndrome. 23rd Congress of the Hungarian Cataract and Refractive Society (SHIOL). 2012. March 29–31, Budapest, abstract book pp. 71
8. MILEWICZ DM: Molecular genetics of Marfan syndrome and Ehlers-Danlos type IV. Curr Opin Cardiol 1998;13:198–204. Review
9. MORENO-MONTAÑÉS J, SAINZ C, MALDONADO MJ: Intraoperative and postoperative complications of Cionni endocapsular ring implantation. J Cataract Refract Surg 2003;29:492–427
10. OH J, SMIDDY WE: Pars plana lensectomy combined with pars plana vitrectomy for dislocated cataract. J Cataract Refract Surg 2010;36:1189–1194
11. RAMIREZ F, PEREIRA L: The fibrillins. Int J Biochem Cell Biol 1999;31:255–259. Review
12. SELLYEI LF JR, BARRAQUER J: Surgery of the ectopic lens. Ann Ophthalmol 1973;5:1127–1133
13. WOLTER-ROESSLER M, KÜCHLE M: Correction of aphakia with retroiridally fixated IOL. Klin Monatsbl Augenheilkd 2008;225:1041–1044
14. WU WJ, ZHENG DY, ZHENG YF, CAI XY: Iris hooks and modified capsular tension ring for subluxation lens in patients with Marfan's syndrome. Zhonghua Yan Ke Za Zhi 2007;43:108–111

Surgical Correction of Ectopia Lentis

A. R. Vasavada, S. Shah

Introduction

Ectopia lentis due to any cause presents a challenge to the ophthalmologist, and management requires adhering to certain paradigms and principles. Surgical management of ectopia lentis poses two major challenges:

1. Removal of lens itself
2. Fixation of IOL
   Strategies include:
   Counseling: The patient and the family are made aware of:
   – Possibility of uncertain surgical outcome
   – Challenges and consequences of scleral fixation of IOL
   – Postoperative suboptimal visual recovery
   – Need for secondary intervention
   – Regular monitoring for glaucoma and retinal complications
   Preoperative evaluation: is carried out under maximum mydriasis for detecting:
   – Extent of zonular weakness
   – Grade of cataract, if any
   – Presence of vitreous strands in anterior chamber, and
   – Peripheral retinal lesions

As per extent of area of zonular dehiscence surgical strategy is decided. Pars plana lensectomy with vitrectomy is an option for gross subluxation of lens, following which scleral fixation of lens or intrascleral fixation-glued IOL or iris fixated lens can be done for IOL implantation. We prefer to preserve the bag as far as possible because of the advantages:

1. It preserves and maintains natural compartments
2. It preserves the intact anterior vitreous phase
3. In the bag IOL implantation is the ideal site for IOL fixation

But this is technically demanding and long-term stability is still a question. There are many options for bag fixation and in-the-bag IOL implantation. The Cionni ring and Ahmed segments are designed to fixate the capsular bag to the sclera without violating the integrity of the capsular bag. However, several innovative devices are available for fixating the capsular bag to the sclera.

Surgical Steps

My preferred surgical strategy consists of the following steps:

1. Creation of a Scleral Pocket: Initially, a scleral pocket is created in the area of maximum zonular dehiscence. I prefer the technique described by Dr Hoffman, which involves creation of a partial thickness limbal groove, which is then dissected backwards into the sclera, without disinserting the conjunctiva (Fig. 1).

2. Corneal Incision: I fashion two clear corneal paracentesis incisions of about 1.00 mm. I also make a temporal clear corneal paracentesis of 1.00 mm to start off. Using the "soft shell technique" of Dr. Arshinoff, first dispersive OVD, Viscoat is injected into the anterior chamber, specifically over the area of zonular dehiscence. This creates a tamponade on the exposed anterior vitreous face. This is followed by injection of cohesive OVD such as Provisc. This ensures adequate space maintenance in the anterior chamber.

3. Capsulorhexis: An initial small rhexis is initiated with 26 gauge needle. In conditions where initiating the rhexis with 26 gauge needle is difficult, a paracentesis knife is used to make a slit opening on the anterior capsule, subsequently the rhexis is completed using microincision rhexis forceps through the same 1.00 mm paracentesis incision. This allows maintenance of a closed chamber. An initial small rhexis is attempted and then definite large rhexis is performed if necessary.

4. Capsular Bag Stabilisation: Capsular bag stabilization is either required to complete the capsulorhexis, or after completing the capsulorhexis. Iris retractors help to temporarily support the cataract and prevent additional loss of zonules. Other devices such as Mackhool capsular hooks may also be used to stabilize the capsular bag (Fig. 2).

5. Cortical Cleaving Hydrodissection: Gentle but thorough multiquadrant hydrodissection is performed to reduce the stress on zonules during cortex removal.

6. Lens Removal: In cases of children or young individuals, bimanual I/A is performed for lens removal. This allows maintenance of a closed chamber. By using a low aspiration flow rate and low bottle height minimal turbulence is maintained within the anterior chamber. At every stage, Viscoat is injected into the eye before retracting an instrument out of the eye to prevent collapse of the anterior chamber and forward bulge of the vitreous face.

7. Capsular Bag Fixation: The capsular bag is inflated using high viscosity cohesive viscoelastic. I prefer to use a Cionni modified capsule tension ring for stabilization and centration of the bag. A corneal paracentesis incision is made opposite to the area of maximum zonular dialysis. The Cionni element of the ring is threaded with 9/0 prolene monofilament nonabsorbable suture, double armed with 2 straight needles (Ethicon) outside the eye. The ring is then is passed through a 2.8 mm corneal incision into the capsular bag. It is dialed until the Cionni's element is subjacent to scleral flap. Bent 26 Gauge needle is passed transconjunctivally through

Fig. 1: Hoffman's Scleral Pocket

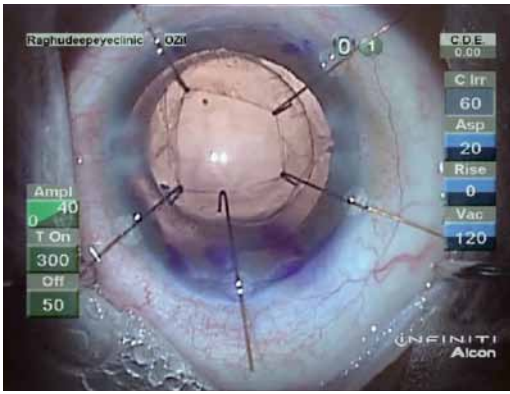


Fig. 2: Capsular bag stabilization with Iris retractors

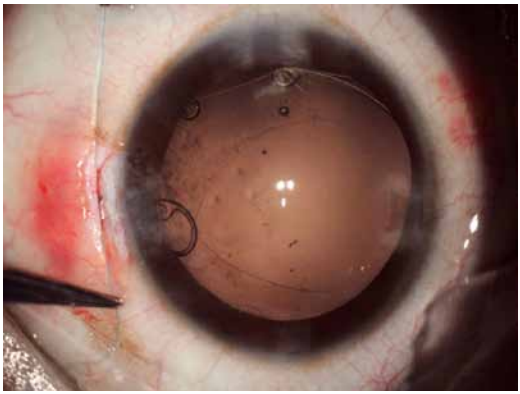


Fig. 3: Capsular Bag Fixation with Cionni ring

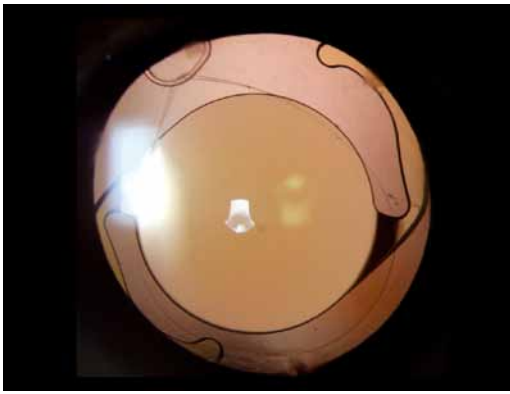


Fig. 4: Cionni ring and in the bag IOL implantation

scleral pocket to fetch the curved needle which is introduced through the opposite corneal stab incision. Similarly the second needle is passed in the same track. Both the needles are cut, and the ends of the sutures are pulled out through the scleral pocket, and tied. This allows the knot to be buried inside the dissected scleral pocket (Fig. 3). Once the capsular bag is stabilized the IOL is implanted in the bag. My IOL of choice is a hydrophobic acrylic IOL (AcrySof, Alcon Laboratories, USA). Thereafter, a thorough removal of the OVD is performed, again taking care to avoid very high aspiration. Finally, before retracting the I/A cannula from the eye, stromal hydration of incisions is performed. The paracentesis incisions and the main incision are sutured (Fig. 4). The Ahmed capsule tension segment is a modification of the Cionni ring, that provides segmental support, and can be used for small areas of zonular dehiscence or as an additional support in presence of a Cionni ring. Several other devices, like the Assia Anchor device and others have also been designed to provide stable capsular bag fixation.

Alternatives to Capsular Bag Fixation

In cases where the capsular bag cannot be preserved, I fixate the IOL to the sclera using conventional scleral fixation technique. However, the intrascleral IOL fixation (the glued IOL) is also a very elegant method of stable IOL fixation. Other options are iris sutured IOL fixation of anterior chamber IOL implantation.

To recapitulate, the pearls for surgical management of ectopia lentis are:
a) Adhere to the principles of the closed chamber technique
b) Use modest irrigation and aspiration parameters to prevent turbulence
c) Choose the IOL fixation site according the available capsular bag support
d) Capsular bag fixation with IOL implantation in-the-bag preferred

Literatur

1. CIONNI RJ, OSHER RH: Endocapsular ring approach to subluxated cataractous lens. J Cataract Refract Surg 1995;21:245–249
2. BURATTO L, OSHER RH, MASKET S: Cataract surgery in complicated cases. Congenital subluxation of the crystalline lens and the surgical treatment Slack Incorporated. 2000;pp 15–23
3. CIONNI RJ, OSHER RH: Management of profound zonular dialysis or weakness with a new endocapsular ring designed for scleral fixation J Cataract Refract Surg 1998;24:1299–1306
4. LAM DSC, YOUNG AL, LEUNG ATU et al.: Scleral fixation of a capsular tension ring for severe ectopia lentis. J Cataract Refract Surg 2000;26:609 –612
5. VASAVADA AR, PRAVEEN MR, VASAVADA VA et al.: Cionni ring and in-the-bag intraocular lens implantation for subluxated lenses: a prospective case series. Am J Ophthalmol 2012 Jun;153(6):1144–1153
6. KUMAR DA, AGARWAL A, PRAKASH D et al.: Glued intrascleral fixation of posterior chamber intraocular lens in children. Am J Ophthalmol 2012 Apr;153(4):594–601
7. VASAVADA V, VASAVADA VA, HOFFMAN RO et al.: Intraoperative performance and postoperative outcomes of endocapsular ring implantation in pediatric eyes. J Cataract Refract Surg 2008 Sep;34(9):1499–1508
8. PRAVEEN MR, SHAH AR, JANI UD et al.: Management of congenital bilateral subluxated cataract with Cionni ring. Indian J Ophthalmol 2006 Mar;54(1):39–41
9. PRAVEEN MR, VASAVADA AR, SINGH R: Phacoemulsification in subluxated cataract. Indian J Ophthalmol 2003 Jun; 51(2):147–154

Tackling the malpositioned IOL

A. R. Vasavada

Introduction

Dealing with a 'malpositioned' IOL is a challenge for the surgeon. The issues are manifold: the cause of subluxation/dislocation of the IOL, the extent of dislocation, the type of IOL, the presence or absence of vitreous in the anterior chamber and co-existing ocular morbidities. All these factors will influence the surgical strategy and more importantly, the outcome for the patient. Here, we will present different cases that will show varying presentations of IOL malpositioning, and their remedial options.

Case 1: Asymmetric placement of Single-Piece Acrylic IOL

A 66 year-old lady, with a history of previous laser PI done, was planned for cataract surgery with multifocal IOL implantation. Following an uneventful surgery, a single-piece hydrophobic acrylic, multifocal IOL implantation was planned. However, during IOL implantation, the pupil started constricting, and once the IOL was placed, it was difficult to determine whether it had gone in the bag completely or not. The surgeon did not attempt to manipulate any further and closed the eye. She presented to us 1 month after the original surgery, with an IOP of 26 mmHg and best-corrected vision of 612. Dilated exam revealed that the one haptic of the IOL was in the bag and the other was in the sulcus. In 180°, the anterior and posterior capsule had fused (Fig. 1).

What is the next step for this patient?

The important point to note here is that the single piece design has thick haptics. These tend to rub in the ciliary body region, and produce recurrent low-grade uveitis, pigment dispersion and worsening of glaucoma. We have shown this very effectively by UBM analysis of eyes with single piece acrylic IOL in the sulcus [1]. Therefore, it should not be left in the ciliary sulcus. After proper counseling the patient was taken up for IOL repositioning. The plan was to try and reopen the capsular bag, and reposition the IOL in the bag. In case, at any stage, the capsular bag would be compromised, the plan was to explant the single piece IOL and place a 3-piece IOL in the ciliary sulcus.

Using high viscosity cohesive ophthalmic viscosurgical device (OVD) and a spatula, the capsular bag was gently viscodissected and opened up. Subsequently the IOL was dialed in the bag (Fig. 2). Postoperatively, the vision improved to 6/6 (p) and IOP came down to 15 mmHg.

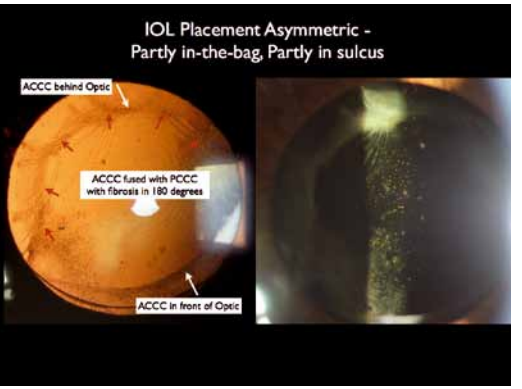


Fig. 1

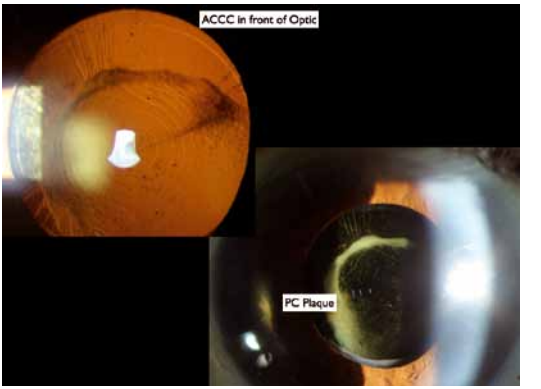


Fig. 2

Take Home Message: Single piece acrylic IOL should not be placed in the ciliary sulcus! If detected in the early postoperative period, the capsular bag can be opened up to reposition the IOL in the bag. If this is not possible, still explant the IOL and place a 3-piece IOL in the ciliary sulcus.

Case 2: IOL dislocated posteriorly with good anterior capsule support

A 62 year-old man was operated for a posterior polar cataract 10 years ago. Intraoperatively there was a posterior capsule rupture. However, using the rest of the posterior capsule as a support, a single-piece hydrophobic acrylic IOL was implanted in the bag. 10 years later, he presented with a dimunition of vision for 6 months.

Slit-lamp examination revealed aphakia in the pupillary area. The IOL could not be seen in primary gaze on the slitlamp, but was seen in the anterior vitreous in a supine position. The margin of the original posterior capsule rupture could be clearly visualized, and anterior chamber was free of any vitreous (Fig. 3).

We counseled the patient regarding explantation of the dislocated IOL with possible re-fixation of another IOL.The surgical strategy was to perform a pars planavitrectomy, explant the single-piece IOL and re-fixate another IOL depending on the available anterior capsular support. As a first step, a 23 Gauge, pars planavitrectomy was performed on the Infiniti Vision System® (Alcon, USA) The parameters used for vitrectomy were: cut rate of 2500/minute, vacuum 300 mmHg, aspiration flow rate 25 cc/minute and irrigation bottle height 50 cm H2O. Thorough vitrectomy was performed to ensure that the IOL was free of all surrounding vitreous. Using a bimanual technique and microincision grasping forceps, the IOL was gently brought out into the anterior chamber. A dispersive ophthalmic viscosurgical device (OVD), Viscoat, was injected

in the anterior chamber to coat the corneal endothelium. A temporal clear corneal incision of 2.4 mm was fashioned. The IOL was explanted using a special wire-loop passed through the Alcon 'A' cartridge. This special device has been innovated by Dr. Arup Bhowmick from Kolkata, India. This device enables 'reverse folding' of the IOL, i.e. it allows the entire IOL to fold back into the cartridge and be removed a very small incision.

Once the IOL was explanted, the anterior capsule support was assessed, and was judged to be adequate for a sulcus IOL fixation. A 3-piece Acrysof® IOL was implanted in the sulcus, and the optic was captured through the anterior capsulorhexis margin. At the end, intracameral triamcinolone acetonide (preservative-free) was injected in the anterior chamber to detect presence of any residual vitreous. Postoperatively, at 1 month, the patient achieved a best-corrected visual acuity of 20/30 with a very stable and centered IOL. He maintained the same IOL centration and stability even at 1.5 years postoperatively (Fig. 4).

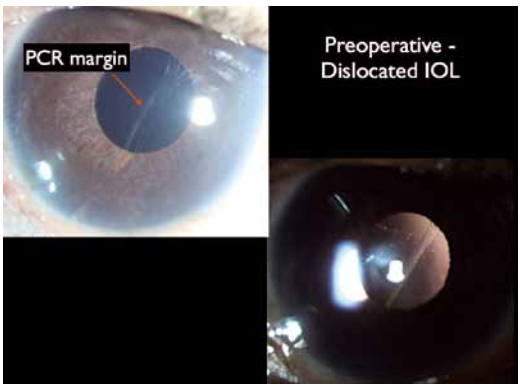


Fig. 3

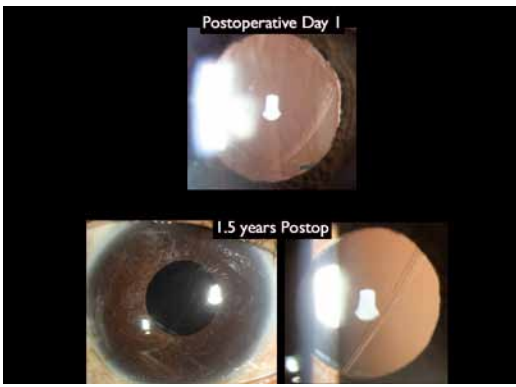


Fig. 4

Take home message: Perform an adequate vitrectomy to ensure that the IOL is free of all coating vitreous. Use an appropriate IOL explantation strategy that is least traumatic to the eye. Finally, very critically assess the available capsular support and then decide the site of IOL fixation.

Case 3: IOL Dislocated posteriorly with no capsular support

A 68 year-old gentleman had an injury to the eye, and presented with dimunition of vision. Examination revealed IOL dislocated into the anterior vitreous. However, there was no visible anterior or posterior capsule support (Fig. 5).

Just as in the previous case, an adequate vitrectomy was performed through the pars plana approach. The IOL was then elevated and brought into the anterior cham-

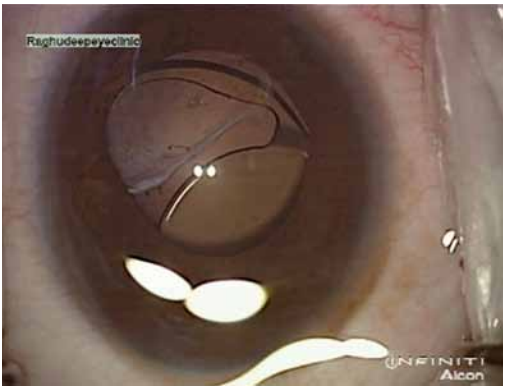


Fig. 5

ber; it was a single piece hydrophilic acrylic IOL. It was explanted through a small incision using the same wired loop snare device as mentioned in the case above. In absence of capsular support, we prefer to fixate the IOL to the sclera. In this case, we performed an intrascleral fixation of a foldable 3-piece IOL, using the technique described by Dr. Gabor Scharioth and then modified by Dr. Amar Agarwal. Other alternatives include performing a conventional sutured scleral fixation, sutured posterior iris fixation of the IOL or an anterior chamber IOL implantation.

Take Home Message: In absence of adequate capsular bag support, fixate the IOL to the sclera, iris or implant it in the anterior chamber.

Thus, each case of a 'malpositioned' IOL is different. Depending on the extent of malpositioning, the type of IOL and the surgeon's comfort, the management changes. It will be beneficial for the surgeon to be familiar with various IOL exchange/explantation techniques.

Literature

1. VASAVADA AR, RAJ SM, KARVES: Retrospective ultrasound biomicroscopic analysis of single-piece sulcus fixated intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2010; May: 771–777

BIOMETRIE

Optische und geometrische Weglänge in der Laserinterferenzbiometrie

W. Haigis

Zusammenfassung

Eine Erklärung hyperoper refraktiver Abweichungen bei langen Augen ist ohne Not durch optische Unterschiede zwischen Plus- und Minus-IOLs möglich. Refraktionsfehler können auf einfache Weise vermieden werden durch entsprechende Anpassungen der Linsenkonstanten. Die Umrechnung optischer in geometrische Weglängen in optischen Biometriegeräten hat sich bewährt. Es ist nicht nötig, hierzu nachträglich (Achslängen-)Messergebnisse zu verändern oder Neukalibrierungen einzuführen. Tatsächlich stellten sich aktuell vorgeschlagene Umrechnungsalgorithmen als fehlerhaft und/oder physikalisch wenig plausibel dar. So ergab die Analyse Fehler, die in zwei Kategorien fallen können: 1. Fehlinterpretation der IOLMaster-Kalibrierung z. B. durch fälschliche Annahme eines mittleren Brechungsindex oder falsche Deutung von Variablen. 2. Verschiebung der Fehlereinflüsse einer Variablen auf eine andere. Zusätzlich wird verschiedentlich auf Messdaten in Kontakt- anstelle von Immersionsultraschall Bezug genommen.

Summary

An explanation for hyperopic refractive outcomes in long eyes can easily be given on the basis of optical differences between plus and minus IOLs. Refractive errors can quite simply be avoided by adjustments of the respective IOL constants.

The conversion of optical into geometrical path lengths in optical biometry instruments has proved of value. For that purpose it is not necessary to alter (axial length) measurement results retroactively or introduce new calibrations schemes. In fact, currently proposed new conversion algorithms turned out to be erroneous or physically little plausible. That way an analysis yielded errors which could fall into two categories: First, misinterpretation of the IOLMaster calibration e.g. by erroneously assuming a mean group refractive index or falsely interpreting variables. Second, shifting error contributions from one variable to another. In addition, every so often measurement data from contact ultrasound rather than from immersion ultrasound are referenced.

Einleitung

Achslängenmessergebnisse mit optischen Biometriegeräten verschiedener Hersteller unterscheiden sich typischerweise nur um wenige Mikrometer, sodass davon auszugehen ist, dass alle Geräte die gleichen Umrechnungsalgorithmen zwischen optischer und geometrischer Achslänge verwenden, wie sie im Zeiss IOLMaster im-

plementiert [1] sind. Hyperope refraktive Ergebnisse bei langen Augen [2] werden von einigen Autoren mit Fehlern in dieser Umrechnungsfunktion erklärt [3–7], die durch eigene Kalibrierungsalgorithmen vermieden bzw. behoben werden sollen. Inwieweit der IOLMaster bzw. die optischen Biometriegeräte des Wettbewerbs tatsächlich fehlerhaft kalibriert sind, soll im Folgenden untersucht werden.

Material und Methoden

Zur Einschätzung der Relevanz der vorgebrachten Kritik wurden die verschiedenen Umrechnungsfunktionen einer mathematischen Analyse unterzogen, insbesondere bezüglich ihres Einflusses auf die vorausberechnete Refraktion im Rahmen der Berechnung der Intraokularlinsenstärke.

Ergebnisse

Kalibrierung des Zeiss IOLMasters

Die Achslängenkalibrierung des IOLMasters beruht auf dem direkten Vergleich der mit einem Prototyp gemessenen optischen Weglänge mit dem Ergebnis einer hochpräzisen simultanen segmentweisen Ultraschallbiometrie in Immersionstechnik. Einzelheiten sind in [1] ausführlich beschrieben. Insbesondere berichten die Autoren dort, dass die Relation (1) des Artikels [1]

$$\mathrm{OPL}/1.3549 = \mathrm{AL}_{\mathrm{GBS}} \cdot 0.9571 + 1.3033 \qquad (1)$$

(OPL: der Achslänge entsprechende, vom IOLMaster gemessene optische Weglänge; $\mathrm{AL}_{\mathrm{GBS}}$: mit dem Grieshaber Biometric System GBS in hochpräziser simultaner segmentweiser Ultraschallimmersionstechnik gemessene Achslänge) in der Marktversion des IOLMasters verwendet wird („... relation is ... wired in ...“).

(1) lässt sich umschreiben:

$$\mathrm{AL}_{\mathrm{GBS}} = 0.7711 \cdot \mathrm{OPL} - 1.3617. \qquad (2)$$

Nachdem der IOLMaster ein Präzisionsimmersionsultraschallgerät emuliert, d. h. als Messwert ALZeiss denjenigen Wert angibt, den das GBS-Gerät anzeigen würde, erhält man aus (2)

$$\mathrm{AL}_{\mathrm{Zeiss}} = 0.7711 \cdot \mathrm{OPL} - 1.3617. \qquad (3)$$

Die Beziehung (3) gibt somit den direkten Zusammenhang zwischen der IOLMaster-Messwertanzeige und der primär gemessenen optischen Weglänge an.

„Korrektur“ von Olsen und Thorwest

Olsen und Thorwest [3] verglichen prä- und postoperative Achslängenmessungen mittels Ultraschall mit Ergebnissen vom IOLMaster. Die Ultraschallmessungen

wurden in Kontakttechnik unter der Annahme einer mittleren Schallgeschwindigkeit – d. h. nicht segmentweise – durchgeführt. Zur Erklärung von Unterschieden zwischen prä- und postoperativen Ergebnissen nahmen sie eine fehlerhafte Achslängenkalibration des IOLMasters an, die sie wie folgt „korrigierten".

Beziehung (1) wurde nach der optischen Weglänge aufgelöst, sodass

$$OPL = (AL_{GBS} \cdot 0.9571 + 1.3033) \cdot 1.3549. \quad (4)$$

Die „wahre" Achslänge AL_{cor} leiteten sie aus dem bekannten Zusammenhang zwischen geometrischer und optischer Weglänge her gemäß

$$AL_{cor} = OPL/1.3616, \quad (5)$$

wobei der mittlere Gruppenbrechungsindex 1.3616 gerade so gewählt wurde, dass prä- und postoperative Ergebnisse übereinstimmten. Olsen und Thorwest setzten sodann (5) in (4) ein und erhielten [4]

$$AL_{cor} = (AL_{GBS} \cdot 0.9571 + 1.3033) \cdot 1.3549/1.3616, \quad (6)$$

bzw., da $AL_{GBS} = AL_{Zeiss}$

$$AL_{cor} = (AL_{Zeiss} \cdot 0.9571 + 1.3033) \cdot 1.3549/1.3616. \quad (7)$$

In der Echografie ist die simultane segmentweise Immersionsmessung der Goldstandard für die Bestimmung der Achslänge. Bei einer Netzhautdicke von 0.14 mm (vgl. [1]) entspricht somit die um diesen Betrag verlängerte Achslänge AL_{GBS} + 0.14 mm (= optisch wirksame Achslänge) der mit dem IOLMaster gemessenen optischen Weglänge OPL.

Abbildung 1 zeigt den Verlauf der Differenz zwischen der so definierten optisch effektiven Achslänge und der korrigierten Achslänge nach Olsen und Thorwest (gemäß Gleichung (7)) als Funktion der optisch wirksamen Achslänge.

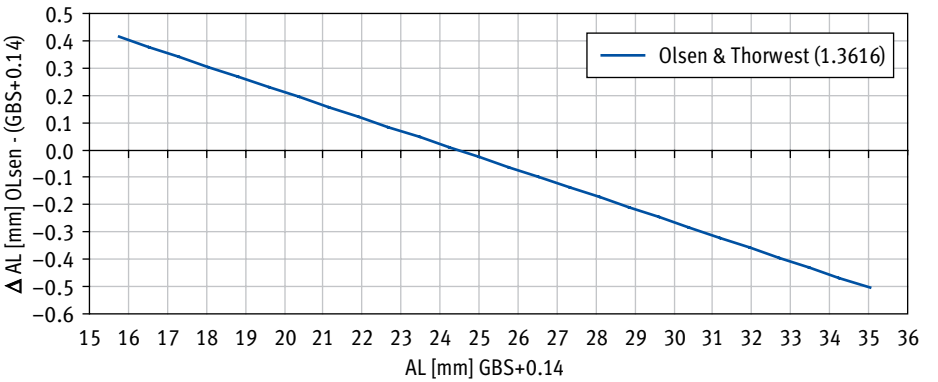


Abb. 1: Unterschied zwischen der korrigierten Achslänge Al_{cor} nach Olsen und Thorwest und der wahren Achslänge AL_{GBS} inkl. Netzhautdicke (0.14 mm)

Diskussion

Kalibrierung des Zeiss IOLMasters

Das Problem bei der Kalibrierung des IOLMasters bestand darin, dass wegen dessen Messrichtung entlang der Sehachse keine okulären Teilstrecken gemessen werden können, weil die zugehörigen okulären Grenzflächen vom Licht nicht senkrecht getroffen werden. Die Verwendung eines mittleren Gruppenbrechungsindex schied aus, da dieser wegen des unterschiedlichen Anteils der phaken Linse an der Achslänge selbst von letzterer abhängig ist. Es blieb nur ein direkter Vergleich der „neuen" Messergebnisse mit denen des bis dato gültigen Goldstandards, d. h. des Präzisionsimmersionsultraschalls.

Folgerichtig enthält die Kalibrierfunktion (3) auch keine Gruppenbrechungsindices als Variable. Dass der Wert 1.3549 in (1) explizit auftaucht, bedeutet nicht, dass hier ein Brechungsindex einzusetzen ist. Diese Zahl entspricht zwar dem mittleren Gruppenbrechungsindex für das Gullstrand-Auge (vgl.[1]), dient hier aber lediglich zur Skalierung des Messwerts der optischen Weglänge im IOLMaster-Prototyp, um ein Messergebnis in der Größenordnung realer Achslängen zu erhalten. Entsprechend darf dieser Skalierungsfaktor nachträglich auch nicht verändert werden.

„Korrektur" von Olsen und Thorwest

Das Vorgehen von Olsen und Thorwest [3, 4] missachtet den in den Vergleichsmessungen herrschenden Zusammenhang zwischen den mit dem Faktor 1/1.3549 skalierten Messwerten für die optische Weglänge OPL, die den Achslängen aus den Immersionsultraschallmessungen gegenübergestellt wurden. Stattdessen wurde ein mittlerer Gruppenbrechungsindex eingeführt, der – da achslängenabhängig – nur für eine einzige Achslänge gültig sein kann, darüber und darunter aber Fehler erzeugen muss. Dies zeigt deutlich Abbildung 1, in der lediglich eine optisch wirksame Achslänge von 24.5 mm mit der „korrigierten" Achslänge von Olsen und Thorwest übereinstimmt; bei 18 mm beträgt die Abweichung 0.3 mm, bei 35 mm −0.5 mm. Der Vorschlag der Autoren erzeugt damit gerade den Fehler, den diese der Original-IOLMaster-Kalibrierung vorwerfen.

Die „Korrektur" von Olsen und Thorwest ignoriert nicht nur den Zusammenhang zwischen der vom IOLMaster gemessenen optischen Weglänge OPL und dem vom Gerät angezeigten Achslängenmesswert AL_{Zeiss} – vgl. (3). Zusätzlich gehen die Autoren bei ihren Überlegungen von Ergebnissen aus nicht segmentweisen Ultraschallkontaktmessungen aus, die anerkanntermaßen wesentlich ungenauer als segmentweise Immersionsmessungen sind, wie sie für die Originalkalibrierung verwendet worden waren. Hinzu kommt, dass von den Autoren kein plausibler Grund angegeben wurde, warum der Gruppenbrechungsindex der phaken Linse von dem von Hitzenberger [8] angegebenen Wert von 1.4070 auf 1.4290 geändert werden sollte – abgesehen davon, dass sich dann prä- und postoperative Achslängenmessungen nicht mehr unterscheiden.

Offensichtlich erzeugt der Vorschlag von Olsen und Thorwest fehlerhafte Achslängen und ist nicht geeignet, eine höhere Genauigkeit für die IOL-Berechnung zu erreichen.

„Korrekturvorschläge" anderer Autoren

Preussner et al. [5, 6] betonen, dass für ihr optisches ray-tracing die IOLMaster-Werte retransformiert werden müssen. Sie geben – basierend auf 189 Augen – folgende Umrechnung zwischen transformierter Achslänge AL_t und angezeigter Achslänge $AL_{IOLMaster}$ an [6]

$$AL_t = 0.9479 \cdot AL_{IOLMaster} + 1.0848,$$

für die der Vorhersagefehler für 189 Augen verschwand. Es wurde allerdings nicht mitgeteilt, ob die Ultraschallvergleichsmessungen in Kontakttechnik – wie zu vermuten – oder in Immersion durchgeführt wurden.

Dieser Datenbasis stehen 678 Augen gegenüber, deren Achslängenergebnisse aus Ultraschallimmersionsmessungen [9] für die Originalkalibrierung des IOL-Masters verwendet wurden.

Wang et al. [7] schließen sich der Meinung von Olsen und Thorwest [3, 4] an, der mittlere Gruppenbrechungsindex des Auges sei nicht korrekt und daher verantwortlich für fehlerhafte Achslängen bei langen Augen, die zu hyperopen refraktiven Ergebnissen führen. Sie schlagen vor, für jede IOL-Formel die Achslängen langer Augen so zu „optimieren", dass der Vorhersagefehler bei Verwendung der Hersteller-IOL-Konstanten verschwindet. Herstellerkonstanten sind allerdings in der Regel derart unsicher, dass man üblicherweise das entgegengesetzte Verfahren einsetzt, d. h. die Verwendung von Messdaten zur Optimierung von IOL-Konstanten.

Eine weitere Möglichkeit, hohe Achslängen zur Vermeidung hyperoper Ergebnisse zu korrigieren, besteht darin, von der erreichten Zielrefraktion auf die verursachende Achslänge zurückzurechnen.

Beide letztgenannten Verfahren beruhen also darauf, die Fehlereinflüsse einer Variablen für die IOL-Berechnung auf eine andere zu verschieben.

Im vorliegenden Fall wurde ohne Not die Messgröße „Achslänge" als fehlerhaft aufgefasst und zu ihrer Korrektur eine andere Einflussgröße auf die IOL-Stärke verändert. Es wäre naheliegend, Messwerte per se als sicherer anzusehen als Größen, die in der IOL-Berechnung gerade dazu dienen, die Rolle von Anpasskonstanten (fudge factors) zu übernehmen.

Tatsächlich zeigt sich, dass die optisch gebotene individuelle Behandlung von Plus- und Minuslinsen, die das refraktive Ergebnis bei langen Augen bestimmen, das Problem dieser Augen schon löst. Werden Plus- und Minuslinsen entsprechend ihrer Geometrie mit unterschiedlichen IOL-Konstantensets versehen, so lassen sich hyperope refraktive Abweichungen vermeiden, ohne dass Achslängenmesswerte des IOLMasters auf irgendeine Weise „korrigiert" werden müssten.

Literatur

1. HAIGIS W, LEGE B, MILLER N, SCHNEIDER B: Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2000;238:765–773
2. PETERMEIER K, GEKELER F, MESSIAS A et al.: Intraocular lens power calculation and optimized constants for highly myopic eyes. J Cataract Refract Surg 2009;35(9):1575–1581
3. OLSEN T, THORWEST M: Calibration of axial length measurements with the Zeiss IOLMaster. J Cataract Refract Surg 2005;31:1345–1350
4. OLSEN T: Intraocular lens power calculation errors in long eyes. Letter. J Cataract Refract Surg 2012;30: 733–734
5. PREUSSNER PR: Intraocular lens calculation in extreme myopia. Letter. J Cataract Refract Surg 2010;36(3): 531–532
6. PREUSSNER PR, OLSEN T, HOFFMANN P, FINDL O: Intraocular lens calculation accuracy limits in normal eyes. J Cataract Refract Surg 2008;34:802–808
7. WANG L, SHIRAYAMA M, XINGXUAN JM et al.: Optimizing intraocular lens power calculations in eyes with axial lengths above 25.0 mm. J Cataract Refract Surg 2011;37:2018–2027
8. HITZENBERGER CK: Optical measurement of the axial eye length by laser Doppler interferometry. Invest Ophthalmol Vis Sci 1991;2:616–624
9. HAIGIS W, LEGE BAM: Ultraschallbiometrie und optische Biometrie. In: T. Kohnen, C. Ohrloff, M. Wenzel (Hrsg.): 13. Kongress der DGII. Köln: Biermann Verlag 2000;180–186
10. HAIGIS W: Intraocular lens calculation in extreme myopia. Reply. J Cataract Refract Surg 2010;36(3): 532–534
11. HAIGIS W: Intraocular lens calculation in extreme myopia. J Cataract Refract Surg 2009;35:906–911
12. HAIGIS W: Optische Biometrie bei extrem langen Augen. In: Amon M, Kuchenbecker J, Kohnen T (Hrsg.): 25. Kongress der DGII. Köln: Biermann Verlag 2011;127–131

Bedeutung der Hornhautrückfläche für die Berechnung torischer Linsen

P. Hoffmann, P.-R. Preußner

Einleitung

Die Rückfläche der Hornhaut wirkt als negativ brechende Linse und trägt zur Gesamtbrechkraft der Hornhaut bei. Im Gullstrand-Modell [1] beträgt ihre Brechkraft −6,9 dpt und das Verhältnis von Rückflächen- zu Vorderflächenkrümmung 0,88. Bei der Berechnung torischer Linsen wird zumeist nur die Hornhautvorderfläche vermessen und aus lokalen Radien eine Gesamtbrechkraft der Hornhaut im jeweiligen Meridian berechnet. Unter Annahme des Gullstrand-Modells ergibt sich für eine als unendlich dünne Linse vereinfachte Hornhaut ein fiktiver Brechungsindex von 1,3375, welcher sich vom Materialindex des Hornhautgewebes (1,376) unterscheidet. Neuere Modelle wie das von Liou & Brennan [2] erlauben eine wirklichkeitsnähere Modellierung. Beide Flächen sind hier asphärisch, der mittlere Rückflächenradius steht zum vorderen in einem Verhältnis von 0,83 und ein fiktiver Brechungsindex wäre mit 1,327 zu errechnen. Für die Berechnung torischer Intraokularlinsen mittels Gaußscher Optik wäre die Kenntnis des kornealen Gesamtastigmatismus in einer bestimmten optischen Zone wünschenswert. Sind neben den lokalen Krümmungsradien der Hornhautvorderfläche auch die der Rückfläche bekannt, kann mittels des Snellius-Gesetzes eine Strahldurchrechnung (ray-tracing) erfolgen oder die Hornhaut als „Dicke Linse“ modelliert werden.

Wir haben untersucht, wie groß die Unterschiede zwischen Gesamtastigmatismus inklusive Rückfläche und dem Vorderflächenastigmatismus (Rückfläche nach Liou & Brennan modelliert) sind und wie relevant dies für die Berechnung torischer Intraokularlinse ist.

Material und Methoden

438 nicht selektierte Augen wurden mit einem Hybrid-Topographen/Tomographen (TMS-5, Tomey) gemessen. Dieser misst sowohl nach dem Placido-Verfahren mit 31 Ringen als auch nach der Scheimpflug-Methode mit 32 Schnittbildern pro Auge. Die Lokalradien der Vorderfläche sowie die ortsaufgelösten Pachymetriedaten wurden zur Bestimmung der Rückflächenradien verwendet. Der verwendete Algorithmus ist identisch mit dem in der Software „Okulix“ [3]. Zusätzlich wurde der Astig-

matismus aufgrund keratometrischer Messungen (Lenstar und IOLMaster) auf Basis des Liou & Brennan-Modells berechnet. Die vektorielle Differenz zwischen anteriorem und Gesamtastigmatismus wurde statistisch untersucht.

Wir haben die Kohorte (n = 438) mit einer anderen Gruppe von Augen mit höherem Astigmatismus (2,24 ± 1,13 dpt, n = 80) verglichen. Weiterhin wurden Subgruppen gebildet nach Astigmatismus mit der Regel (steile Achse 45° bis 135°, n = 59) und gegen die Regel (alle anderen, n = 179).

Der Einfluss der Hornhautrückfläche und der anderen Fehlerquellen auf den refraktiven Gesamtfehler wurde ebenfalls untersucht. Als Maßzahl diente hierbei die Länge des Differenzvektors zwischen vorhergesagtem und tatsächlich erreichtem refraktiven Zylinder (= zylindrischer Vorhersagefehler).

Ergebnisse

Der mittlere Betrag des Differenzvektors zwischen Vorderflächen- und Gesamtastigmatismus betrug in der Fallserie 0,22 ± 0,22 dpt. Der Vorderflächenastigmatismus lag im Mittel bei 0,94 ± 0,80 dpt. Der relative rückflächenbedingte Messfehler beträgt somit beim Durchschnittsauge 23 %. In der Gruppe der 80 Augen mit höherem Zylinder war der Differenzvektor mit 0,28 ± 0,27 dpt nur unwesentlich größer. Der Vorderflächenastigmatismus lag hier bei 2,24 ± 1,13 dpt. Der relative Fehler durch die Rückfläche ist hier also mit 13 % nur halb so groß wie beim „Normalauge". Die Augen mit Astigmatismus „mit der Regel" hatten einen mittleren Vorderflächenastigmatismus von 0,97 ± 0,86 dpt. Der Differenzvektor Vorderfläche/Gesamt betrug hier 0,22 ± 0,23 dpt. Der Gesamtastigmatismus ist mit 0,94 ± 0,88 dpt kleiner als der Vorderflächenastigmatismus. Die Augen mit Astigmatismus „gegen die Regel" hatten einen mittleren Vorderflächenastigmatismus von 0,82 ± 0,67 dpt. Der Differenzvektor Vorderfläche/Gesamt betrug 0,22 ± 0,20 dpt. Der Gesamtastigmatismus ist mit 0,85 ± 0,72 dpt größer als der Vorderflächenastigmatismus.

Bei 17 Augen (3,9 %) war die Differenz zwischen Vorderflächen- und Gesamtastigmatismus >0,5 dpt. Die größte Differenz betrug 2,7 dpt bei einem hoch pathologischen Auge mit extrem irregulären Hornhautoberflächen. Die Relevanz der Hornhautrückfläche zeigt sich bei der Analyse torischer IOL-Implantationen. Der mediane zylindrische Vorhersagefehler beträgt ohne Rückflächendaten 0,54 dpt, mit Rückflächendaten 0,49 dpt. Bei Augen mit Visus ≥1,0 ist er ohne Rückfläche 0,43 und mit Rückfläche 0,36 dpt ($P < 0.05$).

Diskussion

Die Hornhautrückfläche kommt mit verbesserter Messtechnik immer mehr in den Fokus. Die Arbeitsgruppe um Koch [4] hat bezüglich der Absolutwerte und vektoriellen Differenzen mit dem Galilei-Topographen/Tomographen sehr ähnliche Ergebnisse

gefunden wie wir. Auch die Anzahl der Ausreißer mit Vektordifferenzen >0,5 dpt war mit 5% fast identisch mit unseren 3,9%. Ho und Mitarbeiter [5] fanden mit der Pentacam Hires ähnliche Differenzvektoren, aber größere Streuungen und Ausreißer von 10,3%. Dieses liegt unseres Erachtens an der verwendeten Messtechnik.

Die Messpräzision der Hornhautrückfläche ist bei allen Geräten ein gewisses Handicap, da die Scheimpflug-Technik trotz aller unbestreitbaren Vorteile schlechtere Absolutwerte zu liefern scheint als die Placido-Technik und die Keratometrie, die selbstverständlich für die Rückfläche nicht anwendbar sind. TMS-5 und Galilei haben gegenüber der Pentacam den Vorteil, dass Scheimpflug- und Placido-Technik hybridisiert werden und zumindest an der Hornhautvorderfläche bessere Ergebnisse liefern. In naher Zukunft könnten OCT-basierte Messungen hier Verbesserungen bringen; erste Studien zeigen diesbezüglich bereits positive Resultate [6].

Die Hornhautrückfläche hat bei der Berechnung torischer Linsen einen kleinen, aber statistisch signifikanten Einfluss. Für das statistische Durchschnittsauge mit torischer Linse (Hornhautastigmatismus 2,25 dpt, implantierte Linse 3,0 dpt Zylinder, Achslänge 23,45 mm, Achsfehler 4°) trägt die Hornhautrückfläche nach unseren Fehleranalysen etwa 13 % zum gesamten Vorhersagefehler bei und nimmt damit den 3. Platz nach Vorderflächenmessfehler und subjektivem Refraktionsfehler ein. In wenigen Einzelfällen kann der Einfluss natürlich spürbar größer sein.

Tendenziell ist bei Astigmatismus gegen die Regel der Gesamtastigmatismus größer als der Vorderflächenastigmatismus, bei Astigmatismus mit der Regel umgekehrt. Bei sehr kleinen Zylinderbeträgen ist der relative Einfluss der Rückfläche größer als bei hohen Astigmatismen, was neben der Achslagenbestimmung einer der Gründe für die oft unbefriedigende Präzision kleiner Astigmatismuskorrekturen ist.

Literatur

1. HELMHOLTZ VON H, GULLSTRAND A: Die Dioptrik des Auges. Hamburg/Leipzig: Voss; 1909
2. LIOU HL, BRENNAN NA: Anatomically accurate, finite model eye for optical modeling. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis 1997;14:1684–1695
3. PREUßNER P-R, WAHL J, WEITZEL D: Topography-based intraocular lens power selection. J Cataract Refract Surg 2005;31:525–533
4. KOCH DD, ALI SF, WEIKERT MP et al.: Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism. J Cataract Refract Surg 2012;38:2080–2087
5. HO J-D, TSAI C-Y, LIOU S-W: Accuracy of corneal astigmatism estimation by neglecting the posterior corneal surface measurement. Am J Ophthalmol 2009;147:788–95–795.e1–2
6. MINAMI K, KATAOKA Y, MATSUNAGA J et al.: Ray-tracing intraocular lens power calculation using anterior segment optical coherence tomography measurements. J Cataract Refract Surg 2012;38:1758–1763

Bestimmung der Linsenposition nach Implantation einer monofokal-asphärischen Intraokularlinse

A. Fitting, T. M. Rabsilber, B. C. Thomas, R. Khoramnia, E. Kiss, G. U. Auffarth, M. P. Holzer

Zusammenfassung

Fragestellung: Ermittlung der Linsenposition nach Implantation einer asphärisch-monofokalen Intraokularlinse (IOL) durch zwei klinische Untersuchungsgeräte und Gegenüberstellung der präoperativ errechneten effektiven Linsenposition.

Methodik: In einer klinisch retro- und prospektiven Studie wurde die Linsenposition von 29 Augen (29 Patienten, Alter 64,76 ± 9,52 Jahre) 2 bis 4 Monate nach Implantation der asphärischen C-flex 970C (Rayner Surgical GmbH) ermittelt. Dazu wurde mittels Allegro BioGraph (Alcon Pharma GmbH)/Lenstar LS 900 (Haag Streit AG) und Pentacam (Oculus Optikgeräte GmbH) die postoperative Vorderkammertiefe gemessen. Die ermittelten Linsenpositionen wurden anschließend mit der berechneten effektiven Linsenposition aus den präoperativen Untersuchungsdaten des IOLMasters (C. Zeiss Meditec AG) verglichen.

Ergebnisse: Die Untersuchung der postoperativen Vorderkammertiefe ergab Mittelwerte von 4,49 ± 0,29 mm (Allegro BioGraph) und 4,65 ± 0,37 mm (Pentacam). Dieser Unterschied war statistisch signifikant (t-Test, $p \leq 0{,}05$). Die Berechnung der Vorderkammertiefe zeigte mit 4,81 ± 0,16 mm geringfügig höhere Werte im Vergleich zu den Ergebnissen der Messgeräte. Der Unterschied zwischen erreichter und Zielrefraktion im sphärischen Äquivalent betrug 0,15 ± 0,50 dpt mit 90 % der Augen innerhalb von ±0,75 dpt.

Schlussfolgerung: Die Messungen der postoperativen Vorderkammertiefe zeigen mit der Pentacam geringfügig höhere Werte im Vergleich zum Allegro BioGraph. Der geringe Unterschied zur errechneten Linsenposition ist damit zu erklären, dass sich die Formel auf die optische Vorderkammertiefe bezieht und die individuellen Linsengeometrien nicht berücksichtigen kann.

Summary

Purpose: Determination of intraocular lens position by measuring postoperative anterior chamber depth (pACD) after implantation of a monofocal-aspheric intraocular lens (IOL) and comparison with refractive outcomes and preoperatively predicted effective lens position.

Methods: In a prospective clinical study, the pACD of 29 eyes of 29 patients (age 64.76 ± 9.52 years) was measured 2 to 4 months after implantation of the aspheric C-flex 970C

(Rayner Surgical GmbH) using Allegro BioGraph (Alcon Pharma GmbH)/Lenstar LS 900 (Haag Streit AG) and Pentacam (Oculus Optikgeräte GmbH). Afterwards the determined IOL position was compared with the predicted effective lens position that was calculated using preoperative biometry results of the IOLMaster (C. Zeiss Meditec AG).
Results: The mean postoperative anterior chamber depth was 4.49 ± 0.29 mm (Allegro BioGraph) and 4.65 ± 0.37 mm (Pentacam) (t-Test, $p \leq 0.05$) compared to a predicted effective lens position of 4.81 ± 0.16 mm (Haigis formula). The calculation of the pACD showed with 4.81 ± 0.16 mm a slightly higher value in comparison to the results of the devices. The difference between achieved vs. intended spherical equivalent was only 0.15 ± 0.50 D with 90 % of eyes showing a difference of ±0.75 D.
Conclusion: The Pentacam pACD values are higher compared to the Allegro BioGraph values. The minor difference to the calculated pACD can be explained by the fact that the formula refers to the optical ACD and does not include factors like the individual lens geometry.

Einleitung

Die Berechnung der Intraokularlinsenstärke ist ein wichtiger Schritt in der Katarakt- und refraktiven Chirurgie. Die Genauigkeit der heute verwendeten Berechnungsformeln wird zum einen durch Messfehler bei der Erfassung der Biometriewerte und zum anderen durch Abweichungen in der Bestimmung der Linsenposition beeinflusst. In der vorliegenden Studie wurden die Vorderkammertiefenmessungen zweier Biometriegeräte mit unterschiedlichen Messmethoden verglichen und anschließend der präoperativ berechneten Vorderkammertiefe nach der Haigis-Formel gegenübergestellt [1, 3].

Material und Methode

Es wurden 29 Augen von 29 Patienten mit einem mittleren Alter von 65 ± 9,5 Jahren in einer retro- und prospektiven, von einer Ethikkommission geprüften Studie ausgewertet. Im Zeitraum von Oktober 2011 bis Mai 2012 wurde die monofokal-asphärische Intraokularlinse (IOL) C-flex 970C (Rayner Surgical GmbH, Bamberg) mit einer mittleren IOL-Stärke von 21 ± 2 dpt implantiert.

Im Rahmen der Abschlusskontrolle zwei bis vier Monate nach der Operation wurde die Linsenposition mittels Pentacam (Oculus Optikgeräte GmbH, Wetzlar) und Allegro BioGraph (Alcon Pharma GmbH, Erlangen)/Lenstar LS 900 (Haag Streit AG, Wedel) ermittelt und mit der berechneten effektiven Linsenposition aus den präoperativen Untersuchungsdaten des IOLMasters (Carl Zeiss Meditec AG, Jena) verglichen. Sowohl der Allegro BioGraph/Lenstar als auch der IOLMaster nutzen partielle Kohärenzinterferometrie für ihre Messungen. Während jedoch der Allegro BioGraph/Lenstar das Verfahren zur Ermittlung der Hornhautdicke, der Vorderkammertiefe, der Achsenlänge sowie der Linsen- und Netzhautdicke nutzt, verwendet

der IOLMaster dieses Verfahren lediglich zur Messung der Achsenlänge. Für die Erfassung der Vorderkammertiefe werden mittels seitlicher Spaltlampenbeleuchtung zwei Schnittbilder auf Linse und Hornhaut erzeugt und der Abstand beider Bilder gemessen. Diese Messung erzielt jedoch nur bei phaken Augen verwendbare Werte, da die Oberfläche der IOL nicht genau erfasst werden kann [2, 8].

Die Pentacam ist eine rotierende Scheimpflug-Kamera. Sie liefert Scheimpflug-Bilder aus drei Raumebenen und berechnet aus den bis zu 25.000 gemessenen echten Höhenwerten ein dreidimensionales Modell des vorderen Augenabschnitts [5, 9]. Als Vorderkammertiefe wurde für diese Studie zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit bei allen drei Geräten der Abstand zwischen Hornhautepithel und Linsenscheitel definiert. Die effektive Linsenposition wurde mittels der Formel der optischen Vorderkammertiefe nach Haigis berechnet, welche die präoperative Vorderkammertiefe (VKT) und Achsenlänge (AL), sowie die a-Konstanten der IOL beinhaltet (1) [1, 3].

(1) $d(\text{Haigis}) = a0 + (a1 \times VKT_{prä}) + (a2 \times AL_{prä})$

Die Auswertung erfolgte mittels Excel und Medcalc mit einem Signifikanzniveau von $p < 0{,}05$.

Ergebnisse

Nach zwei bis vier Monaten ergaben die Messungen mit der Pentacam eine mittlere Vorderkammertiefe von 4,65 ± 0,37 mm. Im Vergleich wies der Allegro BioGraph/Lenstar tendenziell niedrigere Werte auf, die im Mittel bei 4,49 ± 0,29 mm lagen. Dieser Unterschied war statistisch signifikant (t-Test, p = 0,0004). Die Übereinstimmung der Messergebnisse war mit 66 % innerhalb von ±0,2 mm und ca. 80 % der Patienten innerhalb von ±0,40 mm dennoch hoch (Tab. 1, 2).

Vorderkammertiefe (ab Epithel, mm)	postop Allegro BioGraph	postop Pentacam
MW	4,49	4,65
± Stabw	0,29	0,37
Min/Max	3,94/4,96	3,92/5,65

Tab. 1: Postoperative Ergebnisse der Vorderkammertiefenmessung mittels Allegro BioGraph/Lenstar und Pentacam

Diff. Vorderkammertiefe Pentacam – Allegro BioGraph	± 0,20 mm	± 0,40 mm	± 0,6 mm	± 0,80 mm
Anzahl	65,52 %	79,31 %	93,10 %	100 %

Tab. 2: Differenzbereiche der Vorderkammertiefenmessungen mittels Allegro BioGraph/Lenstar und Pentacam

Die Differenz des nach der Haigis-Formel angestrebten und des postoperativ erreichten sphärischen Äquivalents (SÄ) betrug 0,15 ± 0,50 dpt und war statistisch nicht signifikant (t-Test, $p < 0,05$). Insgesamt lagen 69 % der Patienten innerhalb von ±0,50 dpt und 90 % innerhalb von ±0,75 dpt.

Die Berechnungen der effektiven Linsenpositionen ergaben im Vergleich zu den Messungen mit dem Allegro BioGraph/Lenstar und der Pentacam geringfügig höhere Werte mit einem Mittelwert von 4,81 ± 0,16 mm.

Schlussfolgerung

Bisherige Veröffentlichungen haben im Vergleich von Allegro BioGraph/Lenstar und Pentacam lediglich phake Augen untersucht, was eine Beurteilung der Messergebnisse erschwert. Sowohl Allegro BioGraph/Lenstar als auch Pentacam erzielten in separaten Untersuchungen gute Ergebnisse [5, 6, 8, 10, 12]. Huang et al. stellten bei phaken Augen die Messergebnisse von Allegro BioGraph/Lenstar und Pentacam gegenüber und dokumentierten vergleichbare Werte [11]. O'Donnell hingegen beschrieb bei der Vermessung phaker Augen eine gute Reproduzierbarkeit der Messungen, stellte jedoch deutliche Unterschiede in der Vorderkammertiefenmessung fest [13].

Die Auswertung dieser Studie spiegelt einen geringen, aber dennoch auffälligen Unterschied in der Vermessung der Vorderkammertiefe pseudophaker Augen wider, was möglicherweise mit den verschiedenen Messmethoden der Geräte zu erklären ist. Im Vergleich der postoperativ gemessenen Vorderkammertiefe zur errechneten effektiven Linsenposition ergaben sich höhere Werte, was mit der Definition der optischen Vorderkammertiefe (d) erklärt werden kann. Diese beschreibt „einen fiktiven Ort, an dem eine unendlich dünne Linse mit dem Brechwert der realen (dicken) Linse platziert sein müsste, um dieselbe optische Wirkung zu erreichen" [1]. Demnach kann die optische Vorderkammertiefe nicht mit den postoperativ gemessenen Werten gleichgesetzt werden.

Wie schon 1995 von Haigis beschrieben, ist die Formel bei plankonvexen IOLs gut anwendbar, zeigt jedoch Ungenauigkeiten bei Meniskus- und Bikonvex-IOLs [1]. Die in unserer Studie verwendete IOL 970C von Rayner weist eine bikonvexe Linsengeometrie auf, deren Krümmungsradien und somit auch Hauptpunktabstände mit der Linsenstärke variieren. Diese Variation der Linsengeometrie kann nicht in der Formel berücksichtigt werden. Weitere Einflussfaktoren auf die Genauigkeit der Berechnung sind unter anderem der Optikdurchmesser, der Brechungsindex, die Haptikanwinkelung und der Implantationsort [1].

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Vorderkammertiefenmessung mittels partieller Kohärenzinterferometrie und mit der Scheimpflug-Methode bei pseudophaken Augen geringfügige Unterschiede aufweist und daher nicht vergleichbar ist. Zudem kann die postoperativ gemessene Linsenposition nicht mit der errechneten optischen Vorderkammertiefe gleichgesetzt werden.

Literatur

1. HAIGIS W: Biometrie. Jahrbuch der Augenheilkunde 1995;123–140
2. KRIECHBAUM K, FINDL O, KISS B et al.: Comparison of anterior chamber depth measurement methods in phakic and pseudophakic eyes. J Cataract Refract Surg 2003;29:89–94
3. HAIGIS W: Haigis Formula, Intraocular Lens Power Calculation. Shammas HJ 2004:43–46
4. RABSILBER TM, KHORAMNIA R, AUFFARTH GU: Anterior chamber measurements using Pentacam rotating Scheimpflug camera. J Cataract Refract Surg 2006;32:456–459
5. MEINHARDT B, STACHS O, STAVE J et al.: Evaluation of biometric methods for measuring the anterior chamber depth in the non-contact mode. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2006;244:559–564
6. NEMETH G, VAJAS A, KOLOZSVARI B et al.: Anterior chamber depth measurements in phakic and pseudophakic eyes: Pentacam versus ultrasound device. J Cataract Refract Surg 2006;32:1331–1335
7. KHORAMNIA R, RABSILBER TM, AUFFARTH GU: Central and peripheral pachymetry measurements according to age using the Pentacam rotating Scheimpflug camera. J Cataract Refract Surg 2007;33:830–836
8. HOLZER MP, MAMUSA M, AUFFARTH GU: Accuracy of a new partial coherence interferometry analyser for biometric measurements. Br J Ophthalmol 2009;93:807–810
9. BUCKHURST PJ, WOLFFSOHN JS, SHAH S et al.: A new optical coherence reflectometry device for ocular biometry in cataract patients. Br J Ophthalmol 2009;93:949–953
10. RABSILBER TM, JEPSEN C, AUFFARTH GU et al.: Intraocular lens power calculation: Clinical comparison of 2 optical biometry devices. J Cataract Refract Surg 2010;36:230–234
11. HUANG J, PESUDOVS K, WEN D et al.: Comparison of anterior segment measurements with rotating Scheimpflug photography and partial coherence reflectometry. J Cataract Refract Surg 2011;37:341–348
12. HILDEBRANDT AL, AUFFARTH GU, HOLZER MP: Präzision eines neuen Biometriegeräts zur Messung pseudophaker Augen. Ophthalmologe 2011;108:739–744
13. O'DONNELL C, HARTWIG A, RADHAKRISHNAN H: Comparison of Central Corneal Thickness and Anterior Chamber Depth Measured using LenStar LS900, Pentacam, and Visante AS-OCT. Cornea 2012;31:983–988

Biometrie und Kunstlinsenberechnung nach hornhautrefraktiven Eingriffen

A. Frings, V. Hold, B. Vidic, Y. El-Shabrawi, N. Ardjomand

Einleitung

Die refraktive Chirurgie gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die Korrektur einer Myopie bzw. eines Astigmatismus mittels Laser wird bei den Patienten und Patientinnen immer beliebter. Das Vertrauen in diese Behandlungsmethode steigt, da der Eingriff schnell und komplikationsarm durchgeführt werden kann. Außerdem können die meist hohen Erwartungen bezüglich des postoperativen Ergebnisses erfüllt werden.

Problemstellung

Viele Patienten, die sich einer Laserkorrektur unterziehen, werden im Lauf der Jahrzehnte eine Katarakt entwickeln. Dann wird es nötig sein, die eingetrübte Linse gegen eine Kunstlinse auszutauschen. Auch bei dieser Operation werden die Patienten mit einem refraktiv-chirurgischen Eingriff wieder hohe Ansprüche an den Chirurgen stellen. Die Wünsche und Vorstellungen bezüglich des postoperativen Resultats sollten, wenn möglich, immer erfüllt werden.

Bis zum heutigen Tag gibt es zwar zahlreiche Studien über die Biometrie und Kunstlinsenberechnung bei Patienten, die einen hornhautablativen Eingriff hinter sich haben, aber meist beziehen sich diese nur auf eine geringe Patientenanzahl, wodurch die Aussagekraft abgeschwächt wird. Außerdem sind manche komplex und bedürfen einer langen Untersuchungsdauer. Die Anzahl der Laserbehandlungen steigt, und wenn die prä- und postoperativen Daten Jahrzehnte später bei einer Kataraktoperation fehlen, wird es für den Chirurgen schwierig, die richtige Biometrie einfach und schnell durchzuführen. Wenn präoperative Daten fehlen, kann zwar mittels Kontaktlinsenmethode vor einer Kataraktoperation eine zufriedenstellende Biometrie durchgeführt werden, aber das Anpassen der Kontaktlinsen fordert vom Untersucher viel Erfahrung und kann bei schwierigen Fällen auch einige Stunden in Anspruch nehmen.

Die Berechnung der Kunstlinsenstärke nach hornhautablativen Eingriffen stellt eine große Herausforderung in der Kataraktchirurgie dar. Die Stärke der Intraokularlinse (IOL) ist nach einer Laserkorrektur schwerer zu bestimmen, weil die Hornhaut verändert wurde und die postoperativ gemessenen Brechkraftwerte meist nicht die wahre Hornhautbrechkraft widerspiegeln [1].

Die Kunstlinsenstärke wird mit einer theoretisch-optischen Formel berechnet. Diese basiert im Wesentlichen auf der Hornhautgesamtbrechkraft und der Bulbusachsenlänge. Nach wie vor stellt die Biometrie bei Patienten, die einen hornhautablativen Eingriff hinter sich haben, ein Problem dar, wenn prä- und postoperative Daten fehlen.

Der Hauptgrund liegt laut Seitz et al. [2] hauptsächlich in den falsch bestimmten Hornhautbrechkraftwerten. Verschiedene Messmethoden ergeben oft unterschiedliche Werte. Der Chirurg muss entscheiden, wie er die Brechkraft bestimmt und welche IOL-Formel er verwendet.

Meistens wird die Gesamtbrechkraft der Hornhaut überschätzt, da sich die Messungen oft nur auf wenige Punkte der Cornea beziehen (z. B. IOLMaster, Carl Zeiss Meditec, Jena, Deutschland). So kann das Ausmaß der Myopiekorrektur nicht wirklich erfasst werden, obwohl das Hornhautzentrum abgeflacht und dessen Brechkraft somit deutlich vermindert wurde. Allein durch die zu geringe Anzahl an Messpunkten entsteht eine Überschätzung der Hornhautbrechkraft. Außerdem verwenden die Messgeräte einen standardisierten Hornhautrefraktionsindex, der von Gerät zu Gerät variieren kann. Dieser Index verändert sich allerdings nach einem keratorefraktiven Eingriff, da die Hornhautdicke weniger, die Vorderfläche flacher und das Verhältnis zwischen Vorder- und Rückflächenkrümmung im Ausmaß der Korrektur größer wird [2]. Selten wird die Hornhauthinterfläche in die Messung mit einbezogen.

Ergebnisse

Die Folge der keratometriebasierten Kunstlinsenberechnung ist meist eine Überschätzung der Gesamtbrechkraft der Hornhaut. Dies führt zu einer Unterkorrektur und damit zu einer Hyperopie nach der Kataraktoperation, da die Patienten eine zu schwache Intraokularlinse implantiert bekommen. Durch die Fehlbestimmung der Kunstlinse vereinigen sich die Lichtstrahlen beim Blick in die Ferne erst hinter der Netzhaut. Der Refraktionsfehler muss mit einem Sammelglas ausgeglichen werden. Im Extremfall wird der Austausch der IOL wegen Hyperopie und/oder Anisometropie notwendig [1]. In unserer Arbeit wurde die Hornhautbrechkraft von Patienten nach Lasek mittels Clinical History Method, Pentacam (Oculus, Lynnwood, Washington, USA), Orbscan (Bausch & Lomb, Rochester, New York, USA) und IOLMaster (Carl Zeiss Meditec, Jena, Deutschland) bestimmt. Die Kunstlinsenberechnung erfolgte mit der Formel nach Haigis und SRK/T, wobei die Ergebnisse untereinander verglichen wurden. Besonderes Augenmerk wurde auf die True Net Power (Datenerhebung mittels Pentacam) gelegt. Dabei stellte sich die Frage, ob diese Brechkraftwerte und die Werte der Clinical History Method (CHM, Goldstandard nach keratorefraktiven Eingriffen) ähnlich sind. Ist dies der Fall, dann stellt die True Net Power eine Vereinfachung in der Berechnung der Kunstlinsenstärke dar, besonders wenn keine Daten vor und nach der Laserbehandlung vorhanden sind.

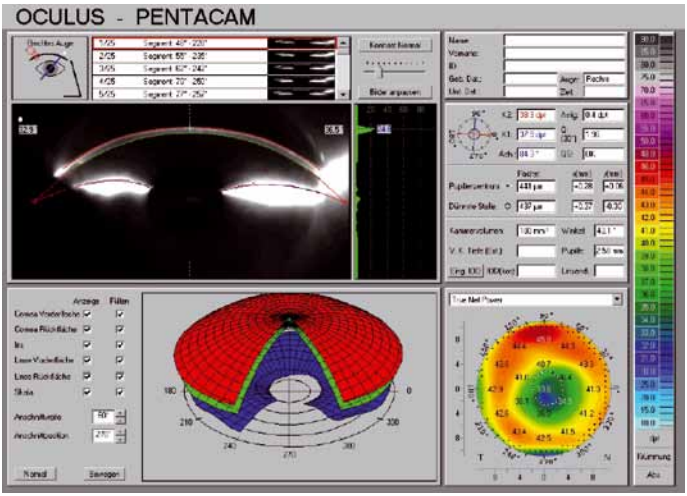


Abb. 1: True Net Power (Pentacam). Rechts unten: Topografieanalyse mit farblicher Darstellung der Brechkraftwerte der Hornhaut

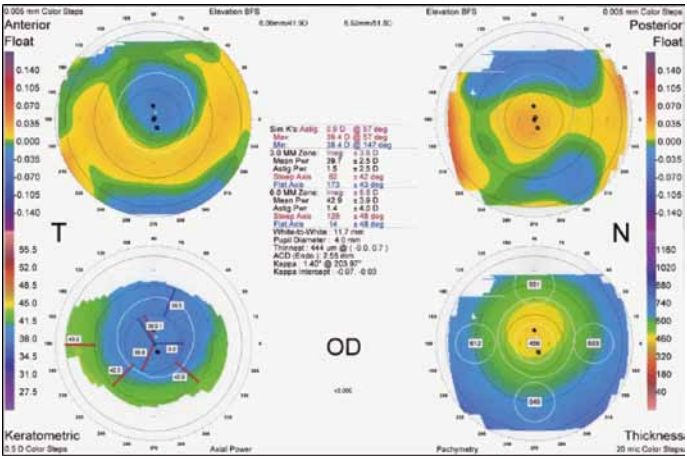


Abb. 2: Orbscan-Slit-Scanning-Topografie der Hornhaut. In dieser Studie wurden zwei Brechkraftwerte verwendet: K1 entspricht dem „Min“ (Minimum) und K2 dem „Max“ (Maximum) in der Abbildung

Noch immer stellt die Clinical History Method nach keratorefraktiven Eingriffen den Goldstandard dar. Es wurde daher eine Art „Refraktionspass“ empfohlen [2], auf dem die präoperative Hornhautbrechkraft und die Refraktion vor und nach dem refraktiven Eingriff eingetragen werden. Dabei sollte die postoperative Refraktion ein Jahr nach der Laserbehandlung durchgeführt werden, da die Werte dann als stabil gelten. Außerdem könnten in diesem Pass unter anderem die Bulbusachsen-

länge oder die Vorderkammertiefe angeführt werden, da sie in Zukunft von Bedeutung sein könnten. Die True Net Power der Pentacam von Oculus ist allerdings eine gute Alternative zur CHM, wenn prä- und postoperative Daten des refraktiv-chirurgischen Eingriffes fehlen.

Statistisch zeigte sich in unserer Datenauswertung zwar ein signifikanter Unterschied zwischen den IOL-Stärken, die mittels CHM und mittels True Net Power berechnet wurden, doch dieser Unterschied war so gering, dass er in der Praxis keine Rolle spielen würde.

Die Berechnung der IOL-Stärke nach refraktiv-chirurgischen Eingriffen stellt heutzutage noch immer eine große Herausforderung in der Kataraktchirurgie dar, da die Erwartungen der Patienten hoch sind. Obwohl die IOL-Formeln und die Messgeräte verbessert wurden, gibt es bei Patienten mit hornhautablativen Eingriffen nach Kataraktoperationen oft unangenehme Überraschungen bezüglich der postoperativen Refraktion. Die Werte der True Net Power, die mittels Pentacam erhoben werden, stellen eine sehr gute Alternative zur CHM dar. Der einzige Nachteil der Pentacam liegt in den hohen Anschaffungskosten von etwa 40.000 Euro.

Fehlen die präoperativen Werte bei einem Patienten mit hornhautablativer Myopiekorrektur, der für eine Kataraktoperation vorgesehen ist, sollte die Pentacam zur Gewinnung der echten Hornhautbrechkraft und der Biometrie verwendet werden.

Interessenkonflikt
Es bestehen keine finanziellen Interessen der Autoren mit den dargestellten Inhalten.

