

Ophthalmologie 2024 · 121:872–885
<https://doi.org/10.1007/s00347-024-02097-3>
 Eingegangen: 30. Januar 2024
 Überarbeitet: 18. Juli 2024
 Angenommen: 23. Juli 2024
 Online publiziert: 22. August 2024
 © The Author(s) 2024, korrigierte Publikation 2024



Aphakiekorrektur bei unzureichender Kapselsackstabilität

Isabella D. Baur^{1,2} · Isabel Winkelmann¹ · Michael Albrecht² · Youssef Botros¹ · Gerd U. Auffarth² · Ramin Khoramnia²

¹ Augenklinik des Universitätsklinikums Augsburg, Augsburg, Deutschland

² Augenklinik, Universitätsklinikum Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

Zusammenfassung

Eine Vielzahl an Situationen kann zur Notwendigkeit führen, eine Intraokularlinse (IOL) andernorts als im Kapselsack zu fixieren. Je nach Ausgangssituation stehen sulcusfixierte IOL, irisfixierte IOL (IFIOL) und sklerafixierte (SFIOL) zur Verfügung. Bei den SFIOL werden nahtfixierte von nahtlos fixierten Techniken unterschieden. Diese Arbeit soll einen Überblick über die Vor- und Nachteile der Methoden, einschließlich der neueren Methoden der nahtlosen SFIOL, geben. Welches Verfahren im jeweiligen Fall angewendet wird, hängt sowohl von den individuellen Gegebenheiten des Patienten als auch von der Erfahrung des Operateurs ab.

Schlüsselwörter

Sulcusfixierte IOL · Sklerafixierte IOL · Irisfixierte IOL · Komplikationsmanagement · IOL-Tausch

Erstautor/-in



Isabella D. Baur

Eine Intraokularlinsen (IOL)-Implantation in einer anderen anatomischen Lokalisation als dem Kapselsack kann aufgrund verschiedener Ursachen erforderlich werden.

Eine unzureichende Stabilität des Kapselsackes und der Zonulafasern kann aufgrund verschiedener Ursachen auftreten. Neben einer traumatischen Ursache kann auch eine iatrogene Verletzung des Kapselsacks, z. B. durch eine intraoperative Ruptur des Kapselsacks, abhängig von der Größe des Defekts zur Notwendigkeit einer alternativen Technik der IOL-Fixierung führen [1]. Auch eine Luxation der kristallinen Linse, die im Rahmen von systemischen Erkrankungen, wie z. B. dem Marfan-Syndrom, auftreten kann, zählt zu den möglichen Ätiologien einer Kapselsackinstabilität. Im Rahmen eines IOL-Tauschs muss ebenfalls oftmals auf eine alternative Technik der IOL-Implantation zurückgegriffen werden. Ein IOL-Tausch wiederum kann aufgrund verschiedener Ursachen notwendig werden. Hierzu zählen die Eintrübung der IOL z. B. bei primärer oder sekundärer IOL-Kalzifikation, eine IOL-Lu-

xation und auch die Intoleranz gegenüber Nebenwirkungen bei multifokalen IOL [2–6]. In all diesen Situationen ist eine alternative Fixierung einer Intraokularlinse zur Aphakiekorrektur erforderlich. In dieser Arbeit sollen die verschiedenen Optionen zur Aphakiekorrektur bei unzureichender Stabilität des Kapselsackes dargestellt und die Vor- und Nachteile des jeweiligen Verfahrens beleuchtet werden.

Überblick über die verschiedenen Ansätze

Prinzipiell stehen 4 verschiedene Ansätze zur Aphakiekorrektur bei fehlender Möglichkeit der Implantation in den Kapselsack zur Verfügung:

- A. sulcusfixierte IOL,
- B. kammerwinkelgestützte Vorderkammerlinsen (engl. anterior chamber IOL, ACIOL),
- C. präpupillär oder retropupillär irisfixierte IOL (IFIOL),
- D. sklerafixierte IOL (SFIOL).

Video Online

Die Online-Version dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s00347-024-02097-3>) enthält 2 Videos.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Hier steht eine Anzeige.



Ein Bericht der American Academy of Ophthalmology [7] verglich die verschiedenen Ansätze und kam zu dem Schluss, dass keines der genannten Verfahren den anderen eindeutig überlegen ist. Große prospektive Studien, die die verschiedenen Ansätze vergleichen, fehlen, sodass die Evidenz für die Wahl eines Verfahrens begrenzt ist. Jede Technik hat ihr eigenes Risikoprofil, und daher sind langfristige Nachkontrollen unabhängig vom gewählten Verfahren erforderlich [7].

Ein Problem, das alle Techniken gemeinsam haben, ist, dass die effektive Linsenposition weniger genau vorausgesagt werden kann als bei einer kapselsackfixierten IOL. Dies führt dazu, dass das Risiko einer Abweichung von der gewählten Zielrefraktion erhöht ist. Wird die IOL weiter posterior positioniert, so ist die Wirkung schwächer, und es kommt zu einem hyperopen Refraktionsfehler. Ein möglicher Ansatz zur Reduktion dieses Risikos ist die Wahl einer myopen Zielrefraktion [8].

Eine vordere oder Pars-plana-Vitrektomie ist in der Regel vor der Implantation einer IFIOL oder SFIOL erforderlich, um einer späteren Inkarnation von Glaskörper mit entsprechenden Komplikationen vorzubeugen. Insbesondere der vordere Glaskörper im Bereich der Iris sollte sorgfältig entfernt werden, um das Risiko für eine Amotio retinae im Verlauf zu minimieren. Auch bei der sulcusfixierten IOL muss ggf. eine Vitrektomie vor der Implantation erfolgen, falls ein Glaskörperprolaps besteht. Ob eine vordere Vitrektomie ausreichend ist, muss je nach Situation entschieden werden, jedoch bietet der Zugang über die Pars plana den Vorteil, dass ggf. besser auf intraoperative Komplikationen reagiert werden kann.

Yamada et al. verglichen die Komplikationsraten mit vorderer Vitrektomie und Pars-plana-Vitrektomie im Rahmen einer intraskleralen IOL-Fixierung. In der retrospektiven Untersuchung, die 235 Augen einschloss, konnte kein Unterschied zwischen beiden Gruppen festgestellt werden. Auch wenn der Unterschied nicht statistisch signifikant war, ist zu bemerken, dass nur in der Gruppe mit vorderer Vitrektomie postoperative Netzhautablösungen beobachtet wurden (1,5%, 2 Augen) [9]. Cho et al. berichten über 83 Augen nach sklerafixierter IOL, bei denen

entweder eine vordere oder Pars-plana-Vitrektomie durchgeführt wurde. Sie fanden keinen Unterschied in den Komplikationsraten, empfehlen jedoch die Pars-plana-Vitrektomie auch bei Augen ohne bestehende vitreoretinale Komplikationen [10]. Choi et al. fanden in einer Studie mit 39 Augen keinen Unterschied zwischen beiden Ansätzen [11]. Naderi et al. untersuchten das Risiko für eine rhegmatogene Netzhautablösung nach komplizierter Kataraktoperation und stellten fest, dass das Risiko bei alleiniger vorderer Vitrektomie im Vergleich zur vorderen und Pars-plana-Vitrektomie erhöht ist [12]. Diese Studien legen nahe, dass, falls eine Vitrektomie erforderlich ist, die Pars-plana-Vitrektomie zur Reduktion des Risikos einer Ablatio retinae zu bevorzugen ist.

Sulcusfixierte IOL

Die Implantation einer IOL in den Sulcus ciliaris ist die am zweithäufigsten angewendete Technik der IOL-Fixierung. Die **Abb. 1** zeigt die Implantation einer sulcusfixierten IOL, wobei der Eingriff in Bereitschaft zur Implantation einer sklerafixierten IOL durchgeführt wurde. Das supplementale Video 1 zeigt die wichtigsten Schritte der Implantation einer sulcusfixierten IOL.

Die sulcusfixierte IOL kommt häufig bei iatrogenen Kapselruptur im Rahmen einer Kataraktoperation zum Einsatz. Für die Implantation in dieser Lokalisation eignen sich 3-stückige IOL, wohingegen der Einsatz von 1-stückigen Acrylat-IOL (engl. „single piece acrylic“[SPA]-IOL) kontraindiziert ist [13–15]. Die Implantation von SPA-IOL in den Sulcus ist mit zahlreichen Komplikationen verbunden: Pigmentdispersion, Iristransillumination, Dysphotopsien, erhöhter intraokularer Druck, zystoides Makulaödem, Uveitis-Glaukom-Hyphäma-Syndrom und rezidivierende Glaskörperblutungen [13, 14]. Die Implantation von 3-stückigen IOL gilt aufgrund des Designs mit angulierten Haptiken als sicher [14]. Ein Manöver, das die Komplikationsrate weiter reduzieren soll, ist das sog. „optic capture“. Dabei wird die Optik der IOL hinter die intakte Kapsulorhexis platziert, wobei die Haptiken im Sulcus ciliaris verbleiben. So kann der Kontakt der Optik mit dem uveal

Gewebe minimiert werden [14]. Außerdem verbessert das „optic capture“ die Zentrierung der IOL-Optik [16]. Das sog. „reverse optic capture“ bezeichnet die Implantation der Haptiken in den (defekten) Kapselsack und das Einklemmen der Linsenoptik in die vordere Kapsulorhexis. Die Technik erlaubt auch die Implantation einer SPA-IOL bei intraoperativem Hinterkapseldefekt, da die scharfen Kanten der Haptiken nicht im Sulcus, sondern im (defekten) Kapselsack zum Liegen kommen [17].

