

Postoperative Bildgebung des Orbitainhalts¹

Postoperative imaging of the orbital contents

Michael J. Reiter, Ryan B. Schwoppe, Jonathan A. Kini, Gerald E. York, Abraham W. Suhr

Übersicht

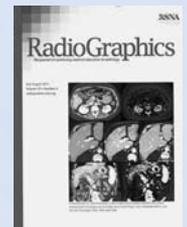
Einleitung	311
Glaukomoperationen und -implantate	312
Kataraktoperationen und Linsen-implantate	315
Operationen bei Netzhautablösung	316
Orbitaenukleation und -implantate	318
Fazialisparesetherapie und Lidgewichte	321
Therapie bei Keratoconjunctivitis sicca und Tränenwegsstöpsel	322
Strabismusoperationen	322
Implantatähnliche Befunde	323
Fazit	325

Zusammenfassung

Die Ophthalmologen führen die verschiedensten Eingriffe am Inhalt der Augenhöhlen durch. Die chirurgische Behandlung von Glaukomen, Katarakten, Netzhautablösungen und Augentraumata oder -tumoren führt zu Veränderungen der Standardanatomie, die bei radiologischen Untersuchungen in vielen Fällen sofort ins Auge springen. Für den Radiologen ist die Fähigkeit, die verschiedenen Bildgebungsmanifestationen nach

Augenoperationen richtig zu interpretieren, von entscheidender Bedeutung, wenn er Fehldiagnosen vermeiden will. Besonders wichtig ist, dass er mit den zahlreichen Arten von Implantaten vertraut ist, z. B. mit Glaukomfiltrationsimplantaten, Orbitaimplantaten und Lidgewichten. Kenntnisse der chirurgischen Anamnese des Patienten sind zwar hilfreich, doch liegen solche Informationen zum Zeitpunkt der Interpretation der Bildgebungsbefunde häufig nicht vor. Glücklicherweise gibt es charakteristische posttherapeutische Befunde, die eine Diagnose ermöglichen. Die Bildgebungsmerkmale der am häufigsten durchgeführten ophthalmologischen Eingriffe werden im vorliegenden Beitrag schlaglichtartig vorgestellt; der Schwerpunkt liegt dabei auf der CT und der MRT, da sie zurzeit die wichtigsten Modalitäten zur Beurteilung der Augenhöhlen sind. Glaukomfiltrationsimplantate und die nach einer Enukleation eingesetzten Orbitaimplantate sind 2 der in diesem Zusammenhang besonders interessierenden Objekte, weil ihre Zusammensetzung sich in den letzten 20 Jahren erheblich verändert hat – mit entsprechenden Auswirkungen auf die Bildgebung. Manche Implantate stören die radiologische Darstellung, so z. B. das Glaukomimplantat nach Baerveldt und die Lidgewichte aus Platin. Berichtet wird auch über die MRT-Sicherheitsprofile zahlreicher Implantate.

¹ © 2015 The Radiological Society of North America. All rights reserved. Originally published in English in *RadioGraphics* 2015; 35: 221–234. Online published in 10.1148/rg.351140008. Translated and reprinted with permission of RSNA. RSNA is not responsible for any inaccuracy or error arising from the translation from English to German.



Einleitung

Die bildgebende Darstellung der Orbita kann Ergebnis einer gezielten Untersuchung oder ein zufälliger Nebenbefund sein, da die Augenhöhlen bei der bildgebenden Untersuchung von Gehirn, Gesicht oder Nasennebenhöhlen miterfasst werden. Jeder Radiologe ist daher unausweichlich mit den Folgen zahlreicher chirurgischer Eingriffe am Auge und seinen Adnexen konfrontiert, darunter verschiedene Implantate. Kenntnisse des Spektrums der postoperativen Orbita-

befunde sind unerlässlich, weil ihr radiologisches Erscheinungsbild verwirrend aussehen und pathologischen Entitäten zum Verwechseln ähneln kann. Die Kenntnis der MRT-Sicherheitsprofile dieser verschiedenen Implantate ist von entscheidender Bedeutung für die Untersucher (Tab. 1), ebenso die Fähigkeit, sie von Fremdkörpern zu unterscheiden. CT und MRT sind die beiden gebräuchlichsten bildgebenden Modalitäten; aber auch Röntgenbilder, auf denen die Orbita miterfasst ist, kommen gelegentlich vor. In diesem Artikel werden einige häufiger durchgeführte Eingriffe

Tabelle 1

MRT-Kompatibilität ophthalmologischer Implantate.

Implantat	MRT-Kompatibilität
EX-PRESS-Glaukomfiltrationsimplantat	sicher bis zu 3 T
Glaukomdrainageimplantate	alle Typen sind sicher
künstliche Intraokularlinsen	alle Typen sind sicher
buckelchirurgische Elemente ¹	alle Typen sind sicher
Orbitaimplantate nach Enukektion	alle Typen sind sicher ²
Lidgewichte aus Gold und Platin	sicher bis zu 3 T
Punctum-Plugs	alle Typen sind sicher

¹ einschließlich Titan-Clips

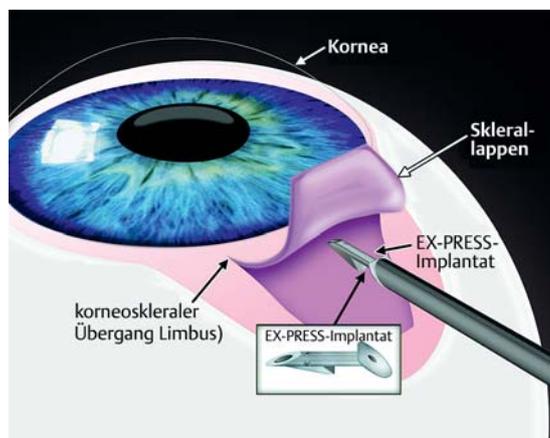
² mit Ausnahme älterer magnetischer Orbitaimplantate, die in den 1940er- bis 1950er-Jahren verwendet wurden

am Auge und die dabei zu erwartenden Bildgebungsbefunde beschrieben.

Glaukomoperationen und -implantate

Nach Makuladegeneration und diabetischer Retinopathie ist das Glaukom bei Erwachsenen in den USA die dritthäufigste Ursache irreversibler Erblindung [1]. Es handelt sich um eine Neuropathie mit Schädigung des Sehnervs, die zu dem charakteristischen peripheren Verlust der Sehfähigkeit führt. Ein erhöhter Augeninnendruck ist der wichtigste Risikofaktor für die Entwicklung eines Glaukoms, und die Senkung des Augeninnendrucks ist die einzige bekannte Therapie,

Abb. 1 Einbringen des EX-PRESS-Glaukomfiltrationsimplantats am Limbus. Insert: Design des Implantats. Schematische Darstellung.



mit der sich das Fortschreiten der glaukombedingten Optikusneuropathie stoppen lässt. Als Erstlinientherapie werden Medikamente eingesetzt. Für den Fall, dass die medikamentöse Behandlung erfolglos bleibt, stehen verschiedene chirurgische Optionen zur Verfügung.

EX-PRESS-Glaukomfiltrationsimplantat

■ Operationsverfahren

Die häufigste Glaukomoperation ist die Trabekulektomie, bei der eine Fistel im superonasalen, superioren oder superotemporalen Bereich des korneoskleralen Übergangs (sog. Limbus) des Augapfels angelegt wird, um Kammerwasser aus der Vorderkammer in den subkonjunktivalen Raum zu leiten. Auffällige Befunde sind im postoperativen Routine-CT bzw. -MRT nach Trabekulektomie nicht zu sehen.

■ Implantat

Als Erweiterung des Trabekulektomieverfahrens wurde in letzter Zeit das Glaukomfilterimplantat EX-PRESS (Fa. Alcon, Fort Worth, Texas, USA) eingeführt. Dieses Implantat wird aus rostfreiem Stahl hergestellt und ist nur 2–3 mm lang. Es wird unter einen Skleralappen eingebracht und am Limbus implantiert (Abb. 1). Dabei kommt das proximale Ende unter dem Skleralappen zu liegen, während die distale Spitze in die Vorderkammer eindringt, sodass eine begrenzte Menge Kammerwasser in den Intraskleralraum fließen kann und der Augeninnendruck auf diese Weise kontrolliert wird.

Die EX-PRESS-Implantate imponieren im CT als punktförmige Bereiche mit der Dichte von Metall und sind in der Regel im superioren oder superonasalen Bereich des korneoskleralen Übergangs lokalisiert (Abb. 2). Eine superotemporale Platzierung ist weniger häufig. Nur selten werden diese Implantate horizontal oder inferior eingesetzt; dies hilft bei der Unterscheidung von Fremdkörpern.

Da sie aus Stahl bestehen, verursachen EX-PRESS-Implantate bei der MRT mit Standardsequenzen Suszeptibilitätsartefakte; außerdem erscheinen sie als Signalauslösungen (Abb. 3). Der durch das EX-PRESS-Glaukomfiltrationsimplantat verursachte Shunt hat sich als MRT-sicher bei Magnetfeldstärken bis zu 3 T erwiesen [2].



