Ophthalmologe 2018 · 115:381–387
<https://doi.org/10.1007/s00347-018-0669-1>
 Online publiziert: 2. März 2018
 © Der/die Autor(en) 2018. Dieser Artikel ist eine Open-Access-Publikation.

M. Lenzhofer · M. Hohensinn · C. Strohmaier · H. A. Reitsamer

Forschungsprogramm für Experimentelle Augenheilkunde, Uniklinikum Salzburg, Paracelsus Medizinische Privatuniversität, Salzburg, Österreich

Subkonjunktivale minimal-invasive Glaukomchirurgie

Verfahren und klinische Ergebnisse

Die Senkung des Augendrucks ist die derzeit einzige auf breiter Evidenz basierende Behandlungsmethode für das Glaukom. Tatsächlich allerdings wurde diese Behandlung bis zur Jahrtausendwende ohne das Vorliegen höchster wissenschaftlicher Evidenz für die Wirksamkeit der Augendrucksenkung in der Glaukombehandlung seit mehr als 100 Jahren bereits durchgeführt. Erst mit dem Early Manifest Glaucoma Trial (EMGT) lag zum ersten Mal eine Studie mit ausreichender Fallzahl und Power vor, um einen endgültigen Beweis für die Wirksamkeit der Augendrucksenkung zur Verminderung der Progressionsrate des primären Offenwinkelglaukoms zu liefern [8, 11].

Neben topischer Medikationen mit drucksenkenden Augentropfen und der Anwendung von Lasern und Ultraschall zur Verbesserung des Kammerwasserabflusses respektive der Kammerwasserproduktion gibt es zahlreiche chirurgische Methoden, um den Abfluss von Kammerwasser aus dem Auge zu erleichtern. Minimalinvasive Glaukomchirurgie (MIGS) mit Verbesserung der Sicherheit und evtl. auch der Effizienz zu entwickeln und zu etablieren ist seit Jahrzehnten ein Bedürfnis der augenärztlichen Community. Die am häufigsten angewandten Routen zur Verbesserung des Kammerwasserabflusses sind Eingriffe zur Verminderung des Abflusswiderstands entlang der klassischen Route – z. B. Trabekulektomie, Plattenimplantate (Ahmed® Glaucoma Valve [Domedics AG, Dättwil, Schweiz], Baerveldt® Glaucoma Implant [Abbott Medical Optics Inc., Irvine, CA, USA], Molteno® Glaucoma Drainage Device

[Molteno® Ophthalmic Limited, Dunedin, Neuseeland]), tiefe Sklerektomie, Goniotomie oder Trabekulotomie. Diese Verfahren sind gut erprobt und stellen das Rückgrat klassischer Glaukomchirurgie dar. Zusätzlich zur Nutzung der klassischen Route über die Bindehaut kann auch der suprachoroidale Raum als Zielgebiet für die Drainage von Kammerwasser verwendet werden. Die Verwendung der suprachoroidalen oder alternativen Route mit klassischer Ab-externo-Chirurgie (SOLX Gold Shunt® [Toomac Holdings Ltd, Glenfield, Neuseeland], Aquashunt® [OPKO Health, Miami, FL, USA], STARflo® [iStar Medical, Wavre, Belgien]) und Sektion der Bindehaut wurde auch schon angewendet, allerdings gibt es hier viel weniger Erfahrung, da diese Verfahren nicht so verbreitet angewendet wurden wie jene entlang der klassischen Route, und die Datenlage ist daher entsprechend [5]. Obwohl einige der Verfahren vielversprechend sind, sind die Studien-

ergebnisse anderer durchaus als weniger Erfolg versprechend, insbesondere was die Langzeitdaten betrifft, zu bezeichnen [9, 13].