Die Platzierung der IOL in den Sulcus, also weiter anterior als bei einer Kapselsackfixierung, spielt bei der Berechnung der benötigten IOL-Stärke eine Rolle. Wird eine Standardformel zur Berechnung von kapselsackfixierten IOL ohne Korrekturfaktor verwendet, so resultiert ein myoper Refraktionsfehler. Daher wird eine Reduktion der IOL-Stärke um 0,5–1,0 dpt für sulcusfixierte IOL empfohlen, wobei dies von der Achslänge abhängt. Bei kürzeren Augen sollte die IOL mindestens 1,0 dpt schwächer gewählt werden, bei längeren Augen reicht eine Korrektur von 0,5 dpt aus [18, 19]. Die Website von Dr. Warren Hill (<https://doctor-hill.com/iol-power-calculations/bag-vs-sulcus/>) listet die erforderliche Korrektur in Abhängigkeit der IOL-Stärke auf und kann als Entscheidungshilfe bei der IOL-Auswahl dienen. Eine Ausnahme ist im Falle eines „optic capture“ gegeben, da dann die Position der Optik der IOL der einer kapselsackfixierten IOL entspricht [20].

Bei ausreichender Stabilität des Iris-Linsen-Diaphragmas, z. B. bei kleinen Defekten der hinteren Linsenkapsel, ist die Platzierung einer 3-stückigen IOL in den Sulcus eine sehr gute Option. Auch bei Rissen der vorderen Linsenkapsel oder Defekten, die sowohl die hintere als auch vordere Linsenkapsel umfassen, und Zonulolysen über weniger als 3 Uhrzeiten sind Implantation der IOL in den Sulcus ciliaris beschrieben [19].

Für die Sulcusfixierung ohne „optic capture“ berichteten Brunin et al. einen mittleren korrigierten Visus von 0,15 logMAR und für die Sulcusimplantation mit „optic capture“ einen korrigierten Visus von 0,09 logMAR [21].

Zu den häufigsten postoperativen Komplikationen zählt das zystoide Ma-

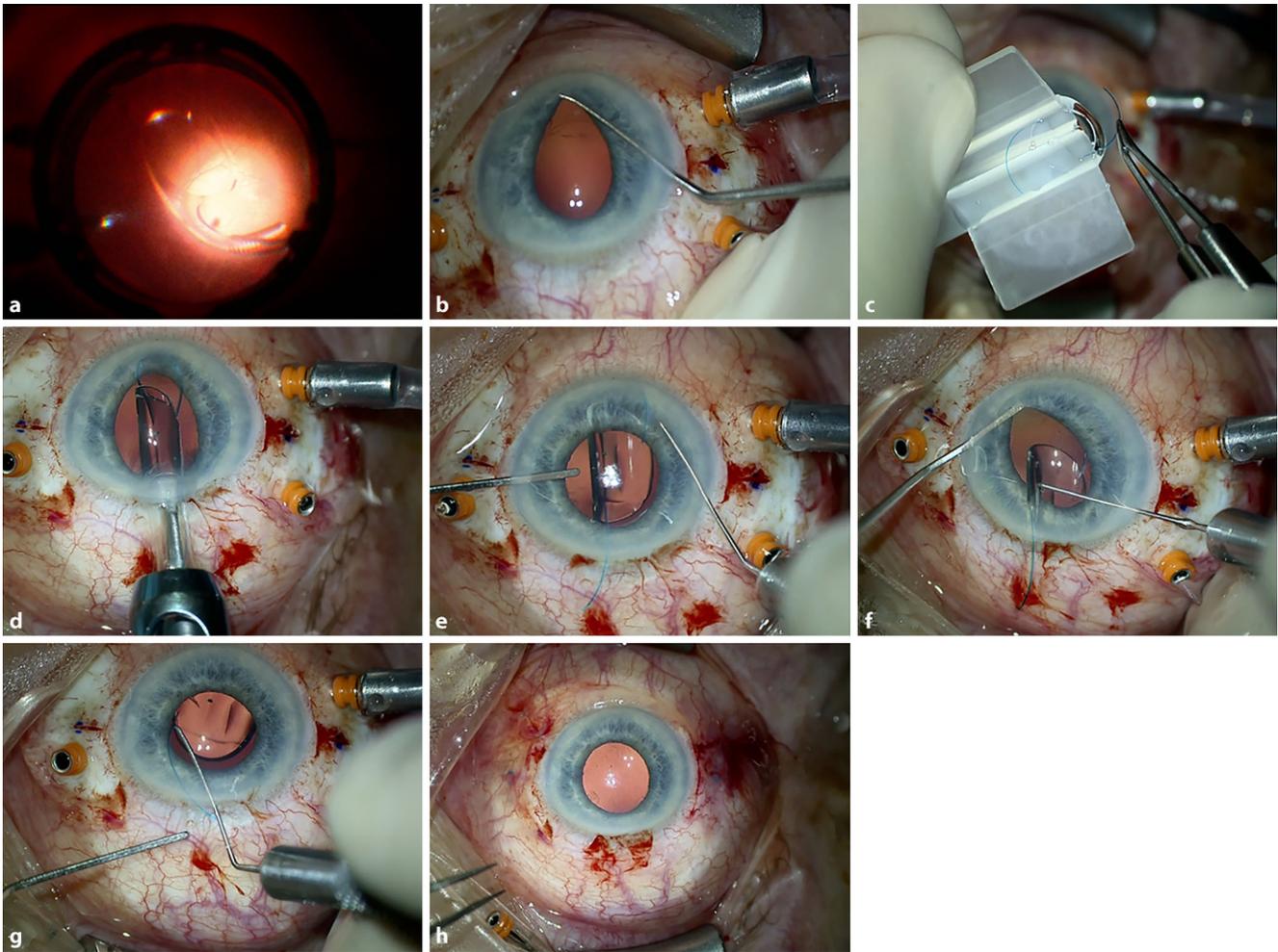


Abb. 1 ▲ Implantation einer sulcusfixierten 3-stückigen IOL bei IOL-Luxation in den Glaskörperraum. **a** Ausgiebige Vitrektomie über die Pars plana und Bergung der 1-stückigen IOL. **b** Bei der Inspektion des vorderen Kapselsackes zeigt sich eine ausreichende Stabilität für die Implantation einer IOL in den Sulcus ciliaris. **c** Laden einer 3-stückigen IOL in den Injektor. **d** Implantation der 3-stückigen IOL über die Clear-Cornea-Inzision in die Vorderkammer. **e–g** Mobilisation der Haptiken und der Optik in den Sulcus ciliaris. **h** Situs zum Ende der Operation mit zentrierter IOL und runder Pupille

kulaödem, das in bis zu 11% der Fälle auftrat [21]. Ein sog. „pupillary capture“ oder „iris capture“, also die teilweise Luxation der Optik der sulcusfixierten IOL in die Vorderkammer, gehört ebenfalls zu den bekannten Komplikationen [22].

Kammerwinkelgestützte Vorderkammerlinse

Vorderkammer-IOL haben den Vorteil, dass sie ohne Naht fixiert werden und kurzfristig ähnliche Visusergebnisse wie die anderen Verfahren ermöglichen [7], sie können jedoch zu einer Vielzahl an Komplikationen führen, die durch die anatomische Lokalisation in der Nähe der Hornhaut und Strukturen des Kammerwinkels be-

gründet sind. Obwohl die ACIOL in einer Übersichtsarbeit der AAO als gleichwertig zu den anderen Methoden bewertet wurden, muss erwähnt werden, dass in dieser Arbeit wichtige Komplikationen wie der Endothelzellverlust unberücksichtigt blieben [7].

Insbesondere starre IOL mit sog Closed-loop-Haptik-Design sind mit intraokularer Inflammation, pseudophaker bullöser Keratopathie, zystoidem Makulaödem [23] und dem Uveitis-Glaukom-Hyphäma-Syndrom assoziiert. Die Haptiken dieser IOL führen zu einer mechanischen Erosion uvealen Gewebes und zu einer chronischen Inflammation [23]. Aber auch neuere ACIOL sind mit Komplikationen wie dem CMÖ, Sekundärglaukom und bullöser

Keratopathie assoziiert, auch wenn sich durch geänderte Materialien und Designs die Häufigkeit dieser Komplikationen reduzieren ließ [24]. Ein Problem liegt auch in der Bestimmung der passenden Größe, die meist anhand des Weiß-zu-Weiß-Wertes geschätzt wird [25]. Ist die implantierte IOL zu klein und rotiert oder zu groß und verkippt dadurch, so kommt es zu einem schnellen Verlust der Endothelzellzahl und zur Dekompensation der Hornhaut. Die Abstützung im Kammerwinkel kann zur Kammerwinkelrezession und folglich zu einem Sekundärglaukom führen [25].

Aufgrund dieser assoziierten Komplikationen waren vorübergehend ACIOL der am häufigsten explantierte IOL-Typ [26]. Heute werden die ACIOL immer seltener