Literatur

1. CHEN S, HU FR: Correlation between refractive and measured corneal power changes after myopic excimer laser photorefractive surgery. J Cataract Refract Surg 2002 Apr; 28 (4):603–610
2. SEITZ B, LANGENBUCHER A, HAIGIS W: Probleme der Kunstlinsenberechnung nach photorefraktiver Keratektomie bei hoher Myopie. Klin Monatsbl Augenheilkd 2002 Dezember; 219:840–850

Aberrometrie-basierte intraoperative Refraktionsmessung und PNS-Analyse: erste klinische Ergebnisse

J. Hülle, V. Druchkiv, M. Pahlitzsch, G. Richard, T. Katz, S. Linke

Zusammenfassung

Hintergrund: Erste klinische Daten zur Verlässlichkeit und Messgüte von intraoperativer Wellenfront-basierter Refraktionsmessung in Kataraktpatienten zu generieren und Ergebnisse der Pentacam Nuclear Staging (PNS) Analyse gegenüberzustellen.
Methoden: Refraktionsfehler von 120 Augen wurden mittels subjektiver Refraktion und WASCA als Baseline gemeinsam mit der PNS-Analyse erhoben. Intraoperativ wurden die Messungen mit einem WA-bestückten Operationsmikroskop zu sieben definierten Zeitpunkten während der Kataraktoperation durchgeführt. Der „limits of agreement"-Ansatz, Regressions- und Korrelationsanalyse wurden angewandt. Die Messqualität der Wellenfrontanalyse wurde objektiviert und mit der Pentacam Nuclear Staging (PNS) Analyse verglichen.
Ergebnisse: Die Verlässlichkeit der gemessenen Refraktion für SE, J0 und J45 kann als gut eingestuft werden. Mit zunehmender Wellenfrontqualität konnte eine höhere Messgenauigkeit beobachtet werden. Mit zunehmendem PNS-Grad zeigte sich erwartungsgemäß eine abnehmende CDVA, aber es bestand kein signifikanter Zusammenhang zur WFK-Qualität.
Schlussfolgerungen: Intraoperative WA-Messungen scheinen zuverlässig möglich zu sein. Allerdings sollten noch Anstrengungen unternommen werden, die Messgüte zu verbessern, wie durch ein automatisiertes Qualitätsgrading.

Summary

Purpose: To provide first clinical data in determining precision and quality of intraoperative wave front aberrometry (WA) based refraction in cataract patients and correlation with Pentacam Nuclear Staging (PNS) Analysis.
Methods: At baseline, refractive errors of 120 eyes were determined by WASCA and PNS analysis was performed. Intra-operative measurements with a WA mounted operation microscope were gathered at 7 defined measurement points during standardised cataract surgery. The 'limits of agreement' approach, regression analysis, correlation analysis and ANOVA were applied. Wavefront (WF) map quality was objectively graded and compared to Pentacam Nuclear Staging (PNS) analysis.
Results: Measured refraction values for SE, J0 and J45 were achieved with good precision. With increasing wavefront quality a higher precision in measurements could be observed. As expected, with increasing PNS grade, decreasing CDVA was noted but there was no significant relation with the quality of WF maps.

Conclusions: Intra-operative WA measurements appear to be reliable. However more efforts are needed to improve quality of measurements as for instance by automated quality grading.

Einleitung und Ziele

Seit den Experimenten von Heinreich Hertz wissen wir: Lichtwellen sind transversale elektromagnetische Wellen, deren äußerste Schale als Wellenfront bezeichnet wird. Deren Abweichungen, z. B. durch Refraktionsfehler eines menschlichen Auges, können wir bestimmen. Aus diesen Aberrationen errechnen uns WF-Aberrometer die jeweilige Refraktion des Auges.

Bisher konnte für den WASCA-Analyser, den auch wir verwendet haben, eine hohe Messgenauigkeit im Vergleich zur subjektiven Refraktion gezeigt werden. Dies ist bei meist jungen und myopen Populationen geschehen [1, 2]. Wir fanden in unserer Vorläuferstudie schwächere Zusammenhänge in Kataraktpatienten mit zunehmender Medientrübung [3]. Zwar wurden bereits einige Fallserien zur intraoperativen Anwendung der WA vorgelegt, wie die von Packer [4], der nach IOL-Implantation den Zylinder intraoperativ mit dem ORange-System ermittelte, um eine sofortige limbale Entlastungsinzision durchzuführen. Allerdings liegen nach wie vor keine intraoperativen Daten zur Verlässlichkeit der WA-Messungen und deren Messqualität vor. Unsere Fragestellungen lauteten deshalb:

1. Wie verlässlich sind intraoperative WA-Messungen?
2. Wie hoch ist die Messgüte und wovon hängt sie ab?
3. Besteht ein Zusammenhang zur Linsentrübung?

Methoden

Zur Beantwortung der Frage nach der Verlässlichkeit der Messungen definierten wir neun Messpunkte, wovon sieben intraoperative und je ein prä- und postoperativer waren. Prä- und postoperativ wurde am sitzenden Patienten gemessen, zu beiden Punkten mittels des WASCA-Analyser. Zum präoperativen Messpunkt zusätzlich mit der Pentacam.

Die sieben intraoperativen Messungen fanden zu folgenden Zeitpunkten statt:

1. präoperativ nach Einsetzen des Lidsperrers
2. nach CCI
3. nach Viskoelastikumeingabe in die Vorderkammer
4. nach abgeschlossener Linsenentfernung
5. in Aphakie mit Viskoelastikum (3-fach-Messung)
6. in Pseudophakie
7. in Pseudophakie nach Entfernen von Viskoelastikum (3-fach-Messung)

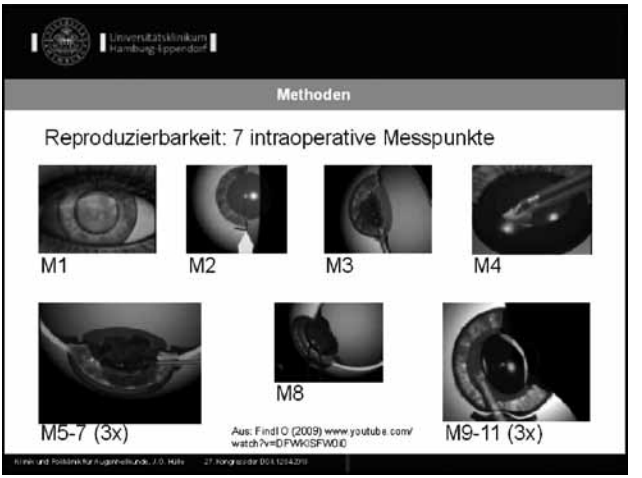


Abb. 1: Reproduzierbarkeit: 7 intraoperative Messpunkte

Die Messqualität haben wir im Gegensatz zu unserer Vorläuferstudie [3], bei der noch ein subjektives Qualitätsgrading eingesetzt wurde, objektiviert durch eine automatisierte Berechnung der WF-Fläche als Qualitätsindikator. Diese Ergebnisse haben wir einem weiteren objektiven Instrument gegenübergestellt. Es handelt sich hierbei um die Pentacam Nuclear Staging Analyse zur Bestimmung des Grads der Linsentrübung von °0 bis °5 (sehr starke Trübung).

Ergebnisse

120 Augen von Patienten, die sich zur Katarakt-OP vorstellten und keine visusbeeinträchtigenden Komorbiditäten vorwiesen, wurden für die Studie eingeschlossen. Die Patienten waren 67,4 Jahre im Durchschnitt und ihr bestkorrigierter Visus betrug präoperativ 0,34 logMAR. In der WASCA-Refraktion zeigte sich durchschnittlich eine leichte Myopie bei Sphäre –0,36 dpt und ein Zylinder von –1,20 dpt.

Die Verlässlichkeit der gemessenen Refraktion für SE zeigt in der Abbildung 3, dass die meisten Mittelwerte um die 0-Linie herum liegen und die Limits of Agreement (LoA) eine gewisse Schwankungsbreite aufweisen. Zwischen M3 vs. M4 ist eine deutlich Brechkraftabnahme zu sehen: Hier wurde die Linse entfernt. Umgekehrtes zeigt sich zwischen M7 vs. M8, da hier die IOL-Implantation sozusagen zu einer Brechkraftzunahme führte. Für die Zylinderwerte J0 und J45 konnte festgestellt werden, dass diese sich nicht bedeutend über die OP hinweg änderten.

Bezüglich der Messqualität war allerdings bei Weitem nicht für jeden Patient zu jedem Messpunkt eine Wellenfrontkarte zu ermitteln, wie die Pattern-Analyse für Aphakie + Visko zeigt, bei der z. B. nur bei 39 Augen die 3-fach-Messung gelang, was auf Qualitätsprobleme hindeuten könnte.

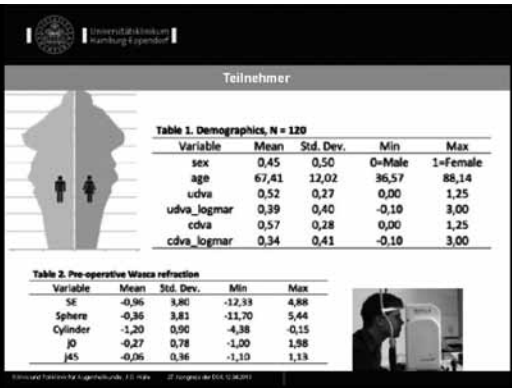


Abb. 2: Teilnehmer

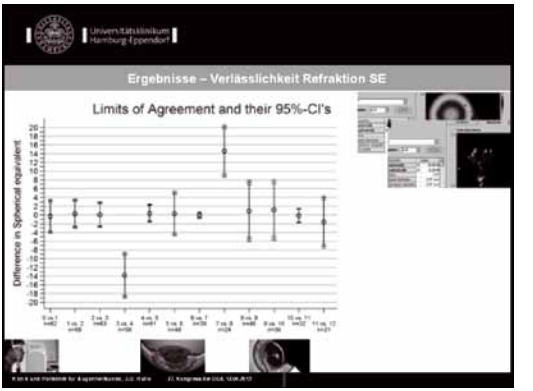


Abb. 3: Ergebnisse: Verlässlichkeit Refraktion SE

Wenn man die gelungenen Messungen für SE über die 3-fach-Messungen in Aphakie im Detail betrachtet, sieht man wenig Streuung: Die obere LoA liegen bei +0,72 dpt und die unteren bei −0,88 dpt. Die Richtung des Effekts ist wie erwartet ein negativer Zusammenhang, d. h., je besser die Qualität (also je größer die Fläche) der WF, desto kleiner die Messdifferenz, also desto genauer die Messung (abfallende Regressionsgerade). Allerdings handelt es sich nur um eine geringe Korrelation ($r < 0.5$). Ein ähnliches Bild zeigt sich wiederum für die Zylinderwerte J0 und J45.

Für den Grad der Ametropie, Visus und Alter konnte kein signifikanter Einfluss auf die Messungen festgestellt werden. Der Grad der Linsentrübung laut PNS-Analyse zeigte einen starken erwarteten Zusammenhang mit Visus: Je höher die Linsentrübung in der PNS, desto schlechter war der Visus. Zwischen PNS-Grad und WF-Fläche besteht kein Zusammenhang (p 0.350 und 0.717), wohingegen die Pupillenweite einen sehr starken und hoch signifikanten Einfluss auf den PNS-Grad darstellt ($t = 24.92$, $p < 0.001$).

Schlussfolgerungen

Intraoperative WA-Messungen scheinen zuverlässig möglich zu sein. Allerdings sollten noch Anstrengungen unternommen werden, die Messgüte zu verbessern, wie durch ein automatisiertes Qualitätsgrading. Es scheint noch ein gewisser Weg zu sein, bis eine reliable intraoperative Zielrefraktionsüberprüfung durch die Wellenfrontanalyse möglich sein wird.

Literatur

1. REINSTEIN DZ, ARCHER TJ, COUCH D: Accuracy of the WASCA aberrometer refraction compared to manifest refraction in myopia. J Refract Surg 2006;22:268–274
2. ZHU X, DAI J, CHU RLY et al.: Accuracy of WASCA aberrometer refraction compared to manifest refraction in Chinese adult myopes. J Refract Surg 2009;25:1026–1033
3. HÜLLE J, KATZ T, DRAEGER J et al.: Accuracy of Wavefront Aberrometer Refraction vs. Manifest Refraction in Cataract Patients: Impact of Age, Ametropia and Visual Function. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2013;251:1163–1173
4. PACKER M: Effect of intraoperative aberrometry on the rate of postoperative enhancement: retrospective study. J Cataract Refract Surg 2010;36:747–755

BERUFSPOLITIK

Erfahrungen mit der OcuNet-Gruppe

St. Schmickler

Zusammenfassung
Die OcuNet-Gruppe ist ein Zusammenschluss aus 19 ophthalmochirurgischen Zentren in ganz Deutschland und unabhängigen primär konservativen Augenarztpraxen. OcuNet ist kein Ärztenetz im Verständnis des Sozialgesetzbuchs: Eine gemeinsame Patientenversorgung steht nicht im Vordergrund der Arbeit der Gruppe. Vereinfachend ließe sich sagen, dass die Gruppe als Zusammenschluss unabhängiger Einrichtungen ähnlich einem Verband, aber mit mehr gewerblichen Komponenten tätig ist. Alle Aktivitäten kreisen um die gemeinsame Philosophie „Qualität im Auge“.

Summary
OcuNet is a modern medical association consisting of 19 ophthalmic centers and 491 practices. The centers are prototypes of a new and still widely unknown organizational form of outpatient care which have the potential to positively influence the future development of the health care sector. The association of centers and practices in the OcuNet Group follows the mission statement “Keeping quality in the eye”. The group’s projects aim to provide high standard ophthalmic care to achieve the best possible outcomes and improve patient satisfaction. OcuNet also strives to raise political awareness of the organizational form of the centers.

Warum nun eine Gruppe wie OcuNet?

Die hier zusammengeschlossenen augenchirurgischen Zentren weisen einige Besonderheiten auf, die sie von anderen Einrichtungen in der ambulanten Versorgung unterscheiden. Mit mindestens 4000 intraokularen, extraokularen oder refraktivchirurgischen Operationen gehören sie zu den High-Volume-Operationseinrichtungen. Gleichzeitig haben sie eine große Versorgungstiefe: Sie erbringen die ganze Bandbreite der Augenheilkunde – von konservativer Versorgung bis zu (ambulanter und stationärer) Augenchirurgie. Die meisten OcuNet-Zentren nutzen die neuen gesetzlichen Möglichkeiten und stellen Ärzte ein, haben Filialsitze gegründet und arbeiten heute in der Rechtsform des MVZ. Alle Zentren zeichnen sich durch eine hohe Affinität zu Qualitätsthemen aus: Alle sind zertifiziert und halten ein Hygienemanagement vor. Die Zentren bilden junge Nachwuchsärzte weiter; zahlreiche Zentren sind an wissenschaftlichen Studien beteiligt. In der besonderen und neue Wege beschreitenden Aufstellung der OcuNet-Zentren liegt die Ursache, warum sie sich zur OcuNet-Gruppe formiert haben.

Die Arbeit der OcuNet-Gruppe

In der Arbeit der OcuNet-Gruppe spielen die Dienstleistungen für die spezifischen Bedürfnisse der angeschlossenen Einrichtungen eine wichtige Rolle. Einige Beispiele beleuchten das von OcuNet für die angeschlossenen Zentren bereitgestellte Dienstleistungsspektrum: In speziellen Fortbildungsveranstaltungen, dem OcuNet-Camp, können Weiterbildungsassistenten ihr Querschnitts- und Hintergrundwissen erweitern. Medizinische Fachangestellte werden in gemeinsamen Veranstaltungen mit der Selbsthilfe als Lotsen bzw. Lotsinnen für Sehbehinderte und blinde Menschen zu anderen Gesundheitsberufen qualifiziert. Ein speziell auf die Augenarztpraxis ausgerichtetes Qualitätsmanagementsystem hilft den Praxen und chirurgischen Zentren bei der Optimierung der eigenen Arbeit und reduziert Schnittstellenprobleme. Praxisorientierte Leitfäden dienen dazu, Erkenntnisse aus der medizinischen Forschung in die praktische Arbeit einfließen zu lassen. Publikationen für die verschiedenen Zielgruppen – Patienten, konservative Arztpraxen und chirurgische Zentren – greifen die gruppenspezifisch relevanten Themen auf und bilden die Plattform für den Meinungsaustausch. Aufgrund der Homogenität der angeschlossenen Einrichtungen können berufsrechtliche und steuerliche Themen gemeinsam erarbeitet werden; der regelmäßige Erfahrungsaustausch ist häufig sehr produktiv. Vor allem ist OcuNet als Studienzentrale für klinische Studien und Versorgungsforschungsprojekte tätig.

Die Außenarbeit der OcuNet-Gruppe gewinnt zunehmend an Gewicht. Ursprünglich ging es primär um Präsenz der angeschlossenen Einrichtungen in der ophthalmologischen Fachöffentlichkeit. Mit zunehmender wissenschaftlicher Tätigkeit stand dann die Aufbereitung von Ergebnissen der Studien – etwa zu Benchmarks in der Kataraktchirurgie an Ärzte und Ärztinnen außerhalb der Gruppe bzw. an andere Experten im Gesundheitswesen – im Fokus. Zwischenzeitlich ist klar, dass die Zentren aufgrund ihrer andersartigen Organisationsstrukturen auch politische Sichtbarkeit und Vertretung brauchen; auch dies wird zusammen mit den Zentren engmaschig umgesetzt.

Letztlich ist OcuNet die Antwort auf die Weiterentwicklung von ambulanten Versorgungsstrukturen in Deutschland. Als Prototypen einer neuen Organisationsform im Gesundheitswesen haben die Zentren andere Themen, Probleme und Herausforderungen als die mehr traditionell ausgerichteten Praxen. Die OcuNet-Gruppe bietet in noch überschaubarem Rahmen die Möglichkeit, für diesen Bedarf Projekte zu realisieren. Die OcuNet-Zentrale mit Frau Dr. Hahn als Geschäftsführerin hält dabei die Fäden in der Hand und übernimmt die Koordination, die Projekte werden aber durchgängig in Kooperation mit den Ärzten der angeschlossenen Einrichtungen realisiert; vielleicht ist das der wichtigste Faktor für den Erfolg der Gruppe.

Rechtsfragen zur Abrechnung/Kostenerstattung

M. Zach

In der Kataraktchirurgie ist seit jeher eine Leistungspflicht der GKV vorgesehen[1]. Zugleich sind Maßnahmen der refraktiven Chirurgie aus dem Leistungskatalog der gesetzlichen Krankenkassen (GKV) ausgeschlossen.[2] In der Privaten Krankenversicherung (PKV) wurde durch ein Zivilgericht erstmals eine Leistungspflicht einer PKV für LASIK am 30.03.2006 bejaht.[3] Diese Rechtsprechung hat sich zwischenzeitlich konsolidiert[4] und sieht sich nun Fragestellungen der Linsenchirurgie gegenüber.

PKV

Seither haben die PKV – bei gleichgebliebener Rechtslage – zur LASIK eine ganze Kaskade juristischer Ablehnungsargumentationen vertreten, die allesamt verworfen worden sind. Heute wird vor dem Zivilgericht kaum noch über die PKV-Erstattungspflicht dem Grunde nach, sondern der Höhe nach gestritten. Fragen der Kostenerstattung der Implantation phaker Linsen und IOL erreichen die Rechtssprechung, eine Tendenz ist derzeit noch nicht erkennbar.

Im Folgenden werden die zur LASIK erhobenen Einwände und die jeweilige Gegenargumentation[5] dargestellt und aufzeigt, ob und welche Relevanz der jeweilige Einwand im Bereich der Linsenimplantation besitzt:

---

1 EBM-Ä: 1353; LSG NRW, Urt. v. 16.10.2007, L 5 (2) KR 120/05, wonach EBM-Ä 1353 bei einer clear-lens-extraction aber nicht angesetzt werden könne; SG Düsseldorf, Urt. v. 04.02.2010, S 9 KR 159/07, wonach der Leistungskatalog GKV ausschließlich die Verwendung monofokaler Linsen vorsehe.

2 Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschuss zu Untersuchungs- und Behandlungsmethoden der vertragsärztlichen Versorgung i.d.F.v. 17.01.2006, zuletzt geändert am 24.11.2011, Bundesanzeiger 2012, Nr. 31, S. 747 in Kraft getreten am 24.02.2012, S. 45.13, Anlage II Nr.13

3 AG Dortmund, Urt. v. 30.03.2006, 108 C 8022/05

4 AG Dortmund, Urt. v. 30.03.2006, 108 C 8022/05; LG Dortmund, Urt. v. 05.10.2006, 110 C 14594/04; AG Göttingen, Urt. v. 04.06.2008, 18 C 45/07; LG Münster, Urt. v. 21.08.2008, 15 O 21/08; LG Göttingen, Beschl. v. 22.10.2008, 2 S 10/08; LG Wuppertal, Urt. v. 04.12.2008, 7 O 296/07; AG Tiergarten, Urt. 15.09.2009, 6 C 337/07; OLG Karlsruhe, Urt. v. 03.10.2009, 12 U 4/08; LG Dortmund, Urt. v. 04.11.2009, 2 O 206/08; AG Mannheim, Urt. v. 09.07.2010, 12 C 357/09; AG Göttingen, Urt. v. 19.03.2008, 18 C 11/07; LG Stuttgart: Urt. v. 23.09.2010, 5 C 5406/09; LG Köln, Urt. v. 18.11.10, 23 O 329/10; AG München, Urt. v. 11.01.2012, 262 C 29040/08; AG Wiesbaden, Urt. v. 30.03.2012, 91 C 5361710 (11) AG Castrop-Rauxel, Urt. v. 04.05.2012, 4 C 831/10

5 Hütt VersR 2007, 1402 ff. und Erwiderung hierauf: Zach/Gedigk: LASIK-Behandlung in der privaten Krankenversicherung VersR 2008, 1043

Wissenschaftlichkeit

Zunächst versuchten einzelne Versicherungen, die wissenschaftliche Absicherung augenchirurgischer Behandlungsansätze in Zweifel zu ziehen. Zu Unrecht, da Maßnahmen der Laserchirurgie seit 2006 zumindest durch die Zivilgerichte als hinreichend wissenschaftlich i. S. d. der PKV-Musterbedingungen (MB/KK) anerkannt sind (Landgericht Göttingen, Beschl. v. 08.07.2008, 2 S 4/08). Zwar fehlen z. T. Langzeitstudien über z. B. zehnjährige Betrachtungszeiträume, randomisierte Doppelblindstudien und hersteller- und produktunabhängige Studien, wie dies von den PKV gefordert wird. Diese Forderung wird jedoch häufig zu Unrecht erhoben, wie das Landgericht Tübingen[6] in einer Entscheidung vom 11.05.2005, 3 O 267/03, feststellte:

„... der Annahme einer medizinisch notwendigen Heilbehandlung steht auch nicht entgegen, dass eine Behandlungsmethode noch nicht in der wissenschaftlichen Literatur nach wissenschaftlichem Standard dokumentiert und bewertet worden ist. Liegen solche Veröffentlichungen vor, können sie zwar für die Beurteilung der medizinischen Notwendigkeit der Heilbehandlung von Bedeutung sein; andererseits wird auf eine bisher fehlende Veröffentlichung die Verneinung der medizinischen Notwendigkeit der Behandlung nicht gestützt werden können. Bedeutsam für die Beurteilung der Behandlungsmethode kann es schließlich sein, ob diese vor dem Zeitpunkt ihrer Durchführung bereits anderweitig erprobt worden ist. Haben Behandlungen schon zuvor in einer solchen Anzahl stattgefunden, die Aussagen jedenfalls darüber zulässt, ob die Behandlung die mit ihr erstrebte Wirkung wahrscheinlich zu erreichen geeignet ist, kann darin ein besonders aussagekräftiger Umstand für die Beurteilung der Notwendigkeit der Heilbehandlung zu erkennen sein. Die Behandlungsmethode der Kläger ist nicht deshalb als medizinisch nicht notwendig zu verwerfen, weil sich die Studien auf kleinere Patientenzahlen und auf kurze Behandlungszeiträume beziehen und insofern noch keine Langzeitstudien vorliegen.“

Schon vor diesem Hintergrund wird IOL und phaken Linsen nicht eine fehlende langfristige Absicherung entgegengehalten werden können. Zudem sind die heutigen Linsen Fortentwicklungen früherer Medizinprodukte, sodass nicht für jede Innovation wiederholende Langzeitstudien gefordert werden können. Jedenfalls darf die PKV nicht Leistungen verweigern mit dem Hinweis, dass noch kein Konsens der Wissenschaftler eingetreten sei. Dies käme einer Marktzugangsbeschränkung für innovative Ansätze gleich, deren Teilhabe die MB/KK ihren Versicherungsnehmern aber gerade in Aussicht stellt.

Auch bei dem Corneal-Cross-Linking bei Keratokonus[7] durch Verwendung von Riboflavin und Exposition von UVA-Licht dürfte heute schon eine hinreichende wissenschaftliche Absicherung bestehen, auch wenn nach Auskunft der DOG „der

[6] Der zugrunde liegende Sachverhalt betraf die prothetische Sofortbelastung in der Zahnimplantologie.
[7] Der Keratokonus ist eine angeborene Stoffwechselstörung, bei der die Hornhaut ihre Festigkeit verliert.

tatsächliche Behandlungseffekt an einer prospektiven, randomisierten, placebokonkrollierten Studie noch untersucht werden soll und die bislang vorliegenden Pilotstudien erfolgversprechend klingen“[8].

Gleiches dürfte für die laserrefraktive Katarakt- bzw. Linsenoperation gelten, da PKV-rechtlich hinreichende Belege für den medizinischen Nutzen des zusätzlichen Einsatzes eines Femtolasers unter den Aspekten der Präzision und der Sicherheit vorliegen dürften[9].

Die bislang fehlende FDA-Zulassung der Kamra-Linse dürfte der PKV-Erstattungspflichtigkeit nicht entgegenstehen, da das CE-Kennzeichen erteilt ist[10].

Fehlsichtigkeit und Krankheit

Dann vertraten einige Versicherer den Standpunkt, eine Kurzsichtigkeit sei keine Krankheit und berufen sich zum Teil bis heute auf eine Entscheidung des Landgerichtes Mannheim[11]: Dabei wird aber übersehen, dass diese Entscheidung aufgehoben worden war durch das OLG Karlsruhe, Urt. v. 03.10.2009, 12 U 4/08. Auch geringgradige Fehlsichtigkeiten sind in dem vorliegenden Kontext als Krankheit anerkannt (AG Mannheim, Urt. v. 09.7.2010, 12 C 357/09: jeweils –2,0 dpt; LG Stuttgart: Urt. v. 23.09.2010, 5 C 5406/09RA –4,0 dpt komb. Zyl. –1,75 dpt A 0°und LA –3,5 dpt komb. Zyl. –1,5 dpt 70°). Für den Bereich der Privaten Krankenversicherung sicher unzutreffend ist die Überlegung mancher Sachverständiger, eine geringgradige Fehlsichtigkeit ohne Krankheitswert liege vor, wenn der bestkorrigierte Visus auf dem besseren Auge größer gleich 0,3 betrage[12], denn derartige Regelungen aus dem Bereich

[8] www.dog.org/?cat=121

[9] sodass die medizinische Notwendigkeit des Einsatzes des FemtoLasers in der Kataraktchirurgie auch von Beihilfestellen schon bejaht wurde: Landesamt für Besoldung und Versorgung BW, Bescheid v. 16.03.2013, 213352077234Y

[10] Zach, Die zivilrechtliche Relevanz des CE-Kennzeichens bei Medizinprodukten, MPR, 2012, 4

[11] Urt. v. 04.03.2008, 8 O 320/07, VersR 2008, 1200. „Die Ametropie bzw. Fehlsichtigkeit bezeichnet in der medizinischen Optik den Zustand eines Augapfels, der einen optisch im Unendlichen liegenden Gegenstand bei entspannter Akkomodation nicht scharf auf die Netzhaut abbildet. Im Widerspruch zu der von der Bezeichnung „Fehlsichtigkeit“ suggerierten Fehlerhaftigkeit steht die Tatsache, dass die weit überwiegende Mehrzahl aller menschlichen Augen ametrop ist. Ebenso gehört es zum natürlichen Alterungsprozess des Menschen, dass die Akkommodationsfähigkeit des menschlichen Auges physiologisch – und damit nicht krankhaft – mit zunehmendem Lebensalter abnimmt und sich damit eine sog. Alterssichtigkeit einstellt. Der als Sollwert festgelegte Wert „0,0 dpt“ mag danach zwar einen Idealwert für das optimale Sehen darstellen, an dem das Bedürfnis des Versicherten für eine Korrektur seines Sehens angeknüpft wird. Es stellt jedoch keine Norm im engeren Sinne dar, anhand deren bei Abweichungen ein echtes Krankheitsbild im Sinne der MB/KK 94 beschrieben wird, da ein regelwidriger körperlicher Zustand gerade nicht gegeben ist. Vor diesem Hintergrund kann von einer Ametropie (streitgegenständlich rechts –4,5 dpt und links –4,0 dpt) auch nicht per se von einem abnormen Zustand im Sinne einer Krankheit gesprochen werden, sondern ebenso wie bei der Bildung von Falten im Alter oder der Glatzenbildung bei Männern zunehmenden Alters handelt es sich zwar um einen von der Mehrzahl der Menschen unerwünschten, nicht jedoch medizinisch krankhaften Zustand.“

[12] So führte der universitäre GA unter Berufung auf die Hilfsmittelrichtlinie des Bundesministeriums für Gesundheit v. 15.03.2012, §§ 12–17 Bundesanzeiger AT, 10.04.2012 B2, aus: „Im Sinne einer Erkrankung bezüglich einer Minderung der Organfunktion d. h. des Sehvermögens wird sie namens der Heil- und Hilfsmittelrichtlinien des Gemeinsamen Bundesausschusses z. B. gewertet, wenn die bestkorrigierte Sehschärfe kleiner/gleich 0,3 beträgt.“

der GKV besitzen für die PKV keine Relevanz. Zumindest fragwürdig erscheint auch die an die Patienten erteilte Information zu sein, dass es sich bei einer Fehlsichtigkeit bis –3,0 dpt um eine leichte und mittelgradige Kurzsichtigkeit handele, die noch keinen Krankheitswert besitze (http://www.augeninfo.de/patinfo/myopie.htm).

Bei dem Krankheitsbegriff der MB/KK spielt es keine Rolle, in welchem Maß eine Fehlsichtigkeit den Patienten in beruflicher Hinsicht einschränkt. Anders verhält es sich im Bereich der Beihilfe: Hier wird beispielsweise eine erhöhte Blendempfindlichkeit deshalb als Krankheit bestätigt, weil sie die Polizeidienstfähigkeit einschränkt, OVG Hamburg, Urt. v. 02.03.2012, 1 Bf 177/10: Gemäß Ziff. 5.2.4 der Anlage 1 der PDV 300 Ausgabe 1998 „Ärztliche Beurteilung der Polizeidiensttauglichkeit und der Polizeidienstfähigkeit" darf die Blendungsempfindlichkeit nicht erhöht sein und es gilt der gleiche Grenzwert wie bei der Dämmerungssehschärfe bei einem Umfeld von 0,1 cdm². Liegt eine solche erhöhte Blendempfindlichkeit vor, so ist ein Bewerber für den Polizeidienst nach Ziff. 2.3.3 PDV 300 als polizeidienstunfähig zu beurteilen[13].

Kostenvergleich nicht zulässig

Auch wurde die Leistung durch PKV verweigert mit dem Hinweis darauf, dass die Kosten einer LASIK oder Linsenimplantation ein Vielfaches dessen darstellen, was Brille und Kontaktlinse kosten. Diese Bilanz wäre für die PKV rechnerisch nur dann richtig, wenn berücksichtigt wird, dass die PKV für eine Brille in der Regel nur einen Sockelbetrag von z. B. 120 Euro leistet unabhängig von den insgesamt anfallenden Kosten. Im Bereich der ambulanten Augenchirurgie gilt, dass Aufwendungen tariflich (i. d. R. zu 100 %) zu erstatten sind und der Versicherungsnehmer sich nicht auf ein kostengünstigeres Verfahren verweisen zu lassen braucht (BGH, Urt. 12.03.2002, IV ZR 278/01, VersR 2003, 581). Konkret: Trotz Kostendifferenz muss die LASIK statt Brille bezahlt werden und die laserrefraktive Linsen-OP, auch wenn die Phakoemulsifikation mittels Ultraschalls kostengünstiger wäre (sofern die konkurrierenden Behandlungsansätze jeweils für sich medizinisch notwendig sind).

Grundsatz der Nachrangigkeit war eine unzulässige juristische Fiktion

Wie im Beihilferecht, wo die Nachrangigkeit der Kostentragung für Brille und Kontaktlinse normiert ist (VGH München, Beschl. v. 22.03.2010, 14 ZB 08.1083; Verwaltungsgericht Düsseldorf, Urt. v. 30.05.2012, 10 K 5359/10, zu § 77 Abs. 3 LBG), erhoben die PKV den Einwand der sog. Nachrangigkeit einer augenchirurgischen Behandlung gegenüber der Verwendung von Heilhilfsmitteln wie Brille und Kontaktlinse und konnten sich dabei zunächst auf LG München I, Urt. v. 07.12.06, 34 S 13369/06, und LG Köln, Urt. v. 13.5.2009, 23 S 53/08[14] berufen. Dies war jedoch bald

[13] http://rechtsprechung.hamburg.de/jportal/portal/page/bshaprod.psml?showdoccase=1&doc.id=MWRE120001012&st=ent).

[14] http://www.justiz.nrw.de/nrwe/lgs/koeln/lg_koeln/j2009/23_S_53_08urteil20090513.html

abgelehnt worden, da sich ein Vorrang von Brille oder Kontaktlinse den Versicherungsbedingungen nicht entnehmen lässt und insbesondere von einem Ausschluss der Behandlungskosten für Augenchirurgie in den Versicherungsbedingungen abgesehen worden war (LG Göttingen, Beschl. v. 22.10.2008, 2 S 10/08). Heute folgt in den Versicherungsbedingungen die Rechtsprechung der Publikation einer früheren BGH-Richterin, wonach ein Patient sich nicht darauf verweisen lassen muss, seine Fehlsichtigkeit mittels Sehhilfen zu kompensieren, sofern er diese durch eine augenchirurgische Operation beheben lassen kann[15], wie jetzt auch das LG Köln, Urt. v. 18.07.2012, 23 O 213/11, S. 5, bestätigt:

„Der Versicherungsnehmer muss sich nicht grundsätzlich darauf verweisen lassen, seine Fehlsichtigkeit mittels Sehhilfen zu kompensieren, sofern die in Rede stehende Operation ihrerseits die Voraussetzungen einer medizinisch notwendigen Heilbehandlung erfüllt. Denn das Tragen einer Sehhilfe stellt in Bezug auf die Fehlsichtigkeit keine Heilbehandlung dar. Mit Hilfsmitteln werden körperliche Defekte lediglich über einen längeren Zeitraum ausgeglichen und eine Ersatzfunktion für ein krankes Organ wahrgenommen, indes ohne dessen Funktionsfähigkeit wieder herzustellen. Sehhilfen kompensieren lediglich einen regelwidrigen Körperzustand, während die Fehlsichtigkeit fortbesteht."

Auch Augenchirurgie kompensiere nur, heile aber nicht

Zunächst gibt es den PKV-Einwand, dass eine Heilung nicht eingetreten sei, wenn nach refraktiver Maßnahme immer noch Heilhilfsmittel verwendet werden müssten. Dem ist entgegenzuhalten, dass auch im PKV-Recht schon jede Linderung oder Besserung als Heilung zu verstehen ist[16]. Des Weiteren erheben die PKV den Einwand, bei LASIK oder Linsenimplantation werde die Kurzsichtigkeit nicht geheilt oder behoben, sondern es erfolge lediglich eine andere Art der optischen Korrektur. Aus dem Umstand, dass die Kontaktlinse in das Auge implantiert werde oder ein Hornhautabtrag im Inneren des Auges vorgenommen werde, begründe jedenfalls keinen Vorrang dieser Verfahren, da sämtliche Ansätze (Brille, Kontaktlinse, LASIK und Linsenimplantation) lediglich der Kompensation der Fehlsichtigkeit dienen und sämtliche Ansätze zuverlässig im Ergebnis die Korrektur der Fehlsichtigkeit herbeizuführen geeignet seien. Dem ist die Rechtsprechung nicht gefolgt, da qualitativ zu differenzieren sei, ob extrakorporal ein Effekt mit und in Abhängigkeit eines sog. Heilhilfsmittels erzielt werde oder durch chirurgischen Eingriff unter Verwen-

[15] Kessal-Wulf r+s 2010, 359

[16] Nach § 1 Abs. 2 MB/KK ist eine Behandlung medizinisch notwendig, wenn es nach objektiven medizinischen Befunden und wissenschaftlichen Erkenntnissen zum Zeitpunkt der Behandlung und ihrer Planung vertretbar ist, die Maßnahme als medizinisch notwendig anzusehen. Vertretbar ist eine Heilbehandlung dann, wenn sie in fundierter und nachvollziehbarer Weise das zugrunde liegende Leiden diagnostisch hinreichend erfasst und eine ihm adäquate, geeignete Therapie anwendet. Davon ist dann auszugehen, wenn eine Behandlungsmethode und Therapie zur Verfügung steht und angewendet wird, die geeignet ist, die Krankheit zu heilen, zu lindern oder ihrer Verschlimmerung entgegenzuwirken.

dung dauerhaft implantierter Medizinprodukte (AG Stuttgart: Urt. v. 23.09.2010, 5 C 5406/09; AG Mannheim, Urt. v. 09.7.2010, 12 C 357/09).

Die Implantation der phaken Linse in den Körper spricht für eine Heilung statt nur für Kompensation. Sie dürfte nicht invasiver sein als eine LASIK, die regelmäßig medizinisch notwendig i. S. d. Versicherungsbedingungen ist. Sie dürfte umso klarer medizinisch notwendig sein, je deutlicher der LASIK-Indikationsbereich verlassen ist (Myopie von mehr als –10 oder –12 dpt). Demgegenüber stellt die von außen aufgebrachte Kontaktlinse lediglich eine Sehhilfe und damit eine Kompensation von außen dar, die zwar das Leben mit der Erkrankung erleichtern soll, sie aber nicht beseitigt. Die chirurgische Linseneinbringung stellt somit eine Heilbehandlung dar, deren Kosten – wie im Fall der LASIK – regelmäßig von der privaten Krankenversicherung zu tragen sein dürften. Auch im Beihilfenrecht wird erwogen, eine phake Linse als erstattungsfähiges Hilfsmittel zu betrachten, das gleichberechtigt neben Brille und Kontaktlinse steht. Da es hier im Beihilferecht aber auf einen Kostenvergleich zwischen Brille und phaker Linse im Rahmen der wirtschaftlichen Angemessenheit ankommt, wurde eine Erstattungspflicht aber im Ergebnis verneint[17].

Der Austausch einer trüben Linse durch eine Multifokallinse wird häufig als medizinisch notwendig anzusehen sein, sofern zugleich ein Katarakt und eine korrekturbedürftige Fehlsichtigkeit vorliegen. Bei starken Fehlsichtigkeiten von mehr als –10 dpt wird der Einwand erhoben, dass der Indikationsbereich der LASIK verlassen sei. Dann dürfte seitens des Kostenträgers umso klarer die medizinische Notwendigkeit einer IOL zu bejahen sein z. B. mit einem Indikationsbereich von –8 bis –16 dpt).

Der IOL-Linsenaustausch bei klarer Linse (clear lens extraction) soll nur nach einzelfallbezogener Gesamtabwägung zu bejahen sein: es soll auf das Maß der Fehlsichtigkeit des Patienten ankommen, auf die individuellen Behandlungsrisiken sowie die nachträgliche Korrekturmöglichkeiten im Fall des Auftretens von Komplikationen. Hierbei handelt es sich um Einfallabwägungen zur Indikation der Behandlung und dem Risikoprofil des Patienten, die letztlich nur von einem gerichtlich bestellten Sachverständigen abschließend und verbindlich festgestellt werden können. Rechtlich erscheint es jedoch zweifelhaft, ob eine solche Abwägung zur Leistungsfreiheit der Versicherung führen kann, da diese Überlegungen ausschließlich in der Risikoaufklärung des Patienten wurzeln. Vieles spricht dafür, dass sich der Patient auch zugunsten einer (im Vergleich zur LASIK) risikoträchtigeren und invasiveren Behandlung einer IOL entscheiden können soll und die Krankenversicherung nicht nachträglich über das Instrument der Kostenerstattung berechtigt sein kann, die von dem Versicherungsnehmer getroffene Risikoentscheidung zu revidieren (andere Auffassung: LG Köln, Urt. v. 18.07.2012, 23 O 213/11).

[17] Verwaltungsgericht Düsseldorf, Urt. v. 30.05.2012, 10 K 5359/10, trotz Verbesserung des Visus von 0,4 auf 1,0 bei RA –11,0 –5,25/25° LA -10,25 –5,0/150° bei Kombinationsbehandlung Implantation einer phaken Linse und LASIK

PKV-Erstattung abhängig von der Organisationsform?

Sofern die Liquidation der Behandlung durch eine GmbH erfolgt, wird aus § 4 Abs. 2 MB/KK zum Teil Leistungsfreiheit abgeleitet, da dem VN die freie Arztwahl nur unter den niedergelassenen Ärzten zugestanden ist und eine GmbH im Sinne des ärztlichen Zulassungsrechts nicht niedergelassen sein kann, es sei denn, sie ist als medizinisches Versorgungszentrum organisiert. Dieser Einwand greift aber schon nicht durch, wenn im Fall einer ambulant durchgeführten Operation diejenige Qualität gewährleistet sei, die im Fall einer stationären Durchführung im Hinblick auf Sterilität, Dokumentation, ärztliche Leitung gegeben wäre. Darüber hinaus sei nicht nachvollziehbar, weshalb die Organisation als MVZ weichenstellend für die Erstattungsfähigkeit sein solle (AG Wiesbaden, Urt. v. 30.03.2012, 91 C 5361/10 (11), AG Mannheim, Urt. v. 09.07.2010, 12 C 357/09).

Vorvertraglichkeit der Fehlsichtigkeit?

Raffiniert ist auch der Einwand der Vorvertraglichkeit, wenn ein Versicherungsnehmer bereits bei Beginn des Versicherungsschutzes eine Fehlsichtigkeit hatte, die seither etwa gleich geblieben ist und seither mittels Brille oder Kontaktlinse bewältigt wird. Die PKV sagt dann, die Heilbehandlung sei bereits vor Versicherungsbeginn eingeleitet worden, was wegen Vorvertraglichkeit zur Leistungsfreiheit führe. Dagegen spricht, dass das Tragen der Sehhilfe zur Kompensation der Fehlsichtigkeit keine Heilbehandlung darstellt (LG Köln, Urt. v. 18.07.2012, 23 O 213/11, S. 5). In diesem Sinne hatte auch AG Wiesbaden, Urt. v. 30.03.2012, 91 C 5361/10 (11) n. rkr., S. 5 unten, ausgeführt:

„Nach § 2 Abs. 2 Satz 2 MB/KK beginnt der Versicherungsfall mit der Heilbehandlung. Darunter ist jede ärztliche Tätigkeit zu verstehen, die durch die betroffene Krankheit verursacht worden ist, sofern die Leistung des Arztes von ihrer Art her in den Bereich der Krankenpflege fällt und auf Heilung oder Linderung der Krankheit abzielt, mag dieses Endziel auch erst nach Unterbrechungen oder mit Hilfe weiterer Ärzte erreicht werden. Vorgelegt wurde jedoch lediglich eine wohl beglichene Rechnung über eine Brille mit Gläsern. In einer Verordnung derselben liegt jedoch keine ärztliche Tätigkeit im oben genannten Sinne. Vielmehr liegt hierin die Verordnung eines Hilfsmittels im Sinne von § 4 Abs. 3 MB/KK 2009."

Aspekte der GOÄ-Liquidation

Die Abrechnung der LASIK und PRK wird dirigiert durch die Empfehlung der Bundesärztekammer analog 1345 und 5855 GOÄ einerseits und analog 5855 GOÄ andererseits (Deutsches Ärzteblatt 2002, Heft 3, A 144). Heute kaum noch mehr vertretbar ist die dort vorgenommene Bewertung, bei LASIK

„handelt sich es sich – von wenigen medizinischen Indikationen abgesehen (beispielsweise extreme Kurzsichtigkeit oder rezidivierende Hornhauterosionen) – überwiegend um eine Leistung auf Verlangen des Patienten."

Heute nicht mehr haltbar ist der Einwand der PKV 5855, analog GOÄ sei als bloße Zuschlagposition nur bis zum 1,0- oder bis zum 1,8-fachen Satz abrechenbar, weil der Lasereinsatz nur als Bestandteil der Gesamtoperation zur Fehlsichtigkeitskorrektur zum Einsatz gelange (LG Köln, Urt. v. 19.10.2005, 25 S 19/04[18], bestätigt die Abrechnung mit dem 2,5-fachen Faktor). Ob eine Abrechnung mit oder ohne Abdingung (dann aber mit Begründung) bis z. B. zum 3,5-fachen Steigerungssatz zulässig ist, ist noch nicht geklärt: Dagegen spricht § 5 Abs. 3 i. V. m. § 2 Abs. 3 GOÄ, wonach radiologische Leistungen nur bis zum 2,5-fachen Faktor abrechenbar sind. Dafür spricht, dass bei hinreichender Begründung die Analogposition von dem Gebührenrahmen in direkter Anwendung bei ausreichender Begründung gelöst werden können soll (Brück, Ärztekammerkommentar zur GOÄ, § 6 Rn. 5 a. E., S. 164)[19]. Begründungsansatz wäre insofern, dass es sich vorliegend nicht um eine radiologisch-diagnostische Erhebung eines statischen Befundes handelt, sondern um einen chirurgisch-therapeutischen Eingriff, bei dem die GOÄ ansonsten ausnahmslos eine Steigerung z. B. auf den 3,5-fachen Satz zulässt. Dafür könnte ferner sprechen, dass die Pos. 5855 GOÄ bei direkter Anwendung im Rahmen einer Bestrahlungstherapie planmäßig wiederholt zur Anwendung gelangt, während dies bei analoger Anwendung auf einen chirurgischen Sachverhalt nicht der Fall ist.

Manches spricht dafür, die analoge Anwendung der 5855 GOÄ analog neben 1375 GOÄ auch auf die laserrefraktive Katarakt- bzw. Linsenoperation zu erstrecken. Die Verwendung des Femtosekundenlasers stellt nämlich nicht lediglich eine Modifikation des durch GOÄ 1375 erfassten und abschließend abgerechneten Operationsverfahrens dar. Vielmehr handelt es sich um eine qualitative Erweiterung des Behandlungsgeschehens und in diesem Umfang um eine durch GOÄ 1375 nicht erfasste Leistung. Dem steht nicht entgegen, dass die Anwendung des Femtosekundenlasers im Rahmen eines einheitlichen OP-Vorganges erfolgt – wie bei der LASIK, wo die Ä5855 ebenfalls neben der Ä1345 abgerechnet wird. Vielmehr spricht Ä5855 ausdrücklich von einer „intraoperativen Strahlenbehandlung“ und weist somit gerade darauf hin, dass diese Position neben einer anderen Leistungsziffer abrechenbar sein soll[20].

[18] http://www.justiz.nrw.de/nrwe/lgs/koeln/lg_koeln/j2005/25_S_19_04urteil20051019.html

[19] „Im Grundsatz sei davon auszugehen, dass der Analogabgriff gleichzeitig auch den Gebührenrahmen nach § 5 Abs. 1 bzw. Abs. 3 GOÄ bestimmt. Sei die als gleichwertig angesehene Gebührenposition daher im kleinen Gebührenrahmen enthalten, so könne für die analog bewertete Leistung auch nur dieser kleine Gebührenrahmen in Ansatz gebracht werden. Ausnahmen hiervon müssten ausdrücklich begründet werden.“

[20] So wurde die Abrechnung Ä1375 (3,5) neben Ä5855 (2,5) im Rahmen der laserrefraktiven Kataraktchirurgie im Rahmen der Beihilfe auch schon bejaht: Landesamt für Besoldung und Versorgung BW, Bescheid v. 16.03.2013, 213352077234Y

Beihilfe

Des Öfteren erfolgen nun auch Bewilligungen augenchirurgischer Operationen zur Beseitigung von Fehlsichtigkeiten im Rahmen der Beihilfe. Hier ist allerdings ein erstattungsrechtliches Nachrangigkeitsprinzip in vielen Beihilfeverordnungen niedergelegt: Jedoch kann das Auftreten asthenopischer Beschwerden oder ein ausgeprägtes Fremdkörpergefühl gegen eine Verweisung auf die Hilfsmittel Brille oder Kontaktlinse sprechen (Berufsgenossenschaft BG RCI, 2/400585, Bescheid v. 20.09.2012). Ebenso können eine erhöhte Blendempfindlichkeit und ein Schwindelgefühl eine Verweisung auf Brille oder Kontaktlinsen ausschließen und eine augenchirurgische Maßnahme erforderlich machen, wenn sonst die volle Polizeidienstfähigkeit nicht wiederhergestellt werden könnte (OVG Hamburg, Urt. v. 02.03.2012, 1 Bf 177/10). Bei einem anderen Patienten mit mehr als +6 dpt sprach die schlechte Abbildungsqualität und die Gesichtsfeldeinschränkung gegen eine Verweisung auf die Brille. Da wegen Trockenheit des Auges Kontaktlinsen nicht verträglich waren, wurde die Implantation einer torischen Intraokularlinse mit nachfolgender LASIK im Rahmen der Beihilfe bewilligt (OLG Hamm, Bescheid v. 05.04.2012, 3194217). In Rheinland-Pfalz dürfte der Anspruch stets bestehen, wenn zwei privatärztliche Bescheinigungen zur Hilfsmittelunverträglichkeit vorgelegt werden (VG Neustadt an der Weinstraße, Urt. v. 08.05.2013, 1 K 1061/12.NW).

GKV

Nach Anlage II Ziff. 13 der Richtlinie Methoden vertragsärztlicher Versorgung in der Fassung vom 17. Januar 2006 (BAnz Nr. 48 S. 1523) zuletzt geändert durch Beschluss vom 14. April 2011 (BAnz 2011 Nr. 107 S. 2555, 2557) gehört die refraktive Augenchirurgie und damit das LASIK-Verfahren zu den von dem Leistungskatalog der gesetzlichen Krankenversicherung ausgeschlossenen Behandlungen.

Auch aus verfassungsrechtlichen Gesichtspunkten (BVerfG, sog. Nikolausbeschlüsse v. 06.12.2005, 1 BvR 347/98,) kommt eine Ausweitung der Leistungspflicht nach dem SGB V in aller Regel nicht in Betracht. Zwar kann der sonst drohende Funktionsverlust eines Organs (Sehkraft) eine existenzielle Betroffenheit des Patienten darstellen. Dies vermag eine Ausweitung der GKV-Leistungspflicht aber nach den Ausführungen des LSG Nordrhein-Westfalen nicht zu bewirken, LSG NRW, Urt. v. 16.10.2007, L 5 (2) KR 120/05:

„Versicherte der GKV haben danach Anspruch auf eine verfassungskonforme Leistungserweiterung nur wegen solcher Krankheiten, die in absehbarer Zeit zum Verlust des Lebens oder eines wichtigen Sinnesorgans oder einer herausgehobenen Körperfunktion führen (BSG Beschluss vom 14.05.2007, Az.: B 1 KR 16/07 B). Diese Voraussetzungen sind hier nicht gegeben. Der Klägerin drohte nicht der Verlust einer heraus-

gehobenen Körperfunktion (Sehvermögen). Sie selbst hat nicht geltend gemacht, dass sich ihr Sehvermögen drastisch verschlechtert hat. Außerdem standen der Klägerin die Möglichkeiten des Tragens einer Brille oder aber von Kontaktlinsen – wenn auch möglicherweise wegen Unverträglichkeit nur mit Einschränkungen – zur Verfügung. Auch wenn der Klägerin – wie sie geltend gemacht hat – tatsächlich das Tragen einer Brille sowie von Kontaktlinsen nicht möglich gewesen sein sollte, ist dies nach Auffassung des Senats in der Bewertung nicht mit dem – generellen und vollständigen – Verlust des Sehvermögens gleichzustellen."

Bei einer beidseitigen Uveitis (Entzündung der mittleren Augenhaut) mit drohender Erblindung hielt das SG Frankfurt[21] eine Interferon-Therapie für erfolgversprechend, nachdem die herkömmlichen Therapieformen erfolglos geblieben waren. Hier war die Krankenkasse zur Leistung verurteilt worden, obwohl die Erkrankung der Patientin nicht lebensbedrohlich war, sondern „nur" zu einem massiven körperlichen Funktionsverlust (beidseitige Erblindung) führte. Damit dehnte das SG Frankfurt die Leistungspflicht der Krankenkassen über den vom BVerfG abgesteckten und vom BSG konkretisierten Anwendungsbereich des Off-Label-Use bei lebensbedrohlichen Erkrankungen aus und bejahte den Off-Label-Use auch bei solchen Krankheiten, die bei weiterem Fortschreiten zu gravierenden Folgen (Verlust eines Sinnesorgans/Sehvermögens) führen (SG Frankfurt/M., Beschl. 22.08.2006 – S 21 KR 444/06 ER).

Der Bundestag hatte am 01.12.2011 eine Mehrkostenregelung bei Sonderlinsen für Kataraktpatienten (vergleichbar der SGB-V-Regelung zum Zahnersatz) beschlossen. Letztlich erfolgt sonach eine Privatbehandlung, bei der bestimmte GKV-Erstattungsbeträge (je nach KV und Teilnahme eines OP-Zentrums an Strukturverträgen) verrechnet werden[22].

[21] SG Frankfurt/M., Beschl. 22.08.2006 – S 21 KR 444/06 ER
[22] Schmickler, Der Augenspiegel 4/2013, S. 32

Umfrage von DGII, BVA und DOG 2012 zur Intraokularchirurgie

M. Wenzel, T. Kohnen, A. Scharrer, K. Schayan, J. Klasen, T. Reinhard

Zusammenfassung
Im Jahr 2012 wurde wieder die traditionelle DGII-/BVA-/BDOC-/DOG-Umfrage unter den deutschsprachigen Ophthalmochirurgen durchgeführt. Die Angaben von 295 Operationszentren mit zusammen 741 Operateuren wurden ausgewertet, entsprechend einer Teilnehmerquote von etwa 35 %. 374.191 ambulante und stationäre Kataraktoperationen wurden erfasst, 30.923 Pars-plana-Vitrektomien, 22.935 refraktive Operationen, 10.310 bulbuseröffnende Glaukomoperationen, 2689 Keratoplastiken und 215.835 intravitreale Makulatherapien (Anti-VEGF, Kortison).

Summary
A survey on the status of in- and out-patient surgery was carried out by the DGII, BVA, DOG and BDOC in 2012. Data from 295 operating centres involving 741 ophthalmic surgeons were evaluated. The responders were about 35% of all german ophthalmic surgeons. 374.191 cataractsurgeries, 30.923 pars-plana vitrectomies, 22.935 refractive procedures, 10.310 invasive glaucoma procuderes, 2689 keratoplasties and 215.835 invasive macula treatments (anti-VEGF, Cortisone) were performed by the responders in this year.

Einleitung

Im Januar 2013 wurde ein Umfragebogen an die beim BVA gemeldeten Operateure geschickt sowie von DGII und BDOC digital veröffentlicht. Wir bedanken uns herzlich bei allen Kollegen, die sich wieder die Mühe gemacht haben, die Fragebögen anonym auszufüllen und zurückzusenden. Dies gibt uns Ärzten einen Überblick über die Entwicklungen unseres Faches, der allen zugängig ist. Sinn dieser Auswertungen ist es, in Ergänzung zum Themenspektrum wissenschaftlicher Kongresse und zu Informationen der Industrie einen Überblick zu erhalten, welche Tätigkeiten einen Eingang in die klinische Routine gefunden haben, ohne sie zu bewerten. Da nicht alle Fragen regelmäßig wiederholt werden und die Umfrage jedes Jahr andere Schwerpunkte setzt, sei auch auf unsere vorausgegangenen Publikationen verwiesen [1–5].

Operateure

Es wurden 295 Antworten von Operationszentren, die intraokular operierten, ausgewertet (Abb. 1). 278 (94 %) Antworten erreichten uns als Fax über die Aussendung vom BVA, 17 (6 %) über die digitalen Fragebogen von DGII oder BDOC. Die genaue Teilnehmerquote kann nur für die Kliniken genannt werden: Es gibt 108 öffentliche Kliniken, von denen haben 48 (44 %) geantwortet.

An den 264 Zentren, die Angaben zum Geschlecht der Operateure gaben, operierten 195 Frauen und 515 Männer intraokular. An den öffentlichen Kliniken waren 89 der 278 Intraokularchirurgen (32 %) Frauen. Von den 432 niedergelassenen Intraokularchirurgen waren 106 (25 %) Frauen.

Von den 295 antwortenden Operationszentren waren 48 (16 %) öffentliche Kliniken und 247 (84 %) operative Zentren niedergelassener Kollegen. Von den 247 Zentren Niedergelassener führten 228 Kataraktchirurgie durch, fünf waren nur refraktiv tätig, einer führte nur ambulante Laserzyklodestruktionen durch und 13 nahmen ausschließlich IVOM vor.

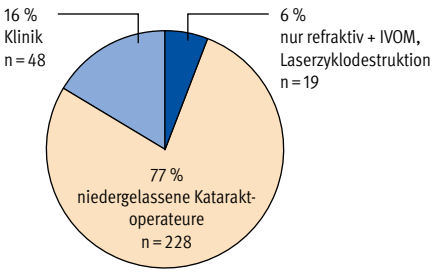


Abb. 1: Anzahl der teilnehmenden Operationszentren 2012 (n = 295)

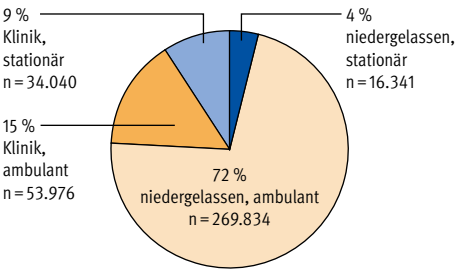


Abb. 2: Anzahl der gemeldeten Kataraktoperationen 2012 (n = 374.191)

Kataraktoperationen

Es wurden 374.191 Kataraktoperationen erfasst, 88.016 (24 %) von öffentlichen Kliniken und 286.175 (76 %) von niedergelassenen Kollegen (Abb. 2). Der Rückgang um 10 % im Vergleich zum Vorjahr [5] ist durch die niedrigere Teilnehmerquote der öffentlichen Kliniken erklärt. Die jährlichen Operationszahlen durch öffentliche Krankenhäuser schwankten zwischen 700 und 5400. Der Median lag bei 1550 Kataraktoperationen im Jahr. 36 % der Kliniken gaben über 2000 Kataraktoperationen im Jahr an.

Die jährlichen Operationszahlen der niedergelassenen Kollegen schwankten zwischen 100 und 8246. Der Median lag dort bei 940 Staroperationen pro Jahr. 17 % der niedergelassenen Zentren gaben an, über 2000 Katarakte im Jahr zu operieren.

Von den 247 Zentren niedergelassener Kollegen haben 80 (32 %) stationäre intraokulare Kataraktoperationen durchgeführt. Davon wurden in 37 Abteilungen (46 %) weniger als einmal in der Woche stationäre Patienten operiert (1 bis 50/Jahr) und in 43 (53 %) zwischen 60 und 2000 Patienten. 2009 wurden stationäre Operationen noch von 49 % der niedergelassenen Zentren angeboten [3].

Während in den Kliniken 40 % der Katarakte stationär operiert wurden, waren es in den Zentren niedergelassener Kollegen 6 %. Insgesamt erfolgten 50.381 Operationen (13 %) stationär, 323.810 (87 %) ambulant (Abb. 2). In den letzten vier Jahren blieb diese Zahl konstant [1]. Von den 50.381 stationären Operationen erfolgten 34.040 (68 %) durch öffentliche Krankenhäuser und 16.341 (32 %) durch niedergelassene Kollegen.

Anästhesie

Wie in den Vorjahren [1–5] wurden bei den Kataraktoperationen mehrheitlich, d. h. zu 49 %, peri- oder retrobulbäre Injektionen bevorzugt. 38 % der Zentren bevorzugten die topische Anästhesie, 13 % wählten – meist begleitend zur retrobulbären Injektion – Rauschnarkosen oder ITN. Von den öffentlichen Kliniken bevorzugten die großen Zentren mit über 2000 Staroperationen pro Jahr zu 69 % die topische Anästhesie. Von den großen Zentren niedergelassener Kollegen sind es 61 %, die die topische Anästhesie bevorzugen. Vor drei Jahren lagen die beiden Zahlen bei 55 % für die Kliniken und 31 % für die Niedergelassenen [2].

Intraokularlinsen

63 % aller Operateure bevorzugten Linsenimplantate aus hydrophoben Acrylat, 33 % aus hydrophilem Acrylat, 3 % Silikonlinsen.

8065 (2,2 %) aller Implantate waren torisch (Abb. 3). 6381 torische Linsen wurden 2012 von niedergelassenen Kollegen und 1684 von Kliniken implantiert. 194 (66 %) aller Operationszentren implantierten torische Linsen, vor fünf Jahren waren es erst 30 % [1]. Es wurden zwischen einer und 700 torische Linsen implantiert, im Median 20/Jahr. 36 (12 %) der Operationszentren haben mehr als 50 torische Linsen im Jahr implantiert, davon 20 (7 %) mehr als 100 torische Linsen.

Akkomodative multi- und bifokale Linsen wurden in der Umfrage nicht differenziert und im Folgenden als „multifokale Linsen“ zusammengefasst. Die 7275 im Jahr 2012 implantierten multifokalen Linsen entsprachen 1,9 % aller implantierten Linsen. Es wurden 6254 multifokale Linsen von niedergelassenen Kollegen und 1021 in Kliniken implantiert. Unverändert zum Vorjahr haben 157 (53 %) aller Operationszentren multifokale Linsen implantiert [5]. Es wurden zwischen einer und 500 multifokale Linsen implantiert, im Median 15 pro Jahr. 36 (12 %) der Operationszentren implantierten mehr als 50 multifokale Linsen im Jahr, davon 17 (5 %) mehr als 100.

826 „Add-on“-Linsen wurden in Augen mit Kunstlinsen implantiert, das sind 0,2 % aller implantierten Linsen. In den letzten zwei Jahren ist die Zahl um 14 % gestiegen [4]. 600 Linsen wurden von niedergelassenen Operateuren, 226 von Kliniken eingepflanzt. 91 (31 %) aller Operationszentren haben diese Linsenoperationen durchgeführt. Es wurden zwischen einem und 80 „Add-on“-Implantate pro Zentrum implantiert, im Median vier pro Jahr.

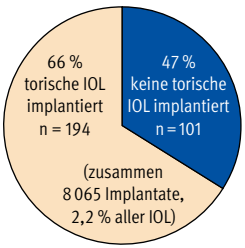


Abb. 3: Operationszentren, die torische Linsen implantiert haben (2012)

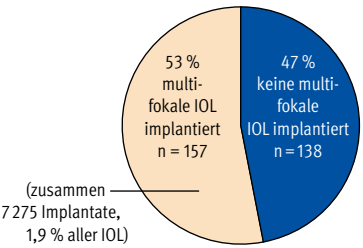


Abb. 4: Operationszentren, die Multifokal-, Bifokal- oder akkommodative Linsen implantiert haben (2012)

Femtosekundenlaser in der Kataraktchirurgie

Zehn (3 %) operative Zentren haben den Femtosekundenlaser in der Kataraktchirurgie eingesetzt. 1172 Katarakte (0,3 %) wurden im Jahr 2012 mithilfe des Femtosekundenlasers operiert. Im Vorjahr lag der Wert um den Faktor 20 niedriger [5].

Glaukomoperationen

Im Jahr 2012 wurden 10.310 bulbuseröffnende Glaukomoperationen mit dieser Umfrage erfasst. Dabei blieb das Verhältnis von Katarakt- zu Glaukomoperationen wie in den Vorjahren bei 36:1 [3–5]. 37 der 48 öffentlichen Kliniken (77 %) und 69 von 247 Operationszentren niedergelassener Kollegen (28 %) haben Angaben zu bulbuseröffnenden Glaukomoperationen gegeben. Ambulante bulbuseröffnende Glaukomoperationen wurden von 46 der 69 niedergelassenen Glaukomoperateure durchgeführt.

Von den 10.310 Glaukomoperationen erfolgten 7564 stationär in öffentlichen Kliniken (73 %), neun ambulant in öffentlichen Kliniken, 1608 stationär durch niedergelassene Operateure (16 %), 1129 ambulant durch niedergelassene Operateure (11 %). Im Gegensatz zu den letzten Jahren wurden von niedergelassenen Kollegen 2012 mehr stationäre als ambulante bulbuseröffnende Glaukomoperationen durchgeführt [4, 5]. Bei den öffentlichen Kliniken lag die Zahl der stationären und ambulanten bulbuseröffnenden Glaukomoperationen zwischen zehn und 2020, im

Median bei 100/Jahr. Bei den niedergelassenen Operateuren lag die Zahl der bulbuseröffnenden Glaukomoperationen zwischen einer und 250, im Median bei 20/Jahr. 13 (5 %) der niedergelassenen Kollegen haben mehr als 50 Glaukome bulbuseröffnend operiert, davon haben sechs stationär und sieben ambulant operiert.

In dieser Auswertung sind die Angaben zu den bulbuseröffnenden Glaukomoperationen von einem niedergelassenen Kollegen nicht mitgezählt worden, bei dem die Anzahl der angegebenen ambulanten Glaukomoperationen über 2000 lag und gleichzeitig das Verhältnis Glaukom zu Katarakt über 1 lag. Im Vorjahr wurden elf derartige Bögen nicht ausgewertet [5].

Neben den 10.310 bulbuseröffnenden Glaukomoperationen wurden im vorigen Jahr 7339 laserdestruktive Glaukomoperationen mit dieser Umfrage erfasst, etwas mehr als im Jahr 2010 [4]. Dabei hat sich das Verhältnis von bulbuseröffnenden zu laserdestruktiven Glaukomoperationen zugunsten der bulbuseröffnenden auf 1,4:1 verschoben [5].

38 der 48 öffentlichen Kliniken (79 %) und 53 von 247 Operationszentren niedergelassener Kollegen (21 %) haben Angaben zu zyklodestruktiven Laserglaukomoperationen gegeben. Von den 7339 zyklodestruktiven Laserglaukomoperationen erfolgten 4453 stationär in öffentlichen Kliniken (61 %), 351 ambulant in öffentlichen Kliniken (5 %), 563 stationär durch niedergelassene Operateure (8 %) und 1972 ambulant durch niedergelassene Operateure (27 %). Die Zahl der ambulanten Laserzyklodestruktionen hat in den letzten zwei Jahren von 23 % auf 32 % zugenommen [3]. An 30 öffentlichen Kliniken (63 %) und sechs Operationszentren niedergelassener Kollegen (2 %) wurden mehr als 50 Laserzyklodestruktionen im Jahr durchgeführt.

Pars-plana-Vitrektomien

Im Jahr 2012 wurden 30.923 Pars-plana-Vitrektomien erfasst, das sind 23 % mehr als 2008 [2], aber weniger als im Vorjahr [5]. Dabei hat sich auch das Verhältnis von Kataraktoperationen zu Pars-plana-Vitrektomien in den letzten Jahren zugunsten der Vitrektomien verschoben. Während es im Jahr 2012 bei 12:1 lag, lag es bis 2009 zwischen bei 15:1 [2]. Von den 70 Operationszentren, die stationäre Pars-plana-Vitrektomien durchführten, haben 19 (27 %) mehr als 500 stationäre Vitrektomien durchgeführt. Von den 47 Operationszentren, die ambulante Pars-plana-Vitrektomien durchführten, führten 14 (30 %) mehr als 50 Eingriffe durch. 3255 Pars-plana-Vitrektomien (11 %) wurden ambulant, 27.668 (89 %) stationär durchgeführt.

40 der 48 teilnehmenden öffentlichen Kliniken gaben ihre jährlichen Operationszahlen an, diese lagen zwischen zwölf und 2624, im Median bei 500. 61 Zentren niedergelassener Kollegen (25 %) führten Pars-plana-Vitrektomien durch, davon 32 (13 %) stationär. Von den 7538 Pars-plana-Vitrektomien niedergelassener Kollegen wurden 3074 (41 %) ambulant durchgeführt, 4464 stationär (59 %). Die Zahl der Pars-plana-Vitrektomien lag bei den Niedergelassenen zwischen zwei und 1200, im

Median bei 50/Jahr. In dieser Auswertung sind ähnlich wie im Vorjahr die Angaben zu den ambulanten Pars-plana-Vitrektomien von einer Institution nicht mitgezählt worden, in der mehr Pars-plana-Vitrektomien als IVOM angegeben worden sind.

Keratoplastiken

Im Jahr 2012 wurden mit der Umfrage 2689 Keratoplastiken erfasst, dabei wurde nicht nach der Art des Transplantates differenziert. 71 (3 %) erfolgten ambulant, 2618 (97 %) stationär. 37 (77 %) der öffentlichen Kliniken und 16 (6 %) Operationszentren niedergelassener Kollegen führten Keratoplastiken durch und teilten ihre Daten mit. 406 Operationen wurden von niedergelassenen Operateuren, 2283 in Hauptabteilungen durchgeführt. Niedergelassene Operationszentren operierten im Jahr 2012 zwischen einer und 115 Keratoplastiken, im Median neun. In den Hauptabteilungen wurden zwischen zwei und 323 Operationen im Jahr durchgeführt, im Median 29.

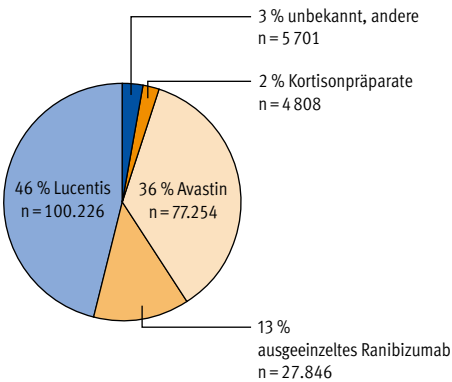
IVOM

Im Jahr 2012 erfolgten 215.835 intravitreale Medikamenteneingaben (IVOM) mit Anti-VEGF oder Kortikosteroiden (Abb. 5), das sind 7 % mehr als im Vorjahr und doppelt so viele wie 2010 [4, 5]. Davon erfolgten 88.140 (41 %) durch öffentliche Kliniken und 127.695 (59 %) durch niedergelassene Kollegen. Während 44 der 48 öffentlichen Kliniken (92 %) Angaben zu invasiven Makulatherapien machten, waren es 201 der 247 (81 %) niedergelassenen Operateure. 2012 kam in Deutschland auf 1,7 Kataraktoperationen eine IVOM. Vor drei Jahren lag der Wert bei 4:1 [3]. In den öffentlichen Kliniken wurden 2012 so viele Kataraktoperationen wie IVOM durchgeführt, das Verhältnis lag in den Kliniken, wie im Vorjahr, bei 1:1. Im Bereich der niedergelassenen Kollegen lag es bei 2,2:1. Im Vorjahr lag es dort noch bei 3,3:1 [5].