Grundlagen

Die Kammerwasserproduktion beträgt beim Menschen je nach Alter zwischen 2,4 und 2,9 µl/min [19] und unterliegt starken tageszeitlichen Schwankung (1–3 µl/min). Die durchschnittliche Produktionsmenge ist bei allen Menschen in etwa konstant, und auch bei Patienten mit Glaukom ändert sich die Kammerwasserproduktion nicht. Mit zunehmenden Alter kommt es wahrscheinlich zu einer Abnahme der Kammerwasserproduktion von ca. 2 % pro Dekade [19], während der Abflusswiderstand zunimmt. Patienten mit okulärer Hypertension oder primärem Offenwinkelglaukom (POWG) produzieren die gleiche Menge an Kammerwasser pro Zeit wie gesunde gleichaltrige Probanden. Lediglich in der

Abb. 1 ▲ Die Starling-Gleichung beschreibt den Nettofluss über eine kapilläre Membran, beeinflusst durch hydrostatische und osmotische Kräfte. Das proteinarme Kammerwasser wird vorwiegend durch osmotische Kräfte in Blut- und Lymphkapillaren gezogen. P_c hydrostatischer Druck in den Kapillaren, P_i hydrostatischer Druck im Interstitium, π_c osmotischer Druck in den Kapillaren, π_i osmotischer Druck im Interstitium

Abb. 2 ▲ a Ahmed®-Implantat (Domedics AG) neben einem XEN45®-Implantat (Allergan Plc.; Länge 6 mm). b Gelblich erscheinende, mit Glutaraldehyd quervernetzte Gelatine im hydrierten Zustand mit dem Innendurchmesser von 45 µm und dem Außendurchmesser von 210 µm

Nacht dürfte die Kammerwasserproduktion bei Patienten mit POWG minimal erhöht sein, allerdings ohne signifikante Auswirkung auf den Augendruck [10].

Ziel klassischer filtrierender Operationstechniken ist die Ableitung von Kammerwasser aus Vorderkammer oder Hinterkammer unter die Bindehaut bzw. unter die Tenonkapsel. Bei der Trabekulektomie wird der Abflusswiderstand in der frühen postoperativen Phase nicht durch die Sklerektomie, sondern durch den darüberliegenden Skleradeckel und die Spannung der Deckelfäden bestimmt. Hinzu kommt noch der Widerstand durch den Gewebedruck von Tenonkapsel und Bindehaut, der jedoch anfangs vernachlässigbar nieder ist. Die Definition des Abflusswiderstands während der Chirurgie stellt hohe Anforderungen an den Chirurgen, da die Dicke der Sklera, des Deckels, Fadenspannung und Anzahl der Fäden von Fall zu Fall variabel sind. Durch einstellbare Fäden oder Suturelysen kann postoperativ der Augendruck bis zu einem gewissen Grad eingestellt werden, es bedarf jedoch großer Erfahrung, um den unterschiedlichen anatomischen Voraussetzungen gerecht zu werden. Beim Heilungsprozess der Wunde kommt es zu einer Verkleinerung der Filtrationsoberfläche und im Weiteren zu einer Erhöhung des Abflusswiderstandes. Mitomycin C wird verbreitet intraoperativ dazu eingesetzt diesen Prozess zu modulieren. Der hydrodynamische Widerstand des

Skleradeckels addiert sich zum steigenden Widerstand des Filterkissens. Dieser wiederum setzt sich zusammen aus dem hydrostatischen und dem osmotischen Druckunterschied (Starling-Kräfte, ▣ Abb. 1) zwischen Kammerwasser und dem Plasma in den Blutgefäßen und in der Lymphe. Das in unter physiologischen Bedingungen existierende Gleichgewicht zwischen Filtration und

Abb. 3 ▲ a XEN45®-Implantator (Allergan Plc.). b Einbringen des XEN45®-Implantats unter die Bindehaut nach Penetration der Sklera. Die Länge des Implantats sollte in der Vorderkammer ca. 1 mm und unter der Bindehaut ca. 3 mm betragen. c Vorderabschnitts-OCT-Bild (OCT: optische Kohärenztomographie) eines XEN45®-Implantats mit entsprechendem Filterkissen der Bindehaut. (Mit freundl. Genehmigung der Firma Allergan)

Reabsorption von Flüssigkeit im Kapillargebiet wird durch das Starling-Gleichgewicht definiert. Um eine Nettobewegung von Flüssigkeit in ein bestimmtes Kompartiment zu erreichen, müssen die Starling-Kräfte in diese Richtung weisen. Beim Kammerwasser wird dieses Kräfteungleichgewicht unter anderem durch die etwa 200-mal höhere Konzentration an Proteinen im Plasma erreicht. Das

proteinarme Kammerwasser wird dadurch in das Blutgefäßsystem gezogen und aus dem Filterkissen entfernt [3].