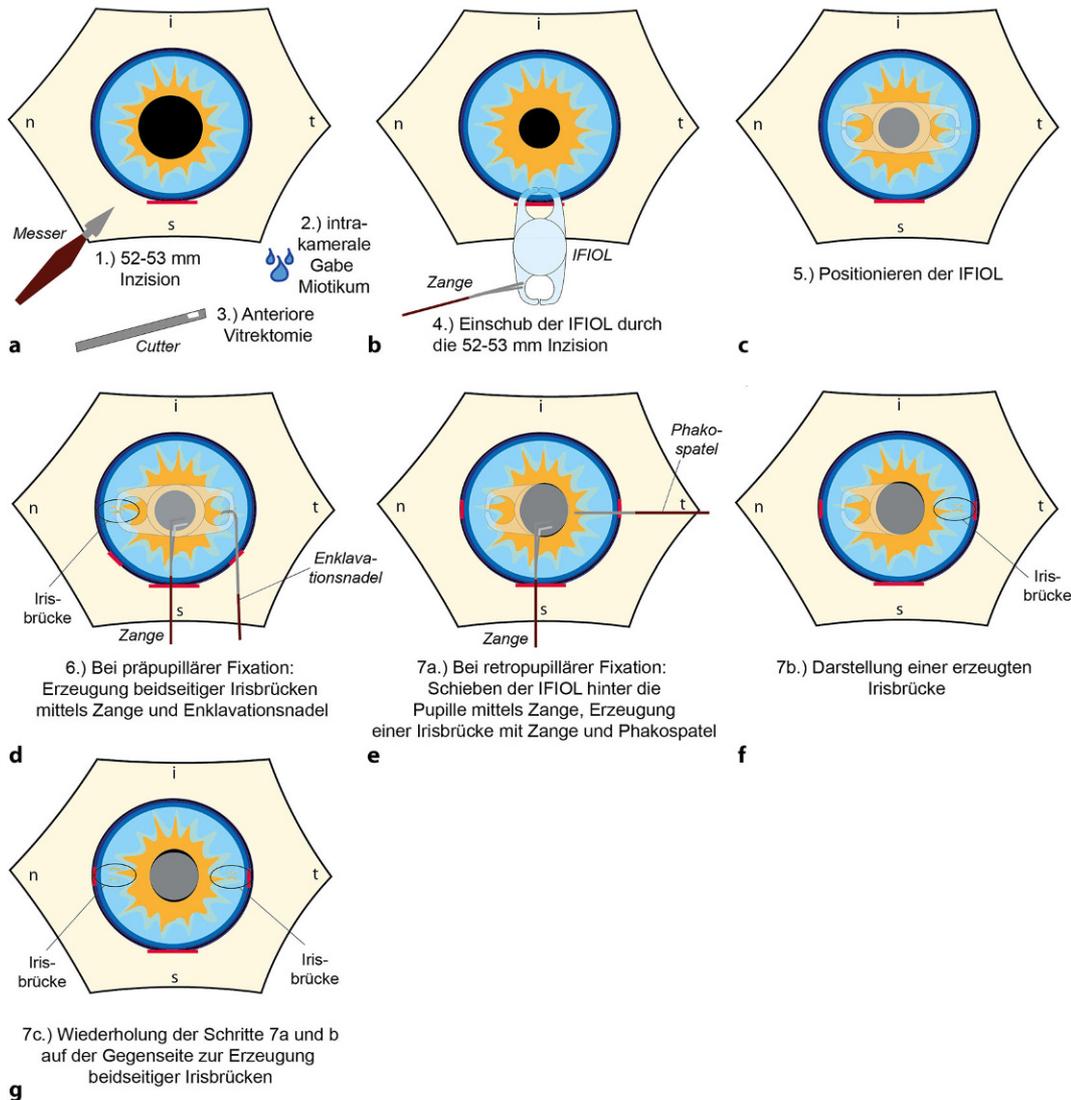


Abb. 2 ◀ Implantation einer präpupillären IFIOL (a–d) bzw. retropupillären IFIOL (a–c, e–g) als schematische Darstellung mit den wichtigsten Schritten von 1. bis 7. **a** Inferiore Inzision von 52–53 mm (rote Linie), folgend mit Eingabe eines Miotikums in den Kammerraum (als Tropfdarstellung) und anteriorer Vitrektomie mit Cutter. **b** Einsetzen der IFIOL durch die Inzision mittels Zange. **c** Positionierung der IFIOL. **d** Erzeugung von beidseitigen Irisbrücken mittels Zange und Enklavationsnadel bei präpupillärer Fixation. Dabei wird die Linse mit einer Zange gehoben, und mit der Enklavationsnadel werden, nach peripher streichend, Teile der Iris über die Haptiken aufgeworfen. **e–f** Bei retropupillärer Fixation: einseitige retropupilläre Verlagerung und Erzeugung einer Irisbrücke mittels Phakospatel. Durch Einsatz des Spatels wird die Iris, nach peripher streichend, unter die Haptiken gedrückt. **g** Erzeugung der zweiten Irisbrücke auf der Gegenseite

eingesetzt [23, 27], und viele Modelle wurden vom Markt genommen.

Irisfixierte IOL (IFIOL)

Das am häufigsten eingesetzte und am besten untersuchte Implantat ist die Artisan Aphakia Model 205 (Ophtec, Groningen, Niederlande), auch bekannt unter dem Namen Verisyse (AMO, Santa Ana), mit konvex-konkavem Design [28]. Irisfixierte IOL können zur Aphakiekorrektur entweder in der Vorderkammer (präpupillär) oder in der Hinterkammer (retropupillär) fixiert werden. Aufgrund der Nähe zum Endothel der Hornhaut kann die präpupilläre Fixierung einen Endothelzellverlust begünstigen [29, 30].

Für die retropupilläre Fixierung wird ein Endothelzellverlust als mögliche Komplikation diskutiert, scheint jedoch aufgrund der Position der IOL hinter der Iris eher unwahrscheinlich. Ähnlich wie bei anderen intraokularen Eingriffen kommt es zwar zu einem Verlust von Endothelzellen durch das Trauma der Operation, jedoch zeigen verschiedene Studien eine langfristig stabile Endothelzellzahl [31, 32].

Die **Abb. 2** zeigt die wichtigsten Schritte bei der Implantation einer retropupillär fixierten IOL. Falls die Pupille bei vorhergehenden Schritten der Operation erweitert wurde, muss sie vor der retropupillären Implantation mit einem Miotikum wieder verengt werden. Für die präpupilläre Implantation sollte immer ein Miotikum intrakameral appliziert werden. Die Im-

plantation erfolgt meist über eine sklerokorneale Inzision von ca. 5,2–5,3 mm, da dieses Vorgehen im Vergleich zu einer kornealen Inzision weniger Astigmatismus induziert. Vor der Implantation werden eventuell vorhandene Reste des Kapselsacks entfernt. Sowohl für die prä- als auch retropupilläre Fixierung der IOL wird mittelperipheres Irisgewebe in den Klauen der IOL enklaviert. Hierfür muss das Gewebe ausreichend stabil sein. Ist dies z.B. aufgrund größerer Irisdefekte oder Atrophien nicht gegeben, muss auf ein alternatives Verfahren ausgewichen werden. Auch bei bestehender Rubeosis iridis oder aktiver Uveitis ist die IFIOL nicht geeignet [33]. Kleinere Atrophieareale können bei der Enklavation ausgespart werden. Bei traumatischer Mydriasis ist die

Enklavation zwar technisch schwieriger zu bewerkstelligen, aber prinzipiell möglich. Ist die Pupille sehr eng, besteht bei der retropupillären Enklavation ein erhöhtes Risiko für ein Trauma des Irisphinkter, sodass in diesen Fällen eine präpupilläre Enklavation vorteilhafter sein kann [33].

Da die Implantation ohne Naht möglich ist und vergleichsweise einfach durchzuführen, kommt es in der Regel zu kürzeren Operationszeiten als beispielsweise bei den SFIOL. Wird die IOL retropupillär fixiert, besteht das Risiko für eine intraoperative Luxation des Pseudophakos in den Glaskörper [30], wobei dieses durch die Verwendung spezieller Implantationspinzetten minimiert werden kann. Während bei den Vorgängern der heute verwendeten konvex-konkaven Irisklauenlinsen eine Iridektomie zur Prävention eines Pupillarblocks erforderlich war, ist dies bei den modernen Modellen nicht mehr der Fall [30, 32, 34]. Auch für die modernen irisfixierten IOL ist in der Literatur ein vorübergehender Augendruckanstieg beschrieben, der aber nicht durch einen Pupillarblock, sondern eine postoperative Inflammation oder verbliebenes Viskoelastikum verursacht wird [33]. Je nach Lokalisation vor oder hinter der Iris unterscheidet sich die Ausrichtung der IOL. Bei der präpupillären Fixation zeigt die *konvexe* Seite der IOL Richtung Hornhaut, bei der retropupillären Fixation hingegen zeigt die *konkave* Seite Richtung Hornhaut. Dies soll einen Kontakt mit dem Irisgewebe und assoziierte Komplikationen wie eine Pigmentdispersion verhindern.

Eine der häufigsten Komplikationen nach IFIOL-Implantation ist eine horizontale Ovalisierung der Pupille. Sie entsteht, wenn die IOL beispielsweise asymmetrisch oder sehr nah am Pupillarsaum enklaviert wird oder wenn sehr viel Irisgewebe enklaviert wird. Die Häufigkeit wird mit 0–44% angegeben [33] und ist auch von der Erfahrung des Operateurs abhängig. Häufig ist die Ovalisierung nur vorübergehend, und die Dilatation der Pupille ist in der Regel nicht beeinträchtigt [33]. Daher ist meist keine chirurgische Intervention erforderlich.

Eine weitere häufig berichtete Komplikation ist die spontane oder traumatische Deenklavation der IOL [35]. Ähnlich wie bei der Ovalisierung der Pupille spielt hierbei

die Erfahrung des Operateurs eine Rolle, da bei inkorrekt primärer Enklavation eine frühe Deenklavation auftreten kann. In Studien, die Patienten nach IFIOL-Implantation über mehrere Jahre nachverfolgten, zeigte sich eine Deenklavationsrate von 1–2%, die auf eine Irisatrophie im Bereich der Haptiken zurückzuführen ist [32, 34]. Junges Patientenalter und eine Traumaanamnese wurden hier als begünstigende Faktoren identifiziert. Obwohl eine Reenklavation an anderer Stelle meist gut möglich ist, wird von manchen Operateuren ein Austausch der IOL bevorzugt, da insbesondere bei traumatischer Deenklavation von einem Materialschaden an den Haptiken der IOL ausgegangen werden muss. Der Einsatz einer intakten IOL soll dann ein verlässlicheres Ergebnis als die erneute Fixierung der deenklavierten IOL bringen [32, 33, 35].

Die funktionellen Ergebnisse mit IFIOL hängen entscheidend von den vorhandenen Komorbiditäten ab und unterscheiden sich deshalb abhängig von der Indikation zur Implantation einer IFIOL. Der bestkorrigierte Visus für die retropupilläre IFIOL wird zwischen 0,09 [36] und 0,64 logMAR [28] angegeben. In beiden Studien wurden unter anderem Patienten untersucht, die entweder aufgrund einer komplizierten Kataraktoperation, IOL-Tausch oder okulärem Trauma mit einer IFIOL versorgt wurden. Bei Patienten mit Komorbiditäten, bei denen beispielsweise zusätzlich eine perforierende Keratoplastik durchgeführt wurde, können die Ergebnisse entsprechend abweichen [33].