Im Jahr 2012 wurde von Augenärzten 100.226-mal Lucentis® (Ranibizumab) gegeben (46 % aller IVOM), 27.846-mal „ausgeeinzeltes“ Ranibizumab (13 % aller IVOM). Avastin® wurde 77.254-mal intravitreal appliziert (36 % aller IVOM). Ozurdex® wurde 2937-mal injiziert. Die Anzahl der intravitrealen Therapien mit Triamzinolon oder Dexamethason lag bei 1871. 102-mal wurde mit Macugen® therapiert und 79-mal mit Eylea®, das erst Ende des Jahres die Zulassung erhalten hatte. Die intravitreale Steroidtherapie ist im Vergleich zum Vorjahr um 30 % zurückgegangen und liegt kaum höher als im Jahr 2010 [3]. Bei weiteren 5520 Patienten erfolgte keine differenzierte Angabe zur intravitrealen Therapie. Im Jahr 2012 wurden bei 48 % der intravitrealen Therapien offiziell zugelassene Medikamente (Lucentis®, Ozurdex®, Macugen®, Eylea®) appliziert. Zu 50 % wurde „Off-Label“ therapiert: Avastin®, ausgeeinzeltes Ranibizumab und Triamzinolon. Bei 3 % der Patienten wurde das intra-

vitreal applizierte Medikament nicht genannt. Der Gleichstand zwischen offiziell zugelassenen Präparaten und „Off-Label-Use"-Präparaten ist in den öffentlichen Kliniken wie auch bei den niedergelassenen Kollegen vorhanden.

In 220 Operationszentren (75 %) wurde Lucentis® gegeben, 190 (64 %) gaben Avastin®, 68 (23 %) ausgeeinzeltes Ranibizumab, 151 (51 %) Ozurdex®, 67 (23 %) Triamzinolon oder Dexamethason, 20 (7 %) Macugen® und 15 (5 %) Eylea®. Es wurden zwischen zwei und 8080 IVOM im Jahr vorgenommen, im Median 506. In 69 Zentren (28 %) erfolgten mehr als 1000 IVOM. Von den 190 Operationszentren, die Avastin® injizierten, bevorzugten 157 (83 %) ein Therapieintervall von vier Wochen, 32 (17 %) von sechs Wochen.



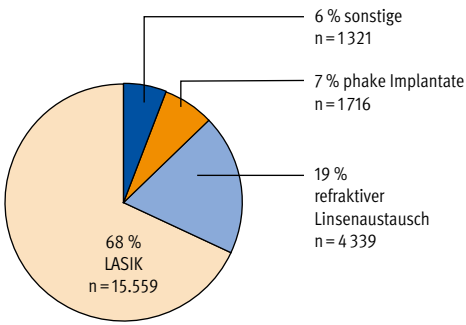


Abb. 5: Medikamente zur IVOM 2012 (n = 215.835) **Abb. 6:** Refraktive Operationen 2012 (n = 22.935)

Refraktive Operationen

22.935 refraktive Operationen wurden erfasst, sodass in Deutschland auf 16 Kataraktoperationen eine primäre refraktive Operation kam. Von den 22.935 Operationen erfolgten 18.441 (80 %) durch niedergelassene Kollegen und 4494 (20 %) in öffentlichen Kliniken. Von den 22.935 refraktiven Operationen waren 15.559 Excimerlaser-assistierte Eingriffe, 521 Femto-Lentikelextraktionen, 4339 refraktive Linsenaustausche, 1716 phake Implantate, 780 limbale Inzisionen und 20 Kamra-Inlays (Abb. 6). Ein gefaxter Antwortbogen war nicht sicher zu lesen.

Die 15.559 Excimerlaser-assistierten Eingriffe wurden an 70 Zentren vorgenommen. Davon waren 17 Zentren öffentlichen Kliniken angegliedert und 53 Zentren niedergelassenen Kollegen. Somit hatten 35 % der teilnehmenden öffentlichen Kliniken Zugang zu einem Excimerlaser und 21 % der teilnehmenden Operationszentren niedergelassener Kollegen. In den 70 Zentren wurden zwischen zwei und 1672 LASIK vorgenommen, im Median waren es 91 im Jahr. An 20 der 70 Laserzentren (29 %) wurden mehr als 200 Eingriffe im Jahr durchgeführt.

Die 521 Femto-Lentikelextraktionen wurden an sieben Zentren vorgenommen. Die 4339 refraktiven Linsenaustausche wurden an 113 Zentren (38 % aller Zentren) durchgeführt. Dabei wurden zwischen einer und 500 Linsen entfernt, der Median lag bei 10/Jahr. 1716 phake Implantate wurden an 55 Zentren (19 % aller Zentren) durchgeführt, die jährliche Operationszahl lag dabei zwischen einer und 200, im Median bei 10/Jahr. Davon bevorzugten 51 % phake Hinterkammerlinsen, 15 % irisgestützte Linsen und 34 % phake Vorderkammerlinsen.

780 limbale Inzisionen außerhalb von Kataraktoperationen wurden von 42 operativen Zentren (14 % aller Zentren) durchgeführt. Die jährlichen Operationszahlen lagen zwischen einer und 100, im Median bei 10/Jahr.

Literatur

1. WENZEL M, PHAM DT, SCHARRER A et al.: Derzeitiger Stand der ambulanten Intraokularchirurgie 2007: Ergebnisse der Umfrage 2007 des BDOC, BVA und der DGII. Ophthalmo-Chirurgie 2008;20:137–146
2. WENZEL M, PHAM DT, SCHARRER A et al.: Ambulante Intraokularchirurgie. Ergebnisse der Umfrage 2008 von BDOC, BVA und der DGII. Ophthalmo-Chirurgie 2009;21:199–211
3. WENZEL M, KOHNEN T, SCHARRER A et al.: Ambulante Intraokularchirurgie. Ergebnisse der Umfrage 2009 von BDOC, BVA und der DGII. Ophthalmo-Chirurgie 2010;22:276–283
4. WENZEL M, REINHARD T, KOHNEN T et al.: Ambulante Intraokularchirurgie. 2010. Ergebnisse der Umfrage von BDOC, BVA, DGII und DOG. Ophthalmo-Chirurgie 2011;23:215–223
5. WENZEL M, KOHNEN T, SCHARRER A et al.: Ambulante Intraokularchirurgie. 2011. Ergebnisse der Umfrage von BDOC, BVA, DGII und DOG. Ophthalmo-Chirurgie 2012;24:205–214

INTERVENTIONELLE CHIRURGIE

Die suprachorioidale Medikamenten-applikation als neue Therapieoption bei exsudativen Makulaerkrankungen

A. J. Augustin

Zusammenfassung
Die Medikamentenapplikation in den Suprachorioidalraum mittels eines Mikrokatheters wurde bei exsudativen Makulaerkrankungen untersucht. Es wurden die Medikamente Bevacizumab und Triamcinolon in den submakulären Bereich appliziert. Der Katheter stellte sich zur Darstellung des Suprachorioidalraums und zur dortigen Medikamentenapplikation als sichere Option dar. Komplikationen, wie größere Blutungen, Infektionen, Augeninnendrucksteigerungen und Kataraktbildung, wurden bei der Benutzung des Mikrokatheters nicht registriert. Eine Stabilisierung und/oder Verbesserung der Sehschärfe konnte bei nahezu allen Patienten erzielt werden. Eine Medikamentenapplikation in die direkte Nachbarschaft zur Aderhaut ermöglicht höhere Medikamentenspiegel und somit eine Behandlung von Makulaerkrankungen, die auf konventionelle Therapie nicht (mehr) ansprechen.

Summary
A microcatheter for drug delivery in the suprachoroidal space in eyes suffering from exudative macular disorders unresponsive to conventional therapies was investigated. This unique microcatheter was used to deliver a drug combination consisting of bevacizumab and triamcinolone to the submacular suprachoroidal space. The microcatheter can be successfully and atraumatically inserted into the suprachoroidal space of the eyes investigated in different pivotal trials. No serious intraoperative or postoperative complications including suprachoroidal hemorrhages were encountered. Stabilisation and/or increase in visual acuity could be achieved in most of the cases. Direct drug delivery to the choroid can potentially increase local tissue drug levels and drug efficacy for the treatment of different macular disorders non-responsive to convetional therapies.

Problematik

Exsudative Makulaerkrankungen gehören zu den Haupterblindungsursachen in der Bundesrepublik Deutschland. Derzeit werden Gefäßerkrankungen wie die feuchte altersbedingte Makuladegeneration (AMD), Venenverschlüsse und die diabetische Makulopathie (DMP) im Anfangsstadium mit intravitrealen Medikamenteninjektionen oder Laserbehandlungen therapiert, bei weit fortgeschrittenen Krankheits-

stadien stehen jedoch noch keine adäquaten Therapiealternativen zur Verfügung. Bei niedrigem Ausgangsvisus, dem Auftreten einer subretinalen Fibrose oder massiver Exsudationen wird deshalb oftmals die Behandlung eingestellt oder gar nicht erst begonnen.

Neue Therapieoption

Eine Medikamentenapplikation direkt an den Ort des Krankheitsgeschehens, was in diesem Fall dem suprachorioidalen Raum unterhalb des betroffenen Retinaareals entspricht, könnte eventuell das Fortschreiten der Krankheit eindämmen oder sogar stoppen.

Beim Suprachorioidalspalt handelt es sich nicht um einen physiologisch existenten, sondern einen künstlich geschaffenen Raum zwischen Aderhaut und Lederhaut. Der Gebrauch eines Mikrokatheters zum Medikamententransport in den Suprachorioidalraum zur Behandlung von Makulaerkrankungen wurde erstmals von Olsen et al. im Tierversuch untersucht. Olsen et al. beobachteten, dass diese Applikationsweise den wünschenswerten direkten Kontakt des Medikaments mit der Chorioidea und der Retina möglich machte und es zu einem potenziell ansteigenden Medikamentenspiegel im lokalen Gewebe kam [3, 4].

Die gezielte Medikamentenapplikation in den suprachorioidalen Spalt wurde dann im Rahmen mehrerer Studien an Tier und Mensch getestet. Olsen et al. beschrieben am Tiermodell den Suprachorioidalraum bereits als relativ großen Spalt, der bei sorgsamem chirurgischen Vorgehen auf sichere Art und Weise wiederholt katheterisiert und zur Medikamenteneinbringung genutzt werden kann. Olsens Studiengruppe führte bei 94 Schweinen eine Katheterisierung und eine Medikamenteninjektion am hinteren Augenpol durch und evaluierte bereits die pharmakokinetischen Effekte am Tiermodell. Es zeigte sich eine enorm hohe Medikamentenkonzentration und eine verlängerte Verweildauer in der Chorioidea, wobei systemisch nur ein sehr niedriger Medikamentenspiegel nachgewiesen werden konnte. In der Chorioidea maß man im Vergleich zur Retina signifikant höhere Arzneimittelwerte (Faktor 10). Es gab keine das Augenlicht bedrohenden Ereignisse, die mit der Medikation oder der Applikationsweise in Zusammenhang standen.

Ein großer Vorteil dieser Vorgehensweise ist das minimalinvasive, den Glaskörper umgehende chirurgische Verfahren in Kombination mit der verlängerten Medikamentenverweildauer im Gewebe. Zusätzlich ist die Wahrscheinlichkeit der Entstehung eines Glaukoms oder einer Katarakt wesentlich geringer als bei intravitrealen Injektionen, da keine Applikation in das Augeninnere erfolgt. So gesehen ist der Suprachorioidalspalt das ideale Medikamentenreservoir, um ungünstige Nebenwirkungen am vorderen Augenabschnitt zu vermeiden. Außerdem zeigten sich an für Standardtherapien unempfänglichen Augen positive Behandlungserfolge, wobei sich die Medikamentenwirkungsdauer durch die Reservoirfunktion des Supra-

chorioidalspaltes bei der altersbedingten Makuladegeneration auf etwa drei bis sechs Monate und bei exsudativen Makulaerkrankungen mit Makulaödem wie bei der diabetischen Makulopathie oder dem Zentralvenenverschluss möglicherweise auf eine noch längere Zeitspanne verlängerte. Eine Studie von Tetz et al. demonstrierte anschaulich, dass Patienten, die nicht auf Standardtherapien ansprachen, nach dem Einsatz des Mikrokatheters über einen Zeitraum von sechs Monaten einen stabilen Visus aufwiesen [5].

Dieser Aspekt sollte noch in weiteren klinischen Studien mit einer größeren Anzahl an Probanden und einer nach Standardtherapie behandelten Vergleichsgruppe über einen längeren Zeitraum genauer untersucht werden, um die geeignete Patientenauswahl für die Medikamentenapplikation mittels Mikrokatheter besser treffen zu können. Des Weiteren sollte der Einsatz von Medikamenten im Suprachorioidalraum, die aufgrund ihrer pharmakokinetischen Effekte nicht intravitreal eingesetzt werden können, diskutiert werden.

Die bislang erzielten Behandlungsergebnisse waren zum größten Teil positiv und vielversprechend. In den folgenden Abschnitten gibt es eine krankheitsbezogene detaillierte Diskussion der bislang erzielten Ergebnisse einer suprachorioidalen Applikation von Bevacizumab und Triamcinolon (i. d. R. 4 mg/10 mg).

Bei der exsudativen diabetischen Makulopathie handelt es sich um eine u. U. schwere exsudative Makulaerkrankung, bei der bis heute viele Behandlungsansätze scheiterten. Man vermutet, dass es durch die chronische Hyperglykämie in den Zellen zur vermehrten Glykolyse und Akkumulation von Stoffwechselprodukten, unter anderem auch Sauerstoffradikalen, kommt. Diese Abbauprodukte lagern sich in die Zellen ein und führen zu einem osmotischen Gradienten. Dieser bewirkt ein vermehrtes Einströmen von Wasser in die Zelle und ein Zerstören des Zellgleichgewichtes, der Zellhomöstase. Des Weiteren kommt es durch die Ablagerung von Lipiden, Proteinen und anderen Stoffwechselprodukten, sogenannten harten Exsudaten, zu entzündlichen Reaktionen mit vermehrter Zellapoptose und zum Aufbrechen interzellulärer Verbindungen. Die Zerstörung der Zonulae occludentes und die dadurch bedingte erhöhte Gefäßpermeabilität gelten als Hauptursachen für die Entstehung des diabetischen Makulaödems und die Zerstörung der retinalen Fotorezeptoren. Vor allem in der peripheren Netzhaut wird unter ischämischen Bedingungen zusätzlich der Wachstumsfaktor VEGF freigesetzt, der Gefäßneubildungen bewirkt und zur erhöhten Gefäßpermeabilität beiträgt. Insgesamt kommt es zu einer Funktionsstörung der inneren Blut-Retina-Schranke und zum Untergang der Kapillararchitektur der Netzhaut. Als Folgen resultieren daraus eine Gefäßleckage, ein Netzhautödem, ein gestörter Abtransport und somit die Akkumulation von Stoffwechselprodukten und die Proliferation neuer leckagenreicher Gefäße. Viele Behandlungsansätze zur Antagonisierung der Exsudate zeigten bis heute keine herausragenden Erfolge. So versuchten verschiedene Autoren, nach einer Pars-plana-Vitrektomie eine Retinotomie durchzuführen und nach Spülung des subretinalen

Raumes („retinal washout“) die harten Exsudate operativ zu entfernen. Das hierbei entstandene Netzhautforamen wurde mit Laserkoagulation verschlossen. Kurzfristig zeigten sich Visussteigerungen, langfristig konnten jedoch keine signifikanten Sehschärfenverbesserungen oder Visusstabilisierungen verzeichnet werden. In weiteren Studien wurde der Therapieerfolg einer Pars-plana-Vitrektomie in Kombination mit einem ILM-Peeling untersucht. Alle Studien belegen, dass es durch das membrane peeling zu einer Abnahme der Retinadicke kommt. Jedoch korreliert diese Reduktion nicht immer mit einer Visusverbesserung. Die Auswirkungen des ILM-Peelings auf ein diabetisches Makulaödem sind noch nicht eindeutig geklärt. So gibt es Untersucher, die bei der Pars-plana-Vitrektomie mit oder ohne ILM-Peeling die gleichen Behandlungserfolge erzielten, und solche, die mit ILM-Peeling deutliche Visussteigerungen zu verzeichnen hatten. Insgesamt entsteht jedoch der Eindruck, dass über einen vernünftigen Beobachtungszeitraum von sechs Monaten eine PPV mit ILM-Peeling keine signifikante Befundverbesserung erbringt.

Nachdem die oben beschriebenen Therapieversuche mangels signifikanten Erfolgs keine befriedigenden Behandlungsoptionen darstellten, erfolgt die Therapie der diabetischen Makulopathie heute mittels Einbringens von antientzündlichen und antiproliferativen Medikamenten in den Intravitrealraum. Hiermit stellte sich zum ersten Mal nach den oben genannten erfolglosen oder nur kurzzeitig erfolgversprechenden Therapieversuchen ein Stopp in der Krankheitsprogression ein. Schon früher erkannte man, dass eine topische oder orale Therapie mit Glukokortikoiden bedingt durch deren antientzündliche Komponente einen positiven Einfluss auf den Visus schwer erkrankter Diabetiker hatte. Da eine Glukokortikoidtherapie in den oben genannten Darreichungsformen jedoch zu schweren Blutzuckerentgleisungen führt und damit schwere Nebenwirkungen an den anderen vom Diabetes mellitus betroffenen Organsystemen hervorruft, stellt sie keine Therapieoption dar. Die intravitreale Injektion stellte hier eine hervorragende Ausweichmöglichkeit dar.

Als Standardmedikation kommen als antiinflammatorisches Medikament momentan meist Dexamethason oder Triamcinolon und als antiproliferative Komponente Ranibizumab oder im Off-Label-Gebrauch Bevacizumab zum Einsatz. Der große Nachtteil intravitrealer Injektionen liegt darin, dass sie nur eine kurze Halbwertszeit von einigen Wochen haben. Zusätzlich müssen die Medikamente vom Glaskörper aus einen weiten Weg bis zum Ort des Krankheitsgeschehens, den äußeren Retinaschichten, zurücklegen, sodass sicherlich ein Teil der medikamentenspezifischen Wirkung bereits „auf dem Weg“ verloren geht. Des Weiteren ist heute noch nicht klar, ob der Krankheitsprogress überhaupt durch eine intravitreale antiinflammatorische und antiproliferative Behandlung zu stoppen ist und die diabetische Makulopathie zum Stillstand kommt oder ob eine dauerhafte Therapie notwendig ist. Im klinischen Alltag werden patientenbezogen je nach Therapieansprechen durchschnittlich drei bis sechs intravitreale Injektionen durchgeführt. Oftmals zeigen die Patienten mit schwerer diabetischer Makulopathie kurzfristig

einen Behandlungserfolg, der aber bei längerfristiger Beobachtung nicht bestätigt werden kann. Bei mangelhaftem Ansprechen auf die injizierte Medikation in einem Zeitraum von etwa drei bis sechs Monaten rät man dem Patienten oft von einer erneuten Injektion ab.

Zu diesem Zeitpunkt oder vielleicht sogar anstelle der intravitrealen Injektionen könnte der suprachorioidale Katheter zum Einsatz kommen. Des Weiteren gibt es ein Patientenkollektiv, das an einem diabetischen Makulaödem leidet und wegen ungünstiger anatomischer Verhältnisse (harte Exsudate) nicht auf eine konventionelle Therapie anspricht. Auch bei dieser Patientengruppe könnte der Einsatz des suprachorioidalen Katheters erfolgversprechend sein.

Die bislang von Rizzo untersuchte kleine Patientengruppe von sechs Probanden mit schwerer diabetischer Makulopathie wies subfoveal harte Exsudate auf und zeigte auf intravitreale Injektionen keinerlei Krankheitsverbesserung [1]. Bereits im ersten Monat nach der suprachorioidalen Injektion mit Bevazicumab (VEGF-Antagonist) und Triamcinolon konnte in der optischen Kohärenztomografie eine Verminderung und teilweise sogar ein Verschwinden der harten Exsudate und des damit einhergehenden Makulaödems festgestellt werden. Nach Auflösung der Exsudate beobachtete man innerhalb von ein bis zwei Monaten post injectionem eine funktionelle Verbesserung in Form einer Steigerung der Sehschärfe. Man spekuliert, dass die Effektivität der Medikamenteneinbringung mittels Mikrokatheter daraus resultiert, dass der antiinflammatorische und der antiproliferative Wirkstoff direkt am Zielort, der Chorioidea, eingebracht wird. Im untersuchten Zeitraum von sechs Monaten stabilisierte sich der Visus, und sowohl die Retinadicke als auch das Makulavolumen nahmen bei allen untersuchten Patienten ab.

Ein Rückgang des Makulaödems konnte nach der suprachorioidalen Medikamentenapplikation ebenso bei den Patienten festgestellt werden, die an einem Makulaödem nach Zentralvenenverschluss litten, das auf keine andere Therapie angesprochen hatte. Bei der Behandlung des Zentralvenenverschlusses scheiterten ebenso wie bei der Therapie der diabetischen Makulopathie viele Behandlungsansätze.

Die bereits in früheren Arbeiten evaluierte Wirkung der suprachorioidalen Applikation von Bevacizumab und Triamcinolon bei weit fortgeschrittener exsudativer altersbedingter Makuladegeneration (AMD) soll hier nicht ausführlicher diskutiert werden. Es gelang auch hier, eine Stabilisierung herbeizuführen, allerdings konnten keine signifikanten Steigerungen der Sehschärfe erzielt werden. Daher gilt zumindest zurzeit die fortgeschrittene feuchte exsudative altersbedingte Makuladegeneration nicht als ideales Einsatzgebiet des Katheters.

Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigen die vorgestellten Ergebnisse, dass die suprachorioidale Applikation von Bevacizumab und Triamcinolon im submakulären Bereich sowohl zur Reabsorption massiv ausgeprägter harter Exsudate als auch zur Reduktion der Makuladicke, des Makulavolumens und des Makulaödems bei retinalen Vaskulopathien, wie der diabetischen Makulopathie oder dem Zentralvenenverschluss, führt. Die Nutzung des Suprachorioidalspaltes als Medikamentenreservoir mag eine nützliche Option darstellen, um einen direkten Kontakt zwischen Medikament und Chorioidea herzustellen und möglicherweise dauerhaft höhere Wirkstoffspiegel im Bereich der Aderhaut zu erreichen. Ob es tatsächlich zu einem Stillstand in der Krankheit kommt, konnte noch nicht abschließend geklärt werden.

Für die AMD bleibt zu sagen, dass der Einsatz des Mikrokatheters keine Verbesserung des Krankheitsbildes bringen konnte. Da die untersuchten Patienten an einem weit fortgeschrittenen Krankheitsbild litten, kann man auch dies als Gewinn und positive Entwicklung ansehen.

Die suprachorioidale Medikamentenapplikation scheint bei exsudativen Makulaerkrankungen (vor allem bei der diabetischen Retinopathie und dem Zentralvenenverschluss) mit schweren Verläufen durch den direkten Medikamentenkontakt mit der Chorioidea und die Depotwirkung im Suprachorioidalraum eine sehr gute Alternative zur konventionellen Therapie darzustellen. Jedenfalls gelingt es hiermit auch, sehr schwere Verläufe zu stabilisieren. In folgenden größer angelegten Studien soll genauer evaluiert werden, welchem Patientengut der Kathetereinsatz den größten Nutzen bringt.

Literatur

1. RIZZO S, EBERT FG, BARTOLO ED et al.: Suprachorioidal drug infusion for the treatment of severe subfoveal hard exudates. Retina 2012;32:776–784
2. AUGUSTIN C, AUGUSTIN AJ, TETZ M, RIZZO S: Suprachoriodal Drug Delivery – A New Approach for the Treatment of Servere Macular Diseases. European Ophthalmic Review 2012;6:25–27
3. OLSEN TW, FENG X, WABNER K et al.: Cannulation of the suprachoroidal space: a novel drug delivery methodology to the posterior segment. Am J Ophthalmol 2006;142(5):777–787
4. OLSEN TW, FENG X, WABNER K et al.: Pharmacokinetics of pars plana intravitreal injections versus microcannula suprachoroidal injections of bevacizumab in a porcine model. Invest Ophthalmol Vis Sci 2011 Jul 1;52(7):4749–4756
5. TETZ M, RIZZO S, AUGUSTIN AJ: Safety of submacular suprachoroidal drug administration via microcatheter: Retrospective analysis of European treatment results. Ophthalmologica 2012;227:183–189

IVOM bei seltenen Indikationen

St. Dithmar

Zusammenfassung

Neben den zahlenmäßig häufigen Anwendungen der intravitrealen Anti-VEGF-Therapie bei AMD, retinalen venösen Verschlüssen und diabetischer Retinopathie gibt es seltenere Erkrankungen, die ebenfalls von dieser Therapie profitieren. Hierzu gehören sekundäre choroidale Neovaskularisationen bei pathologischer Myopie, postinflammatorisch, posttraumatisch (nach Aderhautrupturen) oder bei Angioid Streaks. Für die myopische CNV bestehen langjährige gute Erfahrungen mit der Off-Label-Therapie von Avastin®. Inzwischen wird nun die Zulassung von Lucentis® und Eylea® für die myopische CNV angestrebt, für andere Indikationen wird die IVOM eine Off-Label-Therapie bleiben. Für die myopische CNV wird die Off-Label-Anti-VEGF-Therapie von den Fachgesellschaften als Therapie der Wahl empfohlen, obwohl es eine zugelassene Therapie (PDT) gibt. Für die chronische Chorioretinopathia centralis serosa haben einige publizierte Fallserien einen Effekt von Avastin® gezeigt, wenngleich dieser nicht so beeindruckend ist wie bei anderen Indikationen.

Inzwischen konnte gezeigt werden, dass auch retinale kapilläre Hämangiome auf eine Anti-VEGF-Therapie ansprechen. Dies ist insbesondere bei zentraler Lokalisation der Hämangiome mit Makulabedrohung eine wertvolle Therapieergänzung. Langzeitbeobachtungen haben gezeigt, dass die intravitreale Therapie mit Avastin® in der Lage ist, das Größenwachstum von retinalen kapillären Hämangiomen zu stoppen und die Exsudation aus dem Hämangiom zu reduzieren.

Auch bei der idiopathischen makulären Teleangiektasie Tpy 1 und Typ 2 (perifoveale Teleangiektasie) wurde in mehreren Studien eine intravitreale Anti-VEGF-Therapie eingesetzt, leider jedoch ohne signifikanten Erfolg.

REFRAKTIVE CHIRURGIE – PHAKE IOL

Phake Intraokularlinsen – erste Ergebnisse mit der „AcrySof Cachet Linse“

A. Probst, M. Kohlhaas

Zusammenfassung

Eine Möglichkeit zur Korrektur der mittleren bis höheren Myopie stellt die Implantation von phaken Intraokularlinsen dar. Diese können jedoch zu erheblichen Komplikationen, wie Katarakt, Pupillarblock, Pupillenverziehung oder Hornhautendothelzellverlust bis zur notwendig werdenden Keratoplastik, führen.

Aufgrund der guten Ergebnisse der FDA-Zulassungsstudie (3-Jahres-Daten) für die „AcrySof Cachet Linse“ erhielten seit Mai 2011 bislang 12 Patienten (24 Augen) im St. Johannes-Hospital Dortmund diese kammerwinkelgestützte Vorderkammerlinse. Das Lebensalter lag zum Operationszeitpunkt zwischen 24 und 46 Jahren. 11 Patienten wurden mit lokaler Anästhesie operiert, 1 Patient in Vollnarkose. In keinem Fall ist es postoperativ zu einer Visusverschlechterung gekommen. Das sphärische Äquivalent hatte sich von präoperativ im Mittel –10,9 auf –0,3 dpt verbessert und blieb bisher stabil. Komplikationen wie anhaltende Tensiodekompensation, Infektion oder Pupillenverziehung sind bislang nicht aufgetreten. Die Patientenzufriedenheit ist sehr hoch.

Im Februar 2012 wurden im Rahmen einer korrektiven Maßnahme der Firma Alcon u. a. die Mindestanforderungen an die Endothelzelldichte erhöht. Aufgrund dieser Veränderung wurde die „AcrySof Cachet Linse“ in unserer Klinik nicht mehr implantiert.

Summary

The implantation of phakic intraocular lenses constitutes a way to correct moderate to high myopia. However, this can lead to serious complications, such as cataract, pupillary block or pupillary distortion, endothelial cell loss and might even necessitate therapeutic penetrating keratoplasty.

The FDA registration trial (three-year results) for the “AcrySof Cachet Phakic Lens” showed encouraging results. Therefore, since May 2011, 12 patients (24 eyes) at the Johannes-Hospital in Dortmund have received this angle-supported phakic lenses. The patients were aged between 24 and 46 years. For 11 patients, surgery was performed under local anesthesia and on one patient under general anesthesia.

There were no cases of postoperative decrease in visual acuity. Mean preoperative spherical equivalent refraction improved from –10.9 to –0.3 D and remained stable. So far, there was no incidence of complications such as elevated IOP, infection or pupillary distortion. Patient satisfaction is very high.

In February 2012, in the course of a corrective action of the Alcon company, the minimum requirements for the endothelial cell density were increased. Due to this change, the implanting of the “AcrySof Cachet Phakic Lens” was stopped at our clinic.

Fragestellung

Insbesondere bei jüngeren Patienten lässt sich die mittlere bis höhere Myopie gut durch die Implantation von phaken Intraokularlinsen korrigieren. Diese phaken Intraokularlinsen können sowohl in die Hinterkammer als auch in die Vorderkammer implantiert und somit in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. Die sulkusfixierten Hinterkammerlinsen, Beispiele sind hier die Staar ICL der Firma Staar Surgical oder die PRL der Firma CibaVision.
2. Die irisfixierten Vorderkammmerlinsen, zum Beispiel die Artisan/Verisyse der Firma Ophthec oder die Artiflex/Veriflex der Firma AMO.
3. Die kammerwinkelgestützten Vorderkammerlinsen, Beispiele sind hier Kelman Duet oder die AcrySof Cachet IOL der Firma Alcon.

Erhebliche Komplikationen, die phake Intraokularlinsen hervorrufen können, sind in der Literatur hinlänglich beschrieben. Zu nennen sind hier vor allem die progressive Ausbildung einer Linsentrübung/Katarakt (Abb. 1), eines Pupillarblocks sowie die Pupillenverziehungen (Abb. 2). Eine weitere sehr ernste Komplikation stellt ein erhöhter Hornhautendothelzellverlust mit daraus resultierender Hornhautdekompensation dar. Noch heute sehen wir nach wie vor solche Fälle, bei denen eine Explantation der phaken Intraokularlinse bis hin zur Durchführung einer Keratoplastik notwendig wird.

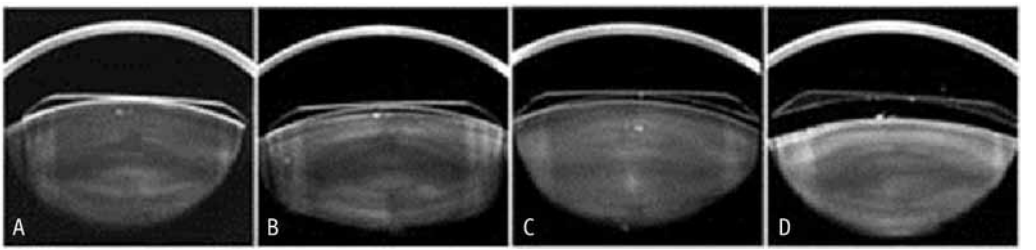


Abb. 1: Ausbildung einer Katarakt nach Implantation einer sulkusfixierten Hinterkammerlinse

In der Vergangenheit hat sich sozusagen ein Wechsel des zu präferierenden phaken Linsentyps vollzogen. Hatten sich zunächst die Vorderkammerlinsen durchgesetzt, zeigte bezüglich der Hornhautschädigungen die Implantable Contact Lens (ICL) bessere Ergebnisse. Nachteilig zeigte sich bei dieser Linse eine Zunahme anteriorer subkapsulärer Trübungen, zudem war zur Vermeidung eines Pupillarblocks die Durchführung einer Iridektomie obligat. Hier ist anzumerken, dass bei den myopen Linsen eine neue Version zur Verfügung steht, die einen sogenannten KS-Aquaport aufweist. Hierbei handelt es sich um ein Loch in der Linsenmitte, das die Kammerwasserzirkulation fördern und somit Iridektomien und Iridotomien überflüssig machen soll.

Mit der „AcrySof Cachet Linse“ stand nun eine kammerwinkelgestützte Vorderkammerlinse zur Verfügung, die bezüglich der Hornhautschädigung gute Ergebnisse versprach (Abb. 3).

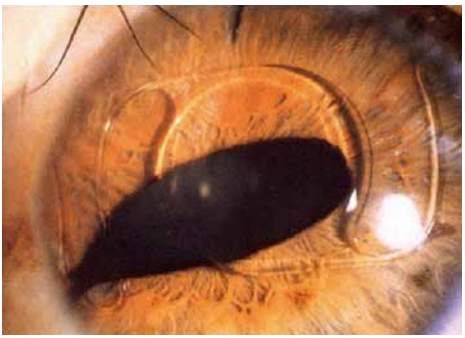


Abb. 2: Pupillenverziehung nach Implantation einer Vorderkammerlinse

Abb. 3: „AcrySof Cachet Linse“, eine kammerwinkelgestützte Vorderkammerlinse

Methodik

Aufgrund der guten Ergebnisse der FDA-Zulassungsstudie (3-Jahres-Daten) für die „AcrySof Cachet Linse“ erhielten auch unsere Patienten im St. Johannes-Hospital Dortmund diese kammerwinkelgestützte Vorderkammerlinse. Insgesamt implantierten wir sie seit Mai 2011 in 24 Augen bei zwölf Patienten. Dabei handelt es sich um sieben weibliche und fünf männliche Patienten. Das Lebensalter lag zum Operationszeitpunkt zwischen 24 und 46 Jahren. Bei elf Patienten erfolgte der Eingriff mit lokaler Anästhesie, ein Patient erhielt aufgrund seiner ausgeprägten Angststörung eine Vollnarkose. Der intraoperative Verlauf gestaltete sich komplikationslos, lediglich in zwei Fällen kam es bei der Implantation zu einer Linsenrotation. Im weiteren Verlauf gestaltete sich dies jedoch als stabil (Abb. 4).

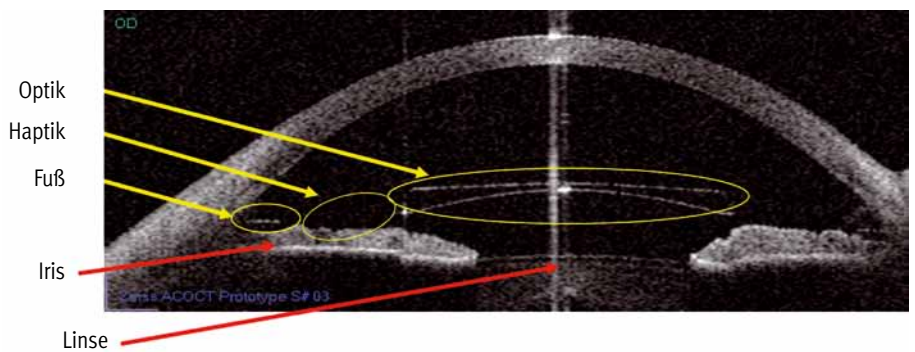


Abb. 4: Implantierte „AcrySof Cachet Linse“

Ergebnisse

In keinem Fall ist es postoperativ zu einer Verschlechterung des Visus gekommen. Die postoperativ bestkorrigierte Sehschärfe entspricht mindestens dem präoperativen Wert, bei zehn Augen ist der bestkorrigierte Visus postoperativ besser als präoperativ. Der unkorrigierte Visus ist in allen Fällen deutlich angestiegen. Die präoperativen Werte lagen zwischen Fingerzählen und 0,05, postoperativ zwischen 0,4 und 1,25.

Das sphärische Äquivalent hat sich von präoperativ im Mittel –10,9 dpt (max. –16,625, min. –6,5) auf postoperativ –0,3 dpt (max. –1,375, min. ±0) verbessert. Komplikationen wie anhaltende Tensiodekompensation, Pupillenverziehung oder Infektionen sind nicht aufgetreten. Bei einem Auge zeigte sich bei der direkt postoperativ durchgeführten Kontrolle an der Spaltlampe ein moderater Tensioanstieg, der nach einmaliger systemischer Gabe von Azetazolamid oral komplett rückläufig war. Auch die postoperative Endothelzelldichte zeigt sich bisher im Nachbeobachtungszeitraum stabil. Auf regelmäßige augenärztliche Kontrollen in sechsmonatigen Abständen wurde explizit hingewiesen. Zusammenfassend zeigte sich neben einer raschen visuellen Rehabilitation eine sehr hohe Patientenzufriedenheit.

Schlussfolgerungen

Insgesamt stellt die „AcrySof Cachet Linse“ eine gute Möglichkeit dar, die mittlere bis höhere Myopie zu korrigieren. Von Vorteil ist ebenfalls, dass keine Iridektomie durchgeführt werden muss. Nachteilig zeigt sich, dass diese Linse nicht rotationsstabil ist und nicht als torische Linse zur Verfügung steht. Somit ist ein höherer Astigmatismus schwierig bzw. nicht zu korrigieren. In einem solchen Fall wäre ggf. – sofern eine AcrySof Cachet Linse überhaupt implantiert wird – eine nachfolgende Laserbehandlung im Sinne eines Bioptics-Verfahrens durchzuführen.

Zusätzlich wurden im Februar 2012 im Rahmen einer korrektiven Maßnahme der Firma Alcon u. a. die Mindestanforderungen an die Endothelzelldichte für die Implantation einer AcrySof Cachet Linse erhöht (Tab. 1 und 2). Dies führte dazu, dass wir keine Patienten mehr zur Implantation einer AcrySof Cachet Linse rekrutieren konnten. Aufgrund dieser Veränderung wurde diese Linse in unserer Klinik nicht mehr implantiert.

Alter	Minimale Zelldichte (Zellen/mm²)
21–25	2800
26–35	2600
36–45	2200
≥46	2000

Tab. 1: Mindestanforderung an die Endothelzelldichte *vor* der korrektiven Maßnahme der Firma Alcon im Februar 2012

Alter	Minimale Zelldichte (Zellen/mm²)
21–25	3750
26–30	3300
31–35	2900
36–40	2500
41–45	2200
≥46	2000

Tab. 2: Mindestanforderung an die Endothelzelldichte *nach* der korrektiven Maßnahme der Firma Alcon im Februar 2012

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. BUDO C, HESSLOEHL JC, IZAK M et al.: Multicenter study of the Artisan phakic intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2000;26:1163–1171
2. International Organization for Standardization. Ophthalmic Implants, Intraocular Lenses, Part 10. Phakic Intraocular Lenses. Geneva, Switzerland, ISO, 2006; (ISO 11979-10)
3. ITM Study Group. Ophthalmology 2004;111:1683–1692
4. KNORZ M et al.: Angle-supported phakic intraocular lens for correction of moderate to high myopia: Three-year interim results in international multicenter studies. J Cataract Refract Surg 2011;37:469–480
5. KNORZ MC, LANE SS, HOLLAND SP: Angle-sipported phakic intraocular lens for correction of moderate to high myopia: Three-year interim results in international multicenter studies. J Cataract Refract Surg 2011;Mar;37(3):469–80
6. KOHNEN T et al.: AcrySof Phakic Angle-supported Intraocular Lens for the Correction of Moderate-to-High Myopia: One-Year Results of a Multicenter European Study. Ophthalmology 2009;116:1314–1321
7. KOHNEN T, KLAPROTH OK: Three-year stability of an angle-supported foldable hydrophobic acrylic phakic intraocular lens evaluated by Scheimpflug photography. J Cataract Refract Surg 2010;Jul;36(7):1120–1126
8. MASTROPASQUA L, TOTO L, VECCHIARINO L et al.: AcrySof cachet phakic intraocular lens in myopic patients: visual performance, wavefront error and lens position. J Refract Surg 2012;Apr;28(4):267–274

9. MENEZO JL, CISNEROS AL, RODRIGUEZ SALVADOR V: Endothelial study of iris-claw phakic lens: four year follow-up. J Cataract Refract Surg 1998;24:1039–1049
10. OSTOVIC M, HOFMANN C, KLAPROTH OK, KOHNEN T: Corneal decompensation and angle-closure glaukoma after upside-down implantation of an angle-supported anterior chamber phakic intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2013;May;39(5):806–809
11. PECHMÉJA J, GUINGUET J, COLIN J, BINDER PS: Severe endothelial cell loss with anterior chamber phakic intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2012;Jul;38(7):1288–1292
12. SILVA RA, JAIN A, MANCHE EE: Prospective long-term evaluation of the efficacy, safety, and stability of the phakic intraocular lens for high myopia. Arch Ophthalmol 2008;126:775–781
13. TOSO A, MORSELLI S: Visual and aberrometric outcomes in eyes with an angle-supported phakic intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2012;Sep;38(9):1590–1594

Vergleichsmessungen des Pupillendurchmessers mit dem neuen PupilX, dem ProCyon und dem Colvard-Handpupillometer bei verschiedenen Lichtintensitäten

T. Schilde, T. Bende, M. Matallana, M. Kohlhaas

Problemstellung

Die Messung des Pupillendurchmessers und dessen Seitenvergleich, die Pupillometrie, stellt eine Basisuntersuchung von jedweder refraktiven Chirurgie dar. Insbesondere vor refraktiver Laserchirurgie und vor Implantation von multifokalen Linsen ist die Kenntnis der mesopischen und skotopischen Pupillenweite von Interesse, da die Wirksamkeit von optischen Aberrationen vom Pupillendurchmesser abhängig ist. Die maximale Pupillenweite, im skotopischen Lichtbereich, sollte nicht größer als die Laserablationszone sein oder die Optik eines Linsenimplantates überschreiten, da es sonst zu erhöhten Brechungs- und Streuungsphänomenen in diesem Überschneidungsbereich bzw. am Rand des Linsenimplantates kommen kann, was insbesondere im Dunkeln zu erhöhter Blendung und reduziertem Kontrastsehen führt. So sollte der mesopische Pupillendurchmesser idealerweise 3,5 mm und der skotopische 5,5 mm nicht überschreiten.

Außerdem ist die Pupillometrie ein Grundpfeiler in der neuroophthalmologischen Diagnostik. Größenunterschiede der Pupillenweite im Seitenvergleich, verzögerte Erweiterungs- oder Verengungszeiten der Pupillen, unterschiedliches Verhalten bei wechselnder Beleuchtung und asymmetrische Pupillendynamik geben Aufschluss über afferente bzw. efferente sensorische oder motorische Störungen.

Vorteile des PupilX

Seit Kurzem steht für die Pupillendiagnostik ein neues Gerät, das PupilX (Abb. 1), der Firma Mediol GmbH zur Verfügung. Ein erster Blick verrät ein kompakt gebautes, in Klavierlackoptik mit integriertem Touchscreen edel designtes Gerät. Beim ersten Gebrauch liegen die Vorteile gegenüber vergleichbaren Geräten klar auf der Hand. Das PupilX ist – wie gesagt – kompakt gebaut. Es benötigt keinen externen Rechner oder Laptop zum Verarbeiten der aufgezeichneten Daten. Dadurch bleibt einem der überflüssige „Kabelsalat“ erspart. Über den integrierten Touchscreen geht die Bedienung sehr einfach von

Abb. 1: Das PupilX

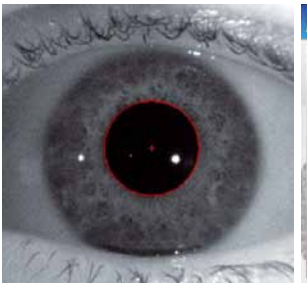


Abb. 2: automatische Pupillenerkennung

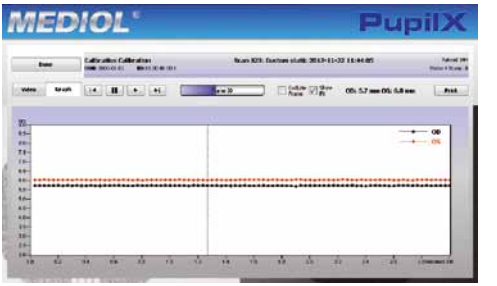


Abb. 3: Grafische Auswertung

der Hand. Aufgrund der gewählten Materialien und der komplexen Form des Gerätes ist eine Desinfektion einfach, und selbst aggressive Desinfektionsmittel hinterlassen keine matten, ätzenden Spuren auf der glatten Oberfläche. Das neuartige flexible Untersuchungsokular passt sich jeder Gesichtsform lichtdicht an, sodass eine Messung der Pupillendurchmesser auch bei Kleinkindern möglich ist. Selbst die Justierung des Okulars und eine Voreinstellung der Pupillendistanz des Patienten sind nicht erforderlich. Ein weiterer Vorteil ist, dass das PupilX alle Messungen im skotopischen, mesopischen und photopischen Lichtbereich selbstständig durchführt, ohne umständliche Einstellungen der Beleuchtungsstärken über Regelmechanismen außen am Gerät, wie noch z. B. beim ProCyon, durchführen zu müssen. Eine Messung der Pupillenweite ist bei jeder Beleuchtungsstärke möglich, selbst bei absoluter Dunkelheit dank integrierter hochpräziser Infrarotkamera. Jede Messreihe des Gesamtpupillendurchmessers bei einer vorgewählten Belichtungsintensität setzt sich aus insgesamt 90 Einzelmessungen (30 pro Sekunde über insgesamt 3 Sek.) zusammen. Damit ist der PupilX wesentlich genauer als vergleichbare Geräte. Jeder einzelne Scan kann in der Auswertung separat als Bild (Abb. 2), insgesamt als Video oder als Grafik (Abb. 3) dargestellt und eingesehen, ausgelesen oder bei Bedarf selektiv gelöscht (z. B. bei Fehlmessungen) werden.

Der wohl größte Vorteil des PupilX zu vergleichbaren Geräten ist, dass die Weite der Pupillen nicht durch unnatürliche direkte Lichteinstrahlung reguliert wird. Die voreingestellte Beleuchtungsstärke des Patientenauges zur Regulierung der zu messenden Pupillenweite geschieht bei dem PupilX auf natürliche indirekte Weise, indem Lichtstrahlen erst über einen patentierten Umlenkmechanismus großflächig reflektiert werden und dann durch die Pupille einfallen. Dieser Vorteil macht eine Bestimmung des Pupillendurchmessers unter realen Umgebungslichtbedingungen möglich. Dieses indirekte Beleuchtungsprinzip führt zu einer präziseren Messung der Pupillendurchmesser, was sich deutlich in den folgenden Vergleichsdaten zwischen den verschiedenen Geräten bemerkbar macht.

Vergleich PupilX mit ProCyon und Colvard-Handpupillometer

In einem Vergleich am Dortmunder St. Johannes-Hospital wurden die Pupillendurchmesser von 192 Augen von 96 Patienten mit dem neuen PupilX, dem ProCyon, und dem Colvard-Handpupillometer bei verschiedenen Lichtintensitäten vermessen. Das Patientengut teilt sich in 36 männliche und 60 weibliche Probanden. Das durchschnittliche Alter betrug 51,7 (±21,4) Jahre. Bei dem PupilX und dem ProCyon erfolgte die Messung im skotopischen, mesopischen und photopischen Lichtbereich mit einer voll automatisierten Pupillenerkennungshard- und -software auf dynamische Weise. Das bedeutet, es werden mehrere Einzelmessungen, beim PupilX 90 und beim ProCyon zehn, zur Ermittlung eines Gesamtmesswertes herangezogen. Beim Colvard-Handpupillometer erfolgte die Messung des Pupillendurchmessers nur im skotopischen Lichtbereich statisch durch den immer gleichen Untersucher. Die jeweils applizierten Beleuchtungsstärken zur Ermittlung des Pupillendurchmessers betrugen bei allen Geräten im skotopischen Lichtbereich 0,06 Lux, im mesopischen Lichtbereich 0,12 Lux und im photopischen Lichtbereich 4 Lux.

Der Vergleich zwischen den automatisierten Geräten PupilX und ProCyon zeigt, dass die ermittelten Werte des Pupillendurchmessers für die skotopischen, mesopischen und photopischen Messungen gut miteinander vergleichbar sind. Die Ergebnisse der Pupillendurchmesser beider Geräte bei den jeweiligen Lichtintensitäten sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Unterschiede sind im skotopischen Bereich statistisch nicht signifikant. Die Differenz der Messwertpaare beträgt 0,071 mm; $p < 0{,}045$. Es konnte jedoch ein statistisch signifikanter Unterschied im mesopischen und photopischen Bereich nachgewiesen werden. Hier betrug die Differenz der Messwertpaare im mesopischen Bereich 0,688 mm; $p < 0{,}001$ und im photopischen Bereich 0,602 mm; $p < 0{,}001$. Das heißt, das ProCyon misst bei gleicher Beleuchtungsstärke

Ergebnis	PupilX	ProCyon	Colvard
skotopisch	**Ø in mm**	**Ø in mm**	**Ø in mm**
OD	5,9	5,68	4,7
OS	5,73	5,65	4,7
mesopisch			
OD	5,62	4,8	/
OS	5,53	4,87	/
photopisch			
OD	4,45	3,71	/
OS	4,37	3,7	/

Tab. 1: Ergebnisse der Pupillendurchmesser

im mesopischen und photopischen Lichtbereich einen statistisch signifikant engeren ($p < 0{,}001$) Pupillendurchmesser. Ursache ist das bereits oben erwähnte direkte unnatürliche Beleuchtungsprinzip, das die Messungen bei 0,12 und 4 Lux um ca. 15 % verzerrt.

Außerdem zeigt sich im direkten Vergleich, dass das PupilX die Pupillendurchmesser besser erkennen kann und deutlich weniger Fehlmessungen durchführt. Die Pupillen bei stark pigmentierten Iriden oder bei ausgeprägt dunkel geschminkten Wimpern konnte der PupilX besser differenzieren und präziser vermessen. Die Fehlmessraten beider Geräte sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Die Vergleichsdaten zwischen dem Colvard-Handpupillometer und den automatisierten Geräten zeigen keine Korrelation der Messdaten.

Fehlmessungen/Ausfälle	PupilX	ProCyon
Messungen insgesamt	576	576
Geräte spezifisch	10 (1,7 %)	59 (10,2 %)
Patienten spezifisch	4 (0,7 %)	24 (4,2 %)
Summe	**14 (2,4 %)**	**83 (14,4 %)**

Tab. 2: Fehlmessraten

Zusammenfassung

Zusammenfassend belegen die Vergleichsmessungen zwischen allen drei Geräten, dass das Colvard-Handpupillometer nicht geeignet ist, um qualifizierte Daten zu liefern. Das Handpupillometer erbringt einen statischen Messwert bei nur einer Beleuchtungsstärke. Diese Messung ist zudem vom Untersucher abhängig, da dieser den Pupillendurchmesser an einer Messskala abliest. Die flächige indirekte Ausleuchtung der Pupille mit dem neuen PupilX ermöglicht eine präzise Messung des Pupillendurchmessers unter realen Bedingungen. Mit dem direkten unnatürlichen Beleuchtungsprinzip des ProCyon wurden Abweichungen des Pupillendurchmessers bei gleicher Beleuchtungsstärke um 0,7 bis 1,2 mm in Richtung engere Pupille gemessen. Das PupilX ist in puncto Zuverlässigkeit dem ProCyon deutlich überlegen (Fehlmessungen: 14/576 = 2,4 % zu 83/576 = 14,4 %). Die Realtime-Berechnung des PupilX (90 Messungen) gewährleistet eine genauere Erfassung und Berechnung des Pupillendurchmessers bereits während der Aufnahme im Vergleich zum ProCyon (zehn Messungen), der erst eine Messreihe aufnimmt, anschließend analysiert und schließlich das Ergebnis präsentiert. Diese Fehlmessungen durch den ProCyon und das Colvard-Handpupillometer haben einen Einfluss auf die Indikationsstellung und insbesondere die Ergebnisse bei der refraktiven Chirurgie.

Insgesamt zeichnet sich das PupilX durch eine einfache Handhabung, eine komplett automatisierte Messung und vor allem durch präzise Ergebnisse aus.

Die Auswirkung der Optotypengröße auf die Beeinflussung der Kontrastempfindlichkeit durch Wellenfrontaberrationen höherer Ordnung

J. Bühren, H. Jungnickel, W. Raab, D. Weigel, M. Gebhardt, R. Kowarschik, T. Kohnen

Zusammenfassung

Hintergrund: Ziel der Studie ist die Überprüfung der Hypothese, dass der durch Aberrationen höherer Ordnung (HOA) hervorgerufene Abfall der Kontrastempfindlichkeit von der Optotypengröße abhängig ist.

Methode: In einer Pilotstudie wurden bei 3 freiwilligen Probanden an einem Adaptive-Optik-(AO-)Simulator die Kontrastempfindlichkeit (KE) geprüft. Neben Messungen mit Korrektion der Aberrationen niedriger Ordnung und sämtlicher Aberrationen wurden 6 Wellenfrontfehler mit unterschiedlich starken HOA (3 Keratokonusaugen, 3 Augen nach LASIK) präsentiert. Die KE wurde mit dem Freiburg Acuity and Contrast Test (FrACT) unter Verwendung von Landoltringen der Größen 1,3 und 0,3 logMAR gemessen. Die Beeinflussung der KE durch HOA wurde für die unterschiedlichen Testmodalitäten mittels linearer Regressionsanalyse untersucht. Der Regressionskoeffizient b und das Bestimmtheitsmaß R^2 spiegeln die Empfindlichkeit der einzelnen Tests auf aberrationsbedingte Bildverwaschung wider.

Ergebnisse: Mit Korrektion aller Aberrationen lag die KE bei 1,98 ± 0,17 (0,3 logMAR-Optotyp: 0,95 ± 0,14) logCS. Die KE wurde deutlicher durch HOA beeinflusst, wenn sie mit Landoltringen der Größe 0.3 logMAR ($b = 0{,}63$, $R^2 = 0{,}74$) im Gegensatz zu solchen der Größe 1,3 logMAR gemessen wurde ($b = 0{,}34$, $R^2 = 0{,}34$).

Schlussfolgerung: Die mit dem AO-Phoropter simulierten Wellenfrontfehler erzeugte eine Kontrastempfindlichkeitsreduktion. Diese war von der Optotypengröße abhängig. Die Optotypengröße von 0,3 logMAR erwies sich unter allen Bedingungen am empfindlichsten und wies nur geringe Bodeneffekte auf.

Sehschärfe und Kontrastempfindlichkeit sind wichtige Funktionen des Sehens und beeinflussen somit direkt die Lebensqualität. Besondere Bedeutung kommt Sehschärfe und Kontrastempfindlichkeit bei Erkrankungen des Auges wie Trübung der Augenmedien, wie der Augenlinse (Katarakt) oder des Glaskörpers, sowie in der Hornhaut- und Linsenchirurgie zu. Einige Patienten, die sich solchen Eingriffen unterzogen haben, klagen nach der Operation mitunter über verminderte Kontrastempfindlichkeit und/oder verstärkte Blendempfindlichkeit. Während für die Prüfung der (Hochkontrast-)Sehschärfe Standards formuliert sind, existieren unterschiedliche Verfahren zur Kontrastschwellenprüfung, die teilweise recht unterschiedliche Ergebnisse liefern und nicht alle empfehlenswert sind [1, 2, 3]. Es erscheint daher notwendig, einen standardisierten Test, der valide Ergebnisse liefert, zu

etablieren. Basierend auf den Ergebnissen von bisherigen Studien [2, 4, 5] und unpublizierter Daten sollen mit dem Frankfurt-Freiburg Contrast and Acuity Test System (FF-CATS, in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Michael Bach, Freiburg, und PD Dr. Wolfgang Wesemann, Köln, entwickelt) optimierte Testprogramme und Testeinstellungen für unterschiedliche Fragestellungen definiert werden. Dies betrifft vor allem die Auswahl des Testmodus (Kontrastschwellenprüfung oder Niedrigkontrastvisusprüfung), des Korrektionsmodus (mit oder ohne Brillenkorrektion) und der Beleuchtungsbedingungen (Ziel- und Umgebungsleuchtdichte). Nach refraktiv-chirurgischen Eingriffen werden oft Abbildungsfehler (Aberrationen) höherer Ordnung induziert. In der vorliegenden Studie sollen die Zusammenhänge zwischen aberrationsbedingter Bildverwaschung und visueller Funktion untersucht werden. Ziel der Studie ist die Überprüfung der Hypothese, dass durch Aberrationen höherer Ordnung eine Verminderung des Visus und der Kontrastempfindlichkeit bewirkt wird und diese Verminderung in ihrer Ausprägung davon abhängt, welcher Test unter welchen Bedingungen eingesetzt wird. Dabei ist derjenige Test als besonders empfindlich anzusehen, welcher bei steigender Ausprägung von Aberrationen höherer Ordnung mit deutlichem Abfall der visuellen Funktion (hier Kontrastempfindlichkeit) reagiert.

Material und Methoden

In dieser Pilotstudie wurden drei Augen von drei freiwilligen gesunden Probanden eingeschlossen. Einschlusskriterien der Studie war ein Alter von 18 bis 50 Jahren, ein Visus cum correctione mindestens 1,0 und darüber (entsprechend 0 logMAR oder darunter), ein sphärozylindrisches Äquivalent zwischen –5,00 bis +5,00 dpt sowie ein Astigmatismus bis maximal 2,00 dpt. Ein Ausschlusskriterium waren vorherige Operationen auf dem zu prüfenden Auge.

Mittels eines Adaptive-Optik-Phoropters (AO-Phoropter) wurden den Probanden Wellenfrontfehler unterschiedlichen Charakters und unterschiedlicher Ausprägung präsentiert. Der AO-Phoropter ist – vereinfacht dargestellt – ein Sehtestgerät, in dessen Strahlengang sich ein verformbarer Spiegel befindet. Dieser Spiegel kann durch Verformung dem Betrachterauge reproduzierbar Wellenfrontaberrationen (Abbildungsfehler) simulieren. Durch Neutralisation der individuellen Abbildungsfehler der Testperson kann bei unterschiedlichen Testpersonen derselbe Seheindruck erzeugt und auf dieselbe Art und Weise für Experimente verändert werden. Die Stimuli sind somit für alle Probanden exakt dieselben. Neben dem Wellenfrontfehler der Testperson (Systemkorrektur) und der Vollkorrektur (Ausgleich sämtlicher Aberrationen) wurden den Testpersonen jeweils sechs Wellenfrontfehler mit unterschiedlicher Charakteristik und unterschiedlichem Grad der Bildverwaschung präsentiert (Abb. 1). Hierbei handelt es sich um reale, an Patienten gemessene Wellenfrontfehler (drei Keratokonusaugen und drei Augen nach LASIK) mit einer Spannweite des Effektivwertes (RMS) der Aberrationen höherer Ordnung von 0,35 bis 2,24 µm. Die Spannweite der Maßzahl VSOTF (visual Strehl ratio based on the optical transfer function), welche die retinale Bildqualität beschreibt, betrug –0,62 bis –1,7 log-Einheiten.

post LASIK

HOA RMS [µm]	0.350	0.715	0.932
logVSOTF	−0.80	−0.98	−1.26

Keratokonus

HOA RMS [µm]	0.379	1.342	2.240
logVSOTF	−0.62	−1.51	−1.70

Abb. 1: Simulation der verwendeten Wellenfrontfehler

Die Messreihen wurden mit dem Freiburg Acuity and Contrast Test (FrACT) durchgeführt. Im Rahmen dieser Studie wurden Landolt-C-Ringe der Größe 1,3 logMAR (entspricht dem Pelli-Robson-Test [6]) und 0,3 angelehnt an die Empfehlungen von Rabin [7] verwendet. Zur statistischen Analyse wurde eine lineare Regressionsanalyse zwischen VSOTF und der Kontrastempfindlichkeit durchgeführt. Ein höherer Betrag des Regressionskoeffizienten zeigt eine höhere Beeinflussung der Kontrastempfindlichkeit durch Aberrationen und somit eine höhere Empfindlichkeit des Testes an.

Ergebnisse

Mit Korrektion aller Aberrationen betrug die KE bei Messung mit dem 1,3 logMAR-Landolt-Ring 1,98 ± 0,17 logCS; mit dem 0,3 logMAR-Optotyp wurden 0,95 ± 0,14 logCS erreicht. Die KE wurde deutlicher durch HOA beeinflusst, wenn sie mit Landoltringen der Größe 0,3 logMAR (b = 0,55, R^2 = 0,78) im Gegensatz zu solchen der Größe 1,3 logMAR gemessen wurde (b = 0,35, R^2 = 0,45), siehe Abbildung 2.

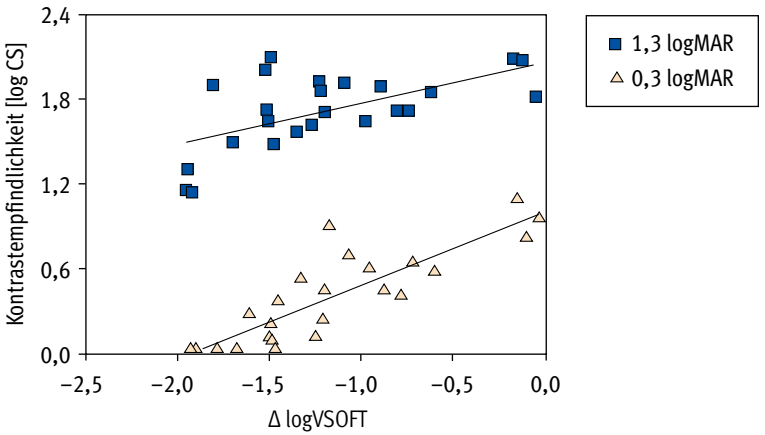


Abb. 2: Beeinflussung der Kontrastempfindlichkeit, gemessen bei zwei Optotypengrößen. Beachte den Bodeneffekt beim kleinen Optotypen. VSOTF: Visual Strehl ratio based on the optical transfer function

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des Experimentes zeigen, dass durch Aberrationen höherer Ordnung – hier repräsentiert durch reale Wellenfrontfehler von post-LASIK- und Keratokonuspatienten – die Kontrastempfindlichkeit für unterschiedliche Objektgrößen verschieden beeinflusst wird. Dies heißt für die Praxis, dass ein Kontrastempfindlichkeitstest wie der Pelli-Robson-Test, der große Optotypen verwendet, weniger geeignet ist, um die – oftmals subjektiv störende – Beeinflussung der Kontrastempfindlichkeit abzubilden. Daher ist zur Evaluation refraktiv-chirurgischer Verfahren ein Test mit kleineren Optotypen (z. B. 0,3 logMAR) empfehlenswert. Hierbei ist zu beachten, dass die tatsächliche Schwelle außerhalb des Testumfanges liegen kann (Decken- oder Bodeneffekte). Neben Deckeneffekten (Kontrastschwelle liegt oberhalb des höchstmöglichen Testergebnisses) bei jungen gesunden Probanden mit geringer Beeinträchtigung sind in einer älteren Population (z. B. Patienten nach Kataraktchirurgie) eher Bodeneffekte (Kontrastschwelle liegt unterhalb des höchstmöglichen Testergebnisses) zu erwarten, insbesondere bei der Verwendung zu kleiner Optotypen (Abb. 2). Es erscheint daher naheliegend, dass die Wahl des Optotypen für Kontrastempfindlichkeitstests von der zu untersuchenden Population abhängig ist.

Literatur

1. BACH M, WESEMANN W, KOLLING G et al.: Photopisches Kontrastsehen. Örtliche Kontrastempfindlichkeit. Ophthalmologe 2008;105(1):46–8, 50–59
2. BÜHREN J, TERZI E, BACH M et al.: Measuring contrast sensitivity under different lighting conditions: comparison of three tests. Optom Vis Sci 2006;83(5):290–298
3. PESUDOVS K, HAZEL CA, DORAN RML, ELLIOTT DB: The usefulness of Vistech and FACT contrast sensitivity charts for cataract and refractive surgery outcomes resarch. Br J Ophthalmol 2004;88:11–16
4. TERZI E, BÜHREN J, WESEMANN W, KOHNEN T: Das „Frankfurt-Freiburg Contrast and Acuity Test System" (FF-CATS). Ein neuer Test zur Kontrastsensitivitatsbestimmung unter variablen Beleuchtungs- und Blendbedingungen. Ophthalmologe 2005;102(5):507–513
5. KASPER T, BÜHREN J, KOHNEN T: Visual performance of aspherical and spherical intraocular lenses: intraindividual comparison of visual acuity, contrast sensitivity, and higher-order aberrations. J Cataract Refract Surg 2006;32(12):2022–2029
6. PELLI DG, ROBSON JG, WILKINS AJ: Designing a new letter chart for measuring contrast sensitivity. Clin Vis Sci 1988;2:187–199
7. RABIN J, WICKS J: Measuring resolution in the contrast domain: the small letter contrast test. Optom Vis Sci 1996;73(6):398–403

GLAUKOM

Biomorphometrie vor und nach Kanaloplastik und Phakokanaloplastik

M. Müller, K. Moser-Notbom, M. Ranjbar, C. Schulz-Wackerbarth, A. Wegent, J.Torrent Despouy, A. Brüggemann

Zusammenfassung

Hintergrund: Die biomorphometrischen Veränderungen durch Kanaloplastik und Phakokanaloplastik sind bislang unzureichend untersucht.

Methode: Prospektiver konsekutiver Fallserienvergleich von 47 Patienten, die eine Kanaloplastik (Gruppe I) oder Phakokanaloplastik (Gruppe II) erhielten. Analysiert wurden: IOD, Visus und mittels spaltlampenadaptierter OCT: Pachymetrie, Vorderkammertiefe (ACD), Sklerasporn-trabekuläre Dehnungswinkel (TDA), iridotrabekulärer Dehnungswinkel (IDA), radiäre Descemet-Fensterausdehnung, sklerakanalikuläre Distanz (SCD) präoperativ, 1 Tag, 1, 3, 6 Monate postoperativ.

Ergebnisse: Der IOD betrug in Gruppe I und II präoperativ durchschnittlich 29,3 ± 6,2 mmHg bzw. 31,9 ± 7,5 mmHg und nach 6 Monaten 12,0 ± 3,3 mmHg bzw. 12,0 ± 3,2 mmHg bei einem Visus von logMAR 0,1 ± 0,1 in beiden Gruppen. Die ACD nahm um 2,7 % ab (Gruppe I) bzw. um 25 % zu (Gruppe II). Der TDA stieg signifikant von präoperativ 18,9 ± 4,9° bzw. 19,0 ± 4,0° auf postoperativ 24,9 ± 3,2° bzw. 28,0 ± 3,9°, entsprechend 24,1 % bzw. 32,1 %. Der IDA lag präoperativ bei 42,9 ± 8,9° bzw. 32,2 ± 5,7° und postoperativ 47,0 ± 9,7° bzw. 51,2 ± 6,5°, entsprechend 8,7 % bzw. 35,7 %. Das Descemet-Fenster maß durchschnittlich 535,6 ± 241,8 µm bzw. 567,7 ± 245,6 µm. Die SCD betrug präoperativ 834,7 ± 94,5 µm bzw. 809,0 ± 76,2 µm, postoperativ 954,4 ± 79,5 µm bzw. 1023,8 ± 88,7 µm, entsprechend 12,3 % bzw. 21,0 % Vergrößerung.

Schlussfolgerung: In beiden Gruppen zeigte sich eine erfolgreiche, identische IOD-Reduktion. Der Sklerasporn-trabekuläre Dehnungswinkel (TDA) stellt den für die Kanaloplastik und Phakokanaloplastik wichtigsten drucksenkenden Parameter dar.

Summary

Background: To evaluate biomorphometrical changes in patients undergoing canaloplasty and phacocanaloplasty.

Methode: Prospektive consequtive case series of 47 patients, undergoing either canaloplasty (group I) or phacocanaloplasty (group II). Intraocular pressure (IOP), best corrected visual acuity (BCVA), and with slitlamp-adapted optical coherence tomography (OCT): pachymetry (CCT), anterior chamber depth (ACD), scleral spur-trabecular distension angle (TDA), iridotrabecular distension angle (IDA), radial Descemet windows length, scleral-canalicular distance (SCD) were monitored preoperative, day 1, 1, 3, 6 months postoperatively.

Results: Mean preoperative IOP was in group I and II was 29.3 ± 6.2 mmHg and respectively 31.9 ± 7.5 mmHg and after 6 months 12.0 ± 3.3 mmHg and 12.0 ± 3.2 mmHg respec-

tively. BCVA was logMAR 0.1 ± 0.1 in both groups. ACD decreased by 2.7 % (group I) and increased by 25 % (group II). TDA significantly increased from preoperatively 18.9 ± 4.9° and 19.0 ± 4.0° respectively to a postoperative level of 24.9 ± 3.2° and 28.0 ± 3.9° respectively, accordingly 24.1 % and 32.1 % respectively. Preoperative IDA was 42.9 ± 8.9° and 32.2 ± 5.7° respectively and postoperatively 47.0 ± 9.7° and 51.2 ± 6.5° respectively, corresponding to 8.7 % and 35.7 % respectively. Mean Descemet window length was 535.6 ± 241.8 µm and 567.7 ± 245.6 µm respectively. Preoperative SCD was 834.7 ± 94.5 µm and 809.0 ± 76.2 µm respectively and postoperative 954.4 ± 79.5 µm and 1023.8 ± 88.7, accordingly 12.3 % and 21.0 % enlargement.
Conclusion: In both groups identical, successful IOP reduction was achieved. The trabecular distension angle (TDA) represents the most important IOP-lowering effect for canaloplasty and phacocanaloplasty.

Einleitung

Die Kanaloplastik als relativ junge und nicht fistulierende Form der Glaukomchirurgie ist bislang in ihren hergeleiteten morphologischen Veränderungen wenig untersucht. Lewis et al. konnten die durch eine zentripedale Fadenspannung induzierte Veränderung der Morphologie des Kammerwinkels darstellen und durch ein Gradingsystem die unterschiedliche Fadenspannung festlegen und zum Erfolg korrelieren (XXX). Hierbei handelt es sich um postoperative Daten, die einen individuellen prä- und postoperativen Vergleich nicht erlauben. Weitere Daten der Kammerwinkelmorphologie nach Kanaloplastik und Phakokanaloplastik existieren nicht. Morphometrische Veränderungen durch Kanaloplastik und Phakokanaloplastik sind bislang unzureichend untersucht.

Patienten und Methode

Im Zeitraum von September 2009 bis August 2011 wurde die Kammerwinkelmorphologie vor und nach Kanaloplastik und Phakokanaloplastik (bimanuelle mikroinzisionale Kataraktchirurgie 1,8 mm mit Implantation einer MI 60, Bausch & Lomb, Rochester, USA) von 47 Augen von 47 Patienten evaluiert.

In die Studie eingeschlossen wurden Patienten mit Progression des Gesichtsfelddefektes, unzureichender medikamentöser IOD-Regulierung bzw. Medikamentenunverträglichkeit oder mangelnder Compliance mit pOWG (n = 34), PEX (n = 8), LTG (n = 1) und PDG (n = 4). Erfolgten bei einem Patienten in diesem Zeitraum Operationen an beiden Augen, wurde nur ein Auge für die Datenanalyse berücksichtigt. Zur Auswertung wurden zwei Gruppen unterteilt in Kanaloplastik (n = 18) und Phakokanaloplastik (n = 29) gebildet. Für einzelne Aspekte wurde die Kanaloplastikgruppe in eine phake (n = 10) und eine pseudophake Subgruppe (n = 8) unterteilt. Die Untersuchungen erfolgten präoperativ und am ersten Tag, nach dem ersten Monat,

nach dem dritten und nach dem sechsten Monat. Bei einem Großteil der Patienten konnte die IOD-Entwicklung auch nach Abschluss der sechs Monate bis zu zwei Jahre postoperativ verfolgt werden.