Ziel eines neuen Systems zur filtrierenden Glaukomchirurgie sollte es sein, die Schwächen der klassischen Ansätze zu umgehen oder zu verbessern und eine möglichst standardisierte Vorgangsweise zu gewährleisten, um die Variabilität der Ergebnisse zu verringern und die Sicherheit für die Patienten zu erhöhen.

Technik und Physik des XEN45®

Das XEN45®-Gelimplantat (Allergan Plc., Dublin, Irland) erhielt die CE-Zertifizierung im Jahr 2013 und wurde von der Food and Drug Administration (FDA) im Jahr 2016 zugelassen. Es handelt sich dabei um ein 6 mm langes Röhrchen aus mit Glutaraldehyd quervernetzter Gelatine, einem Außendurchmesser von ca. 210 µm und einem Lumen von ca. 45 µm (im hydrierten Zustand; **Abb. 2**). Durch den Innendurchmesser von 45 µm und der Viskosität des Kammerwassers stellt das Implantat dem Kammerwasser beim Durchfließen einen Widerstand entgegen. Bei einer durchschnittlichen Flussrate von 2,5 µl/min entsteht dadurch ein Druckgradient von ca. 6–8 mm Hg zwischen innerer und äußerer Öffnung des Implantats [17]. Das bedeutet, dass bei dichter Implantation eine Hypotonie vermieden werden kann. Dies ist bei einem derart kleinen Implantat eine Notwendigkeit, da es nicht mit einem Ventilmechanismus in der Art des Ahmed®-Implantats (Domedics AG, Dättwil, Schweiz) ausgestattet werden kann. Andererseits entstehen dadurch auch Vorteile. Zum einen muss das Lumen nicht temporär okkludiert werden, um eine Hypotonie zu vermeiden, wie bei Baerveldt®-Implantaten (Abbott Medical Optics Inc., Irvine, CA, USA) und Molteno®-Implantaten (Molteno® Ophthalmic Limited, Dunedin, Neuseeland), zum anderen kann ein so dünnes Implantat aus weicher Gelatine sehr flexibel gestaltet werden und damit die Wahrscheinlichkeit von Arrosionen/Durchwanderungen der Bindehaut, wie sie bei Silikonschläuchen berichtet wurden, minimiert werden [14]. Das XEN45®-Implantat ist ca. 100-mal fle-

Hier steht eine Anzeige.

xibler als die Silikonschläuche gängiger Plattenimplantate. Da das Implantat trocken im vorgeladenen Implantator geliefert wird, hydriert es sich erst während und nach der Implantation. Die Hydrierung geht mit einer Zunahme des Durchmessers einher und bewirkt eine festere Verankerung in der Sklera und eine Abdichtung des Implantationskanals [12].

Implantation des XEN45®

Vor der Implantation wird 0,1 ml Mitomycin C (MMC) in einer Dosis von 4–16 µg im Bereich der Implantationsstelle subtenon injiziert. Dabei wird darauf geachtet, dass die posterior-limbale Region ausgespart wird und das MMC ein flaches Polster nach posterior, in Richtung des erwünschten Flusses des Kammerwassers bildet. Die Nadelspitze des XEN45®-Implantator (■ Abb. 3a) wird über einen kornealen Schnitt in die Vorderkammer eingebracht. Die Nadelspitze wird mit oder ohne Zuhilfenahme eines Gonioskops anterior zum Schlemm-Kanal in die Sklera eingestochen und durch die Sklera durchgestochen (■ Abb. 3b). Diese Einstichstelle (■ Abb. 4) sollte nahe bei 12 h und im Bereich des MMC-Polsters sein, um einen entsprechenden Schutz des Filterkissens zu gewährleisten und eine Penetration der Bindehaut zu vermeiden. Der Exitpunkt sollte ca. 3 mm posterior vom Limbus unter der Bindehaut liegen. Das distale Ende des Implantats sollte sich frei unter der Bindehaut/Tenonkapsel bewegen können, um einen freien Fluss von Kammerwasser in Richtung Äquator zu ermöglichen. Ziel der Implantation ist ein unter der Bindehaut/Tenon möglichst frei bewegliches Implantat bei minimaler Zerstörung der Anatomie.