Abb. 2 CT-Aufnahmen einer 48-jährigen Frau mit Glaukom, das auf eine medikamentöse Behandlung nicht angesprochen hatte, sodass die Platzierung eines EX-PRESS-Implantats erforderlich wurde. Axiale (a) und sagittale Aufnahme (b) mit EX-PRESS-Implantat (Pfeile) im superonasalen Bereich des Limbus des rechten Augapfels.



Abb. 3 Implantation eines EX-PRESS-Implantats bei einem 32-jährigen Mann mit erhöhtem Augeninnendruck. Die axiale T2w MRT-Aufnahme zeigt im superonasalen Bereich ein EX-PRESS-Implantat (Pfeil) als Signalauslöschung mit minimalem benachbartem Suszeptibilitätsartefakt.

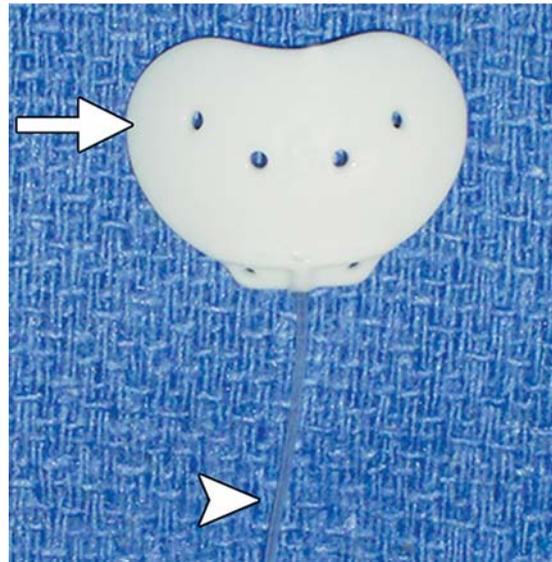


Abb. 4 Baerveldt-Glaukomimplantat. Dieser besondere Typ eines Glaukomdrainageimplantats weist ein einfaches Design mit Basisplatte (Pfeil) und Schlauch (Pfeilspitze) auf. Zu beachten sind die Löcher in der Platte, die zum Annähen an der Sklera dienen.

Glaukomdrainageimplantate

Glaukomdrainageimplantate (Glaucoma Drainage Devices) waren ursprünglich Glaukopatienten vorbehalten, die auf Medikamente oder Trabekulektomie nicht ansprachen. Mittlerweile werden diese Implantate jedoch häufiger verwendet [3].

■ Operationsverfahren

Glaukomdrainageimplantate bestehen aus 2 Teilen: einem Schlauch und einer Basisplatte. Das eine Ende des Schlauches liegt in der Vorderkammer, der Hinterkammer oder dem hinteren Augenabschnitt. Das andere Ende ist an der Basisplatte des Implantats befestigt, die zwischen den geraden Augenmuskeln und unter der Tenon-Kapsel operativ an der Sklera fixiert wird (Abb. 4). Die bevorzugte Technik besteht in der Implantation des Glaukomdrainageimplantats im superotemporalen oder inferonasalen Quadranten der Orbita. Die Implantation im superonasalen Quadranten wird vermieden, weil Berichte über Assoziationen mit dem Brown-Syndrom (Obliquus-superior-Sehnenscheiden-syndrom) vorliegen und weil die Trochlea an dieser Stelle leicht verletzlich ist. Das Brown-Syndrom ist eine Störung, bei der es nicht möglich ist, bei adduziertem Auge nach oben zu blicken. Ursache dafür ist eine Abnormität des Sehnenscheidenkomplexes des oberen schrägen Augenmuskels [4]. Welcher Quadrant gewählt wird, hängt letztlich von den Präferenzen des Operateurs und dem Zustand der Konjunktiva des Patienten sowie von seiner Augenanamnese ab. Die Basisplatte

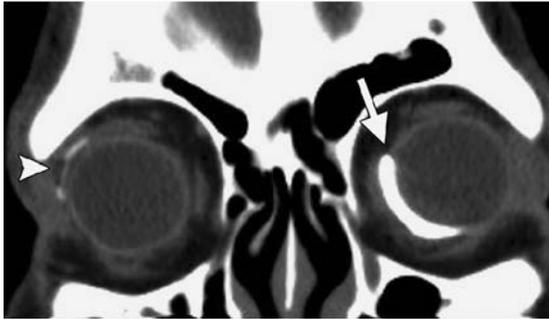


Abb. 5 Bilaterale Glaukomdrainageimplantate verschiedener Hersteller mit unterschiedlichem Design bei einem 75-jährigen Mann. Die koronare CT-Aufnahme zeigt ein Baerveldt-Glaukomimplantat links-inferonasal (Pfeil) und ein Ahmed-Glaukomventil rechts-superotemporal (Pfeilspitze). Wegen seines Bariumgehalts hat das Baerveldt-Glaukomimplantat einen erheblich höheren Schwächungswert. Die unterschiedliche Lage der Implantate ist kein Grund zur Besorgnis; eines von ihnen könnte fehlpositioniert oder verrutscht sein.

hat die Aufgabe, zwischen Sklera und Konjunktiva einen potenziellen Raum offenzuhalten. Das Kammerwasser fließt durch den Schlauch zur Basisplatte, wo es sich in dem potenziellen Raum sammelt. Die periorbulären Gefäße der umgebenden fibrösen Kapsel resorbieren das Kammerwasser zurück in den systemischen Kreislauf [5].

■ Implantate

Es gibt zahlreiche Typen von Glaukomdrainageimplantaten, die sich hinsichtlich Größe, Material und Widerstand gegen den Fluss des Kammerwassers unterscheiden. Das Molteno-Implantat (Fa. Molteno Ophthalmic, Dunedin, Neuseeland), das Baerveldt-Glaukomimplantat (Fa. Abbott Medical Optics, Santa Ana, California, USA) und das Ahmed-Glaukomventil (Fa. New World Medical, Rancho Cucamonga, California, USA) sind die 3 gebräuchlichsten Glaukomdrainageimplantate. Das Ahmed-Glaukomventil ist so konzipiert, dass der Kammerwasserfluss durch den Schlauch eingeschränkt wird, wenn der Augeninnendruck zu stark absinkt; dies wird durch Verwendung eines Ventils mit einem bestimmten Widerstand erreicht. Auf diese Weise wird eine Hypotonie als potenzielle Komplikation vermieden [6]. Das Baerveldt-Glaukomimplantat und das Molteno-Implantat haben beide kein Ventil.

Das Baerveldt-Glaukomimplantat (s. Abb. 4) besteht aus bariumpulverisiertem Silikon; als einziges Implantat ist es daher auf Röntgenaufnahmen sichtbar [7]. Im CT imponieren die Basisplatten aller 3 oben genannten Glaukomdrainageimplantate als kurvilineare hyperdense Struktur am Augapfel, wobei allerdings die Hyperdensität bei dem Baerveldt-Glaukomimplantat



Abb. 6 Erscheinungsbild von Glaukomdrainageimplantaten in MRT-Aufnahmen und Variabilität der Größe der Bläschen bei 3 Patienten. a, b Axiale T2w MRT-Aufnahmen von 2 Patienten mit Baerveldt-Implantat (a, Pfeil) bzw. Ahmed-Ventil (b, Pfeil). Die Basisplatten der Glaukomdrainageimplantate sind als dünne, kurvilineare hypointense Strukturen zwischen auffälligen dünnwandigen Flüssigkeitsansammlungen zu sehen, die Bläschen repräsentieren. Wenn die Glaukomdrainageimplantate nicht erkannt werden, können die Bläschen als zystische Massen fehlinterpretiert werden. c Koronare T2w MRT-Aufnahme eines 3. Patienten mit 2 Baerveldt-Implantaten in der rechten Orbita. Das inferonasal lokalisierte Glaukomdrainageimplantat (Pfeil) hat ein kleines, kaum wahrnehmbares, das superotemporal gelegene Glaukomdrainageimplantat ein etwas größeres Bläschen (Pfeilspitze).

noch ausgeprägter ist als bei den anderen Modellen; der Bariumgehalt dieses Implantats generiert außerdem ein schwaches Aufhärtungsartefakt (Abb. 5).

Es ist wichtig zu wissen, wie die Glaukomdrainageimplantate in der bildgebenden Darstellung aussehen, weil die Implantate mit Fremdkörpern aus Metall verwechselt werden können [8]. Insbesondere Baerveldt-Glaukomimplantate werden aufgrund ihrer hohen Dichte im CT leicht als metallische Fremdkörper fehlinterpretiert.