Folgende Parameter wurden zu den genannten Zeitpunkten gemessen: Intraokularer Druck (IOD) nach Goldmann, Visus (in logMAR), Hornhautdicke (CCT), Vorderkammertiefe (ACD), iridotrabekulärer Dehnungswinkel (IDA), Sklerasporntrabekulärer Dehnungswinkel (TDA), sklerakanalikuläre Distanz (SCD) und radiäre Descemet-Fensterausdehnung (RDWD). Als Messinstrument diente die spaltlampenadaptierte optische Kohärenztomografie (SL-OCT, Heidelberg Engineering, Heidelberg).

Der Sklerasporn-trabekuläre Dehnungswinkel (TDA, trabecular distension angle) besteht aus der irisnahen Innenseite des Sklerasporns und der Innenseite der Kornea. Die Winkelspitze wurde am Sklerasporn angesetzt. Der erste Schenkel wurde zum Hornhautendothel auf Höhe des korneoskleralen Überganges und der zweite Schenkel entlang des erweiterten trabekulären Maschenwerkes (TMW) platziert. Der gemessene Winkel wurde von der SL-OCT-Software automatisch angezeigt.

Der iridotrabekuläre Dehnungswinkel (IDA, irido-trabecular distention angle) beschreibt den Vorderkammerwinkel, dessen Winkelspitze am Sklerasporn und dessen superiorer Schenkel zum Hornhautendothel auf Höhe des korneoskleralen Übergangs und dessen inferiorer Schenkel auf Irisniveau gelegt werden. Dabei befindet sich der inferiore Schenkel parallel zum Irispigmentepithel und kommt zwischen der Mitte und dem oberen Drittel der axialen Irisausdehnung zu liegen.

Die sklerakanalikuläre Distanz (SCD, sclero-canalicular distance) beschreibt jeweils die maximale Ausdehnung vom innersten Punkt des Schlemmschen Kanals (SK) zur Skleraoberfläche. Hierzu wurde das Hand-Tool 90 Grad zur Skleraoberfläche angesetzt und bis zum vorderkammerseitigen Punkt des SK gezogen. Die Länge der Distanz wurde von der SL-OCT-Software automatisch angezeigt. Pro Sitzung wurden jeweils zwei Messungen bei jeweils 3 Uhr und 9 Uhr durchgeführt. Somit ergaben sich pro Messtermin vier Werte, aus denen jeweils der Mittelwert für den IDA, TDA, SCD errechnet wurde. Die Messungen wurden mit einem von der Gerätesoftware betriebenen Winkelmesser durchgeführt. Für die Vermessung der radiären Descemet-Fensterausdehnung (RDWD) wurde die freigelegte Descemet-Membran in der größten axialen Ausdehnung der parabelförmigen Interventionsstelle aufgesucht.

Die statistische Analyse sowie die tabellarische und grafische Ausarbeitung erfolgten mit Microsoft Excel von Microsoft Office 2003 (Microsoft Corporation, Redmond, USA). Für die Signifikanzbestimmung wurde bei intrapersonellen Vergleichen der verbundene T-Test ($p < 0{,}05$), bei interpersonellen Vergleichen der unverbundene T-Test ($p < 0{,}05$) angewendet.

Ergebnisse

In der Kanaloplastikgruppe befanden sich 18 Patienten (zehn Frauen, acht Männer) im durchschnittlichen Alter von 63,9 ± 14,9 Jahren. Es wurden neun Patienten mit pOWG, jeweils vier Patienten mit PEX bzw. PDG und ein Patienten mit LTG operiert. In der Phakokanaloplastikgruppe befanden sich 29 Patienten (18 Frauen, elf Männer). Das Durchschnittsalter lag bei 64,6 ± 10,1 Jahren. Als Diagnosen lagen 25 pOWGs und vier PEX-Glaukome vor.

IOD

In der Kanaloplastikgruppe lag der mittlere IOD präoperativ bei 29,3 ± 6,2 mmHg, postoperativ bei 11,0 ± 5,2 mmHg, einen Monat postoperativ bei 13,1 ± 5,2 mmHg, drei Monate postoperativ bei 13,0±3,3 mmHg, sechs Monate postoperativ bei 12,0 ± 3,3 mmHg.

In der Phakokanaloplastikgruppe lag der mittlere IOD präoperativ bei 31,9 ± 7,5 mmHg, postoperativ bei 11,0 ± 3,3 mmHg, einen Monat postoperativ bei 13,4 ± 5,1 mmHg, drei Monate postoperativ bei 13,0 ± 3,4 mmHg und sechs Monate postoperativ bei 12,0 ± 3,2 mmHg.

In beiden Gruppen lag im postoperativen Verlauf eine signifikante Senkung des durchschnittlichen IOD verglichen mit dem mittleren präoperativen IOD vor ($p < 0{,}00001$). Die prozentuale mittlere IOD-Senkung für beide Gruppen zeigt Tabelle 1. Den Vergleich zwischen beiden Gruppen im IOD-Verlauf zeigt Abbildung 1.

	postoperativ	1 Monat postoperativ	3 Monate postoperativ	6 Monate postoperativ
Kanaloplastik	62,5 %	55,3 %	55,6 %	59,0 %
Phakokanaloplastik	65,1 %	58,0 %	59,2 %	59,2 %

Tab. 1: Mittlere prozentuale IOD-Senkung in Prozent

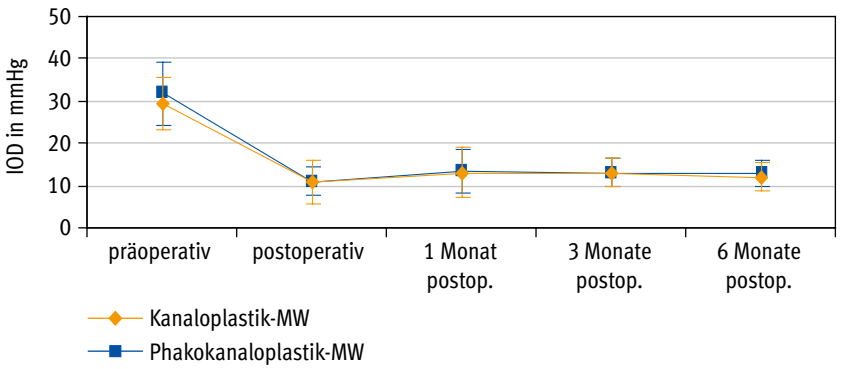


Abb. 1: IOD-Entwicklung der Kanaloplastik- und Phakokanaloplastikgruppe im Vergleich

Visus

In der Kanalplastikgruppe betrug der Visus präoperativ logMAR 0,1 ± 0,2, postoperativ logMAR 0,4 ± 0,6, einen Monat und drei Monate postoperativ war der logMAR-Wert in Mittelwert und Standardabweichung identisch zum präoperativen Wert. Sechs Monate postoperativ betrug die Sehschärfe logMAR 0,1 ± 0,1.

In der Phakokanaloplastikgruppe betrug der Visus in logMAR präoperativ 0,1 ± 0,1, postoperativ 0,6 ± 0,5, einen Monat postoperativ 0,2 ± 0,2, drei Monate postoperativ 0,1 ± 0,2 und war sechs Monate postoperativ in Mittelwert und Standardabweichung identisch mit dem präoperativen Ausgangswert.

Morphologie

Vorderkammertiefe (ACD)

Der präoperative Ausgangswert der Kanaloplastikgruppe war durchschnittlich um 676,3 µm oder 19,4 % höher als jener der Phakokanaloplastikgruppe. Der Unterschied zwischen Kanaloplastik- und Phakokanaloplastikgruppe betrug für den postoperativen Wert 23,9 %, für einen Monat postoperativ 22,8 %, für drei Monate 22,0 % und für sechs Monate 27,7 %. Die Unterschiede der Subgruppen zeigt Abbildung 2.

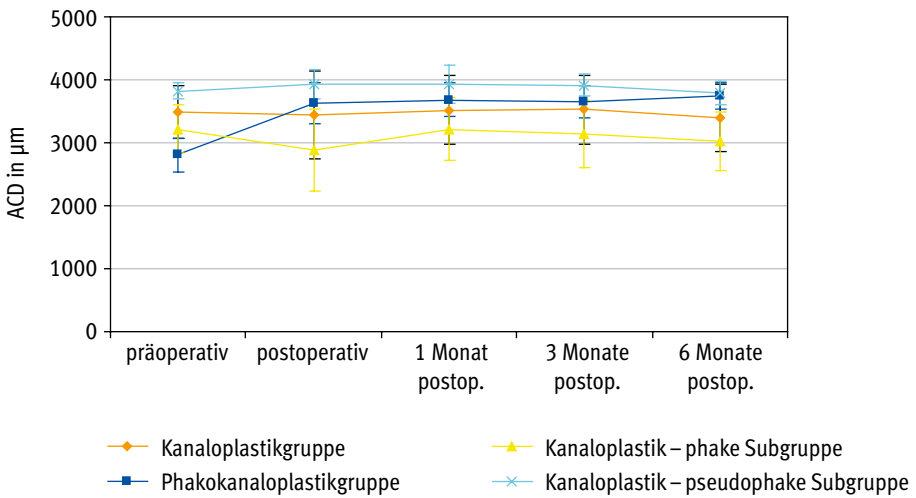


Abb. 2: Vergleich der Vorderkammertiefe in den einzelnen Subgruppen

Sklerasporn-trabekulärer Dehnungswinkel (TDA)

Der mittlere präoperative TDA in der Phakokanaloplastikgruppe ist nicht signifikant um 0,1 Grad oder 0,5 % größer als der TDA der Kanaloplastikgruppe, postoperativ nicht signifikant um 1,7 Grad oder 6,6 %, nicht signifikant um 1,8 Grad oder 6,9 % nach einen Monat und nicht signifikant nach drei Monaten ($p > 0,05$). Nach sechs

Monaten zeigt der TDA einen signifikanten Unterschied mit einem um 3,1 Grad oder 11,1 % größeren Winkel in der Phakokanaloplastikgruppe als in der Kanaloplastikgruppe ($p = 0,01$). Die prozentuale Steigerung des TDA nach sechs Monaten ist in der Phakokanaloplastikgruppe um 8 % höher als in der Kanaloplastikgruppe.

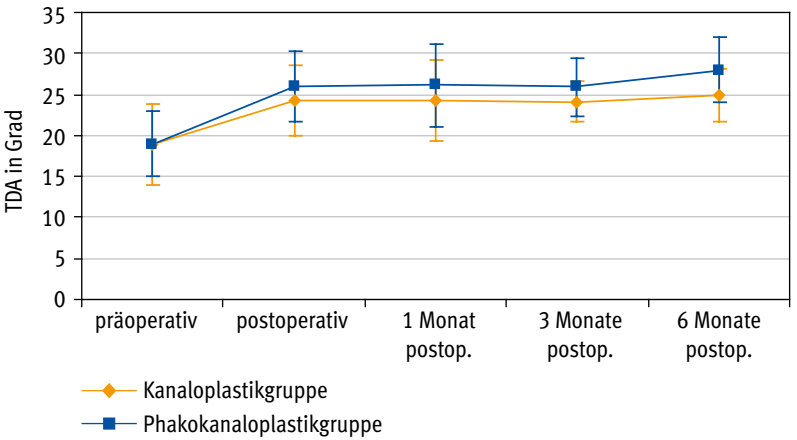


Abb. 3: Vergleich der TDA-Entwicklung zwischen Kanaloplastik- und Phakokanaloplastikgruppe

Iridotrabekulärer Dehnungswinkel (IDA)

Der präoperative Ausgangswert der Kanaloplastikgruppe war durchschnittlich um 10,0 Grad oder 23,3 % höher als jener der Phakokanaloplastikgruppe. Die prozen-

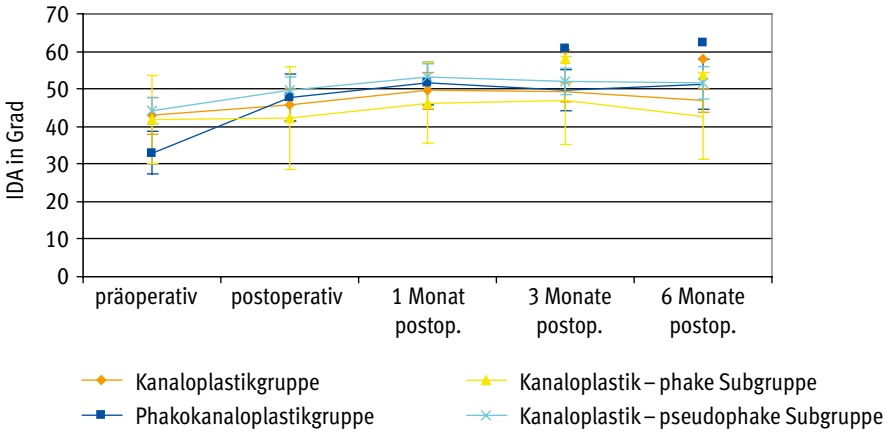


Abb. 4: Vergleich der IDA-Entwicklung in allen Gruppen und Subgruppen

tuale Steigerung des IDA verglichen zum präoperativen Wert liegt in der Phakokanaloplastikgruppe postoperativ um 24,9 % höher als in der Kanalplastikgruppe, einen Monat postoperativ um 22,8 % höher, drei Monate postoperativ um 20,9 % höher und sechs Monate postoperativ um 27,0 % höher. Der präoperative Wert der phaken Subgruppe, die sich einer Kanaloplastik unterzogen, lag um 8,9 Grad oder 21,3 % signifikant ($p = 0{,}003$) über dem der präoperativ phaken Phakokanaloplastikgruppe (Abb. 4).

Radiäre Descemet-Fensterausdehnung

Das Descemet-Fenster der Phakokanaloplastikgruppe war im Durchschnitt um 32,1 µm oder 5,7 % nicht signifikant größer als jenes in der Kanaloplastikgruppe ($p < 0{,}05$).

Sklerakanalikuläre Distanz (SCD)

Die mittlere präoperative SCD war in der Kanaloplastikgruppe um 25,7 µm bzw. 3,1 % nicht signifikant größer als in der Phakokanaloplastikgruppe. Postoperativ war die mittlere SCD der Phakokanaloplastikgruppe um 32,7 µm bzw. 3,1 % nicht signifikant größer als die SCD der Kanaloplastikgruppe, einen Monat postoperativ um 25,3 µm bzw. 2,5 %, drei Monate postoperativ um 48,0 µm bzw. 4,9 % und sechs Monate postoperativ signifikant um 69,4 µm bzw. 6,8 % größer ($p = 0{,}01$) (Abb. 5).

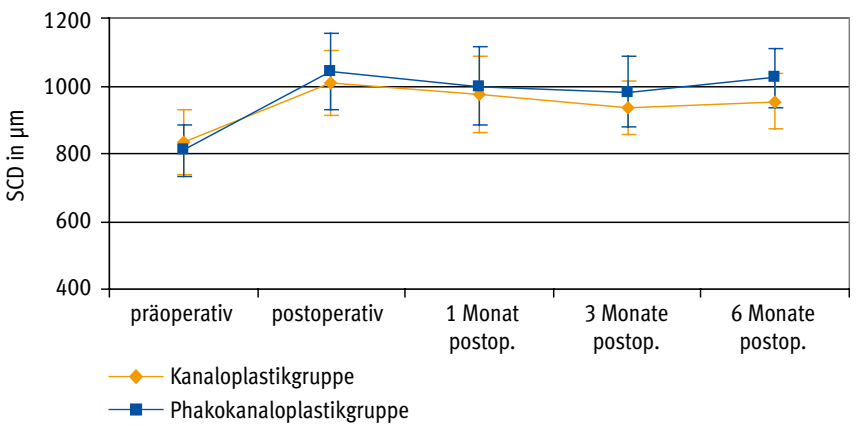


Abb. 5: Vergleich der SCD-Entwicklung zwischen Kanaloplastik- und Phakokanaloplastikgruppe

Diskussion

Die Kanaloplastik als drucksenkende Operation scheint über noch weitgehend wenig erfahrbare morphologische Veränderungen bedingt zu sein. Anlass der vorliegenden umfangreichen Messungen war die Evaluation einzelner charakteristischer morphologischer Veränderungen durch die Kanaloplastik und Phakokanaloplastik.

Erfolgsparameter eines jeden glaukomatösen Eingriffs ist eine postoperativ mittel- und langfristig erzielte intraokulare Drucksenkung. Hierdurch wird bei Erreichen des Zieldruckes eine Progression der Erkrankung vermieden. Die statistische Auswertung der vorliegenden Arbeit bezieht sich auf den postoperativen Zeitraum von sechs Monaten, wobei unsere 47 Patienten zu einem überwiegenden Teil bis zu einem Jahr postoperativ (n = 42) und 23 Patienten auch noch zwei Jahre postoperativ überwacht worden sind. Nach einem Jahr maßen wir bei unseren Patienten einen mittleren IOD von 13,2 ± 3,1 mmHg und nach zwei Jahren 12,7 ± 3,9 mmHg. In der Kanaloplastikgruppe betrugen die Mittelwerte jeweils 13,8 ± 4,0 mmHg nach einem Jahr bei n = 17 und 12,5 ± 5,2 mmHg nach zwei Jahren bei n = 11. In der Phakokanaloplastikgruppe betrug der durchschnittliche IOD nach einem Jahr 12,8 ± 3,2 mmHg bei n = 25 und nach zwei Jahren 13,0 ± 2,2 mmHg bei n = 12.

In mehreren Studien konnte bereits die Effektivität der Kanaloplastik auf die IOD-Senkung nachgewiesen werden. Körber et al. verglichen 15 Patienten mit pOWG, die an je einem Auge einer Kanaloplastik und am anderen Auge einer Viskokanalostomie unterzogen wurden. Hier konnte in der Kanaloplastikgruppe eine Reduktion des IOD von ursprünglich durchschnittlich 26,5 ± 2,7 mmHg auf 14,3 ± 2,8 mmHg nach sechs Monaten und 14,5 ± 2,6 mmHg nach 18 Monaten postoperativ erreicht werden. Die durchschnittliche Medikamentenapplikation sank dabei von 2,1 ± 1,0 auf 0,1 ± 0,3 nach sechs und auf 0,3 ± 0,5 nach 18 Monaten (Körber et al., 2012). Die durchschnittliche Reduktion des IOD nach sechs Monaten lag bei 44 %, verglichen mit der von uns erreichten Senkung von rund 59 %.

Matthaei et al. konnten 2011 im Rahmen ihrer einjährigen Studie positive IOD-Messergebnisse erzielen, die sich in ihrer Signifikanz allerdings deutlich von dem Lübecker Kollektiv unterscheiden. Der Grund dafür liegt auch in einem wesentlich niedrigeren präoperativen IOD in dieser Studie bei durchschnittlich bei 18,2 ± 5,8 mmHg mit 2,3 ± 1,2 antiglaukomatösen Augentropfen (AT) im Gegensatz zum präoperativen Mittelwert unserer Studie von 29,3 ± 6,2 mmHg mit 2,6 ± 0,8 AT. Sechs Monate postoperativ erzielten Matthaei et al. in der Kanaloplastikgruppe einen IOD von 12,1 ± 3,0 mmHg mit 1,5 ± 1,4 AT und in der Phakokanaloplastikgruppe einen IOD von 10,7 ± 2,8 mmHg mit 0,3 ± 0,7 AT, die wiederum mit unseren Ergebnissen von jeweils 12,0 ± 3,3 mmHg mit 0,1 ± 0,2 AT (Kanaloplastik) bzw. 12,0 ± 3,2 mmHg mit 0,03 ± 0,2 AT (Phakokanaloplastik) konform gehen. Im Gegensatz zum Lübecker Kollektiv, das 18 Patienten in der Kanaloplastikgruppe und 29 Patienten in der Phakokanaloplastikgruppe hatte, umfasste die erste Gruppe bei Matthaei 33 und die zweite Gruppe

13 Patienten und war somit in ihrer zahlenmäßigen Repräsentanz umgekehrt vertreten.

In einer großen Multicenterstudie mit 109 Patienten mit pOWG konnte in der Kanaloplastikgruppe eine IOD-Senkung von 23,0 ± 4,3 mmHg präoperativ, bei einem durchschnittlichen Gebrauch von 1,9 ± 0,7 AT auf einen mittleren IOD von 15,1 ± 3,1 mmHg mit 0,9 ± 0,9 AT nach drei Jahren postoperativ erreicht werden. Nach Phakokanaloplastik konnte bei einem Ausgangswert von 24,3 ± 6,0 mmHg mit 1,5 ± 1,2 AT eine IOD-Senkung auf 13,8 ± 3,2 mmHg mit 0,5 ± 0,7 AT nach drei Jahren erreicht werden (Bull et al., 2011).

Auch Ayyalla et al. konnten 2011 bei 33 Patienten nach Kanaloplastik eine deutliche durchschnittliche IOD-Senkung nachweisen. Der mittlere präoperative IOD betrug in dieser Gruppe 21,2 ± 6,6 mmHg bei durchschnittlich 2,5 AT. Nach sechs Monaten war der IOD auf 12,1 ± 4,0 mmHg gefallen bei einer mittleren AT-Anzahl von 2,3, die im Vergleich zu unseren Ergebnissen sehr hoch anmutet, wobei dieser nach zwölf Monaten auf 0,6 sank. Der durchschnittliche IOD lag zu diesem Zeitpunkt bei 13,8 ± 4,9 mmHg.

Lewis et al. berichteten 2007 im Rahmen einer internationalen Multicenterstudie mit insgesamt 94 Probanden erstmals von den Erfolgen der Kanaloplastik. In dieser Studie war die erfolgreiche Durchführung einer Kanaloplastik bzw. Phakokanaloplastik bei 74 Probanden möglich. Bei diesen Patienten gelang eine 33%ige Drucksenkung von 23,9 ± 4,3 mmHg präoperativ auf 15,6 ± 4,0 mmHg sechs Monate nach Intervention. Bei den 54 Patienten, bei denen alleinig eine Kanaloplastik durchgeführt worden waren, konnte eine durchschnittliche IOD-Senkung von 24,1 ± 3,9 mHg präoperativ auf 16,8 ± 4,0 mmHg nach sechs Monaten erreicht werden. 20 Patienten unterzogen sich im Rahmen dieser Studie einer Phakokanaloplastik. Hier konnte eine Senkung des mittleren IOD von 23,5 ± 5,4 mmHg auf 12,7 ± 2,2 mmHg erreicht werden. Im Gegensatz zum durchschnittlichen Kanaloplastik-IOD-Wert dieser Studie, der durchschnittlich um 4,8 mmHg höher ist als jener in unserer Studie, ist der IOD nach Phakokanaloplastik dem unseren Wert mit nur 0,7 mmHg Unterschied sehr nahe (Lewis et al., 2007). Zwei Jahre später konnte dieselbe Forschergruppe mit einem ähnlichen Patientenkollektiv sehr ähnliche Ergebnisse erzielen, wobei hierbei erstmals 2-Jahres-Daten veröffentlicht wurden (Lewis et al., 2009).

Lewis et al. veröffentlichten 2011 erstmals 3-Jahres-Ergebnisse in einer weiteren internationalen Multicenterstudie, die insgesamt 157 Patienten einschloss. Von 103 Patienten, die sich einer Kanaloplastik unterzogen haben, konnte eine Senkung des mittleren IOD von 23,5 ± 4,5 mmHg bei einer mittleren Medikamentenapplikation von 1,9 ± 0,8 auf 16,1 ± 3,4 mmHg mit 0,4 ± 0,7 Medikamenten nach sechs Monaten und 15,5 ± 3,5 mit 0,9 ± 0,9 Medikamenten nach 36 Monaten erreicht werden. In der Phakokanaloplastikgruppe mit n = 30 konnte eine IOD-Senkung von 23,5 ± 5,2 mmHg präoperativ auf 12,8 ± 2,9 mmHg nach sechs Monaten und auf 13,6 ± 3,6 mmHg nach 36 Monaten erreicht werden. Die mittlere Medikamenteneinnahme sank von 1,5 ± 1,0 präoperativ auf 0,1 ± 0,3 sechs Monate postoperativ und auf 0,3 ± 0,5 nach 36 Monaten (Lewis, 2011).

Kanaloplastik									
	Ergebnisse 6 Monate postoperativ					Ergebnisse der maximalen Studienlaufzeit			
Studie	IOD präop. in mmHg	IOD 6 Monate postop. in mmHg	antiglauk. Med. präop.	antiglauk. Med. 6 Monate postop.	n	Laufzeit in Monaten	IOD in mmHg	antiglauk. Med.	n
Müller 2012	29,3 ± 6,2	12,0 ± 3,3	2,6 ± 0,8	0,1 ± 0,2	18	24	12,5 ± 5,2	0,2 ± 0,4	11
Körber 2012	26,5 ± 2,7	14,3 ± 2,8	2,1 ± 1,0	0,1 ± 0,3	15	18	14,5 ± 2,6	0,3 ± 0,5	15
Bull 2011	23,0 ± 4,3	15,8 ± 3,2	1,9 ± 0,7	0,4 ± 0,7	65	36	15,1 ± 3,1	0,9 ± 0,9	74
Ayyala 2011	21,2 ± 6,6	12,1 ± 4,0	2,5*	2,3*	33	12	13,8 ± 4,9	0,6*	33
Matthaei 2011	18,5 ± 6,3	12,1 ± 3,0	2,3 ± 1,2	1,5 ± 1,4	23	12	12,4 ± 3,1	1,6 ± 1,1	5
Lewis 2011	23,5 ± 4,5	16,1 ± 3,4	1,9 ± 0,8	0,4 ± 0,7	86	36	15,5 ± 3,5	0,9 ± 0,9	89
Lewis 2009	23,2 ± 4,0	16,5 ± 3,9	2,0 ± 0,8	0,4 ± 0,6	53	24	16,3 ± 3,7	0,6 ± 0,8	72

Tab. 2: Studienergebnisse zur IOD-Entwicklung nach Kanaloplastik
n-Anzahl, bezieht sich auf Teilnehmer an postoperativem Überprüfungszeitpunkt, Gesamtprobandenzahl siehe Text
* keine Standardabweichung verfügbar
antiglauk. Med. = antiglaukomatöse Medikation

Eine im Rahmen der Kanaloplastik zusätzlich durchgeführte Kataraktoperation hat im Lübecker Kollektiv durchschnittlich zu keinem signifikanten Vorteil, d. h. zu keiner zusätzlichen IOD-Senkung, gegenüber der Kanaloplastik ohne diese geführt. Wie der Vergleich mit o. g. Studien zeigt, erzielten Matthaei 2011 und Lewis 2007 eine zusätzliche IOD-Senkung von 1,4 bzw. 2,9 mmHg nach sechs Monaten, während unsere Kollektive einen identischen IOD nach sechs Monaten aufwiesen.

In der von Shingleton et al. 2008 veröffentlichen Studie mit 54 Patienten nach Phakokanaloplastik konnte eine durchschnittliche IOD-Senkung von 24,4 ± 6,1 mmHg auf 13,0 ± 2,9 mmHg sechs Monate postoperativ erreicht werden (Shingleton et al., 2008). Diese Werte gehen wiederum konform mit allen bisher genannten IOD-Werten nach Phakokanaloplastik. Die Frage, ob in der Gesamtschau ein positiver Effekt durch eine zusätzliche Kataraktoperation erzielt wird, kann somit in unserem Kollektiv mit nein beantwortet werden, die positiven Effekte auf den IOD können in unserer Studie allein der Kanaloplastik zugeschrieben werden bzw. es wirkt sich eine simultane Kataraktoperation nicht negativ auf den IOD aus.

Phakokanaloplastik									
	Ergebnisse 6 Monate postoperativ					Ergebnisse der maximalen Studienlaufzeit			
Studie	IOD präop. in mmHg	IOD 6 Monate postop. in mmHg	antiglauk. Med. präop.	antiglauk. Med. 6 Monate postop.	n	Laufzeit in Monaten	IOD in mmHg	antiglauk. Med.	n
Müller 2012	31,9 ± 7,5	13,0 ± 3,2	2,8 ± 0,8	0,0 ± 0,2	29	24	13,0 ± 2,2	0,1 ± 0,3	12
Bull 2011	24,3 ± 6,0	12,8 ± 3,0	1,5 ± 1,2	0,1 ± 0,3	13	36	13,8 ± 3,2	0,5 ± 0,7	13
Matthaei 2011	17,5 ± 4,2	12,1 ± 3,0	2,5 ± 1,3	0,3 ± 0,7	9	12	12,8 ± 1,9	0,4 ± 0,6	5
Lewis 2011	23,5 ± 5,2	12, 8 ± 2,9	1,5 ± 1,0	0,1 ± 0,3	25	36	13,6 ± 3,6	0,3 ± 0,5	27
Lewis 2009	23,1 ± 5,5	12,8 ± 2,5	1,7 ± 1,0	0,1 ± 0,2	18	24	13,4 ± 4,0	0,2 ± 0,4	20
Shingelton 2008	24,4 ± 6,1	13,0 ± 2,9	1,5 ± 1,0	0,1 ± 0,4	42	12	13,7 ± 4,4	0,2 ± 0,4	25

Tab. 3: Studienergebnisse zur IOD-Entwicklung nach Phakokanaloplastik
n-Anzahl, bezieht sich auf Teilnehmer an postoperativem Überprüfungszeitpunkt, Gesamtprobandenzahl siehe Text
antiglauk. Med. = antiglaukomatöse Medikation

Die Tabellen 2 und 3 zeigen die Ergebnisse der oben genannten Studien im direkten Vergleich.

In dieser Arbeit zeigt die Visusentwicklung das wünschenswerte Ergebnis von identischen prä- und postoperativen Werten, die auch erreicht worden sind, wenn man vom kurzfristigen Visusabfall absieht. Über die passageren Visuseinbußen wurden die Patienten aufgeklärt. Der Großteil der internationalen Literatur geht hier mit unseren Ergebnissen konform (Bull et al., 2011, Ayyala et al., 2011, Brüggemann et al. 2012, Lewis et al. 2011, 2009, 2007). Shingelton et al. berichten bei einem Phakokanaloplastikkollektiv von einer postoperativen Verbesserung des BCVA (best corrected visual acuity) von durchschnittlich logMAR 0,21 nach sechs Monaten verglichen mit logMAR-Werten direkt nach Operation, verzichten allerdings darauf, die präoperativen Werte anzugeben (Shingleton et al., 2008).

Während sich in beiden Gruppen in unserer Studie der TDA relativ zum präoperativen Wert signifikant erhöht, verändert sich der IDA ausschließlich in der Phakokanaloplastikgruppe signifikant, während dieser Winkel in der Kanaloplastikgruppe nahezu identisch bleibt und bei manchen Patienten postoperativ sogar unter dem Ausgangswert liegt. Die Antwort ist hier wohl in der bereits erwähnten

Fadenspannung zu suchen, die einen Einfluss auf den TDA zu haben scheint, nicht aber auf den IDA. Es drängt sich somit die Schlussfolgerung auf, dass eine Fadenlegung unabhängig von zusätzlicher Phako/HKL zu einem größeren TDA führt. Da in beiden Gruppe der IOD signifikant gesunken ist, bedeutet dies, dass es der durch die Fadenspannung erreichte vergrößerte TDA ist, der zur IOD-Senkung führt. Da sich die mittleren IOD-Senkungen in unseren beiden Gruppen kaum voneinander unterscheiden, kann man daraus schließen, dass alleine dieser Parameter für die positive IOD-Veränderung verantwortlich gemacht werden kann, während weder der IDA noch die ACD hier eine zentrale Rolle zu spielen scheinen.

Auch Shingelton et al. haben 2008 mittels UBM nach Phakokanaloplastik Vorderkammerwinkel vermessen (Shingleton et al., 2008). Es wird für diese Studie ein mittlerer postoperativer Vorderkammerwinkel von 29,4 ± 14,0 Grad (n = 23) angegeben, der am ehesten mit unserem IDA vergleichbar ist. Die Arbeitsgruppe zeigte weiterhin, dass UBM-Aufnahmen von Kanaloplastiken ohne Phako/HKL einen Vorderkammerwinkel von 14,4 ± 9,5 Grad (n = 8) ergeben haben. Obwohl sich die Größen der Vorderkammerwinkel in der Studie von Shingelton von unseren IDA-Werten unterscheiden, liefert doch die jeweils signifikante Differenz zwischen den gemessenen Winkeln nach Kanaloplastik bzw. nach Phakokanaloplastik, die in beiden Studien nachgewiesen worden ist, einen deutlichen Hinweis darauf, dass eine alleinige Kanaloplastik den IDA nicht signifikant erhöht und nur die Kombination mit einer Phako/HKL hier signifikante Unterschiede zum präoperativen Bild liefert.

In Bezug auf den IDA ergibt sich in unserer Studie des Weiteren die interessante Tatsache, dass die Ausgangswinkel der IDA in den beiden verschiedenen Gruppen signifikant unterschiedliche Werte zeigten. Selbst die Aufteilung der Kanaloplastikgruppe in die beiden Subgruppen mit phaken bzw. pseudophaken Patienten kann nicht den Unterschied der Ausgangswinkel erklären, wobei dieses Phänomen allein auf den IDA zutrifft, während die durchschnittlichen Ausgangswerte der TDA in der Kanaloplastik- und Phakokanaloplastikgruppe fast identisch sind. Vergleiche mit den Ausgangswerten anderer Autoren können hier nicht angestellt werden, da im Rahmen dieser Studie das erste Mal auch präoperative Winkel veröffentlich werden.

Der mittlere IDA-Ausgangswert in der phaken Subgruppe war mit 41,8 ± 11,7 Grad nur unbedeutend geringer als jener der pseudophaken Subgruppe mit 44,3 ± 3,6 Grad, obwohl die gesamte Kanaloplastikgruppe einen signifikant ($p = 0{,}00002$) höheren Ausgangswert als die Phakokanaloplastikgruppe mit 32,2 ± 5,7 Grad aufwies. Hier kann letztendlich die Antwort auf die Frage gegeben werden, warum im Rahmen von Kanaloplastiken Kataraktoperationen durchgeführt werden, obwohl keine Visusverbesserung zu erwarten ist, und es ist auch die Erklärung dafür, warum sich die präoperativen IDA des Kanaloplastik- und Phakokanaloplastikkollektivs signifikant voneinander unterscheiden: Durch weniger Volumen des Pseudophakos vergrößert sich der IDA. Somit wird Patienten, die präoperativ einen relativ flachen IDA vorweisen, eine zusätzliche Kataraktoperation angeboten.

In der Zusammenschau sind die morphometrisch wirksamen Parameter der Kanaloplastik der IDA, von dem besonders die pseudophake Subgruppe profitiert und bei einem präoperativen IDA von weniger als 40 Grad kombiniert operiert werden sollte, der TDA, der in beiden Gruppen eine deutliche Zunahme erfährt (Kanaloplastik 24,1 %, Phakokanaloplastik 32,1 %), sowie die SCD, die sich ebenfalls ausdehnt (Kanaloplastik 12,3 %, Phakokanaloplastik 21 %).

Zukünftig könnten die evaluierten Parameter bei der Indikation und als Wirksamkeitsnachweis der Kanaloplastik und Phakokanaloplastik herangezogen werden.

Interessenkonflikt:
Finanzielle Interessen: keine
Interessenkonflikt: keiner

Literatur

Auf Anfrage beim Verfasser

Fadensondenkanaloplastik: 1-Jahres-Ergebnisse und eine Erfolgsfaktorenanalyse

L. Kodomskoi, A. C. Schröder, K. Hille

Zusammenfassung

Zielsetzung: Die iTrack-assistierte zirkuläre Kanaloplastik hat sich in den letzten Jahren als sicheres und komplikationsarmes Verfahren in der Chirurgie von Offenwinkelglaukomen etabliert. Eine originale und kostensparende Fadensondentechnik ermöglicht die problemlose und sichere Ausführung der Kanaloplastik auch ohne Verwendung eines iTrack-Mikrokatheters. Die 1-Jahres-Ergebnisse dieser Technik mit einer detaillierten Analyse von Erfolgsfaktoren werden dargestellt.

Methode: Bei 56 Augen mit POWG, NDG und PEX- und steroidinduziertem Glaukom wurde diese Operation durchgeführt. Vor dem Eingriff betrug der korrigierte IOD-Mittelwert 23,4 mmHg (±6,39), die Anzahl von lokalen drucksenkenden Substanzen war 2,5 (±0,97) und der bestkorrigierte Visus lag bei 0,63 (±0,24). Die Ergebnisse wurden am Entlassungstag, nach 6 Wochen, 3, 6 und 12 Monaten ausgewertet. Um festzustellen, welche perioperativen Faktoren den Erfolg bzw. Misserfolg des Eingriffs beeinflussen können, wurden die Patienten in 3 Subgruppen („Winner", „Stabilizer" und „Loser") detailliert analysiert. Nach Durchführung einer Varianzanalyse wurde die statistische Signifikanz berechnet.

Ergebnis: Die allgemeine mittlere Nachbeobachtungszeit betrug 12,8 (±1,41) Monate. Am Ende der Nachbeobachtungszeit lag der mittlere IOD bei 13,2 (±3,71), die Anzahl von lokalen drucksenkenden Substanzen bei 0,07 (±0,32), der bestkorrigierte Visus betrug 0,63 (±0,23). Postoperative Komplikationen/Verlauf: Hyphäma (5,4 %), Aderhautschwellung (3,6 %), Fibrin in der Vorderkammer (1,8 %), cheese-wired-suture (1,8 %), YAG-Deszemetotomie (30 %), Deckelhebung (1,8 %), Irisinkarzeration nach YAG-Deszemetotomie (3,6 %) bei mittlerer stationärer Aufenthaltsdauer von 5,0 (±1,27) Tagen. Nach der Gruppenanalyse schienen die folgenden Faktoren Einfluss auf den Operationserfolg zu haben: die Zahl von präoperativen lokalen Antiglaukomatosa, die Höhe der präoperativen Augendruckspitzen, der präoperative Visus, die Intensität des intraoperativen venösen Refluxes, der Zeitpunkt von postoperativ durchgeführten YAG-Deszemetotomien, die frühe (nach 6 Wochen) postoperative Tensioerhöhung. Wenig beeinflusst schien der Operationserfolg durch die Art des Offenwinkelglaukoms, der Schwierigkeitsgrad der Sondierung des Schlemmschen Kanals, die unmittelbare postoperative Augendrucklage und die Vernarbung des Filterkissens (falls vorhanden) zu sein.

Schlussfolgerung: Die Fadensondenkanaloplastik ist eine sichere und wirksame Glaukomoperation und weist bestimmte Vorteile gegenüber der Filtrationschirurgie auf. Aufgrund der detaillierten Erfolgsanalyse wären ein früherer OP-Zeitpunkt und eine gezielte Patientenselektion für den Eingriff sinnvoll.

Summary
Background: iTrack-assisted circular canaloplasty was established as a secure and uncomplicated procedure in open angle glaucoma surgery over the last years. A genuine and cheap suture-probe-technique enables simple and safe way of performing canaloplasty without the need of an iTrack-microcatheder. One-year-results are to be demonstrated.
Methods: Including PCOWG, NPG, PEX, and steroid induced glaucoma 56 eyes were treated using this displayed procedure. Corrected mean IOD was 23.4 mmHG (±6.39) preoperatively; an average of 2.5 (±0.97) pressure lowering substances were applied, and BCVA was 0.63 (±0.24). Postoperative examinations were performed on the day of demission, after 6 weeks, 3, 6, and 12 months. To find perioperative factors leading to success or failure three patient subgroups were defined („Winner", „Stabilizer", „Loser") and analyzed. ANOVA was followed by statistical analysis of significance.
Results: Mean time of post-surgical examination was 12.8 (±1.41) months. Final IOD at the end of this period resulted in 13.2 (±3.71) mmHg on average; 0.07 (±0.32) anti-glaucoma substances were applied, and mean BCVA was 0.63 (±0.23). Unexpected events were: hyphaema (5.4 %), choroidal edema (3.6 %), fibrin in anterior chamber (1.8 %), cheesewired-suture (1.8 %), YAG-descemetotomy (30 %), lid-lifting (1.8 %), iris capture after YAG-descemetotomy (3.6 %). Patients stayed in house for 5 (±1.27) days on average. Subgroup analysis prove influence on success for the number of applied anti-glaucomatosa, the amplitude of pressure peaks, VA, the intensity of venal reflux intra-operatively, time of YAG-descemetotomy, and early (6 week) increase of tension after surgery. No influence was proven for the type of glaucoma.
Conclusion: Suture-probe-canaloplasty was demonstrated to be a save and efficient glaucoma surgery presenting some advantages compared to filtrating procedures. Due to our analysis of success early surgeries and carefull selection of patients are to be kept in mind.

Einleitung

Die zirkuläre Kanaloplastik bzw. Kanaloplastie ist ein bereits etabliertes Operationsverfahren in der Chirurgie von Offenwinkelglaukomen, insbesondere von POWG, NDG und PEX-Glaukom. Ziel ist dabei, den gestörten Abfluss des Kammerwassers wegen des zunehmenden Kollapses des Schlemmschen Kanals und der progredienten Atrophie der Kammerwasservenen (venösen Kollektoren) aufzuheben. Nach Entdachung des Schlemmschen Kanals mittels klassischer tiefen Sklerektomietechnik wird dieser entweder mithilfe eines Mikrokatheters von 250 µ Durchmesser (iTrack™ iScience Interventional) und gleichzeitiger Injektion eines Viskoelastikums [3] oder mithilfe einer Lichtleitfasermikrosonde (DORC Glaucolight) [4] sondiert und gleichzeitig gedehnt. Anschließend wird ein 10-0-Prolene®-Faden an das Ende des Mikrokatheters bzw. der Mikrosonde geknotet, retrograd in den Schlemmschen Kanal eingeführt und danach straff geknüpft. Dadurch wird die innere Wand des Schlemmschen Kanals dauerhaft gespannt, dessen Kollaps aufgehoben und

der posttrabekuläre Abfluss des Kammerwassers gebessert. Es liegen inzwischen evidente Langzeitergebnisse vor [2, 6], die einen ausreichenden dauerhaften drucksenkenden Effekt der Kanaloplastik beweisen. Da die Kanaloplastik zu den nicht penetrierenden Glaukomeingriffen zählt, bewirkt sie keine rapide intraokuläre Drucksenkung und verhindert dadurch schwere postoperative Komplikationen wie flache Vorderkammer, Hypotonie mit Aderhautabhebung, hypotone Makulopathie oder Kataraktbildung. Weiterhin entstehen hier keine bzw. nur sehr flache Filterkissen, sodass dieser Eingriff (fast) filterkissenunabhängig ist, was schwer zu lösende Verläufe wie Filterkissenleckagen, Nahtnachlegungen, spätere Filterkisseninfektionen und darauf folgende Endophthalmitis praktisch ausschließt.

Trotz dieser eindeutigen Vorteile gegenüber der klassischen Filtrationschirurgie findet die Kanaloplastik leider nicht die große Verbreitung, die zu erwarten wäre. Nachteil der bekannten Methoden, i-Track und Glaucolight, sind immense Kosten, die aus Notwendigkeit des Gebrauchs teurer Einmalsonden resultiert (795,– Euro für die iTrack Sonde bzw. ca. 400,– Euro für DORC Glaucolight). Da das Verfahren in G-DRG nicht darstellbar ist, kann die Kostenerstattung nur im Rahmen Wahlleistungen oder als Selbstzahler erfolgen. Bei stationären Kassenpatienten kann der Erlös der erheblich kürzeren Verweildauer die Kosten des nicht erstattungsfähigen Verbrauchsmaterials keinesfalls aufwiegen [1]. Hier bietet die Fadensondenkanaloplastik eine günstige Alternative.

Methode

Die Fadensondenkanaloplastik wurde an den 56 Augen von 48 Patienten mit primärem Offenwinkelglaukom, Niederdruckglaukom, Sekundärglaukom bei PEX und Steroidglaukom durchgeführt, an vier Augen dieses Kollektivs im Rahmen eines kombinierten Eingriffes mit Phakoemulsifikation und Implantation einer Hinterkammerlinse. Anstelle des bekannten, teuren Produkts wurde hier zur Sondierung des Schlemmschen Kanals ein handelsüblicher 6-0-Polypropylene-Faden (z. B. ETHICON Prolene® 6-0, 0,7 metric) genutzt, der mithilfe einer eigenen Technik zu einer Mikrosonde gedrillt wurde [5]. Dazu wurde eine ca. 7 bis 8 cm lange Schlinge aus 6-0-Prolene® unter Spannung um einen weiteren kurzen, in einer Klemme ausgespannten 6-0-Prolene®-Faden gewickelt (Abb. 1a).

So entsteht eine Sonde in Form einer Doppelspirale mit etwa 200 µ Durchmesser, die am Ende eine kleine glatte Öse aufweist. Die Spiralform verleit dem 6-0-Prolene-Faden ausreichend Rigidität. Die kleine, glatte Öse an seinem Ende erlaubt eine atraumatische Sondierung des Schlemmschen Kanals und eine problemlose und ebenfalls atraumatische retrograde Einführung eines 10-0-Prolene-Fadens (Abb. 1b und c).

Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 71,5 Jahre. Vor dem Eingriff lag der mittlere IOD bei 23,4 ± 6,39 mmHg bei Druckspitzen bis 27,6 ± 9,18 mmHg (min. 16, max. 51 mmHg), die Anzahl von lokalen drucksenkenden Substanzen war 2,5 (±0,97)

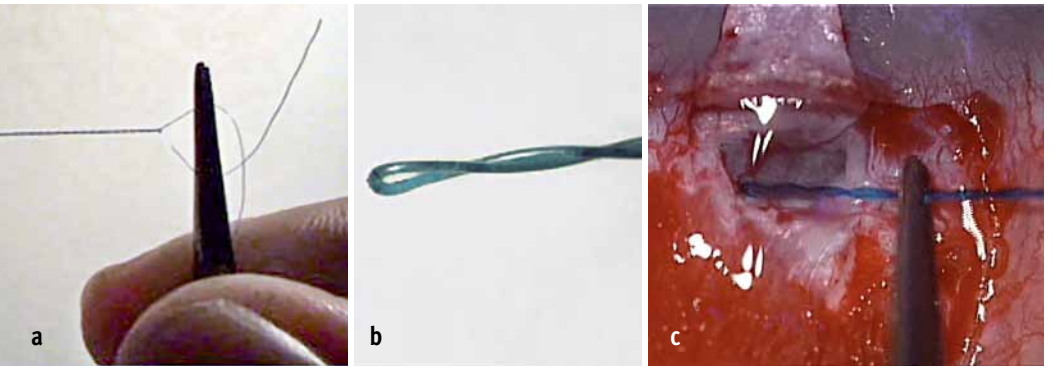


Abb. 1: a) Erstellen der doppelspiralförmigen Fadensonde aus einem 6-0-Prolene®-Faden, b) Spitze der Fadensonde (Öse), c) Einführung der Fadensonde in den Schlemmschen Kanal

und der bestkorrigierte Visus war 0,63 (±0,24). Intraoperativ wurden die Leichtigkeit der Sondierung des Schlemmschen Kanals (Grad 1 = schwer bis Grad 3 = leicht) und die Intensität des intraoperativen venösen Refluxes (Grad 1 = schwach bis Grad 3 = intensiv) beurteilt und dokumentiert. Die durchschnittliche Dauer des postoperativen stationären Aufenthaltes ergab 5,0 (±1,27) Tage. Die Ergebnisse wurden am Entlassungstag, nach sechs Wochen, drei, sechs und zwölf Monaten erhoben. Bei jeder Kontrolle wurden der Visus, die Tensiolage, das Vorhandensein und der Zustand des Filterkissens (0–keine, 1–0 sehr flache, 1–flache bis prominierte), die Kammerwinkelsituation im OP-Bereich, lokale drucksenkende Medikation dokumentiert. Die mittlere Nachbeobachtungszeit aller Patienten betrug 12,8 ± 1,4 Monate (elf bis 18 Monate). Die Erfolgsfaktorenanalyse wurde ferner in drei Subgruppen („Winner", „Stabilizer" und „Loser") durchgeführt. Nach Durchführung einer Varianzanalyse wurde die statistische Signifikanz der einzelnen Erfolgsfaktoren berechnet.

Ergebnisse

Die allgemeinen Ergebnisse am Ende der Nachbeobachtungszeit sind in der Tabelle 1 dargestellt. Im frühen postoperativen Verlauf zeigten sich ein Hyphäma mit Spiegel an drei Augen (5,4 %), okuläre Hypotonie <5 mmHg ohne Abflachung der Vorderkammer ebenfalls an drei Augen (5,4 %), jeweils an einem Auge (1,8 %) wurde ein positives Seidel-Phänomen bzw. ein intraokulärer Reizzustand (Zellen +++) beobachtet. Bei zwei Patienten (3,6 %) wurde eine flache Aderhautabhebung festgestellt, die sich aber spontan anlegte. Im späteren postoperativen Verlauf kam es an einem Auge (1,8 %) zu einer Durchwanderung des 10-0-Prolene-Fadens („cheese-wired-suture"), an 17 Augen (30 %) wurde wegen der insuffizienten Einstellung des Augeninnendrucks eine Laser-Deszemetotomie durchgeführt. An zwei Augen (3,6 %)

kam es anschließend zu einer Irisinkarzerazion mit folgenden operativen Maßnahmen (Goniosynechiolyse mit Iridektomie). Schließlich war an einem Auge (1,8%) eine Deckelhebung mit einer fibrosehemmenden Therapie notwendig.

	präoperativ		postoperativ	
Visus	0,63 ± 0,24	(n = 56)	0,63 ± 0,23	(n = 56)
IOD-Mittelwert (mm Hg)	23,4 ± 6,39	(n = 56)	13,2 ± 3,71	(n = 56)
Lokale Medikation (Substanzen)	2,5 ± 0,97	(n = 56)	0,07 ± 0,32	(n = 56)

Tab. 1: Allgemeine Ergebnisse

Trotz der guten allgemeinen drucksenkenden Ergebnisse (ø 23,4 mmHg präoperativ vs. ø 13,2 mmHg nach einem Jahr) zeigte sich bei der individuellen Ergebnisanalyse ein sehr heterogener drucksenkender Effekt (Abb. 2).

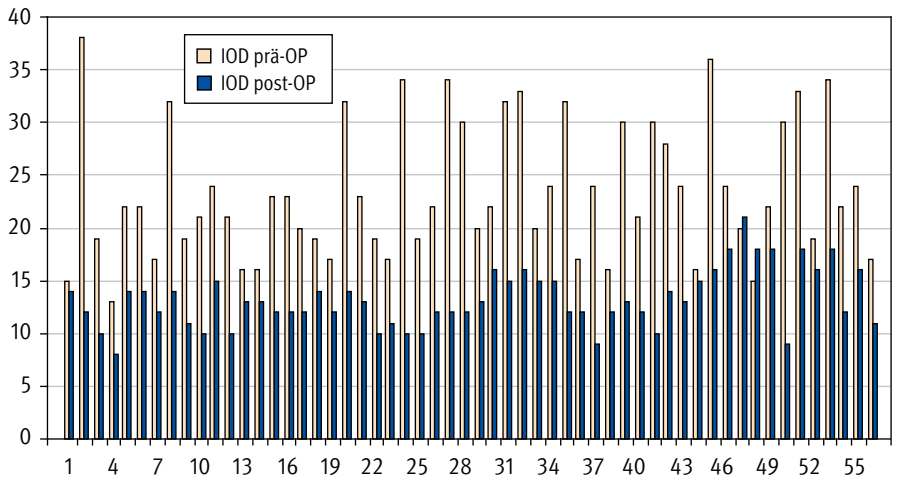


Abb. 2: Individuelle IOD-Ergebnisse

Um festzustellen, welche prä-, intra- und postoperativen Faktoren den Operationserfolg positiv bzw. negativ beeinflussten, wurden 56 Studienpatienten in drei Gruppen eingeteilt. In die Gruppe „Winner" wurden die Patienten mit postoperativem IOD weniger 15 mmHg ohne weitere operative Maßnahme oder lokale drucksenkende Medikation am Ende der Nachbeobachtungszeit eingeschlossen. Die Gruppe „Stabilizer" bildeten die Patienten mit IOD weniger 18 mmHg mit oder ohne eine zusätzliche Laserbehandlung (YAG-Deszemetotomie), die keine weitere lokale Medikation brauchten. In die Gruppe „Loser" wurden alle Patienten mit IOD über 18 mmHg und

diejenigen Patienten mit IOD weniger 18 mmHg, bei denen eine lokale drucksenkende Medikation oder weitere operative Maßnahmen notwendig waren, eingeteilt. Die Subgruppenverteilung ergeht aus Abb. 3.

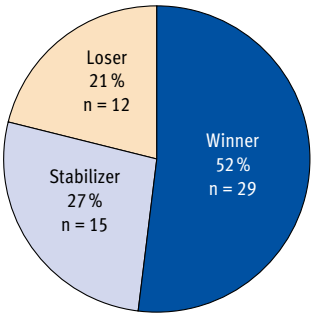


Abb. 3: Subgruppenverteilung

Nach der Varianzanalyse wurde statistische Signifikanz für die jeweiligen perioperativen Faktoren zwischen den Subgruppen berechnet. Diese sind in den Tabellen 2 und 3 dargestellt.

	Winner	Stabilizer	Loser	p-Wert
präoperative Medikation (Substanzen)	2,2	2,8	2,7	0,04/0,15 (W-S/W-L)
präoperative IOD-Spitzen (mm Hg)	25,4	30,9	28,9	0,04/0,15 (W-S/W-L)
präoperativer Visus	0,69	0,69	0,53	0,09/0,05 (W-L/S-L)
PEX-Anteil (%)	38	27	17	0,09/0,27 (W-L/S-L)
venöser Refluxgrad	1,8	1,8	1,4	0,07/0,11 (W-L/S-L)

Tab. 2: Statistische Signifikanz der prä- und intraoperativen Erfolgsfaktoren

	Winner	Stabilizer	Loser	p-Wert
IOD bei Entlassung (mmHg)	10,9	11,9	11,3	0,19/0,31 (W-S/W-L)
IOD nach 6 Wochen (mmHg)	10,8	13,2	13,2	0,03/0,004 (W-S/W-L)
YAG-DT (%)	–	60 (nach 5,0 Monaten)	67 (nach 9,1 Monaten)	
Filterkissen bei Entlassung (%)	55	60	67	0,46/0,27 (W-S/W-L)
Filterkissen nach 6 Wochen (%)	55	53	33	0,32/0,24 (W-S/W-L)
Filterkissen nach 12 Monaten (%)	33	67	50	0,04/0,35 (W-S/W-L)

Tab. 3: Statistische Signifikanz der postoperativen Erfolgsfaktoren

Zusammenfassung und Fazit für die Praxis

Zur Reduzierung der OP-Kosten wurde eine günstige Alternative zur iTrack- bzw. Glaucolight-Kanaloplastik entwickelt. Anstelle dieser Sonden wurde eine Fadensonde aus einem monofilen Faden konstruiert, die eine effiziente Sondierung des Schlemmschen Kanals und gleichzeitig eine prognostisch relevante Beurteilung des Zustandes der venösen Kollektoren ermöglicht. Die Analyse der 1-Jahres-Ergebnisse zeigte, dass die Fadensondenkanaloplastik eine effektive und sichere Glaukomoperation darstellt. Die folgenden Faktoren schienen Einfluss auf den OP-Erfolg zu haben: die Zahl der präoperativen lokalen Substanzen, die Höhe der präoperativen Druckspitzen, der präoperative Visus, die Intensität des intraoperativen venösen Refluxes, frühe YAG-Deszemetotomien, frühe (sechs Wochen) post-OP Tensioerhöhung. Wenig Einfluss schien die Art des Glaukoms (PEX!), die unmittelbare postoperative Drucklage und die Vernarbung des Filterkissens zu haben. Nach einer vorsichtigen Patientenselektion erscheinen ein früherer OP-Zeitpunkt und eine, wenn indiziert, frühere YAG-Deszemetotomie sinnvoll. Langzeitbeobachtungen werden den dauerhaften Erfolg dieser vielversprechenden Methode prüfen.

Literatur

1. BRÜGGEMANN A, MÜLLER M: Trabekulektomie versus Kanaloplastik – eine Kosten- und Aufwandsanalyse. Klin Monatsbl Augenheilkd 2012;229(11):1118–1123
2. BULL H, VON WOLFF K, KÖRBER N, TETZ M: Three-year canaloplasty outcomes for the treatment of open-angle glaucoma: European study results. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2011 Oct;249(10):1537–1545. doi: 10.1007/s00417-011-1728-3. Epub 2011 Jul 6
3. KEARNEY JR, BALL SF, FIELD MW, CAMERON BD: Circumferential viscodilation of Schlemm's canal with a flexible microcannula during non-penetrating glaucoma surgery. Digital J Ophthalmol 2006 (12):1
4. KLABE L, BREYER D, KAYMAK H: 18-Monatsergebnisse mit der Glaucolight-assistierter Kanaloplastik. 175. Versammlung des Vereins Rheinisch-Westfälischer Augenärzte. Bochum, 2012
5. KODOMSKOI L: 360°-Kanaloplastik ohne iTrack mit und ohne Clear-Cornea-Phakoemulsifikation: frühe Ergebnisse. Klin Monatsbl Augenheilkd 2010;227–KV100
6. TETZ M, KOERBER N, SHINGLETON BJ et al.: Phacoemulsification and Intraocular Lens Implantation Before, During, or After Canaloplasty in Eyes with Open-Angle Glaucoma: 3-Year Results. J Glaucoma 2013 Feb 19

Trabekulektomie in Intubationsnarkose versus topischer Anästhesie

J. Kuchenbecker, M. L. Rogge, M. Käding, H. Breuß

Zusammenfassung

Ophthalmochirurgische Eingriffe werden zunehmend in topischer Anästhesie (TA) durchgeführt. Die Effizienz und klinische Praktikabilität sowie mögliche Komplikationen der TA im Vergleich zur Intubationsnarkose (ITN) bei Trabekulektomie sollen beurteilt werden. In einem Zeitraum von 18 Monaten wurde eine Trabekulektomie mit Mitomycin C bei 27 Augen von 25 Patienten (13 Frauen, 12 Männer, mittleres Alter 72,5 ± 13,4 Jahre, mittlere c/d-Ratio 0,9 ± 0,15) 22-mal in ITN und 5-mal in TA von einem Operateur durchgeführt. Es wurden außerdem folgende Daten erhoben: präoperativer Visus und IOD, Entlassungs-IOD, Anzahl der Medikamente vor und nach OP, Anzahl der Suturolysen und Needlings sowie die Häufigkeit von Komplikationen. Der durchschnittliche präoperative Visus aller Patienten betrug 0,48 ± 0,25 und der durchschnittliche präoperative IOD lag bei 25,6 ± 7,7 mmHg. Die Gruppe in ITN zeigte eine durchschnittliche Drucksenkung von 12,6 ± 3,7 mmHg und die Gruppe in TA eine durchschnittliche Drucksenkung von 15,8 ± 4,5 mmHg. Die Werte waren nicht signifikant verschieden ($p > 0,05$). Die Schmerzen während der TA wurden von den Patienten als akzeptabel angegeben. Bei den Patienten in ITN traten postoperativ in wenigen Fällen Aderhautschwellungen, Vorderkammer- und/oder Aderhautblutungen auf, was in der Gruppe mit TA, möglicherweise wegen der geringeren Fallzahl, nicht vorkam. Die topische Anästhesie eignet sich ebenfalls sehr gut zur Durchführung einer Trabekulektomie. Es zeigte sich bisher in dem noch kleinen Patientenkollektiv eine gute Drucksenkung ohne wesentliche Komplikationen.

Summary

Ophthalmic surgical procedures are increasingly being performed under topical anaesthesia (TA). The efficacy, clinical practicability and potential complications of TA compared to intubation anaesthesia (INT) in trabeculectomy are to be evaluated. Over a period of 18 months, trabeculectomy was performed by one surgeon with mitomycin C in 27 eyes of 25 patients (13 women, 12 men, mean age 72.5 ± 13.4 years, mean cup-to-disc ratio 0.9 ± 0.15) 22 times under INT and 5 times under TA. The mean preoperative visual acuity of all patients was 0.48 ± 0.25 and the mean preoperative IOP (intraocular pressure) was 25.6 ± 7.7 mmHg. The INT group showed a mean IOP reduction of 12.6 ± 3.7 mmHg and the TA group a mean IOP reduction of 15.8 ± 4.5 mmHg. The values were not significantly different ($p > 0.05$). Pain during TA was reported by the patients as acceptable. In a small number of cases, the INT patients developed postoperative choroidal swelling, anterior chamber and/or choroidal haemorrhage, which did not occur in the TA group, possibly because of the smaller sample size. Topical anaesthesia is also very suitable for trabeculectomy procedures. So far, good IOP reduction has been observed without significant complications.

Einleitung

Ophthalmochirurgische Eingriffe werden zunehmend in topischer Anästhesie (TA) durchgeführt. In der Kataraktchirurgie hat sich die TA bereits seit vielen Jahren bewährt [1–14]. Aber auch in Kombination der Kataraktchirurgie mit der Silikonölentfernung kann die TA eingesetzt werden [5]. Bei der DSAEK ist die TA ebenfalls beschrieben worden [15]. Im Bereich der Glaukomchirurgie ist die TA bei der Trabekulektomie und Phakotrabekulektomie bereits 2002 von Lai et al. beschrieben worden [6, 16]. Durch die Anwendung der TA können typische Komplikationen der Para- bzw. Peribulbäranästhesie, wie Hirnstammanästhesie, Bulbusperforation bzw. ein erhöhter intraorbitaler und intraokularer Druck sowie intraorbitale Blutungen [17], vermieden werden.

Die Effizienz und klinische Praktibilität sowie mögliche Komplikationen der TA im Vergleich zur Intubationsnarkose (ITN) bei Trabekulektomie sollen beurteilt werden.

Methodik

In einem Zeitraum von 18 Monaten wurde eine Trabekulektomie mit Mitomycin C bei 27 Augen von 25 Patienten (13 Frauen, zwölf Männer, mittleres Alter 72,5 ± 13,4 Jahre, mittlere c/d-Ratio 0,9 ± 0,15) 22-mal in ITN und fünfmal in TA von einem Operateur (JK) durchgeführt. Der standardisierte OP-Verlauf ist in Abbildung 1 dargestellt.

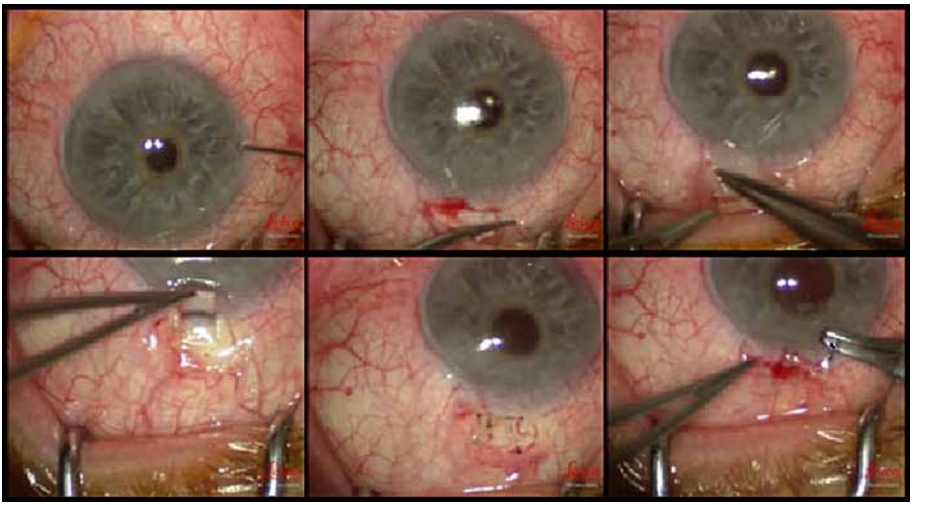


Abb. 1: OP-Verlauf: Lidocain- und Miocholeingabe über Parazentese, fornixständige Eröffnung der Bindehaut, Platzierung Lidocain- und anschließend Mitomycin-C-Schwämmchen unter der Bindehaut, Präparation des Skleradeckels mit anschließender Trabekulektomie und Iridektomie, Skleradeckelverschluss mit 4-Ethilon-10.0-Einzelknopfnähte, Bindehautverschluss mit einer fortlaufenden Vicryl-10.0-Naht (Reihenfolge von links nach rechts und von oben nach unten)

Die TA wurde wie folgt vorgenommen: Gelicain 2 % Gel auf Hornhaut, Bindehaut und Lider für ca. 2 min unmittelbar präoperativ, 0,1 ml Lidocain 1 % unkonserviert intracameral (cave: Pupillenerweiterung) über Parazentese, Schwämmchen mit Lidocain 1 % für mind. 1 min episkleral nach Bindehauteröffnung und vor Bipolation der episkleralen Gefäße. Sieben Patienten der ITN-Gruppe und ein Patient der TA-Gruppe hatten PEX. Es wurden außerdem folgende Daten erhoben: präoperativer Visus und IOD, Entlassungs-IOD, Anzahl der Medikamente vor und nach OP, Anzahl der Suturolysen und Needlings sowie die Häufigkeit von Komplikationen. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte durch Bestimmung des „Fisher's exact"-Test.

Ergebnisse

Der durchschnittliche präoperative Visus aller Patienten betrug 0,48 ± 0,25 und der durchschnittliche präoperative IOD lag bei 25,6 ± 7,7 mmHg. Die Gruppe in ITN zeigte eine durchschnittliche Drucksenkung von 12,6 ± 3,7 mmHg, die in TA eine durchschnittliche Drucksenkung von 15,8 4,5 mmHg (Abb. 2). Die Werte waren nicht signifikant verschieden (p > 0,05).

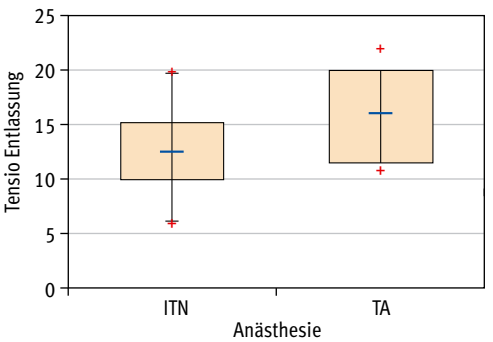


Abb. 2: Box-&-Wisker-Darstellung des postoperativen IOP bei Entlassung in beiden Gruppen

Die Schmerzen während der TA wurden von den Patienten als akzeptabel angegeben. Eine Bulbushyopotonie trat in beiden Gruppen in etwa ein Drittel der Fälle auf (Abb. 3). Bei den Patienten in ITN traten postoperativ in wenigen Fällen Aderhautschwellungen (Abb. 4) sowie Vorderkammer- und/oder Aderhautblutungen auf, was in der Gruppe mit TA, möglicherweise wegen der geringeren Fallzahl, nicht vorkam.

Die durchschnittliche Anzahl der Medikamente lag in beiden Gruppen präoperativ bei durchschnittlich 2,44 Medikamenten und postoperativ bei durchschnittlich 0,18. Die durchschnittliche Anzahl der Needlings mit fünf FU betrug in der ITN-Gruppe 2,0 und in der TA-Gruppe 1,8. Diese Werte waren nicht signifikant unterschiedlich

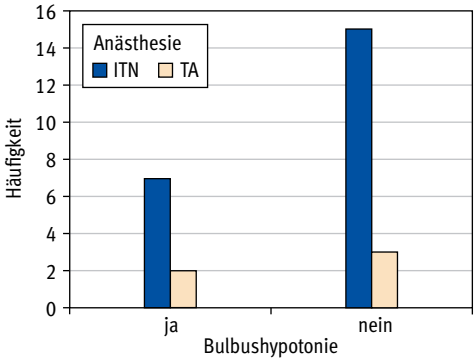


Abb. 3: Anzahl der postoperativen Bulbushyopotonie in beiden Gruppen

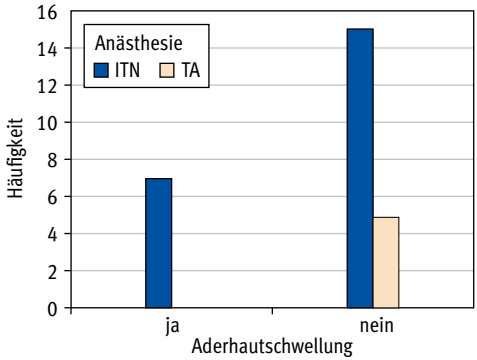


Abb. 4: Anzahl der postoperativen Aderhautschwellung in beiden Gruppen

($p > 0,05$). Die durchschnittliche Anzahl der Suturolysen lag in der ITN-Gruppe bei 1,2 und in der TA-Gruppe bei 1,8. Auch diese Werte waren nicht signifikant unterschiedlich ($p > 0,05$).

Schlussfolgerung

Die topische Anästhesie eignet sich ebenfalls sehr gut zur Durchführung einer Trabekulektomie. Es zeigte sich bisher in dem noch kleinen Patientenkollektiv eine gute Drucksenkung ohne wesentliche Komplikationen. Es sind weitere Untersuchungen an einem größeren Patientenkollektiv geplant.

Literatur

1. ANG CL, AU EONG KG, LEE SS et al.: Patients' expectation and experience of visual sensations during phacoemulsification under topical anaesthesia. Eye (Lond) 2007;21(9):1162–1167
2. CAGINI C, DE CAROLIS A, FIORE T et al.: Limbal anaesthesia versus topical anaesthesia for clear corneal phacoemulsification. Acta Ophthalmol Scand 2006;84(1):105–109
3. DUGUID IG, CLAOUE CM, THAMBY-RAJAH Y et al.: Topical anaesthesia for phacoemulsification surgery. Eye (Lond) 1995;9(Pt 4):456–459
4. EZRA DG, ALLAN BD: Topical anaesthesia alone versus topical anaesthesia with intracameral lidocaine for phacoemulsification. Cochrane Database Syst Rev 2007(3):CD005276
5. JONAS JB, HUGGER P, SAUDER J: Topical anesthesia for transpupillary silicone oil removal combined with cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2005;31(9):1781–1782
6. LAI JS, THAM CC, LAM DS: Topical anesthesia in phacotrabeculectomy. J Glaucoma 2002;11(3):271–274
7. LEO SW, LEE LK, AU EONG KG: Visual experience during phacoemulsification under topical anaesthesia: a nationwide survey of Singapore ophthalmologists. Clin Experiment Ophthalmol 2005;33(6):578–581

8. LINDLEY-JONES MF: Topical anaesthesia for phacoemulsification surgery. Clin Experiment Ophthalmol 2000;28(4):287–289
9. NEWMAN DK: Visual experience during phacoemulsification cataract surgery under topical anaesthesia. Br J Ophthalmol 2000;84(1):13–15
10. ROMAN S, AUCLIN F, ULLERN M: Topical versus peribulbar anesthesia in cataract surgery. J Cataract Refract Surg 1996;22(8):1121–1124
11. ROMAN S, PIETRINI D, AUCLIN F et al.: Phacoemulsification and topical anesthesia. Apropos of 40 cases. J Fr Ophtalmol 1996;19(1):32–38
12. TAN CS, FAM HB, HENG WJ et al.: Analgesic effect of supplemental intracameral lidocaine during phacoemulsification under topical anaesthesia: a randomised controlled trial. Br J Ophthalmol 2011; 95(6):837–841
13. TRANOS PG, WICKREMASINGHE SS, SINCLAIR N et al.: Visual perception during phacoemulsification cataract surgery under topical and regional anaesthesia. Acta Ophthalmol Scand 2003;81(2):118–122
14. WERTHEIM M, BURTON B: Immediately sequential phacoemulsification performed under topical anaesthesia as day case procedures. Br J Ophthalmol 2002;86(12):1356–1358
15. YEUNG SN, KIM P, LICHTINGER A et al.: Combined topical and intracameral anesthesia for Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty. Int Ophthalmol 2012;32(3):273–276
16. LAI JS, THAM CC, LAM DS: Intracameral lidocaine in trabeculectomy. A preliminary safety and efficacy study. Indian J Ophthalmol 2002;50(3):197–200
17. MORGAN CM, SCHATZ H, VINE AK et al.: Ocular complications associated with retrobulbar injections. Ophthalmology 1988;95(5):660–665

Erste klinische Erfahrungen mit dem CyPass-Mikrostent: Sicherheit und Operationsergebnisse eines neuen supraziliären Mikrostents

H. Höh, S. Grisanti, S. D. Vold, A. Anton, M. Rau, K. Singh, D. F .Chang, B. J. Shingleton, S. Grisanti, T. Ianchulev

Zusammenfassung

Zweck: Bestimmung der Sicherheit und klinischen Ergebnisse eines neuen supraziliären Implantates, des CyPass-Mikrostents, zur chirurgischen Behandlung des Offenwinkelglaukoms in Kombination mit Kataraktoperation.