Prä- und postoperative Therapie

Prä- und postoperative Maßnahmen zielen darauf ab, das Operationsergebnis zu stabilisieren und Wundheilungsprozesse zu modulieren (■ Abb. 5).

Bei der Auswahl der Patienten ist darauf zu achten, ob bereits filtrierende Operationen durchgeführt wurden. Der Bereich des Exitpunkts und dessen Um-

Ophthalmologe 2018 · 115:381–387 <https://doi.org/10.1007/s00347-018-0669-1>
© Der/die Autor(en) 2018. Dieser Artikel ist eine Open-Access-Publikation.

M. Lenzhofer · M. Hohensinn · C. Strohmaier · H. A. Reitsamer

Subkonjunktivale minimalinvasive Glaukomchirurgie. Verfahren und klinische Ergebnisse

Zusammenfassung

Implantate und Verfahren zur minimalinvasiven Glaukomchirurgie (MIGS) stehen mittlerweile in allen Bereichen der ableitenden Glaukomchirurgie zur Verfügung. Nach der Entwicklung von Implantaten zur Überwindung des Trabekelwerkwiderstands (iStent®, iStent Inject® [beide Glaukos Germany GmbH, Wiesbaden, Deutschland], Hydrus Microstent® [Ivantis, Irvine, CA, USA]) und der Nutzung des suprachoroidalen Raumes (Cypass Micro Stent® [Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, TX, USA], iStent Supra® [Glaukos Germany GmbH]) besteht nunmehr auch die Möglichkeit der Drainage von Kammerwasser unter die Bindehaut über ein transsklerales MIGS-Implantat (XEN45® [Allergan Plc., Dublin, Ireland]) – Beim XEN45® handelt es sich um ein 6 mm langes Gelatineröhrchen, das über eine korneale Inzision transskleral die Vorderkammer mit

dem subkonjunktivalen Raum verbindet. Durch das Röhrchen wird zusätzlich Kammerwasser aus der Vorderkammer abgeleitet und über ein Filterkissen in den Blutkreislauf filtriert, um den Gesamtabflusswiderstand zu senken. Durch den Innendurchmesser von 45 µm wird dem Kammerwasserfluss ein Widerstand entgegengesetzt, um postoperative Hypotonien zu vermeiden. Die ersten Ergebnisse mit dem Filtrationsimplantat sind vielversprechend bezüglich Sicherheit und Effizienz. Es gibt jedoch noch einige Punkte zu untersuchen, bevor man sich ein klares Bild über die Wirksamkeit, Sicherheit, Vorteile und Nachteile dieses Gel Röhrchens machen kann.

Schlüsselwörter

Implantate · Filtrierende Glaukomoperation · Subkonjunktivaler Raum · Kammerwasser · Filtrationsimplantat

Subconjunctival minimally invasive glaucoma surgery. Methods and clinical results

Abstract

Minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) has been developed for all drainage pathways in glaucoma treatment. Besides implants overriding the resistance in the trabecular meshwork (iStent®, iStent Inject® [both Glaukos Germany GmbH, Wiesbaden, Germany], Hydrus Microstent® [Ivantis, Irvine, CA, USA]) and draining to the suprachoroidal space (Cypass Micro Stent® [Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, TX, USA], iStent Supra® [Glaukos Germany GmbH]), surgeons can further drain aqueous humor into the subconjunctival space with a transscleral MIGS implant (XEN45® [Allergan Plc., Dublin, Ireland]). The XEN45® is a gelatine tube 6 mm in length, which is implanted ab interno via a small corneal incision through the sclera. Additional aqueous humor is drained from

the anterior chamber via the tube and filtered in a filter cushion in order to sink the total drainage resistance. The internal diameter of the lumen of the implant is 45 µm, therefore a passive resistance is present for prevention of postoperative hypotension. The by-passed aqueous humor forms a conjunctival bleb. Although the first study results are promising in terms of efficacy and safety, further studies are necessary before a clear picture of the effectiveness, safety, advantages and disadvantages of the gelatine tube can be drawn.

