

Redaktion

F. Grehn, Würzburg

Unter ständiger Mitarbeit von:

A. Kampik, München

B. Seitz, Homburg/Saar



Punkte sammeln auf...

springermedizin.de/ eAkademie

Teilnahmemöglichkeiten

Diese Fortbildungseinheit steht Ihnen als e.CME und e.Tutorial in der Springer Medizin e.Akademie zur Verfügung.

- e.CME: kostenfreie Teilnahme im Rahmen des jeweiligen Zeitschriftenabonnements
- e.Tutorial: Teilnahme im Rahmen des e.Med-Abonnements

Zertifizierung

Diese Fortbildungseinheit ist mit 3 CME-Punkten zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Hinweis für Leser aus Österreich und der Schweiz

Gemäß dem Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) der Österreichischen Ärztekammer werden die in der e.Akademie erworbenen CME-Punkte hierfür 1:1 als fachspezifische Fortbildung anerkannt. Der Ophthalmologe ist zudem durch die Schweizerische Gesellschaft für Ophthalmologie mit 1 Credit pro Modul anerkannt.

Kontakt und weitere Informationen

Springer-Verlag GmbH
Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
E-Mail: kundenservice@springermedizin.de

CME Zertifizierte Fortbildung

J.F. Jordan

Universitäts-Augenklinik, Freiburg

Minimal-invasive Kammerwinkelchirurgie

Zusammenfassung

Die klassische Filtrationschirurgie mittels Trabekulektomie oder die Drainage von Kammerwasser mittels episkleraler Implantate sind die effektivsten Methoden, den Augeninnendruck dauerhaft auf niedrig-normale Werte zu senken. Auch wenn beide Operationsverfahren gut etabliert sind, bedingt die hohe Effizienz der Methodik jedoch andererseits potenziell gefährliche intra- wie postoperative Komplikationen in nicht zu vernachlässigender Häufigkeit. Dies hat in der Vergangenheit dazu geführt, dass mit der nicht perforierenden Glaukomchirurgie („non-penetrating glaucoma surgery“, NPGS) nach komplikationsärmeren Alternativen gesucht wurde – und auch weiterhin gesucht wird. Insbesondere die Trabekelwerkschirurgie hat in diesem Zusammenhang mit kontinuierlich neu entwickelten Operationstechniken den Fokus auf eine komplikationsarme und minimal-invasiv, also gonioskopisch durchführbare Glaukomchirurgie gelenkt.

Schlüsselwörter

Kammerwinkelchirurgie · Augeninnendruck · Glaukomchirurgie · Trabekelwerkschirurgie · Filtrationschirurgie

In Augen mit primärem Offenwinkelglaukom lassen sich strukturelle Veränderungen im Sinne eines frühzeitigen Alterungsprozesses nachweisen

Lernziele

Nach Lektüre dieses Beitrags kennen Sie

- die Verfahren der mikroinzisionalen Trabekelwerkschirurgie als Option zu den chirurgischen Verfahren,
- die Vorteile, die der Einsatz der minimal-invasiven Kammerwinkelchirurgie bietet.

Pathophysiologische Grundüberlegungen

Histologische Arbeiten liegen dem pathophysiologischen Verständnis um die Rolle des Trabekelwerks bei der Entstehung eines erhöhten Augeninnendrucks zugrunde. Das Trabekelmaschenwerk ist im gesunden Auge ein dynamisches, kontraktiles und den Abfluss von Kammerwasser aktiv regulierendes Gewebe [1]. In Augen mit primärem Offenwinkelglaukom lassen sich strukturelle Veränderungen im Sinne eines frühzeitigen Alterungsprozesses nachweisen. Es sind vor allem elastische Fibrillen, Komponenten der Extrazellulärmatrix, Verbindungen zum Endothel des Schlemm-Kanals sowie zelluläre Umbauvorgänge im Bereich der Trabekel betroffen [2]. So wird aus dem abflussregulierenden Gewebe eine **Abflussbarriere**. Diese wird für die Entstehung des primären Offenwinkelglaukoms mit erhöhtem Augeninnendruck hauptverantwortlich gemacht. Der hinter dem juxtakanalikulären Trabekelmaschenwerk liegende **Schlemm-Kanal** ist eine anatomisch definierte Struktur mit einer Höhe von 250–350 µm und einer Tiefe von ca. 150 µm. Von seiner skleralen Rückwand gehen etwa 30 Kollektorkanäle ab, welche die Kommunikation zum episcleralen Gefäßsystem schaffen. Die Frage, ob der Schlemm-Kanal als venöse Struktur Klappen und/oder Septierungen enthält, wird in der klinischen Fachwelt weiter kontrovers diskutiert.

In diesem Beitrag soll der Schwerpunkt auf die minimal-invasiven Verfahren der Trabekelwerkschirurgie gelegt werden. Diese nicht fistulierenden Verfahren haben zum Ziel, den pathologischen Abflusswiderstand des glaukomtypisch veränderten Trabekelwerks zu überwinden. Sie haben den Vorteil, in einem postoperativ geschlossenen System zu wirken und somit eine Reihe potenziell schwerwiegender Nebenwirkungen der Filtrationschirurgie zu umgehen.

Minimal-invasive Glaukomchirurgie bedeutet:

- mikroinzisionaler „Clear-cornea-Zugang“ ohne Eröffnen der Bindehaut,
- gonioskopisch (oder endoskopisch) kontrollierte Operation,
- minimales Operationstrauma mit möglichst hoher erreichbarer Effizienz,
- minimiertes intra- und postoperatives Risikoprofil, u. a. durch stets stabile Vorderkammer,
- Operation in Lokal-/Tropfanästhesie,
- schnelle postoperative Erholung.

Die wichtigsten **Einschränkungen der Ab-interno-Trabekelwerkschirurgie** sind (Prozentzahlen hierzu s. unten bei der Beschreibung der einzelnen chirurgischen Verfahren):

Minimally invasive iridocorneal angle surgery

Abstract

The classical filtration surgery with trabeculectomy or drainage of chamber fluid with episcleral implants is the most effective method for permanent reduction of intraocular pressure to lower and normal levels. Even though both operative procedures are well-established the high efficiency of the method causes potentially dangerous intraoperative as well as interoperative complications with a frequency which cannot be ignored. In the past this led to a search for low complication alternatives with non-penetrating glaucoma surgery (NPGS) and the search is still continuing. Trabecular meshwork surgery in particular with continuous development of new operation techniques steered the focus to a complication-poor and minimally invasive, gonioscopic glaucoma surgery.

Keywords

Trabecular meshwork surgery · Intraocular pressure · Glaucoma surgery · Trabecular meshwork surgery · Filtration surgery

- Refluxblutungen aus dem Schlemm-Kanal (diese werden jedoch meist als erfolgreiches Herstellen einer gewünschten Kommunikation gesehen),
- die postoperative Ausbildung anteriorer Synechierungen,
- Induzieren einer iatrogenen Katarakt,
- postoperativer Druckanstieg mit der Notwendigkeit erneuter chirurgischer Intervention,
- die Patienten sollten keine absolute Unverträglichkeit topischer Medikamente aufweisen.

Kammerwinkelchirurgische Verfahren haben zum Ziel, den Abflusswiderstand des juxtakanikulären Trabekelwerks zu überwinden und den Augeninnendruck über das Freilegen der natürlichen, dem Schlemm-Kanal nachgeschalteten intra- und episkleralen Abflusswege zu senken. Auf der anderen Seite ist hierdurch jedoch eine **Augendrucksenkung** nur bis minimal auf den Gegendruck des episkleralen, venösen Gefäßsystems möglich, da dieses letztendlich den natürlichen Abflusswiderstand des Auges bildet.