Unabhängig vom implantierten Glaukomdrainagetyp sind die Glaukomdrainageimplantate in den T1w und T2w MRT-Aufnahmen als Strukturen mit niedriger Signalintensität zu sehen. Davon ausgehend, dass sich an der Basisplatte der Glaukomdrainageimplantate ein von einer fibrösen Kapsel umgebenes sickerkissenartiges Bläschen aus Kammerwasser bildet, kann dieses einer zystischen Läsion der Orbita ähneln, besonders wenn es groß und die klinische Anamnese des Patienten unbekannt ist oder wenn die als Bereich mit geringer Signalintensität abgebildete Basisplatte nicht als solche erkannt wird. Bei Verdacht auf eine zystische Orbitaläsion ist differenzialdiagnostisch nicht nur an ein durch ein Glaukomdrainageimplantat bedingtes Bläschen, sondern auch an eine Dermoidzyste, ein Lymphangiom, eine Tränendrüsenzyste und einen Abszess zu denken. Die Größe des Bläschens ist variabel; sie reicht von nicht wahrnehmbar bis größer als 1 cm (Abb. 6) [6]. Am besten werden die Bläschen auf T2w Aufnahmen abgebildet. Da die Glaukomdrainageimplantate nicht ferromagnetisch sind, sind sie alle MRT-kompatibel.

Kataraktoperationen und Linsenimplantate

Katarakte sind die häufigste Ursache für reversiblen Sehverlust bei älteren Erwachsenen [1]. Der Begriff „Katarakt“ bezeichnet eine Erkrankung der kristallinen Linse, bei der sich Letztere infolge von Veränderungen der Proteinstruktur in ihrem Inneren eintrübt; dies ist wegen der entscheidenden Rolle der Linse beim Fokussieren des Lichtes auf die Retina mit einer Verminderung des Sehvermögens verbunden. Nicht weniger als 95% der über 65-jährigen entwickeln Katarakte; dies ist als Ausdruck der schleichend fortschreitenden Natur der Krankheit zu werten [9]. Zwar sind in den meisten Fällen beide Augen betroffen, doch neigt die Krankheit zu asymmetrischer Entwicklung. Eine chi-



Abb. 7 Bildgebende Darstellung künstlicher Intraokularlinsen bei 2 Patienten. **a** Axiale CT-Aufnahme eines 66-jährigen Mannes mit Kopfschmerzen; rechts eine implantierte Intraokularlinse (Pfeil), die als dünne, hyperdense lineare Struktur erkennbar ist und zufällig entdeckt wurde. Zum Vergleich links die native, bikonvexe kristalline Linse (Pfeilspitze). **b** Axiale T2w MRT-Aufnahme eines 68-jährigen Mannes mit Intraokularlinse im linken Auge (Pfeil), die sich in der Region, in der die normale Linse zu erwarten ist, als dünne, hypointense lineare Struktur darstellt. Zum Vergleich die native, bikonvexe kristalline Linse (Pfeilspitze) des rechten Auges.

urgische Behandlung ist in der Regel dann indiziert, wenn der Verlust der Sehfähigkeit so weit fortgeschritten ist, dass er sich störend bemerkbar macht.

Operationsverfahren

Das meistgebrauchte Operationsverfahren zur Behebung einer Katarakt ist die Phakoemulsifikation. Dabei wird die trübe Linse mittels Ultraschall zerstört und nach Beseitigung der nativen Linsenfragmente unter Schonung der Linsenkapsel eine künstliche Intraokularlinse eingesetzt.

Implantate

Intraokularlinsen bestehen aus 2 Komponenten: der Optik und der Verankerung. Aufgabe der Verankerungskomponente, der sog. Haptik, ist es, die Optik in der richtigen Position zu fixieren. Die allermeisten Intraokularlinsen werden in den Kapselsack der Linse eingesetzt; manchmal ist jedoch eine Platzierung der Intraokularlinse im Sulcus ciliaris oder in der Vorderkammer erforderlich. Acryl und Silikon sind die meistverwendeten Materialien für die Herstellung von Intraokularlinsen [10].

Das Erscheinungsbild implantierter Intraokularlinsen in CT und MRT wurde als hinter der Iris liegende, dünne hyperdense Struktur bzw. lineare Struktur mit geringer T1w und T2w Signalintensität beschrieben (Abb. 7) [11]. Diese Bildgebungsmerkmale spiegeln die Eigen-

schaften der Optik wider, da die haptischen Anteile der Intraokularlinsen kaum sichtbar sind. Im Gegensatz zu den Intraokularlinsen ist die bikonvexe, native kristalline Linse im CT als eiförmiger hyperdenser Bereich, in T1w MRT-Aufnahmen als leicht hyperintense Struktur und in T2w MRT-Aufnahmen als hypointense Struktur zu sehen, jeweils in Relation zum Kammerwasser. Alle gegenwärtig gebräuchlichen Intraokularlinsen sind MRT-kompatibel.

Operationen bei Netzhautablösung

Die Netzhaut besteht aus 2 Schichten, einer inneren und einer äußeren [12]:

- Die innere Schicht, die sog. neurosensorische Retina, enthält die Fotorezeptoren.
- Die äußere Schicht ist das retinale Pigmentepithel, das der Innenfläche der Choroidea anliegt.

Als „Netzhautablösung“ wird die Trennung der inneren von der äußeren Schicht bezeichnet. Der häufigste Mechanismus der Netzhautablösung besteht im Einreißen der inneren Schicht. Zug an dem Netzhautloch in Verbindung mit dem Eindringen von Glaskörperflüssigkeit in das Loch kann einen Spalt zwischen den beiden Netzhautschichten erzeugen.

Operationsverfahren

Die Netzhautablösung stellt einen chirurgischen Notfall dar, der behandelt werden muss, um Komplikationen, wie z. B. Retinischämie und Erblindung, zu verhindern. Das Ziel der chirurgischen Behandlung besteht darin, die beiden Schichten wieder aneinander anzulegen. Das Arsenal, das den Ophthalmologen zu diesem

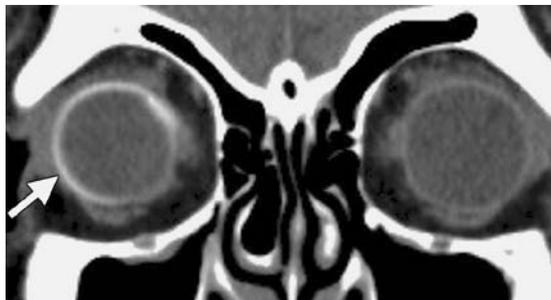


Abb. 8 Sklera-Cerclage zur Behandlung der Netzhautablösung bei einem 67-jährigen Mann. Koronare CT-Aufnahme: Cerclage aus solidem Silikon, erkennbar als dünne hyperdense Struktur (Pfeil) rund um den rechten Augapfel.

Zweck zur Verfügung steht, umfasst mehrere Verfahren:

- sog. Buckelchirurgie
- Pars-plana-Vitrektomie mit anschließender intraokulärer Tamponade
- Retinopexie

Die genannten Eingriffe können nach Bedarf an demselben Auge gleichzeitig oder nacheinander durchgeführt werden.

■ Buckelchirurgie

Bei der Buckelchirurgie wird die Wand des Augapfels so eingedellt, dass sich die auf die Netzhaut wirkenden Zugkräfte verringern. Die Sklera kann dabei in ihrem ganzen Umfang (360°) oder segmentweise (weniger als 360° des gesamten Umfangs des Augapfels) verformt werden, wenn die Dellen senkrecht zu den geraden Augenmuskeln ausgerichtet sind. Die Dellen können aber auch radial (parallel zu den geraden Augenmuskeln) ausgerichtet sein. Die genannten Arrangements können beliebig miteinander kombiniert werden [13]. Die Eindellung der Sklera ist in der Regel permanent und wird nur rückgängig gemacht, wenn Komplikationen auftreten. Die für dieses Verfahren verwendeten Plomben und Cerclagen bestehen gewöhnlich aus Silikon, entweder aus solidem Silikongummi oder aus porösem Silikonschwamm.

Teile aus solidem Silikongummi sind im CT hyperdens (Abb. 8), während Silikonschwämme als den Augapfel deformierende Strukturen mit derselben Dichte wie Luft erscheinen (Abb. 9a). Im MRT haben beide Materialien (solides Silikon und Silikonschwamm) sowohl auf T1w als auch auf T2w Aufnahmen eine geringe Signalintensität, und es kann schwierig sein, sie zu entdecken (Abb. 9b). Einzig eine Einbuchtung des Auges kann in MRT-Aufnahmen auf ihr Vorhandensein hinweisen. Unabhängig von ihrer Zusammensetzung sind alle zurzeit in der Buckelchirurgie verwendeten Teile MRT-kompatibel. Um die Skleraplomben und -Cerclagen in situ zu halten, wurden früher Tantalum-Clips verwendet; heute wird die alleinige Fixierung durch Nähte bevorzugt. Tantalum-Clips sind in Röntgen- und CT-Aufnahmen als strahlendichte Strukturen sichtbar; in MRT-Aufnahmen erzeugen sie ein Suszeptibilitätsartefakt. Tantalum ist ein nicht ferromagnetisches Metall und gilt somit als MRT-geeignet [14].