Sklerafixierte IOL (SFIOL)

Im Vergleich zur Irisfixation sind die verschiedenen Techniken der Sklerafixation anspruchsvoller in der Umsetzung und gehen mit einer längeren Operationszeit einher. SFIOL können entweder mit Naht oder nahtlos fixiert werden, wobei mittlerweile zahlreiche verschiedene Techniken beschrieben wurden.

Folgende Überlegungen sind prinzipiell bei den SFIOL anzustellen:

Die anatomische Position der SFIOL ist entweder der Sulcus ciliaris oder die Pars plana. Ein erhöhtes Risiko für eine Amotio retinae oder eine suprachoroidale Blutung bei der Fixierung in der Pars plana wurde

diskutiert, konnte jedoch in einer Studie mit insgesamt 94 Augen, davon 56 mit IOL-Fixation in der Pars plana nicht bestätigt werden [37]. Auch bezüglich der weiteren untersuchten Komplikationen, Tilt und Dezentrierung der IOL, zystoidem Makulaödem und Sekundärglaukom zeigte sich kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

Die Position im Sulcus entspricht einer Fixationsstelle ca. 1,5 mm posterior des Limbus und die der Pars plana einer Fixationsstelle ca. 3,0 mm posterior des Limbus. Zur Vermeidung eines sog. „iris capture“/„pupillary capture“ wird von manchen Chirurgen eine Position ca. 2,0 mm posterior des Limbus bevorzugt, jedoch geht diese Position mit einem erhöhten Blutungsrisiko verglichen mit der Position 3,0 mm hinter dem Limbus einher [37]. Auch ein Abstand von 2,5 mm vom Limbus ist in der Literatur beschrieben und wird von manchen Chirurgen verwendet [38]. Sugiura et al. untersuchten mittels Endoskopie und UBM die Abmessungen des Sulcus ciliaris und der gut vaskularisierten Pars plicata des Ziliarkörpers. Die Abmessung ergab, dass die Pars plicata ca. 2,41 mm hinter dem Limbus endet. Die Autoren empfehlen daher aufgrund der anatomischen Verhältnisse eine Punktionsstelle 3,0 mm posterior des Limbus, um das Blutungsrisiko möglichst gering zu halten. Aufgrund der variablen anatomischen Verhältnisse des Sulcus ciliaris und der unterschiedlichen Austrittsstellen je nach verwendeter Nadel empfehlen Sugiura et al., einer Ab-interno-Fixierung im Sulcus den Vorzug zu geben und auf eine Ab-externo-Fixierung im Sulcus zu verzichten [39].

Eine optimale Ausrichtung der IOL ohne Verkipfung oder Dezentrierung gelingt nur, wenn die Fixierpunkte genau 180° voneinander entfernt liegen und keine übermäßige Spannung auf die IOL ausgeübt wird [37]. Eine Verkipfung kann insbesondere in Kombination mit einer anterior positionierten IOL ein „iris capture“ begünstigen [7, 37].

Nachfolgend sollen die gängigsten Techniken der SFIOL einschließlich der neueren Ansätze zur nahtlosen Fixierung dargestellt werden.

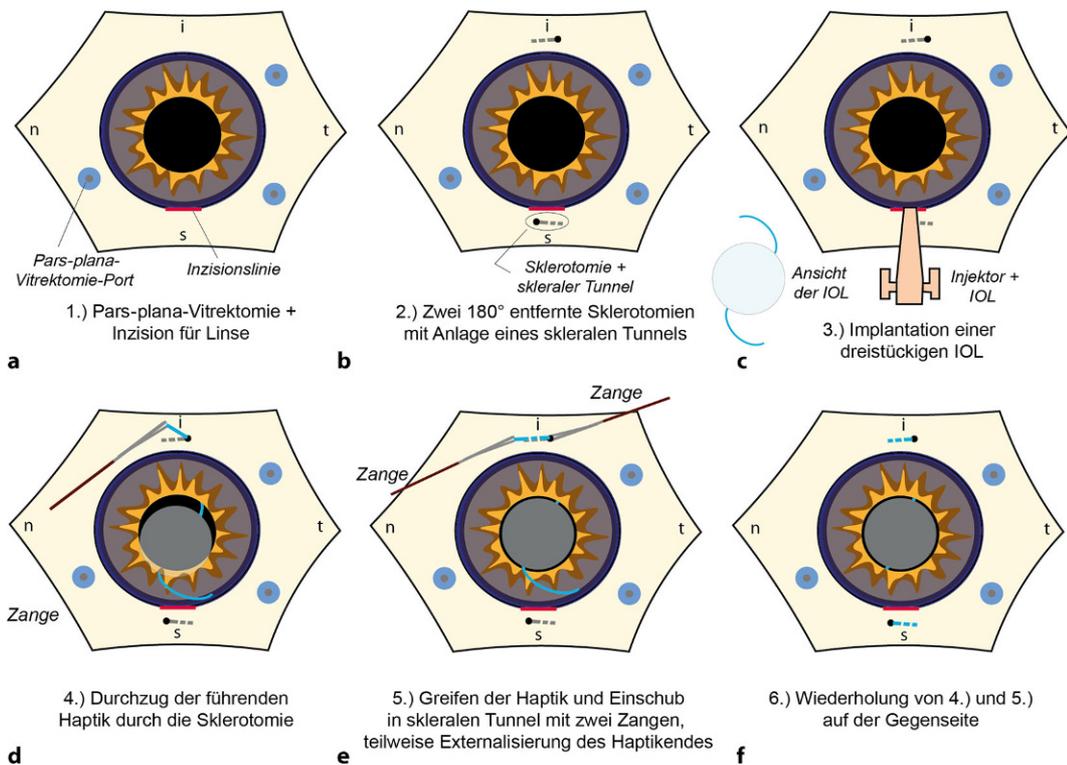


Abb. 3 ▲ Implantation einer nahtlosen SFIOL nach Scharioth (a–f) als schematische Darstellung mit den wichtigsten Schritten von 1. bis 6. **a** Pars-plana-Vitrektomie und Inzision für den Linseninjektor. **b** Präparation zweier gegenüberliegender Sklerotomien (*schwarzer Punkt*) mit ausgehendem skleralem Tunnel (*gestrichelte graue Linie*) bei 3 Uhr und 9 Uhr. **c** Implantation einer 3-stückigen IOL. **d** Durchzug der führenden Haptik durch die Sklerotomie mittels Zange. Die Zange wird dabei durch die Sklerotomie geführt, um die Haptik initial zu greifen. Die Zange wird dabei durch die Sklerotomie geführt, um die Haptik initial zu greifen. **e** Einschleiben der führenden Haptik in die skleralen Tunnel unter Einsatz zweier Zangen. Dabei wird die Haptik erst ein kleines Stück zurückverlagert, anschließend von vorne gegriffen und unter Zuhilfenahme einer zweiten Zange durch den Skleratunnel geschoben. Das Haptikende kann dabei externalisiert werden. **f** Analoge Fixierung der zweiten Haptik

Nahtfixierte SFIOL

Die Erstbeschreibung der nahtfixierten SFIOL gelang Malbran et al. [40] 1986 mit einer Technik, bei der eine Hinterkammerlinse mittels Polypropylen-Naht im Sulcus fixiert wurde [40]. Es wurden zahlreiche Modifikationen der Technik beschrieben, bei denen verschiedene Lösungen vorgeschlagen wurden, um ein Erodieren der Bindehaut z.B. durch Deckung mit Sklerataschen über den Nähten zu verhindern [41, 42]. Auch das Versenken der Knoten in der Sklera oder spezielle Nahttechniken, die ohne Knoten auskommen, wurden vorgeschlagen [8].

Szurman et al. publizierten 2010 eine minimal-invasive Nahttechnik, mit der 3-stückige IOL mit einer Prolene-Naht fixiert werden können. Bei dieser Technik wird eine im Injektor geladene IOL verwendet. Eine doppelt-armierte Prolene-Naht wird zunächst 2 mm posterior des Limbus

in das Auge eingebracht und 180° von der Einstichstelle wieder mithilfe einer zweiten Kanüle externalisiert. Die Naht wird dann über eine Clear-Cornea-Inzision externalisiert und halbiert, sodass zunächst die führende Haptik an einem Ende fixiert werden kann. Nach Implantation der IOL über die Clear-Cornea-Inzision in die Vorderkammer soll die zweite Haptik im Wundspalt zum Liegen kommen, um mit dem anderen Ende der Naht fixiert zu werden. Dann wird die IOL über Zug an den Nähten in die finale Position im Sulcus gebracht. Die Technik verwendet zur Fixierung in der Sklera eine Z-förmige Naht ohne Knoten, um Komplikationen wie einer Atrophie der Skleradecke, Erosion der Nähte und Infektionen vorzubeugen [43, 44].

Bei allen Techniken der Nahtfixation kann es zum Bruch des Nahtmaterials kommen. Vote et al. geben die Häufigkeit einer weiteren chirurgischen Intervention nach

nahtfixierten SFIOL mit 49% an, wobei die häufigste Indikation der Bruch des Nahtmaterials war [45]. Mögliche Ansätze zur Umgehung dieses Problems sind die Verwendung von stärkerem Nahtmaterial oder besonders bruchsicherer Materialien, wie z. B. Gore-Tex [7, 46].

Auch weitere schwere Komplikationen wie suprachoroidale Blutungen und Endophthalmitiden sind nach Nahtfixierung von SFIOL beschrieben, wobei die Häufigkeit je nach verwendeter Technik variiert [7, 8, 47].

Nahtlos fixierte SFIOL

Da die Nahtfixierung von SFIOL technisch anspruchsvoll und mit Komplikationen wie dem Bruch des Nahtmaterials assoziiert ist, wurden verschiedene Techniken zur nahtlosen Fixierung entwickelt.