Demzufolge sind die hier dargestellten Verfahren als Ergänzung in der chirurgischen Stufentherapie der Glaukome zu sehen. Der erreichbare Zieldruck liegt um 15 mmHg. Aus dem zu erreichenden Zieldruck ergibt sich, dass die Trabekelwerkchirurgie nur bei mildem bis moderatem Sehnervenschaden indiziert ist. Sie stellt allgemein folglich keine Konkurrenz bei fortgeschrittenem Schaden, aber auch keine Alternative zur Filtrationschirurgie dar, da mit Letzterer deutlich tiefere Zieldruckwerte erreicht werden können. Die Überlegenheit der minimal-invasiven Verfahren im Vergleich zur nicht perforierenden Glaukomchirurgie ab externo liegt in der unberührten Bindehaut. Sofern erforderlich, kann später ohne prognostische Einschränkung eine fistulierende Operation durchgeführt werden, um ein niedrigeres Zieldruckniveau zu erreichen.

Die wichtigsten **Indikationen** für die minimal-invasive Kammerwinkelchirurgie sind:

- primäre und sekundäre Offenwinkelglaukome mit einem Zieldruck von 14–18 mmHg,
- kombinierte Glaukom-Katarakt-Chirurgie,
- frühe Chirurgie bei umfangreicher augeninnendrucksenkender Tropftherapie (Tropfenreduktion, Allergien, schlechte Compliance),
- fragile Oberflächensituation (Allergien, Keratoconjunctivitis sicca, Autoimmunerkrankungen, nach Hornhautchirurgie etc.),
- vernarbte Bindehaut [nach Filtrationschirurgie, Netzhautchirurgie, Verätzungen, bei (Pseudo-)Pemphigoid etc.],
- Sekundärglaukome mit Veränderungen primär im Trabekelwerk [Pseudoexfoliations (PEX)-Glaukom, Pigmentglaukom, Steroidglaukom, „Ghost-cell-Glaukom“, ausgewählte uveitische Glaukome etc.].

Die Systematik unterscheidet Operationen mit oder ohne Schlemm-Kanal-Implantat. Des Weiteren werden Techniken, die transtrabekuläre Abflusswege neu erschaffen, als **trabekuläre Bypasschirurgie** subsumiert.

Argumente für eine frühe, risikoarme Chirurgie

Das Glaukom ist in der überwiegenden Anzahl der Fälle eine chronisch progrediente Erkrankung des höheren Lebensalters. Daher verlagert sich die Therapienotwendigkeit häufig in eine Lebensphase, in der systemische Begleiterkrankungen und Komorbiditäten wie Gelenkarthrose oder Tremor die regelmäßige Applikation von Augentropfen deutlich erschweren oder gar unmöglich machen. Oft wird aus medizinischer Sicht die **Tropftherapie im Alter** weiter intensiviert, was für den alten Patienten zu einem unüberwindbaren Hindernis werden kann. Die Rate erfolgreich applizierter Augentropfen sinkt mit dem Alter deutlich; außerdem wird die Augenoberfläche beim Tropfen zunehmend berührt, was wiederum zu Hornhautulzera oder Sekundärinfektionen führen kann [3, 4].

Eine aktuelle französische Studie hat die Häufigkeit einer **Augenoberflächenerkrankung** in einem Kollektiv aus medikamentös behandelten Glaukom- und OHT (okuläre Hypertension)-Patienten untersucht: 82% der untersuchten Teilnehmer zeigten klinische Symptome einer Oberflächenstörung, davon waren schwerwiegende Symptome bei 76% nachweisbar. In nur 38% der Fälle führte dies entweder zu mehrfachem Wechsel der Tropftherapie, zur Durchführung einer Lasertrabekuloplastik oder zu inzisionaler Glaukomchirurgie [5]. In einer anderen Untersuchung an 630 Glaukompatienten korrelierte die Schwere der Oberflächenstörung mit der Anzahl der Glaukommedika-

Der erreichbare Zieldruck liegt um 15 mmHg

Die Überlegenheit der minimal-invasiven Verfahren im Vergleich zur nicht perforierenden Glaukomchirurgie ab externo liegt in der unberührten Bindehaut

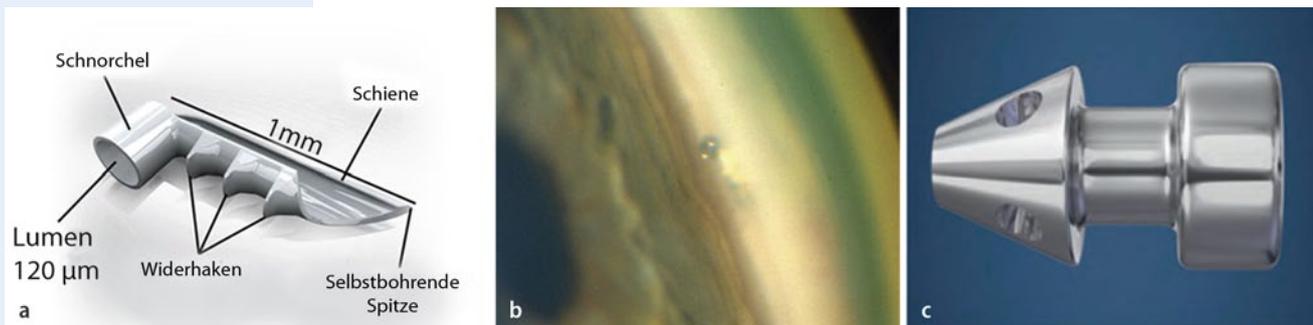


Abb. 1 ▲ **a** iStent® der Firma Glaukos (Glaukos Corporation, USA). Der 1 mm lange Anteil wird durch das Trabekelwerk in den Schlemm-Kanal gelegt, der „Schnorchel“ bildet die Verbindung zur Vorderkammer. **b** Gonioskopie: iStent in situ. **c** iStent inject® der Firma Glaukos (Glaukos Corporation, USA). Diese Version des iStents ermöglicht einen multidirektionalen Abfluss von Kammerwasser in den Schlemm-Kanal. (Aus [33]; mit freundl. Genehmigung von Lippincott Williams and Wilkins)

mente [6]. Auch eine symptomatische, minderwertigere Zusammensetzung des Tränenfilms unter topischer Glaukomtherapie ist in einer weiteren Untersuchung bei 78% der Glaukompatienten beschrieben worden [7].

Im Folgenden sollen die derzeit klinisch wichtigsten Eingriffe und Implantate der minimal-invasiven „Clear-cornea-Trabekelwerkschirurgie“ dargestellt werden. Vorrangig sind dies der iStent, die Excimer-Laser-Trabekulotomie sowie das Trabektom. Interessante Neuentwicklungen werden skizziert.

iStent

Der iStent der Firma Glaukos (Glaukos Corporation, USA) ist ein 1-teiliges, heparinbeschichtetes, L-förmiges **Titanimplantat**, das gonioskopisch durch das juxtakanalikuläre Trabekelwerk in den Schlemm-Kanal eingeführt wird (■ **Abb. 1a, b**). Seine Länge beträgt 1 mm, der Außendurchmesser ca. 180 µm. Das rechtwinklig dazu verlaufende kurze Ende ragt mit seinem Lumen in die Vorderkammer und schafft eine permanente Verbindung zwischen vorderer Augenkammer und Schlemm-Kanal.

Theoretische Grundüberlegungen zu einem trabekulären Bypass

Zhou und Smedley [8] untersuchten die zugrunde liegenden theoretischen Überlegungen mithilfe eines mathematischen Modells, um die zu erwartende Verbesserung der Abflussfazilität – und somit Augeninnendrucksenkung – zu berechnen. In Anlehnung an experimentelle Daten von Rosenquist berechneten die Autoren eine Verminderung des Abflusswiderstandes durch einen bidirektionalen Bypass von 26% (homogenes Trabekelmaschenwerk vorausgesetzt). Das theoretische Einsetzen von 4 Bypässen in 4 Quadranten hatte im mathematischen Modell eine Verminderung des Widerstandes um 48% zu Folge. Dies verdeutlicht auch, dass zwischen Anzahl der eingesetzten Bypässe und der Fazilitätsverbesserung keine Linearität besteht.