Keywords

Implants · Filtrating glaucoma surgery · Subconjunctival space · Aqueous humor · Filtration implant

gebung sollten frei von Vernarbungen alter Filterkissen sein. Bei jeder Implantation gelten die gleichen Vorsichtsmaßnahmen bezüglich Oberflächenbenutzungsstörungen und chronischen Entzündungen der Bindehaut/Lider wie bei anderen filtrierenden Operationen [1]. Zusätzlich zu antiinflammatorischer The-

rapie ist eine Reduktion der Konservierungsmittel in den topischen Therapeutika empfehlenswert. Die gleiche Empfehlung gilt auch für die postoperative Therapie.

Detaillierte Empfehlungen zur Implantation sowie zur prä- und postoperativen Behandlung und Operationsvideos

Abb. 4 ▲ **a** Gonioskopische Ansicht des in die Vorderkammer ragenden proximalen Anteils des XEN45®-Implantats (Allergan Plc.; roter Pfeil). Die Implantation erfolgt typischerweise anterior vom Schlemm-Kanal, um postoperative Refluxblutungen aus dem Kanal in die Vorderkammer zu vermeiden. **b** Biomikroskopische Ansicht eines funktionell gut eingewachsenen XEN45®-Implantats mit mikrozystischem posterioem Sickerkissen. Die Sickerkissen imponieren generell flacher und in der Regel weniger makrozystisch als nach Trabekulektomien. gepunktete Linie Grenzen des Sickerkissens, rote Striche Lage des XEN45® Implantates

Abb. 5 ▲ Abgekapseltes Sickerkissen. Nach einer XEN45®-Implantation kann es ebenso wie nach einer Trabekulektomie durch den Abfluss des Kammerwassers zu einer Abkapselungsreaktion in der Bindehaut kommen (die roten Pfeile markieren den Rand der Zyste, die Lage des Implantats ist in gelb dargestellt)

können hier eingesehen werden: US Ophthalmic Review, 2017; 11(1): Epub ahead of print [20], bzw. unter dem Link: <http://www.touchophthalmology.com/articles/gel-stent-implantation-recommendations-preoperative-assessment-surgical-technique-and>.

Studienlage

Die Studienlage zum XEN-Implantat ist derzeit noch sehr überschaubar, insbesondere bei Beobachtungszeiträumen jenseits von 12 Monaten ist die Datenlage noch dünn. Im Folgenden sind die wesentlichen Ergebnisse der Studien zusammengefasst dargestellt (■ **Tab. 1**).

Sheybani et al. [16] untersuchten den Augendruck- und Medikamentenverlauf nach kombinierter XEN-Katarakt-Operation in einer multizentrischen Studie, wobei Vorgängerversionen des XEN45® untersucht wurden (XEN140® und XEN63® mit 140 µm bzw. 63 µm Innendurchmesser). Es wurde eine Augendrucksenkung ($n = 37$) von $22,4 \pm 4,2$ mm Hg auf $15,4 \pm 3,0$ mm Hg nach 1 Jahr bei einer gleichzeitigen Medikamentenreduktion von $2,5 \pm 1,4$ auf $0,9 \pm 1,0$ nach 1 Jahr detektiert. Zwei von 37 Augen erhielten in der 1. Woche wegen Hypotonie eine Vorderkammerauffüllung. Nach 1 Monat zeigte jedoch kein Auge einen Augendruck unter 5 mm Hg. Nach 12 Monaten hatten 85 % der Augen einen Augendruck ≤ 18 mm Hg und eine Augendrucksenkung ≥ 20 %; 47 %

der Augen waren nach 1 Jahr frei von augendrucksenkenden Tropfen.

In einer weiteren multizentrischen Studie von Sheybani et al. [17] wurden 49 Augen mit Offenwinkelglaukom (OWG) an 8 Studienzentren vor und nach der Implantation eines XEN140® untersucht. Der Ausgangsausdruck war $23,1 \pm 4,1$ mm Hg mit durchschnittlich 3 topischen Medikamenten. Ein Jahr postoperativ lag der Augendruck bei $14,7 \pm 3,7$ mm Hg mit 1,3 Medikamenten; 47 % der Patienten erhielten ein Needling. Bei 9 % der Augen war eine Vorderkammerauffüllung aufgrund von okulärer Hypotonie nötig.