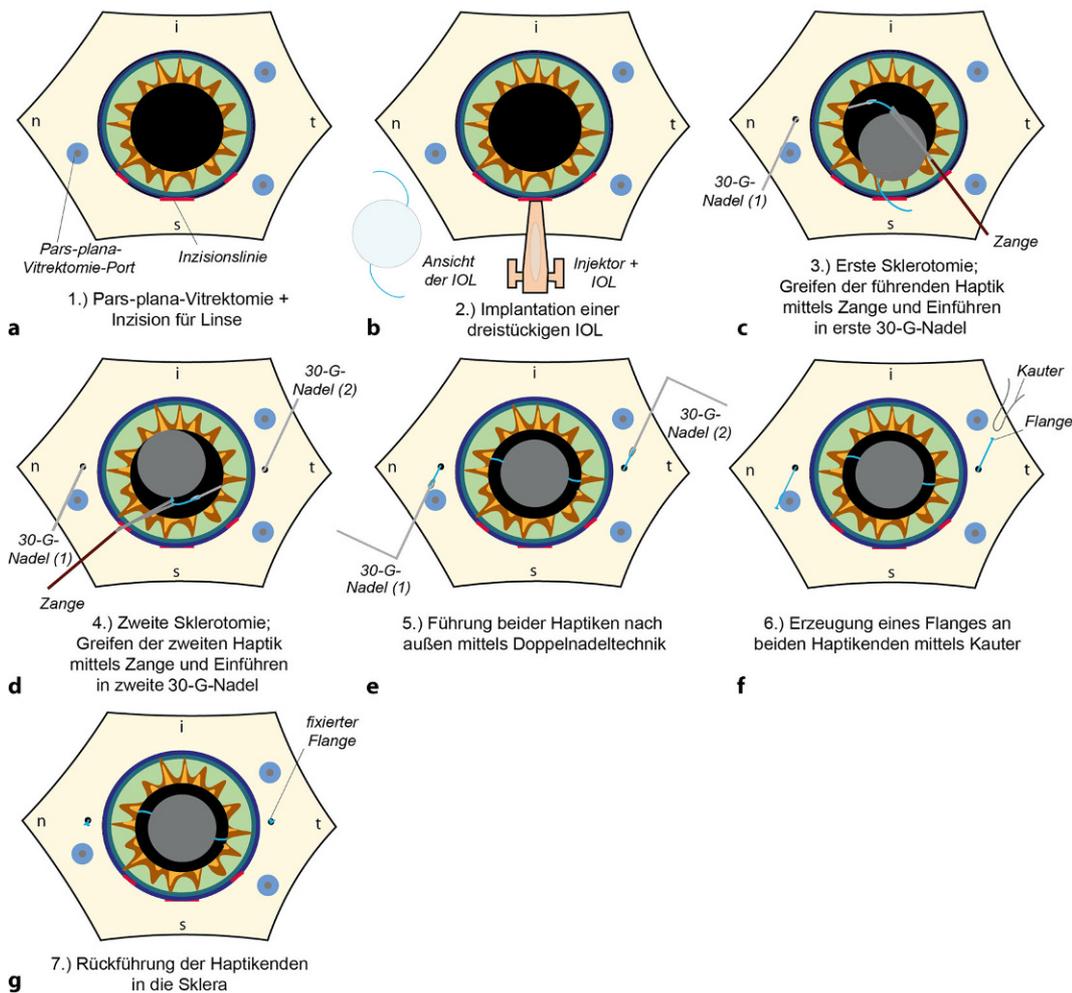


Abb. 4 ◀ Implantation einer nahtlosen SFIOL nach Yamane (a–g) als schematische Darstellung mit den wichtigsten Schritten von 1. bis 7. **a** Pars-plana-Vitrektomie, Parazentesen und Inzision für den Linseninjektor. **b** Implantation einer 3-stückigen IOL. **c** Erste Sklerotomie mit Greifen der führenden Haptik und Einführen dieser in die Öffnung einer 30-G-Nadel. Die nachfolgende Haptik liegt noch im Bereich der Inzision. IOL. **d** Zweite Sklerotomie: Greifen der zweiten Haptik und Einführen in die Öffnung einer zweiten 30-G-Nadel auf der gegenüberliegenden Seite, während die Haptik in der ersten Nadel ruht. **e** Führung beider Haptiken nach außen mittels Doppelnadeltechnik, dabei Positionierung der Linse. **f** Erzeugung eines Flanges an beiden Haptikenden mittels Kauter. **g** Rückführung jeder Flange eines Haptikendes in die Sklera

Scharioth-Technik

Scharioth beschrieb erstmals eine Möglichkeit der nahtlosen Fixierung von SFIOL. Bei dieser Technik werden, ausgehend von zwei 180° voneinander entfernt liegenden Sklerotomien, jeweils ein 2–3 mm langer Skleratunnel, der sog. „Scharioth Tunnel“ oder „Scharioth pocket“, angelegt. Diese dienen der Fixierung der Haptiken einer 3-stückigen IOL [48]. Die Scharioth-Technik ermöglicht eine stabile Fixierung und gute Zentrierung der IOL in 96,8% der Fälle, [49], jedoch ist sie nicht immer leicht umzusetzen. Die **Abb. 3** illustriert die wichtigsten Schritte dieser komplexen Technik.

Ursprünglich wurde diese Technik, als „geklebte IOL“ entwickelt, die zusätzlich noch Skleradeckel verwendet, die mit Fibrinkleber versiegelt werden, um die Haptik komplett mit Skleragewebe zu bedecken. Der Klebstoff dient hierbei nicht zur Verbesserung der Stabilität, sondern nur

zur besseren Abdeckung der Sklerotomien [50, 51]. Auch für diese Technik zeigte sich eine stabile Position der IOL im Nachbeobachtungszeitraum über 5 Jahre [52].

Die funktionellen Ergebnisse der beiden Techniken sind sehr ähnlich und werden mit einem Fernvisus von 0,4 logMAR für die Scharioth-Technik [49] bzw. einem korrigierten Dezimalvisus von 0,38 für die geklebten SFIOL angegeben [53].

Yamane-Technik

Für die Yamane-Technik eignen sich 3-stückige IOL, die zunächst in die Vorderkammer implantiert wird. Die Haptiken werden dann, ähnlich wie bei den anderen Techniken, in der 3- und 9-Uhr-Position fixiert, indem sie über Sklerotomien externalisiert werden. Die **Abb. 4** zeigt die wichtigsten Schritte anhand einer Schemazeichnung. Dazu wird jeweils mit einer zuvor entsprechend zurechtgebogenen 30-G-Kanüle in 1,5–2,0 mm Abstand vom

Limbus über eine intrasklerale limbusparallele Tunnelung in den Glaskörperraum eingegangen, und mittels des sog. Handshake-Manövers werden die Haptiken der IOL aufgefangen und externalisiert. Um die Haptik sicher zu verankern, wird mittels eines Glühkauters eine Knopfkonfiguration am Ende der Haptiken erzeugt (sog. „flange“) mit einem Durchmesser von 0,3 mm. Die Enden werden dann in den zuvor angelegten Skleratunneln versenkt, und die IOL wird im Bereich des Sulcus ciliaris zentriert. Um ein sog. „iris capture“ zu verhindern, wird nach Engstellen der Pupille eine periphere Iridotomie mit dem Vitrektor angelegt. Die Yamane-Technik gilt als minimal-invasiv, und die bisherigen Ergebnisse sind vielversprechend. Der bestkorrigierte Visus 36 Monate postoperativ lag im Mittel bei 0,04 logMAR [54].

Mögliche Komplikationen der Technik sind eine Verkipfung der IOL durch eine

asymmetrische Kürzung beim Kautern und eine inadäquate Größe des Flange, die zur Instabilität oder unzureichend versenkten Haptikenden führen kann [51]. Eine Erosion der Haptik ist – analog zur Erosion einer Naht bei den nahtfixierten SFIOL – mit einem erhöhten Risiko einer Endophthalmitis verbunden [55, 56].

Die Technik wurde seit der Erstbeschreibung weiter modifiziert: Es wurde die Verwendung verschieden dicker Nadeln oder Trokaren anstelle von Nadeln beschrieben [57, 58], und ein spezielles Instrument zur Stabilisierung der Nadel („double-needle-stabilizer“) wurde entwickelt. Dieses ermöglicht eine symmetrischere und reproduzierbare Anlage der Skleratunnel, was sich günstig auf eine mögliche Verkipfung der IOL auszuwirken scheint [59]. Da das Andocken der Haptik an die Nadel technisch schwierig sein kann, wurden Modifikationen der Technik beschrieben, die diesen Schritt vereinfachen sollen. So kann beispielsweise die führende Haptik zunächst über eine korneale Inzision externalisiert und erst nach der zweiten Haptik über die Sklerotomie externalisiert werden [60]. Speziell entwickelte Nadeln, die eine einfachere Manipulation ermöglichen sollen, stehen mittlerweile zur Verfügung. Auch ein Einfädeln der zweiten Haptik weiter posterior im Glaskörperraum unter Zuhilfenahme eines Chandelier-Lichts wurde beschrieben [61, 62]. Eine Modifikation der Form des sog. „flange“ wurde beschrieben, um eine flachere Knopfform zu erhalten, die eine bessere Langzeitstabilität ermöglichen soll [63].

Carlevalle-Technik

Die Carlevalle-Linse (FIL SSF, Soleko, Italien) ist eine faltbare hydrophile Single-piece-Linse mit T-förmigen Haptiken (Weite 2 mm, Länge 1 mm), welche in der Hinterkammer positioniert wird. Eine Besonderheit im Linsendesign ist insbesondere eine Abwinkelung der Haptiken um 5° zur Optik, um die Position zu optimieren und das Risiko eines Pupillarblocks zu verringern [64]. Die Linse kann über einen kleinen kornealen oder korneoskleralen Tunnel (2,2 mm oder 2,7 mm) mit einem Einweiginjektor (Medicel Viscoject) implantiert werden.

Für die Implantation einer Carlevalle-IOL wird zunächst eine Inzision der nasa-

len und temporalen bulbären Bindehaut durchgeführt, um die Sklera darzustellen, gefolgt von episkleraler Elektrokoagulation zur Blutstillung. Im nächsten Schritt wird ein Trokar für die Infusionskanüle im temporal inferioren Quadranten im Limbusabstand 3,5 mm gesetzt. Anschließend werden 2 Sklerainzisionen mit einer scharfen Klinge bei 0 und 180° im Abstand von 1,75–2,0 mm vom Limbus angelegt [64]. Dann werden die Skleraschnitte nach inferior und superior zur Skleratasche eröffnet, die Größe der dadurch angelegten Sklerataschen sollte etwa 2,5 × 2,5 mm betragen. Über 2 weitere Trokare können nun eine anteriore und posteriore Vitrektomie erfolgen [65, 66]. Mittels 23-G- oder 25-G-Trokar wird durch die Mitte der gebildeten Sklerataschen jeweils eine Sklerotomie angelegt.