Bahler et al. [9] übertrugen die theoretischen Überlegungen mithilfe des iStent in ein In-vitro-Modell, um die praktische Augeninnendrucksenkung zu untersuchen. In 21 humane, perfundierte Augenvorderabschnitte wurden zwischen 1 und 4 Stents eingesetzt. Der mittlere, konstant perfundierte Augeninnendruck konnte durch die Implantation eines Stents von $21,4 \pm 4$ mmHg auf $12,4 \pm 4$ mmHg gesenkt werden. Die Implantation von weiteren Stents ergab eine zusätzliche Drucksenkung auf lediglich $11,9 \pm 4$ mmHg.

Klinische Studien zum iStent

Eine klinische Pilotstudie aus dem Jahr 2007 hatte bei einer ersten Serie von 6 Augen mit Offenwinkelglaukom nach 12 Monaten eine mittlere Drucksenkung von $20,2 \pm 3,7$ mmHg auf $15,3 \pm 3,7$ mmHg (–24%) bei einer gleichzeitigen Medikamentenreduktion von $2,7 \pm 0,8$ auf $2,2 \pm 1,5$ (–19%) ergeben [10]. In die sich anschließende Studie wurden 48 Augen mit primärem Offenwinkelglaukom (POWG), PEX- oder Pigmentglaukom zur kombinierten iStent-Katarakt-Operation eingeschlossen.

Zwischen Anzahl der eingesetzten Bypässe und der Fazilitätsverbesserung besteht keine Linearität

Der Ausgangsaugeinnendruck lag bei $21,5 \pm 3,7$ mmHg unter $1,5 \pm 0,7$ Medikamenten. Nach 6 Monaten betrug der Augeninnendruck (IOD) im Mittel $15,8 \pm 3,0$ mmHg unter $0,5 \pm 0,8$ Medikamenten, nach 12 Monaten (58 Augen, Ausgangs-IOD $21,7 \pm 3$ mmHg) $17,4 \pm 3$ mmHg unter $0,4 \pm 0,6$ Medikamenten [11, 12]. Es wurde somit eine Drucksenkung bei kombinierter Operation von 26,5 bzw. 20% erreicht, dies bei einer Tropfenreduktion um ca. zwei Drittel der Ausgangspräparate. Die häufigsten beobachteten Komplikationen waren nach 6 Monaten Verschluss des Stents (7/48) oder nach 12 Monaten Stent-Malpositionierung (9/48).

Die US iStent Study Group hat 2011 die Ergebnisse einer prospektiven, randomisierten kontrollierten Multicenterstudie veröffentlicht. Es wurden 240 Augen zur kombinierten iStent-Katarakt-Operation eingeschlossen, Zielkriterien waren IOD ≤ 21 mmHg ohne Medikation oder Senkung des Augeninnendrucks von $\geq 20\%$ ohne Medikation. Nach 1 Jahr hatten 72% der Augen mit iStent und 50% der Kontrollaugen (Kataraktoperation ohne iStent) einen untherapierten Zieldruck von ≤ 21 mmHg erreicht, 66% der kombiniert operierten Augen erreichten eine IOD-Reduktion von $\geq 20\%$ ohne Medikation (vs. 48% in der Kontrollgruppe ohne iStent, $p=0,003$; [13]). Eine kleine Verlaufsstudie ($n=19$) mit der bislang längsten berichteten Nachbeobachtungszeit erreichte mit kombinierter Operation nach im Mittel 54 Monaten (4,5 Jahre) eine mittlere Drucksenkung von 16,3% ($19,4 \pm 1,9$ mmHg \rightarrow $16,3 \pm 4,2$ mmHg) bei einer Reduktion der Medikamente von 36% ($1,3 \pm 0,5$ mmHg \rightarrow $0,8 \pm 0,9$ mmHg) [14].

Die häufigsten, in den verschiedenen Studien berichteten Komplikation nach iStent-Implantation liegen bei bis zu 12% für einen postoperativen Druckanstieg, bei bis zu 7% für eine Obstruktion des Stentlumens und bei bis zu 6% für eine Malpositionierung des Stents, wobei eine operative Repositionierung oder Entfernung nur in ca. 1% der Fälle erforderlich ist. Schwerwiegende Komplikationen wurden nicht berichtet.

Eine Studie hat die Implantation von 2 iStents bei kombinierter Chirurgie untersucht. Mittels Fluophotometrie konnte ein deutlicher Anstieg der Abflussfazität im Vergleich zur Kontrollgruppe gemessen werden. Es wurde bei 17 Augen eine Drucksenkung von im Mittel 27% bei einer Medikamentenreduktion um 100% nach 1 Jahr erreicht. Die Drucksenkung in der Kontrollgruppe nach alleiniger Kataraktchirurgie ($n=16$) lag bei 16%, die Medikamente konnten hier im Mittel um 42% reduziert werden [15]. Leider existieren keine Studien, die den Unterschied zwischen der Implantation eines oder mehrerer iStents untersuchen.

Im Gegensatz zum klassischen, unidirektional ableitenden iStent der ersten Generation erlaubt das Design eines neuen iStent inject® (■ Abb. 1c) einen multidirektionalen Abfluss von Kammerwasser in den Schlemm-Kanal. Bislang existieren hierzu nur experimentelle Daten aus dem In-vitro-Perfusionsmodell. Nach Implantation eines iStent inject wurde hierin eine deutlich verbesserte Abflussfazität demonstriert [16]. Studien zur Augeninnendrucksenkung stehen noch aus, eine erste Pilotstudie aus den USA wird sicher bald erste Daten liefern.

Excimer-Laser-Trabekulotomie

Die Excimer-Laser-Trabekulotomie (ELT) wird mittels eines endoskopisch geführten, photoablativen Lasers über einen „Clear-cornea-Zugang“ unter direkter Sicht durchgeführt (■ Abb. 2). Lasersonde (AIDA-Glautech-Laser, Deutschland) und Endoskop befinden sich dabei in einem Metallhandstück, das durch einen Phakotunnel in die vordere Augenkammer geführt werden kann. Bei dem verwendeten Excimer-Laser handelt es sich um einen gepulsten Xenon-Chlorid-Laser mit einer Wellenlänge von 308 nm und einer Pulsrate von 20 Hz. Es wird eine mittlere Pulsenergie von 1,2 mJ abgegeben. Die Pulsdauer liegt mit 60 ns unter der Grenze für eine thermische Begleitreaktion des Gewebes. Auch eine Verletzung der skleralen Wand des Schlemm-Kanals soll ausgeschlossen sein. Insgesamt werden unter medikamentöser Miosis 10 Mikroperforationen des Trabekelwerks durchgeführt, jede ca. 0,5 mm im Durchmesser. Hierzu muss die Sonde mit dem Trabekelwerk in Berührung sein, um einen Energieverlust zu verhindern. Eine Bläschenbildung und eine Refluxblutung aus dem Schlemm-Kanal zeigen die erfolgreiche Perforation des juxtakanalikulären Trabekelmaschenwerks an.