Design: Multizentrische, multinationale, prospektive, konsekutive Anwendungsbeobachtung.

Material: 251 Augen von 251 Patienten.

Methode: Patienten mit Offenwinkelglaukom und visusbeeinträchtigender Katarakt am Studienauge (n = 251) unterzogen sich einer kombinierten Phakoemulsifikation mit Intraokularlinsenimplantation und der CyPass-Mikrostentimplantation in den Supraziliärraum. Gruppe 1: unregulierter Augeninnendruck ≥21 mmHg, n = 98. Gruppe 2: Augeninnendruck <21 mmHg, n = 153, Augeninnendruck präoperativ medikamentös reguliert. Die Glaukommedikation wurde mit dem Tag der Operation abgesetzt und nur dann wieder angesetzt, falls dies nach Einschätzung des behandelnden Augenarztes erforderlich war.

Messgrößen: Unerwünschte Ereignisse, Augeninnendruck, bestkorrigierter Fernvisus und die Anzahl der augeninnendrucksenkenden Medikamente.

Ergebnisse: Der Mikrostent wurde erfolgreich implantiert bei allen 251 Augen. Schwere intraoperative oder postoperative Komplikationen, wie Netzhaut- oder Aderhautablösung, suprachorioidale Blutungen oder Endophthalmitis, traten nicht auf. Die hauptsächlichen unerwünschten Ereignisse waren vorübergehende Augeninnendruckschwankungen während des 1. postoperativen Monats (15,6 %) mit spätem Auftreten eines erhöhten Augeninnendrucks bei 2,0 % der Augen. In einem Fall (0,4 %) trat ein verlängerter postoperativer Reizzustand auf, in 2 Fällen (0,8 %) ein mildes, vorübergehendes Hyphäma. In keinem Fall kam es zu einer persistierenden Hypotonie oder Hypotoniemakulopathie. Der präoperative Augeninnendruck betrug 19,9±5,9 mmHg; die durchschnittliche Anzahl der augeninnendrucksenkenden Medikamente betrug 2,1±1,1. 59 % (146/247) der Augen hatten einen bestkorrigierten Visus von 20/40 oder besser. 12 Monate postoperativ betrug in Gruppe 1 die Augeninnendrucksenkung im Durchschnitt 30 % (von 25,1 auf 16,6 mmHg) und die Reduktion der Anzahl angewendeter Medikamente 50 % (von 2,1 auf 1,0). Gruppe 2 zeigte eine 75%ige Reduktion der Anzahl angewendeter Medikamente (von 2,1 auf 0,5), wobei der Augeninnendruck unter

21 mmHg verblieb; eine bestkorrigierte Sehschärfe von 20/40 oder besser hatten 88 % (142/162) der Augen.
Schlussfolgerung: Die CyPass-Mikrostentimplantation in Kombination mit der Kataraktoperation ist nur mit minimalen Komplikationen verbunden und führt zu einer ausgeprägten Senkung des Augeninnendrucks und/oder der Anzahl augeninnendrucksenkender Medikamente.

Summary

Purpose: To evaluate the safety and clinical outcomes of a novel supraciliary device, the CyPass Micro-Stent, for the surgical treatment of open-angle glaucoma (OAG) implanted in conjunction with cataract surgery.
Design: Multicenter, multinational, prospective, consecutive case series
Participants: 251 eyes of 251 subjects
Methods: Patients with OAG and visually disabling cataract in the study eye (n = 251) underwent combined phacoemulsification, with intraocular lens insertion, and CyPass Micro-Stent implantation into the supraciliary space. Subjects included patients with uncontrolled (≥21 mmHg, Cohort 1, n = 98) or controlled (<21 mmHg, Cohort 2, n = 153) medicated intraocular pressure (IOP) at baseline. Glaucoma medications were discontinued at surgery and restarted, if necessary, at the discretion of each investigator.
Main Outcome Measures: Adverse events, postoperative changes in IOP, best corrected distance visual acuity (BCDVA), and number of IOP-lowering medications were recorded.
Results: The micro-stent was successfully implanted in all 251 eyes. There were no major intraoperative or postoperative complications such as retinal or choroidal detachment, suprachoroidal hemorrhage, or endophthalmitis. The most common adverse event was transient IOP fluctuation during the first month (15.6 %) with late episodes of increased IOP in 2.0 % of eyes. There was one case (0.4 %) with prolonged postoperative inflammation, 2 cases (0.8 %) with mild transient hyphema, and no cases of persistent hypotony or hypotony maculopathy. Preoperative baseline mean medicated IOP was 19.9±5.9 mmHg and the mean number of IOP-lowering medications was 2.1±1.1. 59 % (146/247) of eyes achieved a BCDVA of 20/40 or better. At 12 months postoperatively, cohort 1 showed a 30 % decrease in mean IOP and a 50 % reduction in mean glaucoma medication usage. Cohort 2 demonstrated a 75 % reduction in mean medication usage while maintaining a mean IOP <21 mmHg. BCDVA of 20/40 or better was achieved by 88 % (142/162) of eyes.
Conclusions: CyPass Micro-Stent implantation, in combination with cataract surgery, was associated with minimal complications while achieving substantial reductions in IOP and/or IOP-lowering medications.

Einleitung

Die Therapie des Glaukoms mit Augentropfen stellt die Behandlung der Wahl dar – unabhängig vom Schweregrad der Erkrankung. Dies führt jedoch dazu, dass die Patienten lebenslang die Medikamente selbst anwenden müssen. Fast 50 % der Glaukompatienten benötigen eine augeninnendrucksenkende Tropfentherapie mit mehreren Präparaten, um den Druck entsprechend regulieren zu können [12]. Dies stellt hohe Anforderungen an die Patienten [3, 8, 15]. Unterschiedliche Dosierungen und Wechselwirkungen der Medikamente untereinander beeinträchtigen oft die Mitarbeit des Patienten [16, 22}. Außerdem treten chronische Augenoberflächenbeschwerden umso öfter auf, je mehr verschiedene Augentropfen angewendet wurden [1, 13].

Die häufigste chirurgische Option, die Goniotrepanation, birgt unter anderem die Risiken einer Hypotonie, eines Hyphämas, Sickerkisseninfektionen oder einer Endophthalmitis in sich. Bei mehr als 35 % der Patienten mit fistulierenden Eingriffen kommt es dann auch zum Auftreten dieser Komplikationen [10]. Die Folge ist, dass die fistulierenden Eingriffe oft den schwerwiegenderen Fällen eines progressiven Glaukoms vorbehalten werden [7].

Der CyPass-Mikrostent (Transcend Medical Inc., Menlo Park, USA) ist ein minimal invasives Verfahren zur Augeninnendrucksenkung. Der Mikrostent wird in den Supraziliarraum implantiert, um den suprachorioidalen Kammerwasserabfluss zu verbessern. Das Verfahren erfolgt ab interno, ist minimal invasiv und weniger traumatisch als die fistulierenden Eingriffe. Zwischen dem Suprachorioidalraum und der Vorderkammer herrscht ein negativer Druckunterschied, der den Abfluss des Kammerwassers ermöglicht [6]. Eine traumatische oder iatrogene Zyklodialyse ist mit einer deutlichen Augeninnendrucksenkung verbunden [19]. Dieses Manuskript stellt die 1-Jahres-Ergebnisse der Patienten, bei denen im Rahmen einer Kataraktoperation auch eine CyPass-Implantation zur Behandlung des gleichzeitig bestehenden Offenwinkelglaukoms durchgeführt wurde, vor.

Material und Methoden

Studiendesign

Die *Cy*Pass-*Cl*inical-*E*xperience-(CyCLE-)Studie (clinicaltrials.gov, Aktenzeichen NCT01097174) ist eine fortlaufende unverblindete, interventionelle, multizentrische Sicherheitsstudie zum Mikrostent bei Patienten mit Offenwinkelglaukom mit gleichzeitig vorliegender Katarakt. Die Patienten wurden nach einem standardisierten Studienprotokoll aufgenommen, für das von den Ethikkommissionen oder zuständigen Aufsichtsbehörden jedes Studienzentrums die Genehmigung vorliegt und das den Ansprüchen der Deklaration von Helsinki entspricht. Alle Patienten wurden vor Beginn studienspezifischer Untersuchungen und Behandlungen über die Studie aufgeklärt und haben ein Einverständnisformular unterschrieben.

Studienpatienten

Aufgenommen wurden Patienten mit Offenwinkelglaukom und visusbeeinträchtigender Katarakt, die eine Phakoemulsifikation benötigten und mit der Aufnahme in die Studie einverstanden waren. Es wurden zwei Patientengruppen gebildet: Gruppe 1: Patienten mit primärem oder sekundärem Offenwinkelglaukom mit einem Augeninnendruck von ≥21 mmHg unabhängig von der Augentropfenmedikation oder vorherigen Glaukomoperationen („unreguliertes Glaukom"). Gruppe 2: Patienten mit medikamentös <21 mmHg eingestelltem Augeninnendruck, bei denen die Reduzierung der Medikamentenanzahl das therapeutische Ziel war („reguliertes Glaukom"). Ausschlusskriterien waren: chronischer Kammerwinkelverschluss oder Winkelblockglaukom (Schaffer Grad 1 oder 2), uveitisches oder neovaskuläres Glaukom, angeborene Anomalien der Vorderkammer und des Kammerwinkels und bekannte Unverträglichkeiten oder Überempfindlichkeit gegenüber Lokalanästhetika, Miotika, Mydriatika oder Polyimid. Die Studienpatienten wurden präoperativ einer kompletten Augenuntersuchung unterzogen, die die medizinische Anamnese, eine Spaltlampenuntersuchung, eine Untersuchung des Augenhintergrunds bei erweiterter Pupille, eine Augeninnendruckmessung mit dem Goldmann-Tonometer, eine Gonioskopie und eine Refraktionsprüfung zur Bestimmung des bestkorrigierten Fernvisus umfasste.

Studiengegenstand

Der CyPass-Mikrostent ist Forschungsgegenstand einer FDA-IDE-Studie in den USA. Er trägt das CE-Kennzeichen der Europäischen Union seit 2008. Das Implantat ist ein gefensterter Mikrostent aus biokompatiblem Polyimid. Es misst 6,35 mm in der Länge und 510 µm im Außendurchmesser. Wenn der Mikrostent korrekt implantiert wurde, sorgen seine Steifigkeit sowie die Rückhalteringe am äußeren Ende des Stents dafür, dass das Implantat im Kammerwinkel und im Supraziliarraum verankert bleibt. Der Mikrostent verbessert dabei den Kammerwasserabfluss über den uveoskleralen Weg (Abb. 1).

Abb. 1: Das CyPass-Implantat ist auf dem Führungsdraht des Implantationshandgriffes aufgesetzt

OP-Technik

Die an der Studie teilnehmenden Operateure führten die Phakoemulsifikation in ihren jeweiligen standardisierten Techniken durch. Es wurde eine Intraokularlinse nach Wahl des Operateurs ausgewählt und implantiert und das Viskoelastikum aus der Vorderkammer abgesaugt. Mittels Injektion von Acetylcholin (10 mg/ml) wurde die Pupille verengt. Zur Implantation des Stents wurde die Vorderkammer erneut mit Viskoelastikum nach Wahl des Operateurs gefüllt zur Stellung der Vorderkammer und Aufdehnung des Kammerwinkels. Der Kammerwinkel wurde vor und während der Implantation mit einer Goniolens dargestellt (Swan-Jacob- oder Hill-Gonioprisma, Ocular Instruments, Bellevue, USA). Der Mikrostent wurde auf den Führungsdraht des Applikators aufgeschoben. Unter gonioskopischer Kontrolle wurde das Implantat in die Vorderkammer eingeführt über den Phakoschnitt und in Richtung Skleralsporn vorgeschoben. Mit der Spitze des Führungsdrahtes wurde zunächst an der Iriswurzel ein schmaler Zyklodialysespalt zum Supraziliarraum angelegt. Dann wurde der Mikrostent in den Supraziliarraum implantiert. Der Führungsdraht wurde nun zurückgezogen und der Applikator aus dem Auge entfernt. Das Viskoelastikum wurde mittels Saugspülhandgriff abgesaugt. Jeder Studienarzt setzte postoperativ Antibiotika und Steroid nach seinem Standardschema an. Die Implantatpositionierung wurde postoperativ mittels Gonioskopie und in einigen Fällen mit dem Visante OCT (Carl Zeiss Meditec, Jena, Deutschland) geprüft.

Messgrößen

Der Ausgangsaugeninnendruckwert wurde unter Augentropfentherapie gemessen. Sämtliche augeninnendrucksenkende Medikamente wurden unmittelbar nach der Operation abgesetzt. Kontrolluntersuchungen erfolgten ein Tag, eine Woche sowie ein, drei, sechs und zwölf Monate postoperativ. Die Entscheidung, ob bei einem Patienten nach Mikrostentimplantation erneut eine medikamentöse Therapie begonnen werden soll, lag beim Operateur. Implantatbezogene unerwünschte Ereignisse wurden zu jeder Kontrolluntersuchung aufgenommen, ebenso die Anzahl der zur Augendruckregulierung angewendeten Medikamente. Die postoperativen Untersuchungen umfassten: Gonioskopie, Spaltlampenuntersuchung, Untersuchung des Augenhintergrunds bei erweiterter Pupille, Augeninnendruckmessung und die Erhebung des bestkorrigierten Fernvisus.

Statistische Analyse

Die Signifikanz der Augeninnendruckveränderung und der Anzahl der angewendeten Medikamente wurde mittels t-Test für gepaarte Stichproben geprüft. Ein p-Wert unter 0,05 wurde als statistisch signifikant angesehen. Die Werte wurden als Mittelwerte ± Standardabweichung angegeben.

Ergebnisse

Ausgangswerte

Bei insgesamt 251 Augen erfolgte die Implantation des Mikrostents, kombiniert mit einer Kataraktoperation. Die Ausgangswerte werden in Tabelle 1 dargestellt. 59 Patienten gingen während der Nachbeobachtungszeit (mindestens zwölf Monate) „verloren", 24 Patienten wurden im Nachhinein ausgeschlossen wegen einer späteren Glaukomoperation, auf Wunsch der Patienten oder weil sie verstorben waren, sodass 12-Monats-Ergebnisse von 168 Patienten zur Verfügung standen. Da die Kataraktoperation die Hauptindikation für den chirurgischen Eingriff darstellte, wies die Mehrzahl der Patienten einen regulierten Augeninnendruck (<21 mmHg) auf und wurde in Gruppe 2 (n = 153) aufgenommen). Etwa 96 % aller Patienten applizierten präoperativ mindestens ein Glaukompräparat. Bei einigen Patienten wurden OCT-Befunde erhoben zur Darstellung des Supraziliarraums und des Kammerwinkels im Implantationsbereich. Abbildungen 2 bis 4 zeigen die Lage des CyPass-Stents im Supraziliarraum.

Durchschnittsalter (Jahre)	74,0 ± 7,2
Anteil weiblich (%)	58,6 % (147/251)
Ausgangs-IOD (mmHg)	19,9 ± 5,9
% mit Ausgangs-IOD ≥21 mmHg trotz Medikation	39,0 % (98/251)
Durchschnittliche Anzahl augeninnendrucksenkender Medikamente	2,1 ± 1,1
% mit 3 und mehr Medikamenten	34,3 % (86/251)
% mit 2 Medikamenten	34,3 % (86/251)
% mit 1 Medikament	27,1 % (68/251)
Vorherige Glaukomeingriffe	
Laser (periphere Iridotomie/SLT/ALT)	7,2 % (18/251)
Goniotrepanation	3,6 % (9/251)
Andere Augenoperationen	3,6 % (9/251)

Tab. 1: Ausgangswerte

Unerwünschte Ereignisse

Bei allen implantierten Patienten wurden die Sicherheitsdaten erfasst. Tabelle 2 listet alle intra- und postoperativen unerwünschten Ereignisse/Komplikationen auf. Visusbeeinträchtigende Komplikationen traten intraoperativ nicht auf. Das häufigste unerwünschte Ereignis waren vorübergehende Augeninnendruckschwankungen während der ersten vier postoperativen Wochen. 12 % der Augen wiesen eine

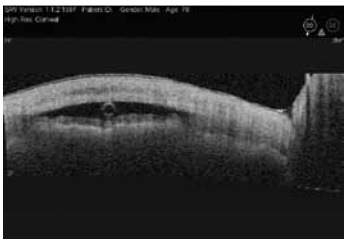


Abb. 2: Limbusparalleler Schnitt durch Sklera, Supraziliarraum und äußere Aderhaut. Seitlich des offenen Stents zeigt sich die zeltförmige Flüssigkeitsansammlung im Suprachorioidalraum als „internes Sickerkissen“ (Visante OCT, Zeiss, Jena)

Abb. 3: Längsschnitt durch den CyPass-Stent. Links zeigt sich das Stentende in der Vorderkammer und im rechten Anteil im Suprachorioidalraum (Visante OCT, Zeiss, Jena)

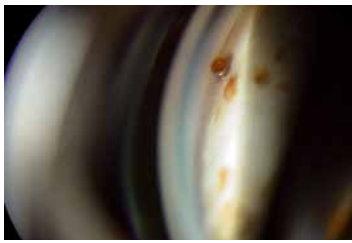


Abb. 4: Gonioskopie. Der Stent sitzt in idealer Position im Kammerwinkel. Die Stentöffnung ist frei

früh postoperative, vorübergehende Hypotonie auf, die aber keinen chirurgischen Eingriff erforderte. Die Hypotonie hielt in der Mehrzahl der Fälle weniger als einen Monat an.

Lediglich 0,8 % der Augen wiesen ein vorübergehendes Hyphäma auf, das sich in allen Fällen spätestens nach einer Woche postoperativ wieder aufgelöst hatte. In keinem Fall kam es zu einer Aderhautblutung, einer Netzhautablösung, einer Vorderkammerabflachung oder einem Visusverlust. Bei 1,6 % der Augen wurde postoperativ ein Hornhautödem beobachtet, das sich aber in allen Fällen nach drei Monaten zurückgebildet hatte.

In einem Fall (0,4 %) kam es zu einem lagebedingten unerwünschten Ereignis in Form eines Endothelkontakts, der durch eine zu weit anteriore Stentpositionierung auftrat. Der Endothelkontakt war auf die äußerste Hornhautperipherie beschränkt und weder visusbeeinträchtigend, noch erforderte er einen Eingriff.

In zwölf Fällen (4,8 %) war der Stent teilweise oder komplett verstopft. Vier dieser Fälle ließen sich darauf zurückführen, dass der Operateur den Stent während der Operation zu weit in den Supraziliarraum vorgeschoben hatte, sodass das benachbarte Irisgewebe die Öffnung verschloss. Die übrigen acht Fälle wiesen einen teilweisen Verschluss der Stentöffnung durch umgebende Synechien auf.

Zu den Folgeoperationen zählten die Mikrostentrepositionierung oder -explantation sowie zusätzliche Glaukomoperationen zu Augeninnendruckregulierung. In einem Fall war während der ersten Woche nach der Operation wegen eines nicht tief genug implantierten Stents eine Stentrepositionierung erforderlich. Diese verlief komplikationslos, und der Patient erreichte zur 12-Monats-Kontrolle einen Augeninnendruck von 12 mmHg ohne Glaukommedikation. Bei einem Patienten wurde während der im Verlauf erforderlichen Goniotrepanation der Stent explantiert, da er verschlossen war.

Sehschärfe

Bei fast allen Augen kam es im Verlauf der zwölfmonatigen Nachbeobachtungszeit zu einem Anstieg der bestkorrigierten Sehschärfe. Vor der Operation betrug diese bei 88 % aller dokumentierten Augen (146/247) mehr als 20/40. Bei 159 Augen lagen zwölf Monate postoperativ Visuswerte vor; hiervon zeigten 91 % keine Veränderung bzw. einen Visusanstieg gegenüber dem Ausgangswert.

Augeninnendruck

In Gruppe 1 konnte sowohl beim durchschnittlich erreichten Augeninnendruck als auch bei der durchschnittlichen Anzahl angewendeter Medikamente eine Reduktion festgestellt werden (Abb. 5). Im Vergleich zum Ausgangsaugeninnendruck mit Medikamenten zeigte sich bei den 6-Monats-Kontrollen und 12-Monats-Kontrollen durchgehend eine mindestens 30%ige Druckreduktion. Diese Veränderung zu allen drei Zeitpunkten im Vergleich zum Ausgangswert war statistisch signifikant ($p < 0{,}0001$). Ebenso kam es zu einer Reduktion der durchschnittlichen Anzahl der Glaukommedikamente von 2,1 präoperativ auf 0,9 sechs Monate und 1,0 zwölf Monate nach dem Eingriff.

In Gruppe 2 kam es zu einer deutlichen Reduktion der Anzahl der Glaukommedikamente bei stabilem Augeninnendruck. Insgesamt stieg in Gruppe 2 der Anteil der Patienten mit nur einem Medikament von 3 % (4/153) präoperativ auf 66 % (71/153) zwölf Monate postoperativ an.

Diskussion

Die CyPass-Mikrostentimplantation weist zwölf Monate nach dem Eingriff ein exzellentes Sicherheitsprofil auf. Es traten keine unerwünschten Ereignisse auf, und die Häufigkeit postoperativer Komplikationen war sehr gering. Einige der unerwünschten Ereignisse ließen sich eindeutig auf den Stent zurückführen (z. B. vorübergehende Hypotonie, Blutrückfluss, ungenaue Positionierung, Stentverschluss). Andere unerwünschte Ereignisse jedoch, wie Entzündung, vorübergehender postoperativer Augendruckanstieg und Hornhautödem, können sowohl durch die Kataraktoperation als auch die Stentimplantation hervorgerufen sein. Dennoch wich die Gesamtkomplikationsrate nicht gravierend ab von der bei Kataraktoperationen bei nicht glaukomatösen oder Glaukomaugen [20].

Die vorübergehende Hypotonie war die häufigste stentbedingte postoperative Komplikation. Sie war auf die frühe postoperative Phase begrenzt und trat nach dem ersten postoperativen Monat nicht mehr auf. Anders als die Hypotonie durch Überfiltration nach fistulierenden Eingriffen kam es aber nicht zu einer externen Fistelbildung oder zu einer Vorderkammeraufhebung, und es waren keine weiteren chirurgischen Eingriffe notwendig. Zudem trat – wahrscheinlich durch die kurze Dauer der Hypotonie – keine Hypotoniemakulopathie auf. Die vorübergehende

Ereignis	% (n)
Erhöhter Augeninnendruck (IOD) (IOD >30 mmHg und ≥ Ausgangs-IOD +10 mmHg)	4,0 % (10)
≤1 Monat	2,0 % (5)
>1 Monat	2,0 % (5)
Hypotonie (IOD <6 mmHg)	11,6 % (29)
≤1 Monat	11,6 % (29)
>1 Monat	0,0 %
Postoperatives Hyphäma	0,8 % (2)
≤1 Monat	0,8 % (2)
>1 Monat	0,0 %
Entzündung >1 Monat	0,4 % (1)
Hornhautödem >1 Monat	0,4 % (1)
Implantatbedingter Verlust des bestkorrigierten Fernvisus	0,0 % (0)
Endotheltouch	0,4 % (1)
Vorderkammeraufhebung	0,0 %
Verschluss des Stents	4,8 % (12)
Weitere Glaukom-OP durchgeführt	6,8 % (17)
Repositionierung des Stents	0,4 % (1)
Explantation des Stents	0,4 % (1)
Sekundäre Katarakt	1,2 % (3)
Makulaödem	0,4 % (1)

Tab. 2: Unerwünschte Ereignisse/Komplikationen während der ersten 12 postoperativen Monate bei allen in die Studie aufgenommenen und mit CyPass-Mikrostentimplantation und Kataraktoperation behandelten Patienten (n = 251).

Hypotonie kann mit dem Zyklodialysespalt um den Mikrostent herum zusammenhängen. Ein erweiterter Spalt ist häufig unmittelbar nach der Operation sichtbar (Ahmed IK, Rau MB, Grabner G. Use of anterior segment OCT for deep-angle visualization after microstent implantation. Paper presented at: ASCRS Annual Meeting, April 24, 2012: San Francisco, USA). Die Frühhypotonie kann durch den erhöhten Abfluss in den Suprachorioidalraum durch den umgebenden Zyklodialysespalt verursacht sein. Während der ersten vier bis sechs Wochen postoperativ zieht sich der Spalt um den Stent herum zusammen. Der schrittweise Verschluss des den Stent

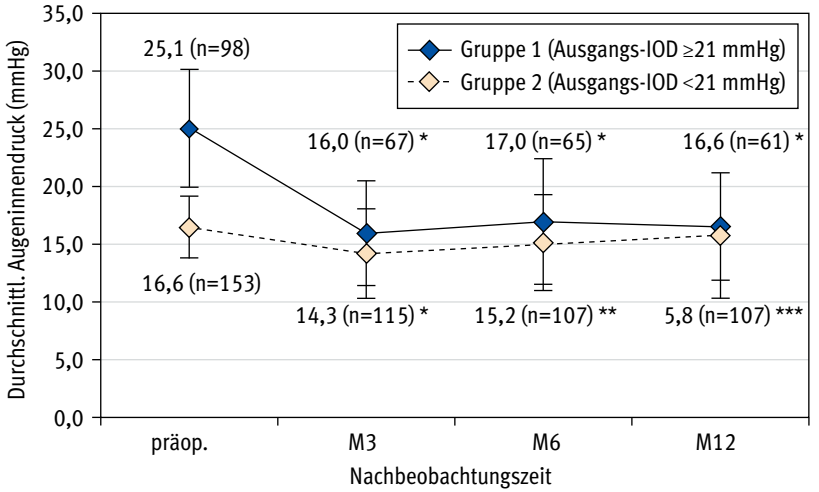


Abb. 5: Durchschnittlicher Augeninnendruck (IOD) in mmHg bei jeder Kontrolluntersuchung für Gruppe 1 (Patienten mit Ausgangs-IOD ≥21 mmHg) und Gruppe 2 (Patienten mit Ausgangs-IOD <21 mmHg)

*p ≤ 0.0001, **P = 0.0016, ***P = 0.0144 (Signed-Rank-Test) im Vergleich zum Ausgangsdruck (M = Monat postoperativ)

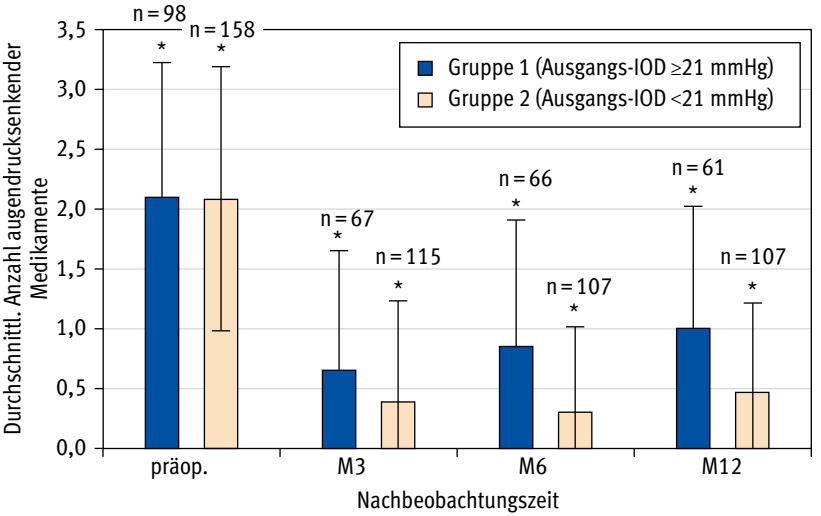


Abb. 6: Durchschnittliche Anzahl angewendeter drucksenkender Medikamente bei jeder Kontrolluntersuchung für Gruppe 1 (Patienten mit Ausgangs-IOD ≥21 mmHg) und Gruppe 2 (Patienten mit Ausgangs-IOD <21 mmHg).

*p ≤ 0.0001 (Signed-Rank-Test) im Vergleich zur präoperativen Anzahl (M = Monat postoperativ)

umgebenden Zyklodialysespalts kann die Erklärung dafür sein, dass der Druck so lange bis zu einem bestimmten Wert ansteigt und sich dann stabilisiert, wenn der suprachorioidale Zugang nur noch über den Mikrostent möglich ist.

Die Augeninnendruckerhöhung war das häufigste unerwünschte Ereignis, das sowohl auf den Mikrostent als auch die Kataraktoperation zurückzuführen sein kann. Mehr als 60 % aller Augendruckanstiege traten in den ersten postoperativen Monaten auf. Zu einem früh postoperativen Augendruckanstieg kommt es sowohl als alleinige Folge der Kataraktoperation als auch als Reaktion auf die topische Kortikoidgabe [2, 4]. Zusätzlich kann auch das Absetzen der gesamten Glaukommedikation zum Auftreten früh postoperativer Druckspitzen beigetragen haben.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass das Sicherheitsprofil des supraziliären Mikrostents vergleichbar ist mit dem anderer minimalinvasiver Ab-interno-Verfahren; insbesondere hinsichtlich des Auftretens eines Makulaödems (1 %) und der Rate von Stentfehlstellungen und/oder -verstopfungen (3 %) [14]. Die CyPass-Stentimplantation verhindert des Weiteren die zahlreichen Komplikationen, die mit einer Goniotrepanation verbunden sind, wie flache oder aufgehobene Vorderkammer, Sickerkissenabkapselung, Wundleckage und Aderhautanhebung [9]. Ein Hyphäma, das nach Goniotrepanation in 10 % bis 24,6 % der Fälle auftreten kann [5, 11], konnte in der jetzigen Studie nur in 0,8 % der Fälle registriert werden und löste sich in all diesen Fällen innerhalb des ersten postoperativen Monats spontan auf. Dagegen wurde bei etwa 78 % der Augen nach Trabektom-Operationen über ein vorübergehendes Hyphäma berichtet [14].

Gruppe 1 (mit erhöhtem Augeninnendruck präoperativ) erreichte postoperative Druckwerte im Normalbereich. Zusätzlich wurde die durchschnittliche Anzahl drucksenkender Medikamente zur Erreichung des Zieldrucks reduziert. Gruppe 2 (mit normalen Ausgangsdruckwerten) erreichte eine Reduktion der Anzahl drucksenkender Medikamente bei Erhalt des Normaldruckwertes.

Bei mehr als 20 % der Patienten, bei denen eine Kataraktoperation durchgeführt wird, liegt ebenfalls ein Glaukom vor [23]. Obwohl nach Mikrostentimplantation in der Gruppe 1 der durchschnittliche Druck absank und in Gruppe 2 die durchschnittliche Glaukommedikationsanzahl reduziert wurde, gibt es keine Vergleichsgruppe, die eine Differenzierung des Mikrostenteffekts von dem nach drucksenkenden Effekt nach alleiniger Kataraktoperation ermöglichen könnte [17, 18, 21]. Die aktuellen Ergebnisse ermöglichen jedoch den Vergleich der Kontrollgruppe mit alleiniger Kataraktoperation mit der randomisierten prospektiven Effizienzstudie zum trabekulären Mikrobypass-Stent [20].

Obwohl die Kataraktoperation eine gute Gelegenheit für die Kombination mit einer Goniotrepanation bietet, ist dieses Vorgehen wegen der damit verbundenen hohen Risiken bei den meisten Patienten mit mildem bis mittlerem Glaukom nicht angemessen. Bei den meisten Kataraktpatienten mit zusätzlichem milden bis mittleren Glaukom besteht aber der klinische Bedarf an einem sicheren, effektiven und

minimalinvasiven Verfahren zur Augendrucksenkung, das sich mit der Kataraktoperation kombinieren lässt.

Eine prospektive, randomisierte klinische Studie zum Vergleich der kombinierten Kataraktoperation und Mikrostentimplantation mit der alleinigen Kataraktoperation würde die bessere Bewertung des drucksenkenden Effekts des Stents erlauben. Trotzdem sind bereits das Sicherheitsprofil und die Ergebnisse dieser einjährigen Anwendungsbeobachtung ermutigend und weisen darauf hin, das der suprachorioidale Abfluss über dieses neue Implantat ein vielversprechendes chirurgisches Verfahren zur Glaukombehandlung darstellt.

Danksagung
Die statistische Auswertung wurde unterstützt von Gerard Smits, PhD, Firma Computer Sciences Corporation (CSC) Inc., Falls Church, Virgina/USA.

Literatur

1. BAUDOUIN C, LIANG H, HAMARD P et al.: The ocular surface of glaucoma patients treated over the long term expresses inflammatory markers related to both T-helper 1 and T-helper 2 pathways. Ophthalmology 2008;115:109–115
2. CHANG DF, TAN JJ, TRIPODIS Y: Risk factors for steroid response among cataract patients. J Cataract Refract Surg 2011;37:675–681
3. CLAXTON AJ, CRAMER J, PIERCE C: A systematic review of the associations between dose regimens and medication compliance. Clin Ther 2001;23:1296–1310
4. DONNENFELD ED, HOLLAND EJ, SOLOMON KD et al.: A multicenter randomized controlled fellow eye trial of pulse-dosed difluprednate 0.05% versus prednisolone acetate 1 % in cataract surgery. Am J Ophthalmol 2011;152:609–617
5. EDMUNDS B, THOMPSON JR, SALMON JF, WORMALD RP: The National Survey of Trabeculectomy. III. Early and late complications. Eye (Lond) 2002;16:297–303
6. EMI KE, PEDERSON JE, TORIS CB: Hydrostatic pressure of the suprachoroidal space. Invest Ophthalmol Vis Sci 1989;30:233–238
7. FRANCIS BA, SINGH K, LIN SC et al.: Novel glaucoma procedures: A report by the American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology 2011;118:1466–1480
8. FRIEDMAN DS, QUIGLEY HA, GELB L et al.: Using pharmacy claims data to study adherence to glaucoma medications: methodology and findings of the glaucoma adherence and persistency study (GAPS). Invest Ophthalmol Vis Sci 2007;48:5052–5057
9. GEDDE SJ, HERNDON LW, BRANDT JD et al.: Surgical complications in the Tube Versus Trabeculectomy Study during the first year of follow-up. Am J Ophthalmol 2007;143:23–31
10. GEDDE SJ, SCHIFFMAN JC, FEUER WJ et al.: Tube Versus Trabeculectomy Study Group. Three-year follow-up of the tube versus trabeculectomy study. Am J Ophthalmol 2009;148:670–684

11. JAMPEL HD, MUSCH DC, GILLESPIE BW et al.: Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study Group. Perioperative complications of trabeculectomy in the collaborative initial glaucoma treatment study (CIGTS). Am J Ophthalmol 2005;140:16–22
12. KASS MA, HEUER DK, HIGGINBOTHAM EJ et al.: The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. Arch Ophthalmol 2002;120:701–713
13. LEUNG EW, MEDEIROS FA, WEINREB RN: Prevalence of ocular surface disease in glaucoma patients. J Glaucoma 2008;17:350–355
14. MINCKLER D, MOSAED S, DUSTIN L, FRANCIS B and Trabectome Study Group: Trans Am Ophthalmol Soc 2008;106:149–160
15. NORDSTROM BL, FRIEDMAN DS, MOZAFFARI E et al.: Persistence and adherence with topical glaucoma therapy. Am J Ophthalmol 2005;140: 598–606
16. PATEL SC, SPAETH GL: Compliance in subjects prescribed eyedrops for glaucoma. Ophthalmic Surg 1995; 26:233–236
17. POHJALAINEN T, VESTI E, UUSITALO RJ, LAATIKAINEN L: Phacoemulsification and intraocular lens implantation in eyes with open-angle glaucoma. Acta Ophthalmol Scand 2001;79:313–316
18. POLEY BJ, LINDSTROM RL, SAMUELSON TW: Long-term effects of phacoemulsification with intraocular lens implantation in normotensive and ocular hypertensive eyes. J Cataract Refract Surg 2008;34:735–742
19. RAZEGHINEJAD MR, SPAETH GL: A history of the surgical management of glaucoma. Optom Vis Sci 2011; 88:E39–47
20. SAMUELSON TW, KATZ LJ, WELLS JM et al.: Randomized evaluation of the trabecular micro-bypass stent with phacoemulsification in patients with glaucoma and cataract. Ophthalmology 2011;118:459–467
21. SHINGLETON BJ, GAMELL LS, O'DONOGHUE MW et al.: Long-term changes in intraocular pressure after clear corneal phacoemulsification: Normal patients versus glaucoma suspect and glaucoma patients. J Cataract Refract Surg 1999;25: 885–890
22. TAYLOR SA, GALBRAITH SM, MILLS RP: Causes of non-compliance with drug regimens in glaucoma patients: a qualitative study. J Ocul Pharmacol Ther 2002;18:401–409
23. TSENG VL, YU F, LUM F, COLEMAN AL: Risk of fractures following cataract surgery in Medicare beneficiaries. JAMA 2012;308:493–501

FEMTO-LASER

Persönliche Erfahrungen mit dem LenSx-Femtosekundenlaser

M. C. Knorz

Einleitung

Die Laser-Refraktive Linsenchirurgie zeigt die immer enger werdende Verzahnung zwischen der Kataraktchirurgie und der refraktiven Linsenchirurgie. Der Laser dient nicht nur zur Verflüssigung oder Zerteilung des Linsenkerns, sondern auch zur Kapsulorhexis, zum Anlegen der Hornhautinzisionen sowie zur Korrektur des Astigmatismus mittels intrakornealer Schnitte.

Erfahrungen

Mittlerweile sind vier Laser zugelassen und auch weltweit in der klinischen Routine eingesetzt (Alcon LenSx, Optimedica Catalys, LensAR, Bausch & Lomb VICTUS). Die meisten Erfahrungen liegen mit dem Laser der Fa. Alcon LenSx vor, den wir seit 2011 verwenden [1–5]. Zahlreiche Publikationen belegen mittlerweile die Wirksamkeit der Laser-Refraktiven Linsenchirurgie und die möglichen Vorteile gegenüber der normalen Phakoemulsifikation [1–5]. So konnte gezeigt werden, dass die Laser-Kapsulorhexis mindestens so stabil wie eine manuelle Kapsulorhexis ist [1]. Die Laser-Kapsulorhexis war zudem wesentlich exakter reproduzierbar hinsichtlich Durchmesser und Form als eine manuelle Kapsulorhexis [2, 3]. Ein Vergleich der IOL-Zentrierung und der IOL-Verkippung zeigte eine signifikant bessere IOL-Zentrierung und eine signifikant geringere IOL-Verkippung nach Laser-Kapsulorhexis [3]. Schließlich fanden sich geringere optische Aberration, insbesondere eine signifikant geringere Coma nach Laser-Kapsulorhexis im Vergleich zur manuellen Kapsulorhexis [4].

Die Laser-Refraktive Kataraktchirurgie kann somit sowohl den refraktiven Linsenaustausch als auch die Kataraktoperation standardisierbarer und reproduzierbarer machen und damit für eine höhere Genauigkeit und eine geringere Komplikationsrate sorgen. Sie wird sich daher in einem ersten Schritt zum einen im Bereich der refraktiven Linsenchirurgie und zum anderen bei der Ausbildung angehender Operateure durchsetzen. Mit sinkenden Preisen dürfte eine weitere Verbreitung erfolgen, die wohl nicht so lange dauern wird wie bei der Phakoemulsifikation.

Literatur

1. NAGY Z, TAKACS A, FILKORN T, SARAYBA M: Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. J Refract Surg 2009;25:1053–1060
2. KRANITZ K, TAKACS A, MIHALTZ K et al.: Femtosecond laser capsulotomy and manual CCC parameters and their effects on IOL centration. J Refract Surg 2011;27:558–563
3. NAGY Z, KRANITZ K, TAKACS A et al.: Comparison of IOL decentration parameters after femtosecond and manual capsulotomies. J Refract Surg 2011;27:564–569
4. MIHALTZ K, KNORZ MC, ALIO JL et al.: Internal aberrations and optical quality after femtosecond laser anterior capsulotomy in cataract surgery. J Refract Surg 2011;27:711–716
5. NAGY ZZ, KRANITZ K, TAKACS A et al.: Intraocular femtosecond laser use in traumatic cataracts following penetrating and blunt trauma. J Refract Surg 2012;28:151–152
6. FRIEDMAN NJ, PALANKER DV, SCHUELE G et al.: Femtosecond laser capsulotomy. J Cataract Refract Surg 2012:37:1742

Fs-Laser-assistierte Kataraktchirurgie – 6-Monats-Ergebnisse

P. Hoffmann, C. Lindemann

Einleitung

In den letzten zwei Jahren ist die Femtosekundenlaser-assistierte Kataraktchirurgie (LARCS) stark in das Interesse der Augenchirurgen gerückt. Ist das Verfahren sicherer, präziser und besser als die konventionelle Phakoemulsifikation?

Material und Methoden

Technik

Seit Juli 2012 nutzen wir den Femtosekundenlaser „Victus" für die Kataraktchirurgie. Es handelt sich um eine Laserplattform, die sowohl für die Katarakt- als auch für die refraktive Chirurgie einsetzbar ist. Das Andocken erfolgt über ein gekrümmtes Kontaktglas in zwei verschiedenen Modi. Das „soft docking" für die intraokularen Schnitte erfolgt mit sehr geringem Anpressdruck, hierbei liegt das Kontaktglas der Hornhaut nur lose auf oder berührt sie gar nicht. Hierdurch sollen Faltenbildung in den inneren Hornhautschichten vermieden und die Präzision verbessert werden; dies gilt insbesondere für die Kapsulotomie. Das „hard docking" applaniert die Hornhaut und erlaubt so präzise intrakorneale Schnitte für Zugänge, arkuate Keratotomien, Intracor, INTACS, LASIK-flaps usw. Der Laser hat eine Pulslänge von ca. 450 fs und arbeitet mit einer Repetitionsfrequenz von bis zu 160 kHz je nach Zielgewebe und Energie.

OP-Zahlen

Bis zum 12.3.2013 wurden 266 Kataraktprozeduren mit dem Laser durchgeführt. Bei 42 davon wurden arkuate Keratotomien angelegt. Diese Inzisionen wurden konventionell auf 80 % der lokalen Hornhauttiefe und epithel- und Bowman-eröffnend angelegt. Die optische Zone betrug 8,5 mm, die Bogenlänge wurde nach einem an Oshika [1] angelehnten und auf unsere Verhältnisse adaptierten Nomogramm festgelegt.

Die Kapsulotomie wurde auf die vermutete Gesichtslinie zentriert (Mitte zwischen Pupillenmitte und 1. Purkinjebild in der Biometrie). Als Fragmentationsmuster wurde in 73 % der Fälle eine Pre-chop-Technik mit sechs bis acht Stücken gewählt, in 27 % eine Kombination aus radiären und zirkulären Schnittmustern.

Drei Operationen (1,1%) konnten wegen technischer Störungen nicht zu Ende geführt werden. Einzige laserbedingte Komplikation war eine inkomplette Kapsulotomie (Druckverlust), die noch am Laser korrigiert werden konnte. 1,09 Dockversuche waren im Mittel pro Auge notwendig.

Alle Eingriffe wurden mittels koaxialer Mikrophako weitergeführt und die Augen mit asphärisch-aberrationskorrigierenden Linsen versorgt.

Vergleichsgruppe

Um die LARCS-Ergebnisse bewerten zu können, wurde Prozess- und Ergebnisqualität mit einer Gruppe von 100 Patienten verglichen, die im Rahmen einer Qualitätssicherungsmaßnahme mit der gleichen Diagnostik und den gleichen Linsen manuell operiert wurden. Die Vergleichsgruppe war geringfügig älter (Median 71 vs. 74 Jahre), die LOCS-Gradierung war ähnlich (NO Mittel 3.1 vs. 3.2).

Ergebnisse

Prozessqualität

93% der Kapsulotomien waren frei schwimmend, 6% adhärent und 1% (zwei Augen) inkomplett. 100% der Laserkapsulotomien wurden hinsichtlich Größe und Zentrierung als optimal gewertet im Vergleich zu 85% in der manuellen Gruppe. An Komplikationen traten ein anteriorer und ein posteriorer Kapselriss (je 0,4%) bei der Rindenentfernung auf. Die Behandlungszeit (Schusszeit) lag im Mittel bei 32 s inkl. der Selbsttests. Die Zeit zum Andocken und Einstellen betrug im Mittel 88 s. Die benötigte Zeit zur Entfernung des Kerns („tip time“) war 84 ± 41 s/77 ± 32 s (LARCS/manuell). Der BSS-Verbrauch betrug 76 ± 23/77 ± 36 ml. Die „effektive Phakozeit“ lag bei 1,6 ± 1,7 s/2,9 ± 2,3 s (Mann-Whitney $P < 0{,}0001$). Die eingestrahlte Laserenergie (abgeschätzt) lag bei 8,8 ± 2,7 J. Die Ultraschallenergie der Phakomaschine (abgeschätzt) war in der Größenordnung von 10,5 11,4 J (LARCS) bzw. 17,3 13,3 J (manuell).

Ergebnisqualität

Zur Ergebnisqualität wurden folgende Parameter erfasst: Hornhautquellung, refraktive Präzision, Visus und optische Aberrationen.

Die zentrale Hornhautquellung am ersten Morgen nach der Operation betrug 18 ± 21 µm/31 ± 27 µm (Mann-Whitney $P < 0{,}05$). Der Visus zum gleichen Zeitpunkt war in der Lasergruppe ebenfalls etwas besser: 0.71/0.59 geometrisches Mittel (95% CI 0.62–0.72/0.51–0.61, Mann-Whitney $P < 0{,}001$). Nach einem Monat ist kein diesbezüglicher Unterschied mehr feststellbar. Der refraktive Vorhersagefehler nach vier Wochen war 0,38 ± 0,29/0,39 ± 0,27 dpt (n.s.), nach sechs Monaten 0,28 ± 0,25/0,33 ± 0,29 dpt ($n = 35$, n.s.). Die Aberrationen höherer Ordnung (HOA) betrugen 0,10 ± 0,08 µm/0,12 ± 0,09 µm (n.s.) Auch bei den Einzelfehlern Coma, Trefoil und Astigmatismen höherer Ordnung zeigte sich kein signifikanter Unterschied.

Arkuate Inzisionen

Der zu korrigierende Hornhautastigmatismus (TIA) lag im Mittel bei 1,31 ± 0,38 dpt. Hierbei wurde analog unserer TIOL-Planung der vektorielle Mittelwert aus Lenstar-Keratometrie und TMS-5-Topografie unter Berücksichtigung der Hornhautrückfläche als Zielwert benutzt. Vier Wochen postoperativ (n = 25) lag der refraktive Zylinder bei 0,53 ± 0,43 dpt, der keratometrische bei 0,72 ± 0,58 dpt, der topografische bei 0,65 ± 0,46 dpt. Die vektorielle Änderung nach vier Wochen (n = 25) war 1,07 ± 0,57 dpt und nach drei Monaten (n = 17) 1,01 ± 0,41 dpt bei einer mittleren Bogenlänge von 42,8 ± 8,4°.

Der correction index (CI = SIA/TIA) errechnet sich als 0,79 nach einem Monat und 0,77 nach drei Monaten. Die gemessenen Aberrationen höherer Ordnung lagen mit 0,13 ± 0,05 µm RMS nur unwesentlich höher als in der Gruppe der Patienten ohne AK (Mann-Whitney statistisch n.s.).

Diskussion

Bei der Prozessqualität lässt sich eine verkürzte Ultraschallzeit, aber keine verringerte Gesamtenergiedosis feststellen. OP-Zeiten sowie BSS-Verbrauch unterschieden sich nicht zugunsten des Lasers. Im Vergleich zu anderen fs-Lasersystemen ist die eingestrahlte Energie beim Victus deutlich geringer. Die Arbeitsgruppe um Dick [2] gibt für den Catalys-Laser sowie Standard-Phako (nicht MICS) eine Reduktion der Phakozeit um Faktor 25 an, nennt aber keine absoluten Energiewerte. Zu vermuten ist, dass die eingesetzte Laserenergie deutlich höher als die eingesparte Ultraschallenergie ist. Ergebnisrelevante Parameter wie Hornhauttrauma, Visus etc. wurden nicht angegeben. Mit dem gleichen Laser fand die Gruppe um Abell [3] eine Reduktion der Phakozeit um 84 % ebenfalls ohne Nennung absoluter Energiedosen. In dieser Arbeit wurde auch eine leichte Reduktion der Endothelverluste gesehen, aber keine Verbesserung der zentralen Hornhautquellung. Auffällig ist, dass die effektive Phakozeit mit der gleichen Phakomaschine in der Lasergruppe noch um 40 % größer ist als in unserer Arbeit, während die Phakozeit der Vergleichsgruppe sogar um 490 % größer ist.

Die Erfolgsquote unserer Kapsulotomien ist im Vergleich zu frühen Ergebnissen der Arbeitsgruppe um Lawless [4] deutlich besser und auch im Vergleich zur zweiten Veröffentlichung dieser Gruppe [5] noch überlegen (99 % vs. 96 %). Die Hornhautquellung fiel bei uns etwas geringer aus als in der Arbeitsgruppe um Nagy [6], der relative Abstand zwischen Laser- und manueller Gruppe war jedoch ähnlich. Die bessere Refraktionsvorhersage derselben Kollegen [7] konnten wir bisher nicht bestätigen, die Abell-Gruppe [3] ebenfalls nicht. Bei den 6-Monats-Ergebnissen zeigt sich zwar ein Trend, jedoch ist er wegen der noch zu geringen Fallzahl (n = 35) wenig aussagekräftig.

Die Dezentrierung und Verkippung der Linsen wird derzeit mit fotografischen und purkinjemetrischen Methoden untersucht; für eine vergleichende Bewertung ist es noch zu früh. Nagy und Kollegen [8] fanden in ihrer Arbeit nach einem Jahr bei der horizontalen Zentrierung einen leichten Vorteil zugunsten des Lasers.

Arkuate Keratotomien mit dem fs-Laser sind ein effektives und sicheres Verfahren, um mäßige Hornhautastigmatismen (1,0 bis 1,75 dpt) bei Kataraktpatienten zu reduzieren und sind in diesem Indikationsbereich eine Alternative zur torischen Linse. Bisher gibt es nur eine peer-reviewed Arbeit zu dem Thema [9]. Unser hauseigenes Nomogramm funktioniert gut bei leichter Tendenz zur Unterkorrektur, die in dem stufenlosen Algorithmus leicht angepasst werden kann.

Das LARCS-Verfahren bietet hohe Präzision, niedrige Komplikationsquoten und sehr gute früh-postoperative Ergebnisse. Langfristige Ergebnisqualität bleibt Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Literatur

1. OSHIKA T, SHIMAZAKI J, YOSHITOMI F et al.: Arcuate keratotomy to treat corneal astigmatism after cataract surgery: a prospective evaluation of predictability and effectiveness. Ophthalmology 1998;105:2012–2016
2. CONRAD-HENGERER I, HENGERER FH, SCHULTZ T, DICK HB: Effect of femtosecond laser fragmentation on effective phacoemulsification time in cataract surgery. J Refract Surg 2012;28:879–883
3. ABELL RG, KERR NM, VOTE BJ: Toward Zero Effective Phacoemulsification Time Using Femtosecond Laser Pretreatment. Ophthalmology 2013
4. BALI SJ, HODGE C, LAWLESS M et al.: Early experience with the femtosecond laser for cataract surgery. Ophthalmology 2012;119:891–899
5. ROBERTS TV, LAWLESS M, BALI SJ et al.: Surgical outcomes and safety of femtosecond laser cataract surgery: a prospective study of 1500 consecutive cases. Ophthalmology 2013;120:227–233
6. TAKÁCS AI, KOVÁCS I, MIHÁLTZ K et al.: Central Corneal Volume and Endothelial Cell Count Following Femtosecond Laser-assisted Refractive Cataract Surgery Compared to Conventional Phacoemulsification. J Refract Surg 2012;28:387–392
7. FILKORN T, KOVÁCS I, TAKACS A et al.: Comparison of IOL Power Calculation and Refractive Outcome After Laser Refractive Cataract Surgery With a Femtosecond Laser Versus Conventional Phacoemulsification. J Refract Surg 2012:1–5
8. KRÁNITZ K, TAKACS A, MIHÁLTZ K et al.: Femtosecond laser capsulotomy and manual continuous curvilinear capsulorrhexis parameters and their effects on intraocular lens centration. J Refract Surg 2011;27:558–563
9. RÜCKL T, DEXL AK, BACHERNEGG A et al.: Femtosecond laser-assisted intrastromal arcuate keratotomy to reduce corneal astigmatism. J Cataract Refract Surg 2013;39:528–538

Zwei Jahre Erfahrung mit ReLEx-Smile

B. Meyer, R. Neuber

Zusammenfassung
Bei ReLEx-Smile (Smile = small incision lenticule extraction) handelt es sich um einen neuen Ansatz im Bereich der refraktiven Laserchirurgie. Ausschließlich mit dem Femtosekundenlaser wird ein intrastromaler refraktiver Lentikel präpariert und anschließend durch eine kleine Inzision entfernt. Da bei ReLEx-Smile die vorderen Anteile des Hornhautstromas weitgehend erhalten bleiben, wird diesem Verfahren mehr Sicherheit im Vergleich zu flapbildenden Verfahren eingeräumt. Zudem besteht eine sehr hohe Vorhersagbarkeit insbesondere bei der Korrektur hoher Myopien.

Summary
ReLEx Smile (Smile = small incision lenticule extraction) is a completely new approach in laser refractive surgery. It is all-in-one Femtolaser procedure while preparing an intrastromal lenticule which is mechanically removed throughout a small incision finally. ReLEx Smile has high priority as the integrity of the anterior cornea is well preserved. Moreover, there is high predictability especially in the correction of high myopia.

Einleitung und Methodik

Mit ReLEx ist es erstmals möglich, die Korrektur von Fehlsichtigkeiten nicht durch Laserablation mit dem Excimerlaser, sondern ausschließlich mit dem Femtosekundenlaser durchzuführen. Bei ReLEx-Smile wird mit dem Femtosekundenlaser ein refraktiver Lentikel (= refraktive Linse) innerhalb der intakten Kornea präpariert und anschließend ohne Anheben eines Flaps durch einen 2-mm-Schnitt extrahiert. Da auf die Präparation eines Flaps verzichtet werden kann, bleibt die biomechanische Stabilität der vorderen Hornhaut weitgehend erhalten.

ReLEx-Smile ist derzeit ausschließlich mit dem Visumax-Femtosekundenlaser der Firma Carl Zeiss Meditec durchführbar. Dieser ermöglicht eine extrem präzise dreidimensionale Schnittführung sowie eine stabile Positionierung des Gerätes am Auge. Hierfür kommt ein auf diese Anforderung abgestimmtes gekrümmtes Kontaktglas zum Einsatz. Die Ansaugung des Kontaktglases am Auge ist sehr schonend; es kommt weder zu einer signifikanten Erhöhung des IOD noch zu einem temporären Visusverlust. Der Patient kann während der gesamten Laserprozedur ein integriertes Fixationslicht wahrnehmen. Durch den 500-kHz-Laserkopf wird nicht nur die Behandlungszeit auf ca. 25 bis 28 Sekunden reduziert, sondern auch durch einen engeren Spot- und Trackingabstand bei gleichzeitig reduzierter Energie eine sehr

glatte Oberfläche sowie eine hohe reproduzierbare „Formtreue“ des Lentikelschnitts erreicht (im Submicron-Bereich). Diese Präzision kommt dem ReLEx-Smile-Verfahren vor allem bei der Korrektur hoher Myopien zugute. Eine retrospektive Analyse unserer Patienten hat dies belegt: Wir haben zwei hoch myope Patientengruppen miteinander verglichen, die einerseits eine ReLEx-Smile und andererseits eine traditionelle Femto-LASIK haben durchführen lassen. Die präoperativen Refraktionswerte betrugen in beiden Gruppen zwischen –6,0 und –9,0 dpt. Die Analyse hat gezeigt, dass bei der ReLEx-Smile-Gruppe über 95 % der Patienten postoperativ eine Refraktion innerhalb von ±0,5 vom Zielwert aufwiesen, während dies bei der Femto-LASIK-Gruppe nur ca. 83 % der Patienten erreichten.

Der enorme klinische Vorteil des ReLEx-Smile-Verfahrens besteht darin, dass die vordere Hornhautschicht (insbesondere die Bowmansche Membran) weitgehend intakt bleibt und somit die biomechanische Stabilität der Hornhaut sowie deren Oberflächenspannung in weit geringerem Maße beeinflusst wird als bei einem Verfahren mit Flap. Zusätzlich bewirken die unverletzten „kräftigen“ Hornhautlamellen zwischen Bowmanmembran und Lentikelvorderfläche (dies entspricht ca. 50 bis 70 µ) eine zusätzliche Verbesserung der kornealen Stabilität (Abb. 1). Typische postoperative Flapkomplikationen (z. B. Striae, Dislokation, Epithelzellen unter dem Flap) sind nicht zu erwarten, da bei ReLEx-Smile auf die Präparation eines Flaps verzichtet wird. Weiterhin ist die postoperative Inzidenz trockener Augen insofern deutlich reduziert, als bei der Präparation erheblich weniger Nervenfasern in der Hornhaut geschädigt werden (kein Sidecut; keine Laserablation). Eine Studie von Dan Reinstein hat belegt, dass die Regenerationsphase dieser neurotrophen Sensibilitätsstörung ungefähr um die Hälfte kürzer ist als z. B. nach einer herkömmlichen Femto-LASIK.

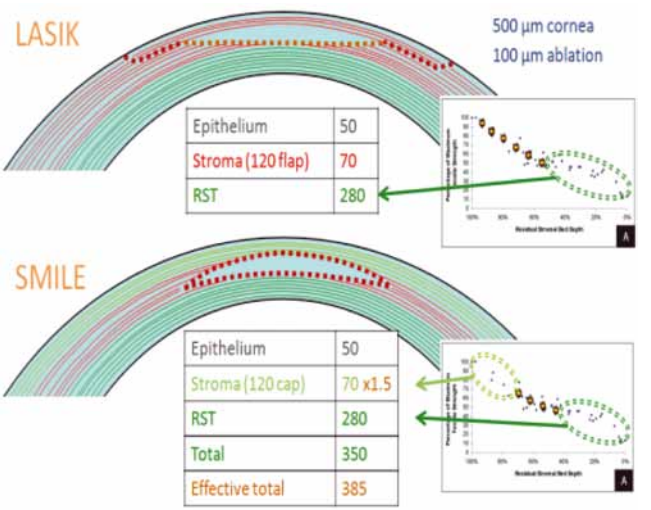


Abb. 1: Nach Relex-Smile bleiben die vorderen Stromalamellen erhalten

Seit Januar 2011 haben wir in unserem Lasercentrum über 480 ReLEx-Smile-Behandlungen zur Korrektur von Myopie und myopem Astigmatismus durchgeführt. Die präoperativen Refraktionswerte lagen zwischen –1,00 und –9,50 dpt (SEQ bei 5,38 dpt). Die klinischen und refraktiven Ergebnisse sind vergleichbar mit denen einer konventionellen Femto-LASIK: Nach einem, drei, sechs und zwölf Monaten lagen alle Augen im Bereich von ±1,00 dpt und über 93 % innerhalb von ±0,50 dpt an der Zielrefraktion (Abb. 2). Nach einem Monat haben über 94 % der Augen einen sc Visus von 1,0 oder besser. Zahlenverluste von mehr als einer Linie wurden nach einem Monat nicht mehr beobachtet. Lediglich der Erholungszeitraum des postoperativen Visus ist im Vergleich zur konventionellen Femto-LASIK verlängert und kann einige Tage in Anspruch nehmen. Während des bisherigen Nachkontrollzeitraumes war die Stabilität der Refraktion hervorragend; es gab keine Anzeichen einer signifikanten Regression. Die postoperativen Topografien zeigen eine große homogene optische Zone mit leicht prolater Form. Insbesondere wurde die im Lasersetting angestrebte optische Zone auch postoperativ erreicht. Zusätzliche Wellenfrontmessungen haben bestätigt, dass durch die Lentikelextraktion keine größeren Aberrationen höherer Ordnung (insbesondere keine sphärischen Aberrationen) induziert werden. Licht- und Blendempfindlichkeit werden in der ReLEx-Smile-Gruppe weniger beklagt als von Patienten nach einer herkömmlichen Femto-LASIK.

Kleine Korrekturen unter –2,50 dpt sind aufgrund der geringen Lentikeldicke nur dann kontrolliert und erfolgreich durchführbar, wenn man einen zusätzlichen

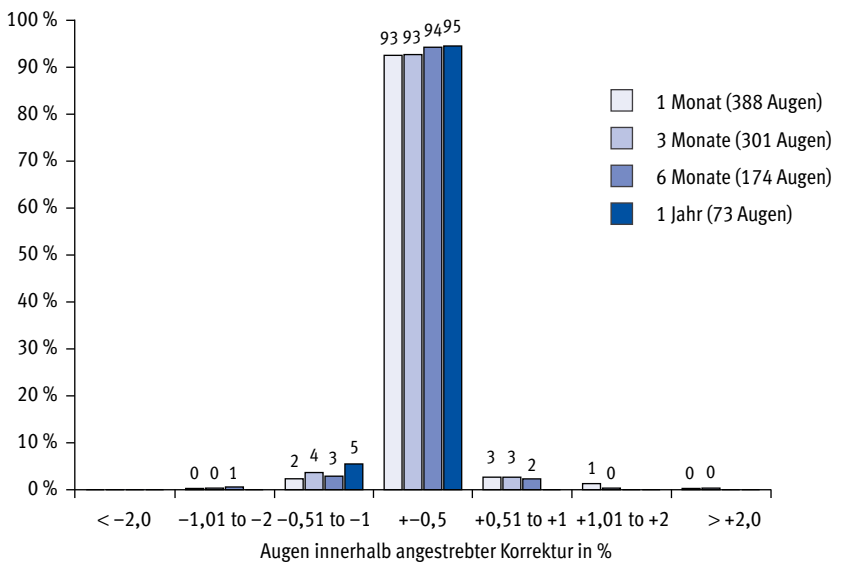


Abb. 2: Refraktive Ergebnisse nach einem, drei, sechs und zwölf Monaten

refraktiv-neutralen Sockel addiert und/oder eine große optische Zone auswählt. Somit wird der Lentikel „künstlich“ verdickt und ist dadurch leichter präparierbar. Die Optionen für eine eventuelle Nachkorrektur (in unserem Patientenklientel unter 2 %) sind limitiert: Aufgrund des üblicherweise nur sehr kleinen Restwertes ist eine erneute Lentikel-Präparation und -Separation kaum durchführbar. Nach erfolgter ReLEx-Smile bleibt nur die Möglichkeit einer Oberflächenablation (= PRK) oder die Option einer ergänzenden Sidecut-Präparation (= „Circle“) mit dem Femtosekundenlaser und anschließendem Flaplift.

Fazit nach zwei Jahren

Es gibt gute Gründe, an ReLEx-Smile festzuhalten. Im Vergleich zur traditionellen Femto-LASIK sind die Ergebnisse bezüglich Sicherheit (CDVA) und Effizienz (UDVA) gleichwertig. Hervorzuheben ist die hohe Vorhersagbarkeit, insbesondere bei hohen myopen Korrekturen. Da kein Flap, sondern nur ein „Cap“ präpariert werden muss, bleibt postoperativ die biomechanische Stabilität der Hornhaut weitgehend erhalten und die Inzidenz trockener Augen wird deutlich reduziert. Zukünftige Herausforderungen für das ReLEx-Smile-Verfahren sehen wir in der Behandlung von Hyperopien, topografie- und wellenfrontgesteuerten Behandlungen sowie Ansätze zur Korrektur der Presbyopie.

Literatur

1. SHAH R: Results of small incision lenticule extraction: All-in-one femtosecond laser refractive surgery. J Cataract Refract Surg 2011;37:127–137
2. SEKUNDO W, JUNERT K, RUSSMANN C et al.: First 6 months results of the Femtosecond Lenticule Extraction (FLEx), the new investigational refractive procedure for myopic correction. J Cataract Surg 2008;34:1513–1520
3. SHAH R: Changing paradigm in refractive surgery. Advanced FLEx results. Presented at the Annual Symposium of the ASCRS, San Francisco, 2nd of April 2009
4. BLUM M, KUNERT K, GILLE A. SEKUNDO W: LASIK for Myopia using the Zeiss VisuMax Femtosecond Laser and MEL 80 Excimer Laser. J Cataract Refract Surg 2009;25:350–356
5. KAYMAK H, BREYER D, KLABE K et al.: Vergleich von optischer Abbildungsqualität sowie von Effektivität und Sicherheit nach Femto-Lasik sowie intracornealer Lentikelextraktion (ReLEx smile), 2013

ReLEx-Smile – Probleme und Problemlösungen

B. Meyer, R. Neuber

Zusammenfassung
ReLEx-Smile ist ein einfaches hornhautchirurgisches Verfahren, dessen Ablauf mittlerweile sehr standardisiert ist. Dennoch gibt es intraoperativ kritische Situationen.

Summary
ReLEx-Smile: Solutions of critical intraoperative situations are demonstrated and discussed.

Problem während der Ansaugphase

Der Visumax-Femtosekundenlaser wird über das gekrümmte Kontaktglas mit dem Auge fest verbunden. Die Zentrierung dieses Kontaktglases auf die optische Achse ist dabei von großer Bedeutung, da bei ReLEx-Smile nicht ein refraktiv neutraler Flap, sondern vielmehr ein refraktiv wirksamer Lentikel präpariert wird. Während der Ansaugphase fixiert der Patient ein integriertes Fixationslicht; erst wenn dieses mit dem Purkinje-Reflex übereinstimmt, wird das Kontaktglas an der Hornhaut ohne signifikante Applanation und Druckerhöhung angesaugt. Somit wird das Risiko einer parallaktischen Verschiebung während der Ansaugphase grundsätzlich minimiert. Dennoch ist es möglich, dass unterschiedliche Bulbusformen sowie spontane Bulbusrotationen während der Ansaugphase eine geringgradige Verschiebung der Zentrierung provozieren können.

Dieses Problem kann damit gelöst werden, indem man eine Irisregistration vor und nach der Ansaugungsphase mit anschließendem Abgleich durchführt. Erst dann sollte mit der Lentikelpräparation begonnen werden.

Suction loss während der Präparation

Ereignet sich ein Suction loss während der Präparation des refraktiv wirksamen Lentikelbodens (also innerhalb der ersten 10 bis 12 Sekunden), ist ein Fortfahren der Lentikelpräparation nicht mehr möglich. Ein erneutes Andocken und Wiederaufnehmen der Präparation des Lentikelbodens ist nicht mehr exakt und reproduzierbar durchzuführen. Die Operation sollte abgebrochen werden, um gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt eine PRK oder eine LASIK zur Refraktionskorrektur durchzuführen.

Erfolgt der Suction loss während der Präparation der Lentikelvorderfläche, so ist die Problematik nicht ganz so kritisch, als es sich hier um einen planparallelen Schnitt handelt, der nicht refraktiv wirksam ist. Es empfiehlt sich, das Kontaktglas erneut anzudocken und die Lentikelvorderfläche in einem zweiten Durchgang zu präparieren.

In allen Phasen wird von der Visumax-Software automatisch ein entsprechender Fortsetzungsmodus der Präparation vorgeschlagen.

Dissektion in „falscher" Ebene

Bei der Dissektion des Lentikels vom umgebenden Stromagewebe ist darauf zu achten, dass immer zuerst die Lentikeloberfläche und anschließend der Lentikelboden präpariert werden. Sollte versehentlich zuerst der Lentikelboden präpariert werden, so „klebt" der Lentikel an der Flaprückfläche. Die Präparation der Lentikelvorderfläche ist dann aufgrund des fehlenden Widerstandes deutlich erschwert.

Man kann dem Problem vorbeugen, indem man nach Eröffnen der Inzision jeweils eine kleine Tasche in der entsprechenden Ebene vorpräpariert. Somit ist das nachfolgende Einführen des Spatels deutlich erleichtert.

Sollte die Dissektion der Lentikelvorderfläche nicht möglich sein, bleibt die Option, die Operation in eine ReLEx-Flex zu konvertieren und anschließend den Lentikel vorsichtig von der Flaprückfläche abzuziehen.

Korrektur von kleinen Myopien

Die Dissektion von Lentikeln mit einer Mittendicke unter 30 µ ist sehr anspruchsvoll; rechnerisch können somit nur Korrekturen größer als –2,0 dpt durchgeführt werden. Kleine Korrekturen (unter –2,0 dpt) sind nur dann kontrolliert und erfolgreich durchführbar, wenn man einen zusätzlich refraktiv neutralen Sockel von ca. 20 µ addiert und/oder eine große optische Zone auswählt. Somit wird der Lentikel künstlich verdickt und ist leichter präparierbar.

Nachkorrekturen

Die Inzidenz für Nachkorrekturen nach erfolgter ReLEx-Smile liegt in unserer Patientenklientel unter 2 %. Grund hierfür ist die hohe Stabilität der postoperativen Refraktionen. Aufgrund des üblicherweise nur sehr kleinen Restwertes ist eine erneute Lentikelpräparation und -extraktion kaum durchführbar.

Nach erfolgter ReLEx-Smile bleiben nachfolgende Optionen:

- Oberflächenablation (PRK)
- Präparation eines Standard-Femto-Flaps mit gleichen Parametern und anschließender Excimerlaser-Ablation
- ergänzende Sidecut-Präparation (= „Circle“) mit dem Femtolaser und anschließendem Flap-Lift

Fazit

Auch bei ReLEx-Smile gibt es besondere Situationen, für die es entsprechende Lösungsansätze gibt.