Grovers et al. [7] untersuchten OWG-Augen nach XEN45®-Stentimplantation. Die Studie zeigte eine geringe Komplikationsrate im postoperativen Nachbeobachtungszeitraum. Der Medikamentenbedarf wurde von initial durchschnittlich 3,5 auf 1,7 nach 1 Jahr reduziert; 76,3 % der Augen hatten eine Augendrucksenkung ≥ 20 % nach 1 Jahr; 9/65 der Augen benötigten jedoch im Verlauf eine weitere augendrucksenkende Operation. Die Needlingrate wurde mit 32 % angegeben; 24,6 % erfuhren eine vorübergehende Hypotonie (IOP [Augeninnendruck] < 6 mm Hg unabhängig von der klinischen Symptomatik); 6,2 % der Patienten zeigten eine persistierende Visusminderung von ≥ 2 Zeilen.

In einer Studie von Galal et al. [4] wurden 13 POWG-Augen über 1 Jahr nach XEN45®-Implantation untersucht. Der Augendruck wurde durch das Im-

plantat von initial 16 ± 4 auf 12 ± 3 mm Hg nach 12 Monaten gesenkt. Gleichzeitig wurden die Medikamente von $1,9 \pm 1$ auf $0,3 \pm 0,5$ gesenkt. Zwei von 13 Augen benötigten eine weitere Trabekulektomie. Die Needlingrate wurde mit 30,7 % angegeben.

Fea et al. [2] untersuchten 12 POWG-Augen nach XEN45®-Implantation, Nachbeobachtungszeitraum war 1 Jahr. Ziel der Studie war es, einen Zusammenhang zwischen der Filterkissenmorphologie und dem Operationserfolg zu untersuchen. Das OCT-Bild eines aufgelockerten Stromas sowie höhere und breitere Sickerkissen waren eher bei erfolgreichen Implantaten zu finden.

De Gregorio et al. [6] stellten keine größeren Komplikationen innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 1 Jahr bei einer Studie mit 41 OWG-Augen nach XEN45®-Implantation fest.

In einer großen multizentrischen retrospektiven Studie von Schlenker et al. [15] wurden die „hazard ratios of failure“ nach XEN45® mit denen der Trabekulektomie verglichen. Die Zeit bis zu 25 % Versagen (u. a. IOP ≤ 6 und ≥ 17 mm Hg an 2 aufeinanderfolgenden Untersuchungen, Reoperation) wurde ohne Medikamente bei durchschnittlich 11,2 Monaten und mit topischer Medikation bei 30,3 Monaten angegeben. Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zu den Ergebnissen nach Trabekulektomie. Diabetes wurde als Risikofaktor für Versagen nach XEN-Implantation aufgedeckt. Die Needlingrate war in der XEN-

Tab. 1 Zusammenfassung der im Text beschriebenen Studien, die teilweise noch mit Vorgängerversionen des XEN45®-Implantats (Allergan Plc.) mit größeren Innendurchmessern XEN140® (140 µm) und XEN63® (63 µm) durchgeführt wurden

Studie	Augen	Komb/ Solo	Modell	Zentren	Glau- komtyp	IOP Baseline	Med Base- line	IOP 12 M	Med 12 M	Qualifi- zierter Erfolg (%)	Komp- letter Erfolg (%)	MMC	Need- ling (%)
Sheybani et al. [16]	37	Komb	XEN140 XEN63	7	OWG	22,4 ± 4,2	2,5 ± 1,4	15,4 ± 3,0	0,9 ± 1,0	85,3	47,1	Nein	k. A.
Sheybani et al. [18]	49	Solo	XEN140	8	OWG	23,1 ± 4,1	3	14,7 ± 3,7	1,3	89	40	Nein	47
Grover et al. [7]	74	Solo	XEN45	12	OWG	15,1 ± 3,0	3,5	k. A.	1,7	76	k. A.	Ja	32
Galal et al. [4]	13	Komb	XEN45	1	POWG	16 ± 4	1,9 ± 1	12 ± 3	0,3 ± 0,49	66	52	Ja	33
DeGregorio et al. [6]	41	Komb	XEN45	1	OWG	22,5 ± 3,7	2,5 ± 0,9	13,1 ± 2,4	0,4 ± 0,8	97,5	80,4	Ja	k. A.
Schlenker et al. [15]	185	Solo	XEN45	4	OWG	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	Siehe Text	Siehe Text	Ja	43

Komb XEN-Implantation + Kataraktoperation, *Solo* nur XEN-Implantation, *IOP* Augeninnendruck, *Med* augendrucksenkende Medikamente, *M* Monate, *MMC* Mitomycin C, *OWG* Offenwinkelglaukom

Gruppe signifikant höher als in der Trabekulektomiegruppe (43 % vs. 31 %).