Das Design eines neuen iStent inject® erlaubt einen multidirektionalen Abfluss von Kammerwasser in den Schlemm-Kanal

Unter medikamentöser Miosis werden 10 Mikroperforationen des Trabekelwerks durchgeführt

Eine Bläschenbildung und eine Refluxblutung aus dem Schlemm-Kanal zeigen die erfolgreiche Perforation des juxtakanalikulären Trabekelmaschenwerks an

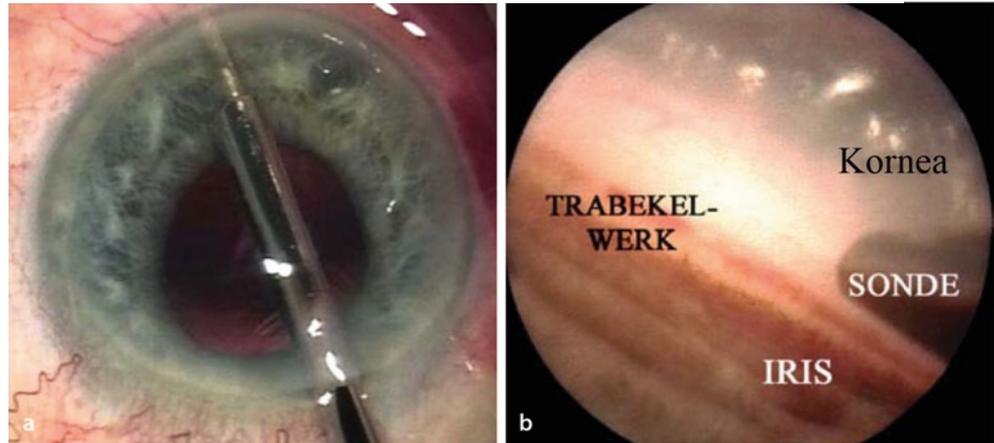


Abb. 2 ▲ Excimer-Laser-Trabekulotomie (ELT): Nach der Phakoemulsifikation und Implantation der IOL wird über den Phakotunnel mit einer kombinierten Endoskop-Laser-Sonde der Kammerwinkel dargestellt. Das juxtakanalikuläre Trabekelwerk wird über den Blutreflex im Schlemm-Kanal oder dessen Pigmentierung identifiziert. Es werden so 10 ELT-Herde im Sinne trabekulärer Bypässe gesetzt. (Aus [18])

Klinische Studien zur ELT

In einer ersten prospektiven Studie wurden 70 Augen mit ELT und 60 Augen mit kombinierter ELT-Katarakt-Chirurgie operiert und über bis zu 26 Monate nachbeobachtet (POWG, OHT). Der Augeninnendruck konnte in der ELT-Gruppe von im Mittel $24,1 \pm 0,7$ mmHg auf $18,8 \pm 0,8$ mmHg nach 1 Jahr und auf $16,8 \pm 1,0$ nach 2 Jahren gesenkt werden, die Anzahl der erforderlichen Medikamente blieb jedoch nahezu konstant ($n=1,9 \pm 0,1 \rightarrow n=1,8 \pm 0,2$). In der ELT + Phakogruppe sank der Augeninnendruck von $22,4 \pm 0,6$ mmHg auf $16,4 \pm 0,4$ mmHg nach 1 Jahr. Auch hier blieb die Anzahl der erforderlichen Medikamente konstant ($n=1,1 \pm 0,2 \rightarrow n=1,2 \pm 0,2$; [17]). Bei insuffizient eingestelltem Augendruck mussten 28% der allein mit ELT operierten Augen nachoperiert werden, in der ELT + Phakogruppe waren dies nur 7%. Die Autoren folgern aus diesen Ergebnissen die Überlegenheit der kombinierten Operation. Des Weiteren zeigte eine Analyse der präoperativen Daten im Hinblick auf den Langzeiterfolg, dass ein Ausgangs-Augeninnendruck von >22 mmHg eine bessere Prognose bzgl. des Langzeiterfolges mit sich brachte, dies insbesondere bei kombiniertem Eingriff [18]. Eine erst kürzlich veröffentlichte Studie zu ausschließlich kombinierter ELT + Phako ($n=24$) bestätigte einen augendrucksenkenden Effekt von 35%, ergab aber auch erstmals eine gleichzeitige Reduktion der Medikamente nach einer Nachbeobachtungszeit von 1 Jahr ($25,5 \pm 2,9$ mmHg \rightarrow $16,5 \pm 5$ mmHg, Medikamente $n=2,3 \pm 1,3 \rightarrow n=1,5 \pm 1,4$; [19]). Als Komplikationen werden neben dem oben beschriebenen postoperativen Druckanstieg lediglich eine milde Fibrinreaktion postoperativ oder die Ausbildung anteriorer Synechierungen angegeben. Ernste Komplikationen wurden nicht berichtet.

Trabektom

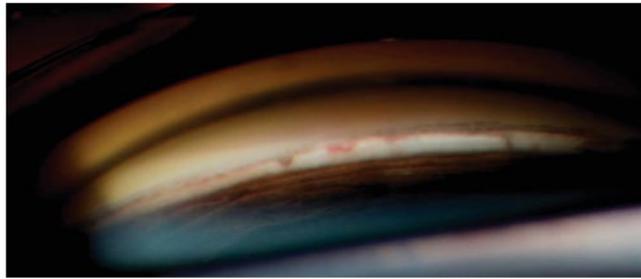
Über einen 1,7 mm „Clear-cornea-Zugang“ wird mit dem Trabektom unter gonioskopischer Kontrolle (modifizierte Swan-Jacob-Lupe) gezielt das beim primären und den sekundären Offenwinkelglaukomen krankhaft veränderte juxtakanalikuläre Trabekelmaschenwerk über dessen nahezu gesamte Höhe elektroablatiert. Dies geschieht über eine Strecke von 3 bis 5 Uhrzeiten. Die Kollektorkanäle der skleralen Wand des Schlemm-Kanals werden freigelegt. Eine speziell polymerbeschichtete Fußplatte, die im Schlemm-Kanal während der Operation geführt wird, verhindert sowohl thermische als auch mechanische Verletzungen des äußeren Schlemm-Kanals, sowohl des Endothels als auch der Lumina der Kollektorkanäle. Im Gegensatz zur konventionellen Trabekulotomie oder Goniotomie ist ein postoperatives Verkleben der Wundränder aufgrund der Ablationshöhe nicht möglich. Das verwendete Einmalhandstück beinhaltet neben der bipolaren Elektrode eine Aspiration für das ablatierte Gewebe sowie einen Irrigationszufluss zur Stabilisierung der Vorderkammer und zur Kühlung. Es misst an seiner Spitze 25 G, die Fußplatte misst 230 μ m in der Höhe, 110 μ m in der Tiefe und 800 μ m in der Länge. Es kann somit im Schlemm-Kanal geführt werden. Während der Operation werden zur Trabekelablation 0,7–0,9 W benötigt. Der Schlemm-Kanal wird über dessen na-

ELT + Phako haben einen augendrucksenkenden Effekt von 35%

Mit dem Trabektom wird das krankhaft veränderte juxtakanalikuläre Trabekelmaschenwerk über dessen nahezu gesamte Höhe elektroablatiert

Im Gegensatz zur konventionellen Trabekulotomie oder Goniotomie ist ein postoperatives Verkleben der Wundränder aufgrund der Ablationshöhe nicht möglich

Abb. 3 ▶ Gonioskopie nach Trabektom. Die sklerale Rückwand des Schlemm-Kanals imponiert weiß, zu erkennen sind winzige Refluxblutungen aus den freigelegten Kollektorkanälen, provoziert durch die Gonioskopie. (© J.F. Jordan, Universitäts-Augenklinik Freiburg)



hezu gesamte Höhe zur Vorderkammer hin eröffnet (■ **Abb. 3**). Intraoperativ treten feine Bläschen sowie punktuelle Refluxblutungen aus den Kollektorkanälen auf. Postoperativ sind Pilocarpin und ein lokales Steroid erforderlich, um anteriore Synechierungen im Bereich des Wundspalts und Fibrinbildung zu verhindern. Der Einsatz des Trabektoms ist bei phaken, pseudophaken und aphaken Patienten mit primärem oder sekundärem Offenwinkelglaukom indiziert.