■ Vitrektomie

Bei der Vitrektomie wird der gelartige Glaskörper aus dem Auge entfernt. Dies ist notwendig, weil der Glaskörper stark an der Retina haftet und einen konstanten

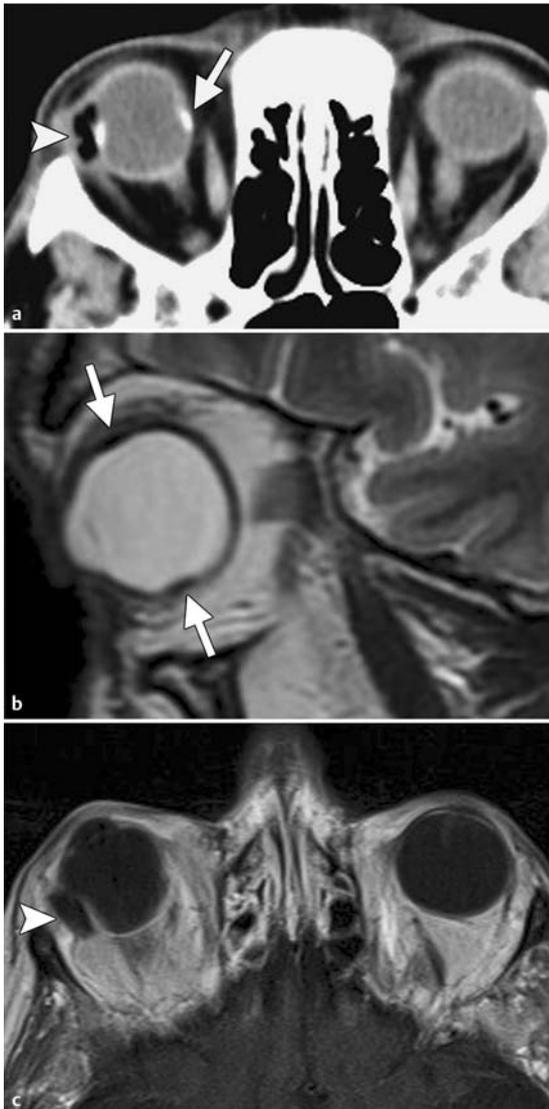


Abb. 9 Skleraplomben und -Cerlagen zur Behandlung der Netzhautablösung bei einer 80-jährigen Frau. **a** Axiale CT-Aufnahme eines Silikonschwamms (Pfeilspitze), der in radialer Konfiguration an der lateralen Sklera des rechten Augapfels angenäht und als Struktur mit derselben Dichte wie Luft erkennbar ist. Zudem ist eine rund um den Augapfel verlaufende Cerclage (Pfeil) aus solidem Silikongummi zu sehen. **b, c** Sagittale T2w (**b**) und axiale kontrastverstärkte T1w MRT-Aufnahme (**c**): Die Signalintensität der Silikonteile ist gering, unabhängig davon, ob sie aus solidem Silikon (**b**, Pfeile) oder aus Silikonschwamm (**c**, Pfeilspitze) bestehen.

Zug auf sie ausübt. Im Falle eines Risses der inneren Netzhautschicht erlaubt dieser Zug an der Retina der Glaskörperflüssigkeit, in den intraretinalen Spalt einzudringen und die beiden Schichten voneinander zu separieren. Am Ende der Vitrektomie wird das Auge entweder mit einem lang wirkenden Gas, wie z. B. Schwefelhexafluorid, oder mit Silikonöl gefüllt, um das Loch in der Netzhaut abzudichten und das weitere Eindringen von Flüssigkeit zu verhindern. Die Glaskörper-

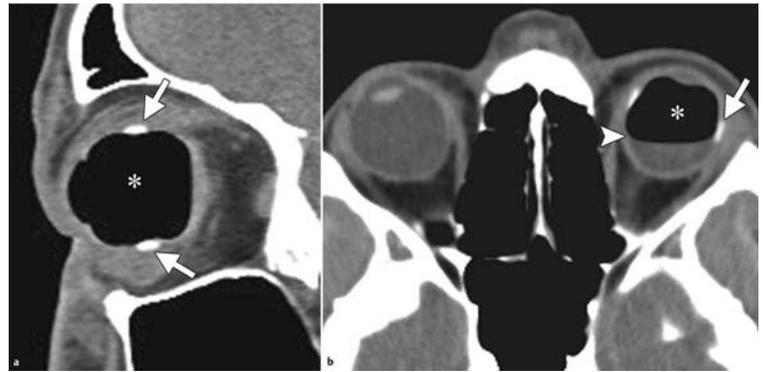


Abb. 10 Vitrektomie mit anschließender intraokulärer Gastamponade bei 2 Patienten mit Netzhautablösung. Der Bereich mit derselben Dichte wie Luft innerhalb des Augapfels (**a, b**, Sterne) in den CT-Aufnahmen entspricht dem injizierten Schwefelhexafluoridgas. Der Luft-Flüssigkeit-Spiegel (**b**, Pfeilspitze) darf nicht mit einem postoperativen infektiösen Prozess verwechselt werden. Auch buckelchirurgische Elemente aus solidem Silikongummi (**a, b**, Pfeile) sind vorhanden. **a** Sagittale CT-Aufnahme eines 18-jährigen Mannes. **b** Axiale CT-Aufnahme eines 34-jährigen Mannes.

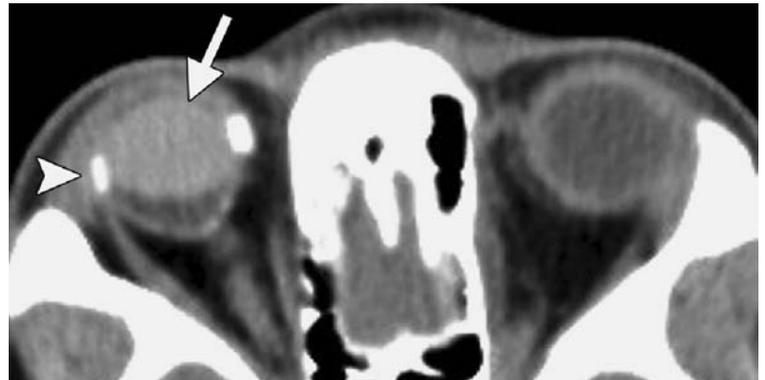


Abb. 11 Vitrektomie mit anschließender intraokulärer Silikonöltamponade bei einem Patienten mit Netzhautablösung. Axiale CT-Aufnahme des 19-jährigen Mannes: Der Bereich mit homogener Hyperdensität (Pfeil) im rechten Augapfel entspricht dem Silikonöl. Ein buckelchirurgisches Element aus Silikongummi (Pfeilspitze) ist ebenfalls zu sehen.

flüssigkeit, die den intraretinalen Spalt bereits infiltriert hat, bleibt jedoch dort. Zu den Funktionen des retinalen Pigmentepithels gehört es, Wasser aus dem intraretinalen Spalt in das Choroideum zu pumpen. Wird die Glaskörperflüssigkeit abgeleitet, können sich die beiden Schichten der Netzhaut mit der Zeit wieder aneinander anlegen, sodass die Netzhautablösung zurückgeht.

Nach intraokulärer Gastamponade zeigt das CT in der Glaskörperhöhle Dichtewerte wie für Luft, mit oder ohne Luft-Flüssigkeit-Spiegel (Abb. 10). Auf den T1w und T2w MRT-Aufnahmen äußert sich das Vorhandensein von Luft in entsprechenden Hypointensitätsbereichen. Bei Verwendung von Silikonöl erscheint dieser Bereich im CT als hyperdens (Abb. 11) [15]. Eine intraokuläre Blutung kann durch Messung der Dichte-

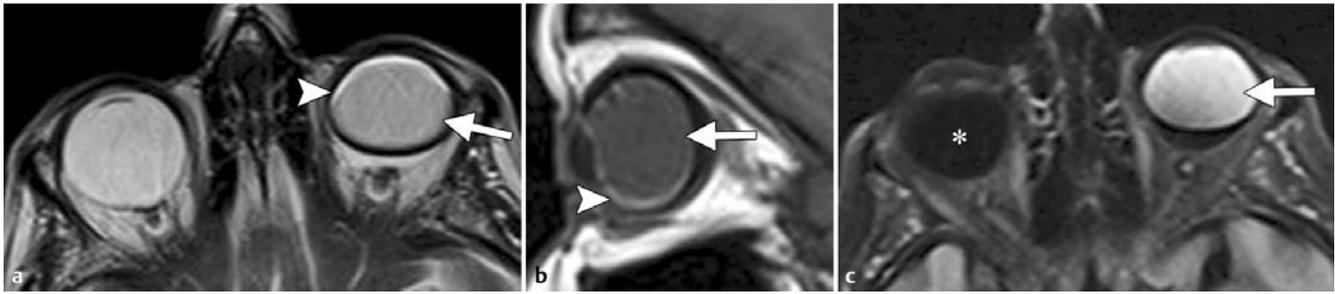


Abb. 12 Vitrektomie mit anschließender intraokulärer Silikonöltamponade bei einer Patientin mit Netzhautablösung. **a, b** Axiale T2w (**a**) und sagittale T1w MRT-Aufnahme (**b**) der 79-jährigen Frau: Der linke Augapfel ist mit Silikonöl gefüllt (Pfeile). Silikonöl ist in Relation zur Glaskörperflüssigkeit des kontralateralen rechten Auges auf T2w Aufnahmen leicht hypointens und weist auf T1w Aufnahmen eine entsprechende intermediäre Signalintensität auf. Sowohl auf den T1w als auch auf den T2w Aufnahmen ist an der Öl-Wasser-Grenzfläche ein Chemical-Shift-Artefakt (Pfeilspitzen) in Form von halbmondförmigen, parallel verlaufenden Bändern geringer und hoher Signalintensität zu sehen. **c** Axiale FLAIR-Aufnahme (Fluid-Attenuation Inversion Recovery): Silikonöl ist hyperintens (Pfeil), die normale Glaskörperflüssigkeit im rechten Auge dagegen dunkel (Stern).