Schlussfolgerung

Das XEN45®-Implantat gibt dem Chirurgen die Möglichkeit der Kammerwasserdrainage von der vorderen Augenkammer durch die Sklera unter die Bindehaut. Die Implantation erfolgt dabei über einen kornealen minimalinvasiven Zugang, ohne die Bindehaut von außen zu öffnen.

» Die Implantation erfolgt über einen kornealen minimalinvasiven Zugang

Derzeit liegt keine randomisierte, kontrollierte, prospektive Studie vor, und bei den vorliegenden handelt es sich meistens um gemischte Glaukomtypen. Reine POWG-Studien sind selten. MMC wird üblicherweise zusammen bei der XEN-Implantation in diversen Studien eingesetzt, lediglich in den frühen Studien mit den größterlumigen Stents (140 und 63 µm) wurde kein MMC verwendet. MMC-assoziierte Komplikationen sind in größeren Studien nach XEN-Implantation nicht beschrieben. Nach 1 Jahr zeigte sich eine durchschnittliche Augendrucksenkung auf 12–15,4 mm Hg bei einem durchschnittlichen Bedarf von

0,3–0,9 augendrucksenkenden Medikamenten. Die erreichten postoperativen Druckwerte sind bei unterschiedlichen Ausgangsdruckwerten in den diversen Studien somit vergleichbar. Die Hypotonierten nach Implantation der früheren Versionen (XEN140® und XEN63®) waren höher als die nach der Implantation des derzeit verfügbaren XEN45®-Implantats. Keine der beschriebenen Hypotonien waren jedoch unbeherrschbar oder permanent. Andere relevante Komplikationen wurden als sehr selten beschrieben. Needlingraten werden unterschiedlich angegeben und sind größtenteils nach Maßgabe des Chirurgen durchgeführt worden. Versagensraten scheinen sich nach XEN45® nicht von der klassischen Trabekulektomie zu unterscheiden, wobei wir jedoch auf ein noch niedriges Evidenzniveau hinweisen möchten.

Fazit für die Praxis

- XEN45®, ein transsklerales MIGS-Implantat, ist ein 6 mm langes Gelatineröhrchen, das über eine korneale Inzision transskleral die Vorderkammer mit dem subkonjunktivalen Raum verbindet.
- Durch das Röhrchen wird Kammerwasser aus der Vorderkammer abgeleitet und über ein Filterkissen in den Blutkreislauf filtriert, um den

Gesamtabflusswiderstand zu senken. Durch den Innendurchmesser von 45 µm wird dem Kammerwasserfluss ein Widerstand entgegengesetzt, um postoperative Hypotonien zu vermeiden.

- Die ersten Ergebnisse mit dem Filtrationsimplantat sind vielversprechend bezüglich Sicherheit und Effizienz.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. H. A. Reitsamer
Forschungsprogramm
für Experimentelle
Augenheilkunde, Uniklinikum
Salzburg, Paracelsus
Medizinische Privatuniversität
Muellner Hauptstr. 48,
5020 Salzburg, Österreich
h.reitsamer@salk.at

Funding. Open access funding provided by Paracelsus Medical University.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. H.A. Reitsamer ist Berater der Firma Allergan. M. Lenzhofer, M. Hohensinn und C. Strohmaier geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Literatur