Klinische Studien zum Trabektom

Der größte publizierte Datenpool umfasst 1127 operierte Augen mit primärem Offenwinkelglaukom, PEX-Glaukom, Pigmentglaukom, uveitischem Sekundärglaukom und Normaldruckglaukom [20]. Bei 738 dieser Augen wurde ein alleiniger drucksenkender Eingriff mittels Trabektom durchgeführt. Der Ausgangs-IOD (intraokulärer Druck) betrug im Mittel $25,7 \pm 8$ mmHg unter 3 drucksenkenden Medikamenten. Nach 2 Jahren Verlaufsbeobachtung lag der IOD bei $16,6 \pm 4$ mmHg ($n=46$; -40%). Die Medikation konnte auf $n=1,2$ reduziert werden. Bei 366 Augen wurde das Trabektom mit einer Kataraktoperation kombiniert eingesetzt. Der Ausgangs-IOD von 20 ± 6 mmHg unter 2,6 Medikamenten konnte auf im Mittel 16 ± 3 mmHg (-20%) unter 1,2 Medikamenten (-57%) nach 2 Jahren gesenkt werden. Achtundsiebzig Prozent aller Patienten wiesen intraoperative Refluxblutungen aus den Kollektorkanälen als Zeichen der direkten Kommunikation mit dem episkleralen Gefäßsystem auf. Insgesamt mussten 5,9% der Patienten im Verlauf mit einer Trabekulektomie, 1,6% mit einem Glaukomimplantat erneut glaukomchirurgisch versorgt werden. Die Trabectome Study Group hat 2008 die 1-Jahres-Ergebnisse nach kombinierter Trabektom-Katarakt-Chirurgie aus 304 eingeschlossenen Augen mit Offenwinkelglaukom publiziert. Der Augeninnendruck wurde von $20,0 \pm 6,3$ mmHg auf $15,5 \pm 2,9$ mmHg gesenkt ($-22,5\%$), die Medikamentenanzahl konnte von $2,7 \pm 1,1$ auf $1,4 \pm 1,3$ nahezu halbiert werden. Milde Refluxblutungen traten in 78% auf [21].

Eine weitere Studie berichtet die 1-Jahres-Erfolgsrate nach Trabektom alleine und nach kombinierter Trabektom + Phakooperation. In der Trabektomgruppe ($n=538$) konnte der Augeninnendruck um 31% gesenkt werden ($26,3 \pm 7,7$ mmHg \rightarrow $16,6 \pm 4$ mmHg), die Medikamente um 28% ($n=2,9 \pm 1,3 \rightarrow n=2,1 \pm 1,4$). In der kombiniert operierten Gruppe ($n=290$) sank der Augendruck bei geringeren Ausgangswerten um lediglich 23% ($20,2 \pm 6 \rightarrow 15,6 \pm 3,7$ mmHg), die Medikamente konnten parallel um 33% ($n=2,5 \pm 1,1 \rightarrow n=1,7 \pm 1,3$) reduziert werden. Bei einem Erfolgskriterium von IOD < 21 mmHg und mindestens 20% Reduktion vom Ausgangswert erfüllten dies 65% in der Trabektomgruppe und 87% in der Trabektom-Phako-Gruppe [22].

In einer aktuellen, prospektiven Verlaufsstudie konnte der Augeninnendruck bei 334 Augen von im Mittel 25 ± 6 mmHg um 30% auf 17 ± 2 mmHg nach im Mittel 196 Tagen gesenkt werden. Die Anzahl der Medikamente wurde von $n=2$ auf $n=1,5$ reduziert. Eine Untergruppenanalyse zeigte den besten drucksenkenden Effekt bei PEX und Pigmentglaukomen (im Mittel -37%). Die Reduktion der Medikamente zeigte sich bei Patienten mit Normaldruckglaukom am höchsten (-65%). Bei den kombiniert operierten Augen (Phako + HKL + Trabektom, $n=122$) zeigte sich nach gleicher Verlaufsbeobachtung eine Drucksenkung von im Mittel 37% bei einer Reduktion der Medikamente um 59%. Refluxblutungen traten bei 78% der Patienten passager auf. Die Rate erforderlicher Nachoperationen bei ungenügender Drucksenkung lag im gesamten Patientenkollektiv bei 17%. Hier konnte eine Trabekulektomie mit Mitomycin C bei unberührter Bindehaut durchgeführt werden [23, 24].

Der Einsatz des Trabektoms ist bei phaken, pseudophaken und aphaken Patienten mit primärem oder sekundärem Offenwinkelglaukom indiziert

Die Reduktion der Medikamente war bei Patienten mit Normaldruckglaukom am höchsten

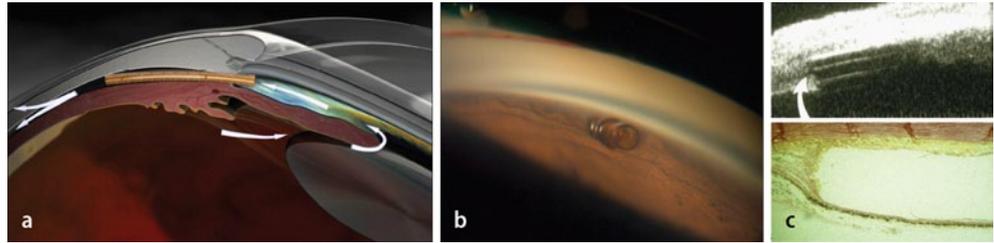


Abb. 4 ▲ Unter gonioskopischer Sicht wird mit einem Injektor der „Cypass clear-cornea“ direkt im Bereich der Irisbasis in den suprachoroidalen Raum geschoben. **a** Schematische Abbildung der korrekten Lage. **b** Gonioskopisches Bild nach korrekter Implantation. **c** Suprachoroidale Vernarbungsreaktion mit Ummauerung und Funktionsverlust eines suprachoroidal gelegenen Shunts im UBM (50 MHz) und nach histologischer Aufarbeitung. (Aus [30]; mit freundl. Genehmigung von Lippincott Williams & Wilkins)

Goniotomie

Die klassische Goniotomie hat ihren Stellenwert insbesondere bei der Behandlung kongenitaler Glaukome

Die klassische Goniotomie, von Barkan [25] zuerst beschrieben, behauptet ihren Stellenwert heute insbesondere bei der Behandlung kongenitaler Glaukome. Es liegt bei diesen Krankheitsbildern ein dysgenetisch veränderter Kammerwinkel [Irido-(Corneo)-Trabekulo-Dysgenese] vor [26]. Die Goniotomie wird zum einen eingesetzt, um diese Dysgenesen zu durchtrennen sowie eine Verlagerung der Irisbasis nach posterior zu ermöglichen (Übersicht bei [27]). Beide Mechanismen eröffnen den Schlemm-Kanal und somit die nachgeschalteten Abflusswege für das Kammerwasser, die sich hiernach möglicherweise erst vollständig ausbilden. Durchgeführt wird die Goniotomie über einen „Clear-cornea-Zugang“ und unter gonioskopischer Kontrolle (Swan-Jacob-Lupe) mit dem Barkan-Goniotomiemesser. Die Tiefe des Einschnittes in das Gewebe ist hier nicht durch das Instrument kontrolliert und nach posterior nicht begrenzt. Als chirurgisch erfolgreichster Zeitraum für eine Goniotomie wird in der Literatur die Altersspanne zwischen 1 Monat und 1 Jahr, ggf. bis zum zweiten Lebensjahr angegeben. Es werden für die kindlichen Glaukome Erfolgsraten von bis zu 80% berichtet. Die Goniotomie ist unter diesen Voraussetzungen somit ähnlich erfolgreich wie eine Trabekulotomie ab externo. Endoskopisch kontrollierte Operationen bei getrüübter Hornhaut sind in der Literatur nur in kleinen Einzelfallserien und als technisch äußerst anspruchsvoll beschrieben worden.

Als chirurgisch erfolgreichster Zeitraum für eine Goniotomie gilt die Altersspanne zwischen 1 Monat und 1 Jahr

Neue, noch in der Pilotphase befindliche Entwicklungen der minimal-invasiven Glaukomchirurgie

Hydrus-Schlemm-Kanal-Implantat

Hauptaufgabe des Implantats ist es, das Trabekelwerk vor dem Implantat mechanisch aufzuspannen

Das Hydrus-Schlemm-Kanal-Implantat (Ivantis Inc, USA) besteht aus weichem Nitinol, einer Nickel-Titan-Legierung mit sog. Formgedächtnis. Mithilfe eines Injektors wird es durch das Trabekelwerk gonioskopisch kontrolliert in den Schlemm-Kanal eingeführt. Es ist zur Seite des Trabekelmaschenwerks konkav gewölbt, 8 mm lang und besitzt 3 große, porenartige Öffnungen. Es passt sich in seiner Form dem Verlauf des Schlemm-Kanals an. Die Hauptaufgabe ist es, das Trabekelwerk vor dem Implantat mechanisch aufzuspannen.