werte (in HE [Hounsfield-Einheiten]) von injiziertem Silikonöl abgegrenzt werden. In der Regel liegt der Wert bei Silikon über 100 HE, bei Blut dagegen unter 90 HE; diese Werte schwanken allerdings in Abhängigkeit von den CT-Scan-Parametern [16]. Auf den MRT-Aufnahmen sind die Bildgebungscharakteristika von Silikonöl wegen herstellungsbedingter Viskositätsunterschiede etwas variabel. Hyperintensität auf den T1w Aufnahmen und Iso- bis Hypointensität auf den T2w Aufnahmen sind die am häufigsten berichteten Befunde [17]. Nach Injektion von Silikonöl ist an der Öl-Wasser-Grenzfläche ein Chemical-Shift-Artefakt zu sehen (Abb. 12) [18].

■ Retinopexie

Bei der Retinopexie wird rund um den Netzhautriss eine chorioretinale Narbe erzeugt, um eine nochmalige Separation der Netzhautschichten zu verhindern. Dies kann mittels Fotokoagulation (Laser), Kryotherapie oder Hitze geschehen. In letzter Zeit erfreut sich die pneumatische Retinopexie zunehmender Beliebtheit, weil sie ambulant durchgeführt werden kann. Dabei werden die Retina und das die Retinadefekte umgebende retinale Pigmentepithel mittels Laser oder Kryotherapie zusammengeheftet, und anschließend wird Gas in das Auge injiziert.

Die nach einer pneumatischen Retinopexie beobachteten CT- oder MRT-Befunde ähneln denen bei Gas-tamponade nach Vitrektomie.

Orbitaenukulation und -implantate

Operationsverfahren

Bei bestimmten Augenkrankheiten, wie z. B. Phthisis bulbi, Augenmalignomen und schweren Traumata, kann als einzige Behandlungsoption die Enukulation infrage kommen. Die zahlreichen verfügbaren Enukulationsverfahren haben alle das gemeinsame Ziel, den erkrankten Augapfel als Ganzes zu entfernen und ein kosmetisch akzeptables Aussehen zu erhalten [19]. Nach der Enukulation wird gewöhnlich ein kugelförmiges Orbitaimplantat eingebracht, weil das vorhandene Weichgewebe nicht ausreichen würde, um die anophthalmische Augenhöhle zu füllen, sodass das Unterlid schlaff und das Oberlid eingesunken aussehen würde. Die äußeren Augenmuskeln werden mit dem Orbitaimplantat verbunden, um physiologische Bewegungen zu ermöglichen. Anschließend wird zwischen die Augenlider eine herausnehmbare Augenprothese eingesetzt, die einer großen Kontaktlinse ähnelt. Die Augenprothesen bestehen entweder aus Glas oder aus Acrylharz und werden für jeden Patienten individuell angefertigt, um ein ästhetisch befriedigendes Ergebnis zu erzielen [20].

Implantate

Orbitaimplantate stehen in vielfältigen Ausführungen zur Verfügung. In der Vergangenheit wurden sie häufig aus Silikon oder PMMA (Polymethylmethacrylat) hergestellt; diese Stoffe haben jedoch zugunsten neuerer poröser Materialien, wie z. B. Hydroxylapatit, Aluminiumoxid und porösen Polyethylens, an Popularität verloren. Diese neueren Materialien sind angeblich

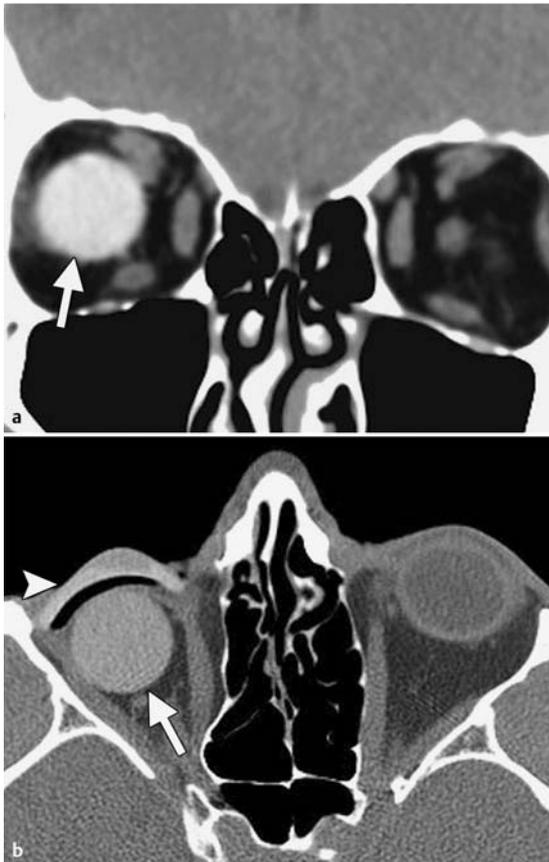


Abb. 13 Orbitaimplantate aus Silikon und PMMA bei 2 Patienten. **a** Koronare CT-Aufnahme eines 49-jährigen Mannes mit lang zurückliegender Ruptur des Augapfels: hyperdenses sphärisches Implantat (Pfeil) in der rechten Orbita. Das Implantat ist aus Silikon hergestellt. **b** Axiale CT-Aufnahme eines 43-jährigen Mannes zur Beurteilung der Behandlung eines vor Kurzem erlittenen Gesichtstraumas mit Verletzung eines Auges, das enukleiert werden musste: rechtsseitiges PMMA-Implantat (Pfeil) mit homogener hoher Dichte. Trotz seiner Dichte ist das PMMA-Implantat in Relation zu dem Silikonimplantat in **a** hypodens. Der kurvilineare Dichtebereich (Pfeilspitze) vor dem PMMA-Implantat entspricht einer Augenprothese aus Acryl.

besser beweglich und haben niedrigere Komplikationsraten [21]. Durch die Poren können Gefäße in das Implantat einwachsen; dies verringert die Wahrscheinlichkeit einer Extrusion. Anfangs wurden die porösen Modelle der Orbitaimplantate mithilfe einer Haltevorrichtung mit der Augenprothese verbunden, um die Beweglichkeit der Prothese zu erhöhen [22]. Wegen der hohen Inzidenz von Infektionen und anderen Komplikationen, die dabei auftraten, wird eine solche Koppelung mittlerweile jedoch nur noch selten versucht [23].

Die Abbildung der Orbitaimplantate im CT hängt von ihrer Zusammensetzung ab. Materialien wie Silikon und PMMA sind seit mehr als 30 Jahren in Gebrauch;

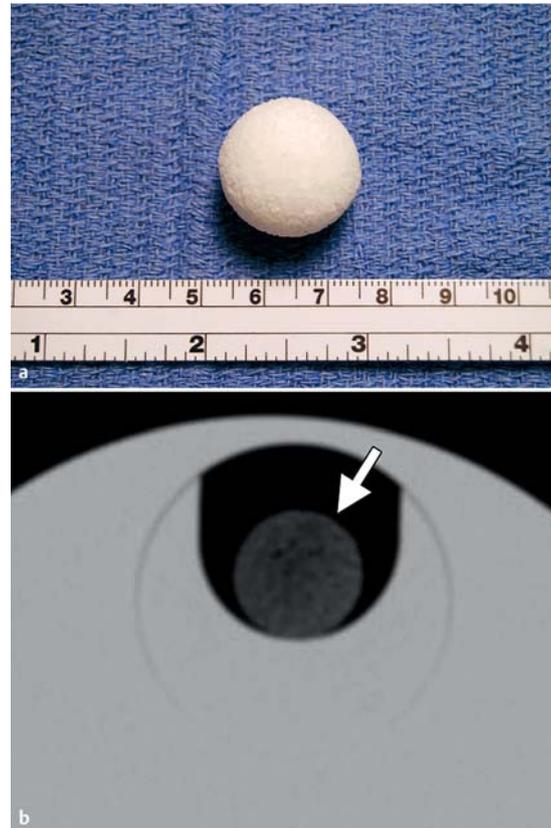


Abb. 14 Orbitaimplantat aus porösem Polyethylen. **a** Foto eines 20 mm großen Orbitaimplantats aus porösem Polyethylen vor dem Einsetzen. **b** CT-Aufnahme eines Phantoms mit Orbitaimplantat aus porösem Polyethylen (Pfeil): durchgängig niedrige Dichte des porösen Polyethylens sowie zahlreiche Foki im Inneren mit einer Dichte wie Luft als Folge des porösen Aufbaus.