Dann wird die Carlevalle-IOL über einen kornealen Tunnel implantiert. Dabei wird zunächst die führende Haptik in die Hinterkammer implantiert, die Optik und zweite Haptik verbleiben noch in der Vorderkammer. Die T-förmigen Haptiken werden mit einer Krokodilpinzette mittels Handshake-Manövers über die Sklerotomien externalisiert. Die Enden werden jeweils in den vorpräparierten Sklerataschen versenkt. Zur Naht der Skleratasche und der Bindehaut wird Nylon 10/0 oder Vicryl 8/0 verwendet.

Die **Abb. 5** zeigt die wichtigsten Schritte bei der Implantation einer Carlevalle-IOL. Das supplementale Video 2 zeigt die Implantation einer Carlevalle-IOL im Rahmen eines IOL-Tauschs.

Es wurde die Möglichkeit der Externalisierung nach subkonjunktival beschrieben, hier muss jedoch das postoperative Risiko für eine Endophthalmitis bei Erosion der Haptiken bedacht werden [65, 67]. Dies wurde auch für andere Techniken beschrieben, bei denen Haptiken subkonjunktival positioniert werden [54]. Der bestkorrigierte postoperative Visus wurde von verschiedenen Autoren zwischen $0,08 \pm 0,08$ und $0,42 \pm 0,33$ angegeben [65, 68].

Vergleich der Methoden

Eine Arbeit von Brunin et al., die die Fixierung im Sulcus (mit oder ohne „optic capture“) mit der IFIOL, ACIOL und SFIOL (nahtfixiert) verglich, zeigte, dass die Visusergebnisse mit der sulcusfixierten IOL

Abb. 5 ▶ Implantation einer Carlevalle-IOL bei IOL-Kalzifikation. **a** Situs nach Eröffnen der Bindehaut und Markieren der Fixationsstellen bei 3 und 9 Uhr. **b–d** Präparieren einer Skleratasche bei 3 und 9 Uhr. **e** Setzen der Vitrektomieports in üblicher Reihenfolge. **f** Kornealer Tunnel von 2,7 mm bei 12 Uhr. **g** Explantation der kalzifizierten Linse über den kornealen Tunnel. **h** Vordere Vitrektomie. **i** Vitrektomie über die Pars plana. **j** Laden der Carlevalle-IOL in den Injektor. **k** Sklerotomie im Bereich der zuvor präparierten Sklerataschen bei 3 und 9 Uhr. **l** Implantation der IOL und Greifen der führenden Haptik mit einer Pinzette über die Sklerotomie. **m** Die führende Haptik wurde externalisiert, und die zweite Haptik wird mit einer Krokodilpinzette über die Sklerotomie gefasst und ebenfalls externalisiert. **n** Beide Haptiken wurden über die Sklerotomien externalisiert. Die Enden der Haptik werden in der Skleratasche versenkt. **o** Naht der Sklerataschen

am besten waren. Insbesondere in Fällen, bei denen ein „optic capture“ möglich war, war diese Methode auch mit der geringsten Komplikationsrate verbunden [21].

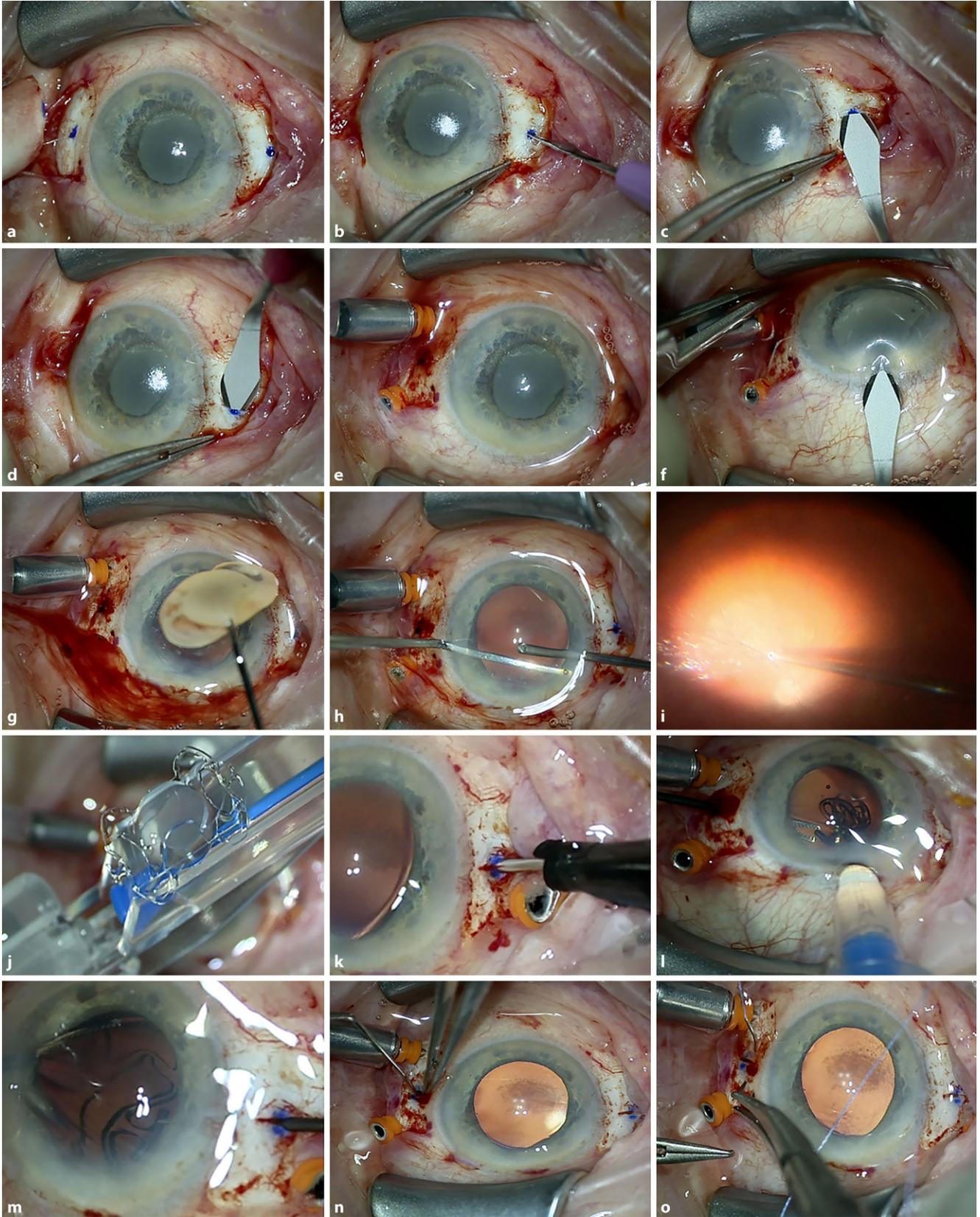
Ein Vergleich einer SFIOL-Technik mit Nahtfixierung und einer geklebten SFIOL, die 50 Augen einschloss, zeigte vergleichbare Visusergebnisse in beiden Gruppen, jedoch war die Nahtfixation mit einer höheren Komplikationsrate verbunden [69]. Eine andere Arbeit, die ebenfalls eine Nahtfixierung mit einer Technik zur geklebten SFIOL verglich, kam auch zu dem Ergebnis, dass die Komplikationsrate mit der nahtlos fixierten SFIOL geringer war [70]. Sowohl die funktionellen Ergebnisse als auch die Stabilität der IOL waren bei der geklebten IOL überlegen [70]. Eine retrospektive Fallserie, die Patienten einschloss, die mit der Scharioth-Technik oder einer nahtfixierten IOL versorgt wurden, zeigte keinen Unterschied zwischen den funktionellen Ergebnissen. Bei den nahtlos fixierten IOL kam es zu 2 Dislokationen (17%), wohingegen bei den nahtfixierten IOL keine Dislokation beobachtet wurde [71].

Die nahtlos fixierten SFIOL wurden der IFIOL in mehreren Studien gegenübergestellt. Die funktionellen Ergebnisse mit beiden Ansätzen sind vergleichbar [72–76]. Der Vorteil der IFIOL liegt in der deutlich kürzeren Operationszeit und der Einfachheit des Verfahrens, das dadurch auch mit einer kürzeren Lernkurve verbunden ist [73, 75, 77]. Nachteilig ist die häufiger berichtete Ovalisierung der Pupille [72, 74, 75], die jedoch meist keiner Intervention bedarf. Zudem wurde eine höhere Rate an

Hier steht eine Anzeige.



Übersichten



postoperativer Iritis mit der IFIOL berichtet [72, 75]. Auch das Risiko einer Deenklation der IFIOL sollte bei der Auswahl der Methode insbesondere bei jüngeren Patienten berücksichtigt werden [73]. Eine Metaanalyse kam zu dem Schluss, dass kein Unterschied in Sicherheit und Ergebnissen zwischen den IFIOL und nahtfixierten SFIOL besteht und dass beide geeignet sind, eine Aphakie bei fehlender Möglichkeit der Kapselsackimplantation zu korrigieren [77].

Li et al. verglichen in einer Metaanalyse die Verfahren der IFIOL, nahtfixierte und nahtlos fixierte SFIOL. Die funktionellen Ergebnisse waren mit allen Methoden vergleichbar. Die Risikoprofile unterschieden sich jedoch je nach Verfahren: Die IFIOL waren mit einem geringeren Blutungsrisiko und geringerem Risiko der Verschlechterung eines Glaukoms oder Auftreten eines Makulaödems verbunden. Die Operationszeit war mit der IFIOL kürzer, der Endothelzellverlust jedoch in dieser Gruppe höher als bei den anderen Verfahren [78]. Da für die IFIOL ein sklerokornealer Tunnel von 5,2–5,3 mm angelegt werden muss, eignet sich dieses Verfahren insbesondere bei Patienten, bei denen dieser Zugang ohnehin bereits besteht.