In einer ersten Pilotstudie mit 28 Augen mit POWG und einem Verlaufsintervall von 6 Monaten konnte der Augeninnendruck um nur 15% von $17,9 \pm 4,1$ mmHg auf $15,3 \pm 2,3$ mmHg gesenkt werden. Auffällig war jedoch die deutlich verbesserte Abflussfazität des Kammerwassers, was zu einer Medikamentenreduktion um 96% führte ($n=2,4 \pm 1,0 \rightarrow n=0,1 \pm 0,4$; Ahmed AGS 2012). Derzeit initiiert Ivantis eine prospektive, randomisierte und kontrollierte Multicenterstudie.

Cypass Microstent

Der posteriore Anteil weist mehrere Poren auf, um Kammerwasser in den Suprachoroidalraum zu drainieren

Der Cypass Microstent (Transcend Medical, USA) ist ein schlauchförmiges Implantat aus Polyamid, das gonioskopisch in den suprachoroidalen Raum implantiert wird, wobei das anteriore Lumen oberhalb der Irisbasis im Kammerwinkel zu liegen kommt (■ **Abb. 4a, b**). Der posteriore Anteil weist mehrere Poren auf, um Kammerwasser in den Suprachoroidalraum zu drainieren.

Eine klinische Pilotstudie zur kombinierten Cypass-Katarakt-Chirurgie schloss 82 Augen ein, der Nachbeobachtungszeitraum betrug 6 Monate. Der Augeninnendruck konnte von im Mittel 23 mmHg präoperativ auf 16 mmHg gesenkt werden. Detaillierte Studiendaten sowie Langzeitergebnisse stehen noch aus (Lanchiulev AAO2010), TranscendMedical initiiert derzeit eine erste prospektive, randomisierte und kontrollierte Multicenterstudie.

Exkurs: Prinzip der suprachoroidalen Drainage

Die Suprachoroidalraum ist der virtuelle Raum zwischen der äußeren Oberfläche der Choroidea und der inneren Oberfläche der Sklera. Unter physiologischen Bedingungen ist dieser Raum klinisch nicht existent. Die ausgezeichnete Durchblutung der Choroidea übersteigt mit 18 ml/min pro Gramm Gewebe sogar die Durchblutung der Nieren. Die kleine P_{O_2} -Differenz zwischen arteriellem Zufluss und venösem Abfluss zeigt die verbleibende Kapazität im Hinblick auf die metabolische Funktion der Aderhaut und unterstreicht die Bedeutung der Aderhaut beim Erhalt der strukturellen Integrität.

Emi [28] untersuchte bereits 1989 den hydrostatischen Druck des Suprachoroidalraums im Hinblick auf den hydrostatischen Druck in der vorderen Augenkammer. Er konnte ein negatives Druckgefälle zum Suprachoroidalraum hin nachweisen. Dieser Druckgradient betrug in der Limbusregion $-0,8 \pm 0,5$ mmHg und stieg nach weiter posterior auf $-3,7 \pm 0,4$ mmHg an.

Eine erste klinische Studie beschreibt die resorptive Kapazität der Aderhaut nach Retinektomie zur Behandlung therapierefraktärer Glaukome [29]. Eine weitere Studie untersuchte ein Implantat, das Kammerwasser von der Vorderkammer in den Suprachoroidalraum drainierte. Der drucksenkende Erfolg wurde jedoch limitiert durch eine auch im Suprachoroidalraum einsetzende, fibrosierende Vernarbungsreaktion (■ **Abb. 4c**, [30]).

Abflusswege jenseits des Schlemm-Kanals

Die theoretische und histologisch fundierte Annahme, dass der Hauptabflusswiderstand für das Kammerwasser beim Glaukom im Bereich des juxtakanalikulären Trabekelmaschenwerks liegt, legt die direkte Annahme nahe, dass nach Umgehen dieses Widerstandes oder nach Entfernen des Trabekelwerks in allen Fällen zumindest eine nachweisbare Drucksenkung zu erwarten wäre. Beim Trabektom wird das Trabekelwerk über bis zu 6 Uhrzeiten nahezu komplett entfernt, dennoch sind auch hier die Erfolgsraten im Hinblick auf die Drucksenkung begrenzt. Besonders auffällig erscheint, dass Patienten mit einem gonioskopisch weithin eröffneten Schlemm-Kanal sowohl gute als auch deutlich erhöhte Druckwerte aufweisen können. Dies legt die Frage nahe, inwieweit der nachgeschaltete Abfluss- und Resorptionsmechanismus des Kammerwassers bekannt und verstanden ist.

Die Einführung hochauflösender bildgebender Verfahren hat neue Einblicke in die anatomischen Strukturen jenseits des Schlemm-Kanals ermöglicht. Hann et al. [31] veröffentlichten 2011 eine 3-dimensionale Darstellung der Kammerwasser ableitenden Strukturen, die mittels 3D-Micro-CT an 2 humanen Augen in vitro gewonnen wurden (■ **Abb. 5a, b**). Die Auflösung betrug hierbei zwischen 2 und 5 μm für die Rasterpunkte. Es konnten somit die Ostien der Kollektorkanäle mit einem Durchmesser von ca. 19–26 μm identifiziert werden. Diese stellten sich in der 3D-Rekonstruktion als wahre Engstellen dar, es wurden hiervon 24 bzw. 29 nachgewiesen. Bei einer Auflösung von 2 Voxel (Voxel=Datenpunkt einer 3D-Computergrafik) konnten des Weiteren intrasklerale Gefäße mit einem Durchmesser von nur 10–40 μm nachgewiesen werden. Die Kollektorkanäle standen teils mit diesen intraskleralen Gefäßen, teils direkt mit Kammerwasser abführenden, größeren Venen in Verbindung. Eine eindrucksvolle 3D-Rekonstruktion der intraskleralen Abflusswege gelang der Arbeitsgruppe um Larry Kagemann [32] mithilfe der Spectral-Domain-OCT-Technologie (■ **Abb. 6**). Die Aufnahmen zeigen ein komplexes, 3-dimensionales verzweigtes und in den Gefäßdurchmessern stark variierendes Gefäßsystem, das mit den Kammerwasservenen kommuniziert.

Weitere Untersuchungen werden unabdingbar sein, um den Transport- und Resorptionsmechanismus des Kammerwassers jenseits der Kollektorkanäle besser zu verstehen und um darüber hinaus dieses Wissen zur Indikationsstellung zur minimal-invasiven Trabekelwerkchirurgie nutzen zu können.