sie sind strahlendicht (Abb. 13). Die Dichte von Silikonimplantaten beträgt 440 HE, während für PMMA-Implantate in einer Studie 135 HE ermittelt wurden [24]. Implantate aus Glas sind ebenfalls in Gebrauch; sie sind innen hohl und bestehen nur aus einer dünnen Glasschale. Diesem Aufbau entspricht ihr Aussehen im CT – ein Ring mit hoher Dichte umschließt einen großen zentralen Bereich mit der Dichte von Luft [24]. Implantate aus porösem Polyethylen sind im CT als hypodense sphärische Strukturen zu sehen, deren Dichte in den ersten Monaten nach der Implantation zwischen der von Fett und der von Wasser liegt (Abb. 14) [25]. In der frühen postoperativen Phase enthalten die Implantate aufgrund ihres durchlässigen zentralen Gerüsts in ihrem Inneren Luft; diese verschwindet dann im Laufe der Zeit, weil Bindegewebe und Gefäße einwachsen (Abb. 15). Die übrigen, aus Hydroxylapatit und Tonerdeoxid gefertigten porösen Implantate haben im CT höhere Dichtewerte als poröses Polyethylen; dies ist wahrscheinlich auf das Vorhandensein von Kalzium bzw. Tonerde zurückzuführen



Abb. 15 Linksseitiges Orbitaimplantat aus porösem Polyethylen bei einem 40-jährigen Mann. **a** Axiale kontrastverstärkte CT-Aufnahme vom 5. Tag nach der Implantation, aufgenommen wegen klinischen Verdachts auf postoperative Infektion: deutliche präseptale entzündliche Veränderungen (Pfeil) links, ein Befund, der mit einer Zellgewebeerkrankung vereinbar ist. Das Implantat aus porösem Polyethylen (Pfeilspitze) enthält Lufteingeschlüsse als Zeichen dafür, dass es erst kürzlich implantiert worden ist. Da der Radiologe jedoch von der Annahme ausging, dass ein Implantat strahlendicht sein müsse, wurde dieses Teil aus porösem Polyethylen als postoperative Flüssigkeitsansammlung fehlinterpretiert. **b** Axiale CT-Aufnahme 2 Monate später: Die präseptale Zellgewebeerkrankung der Orbita ist abgeklungen. Die Lufteingeschlüsse in dem Implantat aus porösem Polyethylen sind infolge des Einwachsens von fibrovaskulärem Gewebe ebenfalls verschwunden, und das Implantat erscheint jetzt als homogenere Struktur mit niedriger Dichte (Pfeil). Beachte die Augenprothese (Pfeilspitze).

[26]. Die Literatur über die im Laufe der Zeit zu beobachtenden Veränderungen der Dichte dieser Implantate ist widersprüchlich. Dies gilt insbesondere für Hydroxylapatit, weil sowohl über eine andauernde Zunahme der Dichte durch Knochenbildung als auch über eine Abnahme der Dichte infolge der mit dem Einwachsen von fibrovaskulärem Gewebe assoziierten Resorption von Implantatmaterial berichtet wurde [26, 27]. Zumindest teilweise könnte dies mit der

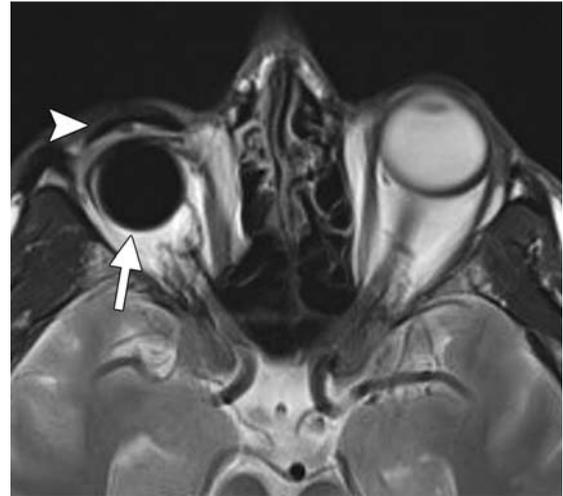


Abb. 16 Axiale T2w MRT-Aufnahme eines 49-jährigen Mannes mit einem rechtsseitigen Orbitaimplantat aus Silikon (Pfeil), das mehrere Jahre zuvor implantiert worden war. Das Implantat weist eine homogene geringe Signalintensität auf, und unmittelbar davor ist ein kurvilinear verlaufender Signalauslöschungsherd zu sehen (Pfeilspitze), ein Befund, der einer Augenprothese entspricht.

variablen Mineraleichte zu erklären sein, mit der die Implantate aus Hydroxylapatit hergestellt werden [28].

Die Positronenemissionstomografie ergab bei porösen Implantaten eine erhöhte Avidität von ^{18}F Fluorodesoxyglukose, und die Knochenszintigrafie mit $^{99\text{m}}\text{Tc}$ markierten Diphosphonaten zeigte eine fokale Aufnahme von Radiotracer, wahrscheinlich als Folge einer physiologischen Fibroblastenproliferation. Dieses Bild darf nicht als Infektion oder Malignom interpretiert werden, es sei denn, es besteht Anlass für einen einschlägigen Verdacht [29, 30].

Implantate aus Silikon oder PMMA zeigen auf T1w und T2w MRT-Aufnahmen eine homogen niedrige Signalintensität. Poröse Orbitaimplantate sind auf T2w Aufnahmen in der Regel leicht hyperintens, mit entsprechend niedriger Signalintensität auf den T1w Aufnahmen (Abb. 16 u. 17a) [31]. Im Laufe der Zeit nimmt die Signalintensität auf den T2w Aufnahmen langsam ab, weil fibrovaskuläres Gewebe einwächst. Dies lässt sich am besten mittels kontrastverstärkter MRT beurteilen (Abb. 17b); dabei ist in der Regel ein Muster mit zentripetaler Verstärkung zu sehen [32].

Die zurzeit gebräuchlichen Orbitaimplantate sind alle MRT-kompatibel. Vorsicht ist jedoch bei älteren Patienten geboten, bei denen die Enukleation mehr als 50 Jahre zurückliegt, denn es wurde über einen Fall von vermutlich MRT-bedingter Extrusion bei einem Patienten mit einem der heute obsoleten

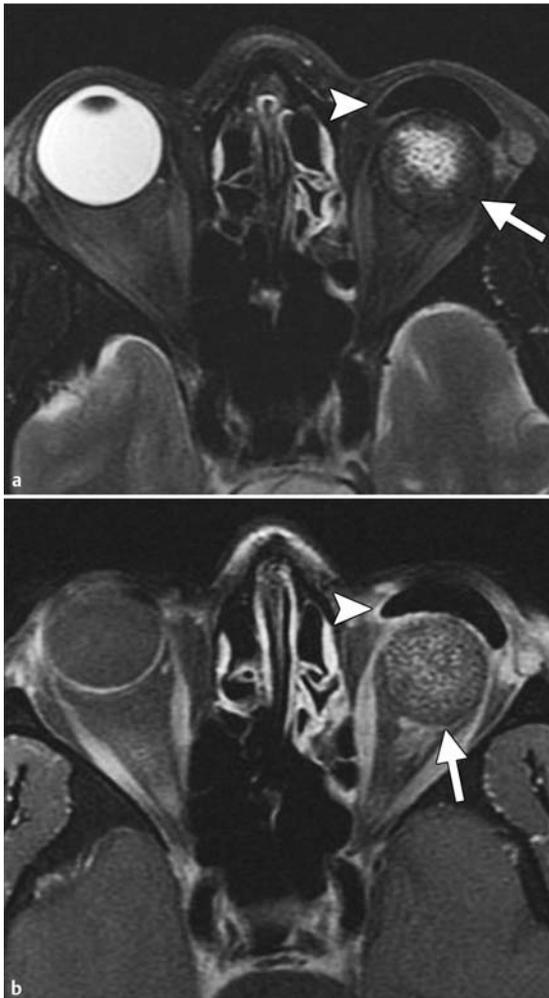


Abb. 17 MRT-Aufnahmen eines 42-jährigen Mannes, bei dem 8 Monate zuvor auf der linken Seite ein Orbitaimplantat aus porösem Polyethylen implantiert worden war. Der Patient hat eine Augenprothese (a, b, Pfeilspitzen). **a** Axiale T2w MRT-Aufnahme: Das Implantat (Pfeil) hat eine leicht verlängerte T2-Relaxationszeit; die Verlängerung ist im Zentrum am stärksten ausgeprägt. **b** Kontrastverstärkte, fettgesättigte T1w MRT-Aufnahme: Signalverstärkung des Implantats (Pfeil), ein Zeichen für das Einwachsen von fibrovaskulärem Gewebe.

magnetischen Implantate berichtet, die in den 1940er- und 1950er-Jahren verwendet wurden [33].

Fazialisparesetherapie und Lidgewichte

Eine Lähmung des N. facialis ist keine Seltenheit und kann verschiedene Ursachen haben: Neben idiopathischen gibt es ischämisch, neoplastisch und infektiös bedingte Formen. Unvollständiger Lidschluss

(Lagophthalmos), unvollständige Benetzung der Hornhaut beim Blinzeln und verminderte Tränenproduktion sind 3 häufige Komplikationen der Fazialisparese; sie beeinträchtigen den Schutz der Hornhaut und führen zu Expositionskeratopathie und Hornhautulzera bis hin zu Hornhautperforationen [34].