Ein Vorteil der Carlevalle-IOL im Vergleich zur Yamane-Technik scheint das verringerte Risiko zur Verkipfung nach Implantation zu sein. Barca et al. [67] beschreiben eine mittlere Verkipfung der Carlevalle-IOL von $2,08 \pm 1,19^\circ$, wohingegen bei der Yamane-Technik eine mittlere Verkipfung von $2,53 \pm 1,43$ und $5,62 \pm 3,86^\circ$ beschrieben wurde [66].

Fazit

In Fällen, in denen eine Fixierung der IOL im Kapselsack nicht möglich ist, ist die sulcusfixierte IOL die Methode der Wahl, die jedoch ebenfalls eine gewisse Stabilität des Halteapparates erfordert. Ist auch dies nicht möglich, kommen die IFIOL und SFIOL in Betracht. Die beiden Ansätze unterscheiden sich in ihren Risikoprofilen. Während die IFIOL technisch einfacher ist und mit einer kürzeren Operationszeit einhergeht, jedoch einen großen sklerokornealen Tunnel voraussetzt, hat die SFIOL ein breiteres Anwendungsspektrum. Die Entscheidung für eine Methode hängt nicht

nur von den individuellen Gegebenheiten beim jeweiligen Patienten, sondern auch von der Erfahrung des Operateurs mit den unterschiedlichen Techniken ab.

Korrespondenzadresse



Prof. Dr. med. Ramin Khoramnia

Augenklinik, Universitätsklinikum Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 400, 69120 Heidelberg,
Deutschland

Ramin.Khoramnia@med.uni-heidelberg.de

Funding. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. R. Khoramnia gibt Forschungsförderung von Alcon, Hoya, Physiol, Rayner, Johnson&Johnson und 1stQ, Vortragshonorare von Alcon, Kowa, Hoya, Ophtec, Physiol, Rayner, Johnson&Johnson, Teleon, Santen, Acufocus, Bausch&Lomb und 1stQ sowie Reisekostenunterstützung von Alcon, Teleon, Johnson&Johnson, Rayner und 1stQ an. G.U. Auffarth gibt Forschungsförderung durch die Klaus Tschira Stiftung, Santen, Alcon, Zeiss, Physiol, Johnson&Johnson, Kowa, Hoya, SIFI und Acufocus, Vortragshonorare von Santen, Alcon, Johnson&Johnson, Kowa, Hoya, SIFI und Reisekostenunterstützung von Alcon, Kowa, Hoya und SIFI an. I.D. Baur, I. Winkelmann, M. Albrecht und Y. Botros geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien. Für Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts, über die Patient/-innen zu identifizieren sind, liegt von ihnen und/oder ihren gesetzlichen Vertretern/Vertreterinnen eine schriftliche Einwilligung vor.

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

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Khoramnia R, Baur ID, Auffarth GU (2023) Aetiology and Management of IOL Dislocations. *Klin Monbl Augenheilkd* 240(8):971–980. English, German. <https://doi.org/10.1055/a-2074-9028>
2. Neuhann T, Yildirim TM, Son H-S et al (2020) Reasons for explantation, demographics, and material analysis of 200 intraocular lens explants. *J Cataract Refract Surg* 46:20–26
3. Kanclerz P, Yildirim TM, Khoramnia R (2021) A review of late intraocular lens opacifications. *Curr Opin Ophthalmol* 32:31–44
4. Kanclerz P, Yildirim TM, Khoramnia R (2021) Microscopic characteristics of late intraocular lens opacifications. *Arch Pathol Lab Med* 145:759–767
5. Khoramnia R, Yildirim TM, Labuz G et al (2021) Eintrübung von Intraokularlinsen: Erkenntnisse aus dem Labor und der Klinik. *Ophthalmologie* 118:633–642
6. Khoramnia R (2021) Eintrübung von Intraokularlinsen (Opacification of Intraocular Lenses). *Klin Monbl Augenheilkd* 238(7):831–842. <https://doi.org/10.1055/a-1472-0570>
7. Shen JF, Deng S, Hammersmith KM et al (2020) Intraocular lens implantation in the absence of zonular support: an outcomes and safety update: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 127:1234–1258
8. Stem MS, Todorich B, Woodward MA et al (2017) Scleral-fixated intraocular lenses: past and present. *J Vitreoretin Dis* 1:144–152
9. Yamada M, Nishimura E, Watanabe S et al (2024) Comparison of complications of intrascleral fixation according to the extent of vitrectomy. *BMC Ophthalmol* 24:154
10. Cho B-J, Yu HG (2014) Surgical outcomes according to vitreous management after scleral fixation of posterior chamber intraocular lenses. *Retina* 34:1977–1984
11. Choi SY, Hwang YS, Kim M et al (2017) Comparison of outcomes of scleral fixation with and without pars plana vitrectomy for the treatment of dislocated intraocular lens. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 255:2503–2509
12. Naderi K, Allen F, Dowlat S et al (2020) The risk of rhegmatogenous retinal detachment following anterior vitrectomy during cataract surgery: with versus without pars plana vitrectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 258:2425–2429
13. Chang DF, Masket S, Miller KM et al (2009) Complications of sulcus placement of single-piece acrylic intraocular lenses: recommendations for backup IOL implantation following posterior capsule rupture. *J Cataract Refract Surg* 35:1445–1458
14. Mamalis N (2009) Sulcus placement of single-piece acrylic intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 35:1327–1328

Correction of aphakia in cases of insufficient capsular bag stability

A variety of situations can lead to the need for an alternative method of intraocular lens (IOL) fixation if implantation in the capsular bag is not possible. Depending on the situation, sulcus-fixed IOLs, iris-fixed IOLs (IFIOLs) and scleral-fixed IOLs (SFIOLs) are available. With SFIOLs, a distinction is made between suture-fixed and sutureless-fixed techniques. This paper summarizes the advantages and disadvantages of the different approaches, including the newer methods of sutureless SFIOLs. The decision on a specific approach in the individual case depends on both the individual circumstances of the patient and the experience of the surgeon.

Keywords

Sulcus-fixed IOLs · Scleral-fixed IOLs · Iris-fixed IOLs · Complication management · IOL exchange