KATARAKTCHIRURGIE

Prospektive Vergleichsstudie der Nachstarentwicklung zweier unterschiedlicher Mikroinzisionslinsen – 3-Jahres-Ergebnisse

S. M. Schriefl, C. Leydolt, E. Stifter, R. Menapace

Zusammenfassung

Fragestellung: Ziel dieser Studie war es, die Nachstarentwicklung und die Frequenz der Nd:YAG-Behandlungen bei 2 Mikroinzisionslinsen zu vergleichen.

Methodik: Bei 65 Patienten wurde im Zuge einer bilateralen Kataraktoperation randomisiert entweder eine Y-60H (Hoya) oder eine microAY (PhysIOL) in das erste Auge und die andere Kunstlinse in das Partnerauge implantiert. Die Kontrollen fanden 1 Woche, 20 Monate und 3 Jahre postoperativ statt. Die Untersuchungen umfassten bestkorrigierten Fernvisus, eine Spaltlampenuntersuchung und Dokumentation des Befundes sowie die Aufnahme von Retroilluminationsfotos der Hinterkapsel. Die Retroilluminationsfotos wurden mittels „automated quantification of after-cataract"-(AQUA-) Software ausgewertet.

Ergebnisse: 3 Jahre nach der Operation hatten 40 % der Patienten auf zumindest einem Auge bereits eine Nd:YAG-Behandlung hinter sich. Am Ende der 3-Jahres-Kontrollen hatten 23 von 47 (49 %) der Augen in der microAY-Gruppe eine Nd:YAG-Behandlung erhalten, verglichen mit 16 von 47 (34 %) in der Y-60H-Gruppe (p = 0,039). 3 Jahre postoperativ gab es keinen signifikanten Unterschied in der subjektiven oder objektiven Nachstarstärke bei noch nicht behandelten Patienten.

Schlussfolgerungen: 3 Jahre nach der Operation war die Frequenz der Nd:YAG-Behandlungen in beiden Gruppen hoch im Vergleich zu Standard-IOLs.

Summary

Aim: To compare the development of posterior capsular opacification (PCO) and frequency of Nd:YAG capsulotomy between two microincision intraocular lenses 3 years after surgery.

Method: 65 patients were included in this randomized trial with intra-patient comparison. Each patient randomly received a Y-60H (HOYA Surgical) in one eye and a microAY (PhysIOL) in the contralateral eye. Eyes were examined 1 week, 20 months and 3 years after surgery. Digital retro-illuminated images of each eye were evaluated using the "automated quantification of after-cataract" software. The Nd:YAG laser rate was noted.

Results: At the 3-year follow-up, the microAY group presented with statistically significantly higher YAG rates than the Y-60H group: 49 % compared with 34 % (p = 0.039). At the same time subjective and objective (AQUA) PCO-scores of the two IOL groups were comparable.

Conclusion: Both MICS IOLs showed high YAG rates 3 years after surgery compared to conventional IOLs.

Fragestellung

Die Mikroinzisionschirurgie ermöglicht eine Kataraktoperation durch Inzisionen unter 2 mm [1, 2], und moderne Mikroinzisionskunstlinsen können durch diese Schnitte implantiert werden [3]. Ziel dieser Studie war es, die Tendenz zur Nachstarentwicklung und die Frequenz der Nd:YAG-Behandlungen bei zwei unterschiedlichen Mikroinzisionslinsen zu vergleichen. Die Y-60H (Hoya) ist eine dreiteilige Linse mit einer Optik aus hydrophobem Acryl und C-Schlaufen-Haptiken aus PMMA. Die microAY (PhysIOL) ist eine einteilige Linse aus hydrophilem Acryl mit vier fenestrierten Schlaufen als Haptiken. Beide IOLs haben ein 360°-scharfkantiges Design, sind faltbar und werden durch Inzisionen von 1,8 mm implantiert.

Methodik

Die Studie wurde an der Universitätsklinik für Augenheilkunde und Optometrie der Medizinischen Universität Wien im Allgemeinen Krankenhaus Wien durchgeführt. Die Ethikkommission hat der Durchführung dieser Studie zugestimmt (EK Nr: 847/2010). Inklusionskriterium war eine operationsbedürftige bilaterale altersbedingte Katarakt. Exklusionskriterien waren vorhergehende Augenoperationen oder Verletzungen und andere bedeutende Augenerkrankungen (Uveitis, Glaukom, Hornhaut- und Netzhautveränderungen). Es wurden 65 Patienten im Alter von 72 ± 10 Jahre (45 weiblich, 20 männlich) in diese Studie inkludiert.

Während der Kataraktoperation wurde – für den intraindividuellen Vergleich – randomisiert ein Auge mit entweder einer Y-60H (Hoya) oder einer microAY (PhysIOL)-Linse versorgt, während die andere Kunstlinse dann im Partnerauge implantiert wurde. Die Operation beider Augen wurde am selben Tag und durch denselben Chirurgen (R. M.) in Lokalanästhesie durchgeführt: Durch einen temporalen, Clear-Cornea-Schnitt wurde Vorderkammerwasser durch Methocel ausgetauscht und mittels Nadeltechnik eine kontinuierliche zirkuläre vordere Kapsulorhexis mit einem Durchmesser etwa 5,0 mm erstellt. Die Kapsulorhexis war im Durchmesser etwas kleiner als die IOL, um die symmetrische 360°-Überlappung der IOL durch die Vorderkapsel zu gewährleisten. Nach der Hydrodissektion wurde eine koaxiale Phakoemulsifikation durchgeführt. Nach Reinigung des Kapselsacks von Rindenresten wurde dieser mit Hyaluronsäure gefüllt und die IOL mit einem Injektor in den Kapselsack implantiert. Danach wurde das Viskoelastikum durch Irrigation und Aspiration aus der Vorderkammer gründlich entfernt. Die postoperative Therapie bestand aus Lomefloxacin (Okacin®) Augentropfen dreimal täglich für eine Woche und Ketorolac (Acular®) Augentropfen dreimal täglich für mindestens zwei Wochen.

Die Patienten wurden nach einer Woche, 20 Monaten und drei Jahre wieder einberufen. Zu den Nachkontrollen nach 20 Monaten erschienen 41, nach drei Jahren 47 Patienten. Die Studienuntersuchungen umfassten die Bestimmung des best-

korrigierten Fernvisus sowie eine Untersuchung an der Spaltlampe in Mydriasis. An der Spaltlampe wurde der Befund anhand eines standardisierten Fragebogens dokumentiert. Teil davon war die subjektive Bewertung der Nachstarstärke – und zwar auf einer Skala von 0 – für keinen Nachstar – bis 10 – für außergewöhnlich starken Nachstar. Auch wurden von beiden Augen Retroilluminationsfotos aufgenommen [4]. Diese Retroilluminationsfotos wurden später mittels der „automated quantification of after-cataract"-Software – kurz AQUA-Software [5] bewertet. Das Programm kann den Rhexisrand und die Lichtreflexe semiautomatisch erkennen. Die Berechnung des AQUA-Wertes beruht auf der Auswertung des Bereichs innerhalb der Rhexis, abzüglich der Lichtreflexe. Der AQUA-Wert reicht von 0 – für kein Nachstar – bis 10 – für starken Nachstar.

Im Zuge der Nachkontrolle wurde eine Nd:YAG-Behandlung durchgeführt, wenn der Visus aufgrund des Nachstars schlechter war als 0,8 oder vom Patienten subjektive Beschwerden geäußert wurden. Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS 17 für Windows. Daten werden als Mittelwert ± Standardabweichung und/oder als Median [Minimum; Maximum] angegeben. Statistische Tests waren Wilcoxon-Test und McNemar. Ein P-Wert von <0,05 wurde als statistisch signifikant angesehen.

Ergebnisse

20 Monate postoperativ war eine Nd:YAG-Behandlung bereits bei sieben von 41 (17 %) der Patienten durchgeführt worden – bei sechs Patienten bilateral, bei einem im microAY-IOL-Auge. Am Ende dieser ersten Nachkontrolle waren 32 % der Augen mit einer microAY-Linse behandelt, im Vergleich dazu 22 % mit einer Y-60H-Linse ($p = 0{,}125$).

Drei Jahre postoperativ kamen 19 von 47 (40 %) Patienten mit zumindest einem behandelten Auge zur Kontrolle: bei elf Patienten war dies bilateral, bei sechs Patienten war nur das Auge mit der microAY-Linse behandelt worden, bei zwei nur das Auge mit der Y-60H-Linse. Am Ende der 3-Jahres-Kontrollen waren 49 % der Augen mit einer microAY-Linse behandelt, verglichen mit 34 % mit einer Y-60H-Linse ($p = 0{,}039$).

Drei Jahre postoperativ gab es keinen signifikanten Unterschied in der subjektiven oder objektiven Nachstarstärke bei noch nicht behandelten Patienten.

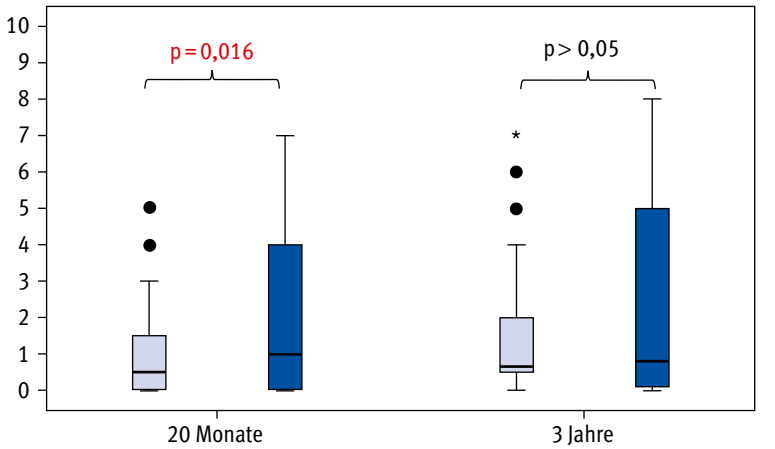


Abb. 1: In diesem Boxplot sind die subjektiven Nachstar-Scores 20 Monate und 3 Jahre nach der Operation dargestellt. Die Y-60H-Gruppe ist hellblau, die microAY-Gruppe dunkelblau

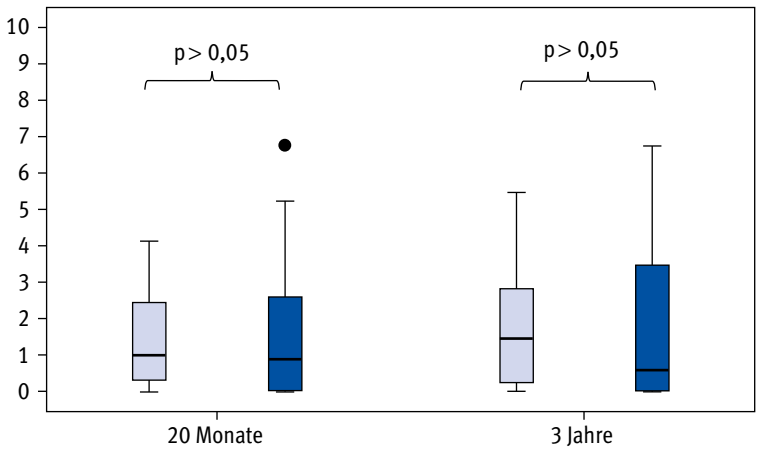


Abb. 2: In diesem Boxplot sind die objektiven Nachstar-Scores (AQUA) 20 Monate und 3 Jahre nach der Operation dargestellt. Die Y-60H-Gruppe ist hellblau, die microAY-Gruppe dunkelblau

Schlussfolgerungen

Drei Jahre nach der Operation war die Frequenz der Nd:YAG-Behandlungen in beiden Gruppen hoch im Vergleich zu Standard-IOLs. Die microAY präsentierte sich mit einer stärkeren Tendenz zur Nachstarbildung und höheren Nd:YAG-Raten.

Vergleichbar hohe Nd:YAG-Raten wurden von anderen MICS-IOLs erreicht: Spyridaki et al. [6] beschrieben 43 % für die ThinLens, 35 % für die CareFlex und 40 %

für die AcriSmart. Da die beiden MICs-IOLs sich im Material und im Design unterscheiden, ist es schwer, einen einzigen entscheidenden Faktor für die Entwicklung des Nachstars zu finden. Insgesamt gesehen haben hydrophile Acryl-Linsen eine ungünstigere Nachstartendenz als hydrophobe Acryl-Linsen [7], auch breitete Optik-Haptik-Anbindungen wirken sich nachteilig aus [8].

Literatur

1. OSHER RH: Microcoaxial phacoemulsification Part 2: clinical study. J Cataract Refract Surg 2007;33(3):408–412 doi: 10.1016/j.jcrs.2006.10.055 [published Online First: Epub Date]
2. VASAVADA V, RAJ SM, VASAVADA AR: Intraoperative performance and postoperative outcomes of microcoaxial phacoemulsification. Observational study. J Cataract Refract Surg 2007;33(6):1019–1024 doi: 10.1016/j.jcrs.2007.02.029[published Online First: Epub Date]
3. KOHNEN T, KLAPROTH OK: [Intraocular lenses for microincisional cataract surgery]. Ophthalmologe 2010;107(2):127–135 doi: 10.1007/s00347-009-1978-1 [published Online First: Epub Date]
4. PANDE MV, URSELL PG, SPALTON DJ et al.: High-resolution digital retroillumination imaging of the posterior lens capsule after cataract surgery. J Cataract Refract Surg 1997;23(10):1521–1527
5. BUEHL W, FINDL O, MENAPACE R et al.: Reproducibility of standardized retroillumination photography for quantification of posterior capsule opacification. J Cataract Refract Surg 2002;28(2):265–270
6. SPYRIDAKI M, HOH H: [Comparison of four MICS intraocular lenses regarding their rates of neodymium:YAG laser capsulotomy]. Klin Monatsbl Augenheilkd 2010;227(3):208–214 doi: 10.1055/s-0028-1109853 [published Online First: Epub Date]
7. VASAVADA AR, RAJ SM, SHAH A et al.: Comparison of posterior capsule opacification with hydrophobic acrylic and hydrophilic acrylic intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2011;37(6):1050–1059 doi: 10.1016/j.jcrs.2010.12.060 [published Online First: Epub Date]
8. SUGITA M, KATO S, SUGITA G, OSHIKA T: Migration of lens epithelial cells through haptic root of single-piece acrylic-foldable intraocular lens. Am J Ophthalmol 2004;137(2):377–379 doi: 10.1016/S0002-9394(03)00912-7 [published Online First: Epub Date]

Vergleich von Nachstar- und YAG-Kapsulotomie-Rate zwischen der Tecnis ZCB00 und der Acrysof SA60AT einstückigen hydrophoben Acryl-Intraokularlinse

C. Leydolt, K. Kriechbaum, S. M. Schriefl, M. Pachala, R. Menapace

Zusammenfassung

Die vorliegende randomisiert-kontrollierte Studie zeigte beim Vergleich zweier einstückiger hydrophober Acryllinsen, dass sowohl die Intraokularlinsen (IOLs) mit der unterbrochenen scharfen Optikkante (Acrysof SA60AT) als auch die IOLs mit der kontinuierlichen scharfen Optikkante (Tecnis ZCB00) relativ niedrige PCO- und YAG-Kapsulatomieraten 3 Jahre postoperativ präsentierten. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant. Möglicherweise wiegen die Vorteile der Tecnis-ZCB00-IOL mit einer verbesserten scharfen Optikkante die Vorteile des spezifischen Materials der Acrysof SA60AT IOL zur Nachstarprävention auf.

Summary

The present long-term randomized controlled study indicates that both 1-piece hydrophobic acrylic IOLs, one with interrupted sharp optic edge (Acrysof SA60AT) and one with continuous sharp optic edge (Tecnis ZCB00), showed relatively low PCO and YAG rates at 3 years which did not differ significantly. The posterior offset of the optic with regard to the optic plane and the enhanced sharp optic edge beneath the haptic-optic junction of the Tecnis ZCB00 IOL possibly balances the advantage of the optic material properties of the Acrysof SA60AT IOL in inhibiting LECs migration.

Einleitung

Der Nachstar (posterior capsule opacification, PCO) ist die häufigste Ursache für eine postoperative Sehverschlechterung nach unkomplizierter Kataraktchirurgie und somit die häufigste Langzeitkomplikation. Sowohl Verbesserungen der Operationsmethode als auch Modifizierungen des Intraokularlinsendesigns und -materials führten zu einer geringeren Inzidenz in der Nachstarentstehung in den letzten Jahren.

Studien konnten in der Vergangenheit zeigen, dass eine scharfe hintere Optikkante die Migration von Linsenepithelzellen und somit die Entstehung von Nachstar nach Implantation einer IOL verhindern kann. Bezüglich des Materials wurde

eine Tendenz von weniger Nachstarrate bei hydrophoben Materialien festgestellt. Zur Erleichterung der Implantation und zur Verringerung der Inzisionsgröße werden zunehmend einstückige faltbare IOLs am Markt eingeführt, d. h., Optik und Haptik sind aus demselben Material. Da bei diesen IOLs die scharfe Optikkante meist nicht durchgängig ist, könnte dies ein Einwachsen von Linsenepithelzellen begünstigen.

Ziel dieser prospektiven randomisierten Studie war ein Vergleich von Inzidenz und Intensität des Nachstars zwischen zwei ähnlichen einstückigen hydrophoben Acryl-Intraokularlinsen mit unterschiedlichen Materialeigenschaften und Linsenkantendesigns über einen Beobachtungszeitraum von drei Jahren mit der Fragestellung, ob eine 360° kontinuierliche scharfe Optikkante die Hemmung von Nachstar verbessert.

Methodik

In diese prospektive randomisierte Studie wurden 54 Patienten (108 Augen) mit bilateraler Katarakt inkludiert. Ein Chirurg (R. M.) führte alle Kataraktoperationen standardisiert durch. Jeweils ein Auge erhielt eine Tecnis ZCB00 IOL und das andere Auge eine Acrysof SA60AT IOL implantiert. Beide IOLs sind einstückige hydrophobe Acryllinsen, mit einem Gesamtdurchmesser von 13 mm, einem Optikdurchmesser von 6 mm und einer bikonvexen asphärischen Optik. Der Unterschied zwischen den IOLs besteht darin, dass die Tecnis ZCB00 IOL eine 360° kontinuierliche scharfe hintere Optikkante und die Acrysof SA60AT IOL eine am Optik-Haptik-Übergang unterbrochene scharfe hintere Optikkante besitzt.

Die postoperativen Nachkontrollen fanden nach sechs Monaten und drei Jahren statt und umfassten die Erhebung der Stärke des Nachstars (Grad 0–10) subjektiv an der Spaltlampe und objektiv mittels digitaler Retroilluminationsfotos und automatisierter Bildanalysesoftware (AQUA) sowie eine Prüfung des Fernvisus. Nach drei Jahren konnten 23 Patienten untersucht werden.

Ergebnisse

Der objektive Nachstarwert für ZCB00 IOLs war 1,3 ± 1,7 verglichen mit 0,9 ± 1,3 für SA60AT IOLs ($p = 0{,}10$). 26,1 % der Patienten hatten eine Nd:YAG-Kapsulotomie in dem Auge mit einer ZCB00 und 21,7 % eine YAG Kapsulotomie im SA60AT-Auge ($p = 0{,}56$). Bezüglich des Visus konnte kein signifikanter Unterschied gefunden werden (Abb. 1).

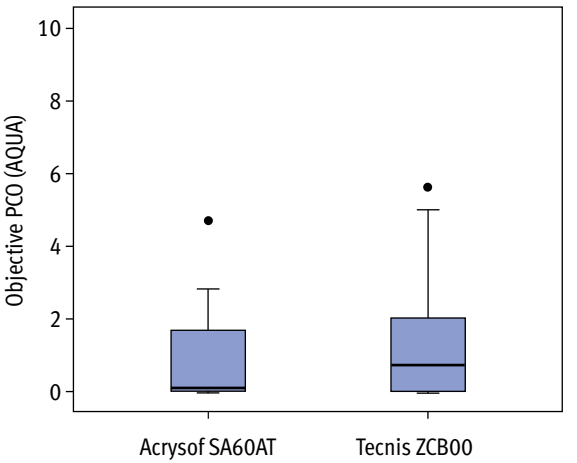


Abb. 1: Vergleicht der beiden IOLs

Schlussfolgerungen

Beide einstückigen hydrophoben Acryl IOLs zeigten vergleichbare Nachstar- und YAG-Kapsulotomieraten drei Jahre nach der Kataraktoperation. Die optimierte scharfe Kante der Tecnis ZCB00 IOL und die spezifischen Materialeigenschaften der Acrysof SA60AT IOL scheinen ihren Effekt auf die Linsenepithelzellmigration und -proliferation aufzuwiegen.

Diese Studie macht deutlich, dass nicht nur eine scharfe Optikkante, aber auch das Material der Optik (unterschiedliche Acrylate, industrielles post processing ...) weiterhin eine wichtige Rolle in der Nachstarprävention spielen.

Literatur

1. SCHAUMBERG DA, DANA MR, CHRISTEN WG et al.: A systematic overview of the incidence of posterior capsule opacification. Ophthalmology 1998;105(7):1213–1221
2. KAPPELHOF JP, VRENSEN GF: The pathology of after-cataract. A minireview. Acta Ophthalmol Suppl 1992 (205):13–24
3. FINDL O, BUEHL W, BAUER P et al.: Interventions for preventing posterior capsule opacification. Cochrane database of systematic reviews 2010(2):CD003738
4. URSELL PG, SPALTON DJ, PANDE MV et al.: Relationship between intraocular lens biomaterials and posterior capsule opacification. J Cataract Refract Surg 1998;24(3):352–360
5. HOLLICK EJ, SPALTON DJ, URSELL PG et al.: The effect of polymethylmethacrylate, silicone, and polyacrylic intraocular lenses on posterior capsular opacification 3 years after cataract surgery. Ophthalmology 1999;106(1):49–54; discussion 54–55

6. HAYASHI H, HAYASHI K, NAKAO F et al.: Quantitative comparison of posterior capsule opacification after polymethylmethacrylate, silicone, and soft acrylic intraocular lens implantation. Arch Ophthalmol 1998;116(12):1579–1582
7. SUNDELIN K, FRIBERG-RIAD Y, OSTBERG A et al.: Posterior capsule opacification with AcrySof and poly(methyl methacrylate) intraocular lenses. Comparative study with a 3-year follow-up. J Cataract Refract Surg 2001;27(10):1586–1590
8. BUEHL W, FINDL O, MENAPACE R et al.: Effect of an acrylic intraocular lens with a sharp posterior optic edge on posterior capsule opacification. J Cataract Refract Surg 2002;28(7):1105–1111
9. BUEHL W, FINDL O, MENAPACE R et al.: Long-term effect of optic edge design in an acrylic intraocular lens on posterior capsule opacification. J Cataract Refract Surg 2005;31(5):954–961
10. BUEHL W, MENAPACE R, FINDL O et al.: Long-term effect of optic edge design in a silicone intraocular lens on posterior capsule opacification. Am J Ophthalmol 2007;143(6):913–919
11. BUEHL W, MENAPACE R, SACU S et al.: Effect of a silicone intraocular lens with a sharp posterior optic edge on posterior capsule opacification. J Cataract Refract Surg 2004;30(8):1661–1667

Vergleich zweier kombinierter dispersiv-kohäsiv viskoelastischer Substanzen während der Kataraktchirurgie

F. N. Auerbach, M. P. Holzer, B. C. Thomas, R. Khoramnia, L. Kastlunger, T. M. Rabsilber, G. U. Auffarth

Zusammenfassung

Fragestellung: Ziel dieser Studie war der Vergleich von Augeninnendruck (IOD) und Endothelzellmessung nach Kataraktoperation unter Verwendung zweier unterschiedlich kombinierter viskoelastischer Substanzen (OVDs): Twinvisc (Carl Zeiss Meditec/Deutschland) vs. Duovisc (Alcon Laboratories/USA).

Methodik: 54 Patienten wurden in diese prospektive, randomisierte, vergleichende und Untersucher-verblindete Studie am International Vision Correction Research Center (IVCRC) Heidelberg, Deutschland, eingeschlossen. Nur ein Auge des Patienten wurde jeweils für Twinvisc oder Duovisc randomisiert. Der IOD wurde präoperativ sowie 6, 24 Stunden, 7, 30 und 90 Tage postoperativ gemessen. Endothelzellmessungen fanden präoperativ und 90 Tage postoperativ statt. Intraoperativ wurde die Handhabbarkeit der OVDs mittels eines chirurgischen Fragebogens evaluiert. Im postoperativen Verlauf wurden zusätzlich Hornhautdickenmessungen und Spaltlampenuntersuchungen durchgeführt.

Ergebnisse: Das mittlere Alter der 54 Patienten betrug 70,02 ± 8,37 Jahre. Der IOD (6 h postoperativ, Mittelwert) in der Twinvisc-Gruppe (n = 26) betrug 21,13 ± 7,74 mmHg und 21,98 ± 6,37 mmHg in der Duovisc-Gruppe (n = 28). IOD-Spitzen über 30 mmHg 6 h postoperativ fanden sich in 3 von 26 Augen (13,04 %) in der Twinvisc-Gruppe im Vergleich zu 4 von 28 Augen (14,29 %) in der Duovisc-Gruppe. 24 h postoperativ lagen die Mittelwerte in beiden Gruppen unter 17,00 ± 4,97 mmHg (Twinvisc) und ≤15,05 ± 3,20 mmHg (Duovisc). Es zeigte sich im Mittel ein Endothelzellverlust von –161,28 ± 276,20 Zellen/mm² bei Twinvisc (n = 25/–7,96 %) und –103,70 ± 144,19 Zellen/mm² bei Duovisc (n = 28/–4,18 %) 3 Monate nach der Operation ($p > 0,05$).

Schlussfolgerung: Die Duovisc-Gruppe zeigte eine höhere Anzahl an kurzfristigen IOD-Spitzen von ≥30 mmHg bei geringerem Endothelzellverlust ohne statistische Signifikanz im Vergleich zur Twinvisc-Gruppe ($p > 0,05$). Twinvisc scheint bezüglich Sicherheit, Anwendung und Handhabbarkeit vergleichbar mit Duovisc.

Summary

Purpose: Aim of the study was to compare postoperative findings after cataract surgery in terms of intraocular pressure (IOP) and endothelial cell count (ECC) using two different combined cohesive and dispersive ophthalmic viscoelastic devices (OVDs): Twinvisc (Carl Zeiss Meditec/Germany) vs Duovisc (Alcon Laboratories/USA).

Methods: 54 cataract patients have been enrolled in this prospective, randomised, comparative, investigator-masked trial at the International Vision Correction Research Centre (IVCRC), Heidelberg, Germany. Only one eye of each patient was part of the study and was randomised to receive either Twinvisc or Duovisc during cataract surgery. IOP was measured before surgery as well as 6, 24 hours, 7, 30 and 90 days postoperatively. ECC were done preoperatively and 90 days after surgery. Furthermore, intraoperative OVD performance by means of a questionnaire and postoperative pachymetry were evaluated. Slit-lamp examinations were performed.
Results: Mean age of the 54 patients enrolled was 70.02 ± 8.37 years. Mean IOP 6 hours after surgery was 21.13 ± 7.74 mmHg in the Twinvisc group (n = 26) and 21.98 ± 6.37 mmHg in the Duovisc group (n = 28). IOP peaks ≥30 mmHg have been found in 3 of 26 eyes in the Twinvisc group (13.04 %) compared to 4 of 28 eyes (14.29 %) in the Duovisc group 6 hours after surgery. Already one day postoperatively mean IOP was ≤17.00 ± 4.97 mmHg (Twinvisc) and ≤15.05 ± 3.20 mmHg (Duovisc). A median endothelial cell loss of –161.28 ± 276.20 cells/mm² (Twinvisc; n = 25) and –103.70 ± 144.19 cells/mm² (Duovisc; n = 28) was seen 3 months postoperatively which equals a cell loss of 7.96 % in the Twinvisc group and 4.18 % in the Duovisc group (p > 0.05).
Conclusion: In the Twinvisc-group, less IOP peaks ≥30 mmHg occurred 6 hours postoperatively than in the Duovisc-group. Endothelial cell loss in the Twinvisc-group was slightly, but non-significantly higher than in the Duovisc-group. Twinvisc seems to be as secure as Duovisc during cataract surgery and intraoperative handability is comparable in both groups.

Einleitung

Die Implantation von Intraokularlinsen (IOLs) unter Verwendung von viskoelastischen Substanzen (OVDs) im Rahmen der Kataraktchirurgie ist heutzutage Standard [1]. Neben vielen Vorteilen bei der Verwendung von OVDs wird über intraokulare Augeninnendruck-(IOD-)Spitzen bis zu 24 Stunden postoperativ als mögliche Nebenwirkung berichtet [2, 3, 4]. Die Erhöhung des IODs kann u. a. zu einer bleibenden Schädigung des Sehnervs führen. Der Verlust von Endothelzellen nach Kataraktchirurgie ist ebenfalls in der Literatur beschrieben [5]. Bei ausreichend starker Abnahme der Endothelzellzahl kann es in der Folge zu einer Dekompensation der Hornhaut kommen [6].

OVDs helfen, das Endothel während des chirurgischen Eingriffs zu schützen. Besonders dispersiven OVDs wird ein endothelprotektiver Faktor zugesprochen [4]. In komplizierten Eingriffen mit vorgeschädigter Hornhaut, wie bei der Fuchs'schen Endotheldystrophie oder bei dem Vorliegen einer Cornea guttata, werden kombinierte dispersiv-kohäsive OVDs verwendet, um einerseits die endothel-protektiven Vorteile und andererseits die raumschaffenden Eigenschaften beider Substanzgruppen während des Eingriffs zu nutzen [4, 7].

Ziel dieser Studie ist, zwei unterschiedlich kombinierte dispersiv-kohäsive OVDs bezüglich postoperativer IOD-Spitzen ≥30 mmHg zu untersuchen. Prä- und postope-

rative Endothelzellmessungen wurden durchgeführt, um die Abnahme der Endothelzellzahl nach dem Eingriff zu quantifizieren. Intraoperativ wurde der Einsatz beider OVDs evaluiert.

Twinvisc wird in einer Doppelkammerspritze geliefert, in der sich beide OVDs befinden. Um das kohäsive OVD (Twinvisc kohäsiv; 1,0 % Natriumhyaluronat – NaHA) des OVDs nutzen zu können, muss das dispersive OVD (Twinvisc dispersiv; 2,2 % NaHA) vollständig durch Niederdrücken des Stempels aus der ersten Kammer entfernt werden. Im Gegensatz hierzu wird Duovisc in zwei Spritzen geliefert. Eine Spritze enthält Viscoat (dispersiv: 4 % Chondroitinsulfat; 3 % NaHA) und eine zweite Spritze Provisc (kohäsiv: 1 % NaHA) (Abb. 1).

Abb. 1: Darstellung der Twinvisc-Zweikammerspritze
(mit freundlicher Genehmigung der Firma Carl Zeiss Meditec)

Material und Methoden

In dieser prospektiven, randomisierten und Untersucher-verblindeten Studie am IVCRC-Forschungszentrum an der Universitäts-Augenklinik Heidelberg wurden 54 Kataraktpatienten jeweils an einem Auge im Rahmen der Studie operiert und nach den Auflagen des Protokolls nachbeobachtet. Die Patienten wurden vor Operation für entweder Twinvisc oder Duovisc randomisiert. Implantiert wurde eine asphärische Plattenhaptik-IOL der Firma Carl Zeiss Meditec (Zeiss Asphina 409MP) mittels eines Bluemix-Injektors. Die IOL-Brechkraft der implantierten IOLs lag zwischen 16 und 26 dpt.

Eingeschlossen wurden Patienten über 50 Jahre, die nach ausführlicher Aufklärung eine Einverständniserklärung unterzeichnet hatten. Ausschlusskriterien waren alle entzündlichen okulären Erkrankungen, chronische Uveitis, pathologische Miosis, „Floppy-Iris-Syndrom“, Pseudoexfoliationssyndrom, IOD >24 mmHg, Glaukom, harter Kern, mature Linse und Endothelzellzahl <1500 Zellen/mm². Die Patienten wurden von zwei Operateuren (GUA/MPH) nach einem standardisierten Operationsverfahren und in lokaler Anästhesie oder in Intubationsnarkose operiert. Keine IOD-senkende Medikation wurde verabreicht, da diese eventuell vorhandene IOD-Spitzen maskieren könnte.

Bei den präoperativen Untersuchungen und den postoperativen Nachkontrolluntersuchungen werden jeweils der IOD, die unkorrigierte und die korrigierte Sehschärfe gemessen, eine Spaltlampenuntersuchung zur Evaluierung der Entzündungsparameter durchgeführt sowie die Hornhautdicke gemessen. Nachkontrolluntersuchungen fanden sechs, 24 Stunden, sieben, 30 und 90 Tage nach Operation statt. Präoperativ und drei Monate postoperativ wurden Endothelzellmessungen durchgeführt. Die IOD-Messung wurde mit einem Goldmann-Applanationstonometer (Haag-Streit/Schweiz) durchgeführt. Die Hornhautdickenmessung erfolgte an der Pentacam (Oculus/Deutschland).

Die intraoperative Anwendung des OVDs erfolgte nach einer Standardtechnik, bei der zuerst das dispersive OVD und daraufhin in einem zweiten Schritt (dem der IOL-Implantation) das kohäsive Kohärent des jeweiligen OVDs in die Vorderkammer appliziert wurde.

Intraoperativ wurde anhand eines Fragebogens, den der Operateur ausfüllte, die Anwendbarkeit der beiden unterschiedlichen OVDs nach folgenden Unterpunkten beurteilt:

- Aufrechterhaltung der Vorderkammertiefe
- Durchführung der kreisrunden Kapsulorhexis und der IOL-Implantation
- Verbleib des OVDs in der Vorderkammer während der Phakoemulsifikation
- Handhabbarkeit (Verpackung, Zusammenbau, Menge, Injektion) und Ergonomie (Einfachheit der Handhabung)
- Durchsicht während der Operation
- Entfernung des OVDs

Bei unkompliziertem postoperativen Verlauf erfolgte die antibiotische Nachversorgung mit Isoptomax-Augensalbe und Augentropfensuspension nach im Haus verwendetem Standardschema. Keine antiglaukomatöse Medikation wurde verabreicht.

Ergebnisse

In die Studie wurden insgesamt 54 Patienten (30 Frauen/24 Männer) eingeschlossen. Das mittlere Alter betrug 70,02 ± 8,37 Jahre. Postoperative IOD-Spitzen ≥30 mmHg (nach sechs Stunden) fanden sich bei 13,04 % der Twinvisc-Patienten (n = 26) und 14,29 % der Duovisc-Patienten (n = 28). 24 Stunden nach Eingriff lagen die Werte im Mittel unter 17,00 ± 4,97 mmHg (Twinvisc) und 15,05 ± 3,20 mmHg (Duovisc). Zwischen den beiden Gruppen konnte im prä- und postoperativen Verlauf kein signifikanter Unterschied im IOD-Verhalten beobachtet werden ($p > 0,05$).

Der Endothelzellverlust in der Twinvisc-Gruppe (n = 25* [*: ein Patient der Twinvisc-Gruppe erschien nicht zur Abschlusskontrolle nach drei Monaten]) betrug 7,96 %, der Verlust in der Duovisc-Gruppe (n = 28) hingegen 4,18 %. Dies ent-

spricht einem nicht signifikanten mittleren Verlust von –161,28 ± 276,20 Zellen/mm² in der Twinvisc-Gruppe sowie –103,70 ± 144,19 Zellen/mm² in der Duovisc-Gruppe ($p > 0,05$). Signifikant unterschiedlich waren jedoch die präoperativen EC-Ausgangswerte beider Gruppen (ANCOVA, $p = 0,031$). Nicht signifikant war die Endothelzellabnahme zwischen den beiden Gruppen im Vergleich (ANCOVA, $p = 0,115$).

Die Sehschärfenentwicklung in der dreimonatigen Nachbeobachtungszeit unterschied sich ebenfalls nicht signifikant voneinander. Im Vergleich zu den präoperativen Werten zwischen den beiden Gruppen ließ sich keine Signifikanz nachweisen ($p > 0,05$). Die intraoperative Anwendung der beiden OVDs zeigte ein vergleichbar gutes Anwendungsprofil in allen untersuchten Parametern. Zwischen den beiden OVDs konnte in keinem untersuchten Endpunkt eine statistische Signifikanz nachgewiesen werden ($p > 0,05$).

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass postoperative IOD-Spitzen nach Kataraktoperation unter Verwendung von Twinvisc und Duovisc nach Standardtechnik in vergleichbarer Anzahl auftraten ($p > 0,05$). Hinsichtlich des IOD-Verhaltens über die gesamte Studiendauer und des Endothelzellverlustes drei Monate nach dem Eingriff lassen sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der beiden unterschiedlichen Kombinationen an OVDs nachweisen. Statistisch signifikant waren die Endothelzellausgangswerte im Vergleich der Twinvisc-Gruppe mit der Duovisc-Gruppe ($p < 0,05$). Nicht statistisch signifikant hingegen war die Endothelzellabnahme beider Gruppen bezogen auf den Endothelzellausgangswert im Vergleich ($p > 0,05$). Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass, obwohl niedrigere Endothelzellausgangswerte in der Twinvisc-Gruppe vorlagen, die Abnahme an Endothelzellen als vergleichbar unter beiden Gruppen anzusehen ist. Aufgrund der niedrigen Probandenanzahl von 54 Patienten können jedoch nur deskriptive Beschreibungen angestellt werden.

Die intraoperative Anwendbarkeit von Twinvisc und von Duovisc wird als vergleichbar gut bewertet. Einziger Nachteil bei der Verwendung von Twinvisc ist, dass nicht zwischen dispersivem und kohäsivem OVD gewechselt werden kann. Dies kann bei bestimmten Operationstechniken ein Problem darstellen, wie bei der Verwendung zweier OVDs in Kombination zur Durchführung der „Soft-Shell-Technik" [8]. Generell wird unabhängig von der Operationstechnik empfohlen, am Ende der Operation das OVD vollständig aus der Vorderkammer und auch hinter der IOL zu entfernen, um dem Auftreten von postoperativen IOD-Spitzen entgegenzuwirken [4].

Hinsichtlich der Parameter Sicherheit und Effizienz lässt sich feststellen, dass Twinvisc im Bezug auf kurzfristig nach der Operation auftretende IOD-Spitzen von ≥30 mmHg mit Duovisc vergleichbar ist. Auch der Endothelzellverlust drei Monate postoperativ ist in beiden Gruppen analog. Die Handhabbarkeit wird in beiden Gruppen als gleich gut bewertet.

Literatur

1. LEAMING DV: Practice styles and preferences of ASCRS members-2003 survey. J Cataract Refract Surg 2004; 30:892–900
2. AHMED K II, KRANEMANN C, CHIPMAN M, MALAM F: Revisiting early postoperative follow-up after phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 2002;28:100–108
3. HOLZER MP, TETZ MR, AUFFARTH GU et al.: Effect of Healon5 and 4 other viscoelastic substances on intraocular pressure and endothelium after cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2001;27(2):213–218
4. AUFFARTH GU: Ophthalmic Viscoelastic Devices (OVD) in Ocular Surgery. Bremen: UNI-MED Verlag 2012
5. RAINER G, MENAPACE R, FINDL O et al.: Intraocular pressure after small incision cataract surgery with Healon5 and Viscoat. J Cataract Refract Surg 2000;26:271–276
6. POWE NR, SCHEIN OD, GIESER SC et al.: Synthesis of the literature on visual acuity and complications following cataract extraction with intraocular lens implantation. Cataract Patient Outcome Research Team. Arch Ophthalmol 1994;112:239–252
7. ARSHINOFF SA, ALBIANI DA, TAYLOR-LAPORTE J: Intraocular pressure after bilateral cataract surgery using Healon, Healon5, and Healon GV. J Cataract Refract Surg 2002;28:617–625
8. ARSCHINOFF SA: Dispersive-cohesive viscoelastic soft shell technique. J Cataract Refract Surg 1999;25(2): 167–173

Evaluierung einer neuen Double Cross-Action Kapsulorhexispinzette zur Kleinschnitt-kataraktchirurgie (MICS)

F. N. Auerbach, F. T. A. Kretz, E. Jakob, L. Hildebrandt, I.-J. Limberger, G. U. Auffarth

Zusammenfassung

Fragestellung: Vergleich der neuen Kleinschnitt Double Cross-Action Kapsulorhexispinzette nach Auffarth mit einer Standard Rhexispinzette (Utrata) zur Durchführung der kreisrunden Kapsulorhexis (CCC) bei unterschiedlichen kornealen Inzisionsgrößen.

Methodik: In einer randomisierten, klinisch-prospektiven Studie wurde jeweils ein Auge von insgesamt 28 Patienten (mittleres Alter von 74,4 ± 4,2 Jahren) eingeschlossen und einer unkomplizierten Kataraktoperation unterzogen. Die Patienten wurden in 4 Untergruppen aufgeteilt (Gruppe 1: 0,9 mm Inzision, Gruppe 2: 1,8 mm Inzision, Gruppe 3: 2,2 mm Inzision) und jeweils mit der neuen MICS-Pinzette operiert. Verglichen wurden die Ergebnisse mit der 4. Gruppe, die als Kontrollgruppe diente. Gruppe 4 wurde über eine 2,2 mm messende Inzision mit der Standardpinzette (Utrata) operiert. Die Inzisionsgröße wurde intraoperativ mit einem Kaliper bestimmt und die Kreisförmigkeit der CCC anhand von Operationsvideos ausgewertet. Anhand des Filmmaterials wurde ebenfalls die Häufigkeit des Nachgreifens ausgewertet.

Ergebnisse: Die Inzisionsgröße konnte im Vergleich zur Standard Kataraktpinzette bei gleich bleibender CCC auf 0,9 mm reduziert werden. Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen waren bezogen auf die CCC-Zirkularität nicht signifikant ($p > 0,05$). Die Unterschiede bezüglich der Häufigkeit des Nachgreifens zwischen den Pinzetten (Double Cross-Action vs. Utrata) und Inzisionsgrößen (0,9 mm; 1,8 mm; 2,2 mm) waren ebenfalls nicht signifikant ($p > 0,05$).

Schlussfolgerung: Besonders bei Patienten, bei denen die Operation ohne Astigmatismusinduktion durchgeführt werden soll, bei komplizierten Fällen mit kleinem Operationsfeld, geringem kornealen Durchmesser, bei Wunsch nach Astigmatismus-neutralem refraktiven Linsenaustausch oder Kindern stellt die Double Cross-Action Pinzette eine Alternative zu den standardmäßig eingesetzten Operationsinstrumenten dar.

Summary

Purpose: Comparison of a new double cross-action forceps (by Auffarth) in microincision cataract surgery with standard forceps regarding performance of circular capsulorhexis (CCC) in different clear-corneal incision sizes.

Methods: In a clinical prospective, randomised study, 28 cataract eyes with a mean age of 74.4 ± 4.2 years were enrolled and divided into 4 groups. 3 groups underwent surgery

(group 1: 0.9 mm incision, group 2: 1.8 mm incision, group 3: 2.2 mm incision) using the newly developed microincision forceps. The data was compared to the control group 4 with a 2.2 mm incision using a standard Utrata forceps. Incision size was measured intraoperativly using a caliper. CCC-shape was evaluated by analyzing surgical videos. The frequency of regripping with the forceps to perform the CCC was counted regarding the surgical video.
Results: Incision size could be reduced to 0.9 mm to perform a similar CCC than with the usual standard forceps. No significant difference regarding circularity of the CCC could be found. Regripping frequency between the different forcepses (Double Cross-Action vs. Utrata) and incision-sizes (0.9 mm, 1.8 mm, 2.2 mm) were also non-significant ($p > 0.05$).
Conclusion: Especially in cases where the surgery should be performed without inducement of astigmatism, in complicated cases where surgical space is limited, in small corneal diameters like in children and for astigmatism neutral refractive lens exchange the double cross-action forceps is a good alternative to the commonly used surgical instruments.

Einleitung

In den letzten Jahren wurde über multiple Neuerungen im Bereich der Mikroinzisionskataraktchirurgie (MICS) berichtet. In den letzten vier Jahrzehnten hat sich mit der Einführung der Phakoemulsifikation [1], der Verwendung viskoelastischer Substanzen [2], der Erfindung und Durchführung der kreisrunden Kapsulorhexis (CCC) [3] und selbstdichtenden kornealen Inzisionen sowie der Verwendung von faltbaren Intraokularlinsen (IOLs) eine kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung der Operations- und Hilfsmittel in der Kataraktchirurgie gezeigt. Durch die Verkleinerung der Inzisionsgröße auf unter 1,6 mm konnte der chirurgisch induzierte Astigmatismus vermindert, der postoperative Heilungsverlauf beschleunigt, das Operationstrauma reduziert und somit der Eingriff im Allgemeinen sicherer gestaltet werden [4].

Bei Inzisionen unter 2 mm wird eine schnellere visuelle Rehabilitation und eine geringere Inzidenz von Wundlekagen beschrieben [5]. Schwierig gestaltet sich immer noch die Kataraktchirurgie bei Kindern, bei geringem kornealen Durchmesser, im Rahmen eines kleinen Operationsfeldes und bei refraktiven Eingriffen mit der Implantation von Premium-IOLs, bei denen das Auftreten von kornealen Irregularitäten unerwünscht ist. Die CCC ist ein wichtiger und filigraner Schritt im Rahmen des Operationsablaufs, der ein hohes Maß an Aufmerksamkeit erfordert [6]. Die Durchführung der CCC mit Standardinstrumenten kann bei Inzisionsgrößen unter 2 mm nur erschwert oder teilweise überhaupt nicht durchgeführt werden [7]. Die Firma Geuder hat in Zusammenarbeit mit der Universitäts-Augenklinik (Prof. Auffarth) zur Durchführung der CCC bei obig genannten schwierigen Ausgangssituationen eine Double Cross-Action Pinzette entwickelt, die bei bis zu 0,9 mm messenden Inzisionen eingesetzt werden kann (Abb. 1–3). Um die Handhabung und Sicherheit der

Double Cross-Action Pinzette intraoperativ zu evaluieren, wurde an der Universitäts-Augenklinik eine Studie durchgeführt.

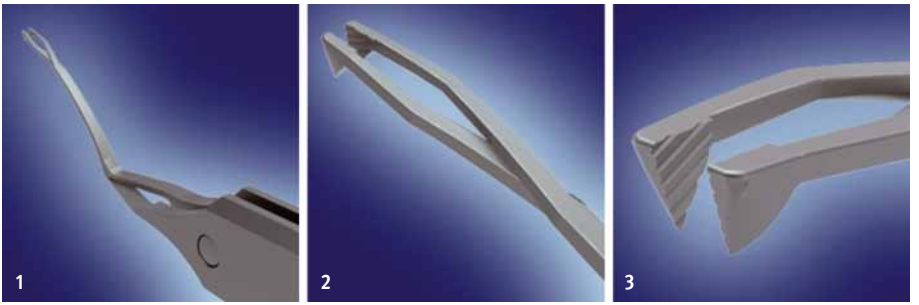


Abb. 1–3: Double Cross-Action Pinzette nach Auffarth (Fotos mit freundlicher Genehmigung der Firma Geuder)

Material und Methoden

In diese von der Ethikkommission genehmigte, prospektive, randomisiert kontrollierte Studie wurden 28 Kataraktpatienten (mittleres Alter 74,38 ± 4,2 Jahre) an einem Auge eingeschlossen. Einschlusskriterien waren eine Katarakt, klare Hornhautmedien und Unterschrift der Einverständniserklärung nach vorheriger Aufklärung. Ausschlusskriterien waren Pseudoexfoliationssyndrom, pathologische Miosis und ein nicht intakter Zonulaapparat, Oculus-ultimus-Situation oder der Wunsch des Patienten nach Implantation einer Sonderlinse.

Die Patienten wurden in vier gleich große Gruppen zu je sieben Patienten aufgeteilt. In Gruppe 1 bis 3 wurde die CCC mit der neuen Double Cross-Action Pinzette durchgeführt: Gruppe 1 (Inzision von 0,9 mm), Gruppe 2 (Inzision von 1,8 mm) und Gruppe 3 (Inzision von 2,2 mm). Die Ergebnisse wurden mit Kontrollgruppe 4 (Inzision von 2,2 mm) verglichen.

Intraoperativ wurde mit einem Kaliper (Abb. 4) die Inzisionsgröße direkt nach der Applikation des Viskoelastikums ausgemessen. Vor Implantation der IOL und nach Durchführung der CCC wurde die Inzision mit einer Lanzette erweitert und daraufhin die IOL sicher im Kapselsack platziert. Der gesamte Operationsvorgang wurde auf Video aufgezeichnet. Die postoperative Auswertung erfolgte anhand einer Videoanalyse, bei der Standbilder direkt nach der CCC aufgenommen wurden und weiter zur Vermessung in Microsoft PowerPoint transferiert wurden.

Ausgewertet wurde die Zirkularität der CCC, gemessen anhand ihrer Seitenverhältnisse im 90-Grad-Winkel zueinander, wobei davon ausgegangen wird, dass bei einem perfekten Kreis die Seitenverhältnisse 1:1 betragen. Diese Seitenverhältnisse wurden mit einerseits D major und andererseits D minor bezeichnet und nachfolgend grafisch für einen „perfekten“ Kreis und einer CCC, bei der die Durchmesser

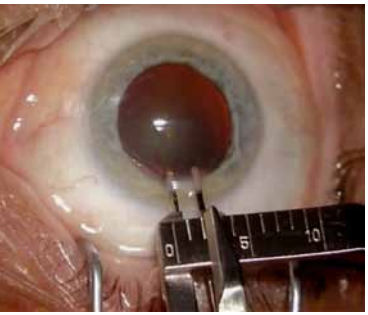


Abb. 4: Kaliper der Firma Geuder

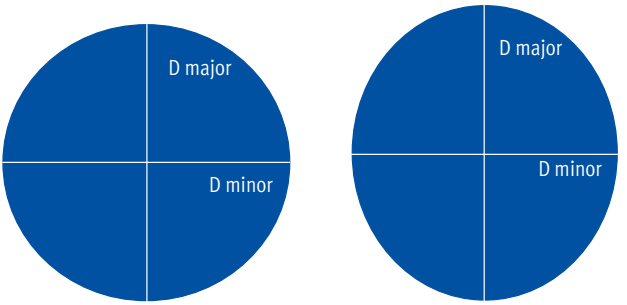


Abb. 5: Grafische Darstellung der Beziehung der Durchmesser der CCC für denselben Durchmesser (D major = D minor) (rechts) und für ein unterschiedliches Seitenverhältnis zueinander (D major > D minor) (links)

unterschiedlich voneinander sind, dargestellt (Abb. 5). Wenn einer der beiden Seitenverhältnisse einen geringeren Seitendurchmesser als der andere aufweist, wird von einer nicht mehr kreisförmigen CCC ausgegangen. Wenn diese beiden Seitenverhältnisse in Relation gesetzt werden, in diesem Fall durch das Dividieren des kleineren durch den größeren Durchmesser durchgeführt, ergibt das Produkt bei einem perfekten Kreis 1. Werte unter 1 lassen auf eine nicht kreisförmige CCC schließen. Je weiter die Werte von denen eines perfekten Kreises abweichen, desto weniger werden die Voraussetzungen für eine Kreisförmigkeit der CCC erfüllt.

Des Weiteren wurde die Nachgreiffrequenz der beiden Rhexispinzetten unter den verschiedenen Inzisionsgrößen ausgezählt, was auf die Handhabbarkeit des Operationsinstruments bei den verschiedenen Größen der Inzision rückschließen lässt.

Ergebnisse

Nachfolgend werden die ausgemessenen CCC-Durchmesser tabellarisch nach verwendeter Rhexispinzette und den unterschiedlichen Inzisionsgrößen dargestellt. Wie aus der Tabelle 1 ersichtlich, war es mit der Standartpinzette nicht möglich, bei Inzisionsgrößen unter 2 mm eine CCC durchzuführen. Die grafische Darstellung der Zirkularität der CCC unter Angabe der unterschiedlichen Inzisionsgrößen und der verwendeten Rhexispinzette ist in Abbildung 6 dargestellt. Nachfolgend die tabellarische Darstellung (Tab. 2) der Häufigkeit des Pinzettennachgreifens beider Rhexispinzetten im Vergleich zueinander. Ein Ausreißen der CCC konnte bei keinem der Studienpatienten beobachtet werden.

	0,9 mm	1,8 mm	2,2 mm
X-Action	0,92 (n = 6*)	0,96 (n = 6**)	0,95 (n = 6**)
Utrata	nicht möglich	nicht möglich	0,96 (n = 6**)

Tab. 1: Darstellung der Zirkularität der CCC beider Rhexispinzetten im Vergleich. X-Action steht hierbei für die Double Cross-Action Pinzette nach Auffarth und Utrata für die Standardpinzette

	0,9 mm	1,8 mm	2,2 mm
X-Action	1,83 (n = 6*)	2,43 (n = 6**)	1,83 (n = 6**)
Utrata	nicht möglich	nicht möglich	2,5 (n = 6**)

Tab. 2: Darstellung der Häufigkeit des Pinzettennachgreifens dargestellt für beide Pinzetten und die unterschiedlichen Inzisionsgrößen. X-Action steht hierbei für die Double Cross-Action Pinzette nach Auffarth und Utrata für die Standardpinzette

*Die Durchführung der CCC war in einem Auge nicht möglich, Schnitt wurde erweitert und Standardpinzette benutzt, **Die CCC-Auswertung war in einem Auge anhand des OP-Videos nicht möglich

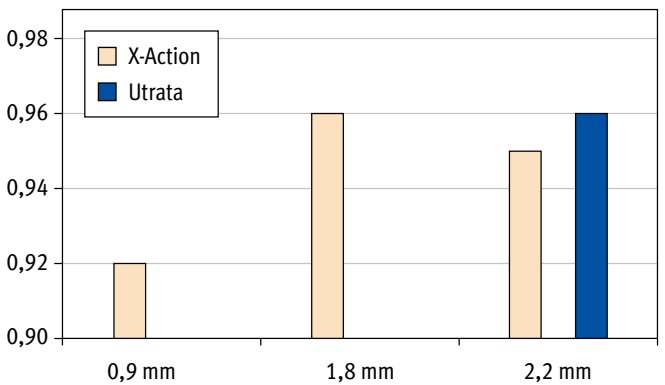


Abb. 6: Grafische Darstellung der Zirkularität der CCC abhängig von Inzisionsgröße und verwendeter Kapsulorhexispinzette. X-Action steht hierbei für die Double Cross-Action Pinzette nach Auffarth und Utrata für die Standardpinzette

Schlussfolgerung

Die Durchführung der CCC war bei beiden Pinzetten bei einer Inzisionsgröße von 2,2 mm vergleichbar gut. Auch die Häufigkeit des Nachgreifens bei der Durchführung der CCC war bei einer Inzisionsgröße von 2,2 mm unter beiden Pinzetten vergleichbar.

Die Double Cross-Action Pinzette nach Auffarth zeigte sich in Bezug auf die Häufigkeit des Nachgreifens vergleichbar mit der Standardpinzette (Utrata). Dies ließe sich durch eine bessere Handhabung und einen größeren Bewegungsspielraum durch das Cross-Action Prinzip erklären, wobei der kleinere Durchmesser der Rhexispinzette vor allem am Pivot-Punkt zum Tragen kommt und hierbei in puncto Manövrierbarkeit mehr Freiheit gewonnen wird. Es konnte bestätigt werden, dass die CCC sicher und gut durchzuführen ist. Zusätzlich war es mit der Double Cross-Action Pinzette möglich, bei Inzisionsgrößen unter 1,8 mm eine gut kontrollierbare und von der Form her annähernd kreisförmige CCC durchzuführen, was besonders im Rahmen der MICS bei einem Inzisionsgrößenbereich von <2 mm eine wichtige Rolle spielt. Ein Ausreißen der CCC in Richtung Äquator konnte in keinem der Fälle beobachtet werden.

Über einen Inzisionsgrößenbereich von unter 2 mm werden die faltbaren IOLs und Phakotips, welche im Rahmen der MICS heutzutage eingesetzt werden eingeführt. Gerade bei komplizierten Fällen, wie einer engen Vorderkammer, dem Vorliegen einer Mikrokornea, bei Kindern mit verhältnismäßig kleinen anatomischen Verhältnissen des Auges und dem Wunsch nach einer geringen Astigmatismusinduktion im Rahmen der Premium-IOL-Implantation können die Vorteile der Double Cross-Action Pinzette zum Tragen kommen.

Literatur

1. KELMAN CD: Phacoemulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. Am J Ophthalmol 1967;64:23–35
2. BALAZS EA: Physical chemistry of hyaluronic acid. Fed Proc 1958;17:1086–1093
3. GIMBEL HV, NEUHANN T: Continuous curvilinear capsulorhexis. J Cataract Refract Surg 1991;17:110–111
4. KOHNEN T, KLAPROTH OK: Intraocular lenses for microincisional cataract surgery. Ophthalmologe 2010;107: 127–135
5. MUELLER M, KOHNEN T: Incisions for biaxial and coaxial microincision cataract surgery. Ophthalmologe 2010; 107(2):108–115
6. DOOLEY IJ, O´BRIEN PD: Subjective difficulty of each stage of phacoemulsification cataract surgery performed by basic surgical trainees. J Cataract Refract Surg 2006;32(4):604–608
7. RATNARAJAN G, CALLADINE D, WATSON SL: Cross-action capsulorhexis forceps for coaxial microincision cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2011;37:1559–1560

Spektrum bakterieller Erreger und ihrer Resistenzen anhand der Auswertung von Abstrichen an einer Universitäts-Augenklinik über 4 Jahre

F. T. A. Kretz, G. U. Auffarth

Zusammenfassung

Zielsetzung: Evaluation und Resistenzanalyse konjunktivaler und kornealer Abstrichergebnisse an einer Universitäts-Augenklinik über einen Zeitraum von 4 Jahren.

Methoden: Im Rahmen einer retrospektiven Studie wurden die mikrobiologischen Ergebnisse von 1143 Proben über 4 Jahre analysiert. Die verschiedenen bakteriellen Erreger wurden evaluiert und ihre Resistenzen durch standardisierte Resistenztestungen nachgewiesen. Veränderungen der Resistenzen wurden über den gesamten Zeitraum beurteilt sowie die getesteten Antibiotika mit den handelsüblichen okulären Lokaltherapeutika verglichen.

Ergebnisse: Koagulase-negative Staphylokokken waren die am häufigsten gefunden Erreger mit 54 % über den Gesamtzeitraum gefolgt von Staphylokokkus Aureus mit 19 %. Vergrünende Streptokokken, Streptokokkus pneumoniae, Corynebakterien, Haemiphilus influenzae wurden in einer Größenordnung von 6 bis 8 % gefunden. Andere bakterielle Erreger wie Enterokokkus, Pseudomonaden, nicht hämolisierende Streptokokken und auch MRSA konnten nur in einer Größenordnung von 1 bis 2% gefunden werden. Bezug nehmend auf die Resistenzentwicklung zeigten sich nur geringe Schwankungen im Beobachtungszeitraum. Auffällig war jedoch, dass die standardisierte Resistenztestung nur wenige kommerziell erhältliche Lokalantibiotika enthält und trotz nachgewiesener Resistenz teilweise eine Wirksamkeit nachgewiesen werden konnte.

Schlussfolgerung: Bakterielle Infektionen stellen immer noch eine Gefahr in vielen Bereichen der Medizin dar. Gerade mit der steigenden Anzahl an okulären Operationen und v. a. der intravitrealen Injektionen besteht prinzipiell immer die Gefahr einer verschleppten Infektion mit daraus resultierender Endophthalmitis. Im Rahmen unserer Beurteilung konnte ein breites Spektrum an Erregern festgestellt werden. Viele davon gehören zur natürlichen Flora der Haut der Periokularregion. Die durchgeführten Resistenzanalysen zeigten sich als nicht immer effizient, da oft nur Antibiotikagruppen getestet wurden, ohne eine Aufschlüsselung nach Generation vorzunehmen. Des Weiteren sind die lokal erreichten Konzentrationen nicht mit den üblich getesteten Konzentrationen bei systemischer Gabe zu vergleichen.

Summary
Purpose: Evaluation of causative organisms and their resistance in a university hospital setup over a time period of 4 years
Setting: Department of Ophthalmology, University Ophthalmology Hospital, Heidelberg, Germany.
Methods: In a retrospective design the microbiological results of 1143 probes were analysed for their causative organisms and their resistance over a time period of 4 years. Changes in resistance were evaluated and compared to the available topical pharmaceutics.
Results: Over the whole time period the highest amount of causative organisms was found for coagulase-negative staphylococcus (54 %), followed by the staphylococcus aureus (19 %). Greening streptococcus, streptococcus pneumoniae, corynebacterium and haemophilus influence were found in a range of 6 to 8 %. Other causative organisms like enterococcus, pseudomonas, non-hamolysing streptococcus spp. and also MRSA could only be found in a range between 1 to 2 %. Resistance underwent little changes during follow up time.
Conclusion: Bacterial infections are still a danger in any field of medicine. Our analyses show, that there is a wide spectrum of causative organisms and their infections in the daily clinic. Often only the normal skin flora can be detected. Sometimes resistance is proven for all available antibiotics, still in the field of ophthalmology, most infections can be healed by topical intervention.

Hintergrund

Okuläre Infektion sind eine typische Ursache für Fremdkörpergefühl und Sehverschlechterung und können letztendlich unbehandelt bis zur Erblindung führen. In schwerwiegenden Fällen mit vor allem immunsupprimierten Patienten kann es im Fall einer schweren Endophthalmitis bis zum Organverlust und/oder über diesen hinaus bis zur systemischen Infektion kommen. Die häufigsten Infektionserkrankungen stellen hierbei die des äußeren Auges dar. Sie haben eine besonders hohe Neigung zur Chronifizierung. Vor allem die Blepharitis ist ein Risikofaktor für die Entstehung einer Keratitis [1, 2]. Die hier am häufigsten gefundenen Erreger gehören zur Spezies der Koagulase-negativen Staphylokokken [3, 4].

Ein weit verbreiteter Risikofaktor für die Entstehung okulärer Infektion ist das Tragen von Kontaktlinsen [5, 6, 7]. Pathogene Keime können sich auf und in den Linsenmaterialien ansiedeln oder sogar die Kontaktlinsenflüssigkeit mit Behälter befallen und so bei erneutem Tragen zu schweren Infektionen der Hornhaut führen. Hierbei spielen vor allem die Tragezeit und das Linsenmaterial einen entscheidenden Faktor für die Pathogenitätsmechanismen [5]. Der Erreger Pseudomonas aeruginosa zeigt bei dieser Art des Infektionsweges eine sehr große Häufigkeit [5].

Zur Behandlung einer bestehenden Infektion reicht oft die Gabe topischer Antibiotika. Jedoch besteht hierbei immer das Risiko der Entstehung einer kornealen

Narbe als Zeichen der ausgeheilten Keratitis, die ebenfalls das Risiko einer Einschränkung des Sehvermögens mit begleitender Blendung trägt. Es gibt sehr wenige Fallberichte über okuläre Infektionen mit seltenen Keimen. Daher ist eine mögliche Behandlung bei positivem Befund oftmals schwierig, und Entzündungen neigen zu schweren Verläufen und Rezidiven [8].

Im Fall von intraokularen Entzündungen wurden in der Vergangenheit bereits einige Versuche zur standardisierten Behandlung, vor allem aber auch zur Prävention einer intraokularen Entzündung unternommen [9–13]. Obwohl die Inzidenz postoperativer Endophthalmitiden sehr gering ist [14], stellt sie immer noch die gefürchtetste postoperative Komplikation dar. Die „ESCRS endophthalmitis study" [12] konnte signifikant bessere Ergebnisse nach früher Vitrektomie mit intraokularer Antibiotikagabe zum Schutz des Organs und seiner Funktion feststellen. In anderen Studien konnte für die prophylaktische Injektion intrakameraler Antibiotika ein positiver Effekt auf die Reduktion des Risikos einer postoperativen Endophthalmitis nachgewiesen werden [15].

In unserer Studie haben wir alle kerato-konjunktivalen Abstriche einer Universitäts-Augenklinik im Zeitraum von 2006 bis 2009 auf den Erregerstamm und die Sensibilität auf Antibiotika getestet und diese Ergebnisse ausgewertet. Ein besonderes Augenmerk lag hierbei vor allem auf der möglichen kommerziellen Verfügbarkeit topischer Antibiotika im Vergleich zu den nur systemisch erhältlichen Präparaten.

Methoden

Konjunktivale Abstriche wurden mit sterilen Trägern von der entsprechenden Augenoberfläche genommen und in aerobem Trägermaterial inkubiert. Die Erregerspezifizierung sowie die Resitenztestung wurden im Mikrobiologischem und Hygiene Institut des Universitäts-Klinikums Heidelberg durchgeführt. Tabelle 1 zeigt die zur in Heidelberg üblichen Resistenztestung verwendeten Antibiotika. Die Sensibilität wurde hierbei wie folgt definiert: 3 = sensibel mit einer Effektivität des Antibiotikums von 90 bis 100 %, 2 = teilweise sensibel mit einer Effektivität des Antibiotikums von 80 bis 90 % und 1 = resistent mit einer Effektivität des Antibiotikums von 0 bis 80 %. Im Fall, dass ein Antibiotikum nicht getestet wurde, wurde die Zahl 0 verwendet.

Ergebnisse

Insgesamt wurden 1143 Abstriche der Bindehaut und/oder Hornhaut im Zeitraum von 2006 bis 2009 ausgewertet. 2006 wurden 233, 2007 346, 2008 306 und 2009 258 analisiert und ausgewertet. Abbildung 1 zeigt die am häufigsten gefundenen Erreger über den Untersuchungszeitraum von vier Jahren. Staphylokokkus Spezies

Abkürzung	Antibiotikum	Verfügbarkeit als topische Medikation
PEN	Penicillin	–
PENF	Penicillinase-festes Penicillin	–
AMPE	Aminobenzylpenicillin	–
AMPEβ	Aminobenzylpenicillin + β-Lactamase-Inhibitor	–
ACPE	Acylaminopenicillin	–
ACPEβ	Acylaminopenicillin + β-Lactamase-Inhibitor	–
CEPH1	Cephalosporine 1. Generation	–
CEPH2	Cephalosporine 2. Generation	–
CEPH3	Cephalosporine 3. Generation	–
CAR	Carbapeneme	–
MON	Monobactame	–
LISA	Lincosamine	–
MAK	Makrolide	x
FLCH	Fluorchinolone	x
AMGL	Aminoglykoside	x
SXT	Cotrimoxazol	x
GLPE	Glykopeptidantibiotika	–
LZ	Linezolid	–
QUDA	Quinupristin/Dalfopristin	–
FOS	Fosfomycin	–
FUS	Fusidinsäure	x
MUP	Mupirocin	–
NIT	Nitrofurantoine	–
TET	Tetrazykline	x
RIF	Rifampicine	x
TIG	Tigecyklin	–
ANS	Ansamycin Antibiotika	–

Tab. 1: Abkürzungen der zur Resistenztestung verwendeten Antibiotika mit Verfügbarkeit als topische Lösung

wurden hierbei in 73 % aller Analysen gefunden, gefolgt von Streptokokkus Spezies mit 16 %. Pseudomonaden, die bekannt für Kontaktlinsen-assoziierte Infektionen sind, wurden nur in 2 % der Fälle nachgewiesen. Einige Erreger konnten nicht in allen aufeinanderfolgenden Jahren nachgewiesen werden. Abbildung 2 zeigt den Erregernachweis nach einzelnen Jahren. Tabelle 1 zeigt die zur Resistenztestung verwendeten Antibiotika und Antibiotikagruppen.

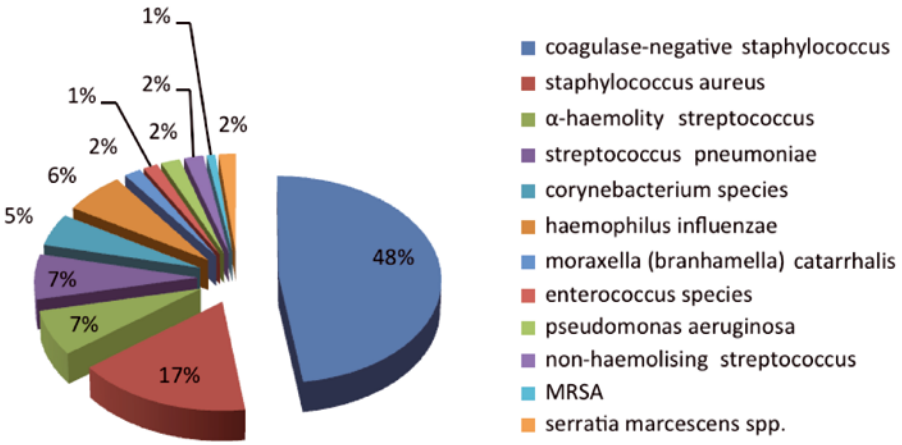


Abb. 1: Erregerspektrum der Abstrichanalysen einer Universitäts-Augenklinik über den Zeitraum von 2006 bis 2009

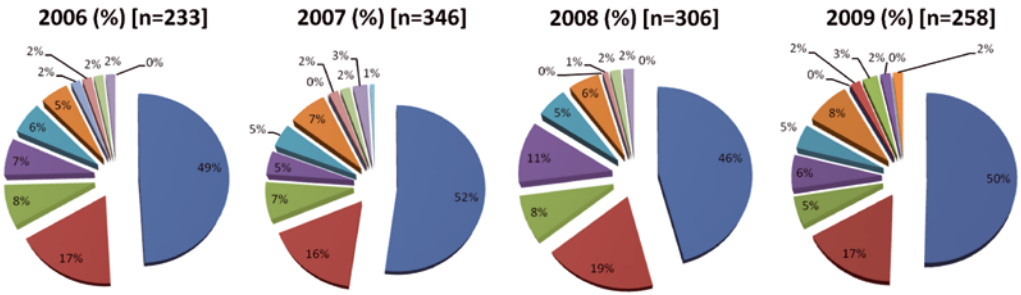


Abb. 2: Erregerspektrum innerhalb der verschiedenen Untersuchungsjahre (Legende s. Abb. 1)

Im Rahmen der Resistenzanalyse wurden zwei Gruppen unterschieden. Zum einen die als kommerziell verfügbaren tropischen Antibiotika (Tab. 2) und zum anderen die nur in systemischer Form verfügbaren Antibiotika (Tab. 3). Koagulase-negative Staphylokokken Spezies zeigten hierbei eine Resistenzrate auf die meisten der kommerziell verfügbaren Antibiotika, nur Rifampicin AT, die in Eigenherstellung der Apotheken angefertigt werden muss, zeigte eine gute Effektivität. Staphylokokkus Aureus hingegen zeigte eine gute Sensibilität auf die meisten kommerziell erhältlichen Augentropfen und -salben. Pseudomonas aeruginosa zeigte eine entstehende Resistenz gegen Fluochinolon Antibiotika, die in der heutigen Zeit die am weitverbreiteten topischen Antibiotika darstellen. Als sensibel beginnend in 2006 wurde er im Lauf der Zeit bis 2009 resistent. Im Gegenzug dazu stellt sich jedoch eine Sensibilität auf Aminoglykosid Antibiotika ein.