Die Behandlung zielt darauf ab, die Hornhautbenetzung aufrecht zu erhalten, den Patientenkomfort zu verbessern und letztlich eine Erblindung zu verhindern. Die initiale Behandlung besteht in der Regel in supportiven Maßnahmen mit künstlichen Tränen in Form von Tropfen oder Salben. Aufgrund des intensiven Behandlungsregimes ist jedoch die Compliance der Patienten gering, und Lidgewichte kommen als alternative Behandlung zum Einsatz, um eine Hornhautdekompensation zu vermeiden [35].

Operationsverfahren und Implantate

Lidgewichte aus Gold oder Platin werden so in das Oberlid implantiert, dass sie beim Blick nach vorn knapp über der Pupille liegen. Sie werden am Tarsus (einem fibrösen Gewebeband im Augenlid) befestigt [36].

Wegen ihrer hohen Dichte sind diese implantierten Gewichte in Röntgenaufnahmen strahlendicht und im CT so hyperdens, dass ein Aufhärtungsartefakt entsteht (Abb. 18a u. b). Anhand der Löcher im Implantat, die dazu dienen, dieses am Tarsus anzunähen, und der typischen Plattenform sowie der anatomischen Lokalisation lässt sich ein Lidgewicht erkennen und von einem Fremdkörper aus Metall unterscheiden.

Sowohl die aus Gold als auch die aus Platin bestehenden Gewichte erscheinen in MRT-Aufnahmen als Regionen mit Signalauslöschung. Goldgewichte generieren praktisch keine Bildverzerrung, weil sie nicht vom Magnetfeld erfasst werden (Abb. 18c), während Platingewichte stärkere paramagnetische Eigenschaften aufweisen und infolgedessen implantatbedingte Suszeptibilitätsartefakte verursachen [37]. In-vitro-Studien sowie In-vivo-Untersuchungen an Tieren belegen, dass sowohl Gold- als auch Platingewichte bei den heute verwendeten Feldstärken MRT-geeignet sind [38].

Erkennt der Radiologe bei einer bildgebenden Untersuchung ein implantiertes Lidgewicht, sollte er eine sorgfältige Beurteilung des N. facialis vornehmen [39].

Abb. 18 Lidgewicht aus Gold zum Schutz der Hornhaut bei einem 80-jährigen Mann mit Bell-Parese.

a, b Frontale Röntgenaufnahme (**a**) und axiale CT-Aufnahme (**b**) mit hyperdenser Struktur (Pfeile) im oberen Bereich der rechten Orbita. Das Goldgewicht führt im CT zu einem erheblichen Aufhärtungsartefakt. Die in dem Implantat sichtbaren Löcher erlauben ein Anhängen am Lid.
c Sagittale kontrastverstärkte T1w MRT-Aufnahme: Das Lidgewicht aus Gold (Pfeil) erscheint als Struktur mit geringer Signalintensität ohne assoziierte Bildverzerrung.



Therapie bei Keratoconjunctivitis sicca und Tränenwegsstöpsel

Das Syndrom des trockenen Auges (Keratoconjunctivitis sicca) kommt besonders häufig bei älteren Personen vor. Ursachen können unzählige Faktoren sein, die die normale Tränenproduktion des Auges beeinträchtigen. Künstliche Tränen und Salben bilden den Grundstock der Erstlinientherapie.

Einbringen von Punctum-Plugs

Bei mäßig schweren oder schweren Formen des trockenen Auges, die auf künstliche Tränen nicht ansprechen, kann durch Anwendung von sog. Punctum-Plugs eine Besserung der Symptome erzielt werden. Punctum-Plugs werden in die Tränenpünktchen eingesetzt. Durch Verlegung des Tränenabflusswegs werden die Tränen länger im Bereich des Auges zurückgehalten. Punctum-Plugs können in das untere, das obere oder beide Augenlider eingesetzt werden. Permanente Punctum-Plugs bestehen gewöhnlich aus Silikon (Abb. 19) [40]. Als „permanent“ werden sie bezeichnet, weil sie sich nicht wie die aus Kollagen hergestellten Punctum-Plugs nach einiger Zeit auflösen. Jedoch können sie verrutschen, ohne dass der Patient es bemerkt.

Das Aussehen von Punctum-Plugs in der bildgebenden Darstellung wurde bislang nie beschrieben. Da sie aus Silikon bestehen, können sie im CT als hyperdense Strukturen sichtbar sein. In der Regel werden sie jedoch wegen ihrer geringen Größe in den Routineaufnahmen keiner bildgebenden Modalität wahrgenommen. Alle gegenwärtig hergestellten Punctum-Plugs sind MRT-geeignet.

Strabismusoperationen

Als „Strabismus“ oder „Schielen“ wird eine Störung der Koordination der Blickrichtung beider Augen bezeichnet. Eine Klassifikation erfolgt meist nach der Richtung der Augenabweichung (Abb. 20). Strabismus kann, wenn er nicht frühzeitig entdeckt und behandelt wird, zu Amblyopie oder Verminderung der Sehkraft führen, weil das Gehirn die Bilder des abweichenden Auges unterdrückt, um Doppelbilder zu vermeiden [41]. Beim Strabismus lassen sich 2 Formen unterscheiden, der erworbene und der angeborene (infantile) Strabismus; der erworbene Strabismus kann Folge eines Schlaganfalls, eines Tumors, eines Traumas oder einer Infektion sein [42].

Operationsverfahren

■ Rückverlagerung und Resektion

Für die Behebung des Strabismus stehen zwar viele verschiedene Operationsverfahren zur Verfügung; die beiden gebräuchlichsten sind jedoch die Rückverlagerung und die Resektion:

- Bei der Rückverlagerung wird die Sehne eines äußeren Augenmuskels von ihrem Ansatz am Augapfel



Abb. 19 Punctum-Plug aus Silikon (Pfeil) auf einem Penny zum Größenvergleich.

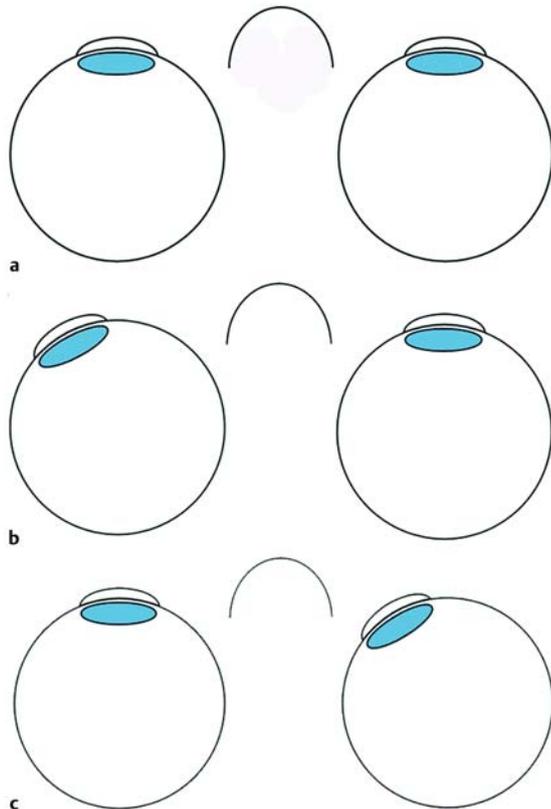


Abb. 20 Normale Position, rechts Auswärtsschielen (Exotropie), links Einwärtsschielen (Esotropie). Schematische Darstellung in der axialen Ebene. **a** Augen in der normalen Position. **b** Augen von Patienten mit rechtsseitiger Exotropie, bei der ein Auge nach lateral, d. h. weg von der Nase, abweicht. **c** Augen von Patienten mit linksseitiger Esotropie, bei der ein Auge nach medial, d. h. in Richtung Nase, abweicht.

getrennt und an einer anderen Stelle – gewöhnlich einige Millimeter hinter der ursprünglichen Ansatzstelle – wieder an der Sklera angenäht. Das Resultat ist eine Schwächung des Muskels. Diese Technik wird bei Muskeln auf der der Fehlausrichtung gegenüber liegenden Seite angewendet.

- Bei der Resektion wird ein Teil des Muskels entfernt und die Sehne wieder an der normalen Insertionsstelle angenäht. Diese Verkürzung stärkt den Muskel auf der Seite der Fehlausrichtung, weil die Spannung des Muskels erhöht wird.

Die Veränderungen, die durch Resektion oder Rückverlagerung eines äußeren Augenmuskels herbeigeführt werden, sind so dezent, dass sie in Routine-CT- oder MRT-Scans zur bildgebenden Darstellung von Kopf und Augenhöhlen nicht erkennbar sind.