Die Aderhaut hat eine wichtige Bedeutung beim Erhalt der strukturellen Integrität

Patienten mit einem gonioskopisch eröffneten Schlemm-Kanal können sowohl gute als auch deutlich erhöhte Druckwerte aufweisen

Weitere Untersuchungen sind notwendig, um den Transport- und Resorptionsmechanismus des Kammerwassers jenseits der Kollektorkanäle besser zu verstehen

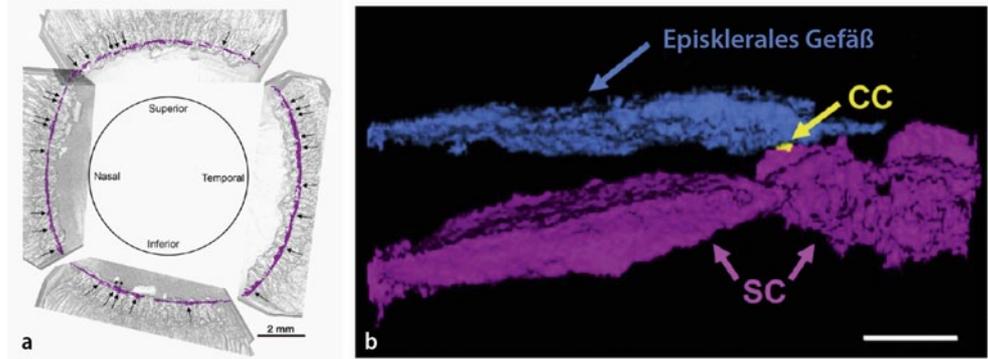


Abb. 5 ▲ **a** Rekonstruktion des Schlemm-Kanals (*lila*) nach 3D-Micro-CT eines perfundierten humanen Auges (5 µm Voxel-Scans). Auffällig sind die irreguläre Struktur des Schlemm-Kanals sowie der unregelmäßige Abgang der Kollektorkanäle. **b** 3D-Rekonstruktion eines Abschnittes des Schlemm-Kanals mit Kollektorkanal und weiterführendem episkleralem Gefäß. Beachtlich erscheinen die feine Struktur des verbindenden Kollektorkanals sowie die Irregulartät von Schlemm-Kanal und episkleralem Gefäß. (Aus [31]; mit freundl. Genehmigung von Elsevier)

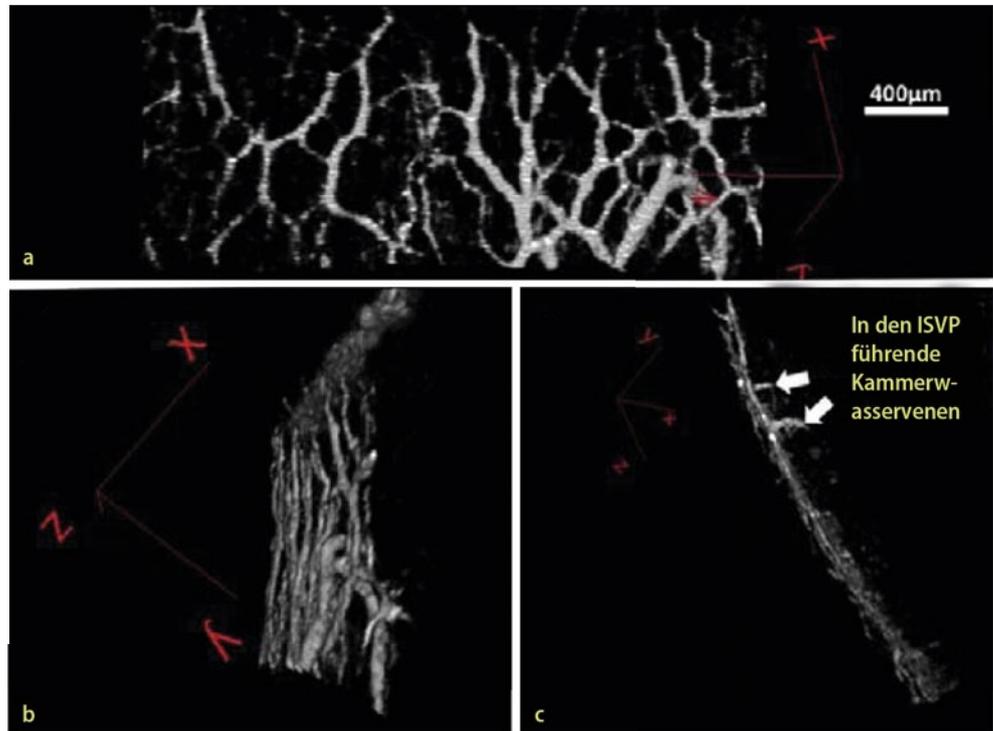


Abb. 6 ▲ Mittels Spectralis-OCT aufgenommene und 3D-rekonstruierte Darstellung der episkleralen Gefäße, die den Kollektorkanälen und dem intraskleralen Verbindungssystem nachgeschaltet sind. *ISVP* intraskleral venöser Plexus (Aus [32]; mit freundl. Genehmigung von Elsevier)

Fazit für die Praxis

- Die Verfahren der mikroinvisionalen Trabekelwerkschirurgie bieten eine interessante Option, den Augeninnendruck und die Anzahl erforderlicher Medikamente effektiv zu senken.
- Der realistische Zieldruckbereich liegt zwischen 14 und 18 mmHg, die Verfahren sind folglich als chirurgische Alternative bei moderatem Sehnervenschaden zu sehen.
- Das geringe Risikoprofil und die kurze Operationsdauer aller dargestellten Verfahren erlauben insbesondere im Rahmen der kombinierten Katarakt-Trabekelwerks-Chirurgie, komplexe Tropftherapien zu vereinfachen, Oberflächenprobleme durch Reduktion der Anzahl topischer Antiglaukomatosa einzuschränken und somit insgesamt die Compliance der zunehmend älteren Patienten zu verbessern.