Bakterien	Jahr	n	Topisch verfügbare Medikamente						
			MAK	FLCH	AMGL	SXT	FUS	TET	RIF
Pseudomonas aeruginosa	2006	5	0	3	2	1	0	0	0
	2007	8	0	2	3	1	0	0	0
	2008	9		1	3	1		1	0
	2009	11		1	3	1		1	0
Staphylokokkus epidermidis	2006	5	1	2	3	3	3	1	0
	2007	0	0	0	0	0	0	0	0
	2008	0	0	0	0	0	0	0	0
	2009	0	0	0	0	0	0	0	0
koagulase-negative Staphylokokkus	2006	0	0	0	0	0	0	0	0
	2007	215	1	1	1	2	1	2	3
	2008	0	0	0	0	0	0	0	0
	2009	157	1	1	2	2	2	2	0
Staphylokokkus aureus	2006	60	1	3	3	3	3	3	3
	2007	73	2	2	3	3	3	3	3
	2008	68	1	3	3	3	3	3	0
	2009	57	2	3	3	3	3	3	0
Streptokokkus spp.	2006	19	0	0	0	0	0	0	0
	2007	62	0	0	0	0	0	0	0
	2008	79	0	0	0	0	0	0	0
	2009	47	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 2: Resistenzanalyse und Sensibilität auf die kommerziell verfügbaren, untersuchten, topischen Antibiotika:
0 = nicht getestet, 1 = resistent (Sensibilität von 0–80 %), 2 = teilweise sensibel (Sensibilität von 80–90 %), 3 = sensibel (Sensibilität von 90–100 %)

Interpretation

Die antibiotische Therapie in jedem Bereich der Medizin war, ist und wird auch in Zukunft ein sehr wichtiges und entscheidendes Thema sein. Vor allem die schnellen Resistenzentwicklungen können die Wahl des richtigen Antibiotikums erschweren. In der klinischen Routine haben sich daher standardisierte Verfahren zur Erregeridentifizierung etabliert. Hierdurch kann nach erfolgreicher Erregeridentifizierung eine Resistenzanalyse durchgeführt werden. Da die Augenheilkunde als kleiner Fachbereich der Medizin angesehen wird und okuläre Infektion im Regelfall nicht als lebensgefährlich gelten, werden die den Augenärzten kommerziell zur Verfü-

Bakterien	Jahr	n	Nicht verfügbar als topische Medikation																		
			PEN	PENF	AMPE	AMPEß	ACPE	ACPEß	CEPH1	CEPH2	CEPH3	CAR	MON	LISA	GLPE	LZ	QUDA	FOS	MUP	NIT	TIG	ANS
Pseudomonas aeruginosa	2006	5	0	0	1	1	0	1	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2007	8	0	0	1	1	0	1	1	1	1	3	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2008	9	0	0	1	1	3	3	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2009	11	0	0	1	1	0	1	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Staphylokokkus epidermidis	2006	5	1	2	1	2	0	0	2	2	0	2	0	1	3	3	0	0	0	0	0	0
	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
koagulase-negative Staphylokokkus	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2007	215	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	3	3	3	1	0	0	0	0
	2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2009	157	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	2	3	3	0	1	0	0	0	3
Staphylokokkus aureus	2006	60	1	3	1	3	0	0	3	3	0	3	0	1	3	3	0	3	0	0	0	0
	2007	73	1	3	1	3	0	0	3	3	0	3	0	2	3	3	3	3	3	0	0	0
	2008	68	1	3	1	3	0	0	3	3	0	3	0	1	3	3	3	3	0	0	0	3
	2009	57	1	3	1	3	0	0	3	3	0	3	0	2	3	3	3	3	0	0	3	3
Streptokokkus spp.	2006	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2007	62	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	2008	79	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2009	47	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 3: Resistenzanalyse und Sensibilität auf die nicht kommerziell verfügbaren, untersuchten, topischen Antibiotika:
0 = nicht getestet, 1 = resistent (Sensibilität von 0–80 %), 2 = teilweise sensibel (Sensibilität von 80–90 %), 3 = sensibel (Sensibilität von 90–100 %)

gung stehenden topischen Antibiotika oftmals nicht in die Routineresistenzanalyse integriert. Vor allem neuere Generationen von bekannten Antibiotikagruppen, die fast ausschließlich in der Augenheilkunde Verwendung finden, werden hier nicht berücksichtigt.

Wenn man jedoch die klinische Erfahrung in der Behandlung okulärer Infektion mit den eigenen Ergebnissen vergleicht, findet man hingegen der meisten Resistenzanalysen eine gute Wirksamkeit der verwendeten topischen Antibiotika. Dies liegt zum einen an den sehr eng gesetzten Grenzen zwischen Sensibilität und Resistenz der Analysen, zum anderen aber auch an den oft deutlich höheren lokalen Wirkspiegeln, die mit mehrfacher Tropftherapie im Vergleich zu systemsicherer Gabe erreicht werden.

Ein anderer nicht zu unterschätzender Einflussfaktor ist die bakterizide Wirkung der Konservierungsmittel, die in vielen kommerziell erhältlichen Medikamenten enthalten sind. Hier vor allem erwähnt sei die bakterizide Wirkung von Benzalkoniumchlorid, das wahrscheinlich allein schon zur Behandlung milder Infektionen der okulären Adnexe ausreichen kann.

Literatur

1. AUW-HAEDRICH C, REINHARD T: Chronic blepharitis. Pathogenesis, clinical features, and therapy. Ophthalmologe 2007;104(9):817–826;quiz 27–28
2. TETZ MR, KLEIN U, VOLCKER HE: Staphylococcus-associated blepharokeratoconjunctivitis. Clinical findings, pathogenesis and therapy. Ophthalmologe 1997;94(3):186–190
3. NAKATA K, INOUE Y, HARADA J et al.: A high incidence of Staphylococcus aureus colonization in the external eyes of patients with atopic dermatitis. Ophthalmology 2000;107(12):2167–2171
4. WROBLEWSKI KJ, PASTERNAK JF, BOWER KS et al.: Infectious keratitis after photorefractive keratectomy in the United States army and navy. Ophthalmology 2006;113(4):520–525
5. ROBERTSON DM: The effects of silicone hydrogel lens wear on the corneal epithelium and risk for microbial keratitis. Eye Contact Lens 2013;39(1):67–72
6. LIESEGANG TJ: Contact lens-related microbial keratitis: Part I: Epidemiology. Cornea 1997;16(2):125–131
7. STAPLETON F, KEAY L, EDWARDS K et al.: The incidence of contact lens-related microbial keratitis in Australia. Ophthalmology 2008;115(10):1655–1662
8. THOMAS BC, ZIMMERMANN S, VOLCKER HE et al.: Severe Arthrographis kalrae keratomycosis in an immunocompetent patient. Cornea 2011;30(3):364–366
9. SHIMADA H, NAKASHIZUKA H, HATTORI T et al.: Incidence of endophthalmitis after 20- and 25-gauge vitrectomy causes and prevention. Ophthalmology 2008;115(12):2215–2220
10. SHAH CP, GARG SJ, VANDER JF et al.: Outcomes and risk factors associated with endophthalmitis after intravitreal injection of anti-vascular endothelial growth factor agents. Ophthalmology 2011;118(10):2028–2034
11. SCOTT IU, FLYNN HW, JR., DEV S et al.: Endophthalmitis after 25-gauge and 20-gauge pars plana vitrectomy: incidence and outcomes. Retina 2008;28(1):138–142
12. BARRY P, SEAL DV, GETTINBY G et al.: ESCRS study of prophylaxis of postoperative endophthalmitis after cataract surgery: Preliminary report of principal results from a European multicenter study. J Cataract Refract Surg 2006;32(3):407–410
13. Results of the Endophthalmitis Vitrectomy Study. A randomized trial of immediate vitrectomy and of intravenous antibiotics for the treatment of postoperative bacterial endophthalmitis. Endophthalmitis Vitrectomy Study Group. Arch Ophthalmol 1995;113(12):1479–1496
14. FRILING E, LUNDSTROM M, STENEVI U, MONTAN P: Six-year incidence of endophthalmitis after cataract surgery: Swedish national study. J Cataract Refract Surg 2013;39(1):15–21
15. SHORSTEIN NH, WINTHROP KL, HERRINTON LJ: Decreased postoperative endophthalmitis rate after institution of intracameral antibiotics in a Northern California eye department. J Cataract Refract Surg 2013;39(1):8–14

Funktioneller Visus bei Pseudophakie

H. Häberle

Zusammenfassung

Faltbare Linsendesigns mit hohem refraktiven Index und scharfer Kante zur Nachstarinhibition können selten bei monofokaler Pseudophakie persistierende Dysphotopsien verursachen (<1 %). Positive Dysphotopsien sind unter mesopischen Bedingungen auftretende Halos. Bei Siccaproblematik, Visus >0,5 und mesopischer Pupille >5,5 mm sollte die präoperative Diagnostik um Glarevisus, Aberrometrie, Pupillometrie und NEI-VFQ-25-Fragebogen erweitert werden, um die OP-Indikation strenger zu stellen. Intraoperativ ist eine perfekt runde 5-mm-Rhexis sowie die zentrierte Implantation einer IOL mit Optikdurchmesser mind. 6 mm präventiv wirksam. Negative Dysphotopsien sind temporal empfundene Schatten im Gesichtsfeld. Sie treten unabhängig vom IOL-Modell auch bei optimalem anatomischen Befund auf. Als Ursache wird die durch die Pseudophakisierung hervorgerufene Vertiefung der Vorderkammer bzw. des Abstandes zwischen Iris und IOL-Vorderfläche mit Änderung des Strahlenganges vermutet. Möglicherweise können in machen Fällen das Anteriorisieren der IOL-Optik oder die Implantation einer zweiten IOL im Sinne einer Huckepacklinse in den Sulkus die Symptome bessern. Für persistierende Dysphotopsien gibt es keine einheitlich wirksame therapeutische Lösung. Ein zunächst abwartendes Verhalten nach Kontrolle der Anatomie und die Induktion einer therapeutischen Miosis mittels Brimonidin AT ist als Erstmaßnahme indiziert. Über eventuelle postoperative Dysphotopsien muss präoperativ aufgeklärt werden und die präoperative Diagnostik bei Risikopatienten erweitert werden.

Summary

Foldable monofocal sharp edged lens designs with high refractive index may cause persistent dysphotopsias in less than 1 %. Positive dysphotopsia means halos or star bursts under mesopic conditions. Patients with preoperative visual acuity >0.5, sicca problems and mesopic pupils over 5.5 mm should be evaluated preoperatively for glare vision, aberrometry, pupilometry and should undergo NEI-VFQ 25 questionnaire for functional visual acuity and have stronger indication for lens surgery. Intraoperatively perfect circular 5 mm rhexis and perfect centration of the IOL with at least 6 mm optical diameter should be achieved. Negative dysphotopsia means temporal shadows in the visual field. They can be manifest even with perfect postoperative anatomic situation. There is no correlation to the IOL model. The deepening of the anterior chamber or the enlarging of the distance between iris and IOL surface due to pseudophakia may influence the refraction of light rays and cause positive skotomas. Some cases benefit from anteriorisation of the IOL optic or secondary implantation of a piggy bag IOL into ciliary sulcus. There is no treatment guideline for either persistent positive or negative dysphotopsia. The anatomy

has to be checked. Therapeutic minimally invasive is to induce medically miosis by brimonidine eyedrops twice per day. Sicca patients and patients with large mesopic pupils should be evaluated preoperatively like corneal refractive patients und should have informed consent about potential dysphotopsia side effects.

Funktioneller Visus

Nach komplikationsloser Kataraktoperation mit Implantation einer monofokalen Linse ist ein Visus von 1.0 bei normaler Anatomie erreichbar. Dank optischer Biometrieverfahren und moderner Berechnungsformeln liegt die Genauigkeit der Zielrefraktion in über 96 % der Fälle bei einer Abweichung unter 1,0 dpt. Grenzen der IOL-Berechnung liegen in der grundsätzlich nicht genau vorhersagbaren postoperativen IOL-Position. Darüber hinaus ist mit einer größeren Abweichung von der Zielrefraktion nach vorangegangener refraktiver Hornhautchirurgie sowie bei extremen Achsenlängen und maturen Katarakten auszugehen. Nicht zu vernachlässigen ist die bei der industriellen Fertigung der IOL tolerierte Schwankungsbreite der Brechkraft, um die Linse in 0,5-dpt-Stufen abzupacken. Patienten beschreiben trotz 1.0-Visus in der frühen postoperativen Phase unabhängig von verschiedenen Linsenmodellen gelegentlich störende optische Phänomene, die schwer objektivierbar sind. Die Symptome sind sehr selten persistierend. Klinisch am einfachsten und offensichtlich auch am besten werden sie in einem Fragebogen zur visuellen Qualität bzw. Funktion erfasst, der an den NEI VFQ 25 angelehnt ist (National Eye Institute Visual Function Questionnaire) [6, 13, 16]. Es wird hierbei die unterschiedliche Intensität der Symptome in verschiedenen Lichtverhältnissen bei verschiedenen Alltagsaufgaben abgefragt. Dazu gehört zum Beispiel das Lesen von diversen Schriftgrößen, das Erkennen von Stufen oder Unebenheiten im Gelände beim Unterwegssein zu Fuß bzw. mit dem Auto das Erkennen von Verkehrzeichen und Straßenschildern oder auch bei Dämmerung oder Nacht die Blendempfindlichkeit gegenüber entgegenkommenden Fahrzeugen.

Dysphotopsien

In der Literatur wird seit den 90er-Jahren und der Verbreitung faltbarer Acryllinsenmaterialien mit hohem refraktiven Index über Photopsien, entoptische Phänomene, photische Phänomene und Dysphotopsien nach Pseudophakie berichtet [1, 5, 8]. Der Begriff Dysphotopsie hat sich einheitlich etabliert, um jegliche lichtassoziierten visuellen Phänomene bei phaken und pseudophaken Patienten zu beschreiben. Inzwischen unterscheidet man bei Pseudophakie zwischen den selteneren negativen Dysphotopsien (temporale Schatten, „Scheuklappen“) und den häufigeren positiven Dysphotopsien (Flackerbilder, Lichtkränze und Halos). Diese treten in <1 % der Fälle auf.

In der ersten Ära der Multifokallinsenimplantationen wurden positive Dysphotopsien als Hauptnebenwirkung in zahlreichen Studien analysiert, und es wurde festgestellt, dass auch nach Monofokallinsenimplantation solche Symptome auftreten können [14]. Im unmittelbaren Vergleich zu Monofokallinsen wurde auf explizites Nachfragen beispielsweise in einer Befragung von 9% der Monofokallinsenträger und 41 % der Multifokallinsenträger Symptome geäußert [3]. Ursächlich dafür angesehen wurden die Oberflächenqualität der Hornhaut, Astigmatismus und Patientenalter sowie das Linsenmaterial mit hohem refraktiven Index und das Optikkantendesign [11]. Negativen Dysphotopsien wurden sehr unterschiedliche Ursachen wie Orbitatiefe, Ödem im kornealen Schnitt, Abstand zwischen IOL-Vorderfläche und Iris >0,45 mm zugeordnet [12]. Meist sind die Symptome transient und treten nur in der frühpostoperativen Phase auf. Für persistierende negative Dysphotopsien scheint allerdings unabhängig vom Linsendesign die Vertiefung der Vorderkammer durch Pseudophakie ursächlich zu sein [10].

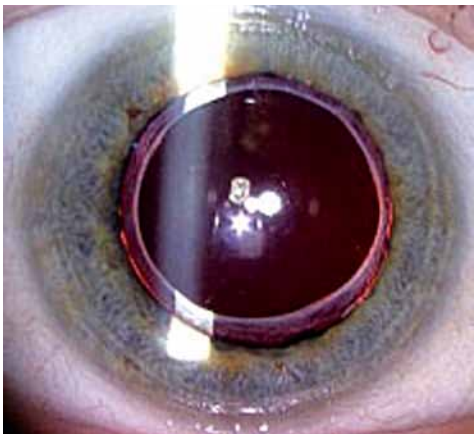


Abb. 1: Zufriedener Patient, optimal zentrierte IOL mit ideal dimensioniertem fibrosierten Rhexisrand

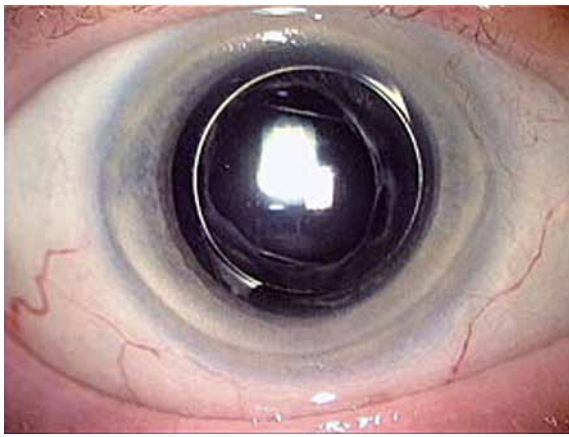


Abb. 2: Unzufriedener Patient mit bitemporalen Schatten. Sulkusfixierte zentrierte IOL mit vermehrtem Kantenreflex

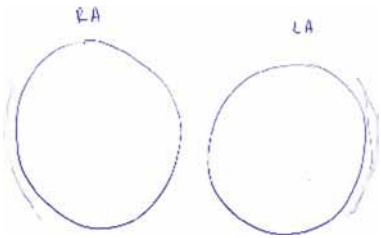


Abb. 3: Patientenskizze negative Dysphotopsie: temporaler Schatten bds.

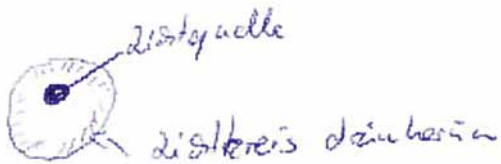


Abb. 4: Patientenskizze positive Dysphotopsie: Halos und Lichtkränze, besonders abends

Diagnostik prä- und postoperativ

Bei den Patienten der refraktiven Hornhautchirurgie wird per Leitlinie routinemäßig präoperativ die Oberflächenqualität der Hornhaut, die mesopische Pupillengröße und der Gesamtastigmatismus als wesentliche Einflussfaktoren auf möglicherweise verstärkte Aberrationen mit geringerem postoperativen funktionellen Visus evaluiert.

Vor der Kataraktoperation sollten Patienten <50 Jahre routinemäßig bereits präoperativ, wie schon lange in der hornhautrefraktiven Chirurgie üblich, eine Beurteilung ihrer photopischen und skotopischen Pupillendynamik erhalten und die aktuellen Seh- und Lebensgewohnheiten erfragt werden, damit eine entsprechende Kunstlinsenwahl (aberrationskorrigiert, Optikdurchmesser mind. 6 mm, abgerundetes/gefrostetes Kantendesign, ggf. torisch, Definition der optimalen Zielrefraktion) sowie optimale Rhexisdimensionierung erfolgen kann. Idealerweise ist die Linse optimal zentriert, die Rhexis kreisrund und die Linsenoptikkante davon komplett umschlossen. Die vordere Rhexis sollte auch nach vier bis sechs Wochen so fibrosiert sein, dass die Streulichtphänomene durch die Linsenkante minimiert werden. Trotzdem müssen gerade jüngere Patienten mit präoperativ noch ganz gutem Visus und dynamischer Pupille über mögliche postoperative Dysphotopsien aufgeklärt werden, die OP-Indikation sollte streng gestellt werden.

Postoperativ muss zunächst die Morphologie der Linsensitzes und der Rhexiskonfiguration und die sonstige Anatomie zum Ausschluss echter Pathologien wie Nachstar biomikroskopisch kontrolliert werden. Als nächster Schritt erfolgen das Abwarten der endgültigen Stabilisierung der Refraktion und die Vollkorrektur entsprechend der Sehgewohnheiten des Patienten. Nach Kataraktoperation kann eine Siccaproblematik verstärkt symptomatisch oder manifest werden und zu einer verminderten Abbildungsqualität führen, die sich unter Gabe von Tränenersatzmitteln jedoch bessert.

Bei trotzdem persistierenden Beschwerden mit objektiv sehr gutem korrigierten Visus, unter den üblichen Testbedingungen aber subjektiv schlechtem funktionellen Sehvermögen steht an spezieller apparativer Diagnostik neben der Aberrometrie die Pupillografie und Gesichtsfelddiagnostik sowie die Untersuchung des Kontrastsehvermögens und des Gegenlichtvisus zur Verfügung. Eine skotopisch relativ zu große Pupille über 5,5 bis 6 mm kann besonders bei jüngeren und myopen Patienten bei einem relativ zu kleinen Linsenoptikdurchmesser vor allem nachts zu vermehrten Aberrationen führen.

Therapiemaßnahmen

Das operative therapeutische Vorgehen ist bei den sehr seltenen Fällen, bei denen diese Maßnahmen keine Besserung der Symptomatik bringen, variabel. Es gibt keine einheitliche Lösung [9]. Eine HKL-Explantation sollte in jedem Fall vermieden werden und auf die Besserung durch die langsame Neuroadaptation im ersten postoperativen Jahr gehofft werden. Explantationen monofokaler Linsen aufgrund optischer Phänomene sind in der Literatur auf einzelne Fallberichte beschränkt [7]. Chirurgische Maßnahmen müssen von der vorliegenden Morphologie abhängig gemacht werden. Bestehen positive Dysphotopsien und ist die Linsenkante nicht von der Rhexis bedeckt, könnte der Austausch der Linse gegen ein Modell mit niedrigerem refraktiven Index bzw. abgerundeten Kanten, ggf. auch als Add-on-Linse erwogen werden [2].

Bei persistierenden störenden negativen Dysphotopsien könnte eine add-on-sulkusfixierte IOL implantiert werden, um die durch die Pseudophakie vertiefte Vorderkammer wieder flacher zu machen und dadurch den optischen Strahlengang so zu verändern, dass es zu keinen Schattenbildern mehr kommt [10, 12, 15]. Sollte eine scharfkantige Linse nicht optimal zentriert sitzen oder nicht komplett vom Rhexisrand bedeckt sein, ist der Austausch gegen eine Linse mit größerem Optikdurchmesser und abgerundeten Kanten in den Sulkus eine therapeutische Option [4, 12]. In den meisten Fällen nutzt zunächst die Induktion einer medikamentösen Miosis, am einfachsten durch Brimonidin AT 2x tgl. als Dauertherapie und abends Pilocarpin 1 % AT bei Bedarf.

Literatur

1. DAVISON J: Positive and negative dysphotopsia in patients with acrylic intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2000;26:1346–1355
2. ERNEST P: Severe photic phenomenon. J Cataract Refract Surg 2006;32:685–686
3. HÄRING G, DICK B, KRUMMENAUER F et al.: Subjective photic phenomena with refractive multifocal and monofocal intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2001;27:245–249
4. HOLLADAY J, ZHAO H, REISIN C: Negative dysphotopsia. The enigmatic penumbra. J Cataract Refract Surg 2012;38:1251–1265
5. HOLLADAY JT, LANG A, PORTNEY V: Analysis of edge glare phenomena in intraocular lens edge designs. J Cataract Refract Surg 1999;25:748–752
6. KINARD K, JARSTAD A, OLSON RJ: Correlation of visual qualitiy with satisfaction and function in a normal cohort of pseudophakic patients. J Cataract Refract Surg 2013;39:590–597
7. MAMALIS N: Complications of foldable intraocular lenses requiring explantation or secondary intervention-1998 survey. J Cataract Refract Surg 2000;26:766–772
8. MAMALIS N: Negative dysphotopsia following cataract surgery. Editorial in J Cataract Refract Surg 2010;36:371–372

9. MASKET R: Cataract surgical problem, consultation section. J Cataract Refract Surg 2005;31:651–659
10. MASKET S, FRAM N: Pseudophakic negative dysphotopsia: surgical management and new theory of etiology. J Cataract Refract Surg 2011;37:1199–1207
11. MEACOCK W, SPALTON D, KHAN S: The effect of texturing intraocular lens edge on postoperative glare symptoms. Arch Ophthalmol 2002;120:1294–1298
12. OSHER R: Negative dysphotopsia: long-term study and possible explanation for transient symptoms. J Cataract Refract Surg 2008;34:1699–1707
13. SKIADARESI E, MCALINDEN C, RAVALICO G: Subjective quality of vision before and after cataract surgery. Arch Ophthalmol 2012;130:1377–1382
14. TESTER R, PACE NL, SAMORE M, OLSON RJ: Dysphotopsia in phakic and pseudophakic patients: incidence and relaion to intraocular lens type (2). J Cataract Refract Surg 2000 26(6):810–816
15. VAMOSI P, CSASKANI B, NEMETH J: Intraocular lens exchange in patient with negative dysphotopsia symptoms. J Cataract Refract Surg 2010;36:418–424
16. FRANKE G, ESSER J, VOIGTLÄNDER A, MÄHNER N: Der NEI-VFQ – erste Ergebnisse zur psychometrischen Untersuchung eines Verfahrens zur Erfassung der Lebensqualität bei Sehbeeinträchtigungen. Zeitschrift Med Psychologie 1998;4:178–184

Entwicklung nicht parametrischer Score-Systeme zur Evaluation der Uveitisaktivität

F. T. A. Kretz, M. Becker, D. Plaza, R. Max, G. U. Auffarth, F. Mackensen

Zusammenfassung

Fragestellung: Evaluation zweier nicht parametrischer Score-Systeme zur Bestimmung der Uveitisaktivität

Methodik: Beide Score-Systeme setzen sich aus Visus, Vorderkammerzellzahl, Netzhautdicke, IOD, Flare und Glaskörperhaze zusammen. SUSH III beinhaltet zusätzlich die Steroiddosis und die Flare-Metermessung. 4 Patientenselektionen wurden über 1 Jahr ausgewertet. 2 Studiengruppen (TEAM, ADUR) und 2 Gruppen, die entweder mit Myfortic® oder CellCept® behandelt wurden.

Ergebnisse: Die TEAM- und ADUR-Gruppe zeigten einen statistisch signifikanten Abfall über 1 Jahr (SUSH I und SUSH III). In der Myfortic®-Gruppe konnte nur für SUSH III ein signifikanter Rückgang festgestellt werden, während die CellCept®-Gruppe nur zum 6-Monats-Zeitpunkt signifikant für SUSH III war. Beide Studiengruppen zeigten einen Visusanstieg, der sein Plateau nach 6 Monaten erreichte, während die anderen Gruppen einen stabilen Visus aufwiesen. Eine negative Korrelation zwischen den Score-Werten und dem Visus konnte festgestellt werden. Allerdings verbesserten sich die Scores über 12 Monate weiter, während der Visus nach 6 Monaten meist stabil blieb.

Schlussfolgerung: Score-Systeme sind eine Neuheit in der Aktivitätsbeurteilung von Uveitiden. Durch die Beeinflussung multipler Faktoren können unterschiedliche Aktivitätsgrade von Uveitiden klassifiziert werden.

Summary

Aim: Evaluation of 2 uveitis score-systems for the grading of uveitis activity.

Methods: Both score-systems consist of visual acuity, anterior-chamber cell count, retinal thickness, IOP, flare, and vitreous haze. SUSH III additionally includes the actual steroid dose and the flaremeter measurement. 4 patient selections were evaluated over a time period of one year. 2 study cohorts (TEAM, ADUR) and 2 groups of patients that were either treated with Myfortic® or CellCept®.

Results: The TEAM & ADUR groups showed a statistic significant reduction over 1 year (SUSH/SUSH III). In the Myfortic® group we could only find a significant decrease for SUSH III, while the CellCept® group only had a significant decrease for SUSH III at the 6 month visit compared to screening. Both study cohorts showed an increase in visual acuity that stabilized at the 6 month visit while the other 2 groups showed a stable visual acuity during follow up period. A negative correlation was found comparing the score-values to the visual acuity. As the score-values decreased during 12 month follow up, visual acuity stabilized earlier.

Conclusion: Score-systems are a novelty in the grading of uveitis activity. By influencing multiple factors different activity grading's in uveitis patients can be classified.

Hintergrund

Diagnostische und prognostische Score-Systeme haben seit Langem ihren Stellenwert in der heutigen Medizin [1–6]. Im Regelfall werden diese nach Patientencharakteristika und Untersuchungsbefunden berechnet. Sie eignen sich vor allem zur Vorhersage, dass ein Ereignis eintreten wird, zur Bestimmung der Aktivität einer Erkrankung und in welchem zeitlichen Intervall ein Ereignis eintreten wird [1–7]. Zusammengesetzte Score-Systeme haben im Vergleich zu Einzelbefunden den Vorteil, dass sie das Gesamtbild besser widerspiegeln, um so die adäquate Therapie einleiten zu können. Vor allem im Bereich entzündlicher Augenerkrankungen gibt es jedoch nur sehr wenige zusammengesetzte Score-Systeme bzw. bisher keine, die sich auf das gesamte Auge beziehen [8]. 2005 wurde von Jabs et al. [9] die „standardization of uveitis nomenclature for reporting clinical data (SUN)" festgelegt. Dies stellte die Grundsteinlegung einer international akzeptierten, einheitlichen Nomenklatur verschiedener intraokularer Entzündungen dar.

Zielsetzung

Normalerweise wird vor allem die Sehschärfe oder andere Einzellparameter wie die Vorderkammerzellzahl zur Beurteilung der Uveitisaktivität herangezogen. Jedoch ist der Bereich entzündlicher Augenerkrankungen deutlich komplexer und setzt sich aus multiplen Einzellbefunden zusammen. Aus diesen kann dann die aktuelle Aktivität abgeschätzt werden und somit ausschlaggebend für die weitere Behandlung sein. Um die Abschätzung der Uveitisaktivität zu vereinfachen sowie erste Versuche der Standardisierung einzuleiten, haben wir zwei nicht parametrische Score-System zur Beurteilung nicht infektiöser Uveitiden entworfen und evaluiert, indem wir sie zum üblichen Goldstandard, der Sehschärfe, verglichen haben.

Methodik

In einer retrospektiven Studie wurden die beiden verschiedenen Score-Systeme, der „*S*tandardized *U*veitis *S*core *H*eidelberg" (SUSH) I und SUSH III, gebildet und ihre Fähigkeit der Aktivitätsbestimmung nicht infektiöser Uveitiden im Vergleich zur Sehschärfe beurteilt. Beide Score-Systeme setzen sich aus der bestkorrigierten Sehschärfe (VA), Vorderkammerzellzahl, zentraler Netzhautdickenmessung mittels optischer Kohärenztomografie (OCT), Augeninnendruck (IOD), Flare, Glaskörperhaze (Tab. 1) zusammen. SUSH III beinhaltet zusätzlich die aktuelle Steroiddosis sowie die Flare-Metermessung (Kowa, Japan) (Tab. 2). Die Score-Werte wurden automatisch durch die elektronische Patientendatenbanksoftware (FileMakerPro® 7.0 v2; FileMaker, Inc.) berechnet [10].

Punkt-werte	VA (dezimal/ EDTRS-Score)	Voderkammer-zellzahl	Netzhautdicke (Stratus[1]/ Spectralis[2]) [µm]	IOD[3] [mmHg]	Flare[a]	Glaskörperhaze[4]
0	≥0,4/65	0 bis 0,5+	<250/280	<20	0	0 bis 0,5+
5	≥0,2/50 <0,4/65	1+ bis 2+	≥250/280 ≤300/330	≥20 ≤25	1+ bis 2+	1+ bis 2+
10	<0,2/50	3+ bis 4+	>300/330	>25	3+ bis 4+	3+ bis 4+

Tab. 1: Parameter und ihre Score-Wertigkeit für SUSH I
[1]Zeiss Meditech, Germany, [2]Heidelberg Engineering, [3]Goldmann Applanationstonometer, [4]Nussenblatt et al. [11], [a]SUN Kriterien (Jabs et al. [9]) → eine Reduktion der Parameter um 2 Stufen wurde mit einer Reduktion der Punktwerte um 5 gleichgesetzt

Punktwerte	Prednisolon-Dosis [mg]	Flaremeter[1] [pc/ms]
0	<7,5	≤20
5	≥7,5 ≤15	≥21 ≤40
10	>15	>40

Tab. 2: Zusätzliche Parameter und ihre Score-Werte für SUSH III
[1]FM-500, Kowa, Japan

SUSH I hat eine Score-Breite von 0 bis 60, während SUSH III von 0 bis 80 möglichen Punkten reicht. Die Uveitisaktivität korreliert hierbei direkt zur Höhe der Score-Werte. Einzelne Parameter der Score-Werte haben keine Gewichtung. Vier verschiedene Patientenselektionen wurden retrospektiv über den Zeitraum eines Jahres ausgewertet. Zwei dieser Gruppen waren Studienkohorten (TEAM [14] und ADUR [15]), die dritte beinhaltet alle Patienten, die mit Mycophenol-Säure (MA), und die letzte Gruppe alle Patienten, die mit Mycophenolate (MM) behandelt wurden. Die Score-Werte wurden zur Einschlussuntersuchung sowie bei den Folgeuntersuchungen nach drei, sechs Monaten und einem Jahr beurteilt und mit der Sehschärfe verglichen. Es sei darauf hingewiesen, dass in den beiden Studienkohorten die Möglichkeit des Wechsels in den anderen Studienarm bei Therapieversagen bestand.

Ergebnisse

Tabelle 3 zeigt den Unterschied der vier Gruppen bezüglich der Baseline-Werte. Nachdem die Daten der Sehschärfe nur bei Erreichen einer Sehschärfe ≥0,05 (dezimal) ausgewertet wurden, besteht ein Unterschied in der Anzahl der untersuchten Augen. In der TEAM-Gruppe konnte über ein Jahr eine Reduktion der Score-Werte

von 9,7 (Mann-Whitney, p < 0,0001) für SUSH I und 11,6 (Mann-Whitney, p < 0,0001) für SUSH III im Vergleich zu den Ausgangswerten festgestellt werden. Die ADUR-Gruppe zeigte eine Reduktion der Score-Werte von 13,5 (Mann-Whitney, p = 0,001) für SUSH I und von 17,4 (Mann-Whitney, p = 0,0001) für SUSH III. In der MA-Gruppe konnte nur eine statistisch signifikante Reduktion der Score-Werte für SUSH III von 3,6 (Mann-Whitney, p = 0,037) im Vergleich der Ausgangswerte zur Kontrolle nach einem Jahr gefunden werden, während in der MM-Gruppe nur der Vergleich der Werte von SUSH III der Baseline-Untersuchung mit den Werten nach sechs Monaten signifikant waren (3,4; Mann-Whitney, p = 0,013).

Die TEAM- und ADUR-Gruppen zeigten einen Anstieg der Sehschärfe bis zur Untersuchung nach sechs Monaten, danach blieben sie stabil. In den MA- und MM-Gruppen zeigte sich über den gesamten Nachbeobachtungszeitraum eine stabile Sehschärfe. Es konnte eine negative Korrelation zwischen der Sehschärfe und den Score-Werten der beiden Score-Systeme nachgewiesen werden, die jedoch nach sechs Monaten deutlich abnahm.

	ADUR	TEAM	MM	MA
n (Augen)	19	18	49	25
Alter [Jahre]	36	44	38	44
% Frauen	63	72	71	76
Uveitissubtypen	AU/PU/Pan	IU	IU	IU
VA [dezimal]	0,46*	0,44*	0,63	0,61
SUSH I	17,1**	12,5**	6,4	6,1
SUSH III	21,1**	14,7**	9,1	7,2

Tab. 3: Unterschiede zum Einschlusszeitpunkt
Alle Werte wurden in Medianen angegeben, *Sehschärfe (VA) und ** SUSH-Score-Werte waren statistisch signifikant in der ADUR- und TEAM-Gruppe im Vergleich zu den beiden anderen Studiengruppen

Diskussion

Score-Systeme sind eine in der Medizin weitverbreitete und etablierte Methode für diagnostische und prognostische Zwecke. In der Augenheilkunde wird jedoch meistens die Sehschärfe als Einzelparameter zur Beurteilung benutzt. Dies ist jedoch weit von der Wirklichkeit entfernt, nachdem die Sehschärfe durch multiple Faktoren beeinflusst werden kann [16, 17]. Im Bereich entzündlicher Augenerkrankungen wurden jedoch vor allem in den letzten Jahren deutliche Fortschritte erzielt, um die Nomenklatur zu standardisieren und primäre Endpunkte in Studien neu zu definieren [9]. Zum Beispiel wurde eine zweistufige Reduktion der Vorderkammerzellzahl als si-

gnifikante Reduktion beschlossen, sollte kein Anhalt für Vorderkammerzellen bestehen, wird von einer ruhigen Vorderkammer gesprochen. Glaskörperhaze wird im Rahmen der entzündlichen Glaskörperbeteiligung als besseres Beurteilungskriterium im Vergleich zu Glaskörperzellen betrachtet und wurde daher in einigen Uveitisstudien als primäres Endziel betrachtet [18].

Vor längerer Zeit wurde von BenEzra und Kollegen ein System zur Beurteilung der posterioren Uveitis entworfen [8]. Hierbei wird der hintere Pol in acht Gebiete eingeteilt (A–H) und nach drei Parametern beurteilt: Chorioretinale Läsionen, retinale Vaskulitis und Neovaskularisationen. Wenn einer gefunden wurde, konnte ein Kästchen auf der Zeichnung markiert werden. Zusätzlich wurde die Sehschärfe, der Augeninnendruck, bestehendes oder nicht bestehendes Makulaödem, Papillitis und das Vorhandensein eines grauen Stares in die Auswertung mit einbezogen. Von den Autoren wurde jedoch ausdrücklich gesagt, dass kein Versuch der Summation der Score-Werte vorgenommen werden sollte. Zur Anwendung kam BenEzra's Score in einigen Studien zur Behçet´s Uveitis [19], hat jedoch keine weitverbreitete Akzeptanz gefunden. Ein Grund hierfür könnte das komplizierte Design und die fehlende Möglichkeit, einen Gesamt-Score zu bilden, sein.

Unsere Score-Systeme sind nach unserem Wissensstand der erste Versuch, zusammengesetzte Score-Systeme zur Beurteilung nicht infektiöser, entzündlicher Augenerkrankungen zu entwerfen. Wir konnten in vier unterschiedlichen Gruppen die Möglichkeit der Beurteilung der Entzündungsaktivität nachweisen. In Studienkohorten, in den vor allem die Reduktion der Uveitisaktivität das primäre Endziel darstellen, spiegeln beide Score-Systeme die Entzündungsaktivität wider und zeigen sich als aussagekräftiger als die Sehschärfe alleine. In Patienten mit intermediärer Uveitis aus der täglichen Praxis, die eine stabile Sehschärfe haben, scheint es, dass SUSH III einen besseren Gesamtüberblick über die Uveitisaktivität gibt, da die aktuelle Steroiddosis in die Score-Werte mit einbezogen wird. Zusätzlich geben die Score-Werte eine gute Auskunft über die Kontrolle der Uveitisaktivität und darüber, wenn sich diese stabilisiert hat. Nachdem die Sehschärfe sich oftmals stabilisiert oder nicht mehr weiter ansteigen kann, zeigen beide Score-Systeme einen deutlichen Vorteil in der Aktivitätsbeurteilung entzündlicher Augenerkrankungen im Vergleich zur Sehschäre allein. Nachdem einige der Parameter jedoch subjektiv vom Untersucher bestimmt und festgelegt werden, besteht hier immer noch eine große Streubreite. In anderen Untersuchungen konnte daher im Vergleich der Untersucher untereinander im Bezug auf Vorderkammerzellen, Flare und Glaskörperhaze ein signifikanter Unterschied festgestellt werden [20, 21].

Auf der anderen Seite beinhalten unsere Score-Systeme objektive Parameter (OCT, Flare-Meter), die unabhängig von der Person des Untersuchers erhoben werden. Für SUSH III wird zusätzlich die Steroiddosis bewertet, da es generell anerkannt ist, dass ein Therapieerfolg mit einer Reduktion einhergeht. Andere Therapeutika, sei es in topischer oder systemischer Anwendung, wurden bis jetzt nicht

in die Score-Systeme integriert. Buggage et al. [22] empfehlen „immunosuppressive load“ zu berechnen, um den Therapieeffekt zu beurteilen. Hierbei wird ein Punktesystem von 0 bis 9, dass die Dosisabhängig von mg/kg KG zeigt, erstellt. Wenn mehr als ein Medikament benutzt wird, müssen die Punktwerte addiert werden. Dies ist zwar sicherlich ein Ersatzparameter für die Krankheitsaktivität, kann jedoch durch das eigene Therapieverfahren mit bestimmten Medikamenten, durch den Versicherungsstatus und die Patienten-Compliance beeinflusst werden. Direkte Indikatoren der Entzündungsaktivität sind daher sicherlich zu bevorzugen.

Schlussfolgerung

Mit den beiden Score-Systemen „Standardized Uveitis Score Heidelberg“ I und III kann die Aktivität entzündlicher Augenerkrankungen im Vergleich zur Sehschärfe signifikant besser dargestellt werden. Jedoch sind mehr und umfangreichere, prospektive Studien mit verschiedenen Uveitiden notwendig, um den Nachweis der breiten Anwendbarkeit zu bringen bzw. die Score-Systeme weiter zu verbessern. Im Moment können wir daher keine Therapieempfehlungen an die Score-Werte binden, jedoch die Aktivität besser vorhersagen.

Literatur

1. BOMBARDIER C, GLADMAN DD, UROWITZ MB et al.: Derivation of the SLEDAI. A disease activity index for lupus patients. The Committee on Prognosis Studies in SLE. Arthritis Rheum 1992;35(6):630–640
2. FLEIG V, BRENCK F, WOLFF M et al.: Scoring systems in intensive care medicine: Principles, models, application and limits. Der Anaesthesist 2011 doi: 10.1007/s00101-011-1942-8 [published Online First: Epub Date]
3. GARRETT S, JENKINSON T, KENNEDY LG et al.: A new approach to defining disease status in ankylosing spondylitis: the Bath Ankylosing Spondylitis Disease Activity Index. J Rheumatol 1994;21(12):2286–2291
4. JEPSON HA, TALASHEK ML, TICHY AM: The Apgar score: evolution, limitations, and scoring guidelines. Birth 1991;18(2):83–92
5. LEE B, CHANG AM, MATSUURA AC et al.: Comparison of Cardiac Risk Scores in ED Patients With Potential Acute Coronary Syndrome. Critical pathways in cardiology 2011;10(2):64-8 doi: 10.1097/HPC.0b013e31821c79bd [published Online First: Epub Date]
6. CADER MZ, FILER A, HAZLEHURST J et al.: Performance of the 2010 ACR/EULAR criteria for rheumatoid arthritis: comparison with 1987 ACR criteria in a very early synovitis cohort. Ann Rheum Dis 2011;70(6):949–955 doi: 10.1136/ard.2010.143560 [published Online First: Epub Date]
7. MATIS G, BIRBILIS T: The Glasgow Coma Scale – a brief review. Past, present, future. Acta Neurol Belg 2008;108(3):75–89
8. BENEZRA D, JV FORRESTER: Uveitis Scoring System. Berlin: Springer Verlag, 1991
9. JABS DA, NUSSENBLATT RB, ROSENBAUM JT: Standardization of uveitis nomenclature for reporting clinical data. Results of the First International Workshop. Am J Ophthalmol 2005;140(3):509–516

10. BAUER AM, PLAZA D, WETTER T et al.: Computer-based system for monitoring the course of intraocular inflammation. Ophthalmologe 2005;102(11):1069–1073 doi: 10.1007/s00347-005-1223-5 [published Online First: Epub Date]
11. NUSSENBLATT RB, PALESTINE AG, CHAN CC et al.: Standardization of vitreal inflammatory activity in intermediate and posterior uveitis. Ophthalmology 1985;92(4):467–471
12. GROVER S, MURTHY RK, BRAR VS et al.: Comparison of retinal thickness in normal eyes using Stratus and Spectralis optical coherence tomography. Invest Ophthalmol Vis Sci 2010;51(5):2644–2647 doi: 10.1167/iovs.09-4774 [published Online First: Epub Date]
13. BERNASCONI O, PAPADIA M, HERBORT CP: Sensitivity of laser flare photometry compared to slit-lamp cell evaluation in monitoring anterior chamber inflammation in uveitis. Int Ophthalmol 2010;30(5):495–500 doi: 10.1007/s10792-010-9386-8 [published Online First: Epub Date]
14. clinicaltrials.gov. Randomized, Controlled Trial to Test the Efficacy of Interferon Beta in the Treatment of Intermediate Uveitis. Secondary Randomized, Controlled Trial to Test the Efficacy of Interferon Beta in the Treatment of Intermediate Uveitis 20.12.2005. http://www.clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT00344253?id=2004-004403-37&rank=1
15. clinicaltrials.gov. Adalimumab in Uveitis Refractory to Conventional Therapy (ADUR Trial). Secondary Adalimumab in Uveitis Refractory to Conventional Therapy (ADUR Trial) 24.08.2010. http://www.clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT00348153?id=2006-001732-53&rank=1
16. DURRANI OM, MEADS CA, MURRAY PI: Uveitis: a potentially blinding disease. Ophthalmologica 2004;218(4):223–236 doi: 10.1159/000078612 [published Online First: Epub Date]
17. FOSTER SC, VITALE AT: Diagnosis and Treatment of Uveitis. Saunders Publisher 2002
18. LOWDER C, BELFORT R, JR, LIGHTMAN S et al.: Dexamethasone intravitreal implant for noninfectious intermediate or posterior uveitis. Arch Ophthalmol 2011;129(5):545–553 doi: 10.1001/archophthalmol 2010.339 [published Online First: Epub Date]
19. KOTTER I, ECKSTEIN AK, STUBIGER N et al.: Treatment of ocular symptoms of Behcet's disease with interferon alpha 2a: a pilot study. Br J Ophthalmol 1998;82(5):488–494
20. KEMPEN JH, GANESH SK, SANGWAN VS et al.: Interobserver agreement in grading activity and site of inflammation in eyes of patients with uveitis. Am J Ophthalmol 2008;146(6):813–818 e1 doi: 10.1016/j.ajo.2008.06.004 [published Online First: Epub Date]
21. BLUMENTHAL EZ, SERPETOPOULOS CN: On focusing the slit-lamp: Part I. An inaccurate ocular setting – what is there to lose? Surv Ophthalmol 1998;42(4):351–354
22. BUGGAGE RR, LEVY-CLARKE G, SEN HN et al.: A double-masked, randomized study to investigate the safety and efficacy of daclizumab to treat the ocular complications related to Behcet's disease. Ocul Immunol Inflamm 2007;15(2):63–70 doi: 10.1080/09273940701299370 [published Online First: Epub Date]
23. HOLZ FG, AMOAKU W, DONATE J et al.: Safety and efficacy of a flexible dosing regimen of ranibizumab in neovascular age-related macular degeneration: the SUSTAIN study. Ophthalmology 2011;118(4):663–671 doi: 10.1016/j.ophtha.2010.12.019 [published Online First: Epub Date]
24. ROTHOVA A: Medical treatment of cystoid macular edema. Ocul Immunol Inflamm 2002;10(4):239–246

Menschliche Fehler im Augen-OP und mentale Beanspruchung des Operateurs

K. Gerstmeyer, N. Marquardt, C. Treffenstädt, R. Gades-Büttrich

Zusammenfassung

Fragestellung: Die geistige Leistungsfähigkeit des Operateurs ist ein entscheidender Faktor für das Gelingen eines ärztlichen Eingriffs. Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Fehlern und unerwarteten Komplikationen bei augenärztlichen Operationen und der subjektiv erlebten Beanspruchung des Operateurs?
Methodik: Längsschnittstudie an 7 operativen Zentren, Erfassung sicherheitskritischer Ereignisse (CIRS) und der subjektiven Belastung des Operateurs mit dem NASA-Task-Load-Index (TLX) in Form eines 10-stufigen Ratings auf 6 Skalen bei insgesamt 827 Operationen.
Ergebnisse: Es gibt eine systematische Kovarianz zwischen den mentalen Beanspruchungsparametern „Ausführung“ (p = ,00), „Anstrengung“ (p = ,041) und zumindest tendenziell „Frustration“ (p = 0,053) und den CIRS-Ereignissen. Die anderen Skalen üben hier keinen Einfluss aus. Die Arbeitsdauer während der vorangegangenen OPs hängt nicht mit dem Auftreten sicherheitskritischer Ereignisse zusammen (p > .05), allerdings wirkt sich eine hohe Arbeitsdauer positiv auf den NASA-TLX-Gesamtscore aus (p < .001) und belegt die mentale Beanspruchung.
Schlussfolgerungen: Unsere Ergebnisse weisen auf einen positiven Zusammenhang der TLX-Maße mit dem CIRS-Fehlermaß hin. Die Arbeitsdauer hat durchaus Auswirkungen auf die mentale Belastung der Operateure. Aufgrund der heterogen Datenlage (7 Zentren mit unterschiedlich vielen Messzeitpunkten) sind die Ergebnisse vorsichtig zu bewerten.

Summary

Purpose: The surgeon’s actual cognitive performance is considered to be a key factor to successful surgery and is defined as the aggregated performance of several cognitive functions and processes including aspects of perception, attention and deliberate thinking. Is there are relation between the mental workload of the surgeon and the frequency of incidents and adverse events occurring during ophthalmic surgery?
Methods: Longitudinal seven-center study, analyzing 827 ophthalmic operations, registration of safety critical incidents (CIRS), time of the occurrence, duration of the surgical treatment and the subjective mental workload of the surgeon using NASA Task Load Index (TLX) in form of a ten-degrees rating on 6 scales (mental, manual and temporal demand, performance, effort and frustration).
Results: Our results demonstrate a clear link between the frequency of CIRS and the TLX subscales “performance” (p = .00), “effort” (p = .04) and at least a marginal statistical relationship with “frustration” (p = .053). In an initial examination we found no sta-

tistical connection between TLX and the time of the day. A multi-level analysis however confirmed a harmful effect from the duration of working hours for the mental workload of the surgeon (p = .049).
Conclusion: Surgery time has indirectly a negative impact on the mental state. Specific loading parameters such as “effort” and “performance” are associated with a higher frequency of safety-critical events and may have a predictive value. These results are important because we believe that limited cognitive performance, by diminishing non-technical as well as technical performance, increases the risk of human error induced incidents and accidents. Differences in the sample size, however suggest a tentative evaluation.

Hintergrund und Fragestellung

Ein einheitliches Melderegister für (behauptete) ärztliche Behandlungsfehler existiert in Deutschland nicht. Erst seit wenigen Jahren steht Zahlenmaterial zur Verfügung, das eine ungefähre Einschätzung der Größenordnung erlaubt [1]. Auch wenn die Augenheilkunde nur einen vergleichsweise geringen Anteil an diesen Arzthaftungsfällen hat, so muss es unser Bestreben im Sinne einer qualitativ hochwertigen Patientenversorgung sein, die Inzidenz dieser Ereignisse weiter zu senken.

Ein allgemein anerkanntes valides Fehlermodell hat sich in der Humanmedizin bislang nicht durchgesetzt. Vielleicht lassen sich spezielle Bedingungen eines fachspezifischen Arbeitsplatzes oder einer Tätigkeit nicht ohne Weiteres auf andere Disziplinen übertragen. Sequenzielle Modelle mit einer linearen Ursache-Wirkungs-Beziehung, einer personenzentrierten Sichtweise und einer rein reaktiven Problemlösung wie die menschliche Zuverlässigkeitsanalyse [2] können nicht überzeugen. Das „Käsescheibenmodell“ von Reason schließt zwar latente Bedingungen fern von der Mensch-System-Schnittstelle für Unfälle mit ein, bleibt aber dem Gedanken der Linearität verhaftet und lässt sich deswegen auch als „komplex-lineares“ Modell bezeichnen [3]. Erst eine systemische Sichtweise berücksichtigt Fehlentscheidungen, die auf vielen Ebenen eines komplex agierenden Arbeitssystems zusammenwirken und emergente Eigenschaften aufweisen können. Wir sehen in der Variabilität der (mentalen) menschlichen Leistungsfähigkeit eine wesentliche Ursache für Fehler. Geringe Schwankungen der Leistungsfähigkeit bleiben unbemerkt, solange sie unterhalb einer Wahrnehmungsschwelle bleiben. Erst durch Überlagerung mit variablen Arbeitskonditionen der „Umwelt“ können zufällige Resonanzeffekte entstehen, die als positive Effekte einem optimalen Ergebnis, als negative Konsequenzen durch Belastung und Beanspruchung Fehlern entsprechen. Die Ursachen des Fehlers sind somit auch die wesentlichen Merkmale des gelingenden Handels [2].

Mentale Komponente der Beanspruchung – Kognition, Emotion, Motivation – ist bedeutsam

Für die Benennung von Bedingungen und Ursachen für Fehler haben wir auf ein in der Luftfahrt und in sicherheitskritischen Industrien etabliertes pragmatisches Human-Factors-Fehlermodell [4] zurückgegriffen. Da wir keine Erfahrung darüber besaßen, ob und wie sich dieses Fehlermodell in den augenchirurgischen Routinebetrieb integrieren ließ, erschien uns als methodische Konsequenz ein sequenzielles Vorgehen sinnvoll, um zunächst die Möglichkeit der Übertragbarkeit erfolgreich zu überprüfen [5, 6, 7]. Unsere bisherigen Ergebnisse sprechen für ein integratives Modell der mentalen Gesamtbeanspruchung mit kognitiven (Aufmerksamkeit, Ablenkung, Stress) und emotionalen bzw. motivationalen (Zeitdruck, soziale Konflikte, aversive Gefühle, Selbstgefälligkeit) Beanspruchungsfaktoren. Unsere Arbeitshypothese erlaubt eine modellhafte Beschreibung des Einflusses der mentalen Leistungsfähigkeit nicht nur – wie allgemein angenommen – auf die „technical skills", die „handwerklichen" Fähigkeiten des Operateurs, sondern auch auf die „non technical skills", die verschiedene psychologische Prozesse der Wahrnehmung, des Denkens und Planens in komplexen Systemzuständen umfassen, wie Situationsbewusstsein, mentale Stärke, Intuition, Flexibilität und Erfolgsfaktoren sicheren Handelns in Gruppen [8, 9, 10]. Limitierender Faktor ist die begrenzte menschliche Ressource für die Informationsaufnahme, -verarbeitung und -umsetzung mit weiter sinkender Kapazität bei zunehmender Aufgabenkomplexität.

Selbst wenn mentale Faktoren aktuell nicht direkt intraoperative Fehlerhäufigkeiten beeinflussen, so müsste allein ein zunehmender mannigfacher Aktivitätsverlust sowohl durch Ermüdung und als auch durch erhöhte Beanspruchung indirekt die Fehlerinzidenz steigern, denn nach dem Gesetz von Yerkes und Dodson ist zwischen der Wachheit (= Aktivationsniveau) und Kognition ein umgekehrt-u-förmiger Zusammenhang anzunehmen [11]. So erfordern dann eingeübte Handlungen z. B. auf der skill-based Handlungsebene nach Rasmussen, die auf anschauliche Reize hin automatisiert ablaufen und dadurch das Bewusstsein für andere Informationen freihalten, nun selbst Aufmerksamkeit und werden somit bewusstseinspflichtig [12].

Ziele

Die spezifische Fragestellung unserer explorativen multizentrischen Längsschnittstudie ist, ob und ggf. wie eine erhöhte mentale Beanspruchung des Operateurs zu einer Zunahme von intraoperativen verfahrenstypischen Komplikation und Fehlern führen kann. Die Arbeitshypothese, die es zu prüfen gilt, lautet: Bei augenärztlichen Eingriffen führt vermehrte subjektive Belastung zu einer höheren Fehleranzahl.

Methoden

Stichprobe

Wir baten acht Augenärzte (sieben männliche, ein weiblicher, durchschnittliche Berufserfahrung 23 Jahre) aus sieben ophthalmochirurgischen Großzentren (Universitätsaugenklinik Graz/Österreich, Augenklinik Bad Hersfeld, Gemeinschaftspraxis Augenärzte im Basteicenter Ulm, Klinikum Minden/AugenPraxisklinik Minden, Augencentrum Rosenheim, Augen Zentrum Nordwest/Augenpraxis Ahaus, Augenklinik Sankt Elisabeth Hospital/Augenärzte am Kolbeplatz Gütersloh), im Zeitraum von Juni 2011 bis Februar 2012 unmittelbar nach Ausführung augenärztlicher Operationen drei Fragebögen auszufüllen.

Material

Als erprobtes und zugleich einfaches und unkompliziertes Untersuchungsinstrument zur Erfassung der subjektiv erlebten mentalen Beanspruchung diente der zweiteilige NASA-Task-Load-Index (NASA-TLX) [13]. Hierbei mussten die Ärzte auf den sechs Beanspruchungsskalen *geistige Anforderungen, manuelle Anforderungen, zeitliche Anforderungen, Ausführung der Aufgaben, Anstrengung* und *Frustration* ihre mentale Beanspruchung direkt nach der OP skalieren und gegeneinander gewichten (Abb. 1a und 1b). Die multidimensionalen Ratings des Testes lassen sich zu einem Gesamtwert integrieren. Zusätzlich wurden auf diesem Fragebogen die Kontextvariablen *OP-Dauer* und die *Uhrzeit* miterfasst.

Das zweite Erhebungsinstrument war ein selbst entwickelter Fragebogen zur Erfassung kritischer OP-Ereignisse, das Ophthalmo-Critical-Incident-Reporting-System (CIRS). Hier konnten die Ärzte den Eingriff und das kritische Ereignis selbst beschreiben und es in das Klassifikationssystem für Fehlerursachen nach dem Dirty-Dozen-Konzept von Dupont [4] einsortieren (Abb. 2).

Wir erhielten insgesamt Datensätze von 842 Operationen und 43 CIRS-Bögen. Für die Beantwortung der Fragestellung war das vollständige Ausfüllen aller Fragebögen notwendig, sodass nur 827 Eingriffe und 28 CIRS-Bögen von sieben Ophthalmochirurgen in diesen Teil der Auswertung kamen (Tab. 1).

Geistige Anforderungen

Wie viel geistige Anstrengung war bei der Informationsaufnahme und bei der Informationsverarbeitung erforderlich (z. B. Denken, Entscheiden, Planen, Handeln, Erinnern, Suchen …)? War die Aufgabe leicht oder anspruchsvoll, einfach oder komplex, erfordert sie hohe Genauigkeit oder ist sie fehlertolerant?

gering — hoch

Manuelle Anforderungen

Welches Ausmaß an manueller Geschicklichkeit war erforderlich? War die Aufgabe leicht oder schwer, einfach oder anstrengend, erholsam oder mühselig?

gering — hoch

Zeitliche Anforderungen

Wie viel Zeitdruck empfanden Sie? Konnte der Eingriff in Ruhe durchgeführt werden oder war die Abfolge schnell und hektisch?

gering — hoch

Ausführung der Aufgaben

Wie erfolgreich haben Sie Ihrer Meinung nach die gesetzten Ziele erreicht? Wie zufrieden waren Sie mit Ihrer Leistung?

gering — hoch

Anstrengung

Wie sehr mussten Sie sich zur Aufgabenerfüllung anstrengen?

gering — hoch

Frustration

Wie unsicher, entmutigt, irritiert, gestresst und verärgert (versus sicher, bestätigt, zufrieden, entspannt und zufrieden mit sich selbst) fühlten Sie sich während der Aufgabe?

gering — hoch

Abb. 1a: NASA-Task-Load-Index 1. Teil
Der Operateur schätzt die Höhe seiner Beanspruchung auf jedem der 6 Bestimmungsfaktoren durch Ankreuzen ein

Manuelle Anforderungen	☐	☐	**Zeitliche Anforderungen**
Anstrengung	☐	☐	**Geistige Anforderungen**
Frustation	☐	☐	**Manuelle Anforderungen**
Anstrengung	☐	☐	**Frustration**

Abb. 1b: NASA-Task-Load-Index 2. Teil (Ausschnitt)
Zur Ermittlung eines Gesamt-Scores für den Grad der subjektiven Arbeitsbelastung unterzieht der Operateur die einzelnen Faktoren einer Gewichtungsprozedur über einen vollständigen Paarvergleich der 6 Faktoren. Welcher der beiden Faktoren liefert den höheren Beitrag zur erlebten Beanspruchung? Die Abbildung zeigt beispielhaft nur einige Paarvergleiche

Operateur _____
Patientenname _____
Geburtsdatum _____

Datum _____ **Uhrzeit** _____ **Operiere seit** _____ **Stunden**

Welcher Eingriff und wie lange dauerte die OP? _____

Was ist passiert? _____

_____

Welche Faktoren trugen zu dem Ereignis bei? Bitte ankreuzen, Mehrfachnennung möglich:

☐ Mangel an Kommunikation
☐ Mangel an Teamwork
☐ Selbstgefälligkeit
☐ Soziale Normen
☐ Druck
☐ Mangel an Aufmerksamkeit
☐ Stress
☐ Erschöpfung
☐ Ablenkung
☐ Mangel an Ressourcen
☐ Mangel an Wissen
☐ Mangel an Durchsetzungsvermögen

Ggf. Kommentar/Erläuterung: _____

_____

Abb. 2: Ophthalmo-Critical-Incident-Reporting-System

Kat-OP	750	**Refr. Chirurgie**	17
TE	16	**sonstige VA-Chirurgie**	15
KPL	6	**Lidchirurgie**	6
Strab.	10	**IVOM**	7

Tab. 1: Datensätze von 827 Operationen

Datenauswertung

Bei der Datenauswertung wurden neben der Berechnung deskriptiver statistischer Kennwerte für die dokumentierten 827 Operationen und 28 kritischen OP-Ereignisse eine Reihe von für dichotome abhängige Variablen angepasste Mehrebenenanalysen durchgeführt. Die dichotome abhängige Variable war das sicherheitskritische OP-Ereignis (CIRS), das sich entweder ereignete oder nicht. Das Ziel der Mehrebenenanalyse bestand darin, Zusammenhänge zwischen den Prädiktoren mentale Beanspruchung (NASA-TLX-Skalen), OP-Dauer und Uhrzeit und dem Kriterium der kritischen OP-Ereignisse (CIRS) zu prüfen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik zu den NASA-TLX-Werten zeigt Tabelle 2. Je höher die numerischen Werte bei den Beanspruchungsskalen sind, umso ausgeprägter ist die subjektiv erlebte Beanspruchung. Die große Streubreite der Häufigkeitsverteilungen korreliert mit dem unterschiedlichen Ausmaß der Belastungsempfindung, einem subjektiv sehr variablen Begriff, der mit der individuellen Berufserfahrung und Routine variiert. Die Subskala *Ausführung der Aufgaben*, die sich auf die Leistungseinschätzung der Handlungsausführung bezieht, ist negativ gepolt, d. h., die hier erreichten höheren Werte entsprechen einer höheren Zufriedenheit der Operateure der Kohorte mit der Handlungsausführung. Der *NASA-TLX-Gesamtscore* ist ein Maß für die Höhe der Beanspruchung. Der Median in dieser Dimension liegt in einem mittleren Bereich. Zusammen mit den relativ gering ausgeprägten Skalenwerten für *Anstrengung zur Aufgabenerfüllung* und für *Frustration* entspricht dieses Antwortmuster eher der Einschätzung erfahrenerer und routinierterer Operateure, wie es bei einer durchschnittlichen Berufserfahrung von 23 Jahren der Ärzte der Kohorte der Fall sein dürfte. Trotz aller Geübtheit werden hohe Anforderungen an manuelle Geschicklichkeit und an geistige Anstrengung bei der Informationsaufnahme und -verarbeitung genannt, wobei erstere etwas stärker gewichtet werden.

Um die Arbeitshypothese zu testen, muss der Zusammenhang zwischen der Höhe der mentalen Beanspruchung (*NASA-TLX-Gesamtscore*) und dem Kriterium sicherheitskritische Ereignisse geprüft werden, die wir in dem CIRS-Bogen erfasst

NASA-Task-Load-Index Beanspruchungsdimension	n	M	SD	Median	Min	Max	Range	Standard-fehler
geistige Anforderungen	827	14.78	13.77	8.70	0.00	57.50	57.50	0.48
manuelle Anforderungen	827	21.62	29.90	12.00	0.00	654.50	654.50	1.04
zeitliche Anforderungen	827	8.16	12.56	2.40	0.00	78.40	78.40	0.44
Ausführung der Aufgaben (Leistungseinschätzung)	827	40.45	10.92	43.20	2.20	59.50	57.30	0.38
Anstrengung zur Aufgabenerfüllung	827	4.93	6.84	2.40	0.00	45.60	45.60	0.24
Frustration	827	0.45	2.48	0.00	0.00	31.20	31.20	0.09
NASA-TLX-Gesamtscore	827	6.03	2.52	5.13	1.35	47.55	46.20	0.09

Tab. 2: Deskriptive Ergebnisse des NASA-Task-Load-Index (TLX)

haben. Weitere Prädiktoren sind die Uhrzeit des CIRS-Ereignisses und die bis zu dem jeweiligen Zeitpunkt geleistete Dauer der operativen Tätigkeit. Eine erste Analyse ließ keine signifikanten Zusammenhänge erkennen (NASA-TLX-Gesamtscore $p = 0{,}34$; Arbeitsdauer $p = 0{,}38$; Uhrzeit $p = 0{,}82$). Bezüglich des Prädiktors Uhrzeit überrascht das Ergebnis, denn in einer früheren Untersuchung zu tageszeitlich bedingten Fehlerhäufigkeiten bei 8212 Kataraktoperationen wichen die Häufigkeiten der Ereignisse jeweils hoch signifikant von der erwarteten Gleichhäufigkeit ab ($p < 0{,}001$) [14]. Eine mögliche Erklärung ist vielleicht der erhebliche Unterschied in der Stichprobengröße beider Untersuchungen.

Während sich die Operationsdauer nicht direkt auf das Auftreten sicherheitskritischer Ereignisse (CIRS) auswirkte, zeigte eine zusätzliche Mehrebenenanalyse einen positiven Zusammenhang zwischen der Operationsdauer und dem NASA-TLX-Gesamtscore ($p = 0{,}049$).

Interessant sind mögliche Verknüpfungen zwischen den Subskalen des NASA-TLX-Testes und dem Auftreten von CIRS-Ereignissen. Ein signifikanter Zusammenhang ergab sich für *Ausführung der Aufgaben* ($p = 0{,}00$), *Anstrengung zur Aufgabenerfüllung* ($p = 0{,}04$) und zumindest eine Tendenz für *Frustration* ($p = 0{,}053$). Die anderen Subskalen haben keine Vorhersagekraft für das Auftreten sicherheitskritischer Ereignisse. Wichtig ist, dass für die Subskala *Ausführung der Aufgaben* ein hochsignifikanter negativer Zusammenhang besteht, während die anderen Zusammenhänge positiv sind. Diese Subskala ist umgekehrt zu interpretieren, d. h., eine niedrige Zufriedenheit bei der Ausführung bedeutet eine hohe Fehlerwahrscheinlichkeit. Dieser Aspekt der individuellen Bewertung der Bedeutsamkeit der eigenen Arbeitsausführung koppelt emotionale, motivationale und kognitive Prozesse [15].

Fazit

Wir können folgendes Fazit ziehen: Als wesentlicher Faktor beeinflusst die Dauer der operativen Tätigkeit die mentale Leistungsfähigkeit und steigert die Intensität der subjektiven Beanspruchung (NASA-TLX-Gesamtscore). Bestimmte Beanspruchungsparameter (gemessen mit den Subskalen des NASA-TLX) wie *Anstrengung und Ausführung der Tätigkeit* zeigen eine statistisch signifikante und angesichts der geringen Anzahl sicherheitskritischer Ereignisse relevante systematische Kovarianz mit CIRS. Für *Frustration* ergibt sich zumindest tendenziell ein Zusammenhang.

Da die Teilnehmer erfahrene Operateure waren, wäre bei jüngeren Ärzten mit weniger Erfahrung und möglicherweise entsprechend höherer mentaler Belastung ein noch pointierteres Ergebnis wahrscheinlich. Ein ähnliches Resultat wäre vermutlich bei einem höheren Anteil risikoreicherer Eingriffe gegeben. Aufschlussreich ist eine gesonderte Betrachtung der genannten Fehlerursachen aller 43 CIRS-Bögen der insgesamt dokumentierten 842 Operationen. Erneut bestätigen sich als bedeutsame Fehlerursachen der mentalen Arbeitslast kognitive, emotionale bzw. motivationale Beanspruchungsfaktoren (Abb. 3). Beachtlich ist die häufige Nennung von „Aufmerksamkeit“ (und „Ablenkung“) mit Hinblick auf deren integrierende Funktion kognitiver Prozesse.

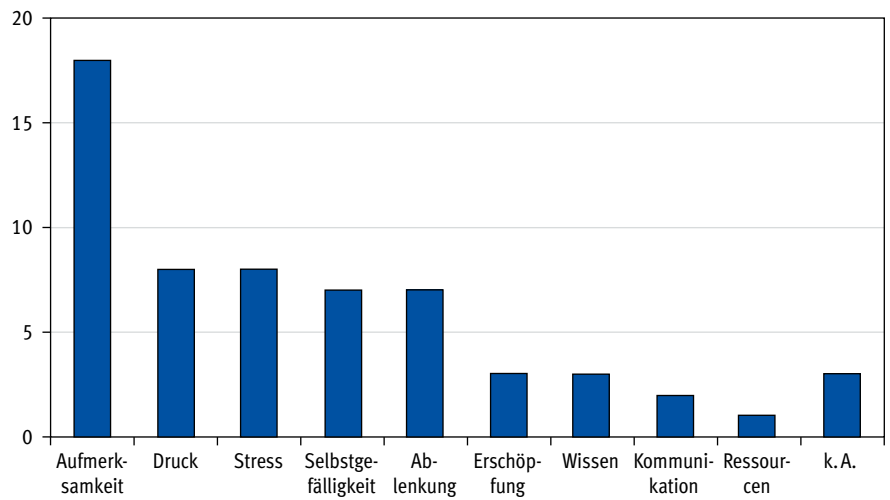


Abb. 3: Häufigkeiten der Nennungen von Fehlerursachen (Mehrfachnennungen möglich)

Schlusswort

Unserem Wissen nach ist dies die erste Untersuchung in der operativen Augenheilkunde mit Messung der subjektiv erlebten Beanspruchung und zeitgleicher Fehlerdokumentation. Selbst im gegenteiligen Fall wäre ein Ergebnisvergleich aus Gründen der Reliabilität wertvoll, denn absolut gleiche Ergebnisse sind in der Beanspruchungsforschung eher selten. Unsere Untersuchung zeichnet sich durch ihre Praxisbezogenheit und Realitätsnähe aus. Der Operateur wird seine Beanspruchung während des Eingriffes sicher wirklichkeitsnäher einschätzen als während einer Befragung oder eines Simulatorexperimentes. Mit den CIRS-Bögen können wir relevante Fehlerbedingungen und Fehlleistungen benennen, aus denen sich weitere Forschungsansätze ableiten lassen. So sehen wir Versuche, das im Leistungssport etablierte mentale Training auf chirurgische Disziplinen zu transferieren, bestätigt [16].

Wir halten die Arbeitshypothese für bestätigt, müssen uns aber der Kritik des methodischen Ansatzes stellen. Eine Grundannahme unserer Untersuchung ist der naheliegende Rückschluss von der Fehleranzahl auf die (mentale) Beanspruchungshöhe. Allerdings wäre es auch denkbar, dass allein besonders anspruchsvolle Operationen eine höhere Fehlerinzidenz bedingen, ohne bzw. ohne entsprechende Änderung der Beanspruchungshöhe. Auch haben unsere Ergebnisse gezeigt, dass eine eingeschränkte Leistungsfähigkeit auf Motivationsfaktoren zurückgeführt werden kann. Letztendlich werden auch nur Angaben und Zusammenhänge erfasst, die unmittelbar am Ende des Eingriffes mit Ausfüllen der Bögen den Operateuren bewusst waren.