- Breusegem C, Spielberg L, Van Ginderdeuren R et al (2010) Preoperative nonsteroidal anti-inflammatory drug or steroid and outcomes after trabeculectomy. *Ophthalmology* 117:1324–1330. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.11.038>
- Fea AM, Spinetta R, Cannizzo PML et al (2017) Evaluation of bleb morphology and reduction in IOP and glaucoma medication following implantation of a novel gel stent. *J Ophthalmol*. <https://doi.org/10.1155/2017/9364910>
- Gabelt BT, Kaufman PL (2005) Changes in aqueous humor dynamics with age and glaucoma. *Prog Retin Eye Res* 24:612–637. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2004.10.003>
- Galal A, Bilgic A, Eltanamly R, Osman A (2017) XEN glaucoma implant with Mitomycin C 1-year follow-up: result and complications. *J Ophthalmol*. <https://doi.org/10.1155/2017/5457246>
- Gigon A, Shaarawy T (2016) The suprachoroidal route in glaucoma surgery. *J Curr Glaucoma Pract* 10:13–20. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10008-1197>
- De Gregorio A, Pedrotti E, Russo L, Morselli S (2017) Minimally invasive combined glaucoma and cataract surgery: clinical results of the smallest ab interno gel stent. *Int Ophthalmol*. <https://doi.org/10.1007/s10792-017-0571-x>
- Grover DS, Flynn WJ, Bashford KP et al (2017) Performance and safety of a new ab interno gelatin stent in refractory glaucoma at 12 months. *Am J Ophthalmol* 183:25–36. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2017.07.023>
- Heijl A, Leske MC, Bengtsson B et al (2002) Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Arch Ophthalmol* 120:1268–1279
- Hueber A, Roters S, Jordan JF, Konen W (2013) Retrospective analysis of the success and safety of gold micro shunt implantation in glaucoma. *BMC Ophthalmol* 13:35. <https://doi.org/10.1186/1471-2415-13-35>
- Larsson LI, Rettig ES, Brubaker RF (1995) Aqueous flow in open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 113:283–286
- Leske MC, Heijl A, Hussein Met al (2003) Factors for glaucoma progression and the effect of treatment: the early manifest glaucoma trial. *Arch Ophthalmol* 121:48–56
- Lewis RA (2014) Ab interno approach to the subconjunctival space using a collagen glaucoma stent. *J Cataract Refract Surg* 40:1301–1306. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.01.032>
- Oatts JT, Zhang Z, Tseng H et al (2013) In vitro and in vivo comparison of two suprachoroidal shunts. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 54:5416. <https://doi.org/10.1167/iops.13-11853>
- Sarkisian SR (2009) Tube shunt complications and their prevention. *Curr Opin Ophthalmol* 20:126–130. <https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e328323d519>
- Schlenker MB, Gulamhusein H, Conrad-Hengerer I et al (2017) Efficacy, safety, and risk factors for failure of standalone ab interno gelatin microstent implantation versus standalone trabeculectomy. *Ophthalmology* 124:1579–1588. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.05.004>
- Sheybani A, Lenzhofer M, Hohensinn Met al (2015) Phacoemulsification combined with a new ab interno gel stent to treat open-angle glaucoma: pilot study. *J Cataract Refract Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.01.019>
- Sheybani A, Reitsamer H, Ahmed IIK (2015) Fluid dynamics of a novel micro-fistula implant for the surgical treatment of glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. <https://doi.org/10.1167/iops.15-16625>
- Sheybani A, Dick HB, Ahmed IIK (2016) Early clinical results of a novel ab interno gel stent for the surgical treatment of open-angle glaucoma. *J Glaucoma* 25:e691–e696. <https://doi.org/10.1097/JG.0000000000000352>
- Toris CB, Yablonski ME, Wang YL, Camras CB (1999) Aqueous humor dynamics in the aging human eye. *Am J Ophthalmol* 127:407–412
- Vera V, Ahmed I, Stalmans I, Reitsamer HA (2017) Gel stent implantation—recommendations for preoperative assessment, surgical technique, and postoperative management. *US Ophthalmic Rev* 11:2–10

Jetzt kostenlos Update Newsletter bestellen!

Von Anästhesie bis Urologie – die Update Newsletter von SpringerMedizin.de liefern Ihnen regelmäßig Aktuelles und Wissenswertes aus allen medizinischen Fachgebieten:

- CME-Beiträge aus den Fachzeitschriften von Springer Medizin
- umfassende Übersichtsbeiträge und interessante Kasuistiken
- aktuelle internationale Studien
- Kongress-Highlights und Themen-Specials
- News aus Berufs- und Gesundheitspolitik

Jetzt Newsletter auswählen und kostenlos bestellen unter www.springermedizin.de/mynewsletters