Korrespondenzadresse

PD Dr. J.F. Jordan

Universitäts-Augenklinik
Killianstr. 5, 79106 Freiburg
jens.jordan@uniklinik-freiburg.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- WuDunn D (2009) Mechanobiology of trabecular meshwork cells. *Exp Eye Res* 88(4):718–723
- Tektas O-Y, Lütjen-Drecoll E (2009) Structural changes of the trabecular meshwork in different kinds of glaucoma. *Exp Eye Res* 88(4):769–775
- Dietlein TS, Jordan JF, Lüke C et al (2008) Self-application of single-use eyedrop containers in an elderly population: comparisons with standard eyedrop bottle and with younger patients. *Acta Ophthalmol* 86(8):856–859
- Dietlein TS (2006) Glaucoma in the aged-barriers to understanding and compliance. *Ophthalmologie* 103(9):755–758
- Van Went C, Brasnu E, Hamard P et al (2011) The influence of ocular surface diseases in the management of glaucoma. *J Fr Ophtalmol* 34(4):230–237
- Fechtner RD, Godfrey DG, Budenz D et al (2010) Prevalence of ocular surface complaints in patients with glaucoma using topical intraocular pressure-lowering medications. *Cornea* 29(6):618–621
- Leung EW, Medeiros FA, Weinreb RN (2008) Prevalence of ocular surface disease in glaucoma patients. *J Glaucoma* 17(5):350–355
- Zhou J, Smedley GT (2005) A trabecular bypass flow hypothesis. *J Glaucoma* 14(1):74–83
- Bahler CK, Smedley GT, Zhou J, Johnson DH (2004) Trabecular bypass stents decrease intraocular pressure in cultured human anterior segments. *Am J Ophthalmol* 138(6):988–994
- Spiegel D, Wetzel W, Haffner DS, Hill RA (2007) Initial clinical experience with the trabecular micro-bypass stent in patients with glaucoma. *Adv Ther* 24(1):161–170
- Spiegel D, García-Feijó J, García-Sánchez J, Lamielle H (2008) Coexistent primary open-angle glaucoma and cataract: preliminary analysis of treatment by cataract surgery and the iStent trabecular micro-bypass stent. *Adv Ther* 25(5):453–464
- Spiegel D, Wetzel W, Neuhann T et al (2009) Coexistent primary open-angle glaucoma and concurrent cataract surgery. *Eur J Ophthalmol* 19(3):393–399
- Samuelson TW, Katz LJ, Wells JM et al (2011) Randomized evaluation of the trabecular micro-bypass stent with phacoemulsification in patients with glaucoma and cataract. *Ophthalmology* 118(3):459–467
- Arriola-Villalobos P, Martínez-de-la-Casa JM, Díaz-Valle D et al (2012) Combined iStent trabecular micro-bypass stent implantation and phacoemulsification for coexistent open-angle glaucoma and cataract: a long-term study [Internet]. *Br J Ophthalmol* 96(5):645–649
- Fernández-Barrientos Y, García-Feijó J, Martínez-de-la-Casa JM et al (2010) Fluorophotometric study of the effect of the glaukos trabecular microbypass stent on aqueous humor dynamics. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 51(7):3327–3332
- Bahler CK, Hann CR, Fjield T et al (2012) Second-generation trabecular meshwork bypass stent (iStent inject) increases outflow facility in cultured human anterior segments. *Am J Ophthalmol* 153(6):1206–1213
- Wilmsmeyer S, Philippin H, Funk J (2006) Excimer laser trabeculotomy: a new, minimally invasive procedure for patients with glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 244(6):670–676
- Herdener S, Pache M (2007) Excimer laser trabeculotomy: minimally invasive glaucoma surgery. *Ophthalmologie* 104(8):730–732
- Töteberg-Harms M, Ciechanowski PP, Hirn C, Funk J (2011) One-year results after combined cataract surgery and excimer laser trabeculotomy for elevated intraocular pressure. *Ophthalmologie* 108(8):733–738
- Minckler D, Mosaed S, Dustin L, Ms BF (2008) Trabectome (trabectecotomy-internal approach): additional experience and extended follow-up. *Trans Am Ophthalmol Soc* 106:149–159 (discussion 159–160)
- Francis BA, Minckler D, Dustin L et al (2008) Combined cataract extraction and trabeculotomy by the internal approach for coexisting cataract and open-angle glaucoma: initial results. *J Cataract Refract Surg* 34(7):1096–1103
- Mosaed S, Rhee DJ, Filippopoulos T et al (2010) Trabectome outcomes in adult open-angle glaucoma patients: one-year follow-up. *Clin Surg Ophthalmol* 28(8):5–9
- Jordan JF, Neuburger M, Reinhard T (2011) Minimal-invasive Kammerwinkelchirurgie: das Trabektom. *Ophthalmochirurgie* 23:167–171
- Neuburger M, Wecker T, Oterendorp C et al (2012) The trabectome – first European clinical results and subgroup analysis. ARVO Meeting Abstract
- Barkan O (1949) Technic of goniotomy for congenital glaucoma. *Arch Ophthal* 41(1):65–82
- Kriegelstein GK (1986) Congenital glaucoma – diagnosis and management. *Trans Ophthalmol Soc U K* 105(Pt 5):549–554
- Mandal AK, Netland PA (2006) The pediatric glaucomas, 1. Aufl. Elsevier, Amsterdam
- Emi K, Pederson JE, Toris CB (1989) Hydrostatic pressure of the suprachoroidal space. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 30(2):233–238
- Rezai KA, Kirshhof B, Heimann K (1995) Posterior drainage of intraocular fluid: an experimental approach on bovine cadaver eyes. *Ger J Ophthalmol* 4(5):275–278
- Jordan JF, Engels BF, Dinslage S et al (2006) A novel approach to suprachoroidal drainage for the surgical treatment of intractable glaucoma. *J Glaucoma* 15(3):200–205
- Hann CR, Bentley MD, Vercnocke A et al (2011) Imaging the aqueous humor outflow pathway in human eyes by three-dimensional micro-computed tomography (3D micro-CT). *Exp Eye Res* 92(2):104–111
- Kagemann L, Wollstein G, Ishikawa H et al (2011) 3D visualization of aqueous humor outflow structures in-situ in humans. *Exp Eye Res* 93(3):308–315
- Saheb H, Ahmed IK (2012) Micro-invasive glaucoma surgery: current perspectives and future directions. *Curr Opin Ophthalmol* 23(2):96–104

Bitte beachten Sie:

- Teilnahme nur online unter: **springermedizin.de/eAkademie**
- Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.
- Es ist immer nur eine Antwort möglich.

CME-Fragebogen

kostenfreie Teilnahme am e.CME
für Zeitschriftenabonnenten

? Welche Aussage zum Schlemm-Kanal ist falsch? Der Schlemm-Kanal ...

- ist eine anatomisch definierte Struktur.
- ist das Hauptabflusshindernis für das Kammerwasser beim Glaukom.
- misst ca. 300×150 µm in Höhe und Tiefe.
- ist als eine Art venöse Struktur zu deuten.
- wird beim Trabektom zur Vorderkammer hin eröffnet.

? Welche Aussage zu den Kollektorkanälen trifft zu?

- Sie befinden sich in der skleralen Wand des Schlemm-Kanals.
- Sie sind symmetrisch angeordnet.
- Sie sind gehäuft im temporal oberen Quadranten zu finden.
- Sie sind in der Regel 30 an der Zahl.
- Sie sind wie das Trabekelwerk beim Glaukom ein Abflusshindernis.

? Welche Antwort zum trabekulären Bypass ist falsch? Der trabekuläre Bypass ...

- schafft eine Kommunikation zwischen vorderer und hinterer Augenkammer.
- kann durch Laser oder mithilfe eines Implantates hergestellt werden.
- stellt eine risikoarme und mikroinvasive Operation dar.
- erreicht realistische Zieldruckwerte um 15 mmHg.
- ist eine Option der frühen Glaukomchirurgie.

? Welche Antwort ist falsch? Das Trabektom ...

- entfernt gezielt das juxtakanalikuläre Trabekelmaschenwerk.
- wird unter direkter gonioskopischer Sicht durchgeführt.
- lässt die Bindehaut unberührt.
- schont die sklerale Wand des Schlemm-Kanals.
- kann in die Kollektorkanäle schneiden und diese verletzen.

? Welches Offenwinkelglaukom ist für die Trabekelwerkschirurgie nur sehr bedingt geeignet?

- PEX-Glaukom
- Pigmentglaukom
- Steroidglaukom
- Uveitisches Glaukom
- Normaldruckglaukom

? Welche Aussage stimmt? Die Oberflächenproblematik durch chronische Applikation von Antiglaukomatosa ...

- ist ein meist überschätztes Problem.
- hat keinen Einfluss auf die Compliance.
- kann häufig durch chirurgische Interventionen deutlich verbessert werden.
- sollte mit Steroiden antagonisiert werden.
- tritt meist jahreszeitlich bedingt auf.

? Welche Antwort ist richtig? Nach Entfernen des Trabekelmaschenwerkes mit dem Trabektom treten häufig passager Blutungen auf, ...

- da in den meisten Fällen die Irisbasis touchiert wird.
- als Zeichen der Kommunikation mit dem episkleralen Gefäßsystem (Reflux).
- da das Trabekelwerk stark vaskularisiert ist.
- da es zu einer Verletzung der Kammerwasser ableitenden venösen Strukturen kommt.
- im Sinne einer Zyklodialyse.

? Welche Aussage zum Einsatz von Pilocarpin nach Trabekelwerkschirurgie ist richtig?

- Die Gabe von Pilocarpin ist nicht erforderlich.
- Es darf nicht mit einem Steroid kombiniert werden.
- Es verhindert anteriore Synechierungen.
- Pilocarpin ist nach Trabekelwerkschirurgie kontraindiziert.

- Die Gabe von Pilocarpin nach Trabekelwerkschirurgie stellt ein nicht mehr zeitgemäßes medikamentöses Vorgehen dar.

? Mikroinvasive Verfahren der Kammerwinkelchirurgie beinhalten nicht ...

- die trabekuläre Bypasschirurgie.
- das Trabektom.
- das Herstellen einer suprachoroidalen Drainage.
- die Kanaloplastik.
- eine unberührte Bindehaut.

? Welche Aussage ist falsch? Mikroinvasive Glaukomchirurgie ...

- kann eingesetzt werden zur Erleichterung bei maximaler topischer Glaukomtherapie.
- dient zur Prophylaxe eines drohenden Winkelblockes.
- bietet sich als chirurgische Option bei vernarbter oder entzündeter Bindehaut an.
- eignet sich gut zur Kombination mit der Kataraktchirurgie.
- ist nicht primär indiziert bei fortgeschrittenem Glaukomschaden.

Diese zertifizierte Fortbildung ist 12 Monate auf springermedizin.de/eAkademie verfügbar. Dort erfahren Sie auch den genauen Teilnahmeabschluss. Nach Ablauf des Zertifizierungszeitraums können Sie diese Fortbildung und den Fragebogen weitere 24 Monate nutzen