Aufgrund der heterogenen Datenlage sind unsere Ergebnisse mit Zurückhaltung zu interpretieren. Wir haben Angaben von wenigen Operateuren mit unterschiedlicher Anzahl an Operationen zu unterschiedlich vielen Messzeitpunkten ausgewertet. Eine valide Risikoadjustierung, die den Unterschieden in den Patientengutzusammensetzungen Rechnung trägt, liegt nicht vor. Weitere Verzerrungsquellen sind die Sorgfalt der Dokumentation, die Frage der Benutzerakzeptanz, „under-/overreporting“ und Bestätigungsfehler.

Literatur

1. SPANIOL K, THANOS S, WEBER B et al.: Behandlungsfehler in der Augenheilkunde. Ophthalmologe 2013; 110:339–345
2. HOFINGER G: Fehler und Unfälle. In: Badke-Schaub P, Hofinger G, Lauche K (Hrsg.): Human Factors. Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2008:52 f
3. REASON J: Human error: models and management. BMJ 2000;320:768–770
4. DUPONT G: The Dirty Dozen Errors in Maintenance. Human Error in Aviation Maintenance. Washington, DC: Federal Aviation Administration/Office Aviation Medicine; 1997:45–49

5. MARQUARDT N, GERSTMEYER K, MISSFELDT S, GADES R: Menschliche Fehler im OP-Saal – empirische Ursachenanalyse am Beispiel der operativen Augenheilkunde. In: Schöning S, Richter J, Pape A (Hrsg.): Kleine und mittlere Unternehmen: Finanz-, Wirtschafts- und andere Krisen. Frankfurt am Main: Peter Lang Verlag; 2011:295–316
6. GERSTMEYER K, MARQUARDT N, TREFFENSTÄDT C, GADES R: Dem Faktor Mensch auf der Spur – Determinanten menschlicher Fehler in der Ophthalmochirurgie. In: Amon M, Kuchenbecker T, Kohnen T (Hrsg.): 25. Kongress der DGII. Köln: Biermann Verlag; 2011:307–316
7. MARQUARDT N, GERSTMEYER K, TREFFENSTÄDT C, GADES-BÜTTRICH R: Cognitive performance limitations in operating rooms. In: de Waard D, Merat N, Jamson H, Barnard Y, Carsten O (Eds.): Human Factors of Systems and Technology. Maastricht: Shaker Publishing; 2012:317–326
8. YULE S, FLIN R, MARAN N et al.: Surgeons' non-technical skills in the operating room: Reliability testing of the NOTSS behavior rating system. World J Surg 2008;32:548–556
9. FLIN R, YULE S, PATERSON-BROWN S et al.: Teaching surgeons about non-technical skills. Surgeon 2007;5: 86-89
10. YULE S, FLIN R, PATERSON-BROWN S, MARAN N: Non-technical skills for surgeons in the operating room: A review of the literature. Surgery 2006;139:140–149
11. YERKES RM, DODSON JD: The Relation of Strength of Stimulus to Rapidity of Habit-Formation. J Comp Neurol Psychol 1908;18: 459–482
12. GERSTMEYER K, LEHRL S: Kataraktbedingte Änderungen der Informationsverarbeitung. Ophthalmologe 2004;101:158–163
13. HART SG, STAVELAND LE: Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: Hancock PA, Meshkati N (Eds.): Human Mental Workload. Amsterdam: North Holland Press; 1988
14. GERSTMEYER K, LEHRL S: Tageszeitlich bedingte Fehlerhäufigkeiten in der Ophthalmochirurgie. Ophthalmologe 2005;102: 873–878
15. DÖRNER D: Bauplan für eine Seele. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Verlag; 2008:437–563
16. IMMENROTH M: Mentales Training in der Medizin. Hamburg: Verlag Dr. Kovač; 2003

MULTIFOKALLINSEN

Visuelle Performance nach bilateraler Implantation der Diffractiva-aA multifokalen IOL

A. K. Dexl, S. Zaluski, M. Rasp, G. Grabner

Zusammenfassung

In den letzten Jahren konnte ein stetiger Anstieg von multifokalen Intraokularlinsen (mIOLs) auf dem europäischen Markt verzeichnet werden. Die Hersteller verfolgen dabei das Ziel, den kontinuierlich steigenden visuellen Ansprüchen und Erwartungshaltungen von presbyopen Kataraktpatienten gerecht zu werden. Die Diffractiva-aA (HumanOptics AG, Deutschland) stellt eine dieser neuen Modelle von mIOLs dar. Im Rahmen einer multizentrischen prospektiven Studie wurde die Leistungsfähigkeit der Diffractiva-aA nach bilateraler Implantation bei 24 Kataraktpatienten untersucht. 6 Monate postoperativ betrug das durchschnittliche sphärische Äquivalent 0,12 ± 0,34 dpt, 60,4 % der Augen lagen in einem Bereich von ± 0,25 dpt. Die binokulare, unkorrigierte Sehleistung lag im Mittel bei 0,00 ± 0,05 logMAR in der Ferne, 0,00 ± 0,05 logMAR in der Nähe (40 cm) und 0,06 ± 0,13 logMAR im Intermediärbereich (1 m). Alle Patienten erreichten eine Sehleistung von ≥20/25 im Fern- und Nahbereich sowie ≥20/40 im Intermediärbereich. Das Kontrastsehvermögen unter mesopischen und photopischen Bedingungen lag im Mittel über dem Normbereich augengesunder Patienten mit gleicher Altersstruktur. Die Defokuskurven zeigten zwei Visusmaxima im Bereich des Fernfokus (0,0 dpt) sowie des Nahfokus (–2,5 dpt) und einen mittleren, binokularen Visus von 0,14 ± 0,08 logMAR im Intermediärbereich (–0,5 bis –2,0 dpt). Die Mehrheit der Patienten (91,7 %) zeigte postoperativ absolute Brillenunabhängigkeit. Störende, photische Phänomene wurden selten berichtet (8,4 %). Alle Patienten waren „sehr zufrieden“ (91,7 %) bzw. „zufrieden“ (8,3 %) mit dem Ergebnis des Eingriffs.

Summary

In recent years, an array of multifocal intraocular lenses (MIOLs) has emerged on the European market as manufacturers aim to meet the growing visual demands and expectations of presbyopic cataract patients. The Diffractiva-aA MIOL (HumanOptics AG Germany) is one of these new marketed MIOLs. In a multicenter prospective study, we examined the performance of the Diffractiva-aA after bilateral implantation of 24 cataract patients. 6 months postoperatively, mean spherical equivalent was 0.12 ± 0.34 D, including 60.4 % of eyes within ±0.25 D. Mean uncorrected binocular visual acuity at distance, near (40 cm) and intermediate (1 m) was 0.00 ± 0.05 logMAR, 0.00 ± 0.05 logMAR and 0.06 ± 0.13 logMAR, respectively. All patients achieved ≥20/25 or better for distance and near, and ≥20/40 or better for intermediate. Mean contrast sensitivity under photopic and mesopic conditions were above the normal range of healthy subjects of the same age. The defocus curves showed two peaks of visual acuity at distance (0.0 D) and near focus (–2.5 D). Intermediate-distance visual acuities (–0.5 to –2.0 D) were in aver-

age 0.14 ± 0.08 logMAR binocularly. The majority of patients (91.7 %) were totally independent from spectacle correction. Disturbing photic phenoma were minimal (8.4 %) and all patients were “very satisfied” (91.7 %) or “satisfied” (8.3 %) with the outcomes.

Hintergrund

Die Ansprüche an die Sehleistung nach einer Kataraktoperation steigen ständig. Kataraktpatienten wünschen postoperativ häufig eine weitgehende Brillenunabhängigkeit in unterschiedlichen Bereichen des Sehens. Während frühere Modelle multifokaler IOLs (mIOLs) zwar die postoperative Brillenabhängigkeit reduzieren konnten, waren die Ergebnisse oftmals durch verminderte Kontrastsensitivität sowie erhöhte Blendempfindlichkeit und Lichtsensationen beeinträchtigt [1–6]. Durch die ständige Optimierung der Abbildungseigenschaften multifokaler IOLs sollen diese negativen Begleiterscheinungen reduziert werden. Seit dem Jahr 2010 ist die mIOL Diffractiva-aA (auch MC 6125 Diff; HumanOptics AG, Deutschland) erhältlich. Ziel der Studie war es, die visuelle Leistungsfähigkeit sowie das Auftreten störender Lichtsensationen nach bilateraler Implantation dieser neuen, multifokalen IOL mit einer Nahaddition von 3,5 dpt zu untersuchen.

Patienten und Methoden

Im Rahmen einer prospektiven, randomisierten Studie in zwei europäischen, ophthalmologischen Zentren (Paracelsus Medizinische Privatuniversität, Salzburg, Österreich und Polyclinic St. Roch, Cabestany, Frankreich) unterzogen sich 24 Patienten (48 Augen), darunter 18 Frauen und sechs Männer, der bilateralen Implantation einer diffraktiven mIOL [7]. Als Einschlusskriterien wurden ein präoperativer Hornhautastigmatismus unter 1,5 dpt sowie die Bereitschaft zur Studienteilnahme festgelegt. Ausgeschlossen wurden Patienten mit vorangegangenen Augenoperationen, Erkrankungen des vorderen oder hinteren Augenabschnitts oder jeglicher Art immunsupprimierender Störungen.

Die Diffractiva-aA ist eine einstückige, multifokale IOL zur Implantation in den Kapselsack (Abb. 1). Sie besteht aus hydrophilem Acrylat und verfügt über eine 360° Linsenepithelzellbarriere. Der Gesamtdurchmesser der IOL beträgt 12,5 mm, der Durchmesser der Optik 6,0 mm. Innerhalb der zentralen 3,5 mm der aberrationsfreien Linsenvorderfläche besitzt die IOL eine diffraktive Zone, die gleichzeitig eine scharfe Abbildung des Fern- und Nahpunktes ermöglicht. Die Höhe sowie der Abstand der ringförmigen Stufen des Profils sind zum monofokalen Randbereich hin graduell abgestuft. Dies soll eine variable Lichtverteilung in Abhängigkeit von der Pupillengröße ermöglichen. Der Nahzusatz beträgt +3,5 dpt, was einer Addition von +2,8 dpt auf Brillenebene und einem Leseabstand von etwa 40 cm entspricht.

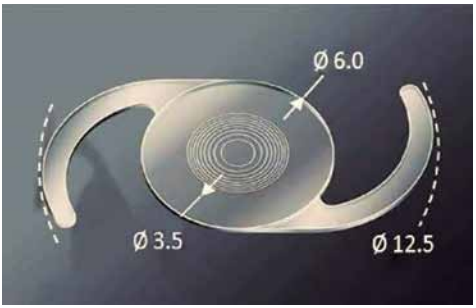


Abb. 1: Diffractiva-aA mIOL (HumanOptics AG, Deutschland)

Alle Kataraktoperationen wurden von zwei Operateuren durchgeführt. Nach der Anästhesie (peribulbär oder topisch) folgten Inzision (korneoskleral oder clear corneal), Phakoemulsifikation und die IOL-Implantation mittels Naviject-Injektor (Medicel AG, Schweiz) durch einen 2,2 bis 2,4 mm breiten Schnitt. Vor der Operation wurde die Biometrie mithilfe des IOLMasters (Carl Zeiss Meditec) durchgeführt. Als Zielrefraktion wurde stets Emmetropie angestrebt. Die postoperativen Untersuchungen beinhalteten die subjektive Refraktion, monokulare und binokulare Sehleistung mit und ohne Korrektion, Defokuskurve, monokulare und binokulare Kontrastsensitivität sowie die Patientenzufriedenheit. Die Sehleistung in Ferne (4 m), Nähe (40 cm) und Intermediär (1 m) wurde mit EDTRS-Tafeln geprüft. Der Optec®6500-Vision-Tester wurde genutzt, um die photopische (85 cd/m^2) und mesopische (3 cd/m^2) Kontrastsensitivität (F.A.C.T.) zu prüfen. Die Defokuskurven wurden mit Fernkorrektion in einem Abstand von 4 m an ETDRS-Tafeln bestimmt, indem Gläser in 0,5-dpt-Schritten (von 1,0 bis −4,0 dpt) vorgehalten wurden. Die Evaluierung der Patientenzufriedenheit erfolgte mithilfe eines Fragebogens, bei dem die Patienten Angaben über ihre allgemeine Zufriedenheit, ihr postoperatives Brillentrageverhalten sowie über das Auftreten von unerwünschten optischen Phänomenen (Halos, Glare) machten.

Ergebnisse

Das mittlere Alter der Patienten lag bei 70,9 ± 9,0 Jahre (Bereich: 57–87 Jahre). Das sphärische Äquivalent betrug präoperativ 0,19 ± 1,65 dpt, die korrigierte, monokulare Sehleistung 0,25 ± 0,19 logMAR (Bereich: 0,0–1,0 logMAR). Die Stärke der implantierten Linsen erstreckte sich von 18,5 bis 24,5 dpt (21,2 ± 1,4 dpt). Nachfolgend werden die Ergebnisse der Kontrolluntersuchungen nach einem Zeitraum von 8,1 ± 1,2 Monaten (Bereich: sechs bis zehn Monate) aufgezeigt.

Das sphärische Äquivalent betrug postoperativ im Mittel 0,12 ± 0,34 dpt. Bei 60,4 % der Patientenaugen (n = 29) lag die Abweichung zur Emmetropie in einem Bereich von ±0,25 dpt, alle untersuchten Augen (n = 48) lagen innerhalb von ±0,75 dpt.

Sehleistung logMAR ± SD (n = 48)			
Parameter	**Ferne (4 m)**	**Intermediär (1 m)**	**Nähe (40 cm)**
monokular			
unkorrigiert	0,04 ± 0,08	0,12 ± 0,13	0,06 ± 0,07
korrigiert	0,00 ± 0,06	0,08 ± 0,12	0,03 ± 0,05
binokular			
unkorrigiert	0,00 ± 0,05	0,06 ± 0,13	0,00 ± 0,05
korrigiert	–0,01 ± 0,05	0,01 ± 0,11	–0,02 ± 0,04

Tab. 1: Visus in unterschiedlichen Distanzen

Alle Ergebnisse zur monokularen und binokularen Sehleistung mit und ohne Fernkorrektion können Tabelle 1 entnommen werden.

Alle Patienten erzielten eine unkorrigierte, binokulare Sehleistung von mindestens 20/25 (Snellen) oder besser in Ferne und Nähe sowie 20/40 (Snellen) oder besser im Intermediärbereich (Abb. 2).

Die monokularen und binokularen Defokuskurven wiesen maximale Sehschärfen im Bereich des Fernfokus (0,0 dpt) sowie des Nahfokus (–2,5 dpt) auf (Abb. 3). Die Sehleistung in der Ferne lag monokular bei 0,00 ± 0,05 logMAR, binokular bei –0,01 ± 0,05 logMAR. In der Nähe wurde monokular 0,06 ± 0,08 logMAR und binokular 0,03 ± 0,07 logMAR erreicht. Im Intermediärbereich (–0,5 bis –2,0 dpt) lag

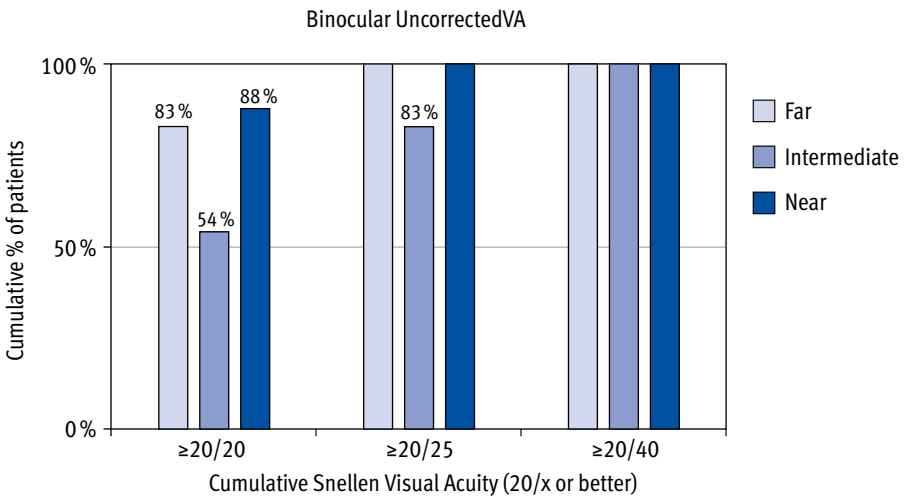


Abb. 2: Binokulare Sehleistung in unterschiedlichen Entfernungen nach Implantation der Diffractiva-aA (n = 48)

der mittlere Visus bei 0,22 ± 0,11 logMAR (monokular) bzw. bei 0,14 ± 0,08 logMAR (binokular).

Abbildung 4 zeigt die binokulare, photopische und mesopische Kontrastsensitivität der Patienten ohne Brillenkorrektur (rote Linie). Diese lag im Mittel für jede Ortsfrequenz oberhalb des 95%-Konfidenzintervalls der Kontrastsensitivität gesunder ophthalmologischer Patienten im Alter von 60 Jahren und mehr (grau schattierter Bereich) [8].

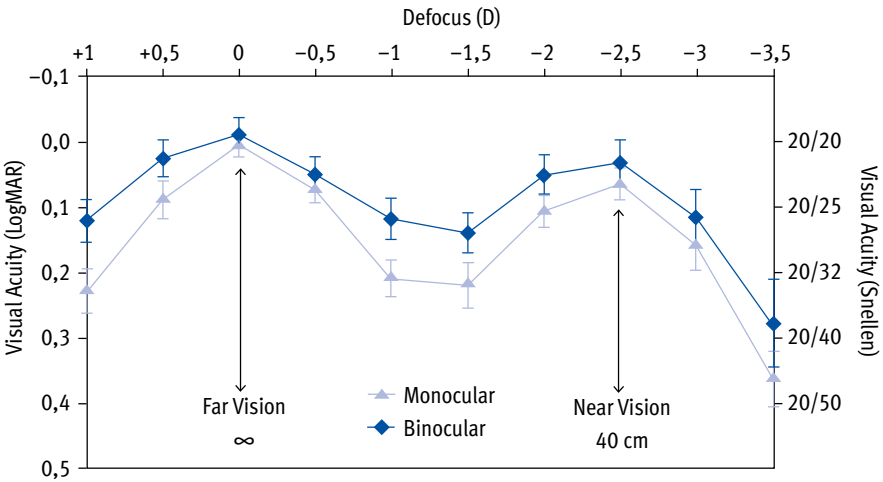


Abb. 3: Defokuskurven nach Implantation der Diffractiva-aA (n = 48)

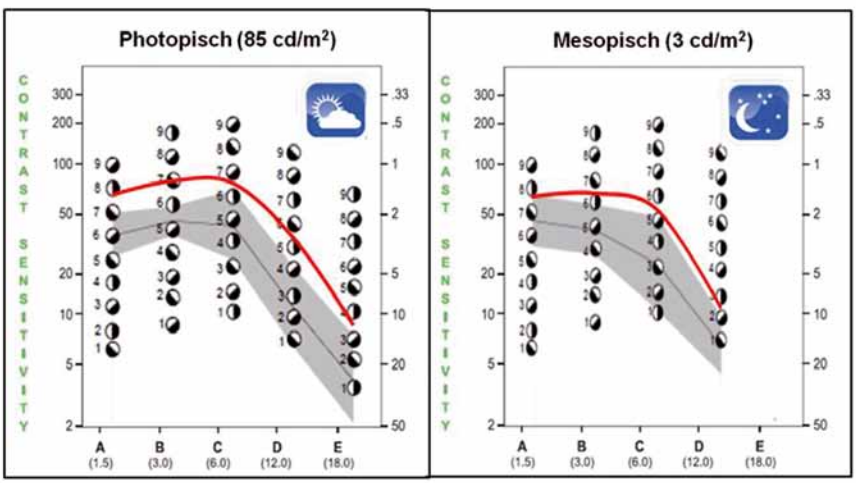


Abb. 4: Rote Linie: Binokulare photopische und mesopische Kontrastsensitivität (n = 48). Grau schattierter Bereich: 95 % Konfidenzintervall der Kontrastsensitivität augengesunder Probanden ähnlichen Alters

Die Ergebnisse der Patientenbefragung zeigt Abbildung 5. Störende photische Phänomene traten in 8,4 % der Fälle auf. Dabei berichteten 4,2 % der Patienten über Halos sowie 4,2 % über Glare. Die Mehrzahl der Patienten (91,6 %) gab an, in jeder Entfernung brillenfrei zu sein (Abb. 5, links). 8,3 % berichteten, nur manchmal eine Brille „zum Fernsehen" bzw. „für Kleingedrucktes" zu benötigen. Aufgrund der eben geschilderten Ergebnisse waren die Mehrzahl der Patienten mit ihrer postoperativen unkorrigierten Sehleistung sehr zufrieden (91,7 %) bzw. zufrieden (8,3 %) (Abb. 5, rechts).

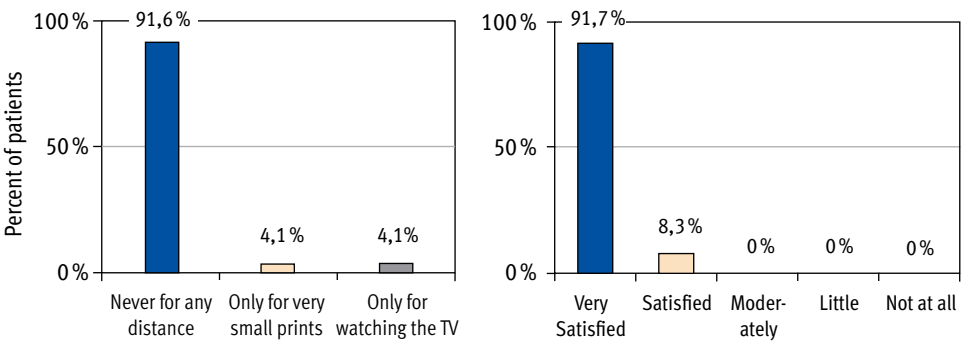


Abb. 5: Ergebnis der Patientenbefragung bezüglich Brillentrageverhalten (links) und postoperativer Zufriedenheit (rechts) nach Implantation der Diffractiva-aA

Diskussion

Die Hauptkriterien für maximale Patientenzufriedenheit nach Implantation einer multifokalen IOL sind Brillenunabhängigkeit kombiniert mit hoher Kontrastsensitivität sowie einer geringen Inzidenz von störenden, optischen Phänomenen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine neue Generation von optimierten mIOLs entwickelt. Im Rahmen der vorgestellten Studie fand die klinische Evaluierung der Diffractiva-aA, einer neuen, asphärischen MIOL mit einem Nahzusatz von 3,5 dpt, nach bilateraler Implantation bei 48 Augen von 24 Kataraktpatienten statt. Innerhalb eines Zeitraumes von sechs bis zehn Monaten postoperativ lag das sphärische Äquivalent aller Augen innerhalb ±0,75 dpt. Die unkorrigierte, binokulare Sehleistung in der Ferne betrug im Mittel 0,00 ± 0,05 logMAR, was mit den Ergebnissen anderer mIOLs übereinstimmt, die heute Verwendung finden [9–15]. In der Nähe (40 cm) erreichten die Patienten einen unkorrigierten, binokularen Visus von 0,00 ± 0,05 logMAR. Dies ist vergleichbar mit aktuell publizieren Resultaten zu diffraktiven IOLs [9, 13] bzw. besser [9, 10, 14, 15]. In einer Entfernung von 1 m betrug die unkorrigierte, binokulare Sehleistung im Mittel 0,06 ± 0,13 logMAR, 100 % der Patienten erzielten einen Visus von 20/40 oder besser.

Die Auswertung der subjektiven Fragebögen zeigte, dass die Mehrheit der Patienten (n = 22; 91,6 %) nach der Operation generell brillenunabhängig war. Jeweils 4,2 % gaben an, „nur für Kleingedrucktes" bzw. „zum Fernsehen" eine Brille zu tragen. Dies ist vergleichbar mit den Ergebnissen von Kohnen et al. (bilaterale Implantation der Acrysof IQ ReSTOR SN6AD1) [9]. Einige Studien zu mIOLs mit unterschiedlichen Nahadditionen zeigten geringere Raten der Brillenunabhängigkeit [10, 12, 15, 16].

Die monokularen und binokularen Defokuskurven wiesen zwei Visusmaxima im Bereich des Fernfokus (0,0 dpt) sowie in der Nähe (–2,5 dpt; ≈40 cm) auf. Die binokularen Visuswerte im Intermediärbereich (–0,5 bis –2,0 dpt) lagen im Mittel bei 0,14 ± 0,08 logMAR. Die guten Ergebnisse zur Sehleistung in den mittleren Entfernungen sind stimmig mit den Resultaten des subjektiven Patientenfragebogens. Insgesamt zeigten sich diese Ergebnisse identisch bzw. etwas besser im Vergleich zu den publizierten Daten anderer MIOLs wie der Acrysof IQ ReSTOR SN6AD1 [9, 10, 11, 15] oder der Tecnis ZMA00 [15].

Bezüglich des Auftretens von störenden, optischen Phänomenen können Studienergebnisse aufgrund unterschiedlicher Bewertungsskalen häufig nur schwer verglichen werden. Allerdings wurde eine erhöhte Blendempfindlichkeit im Zuge dieser Studie von nur einem Patienten (4,2 %) wahrgenommen. Dies steht im Kontrast zu kürzlich veröffentlichten Untersuchungen, die Raten von bis zu 63,6 % berichteten [9, 10, 13, 15].

Die Prüfung der Kontrastsensitivität unter photopischen (85 cd/m^2) und mesopischen (3 cd/m^2) Bedingungen zeigte sehr gute Ergebnisse. Die Werte lagen für alle Ortsfrequenzen im Mittel über dem Normbereich für Patienten ≥60 Jahre [8].

Fazit

Der Akkommodationsverlust bedeutet für presbyope Patienten und insbesondere für junge pseudophake Patienten einen Verlust an Lebensqualität. Durch die Entwicklung von modernen multifokalen, asphärischen, multizonalen Intraokularlinsen konnten frühere Probleme, wie ein herabgesetztes Kontrastsehvermögen sowie eine erhöhte Blendempfindlichkeit, überwunden werden. Die Implantation von multifokalen IOLs ermöglicht Kataraktpatienten postoperativ eine sehr gute unkorrigierte Sehleistung im Fern-, Intermediär- und Nahbereich. Die daraus resultierende Brillenunabhängigkeit für den Patienten im Alltag sowie die geringe Inzidenz von störenden, optischen Phänomenen unter skotopischen Bedingungen führt gleichzeitig zu einer hohen Patientenzufriedenheit.

Literatur

1. LEYLAND M, ZINICOLA E: Multifocal versus monofocal intraocular lenses in cataract surgery; a systematic review. Ophthalmology 2003;110:1789–1798
2. WOODWARD MA, RANDLEMAN JB, STULTING RD: Dissatisfaction after multifocal intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg 2009;35:992–997
3. HOFMANN T, ZUBERBUHLER B, CERVINO A et al.: Retinal straylight and complaint scores 18 months after implantation of the AcrySof monofocal and ReSTOR diffractive intraocular lenses. J Refract Surg 2009;25:485–492
4. MONTÉS-MICÓ R, ALIÓ JL: Distance and near contrast sensitivity function after multifocal intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg 2003;29:703–711
5. PIEH S, LACKNER B, HANSELMAYER G et al.: Halo size under distance and near conditions in refractive multifocal intraocular lenses. Br J Ophthalmol 2001;85:816–821
6. STEINERT RF, AKER BL, TRENTACOST DJ et al.: A prospective comparative study of the AMO ARRAY zonalprogressive multifocal silicone intraocular lens and a monofocal intraocular lens. Ophthalmology 1999; 106:1243–1255
7. DEXL AK, ZALUSKI S, RASP M, GRABNER G: Visual performance after bilateral implantation of a new diffractive aspheric multifocal intraocular lens with a 3.5 D addition. Eur J Ophthalmol (in press)
8. HOHBERGER B, LAEMMER R, ADLER W et al.: Measuring contrast sensitivity in normal subjects with OPTEC 6500: influence of age and glare. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2007;245:1805–1814
9. KOHNEN T, NUIJTS R, LEVY P et al.: Visual function after bilateral implantation of apodized diffractive aspheric multifocal intraocular lenses with a +3.0 D addition. J Cataract Refract Surg 2009;35:2062–2069
10. PETERMEIER K, MESSIAS A, GEKELER F, SZURMAN P: Effect of +3.00 diopter and +4.00 diopter additions in multifocal intraocular lenses on defocus profiles, patient satisfaction, and contrast sensitivity. J Cataract Refract Surg 2011;37:720–726
11. DE VRIES NE, WEBERS CA, MONTÉS-MICÓ R et al.: Visual outcomes after cataract surgery with implantation of a +3.00 D or +4.00 D aspheric diffractive multifocal intraocular lens: Comparative study. J Cataract Refract Surg 2010;36:1316–1322
12. MUÑOZ G, ALBARRÁN-DIEGO C, FERRER-BLASCO T et al.: Visual function after bilateral implantation of a new zonal refractive aspheric multifocal intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2011;37:2043–2052
13. CAN I, BOSTANCI CERAN B, SOYUGELEN G, TAKMAZ T: Comparison of clinical outcomes with 2 small-incision diffractive multifocal intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2012;38:60–67
14. ALIÓ JL, PLAZA-PUCHE AB, PIÑERO DP et al.: Qualitiy of life evaluation after implantation of 2 multifocal intraocular lens models and a monofocal model. J Cataract Refract Surg 2011;37:638–648
15. GIL MA, VARON C, ROSELLO N et al.: Visual acuity, contrast sensitivity, subjective quality of vision, and quality of life with 4 different multifocal IOLs. Eur J Ophthalmol 2011;22:175–187
16. CEZÓN PRIETO J, BAUTISTA MJ: Visual outcomes after implantation of a refractive multifocal intraocular lens with a +3.00 D addition. J Cataract Refract Surg 2010;36:1508–1516

Evaluation der ersten trifokalen Blaufilter-multifokallinse

F. T. A. Kretz, A. Fitting, I.-J. Limberger, G. U. Auffarth

Zusammenfassung

Fragestellung: Klinische Evaluation einer trifokalen, diffraktiven Intraokularlinse (MIOL) mit Blaufilter.

Methodik: Die Micro-F MIOL (PhysIOL, Belgien) wurde im Rahmen der mikrochirurgischen Kataraktoperation bei 20 Augen von 12 Patienten in den Kapselsack implantiert. Hierbei handelt es sich um eine trifokale MIOL mit einer Nahaddition von +3,5 dpt für die Nähe und einer Addition von +1,75 dpt für den Zwischenbereich. Die Nachkontrolle wurde über 6 Monate nach Operation durchgeführt. Beurteilt wurden die Refraktion, die Sehschärfe monokular und binokular (Nähe in 40 cm, 80 cm und Ferne) sowie die Defokuskurve.

Ergebnisse: Die mediane monokularer UDVA war 0,2 [logMAR] über den gesamten Nachbeobachtungszeitraum und 0,15 binokular verglichen mit einem CDVA von 0,075 monokular und 0,0 binokular. Die mediane monokulare UNVA betrug 0,2 und die binokulare 0,15 verglichen mit der DCNVA von 0,2 monokular und binokular. Ein Patient musste mit bullöser Keratopathie ausgeschlossen werden. Alle weiteren Patienten waren sehr zufrieden mit dem postoperativen Ergebnis.

Schlussfolgerung: Die Micro-F trifokale, diffraktive MIOL zeigt gute funktionelle Ergebnisse in allen Distanzen und ermöglicht unseren Patienten ein hohes Maß an Brillenunabhängigkeit und eine große Patientenzufriedenheit. Vor allem die funktionellen Ergebnisse im Intermediärbereich bieten unseren Patienten einen deutlichen Vorteil im Alltag.

Summary

Purpose: Clinical evaluation of a trifocal, diffractive intraocular lens (MIOL).

Methods: The Micro-F MIOL (PhysIOL, Belgium) was implanted after cataract removal. 12 patients (20 eyes) are so far enrolled in the study. They received a trifocal MIOL with +3.5 D addition for near and +1.75 D addition for intermediate. Follow-up examinations were performed up to 6 months after surgery including: Refraction, ETDRS visual acuity monocular and binocular (near at 40 cm, 80 cm and distance) as well as defocus curve.

Results: Median monocular UDVA was 0.2 [logMAR] during follow up period and 0.15 binocular compared to CDVA of 0.075 monocular and 0.0 binocular. Median UNVA was 0.2 compared to a DCNVA of 0.2 monocular and binocular. One patient had to be excluded cause of corneal decompensation. All other patients were very satisfied with their refractive outcome.

Conclusions: The Micro-F trifocal, diffractive MIOL provides good functional results after surgery with a high percentage of spectacle independence and patient satisfaction. Especially the functional results for intermediate distance give patients advantages in daily life.

Hintergrund

Verschiedene optische Designs prägen seit Langem die Entwicklung multifokaler Intraokularlinsen (MIOLs). Eine erste grobe Unterteilung erfolgt daher in refraktive und diffraktive Optiken, die das einfallende Licht auf verschiedene Brennpunkte verteilen. Refraktive Linsen erzeugen hierbei mehrere Brennpunkte im Bereich einer breiten Schnittfläche [1], wohingegen diffraktive MIOLs das einfallende Licht auf nur zwei Hauptbrennpunkte verteilen [1, 5], der Rest geht als Streulicht oder im Ultranahbereich verloren. Hierdurch wird den Patienten ein Fokus in unterschiedlichen Distanzen ermöglicht, um somit eine mögliche Brillenunabhängigkeit zu erreichen. Eine weitere Unterscheidung der diffraktiven MIOLs ist hierbei noch die eingearbeitete Struktur der Lichtverteilung. Entweder wird das einfallende Licht auf der gesamten Optikfläche durch eine segmentale Aufteilung aufgeteilt [1, 2], bei der nur je ein Teil der Intraokularlinse das Licht für die Ferne und der andere für die Nähe bündelt. Oder das einfallende Licht wird durch die Kombination einer zentralen diffraktiven Optik mit umgebender monofokalen Optik für den Fernpunkt verteilt [4].

Durch den zusätzlichen Einsatz der Appodisation lässt sich bei diesen optischen Designs das einfallende Licht zusätzlich zu unterschiedlichen Intensitäten auf die einzelnen Brennpunkte verteilen [7]. Dieser Mechanismus ermöglicht es, die natürliche Blendenfunktion der Pupille zu benutzen. So ist bei eng gestellter Pupille (Miosis) im Nahbereich eine möglichst gleiche Verteilung des Lichtes auf Fern- und Nahpunkt gegeben, wobei bei weiter Pupille das einfallende Licht mehr auf den Fernpunkt verteilt wird.

Ein Nachteil dieser optischen Systeme ist jedoch die Entstehung von Streulicht an den das Licht in unterschiedliche Foki aufteilenden Grenzflächen [1]. Dieses Streulicht ist unter anderem für die Problematik von Halos und Glare verantwortlich, die unseren Patienten selbst bei hervorragender unkorrigierter Sehschärfe Probleme bereiten. Neue Mechanismen in der Herstellung multifokaler Optiken resultieren jedoch in deutlich weniger Streulicht als die ihrer Vorgängermodelle. Hierbei lässt sich durch Konvolution eine Glättung der diffraktiven Strukturen hervorrufen, die zu einer signifikanten Reduktion des Streulichtes führt [3].

Eine relativ neue Multifokallinse, die bereits die Prinzipien der Appodisation und Konvolution berücksichtigt, ist das Modell Micro-F (Abb. 1). Hierbei handelt es sich um eine diffraktive, trifokale MIOL mit Blaulichtfilter, die den Patienten durch eine eingearbeitete Nahaddition von +3,5 dpt einen hervorragenden Nahpunkt sowie durch die Intermediäraddition von +1,75 dpt einen zusätzlichen Fokus im Zwischen-

bereich ermöglicht. Das Funktionsprinzip hierbei ist die Kombination aus der halben Addition (+1,75 dpt) für den Intermediärbereich und der Volladdition (+3,5 dpt) für den Nahbereich. Ein Teil des intermediär gebrochenen Lichtes wird durch die diffraktive Struktur der MIOL als Streulicht verloren gehen bzw. auf einen Ultranahpunkt geleitet werden. Da dieser Ultranahpunkt jedoch der doppelten Addition entspricht, wird somit das verloren geglaubte Licht auf den eigentlichen Nahpunkt von +3,5 dpt verlegt und stärkt somit den Nahbereich [3]. Durch die zusätzliche Nutzung der Appodisation wird die einfallende Lichtenergie bei einer 2-mm-Pupille zu 35% auf den Fernpunkt, 30% auf den Nahpunkt und 20% auf den Zwischenbereich verteilt, wohingegen sich die Lichtenergie bei einem Pupillendurchmesser von 4,5 mm zu ca. 62% auf den Fernpunkt, 18% auf den Nahbereich und nur 5% auf den Zwischenbereich verteilt [3]. Hieraus ergibt sich nicht nur ein sehr geringer Lichtverlust von 15%, sondern auch eine zusätzliche optimierte Anpassung an Alltagsbedingungen.

Zielsetzung

Im Rahmen einer retrospektiven Studie wurde die Micro-F trifokale, multifokale Intraokularlinse (MIOL) als erste trifokale MIOL auf dem europäischen Markt evaluiert.

Methoden

In einer kleinen Pilotstudie wurden zwischen Oktober 2011 und Dezember 2012 20 dieser Linsenmodelle bei Patienten, die sich zur Kataraktoperation in der Augenklinik des Universitäts-Klinikums Heidelberg vorstellten, monokular und binokular implantiert. Ausgewertet wurden der unkorrigierte Fernvisus (UDVA), der unkorrigierte Nahvisus (UNVA), der unkorrigierte intermediär Visus (UIVA) sowie die fernkorrigierten Korrelate, Ferne (CDVA), intermediär (DCIVA) und Nähe (DCNVA) monokular und binokular.

Ergebnisse

Ein Patient musste aufgrund einer postoperativen Endotheldekompensation aus der Auswertung ausgeschlossen werden. Bei einer sonst allgemein sehr hohen Patientenzufriedenheit mit kaum subjektiven Streulichtbeschwerden und sehr hoher Brillenunabhängigkeit zeigten sich sonst durchweg gute funktionelle Ergebnisse in allen Distanzen (Tab. 1).

Der Defokuskurvenverlauf hat die zu erwartenden Peaks bei 0 dpt und –3,75 dpt. Jedoch zeigt sich vor allem in dem dazwischen liegenden Bereich im Vergleich zu den typischen diffraktiven Multifokallinsenmodellen eine deutliche Plateauphase, die nicht unter eine Sehschärfe von 0,2 [logMAR] abfällt (Abb. 2). Was wir jedoch

[logMAR]	UDVA n = 21	CDVA n = 21	UNVA n = 21	DCNVA n = 21	UIVA n = 21	DCIVA n = 21
Median	0,20	0,075	0,20	0,20	0,30	0,20
Min.	0,10	0,00	–0,05	0,20	0,10	0,10
Max.	0,30	0,20	0,40	0,30	0,40	0,30

Tab. 1: Funktionelle Ergebnisse 3 Monate postoperativ

Abb. 1: Micro-F trifokale, Multifokal-intraokularlinse (PhysIOL, Belgien, Abbildung aus Firmenfundus)

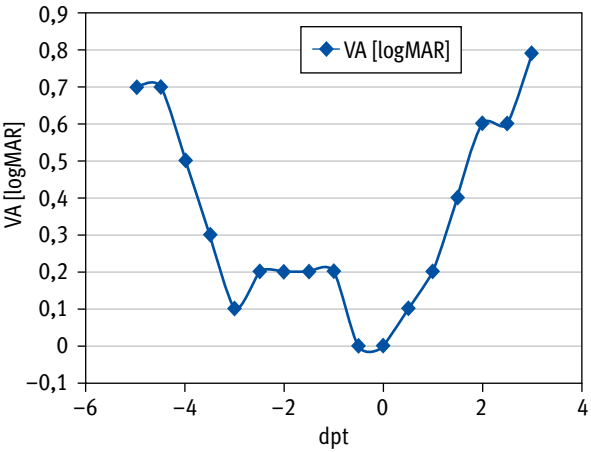


Abb. 2: Defokuskurvenverlauf der trifokalen Micro-F MIOL

feststellen konnten, ist eine hohe Empfindlichkeit dieser sehr weit entwickelten Multifokallinse auf den kornealen Astigmatismus, sodass sich deutlich bessere Ergebnisse in der fernkorrigierten Sehschärfe zeigten, die größtenteils einem teils unter 1 dpt entsprechenden postoperativen Astigmatismus zugrunde liegen.

Zusammenfassung

Die neue diffraktive, trifokale Multifokallinse Micro-F bietet eine gute Option zur Korrektur der Presbyopie im Rahmen der Kataraktoperation und des „Clear-Lens-Exchange“. Es handelt sich hierbei um eine sehr durchdachte Optik, mit der eine deutlich bessere Ausnutzung des einfallenden Lichtes gelungen ist. Im Rahmen unserer Studie zeigten sich durchweg zufriedene Patienten, die mit ihren funktionellen Ergebnissen im Alltag problemlos zurechtkamen. Aus unserer Erfahrung hat sich jedoch gezeigt, dass eine präoperative Evaluation des kornealen Astigmatismus von

besonderer Bedeutung ist. Daher sollte immer auch der induzierte Astigmatismus mit eingeplant werden. Des Weiteren ist eine Modifikation der IOL-Konstanten für den persönlichen Gebrauch empfehlenswert. Ein Lichtblick ist daher die geplante Markteinführung der torischen, trifokalen Multifokallinse, die im Rahmen des 3. und 4. Quartals 2013 zur Verfügung stehen sollte.

Literatur

1. EHMER A, RABSILBER TM, MANNSFELD A et al.: Influence of different multifocal intraocular lens concepts on retinal stray light parameters. Der Ophthalmologe 2011;108(10):952–956. doi: 10.1007/s00347-011-2411-0
2. FRIEDRICH R: Intraocular lens multifocality combined with the compensation for corneal spherical aberration: a new concept of presbyopia-correcting intraocular lens. Case Report Ophthalmol 2012;3(3):375–383. doi: 10.1159/000343919
3. GATINEL D, PAGNOULLE C, HOUBRECHTS Y, GOBIN L: Design and qualification of a diffractive trifocal optical profile for intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2011;37(11):2060–2067. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.05.047
4. RABSILBER TM, KRETZ FT, HOLZER MP et al.: Bilateral implantation of toric multifocal additive intraocular lenses in pseudophakic eyes. J Cataract Refract Surg 2012;38(8):1495–1498. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.06.014
5. RASSOW BK: Die Optik der diffraktiven Intraokularlinsen. 4. Kongress der DGII. Berlin: Springer Verlag 1991
6. SCHICH C: Implantation von Multifokallinsen in der Augenklinik Berlin-Marzahn. Dissertation. Berlin, Charite-Campus Benjamin Franklin, medizinische Fakultät der Charite. Dissertation 2007
7. SHEPPARD AL, SHAH S, BHATT U et al.: Visual outcomes and subjective experience after bilateral implantation of a new diffractive trifocal intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2013. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.09.017

Das Leistungsspektrum der neuen trifokalen Multifokallinse vom Typ Physiol FineVision

K. Likaj, C. Althaus, O. Cartsburg, M. Engels, M. Fröhlich, St. Schmickler

Zusammenfassung

Ziel: Die trifokale Multifokallinse von Physiol ist eine neue diffraktive Multifokallinse mit einer Nahaddition von +3,0 dpt und einer Intermediäraddition +1,75 dpt auf IOL-Ebene. In einer prospektiven Studie sollte herausgefunden werden, wo die Stärken und Schwächen der neuen Multifokallinse im Vergleich zu den gängigen diffraktiven Multifokallinsen liegen. Hierzu werden 3-Monats-Ergebnisse herangezogen.

Methoden: Die Linse wurde bei 10 Patienten in beide Augen implantiert. Die Patienten wurden am 1. postoperativen Tag, nach 1 Woche, 4 Wochen und 3 Monaten nachuntersucht. Bei der 3-Monats-Untersuchung fand neben der ärztlichen Untersuchung auch eine Fotodokumentation in Mydriasis statt.

Ergebnisse: Die Patienten kommen in allen Bereichen ohne Brille zurecht und sind sehr zufrieden. Der Intermediärbereich zeigt in der Defokuskurve keinen Knick. Obwohl alle Patienten Halos bei Nacht äußern, empfinden sie nur wenige als störend.

Zusammenfassung: Die Physiol FineVision Multifokallinse führt zu guten Visusergebnissen in allen Distanzen. Hier unterscheidet sie sich von konventionellen diffraktiven Multifokallinsen. Allerdings zeigt auch diese Linse das Problem der Halos bei Nacht.

Summary

Purpose: The new FineVision trifocal IOL provides 3 foci for near (+3.0 D), intermediate (+1.75 D) and far vision. This prospective trial should evaluate clinical outcomes in comparison to common diffractive MIOL's.

Methods: 10 patients had bilateral implantation of FineVision trifocal IOL's. Clinical examination was run postoperatively at day 1, after 1 week, 4 weeks and 3 months. Photo documentation was also performed after 3 months.

Results: Patients get a good visual acuity in all 3 foci without spectacles. There is no sharp drop in visual acuity in the intermediate zone. Despite of halo-phenomena at night, only individual patients feel disturbed.

Conclusion: The FineVision trifocal IOL obtains in comparison to common multifocal lenses good visual acuities in all 3 distances. Nevertheless there are still halo phenomena at night.

Allgemeines

Die physikalischen Eigenschaften einer Multifokallinse basieren auf dem Huygenschen Prinzip der Lichtbeugung am Spalt bzw. Gitter. Diese Gitterarchitektur ist an der Vorderfläche von Multifokallinsen als konzentrisches Ringrelief angebracht und gewährleistet damit die Erzeugung von mehreren Fokuspunkten (sog. Maxima), die jedoch ohne die prismatischen Eigenschaften einer Apodisation [3] (Blaze-Gitter-Prinzip) nicht geordnet entlang der optischen Achse liegen könnten und somit zu störenden Beugungsordnungen führen würden. Mithilfe dieses Blaze-Gitters ist es somit möglich, störende Beugungsordnungen zu unterdrücken und Fokuspunkte entlang der optischen Achse anzuordnen. Im Rahmen der FineVision IOL wird durch die von Gatinel et al. beschriebene Linsenarchitektur neben dem Fern- und Nahbereich zusätzlich ein Intermediärbereich bedient [1].

Das Ziel unserer Studie war es, die Stärken und Schwächen dieser neuen Linse zu erfassen. Hierfür wurden zehn Patienten an beiden Augen mit einer FineVision IOL versorgt und anschließend nachuntersucht – am ersten postoperativen Tag, nach einer Woche, vier Wochen, drei Monaten. Zudem führten wir eine subjektive Halometrie mit Halo-/Glare-Karten und eine Fotodokumentation der Linsenposition samt Haptik in Mydriasis durch, um etwaige Dislokationen oder Haptikdeformierungen zu erfassen.

Methoden

Patienten

Diese prospektive Studie schließt zehn Patienten ein, die 2012 an beiden Augen mit FineVision IOLs versorgt wurden. Ausschlusskriterien waren hierbei Augenvorerkrankungen ausgenommen Katarakt. Alle Operationen wurden im Augen-Zentrum-Ahaus durchgeführt.

Linseneigenschaften

Die FineVision IOL (Abb. 1) ist eine asphärische, diffraktive, trifokale Linse bestehend aus hydrophilem Acrylat (25 %). Sie ist mit einem UV- und Blaulichtfilter ausgestattet und weist einen Gesamtdurchmesser von 10,75 mm (optischer Durchmesser 6,15 mm) auf. Es werden drei Fokusebenen bedient: Ferne (+10 bis +35 dpt), Intermediärbereich (+1,75 dpt) und Nähe (+3,5 dpt) [6].

Postoperative Untersuchungen

Im Rahmen der postoperativen Untersuchungen wurden die Visuswerte für den Fern- (5 m/cc und sc), Intermediär- (70 cm/sc) und Nahbereich (33 cm/sc) überprüft. Eine subjektive Halometrie erfolgte mittels Halo-/Glare-Karten (Nr. 1–6; Abb. 2). Außerdem konnten mithilfe von Spaltlampenfotos in Mydriasis Linsen- und Haptikstabilität überprüft werden.

Abb. 1: FineVision IOL (bifokal, diffraktiv)

Abb. 2: Halo-/Glare-Zuordnungskarten

Ergebnisse

Die Implantation der FineVision IOLs verlief in allen 20 Augen komplikationslos. Im Rahmen der Spaltlampenuntersuchung beobachteten wir sowohl eine gute Zentrierung als auch stabile Linsenbügel ohne Knickphänomene (Abb. 3).

Abb. 3: Spaltlampenfoto FineVision IOL

Halophänomene wurden von allen Patienten beschreiben, wobei 70 % sich nur moderat geblendet fühlten und im Alltag gut zurecht kamen (Karten-Nr. 1–2). Ein Patient (10 %) zeigte sich jedoch deutlich von Halo- und Glare-Phänomenen gestört (Abb. 4). Eine mögliche Neuroadaptation, die zu einer subjektiven Vernachlässigung der Dysphotopsien führen kann, bleibt bei diesem einen Patienten noch abzuwarten [2].

Während alle im Nahbereich binokular einen unkorrigierten Visus von ≥0,8 erreichten, ergaben sich im Fernbereich vereinzelt sogar Werte von sc 1,2. Doch auch der Intermediärbereich wurde bei den meisten Patienten zufriedenstellend abgedeckt – 80 % kamen mit einem binokularen unkorrigierten Visus von 0,7 gut zurecht (Abb. 5).

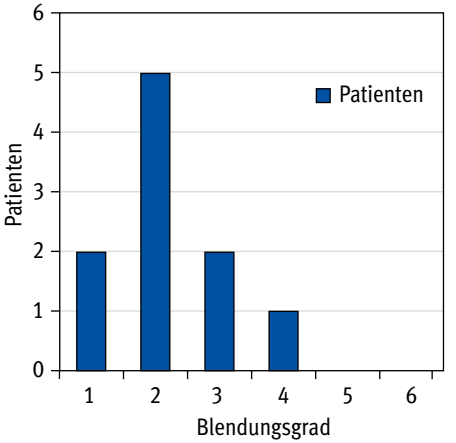


Abb. 4: Subjektive Halometrie (erfasst über Halo-/Glare-Karten)

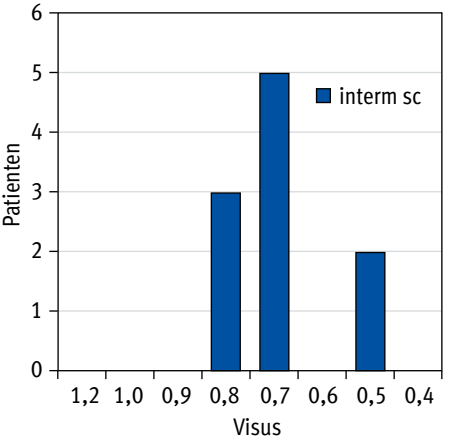


Abb. 5: Unkorrigierter Visus im Intermediärbereich

Diskussion

Mit zunehmenden Erwartungen kataraktoperierter Patienten, ihren Alltag ohne Brille zu meistern, geraten Multifokallinsen immer mehr in den Mittelpunkt. Die bisherigen diffraktiven Multifokallinsen können sowohl den Fern- als auch den Nahbereich bedienen, zeigen jedoch eine Schwäche im Intermediärbereich [5]. Gerade hier möchte die FineVision IOL mit ihrem diffraktiv trifokalen Design angreifen [1]. Im Rahmen unserer Studie haben wir uns mit den klinischen Ergebnissen und somit auch der Patientenzufriedenheit auseinandergesetzt.

Aufgrund bisheriger Erfahrungen mit diffraktiven Linsentypen haben wir uns ebenfalls für eine binokulare Implantation entschieden, um im Vergleich zum monokularen Einsatz bessere Kontrastergebnisse zu erzielen [4, 5]. Es konnte gezeigt werden, dass Patienten nicht nur im Fern- und Nahbereich gute Visusergebnisse erreichen, sondern auch im Intermediärbereich größtenteils zufrieden sind (kein Knick im Defokusprofil). Dennoch deckt diese Studie noch Einzelfälle auf, die gerade mit Lichtphänomenen wie Halos und Glares Schwierigkeiten haben. Es bleibt noch abzuwarten, ob der Mechanismus der Neuroadaptation diese Störfaktoren weiter ausblenden wird.

Finanzielle Interessen
Die Autoren haben kein finanzielles Interesse.

Literatur

1. GATINEL D, PAGNOULLE C, HOUBRECHTS Y, GOBIN L: Design and qualification of a diffractive trifocal optical profile for intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2011;37:2060–2067
2. PIEH S, LACKNER B, HANSELMAYER G et al.: Halo size under distance and near conditions in refractive multifocal intraocular lenses. Br J Ophthalmol 2001;85:816–821. Siehe: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1724058/pdf/v085p00816.pdf
3. DAVISON JA, SIMPSON MJ: History and development of the apodized diffractive intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2006;32:849–858
4. JACOBI FK, KAMMANN J, JACOBI KW et al.: Bilateral implantation of asymmetrical diffractive multifocal intraocular lenses. Arch Ophthalmol 1999;117:17–23. Siehe: http://archopht.jamanetwork.com/data/Journals/OPHTH/9851/ecs80070.pdf
5. SHEPPARD AL, SHAH S, BHATT U et al.: Visual outcomes and subjective experience after bilateral implantation of a new diffractive trifocal intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2013;39:343–349
6. PhysIOL. FineVision product brochure, 2012. Siehe: http://international.physiol.be/_boutique/Multifocal-IOL/39739-FineVision.html

IOL MONOFOKAL

Funktionelle Ergebnisse nach Implantation einer asphärischen, aberrationsneutralen Intraokularlinse

R. Khoramnia, A. Fitting, B. C. Thomas, T. M. Rabsilber, G. U. Auffarth, M. P. Holzer

Zusammenfassung

Fragestellung: Klinische Evaluation der funktionellen Ergebnisse und der Sehqualität nach Implantation einer asphärischen, aberrationsneutralen, monofokalen Intraokularlinse (IOL).

Methodik: 47 Augen von 34 Kataraktpatienten (Alter im Median: 68 Jahre) wurden bisher in diese fortlaufende prospektive und von der Ethikkommission kontrollierte Studie eingeschlossen. Die C-/Superflex asphärische IOL (Rayner, UK) wurde nach Phakoemulsifikation implantiert. Verlaufskontrollen wurden 2 bis 4 Monate postoperativ durchgeführt und beinhalteten subjektive Refraktion, unkorrigierten (UDVA) und korrigierten (CDVA) Fernvisus (ETDRS), Wellenfrontanalyse, Streulichtanalyse (C-Quant), Kontrastsehen unter verschiedenen Lichtbedingungen (F.A.C.T.) und einen Fragebogen.

Ergebnisse: 2 bis 4 Monate nach der OP betrug der UDVA im Median 0,08 logMAR (Spannweite: 0,64 bis −0,18 logMAR, n = 41). Der CDVA stieg im Median von 0,30 logMAR (Spannweite: 1,00 bis −0,02 logMAR) präoperativ auf −0,08 logMAR (Spannweite: 0,16 bis −0,22 logMAR) postoperativ (n = 47) an. Die Differenz zwischen dem erreichten und beabsichtigten sphärischen Äquivalent betrug im Median +0,06 dpt (Spannweite: −1,06 bis +0,87 dpt). Die Aberrationen höherer Ordnung (total HOA RMS für 6 mm Pupillengröße) waren im Median 0,66 µm (Spannweite: 0,41 bis 1,19 µm). Die sphärischen Aberrationen betrugen im Median −0,36 µm (Spannweite: −0,70 bis −0,17 µm). Die Streulichtanalyse mittels C-Quant ergab im Median einen Wert von 1,21 log(s) (Spannweite: 0,79 bis 1,57 log(s)).

Schlussfolgerung: Die C-/Superflex asphärische IOL liefert postoperativ gute funktionelle Ergebnisse. Die Mehrzahl der Patienten scheint nicht negativ durch Streulicht beeinflusst zu sein und weist leicht negative sphärische Aberrationen auf.

Summary

Purpose: Clinical evaluation of functional results and quality of vision after implantation of an aspheric, aberration neutral, monofocal intraocular lens (IOL).

Methods: 47 eyes of 34 patients (median age: 68 years) with cataract have been enrolled in this ongoing prospective clinical study so far that was approved by the ethics committee. The C-/Superflex aspheric IOL (Rayner, UK) was implanted after phacoemulsification. Follow-up examinations were performed 2 to 4 months after surgery including

subjective refraction, ETDRS uncorrected (UDVA) and corrected distance visual acuity (CDVA), wavefront analysis, analysis of stray light (C-Quant), contrast sensitivity under different lighting conditions (F.A.C.T.) and a questionnaire.
Results: 2 to 4 months after surgery, median UDVA was 0.08 logMAR (range: 0.64 to −0.18 logMAR, n = 41). Median CDVA increased from 0.30 logMAR (range: 1.00 to −0.02 logMAR) preoperatively to −0.08 logMAR (range: 0.16 to −0.22 logMAR) postoperatively (n = 47). Median difference between achieved vs. intended spherical equivalent was +0.06 D (range: –1.06 to +0.87 D). Median total HOA RMS (6 mm pupil size) was 0.66 µm (range: 0.41 to 1.19 µm). The median spherical aberrations were −0.36 µm (range: −0.70 to −0.17 µm). Analysis of stray light (C-Quant) revealed a median value of 1.21 log(s) (range: 0.79 to 1.57 log(s)).
Conclusion: The C-/Superflex aspheric IOL provides good and predictable functional results after surgery. Patients are not negatively influenced by stray light and show slightly negative spherical aberrations.

Einleitung

Sphärische Aberrationen gehören zu den wichtigsten Aberrationen höherer Ordnung (HOA). Sie beeinflussen das Kontrastsehen und die Sehkraft bei Dunkelheit [1]. Die menschliche Hornhaut hat eine positive sphärische Aberration, ebenso gewöhnliche sphärische Intraokularlinsen (IOLs). Durch Erhöhung der HOA können IOLs das Ergebnis einer Katarakt-OP beeinträchtigen [2]. Asphärische IOLs hingegen haben negative sphärische Aberrationen, um die positiven Aberrationen der Hornhaut auszugleichen, oder sie sind aberrationsneutral, d. h., sie reduzieren das Auftreten von zusätzlichen, ungewollten Aberrationen. Diverse Studien haben zeigen können, dass asphärische IOLs im Vergleich zu konventionellen IOLs die okulären sphärischen Aberrationen vermindern und somit das Kontrastsehen verbessern können [3–6]. Die Wellenfrontanalyse spielt daher auch in der Intraokularlinsenchirurgie eine wichtige Rolle [7].

Die C-flex asphärische und Superflex asphärische IOL (Rayner, UK) sind aberrationsneutrale IOLs aus einem hydrophilen Acrylat-Copolymer. Die asphärische Anpassung wird an der Vorderfläche vorgenommen. Auf diese Weise haben die IOLs vom Zentrum bis zum Rand der Optik eine einheitliche Brechkraft. Ziel unserer Studie war die klinische Evaluation der funktionellen Ergebnisse und der Sehqualität nach Implantation dieser asphärischen, aberrationsneutralen, monofokalen IOLs.

Methoden

In diese fortlaufende prospektive und von der Ethikkommission kontrollierte Studie wurden bisher 47 Augen von 34 Kataraktpatienten eingeschlossen. 13 Patienten wurden bilateral behandelt. Das Alter der Patienten betrug im Median 68 Jahre (Spannweite: 43 bis 80 Jahre). Nach Phakoemulsifikation wurde die C-/Superflex

asphärische IOL implantiert. Die Verlaufskontrollen fanden zwei bis vier Monate postoperativ statt und beinhalteten subjektive Refraktion, unkorrigierten (UDVA) und korrigierten (CDVA) Fernvisus (ETDRS), Wellenfrontanalyse, Streulichtanalyse (C-Quant), Kontrastsehen unter verschiedenen Lichtbedingungen (F.A.C.T.) und einen Fragebogen.

Ergebnisse

Der UDVA betrug zwei bis vier Monate nach der OP im Median 0,08 logMAR (Spannweite: 0,64 bis −0,18 logMAR, n = 41, myope Zielrefraktion > –1,0 dpt ausgeschlossen). 80,5 % der Augen erreichten postoperativ einen UDVA von 0,20 logMAR oder besser. Der CDVA stieg im Median von 0,30 logMAR (Spannweite: 1,00 bis −0,02 logMAR) präoperativ auf −0,08 logMAR (Spannweite: 0,16 bis −0,22 logMAR) postoperativ (n = 47) an. 83,0 % der Augen erreichten postoperativ einen CDVA von 0,00 logMAR oder besser und 100 % einen CDVA von 0,20 logMAR oder besser.

Die Differenz zwischen dem erreichten und beabsichtigten sphärischen Äquivalent betrug im Median +0,06 dpt (Spannweite: –1,06 bis +0,87 dpt). 49 % der Augen lagen innerhalb von ±0,25 dpt, 74 % innerhalb von ±0,50 dpt und 98 % innerhalb von ±1,0 dpt der Zielrefraktion.

Die Aberrationen höherer Ordnung (total HOA RMS für 6 mm Pupillengröße) lagen im Median bei 0,66 µm (Spannweite: 0,41 bis 1,19 µm, n = 38). Die sphärischen Aberrationen betrugen im Median −0,36 µm (Spannweite: −0,70 bis −0,17 µm). Die weiteren Ergebnisse der Wellenfrontanalyse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

[µm]	SA (4.0)	Coma (3.-1)	Coma (3.1)	HOA RMS	Total RMS
Median	−0,36	0,13	0,06	0,66	1,76
Minimum	−0,70	−0,39	−0,57	0,41	0,61
Maximum	−0,17	0,92	0,38	1,19	5,57

Tab. 1: Wellenfrontanalyse (Pupillengröße 6 mm, n = 38)

Die Streulichtanalyse mittels C-Quant ergab im Median einen Wert von 1,21 log(s) (Spannweite: 0,79 bis 1,57 log(s)). Die erzielten Ergebnisse bei der Prüfung der Kontrastempfindlichkeit lagen unter photopischen Bedingungen ohne Blendung im Normbereich.

Die Patientenzufriedenheit war insgesamt sehr hoch. 97 % der Patienten würden die Operation und das Linsenmodell einem Verwandten/Freund empfehlen und die Operation mit dem gleichen Linsenmodell wieder durchführen lassen (n = 33). 87,9 % der Patienten waren mit dem postoperativen Ergebnis sehr zufrieden, 12,1 % teilweise und 0 % unzufrieden (n = 33). 97,0 % der Patienten konnten nach der Operation ihre gewohnten Tätigkeiten vollständig ausführen, 3,0 % teilweise (n = 33).

Schlussfolgerungen

Die C-/Superflex asphärische, aberrationsneutrale IOL liefert postoperativ gute funktionelle Ergebnisse. Die Berechnung der IOL-Stärke ist sehr gut vorhersehbar; 74 % der Augen lagen innerhalb von ±0,50 dpt. 80,5 % der Augen erreichten postoperativ einen UDVA von 0,20 logMAR oder besser. Die Mehrzahl der Patienten scheint nicht negativ durch Streulicht beeinflusst zu sein und weist leicht negative sphärische Aberrationen auf. Die Patientenzufriedenheit ist sehr hoch.

Literatur

1. GOEBELS SC, AUFFARTH GU, HOLZER MP: Localization and age relations of ocular aberrations. Ophthalmologe 2008;105:825–831
2. TAKETANI F, HARA Y: Characteristics of spherical aberrations in 3 aspheric intraocular lens models measured in a model eye. J Cataract Refract Surg 2011;37:931–936
3. OHTANI S, MIYATA K, SAMEJIMA T et al.: Intraindividual comparison of aspherical and spherical intraocular lenses of same material and platform. Ophthalmology 2009;116:896–901
4. DENOYER A, LE LEZ ML, MAJZOUB S, PISELLA PJ: Quality of vision after cataract surgery after Tecnis Z9000 intraocular lens implantation: effect of contrast sensitivity and wavefront aberration improvements on the quality of daily vision. J Cataract Refract Surg 2007;33:210–216
5. BELLUCCI R, MORSELLI S, PUCCI V: Spherical aberration and coma with an aspherical and a spherical intraocular lens in normal age-matched eyes. J Cataract Refract Surg 2007;33:203–209
6. HOLLADAY JT, PIERS PA, KORANYI G et al.: A new intraocular lens design to reduce spherical aberration of pseudophakic eyes. J Refract Surg 2002;18:683–691
7. HOLZER MP, SASSENROTH M, AUFFARTH GU: Reliability of corneal and total wavefront aberration measurements with the SCHWIND Corneal and Ocular Wavefront Analyzers. J Refract Surg 2006;22:917–920

Bedeutung der optisch gemessenen Linsendicke für die Vorhersage der postoperativen IOL-Position

P. Hoffmann

Einleitung

Die axiale Position der IOL ist eine der größten Fehlerquellen bei der Brechkraftberechnung von Intraokularlinsen [1, 2]. Bei den marktüblichen Berechnungsformeln (Gaußsche Optik, Vereinfachung der IOL als unendlich dünne Linse) wird die effektive Linsenposition aus den Parametern Achsenlänge und Hornhautradien (Hoffer Q, Holladay, SRK/T) bzw. Achsenlänge und Vorderkammertiefe (Haigis) abgeschätzt. Vorhersagemodelle wie das von Olsen [3] krankten an der schlechten Messgenauigkeit der akustisch gemessenen Linsendicke. Aktuell gibt es einige Arbeiten, die den Nutzen der optisch gemessenen (Haag-Streit Lenstar) Linsendicke belegen [4, 5].

Wir sind der Frage nachgegangen, wie mit dem Messwert „Linsendicke“ am günstigsten eine nutzbare IOL-Position errechnet werden kann.

Material und Methoden

Wir haben 298 Augen, die eine Routine-Katarakt-OP in unserer Klinik bekommen hatten, ein Jahr postoperativ mit dem Haag-Streit Lenstar vermessen. Hierbei wurden Hornhautradien, Hornhautdurchmesser, Hornhautdicke, Vorderkammertiefe, IOL-Dicke und Achsenlänge erfasst. 200 Augen hatten eine ausreichende Signalstärke zur sicheren Bestimmung der IOL-Vorderfläche. Wir haben die Vorderkammertiefe (Abstand Hornhautendothel zur IOL-Vorderfläche) mit verschiedenen Vorhersagealgorithmen berechnet und mit den realen Messwerten verglichen (Korrelationsanalyse nach Pearson). Hierbei wurden vier verschiedene Modelle überprüft:

1. nur Achsenlänge als Eingangsparameter,
2. Achsenlänge und phake Vorderkammertiefe (modifiziert nach Haigis [6], a0 so angepasst, dass die mittlere vorhergesagte Vorderkammertiefe der mittleren gemessenen dieses IOL-Typs entspricht),
3. Vorderkammertiefe und Linsendicke [2],
4. gewichtetes Mittel aus (1) und (3).

Ergebnisse

Die mittlere Achsenlänge der Augen betrug 23,66 ± 1,14 dpt, der mittlere Hornhautradius 7,73 ± 0,27 mm und der mittlere Hornhautdurchmesser 11,95 ± 1,19 mm. Die aus postoperativer Vorderkammertiefe und bekannter IOL-Dicke errechnete IOL-Position war 4,44 ± 0,33 mm. Dieser Wert ist nicht identisch mit der „effektiven Linsenposition", die ein fiktiver Wert ist und meist deutlich größer als die anatomische Position.

Für das reine Achslängenmodell ergab sich r = 0,33. Für das Modell mit Achslänge und Vorderkammertiefe war r = 0,44. Für das Modell mit Vorderkammertiefe und Messwert stieg r auf 0,50. Bei den gewichteten Mittelwerten aus Algorithmus (1) und (3) zeigte sich bei einer Gewichtung des Algorithmus (3) von 50–70 % r immer ≥ 0,52.

Die mittlere absolute Differenz zwischen vorhergesagter und gemessener Linsenposition liegt zwischen 0,22 und 0,16 mm je nach Algorithmus und Gewichtung.

Diskussion

Es zeigt sich ziemlich deutlich, dass die Berücksichtigung der optisch gemessenen Linsendicke zu besseren Ergebnissen führt als Modelle, die die IOL-Position aus anderen Eingangsparametern vorhersagen. Dies hat sich auch klinisch gezeigt [4]. Wird der reine Messwert verwendet, sind die Ergebnisse allerdings etwas schlechter, als wenn durch Hinzuziehung des einfachen Achslängenmodells eine gewisse Glättung erfolgt. Auch dies wurde schon klinisch beschrieben [2]. Der Grund dafür könnte in der nach wie vor unvollkommenen Messtechnik liegen. Der optische Pfad muss nicht mit dem anatomischen übereinstimmen, vor allem bei natürlichen Linsen mit ungewöhnlichem und variablem Brechungsindex, wie er bei Katarakt nun einmal vorkommt. Seltener ist auch der Signal-/Rauschabstand zu klein. Auch wird nach Operation mit konsekutiver Erschlaffung und anschließender Schrumpfung des Kapselsacks die IOL nicht immer genau die ehemalige Äquatorposition der natürlichen Linse annehmen. Auch die postoperative Referenzmessung der IOL-Position ist nicht völlig fehlerfrei.

Die klinische Relevanz liegt darin, dass der mittlere Absolutfehler der Refraktionsvorhersage bei einem normalen Auge (AL = 23,45 mm) von etwa 0,40 auf 0,35 dpt gesenkt werden kann, bei einem Auge mit 20 mm Achslänge dagegen schon von 0,63 auf 0,49 dpt. Bei langen Augen ist der Effekt vernachlässigbar. Bei einem größeren Kollektiv von Kataraktaugen ist zwischen den Algorithmen (1) und (4) eine Verbesserung der Refraktionsvorhersage von 12 % sowie zwischen (2) und (4) von 8 %. Klinisch wurden in der Tat Verbesserungen von 6–14 % gesehen, welche die graue Theorie stützen [4, 7].

Literatur

1. NORRBY S: Sources of error in intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg 2008;34:368–376
2. PREUßNER P-R, OLSEN T, HOFFMANN PC, FINDL O: Intraocular lens calculation accuracy limits in normal eyes. J Cataract Refract Surg 2008;34:802–808
3. OLSEN T, CORYDON L, GIMBEL H: Intraocular lens power calculation with an improved anterior chamber depth prediction algorithm. J Cataract Refract Surg 1995;21:313–319
4. HOFFMANN PC, WAHL J, PREUßNER P-R: Accuracy of intraocular lens calculation with ray tracing. J Refract Surg 2012;28:650–655
5. OLSEN T: The C-constant: new concept in IOL power calculation and comparison with standard formulas. In: Barry P, ed. Vol XXX. Meeting of the ESCRS. Milan; 2012
6. HAIGIS W: IOL calculation according to Haigis. 1996. Available at: http://www.augenklinik.uni-wuerzburg.de/uslab/ioltxt/haie.htm [Accessed January 25, 2012]
7. HOFFMANN PC, LINDEMANN C: Intraocular lens calculation for aspheric intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2013;in press