15. Britz L, Auffarth GU, Khoramnia R (2024) Katarakt durch iatrogenes Linsentrauma im Rahmen einer intravitrealen Injektion – Darstellung mittels (intraoperativer) optischer Kohärenztomographie (Cataract due to iatrogenic lens trauma during an intravitreal injection-imaging using (intraoperative) optical coherence tomography). *Ophthalmologie* 121(4):313–316. <https://doi.org/10.1007/s00347-023-01975-6>
16. Chang JS, Ng JC, Chan VK (2014) Sulcus fixation of a 3-piece diffractive multifocal intraocular lens with and without optic capture in the anterior capsulorhexis. *Ophthalmology* 121:429–430. e422
17. Khoramnia R, Wallek H, Güngör H et al (2021) Fixation einer Intraokularlinse bei intraoperativem Hinterkapseldefekt durch Einklemmen der Linsenoptik in der vorderen Kapsulorhexis. *Ophthalmologie* 118:960–964
18. Suto C, Hori S, Fukuyama E et al (2003) Adjusting intraocular lens power for sulcus fixation. *J Cataract Refract Surg* 29:1913–1917
19. Mehta R, Aref AA (2019) Intraocular lens implantation in the ciliary sulcus: challenges and risks. *Clin Ophthalmol*:2317–2323
20. Millar ER, Allen D, Steel DH (2013) Effect of anterior capsulorhexis optic capture of a sulcus-fixed intraocular lens on refractive outcomes. *J Cataract Refract Surg* 39:841–844
21. Brunin G, Sajjad A, Kim EJ et al (2017) Secondary intraocular lens implantation: complication rates, visual acuity, and refractive outcomes. *J Cataract Refract Surg* 43:369–376
22. Pandey SK, Ram J, Werner L et al (1999) Visual results and postoperative complications of capsular bag and ciliary sulcus fixation of posterior chamber intraocular lenses in children with traumatic cataracts. *J Cataract Refract Surg* 25:1576–1584
23. Smith PW, Wong SK, Stark WJ et al (1987) Complications of semiflexible, closed-loop anterior chamber intraocular lenses. *Arch Ophthalmol* 105:52–57
24. Sawada T, Kimura W, Kimura T et al (1998) Long-term follow-up of primary anterior chamber intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 24:1515–1520
25. Apple DJ, Brems RN, Park RB et al (1987) Anterior chamber lenses. Part I: complications and pathology and a review of designs. *J Cataract Refract Surg* 13:157–174
26. Fernández-Buenaga R, Alió JL (2017) Intraocular lens explantation after cataract surgery: indications, results, and explantation techniques. *J Ophthalmol* 6:372–380
27. Mamalis N (2000) Explantation of intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol* 11:289–295
28. Schallenberg M, Dekowski D, Hahn A et al (2013) Aphakia correction with retropupillary fixed iris-claw lens (Artisan)–long-term results. *Clin Ophthalmol*:137–141
29. Liang I-C, Chang Y-H, Hernández Martínez A et al (2021) Iris-Claw Intraocular Lens: Anterior Chamber or Retropupillary Implantation? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicina* 57:785
30. Helvacı S, Demirdüzen S, Öksüz H (2016) Iris-claw intraocular lens implantation: Anterior chamber versus retropupillary implantation. *Indian J Ophthalmol* 64:45–49. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.178139>
31. Choi EY, Lee CH, Kang HG et al (2021) Long-term surgical outcomes of primary retropupillary iris claw intraocular lens implantation for the treatment of intraocular lens dislocation. *Sci Rep* 11:1–9
32. Forlini M, Soliman W, Bratu A et al (2015) Long-term follow-up of retropupillary iris-claw intraocular lens implantation: a retrospective analysis. *BMC Ophthalmol* 15:1–6
33. Thulasidas M (2021) Retropupillary iris-claw intraocular lenses: A literature review. *Clin Ophthalmol* 15:2727
34. Toro MD, Longo A, Avitabile T et al (2019) Five-year follow-up of secondary iris-claw intraocular lens implantation for the treatment of aphakia: Anterior chamber versus retropupillary implantation. *PLoS ONE* 14:e214140
35. Tandogan T, Holzer MP, Choi CY et al (2016) Material Analysis of Spontaneously Subluxated Iris-Fixed Phakic Intraocular Lenses. *J Refract Surg* 32:618–625. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20160601-01>
36. Martínez AH, González CVA (2018) Iris-claw intraocular lens implantation: efficiency and safety according to technique. *J Cataract Refract Surg* 44:1186–1191
37. Ma DJ, Choi HJ, Kim MK et al (2011) Clinical comparison of ciliary sulcus and pars plana locations for posterior chamber intraocular lens transscleral fixation. *J Cataract Refract Surg* 37:1439–1446
38. John T, Tighe S, Hashem O et al (2018) New use of 8-0 polypropylene suture for four-point scleral fixation of secondary intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 44:1421–1425
39. Sugiura T, Kaji Y, Tanaka Y (2018) Anatomy of the ciliary sulcus and the optimum site of needle passage for intraocular lens suture fixation in the living eye. *J Cataract Refract Surg* 44:1247–1253
40. Malbran ES, Malbran E, Negri I (1986) Lens guide suture for transport and fixation in secondary IOL implantation after intracapsular extraction. *Int Ophthalmol* 9:151–160
41. Lewis JS (1991) Ab externo sulcus fixation. SLACK Incorporated, Thorofare, NJ, S 692–695
42. Hoffman RS, Fine IH, Packer M (2006) Scleral fixation without conjunctival dissection. *J Cataract Refract Surg* 32:1907–1912
43. Szurman P, Petermeier K, Jaissle GB et al (2007) A new small-incision technique for injector implantation of transsclerally sutured foldable lenses. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 38:76–80
44. Szurman P, Petermeier K, Aisenbrey S et al (2010) Z-suture: a new knotless technique for transscleral suture fixation of intraocular implants. *Br J Ophthalmol* 94:167–169
45. Vote BJ, Tranos P, Bunce C et al (2006) Long-term outcome of combined pars plana vitrectomy and scleral fixed sutured posterior chamber intraocular lens implantation. *Am J Ophthalmol* 141:308–312. e301
46. Khan MA, Gupta OP, Smith RG et al (2016) Scleral fixation of intraocular lenses using Gore-Tex suture: clinical outcomes and safety profile. *Br J Ophthalmol* 100:638–643
47. Price FW Jr, Whitson WE (1990) Suprachoroidal hemorrhage after placement of a scleral-fixed lens. *J Cataract Refract Surg* 16:514–515
48. Gabor SG, Pavlidis MM (2007) Sutureless intrascleral posterior chamber intraocular lens fixation. *J Cataract Refract Surg* 33:1851–1854
49. Scharioth GB, Prasad S, Georgalas I et al (2010) Intermediate results of sutureless intrascleral posterior chamber intraocular lens fixation. *J Cataract Refract Surg* 36:254–259
50. Agarwal A, Kumar DA, Jacob S et al (2008) Fibrin glue–assisted sutureless posterior chamber intraocular lens implantation in eyes with deficient posterior capsules. *J Cataract Refract Surg* 34:1433–1438
51. Jacob S (2017) Intrascleral IOL fixation. *J Ophthalmol* 6:381–387
52. Kumar DA, Agarwal A, Agarwal A et al (2015) Long-term assessment of tilt of glued intraocular lenses: an optical coherence tomography analysis 5 years after surgery. *Ophthalmology* 122:48–55. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.07.032>
53. Kumar DA, Agarwal A (2013) Glued intraocular lens: a major review on surgical technique and results. *Curr Opin Ophthalmol* 24:21–29
54. Yamane S, Sato S, Maruyama-Inoue M et al (2017) Flanged intrascleral intraocular lens fixation with double-needle technique. *Ophthalmology* 124:1136–1142
55. Asif MI, Bafna RK, Kapoor A et al (2021) Intrascleral haptic fixation for haptic exposure after Yamane technique. *BMJ Case Rep*. <https://doi.org/10.1136/bcr-2021-243627>
56. Werner L (2021) Flange erosion/exposure and the risk for endophthalmitis. *J Cataract Refract Surg* 47:1109–1110. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000738>
57. Stem MS, Wa CA, Todorich B et al (2019) 27-gauge sutureless intrascleral fixation of intraocular lenses with haptic flanging: short-term clinical outcomes and a disinsertion force study. *Retina* 39:2149–2154
58. Ishikawa H, Fukuyama H, Komuku Y et al (2020) Flanged intraocular lens fixation via 27-gauge trocars using a double-needle technique decreases



© Romik Image - iStockphoto.com

surgical wounds without losing its therapeutic effect. *Acta Ophthalmol* 98:e499–e503

59. Yamane S, Maruyama-Inoue M, Kadosono K (2019) Needle stabilizer for flanged intraocular lens fixation. *Retina* 39:801

60. Kim DB (2018) Trailing-haptic-first modification of double-needle intrascleral haptic fixation technique. *J Cataract Refract Surg* 44:424–428

61. Bonnell AC, Polo RN, Shah SP et al (2020) One-year outcomes of a novel surgical technique for sutureless intrascleral fixation of a three-piece intraocular lens using a 30-gauge needle. *Retina* 40:1148–1152

62. Najafi M, Johnston RH, Yamane S (2020) Modified flanged intrascleral fixation of intraocular lens for vitreoretinal surgeons. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retin* 51:125–127

63. Ucar F, Cetinkaya S (2020) Flattened flanged intrascleral intraocular lens fixation technique. *Int Ophthalmol* 40:1455–1460

64. Carlà MM, Boselli F, Giannuzzi F et al (2023) Sutureless scleral fixation Carlevalle IOL: a review on the novel designed lens. *Int Ophthalmol* 43:2129–2138

65. Fiore T, Messina M, Muzi A et al (2021) Comparison of two different scleral fixation techniques of posterior chamber Carlevalle lens. *Medicine* 100:e26728. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000026728>

66. Caporossi T, Governatori L, Baldascino A et al (2023) Modified Carlevalle Intraocular Lens Fixation Technique: Two Vitrectomy Ports As Lens Plug Fixation Sites. *Retina* 43:2034–2036

67. Barca F, Caporossi T, de Angelis L et al (2020) Trans-scleral plugs fixated IOL: a new paradigm for sutureless scleral fixation. *J Cataract Refract Surg* 46:716–720

68. Veronese C, Maiolo C, Armstrong GW et al (2020) New surgical approach for sutureless scleral fixation. *Eur J Ophthalmol* 30:612–615

69. Ganekal S, Venkataratnam S, Dorairaj S et al (2012) Comparative evaluation of suture-assisted and fibrin glue-assisted scleral fixated intraocular lens implantation. *J Refract Surg* 28:249–252

70. Sinha R, Bansal M, Sharma N et al (2017) Transscleral suture-fixated versus intrascleral haptic-fixated intraocular lens: a comparative study. *Eye Contact Lens* 43:389–393

71. Haszcz D, Nowomiejska K, Oleszczuk A et al (2016) Visual outcomes of posterior chamber intraocular lens intrascleral fixation in the setting of postoperative and posttraumatic aphakia. *BMC Ophthalmol* 16:1–6

72. Madhivanan N, Sengupta S, Sindal M et al (2019) Comparative analysis of retropupillary iris claw versus scleral-fixated intraocular lens in the management of post-cataract aphakia. *Indian J Ophthalmol* 67:59

73. Shuaib AM, El Sayed Y, Kamal A et al (2019) Transscleral sutureless intraocular lens versus retropupillary iris-claw lens fixation for paediatric aphakia without capsular support: a randomized study. *Acta Ophthalmol* 97:e850–e859

74. Kelkar AS, Kelkar JA, Kothari AA et al (2019) Comparison of flanged intrascleral intraocular lens fixation versus iris claw intraocular lens fixation: A retrospective study. *Indian J Ophthalmol* 67:1838

75. Goyal K, Shekhawat N, Khilnani K (2021) Management of traumatic dislocation of crystalline lens: Retropupillary iris-claw versus sutureless intrascleral-fixated intraocular lens. *Taiwan J Ophthalmol* 11:389

76. Saleh M, Heitz A, Bourcier T et al (2013) Sutureless intrascleral intraocular lens implantation after ocular trauma. *J Cataract Refract Surg* 39:81–86

77. Jing W, Guanlu L, Qianyin Z et al (2017) Iris-claw intraocular lens and scleral-fixated posterior chamber intraocular lens implantations in correcting aphakia: a meta-analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 58:3530–3536

78. Li X, Ni S, Li S et al (2018) Comparison of three intraocular lens implantation procedures for aphakic eyes with insufficient capsular support: a network meta-analysis. *Am J Ophthalmol* 192:10–19

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Machen Sie Ihre Tätigkeit als Reviewer sichtbar

Listen Sie Ihre Gutachten im Web of Science Researcher Profile

Der *Reviewer Recognition Service* (ehemals Publons) ist eine Onlineplattform, die es Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ermöglicht, ihre Begutachtungstätigkeit bei akademischen Fachzeitschriften sichtbar zu machen. Ziel ist es, das Peer Review als messbare wissenschaftliche Leistung anzuerkennen.

Auf der Seite wird übersichtlich und nachvollziehbar dokumentiert, wie häufig die eigene Expertise in einem speziellen Fachgebiet nachgefragt wurde, was z. B. für Bewerbungsverfahren genutzt werden kann.

Um Ihr Review im *Reviewer Recognition Service* anzugeben, registrieren Sie sich einmalig kostenfrei. Im Anschluss können Sie Ihr Gutachten direkt innerhalb Ihres Profils eingeben.

Alternativ leiten Sie die englischsprachige E-Mail, mit der Ihnen der Erhalt des Gutachtens bestätigt wurde, an reviews@webofscience.com weiter.



<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>