■ Bupivacaininjektion

Erste Tests mit Injektion des Anästhetikums Bupivacain in die äußeren Augenmuskeln zwecks Behandlung des Strabismus haben zu vielversprechenden Ergebnissen geführt [43]. Bupivacain schädigt selektiv quergestreifte Muskelfasern und verursacht als Folge des Reparaturprozesses eine Hypertrophie und eine Zunahme der Kontraktilität. In den ersten Wochen bis Monaten nach dem Eingriff ist in den MRT-Aufnahmen eine deutliche Vergrößerung des injizierten Muskels im Vergleich zu der normalen kontralateralen Seite zu sehen (Abb. 21); im Laufe der Zeit normalisiert sich aber schließlich der Befund [44].

Es ist wichtig, an die Möglichkeit einer Bupivacaininjektion zu denken, um bei Vergrößerung eines äußeren Augenmuskels nicht fälschlich eine heimtückischere Ursache anzunehmen, z. B. ein Neoplasma, einen entzündlichen Pseudotumor der Augenhöhle (Abb. 22) oder eine endokrine (schildrüsenbedingte) Ophthalmopathie.

Implantatähnliche Befunde

Als Zufallsbefunde finden sich in der Orbita oft Verkalkungen. Bei flüchtiger Betrachtung können sie leicht mit einem strahlendichten Fremdkörper oder einem Implantat verwechselt werden. Glücklicherweise sind die Kalzifikationen an typischen Stellen lokalisiert, sodass in den meisten Fällen eine verlässliche Diagnose möglich ist. Skleraverkalkungen kommen meist bei älteren Patienten vor und sind an den Ansatzstellen der medialen und lateralen geraden Augenmuskeln zu beobachten; sie werden auch „senile Sklera-Plaques“

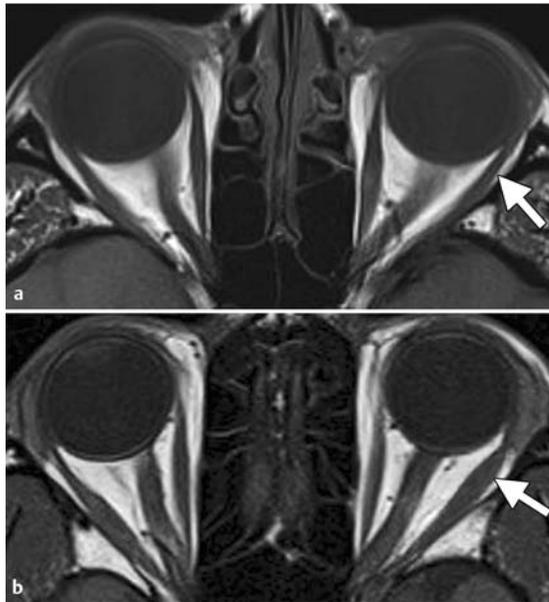


Abb. 21 Vergrößerung eines isolierten äußeren Augenmuskels bei einem 22-jährigen Mann mit horizontalem Strabismus, der sich einer Therapie mit Bupivacaininjektionen zwecks Korrektur der Augenausrichtung unterzieht. **a** Axiale T1w MRT-Aufnahme vom Zustand vor der Behandlung: Die äußeren Augenmuskeln erscheinen symmetrisch; insbesondere der linke M. rectus lateralis ist unauffällig (Pfeil). **b** Axiale T1w MRT-Aufnahme 6 Wochen nach Injektion von Bupivacain: leichte diffuse Vergrößerung des linken M. rectus lateralis (Pfeil) im Vergleich mit der Aufnahme vor der Behandlung.

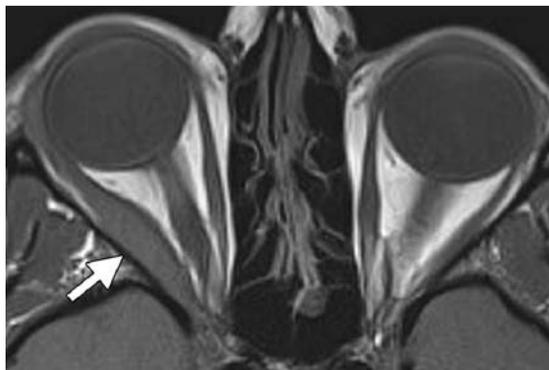


Abb. 22 Vergrößerung nur des rechten M. rectus lateralis (Pfeil) bei einer 39-jährigen Frau mit Schmerzen in der rechten Orbita und Exophthalmus des rechten Auges. Axiale T1w MRT-Aufnahme. Der klinische und der radiologische Befund sprachen für einen Pseudotumor der Orbita, und die Symptome verschwanden vollständig nach einer Kortikosteroidtherapie. Die Kenntnis des klinischen Szenarios ist entscheidend, denn diese Bildgebungsbefunde sind fast identisch mit denen in Abb. 21 b.

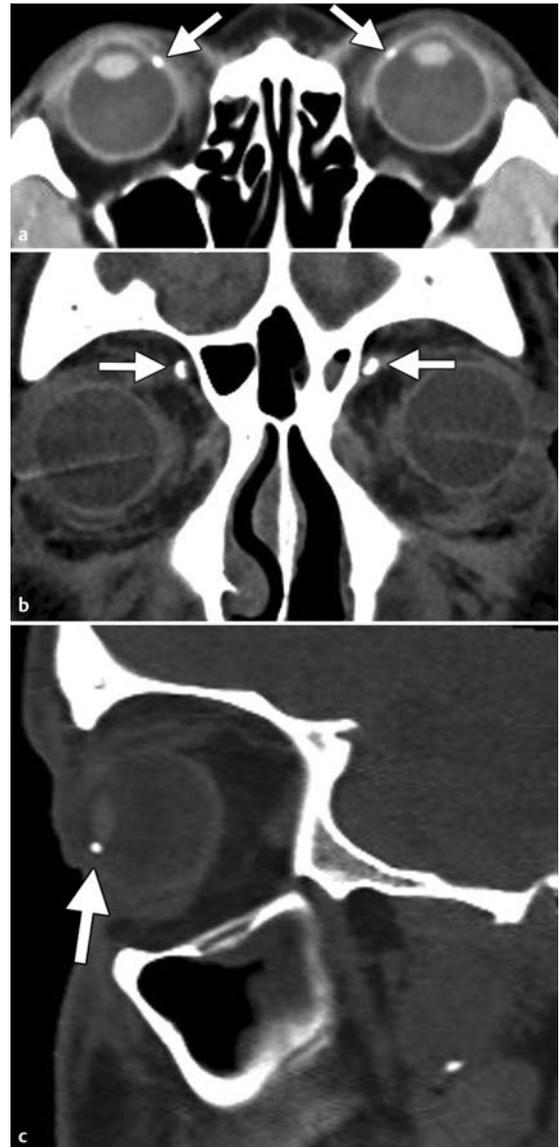


Abb. 23 Leicht mit einem Orbitaimplantat zu verwechselnde Befunde bei 3 Patienten. **a** Axiale CT-Aufnahme eines 79-jährigen Mannes: bilateral Verkalkungen an den Ansatzstellen der medialen geraden Augenmuskeln (Pfeile); diese Befunde sind pathognomonisch für altersbedingte Skleraverkalkungen. Bei einem EX-PRESS-Implantat (vgl. Abb. 2 a) wäre die Schwächung stärker und die Lokalisation weiter medial. **b** Koronare CT-Aufnahme einer 66-jährigen Frau: bilateral Verkalkungen im Bereich der Trochlea (Pfeile). **c** Sagittale CT-Aufnahme eines 25-jährigen Mannes: punktförmiger Schwächungsbereich (Pfeil) im vorderen Aspekt des Augapfels, unmittelbar unterhalb der Höhe der Linse. Ein EX-PRESS-Implantat könnte ähnlich aussehen, aber diese Implantate werden nur selten inferior platziert (vgl. Abb. 2 b). In der Orbita waren mehrere weitere metallische Herde zu sehen, sodass ein Fremdkörper die wahrscheinlichste Diagnose darstellte. Die weitere Abklärung ergab, dass der Patient viele Jahre zuvor eine Schussverletzung im Gesicht erlitten hatte.

genannt [16]. Verkalkungen im Bereich der als „Trochlea“ bezeichneten knorpeligen Struktur, durch die die Sehne des oberen schrägen Augenmuskels hindurchzieht, sind bei 25% aller Patienten im Alter über 50 Jahren zu beobachten [45]. Schließlich können überall in der Augenhöhle Fremdkörper aus Metall vorkommen. Kenntnisse über die klinische Vorgeschichte des Patienten einschließlich früherer Traumata sind zwar hilfreich, aber für die Identifikation derartiger Fremdkörper nicht unbedingt notwendig. Die Diagnose wird nahegelegt durch das Aussehen und die Lokalisation des fraglichen Objekts, die nicht typisch für ein chirurgisches Implantat oder für eine Verkalkung sind (Abb. 23).

Fazit

Die postoperative bildgebende Kontrolle einer anatomischen Struktur kann ein diagnostisches Dilemma darstellen, wenn man nicht mit den üblichen Therapieverfahren vertraut ist. Da die Orbita häufig bei routinemäßigen Röntgenuntersuchungen miterfasst wird, wird der Radiologe unweigerlich mit postoperativen Veränderungen von Augapfel und Adnexen konfrontiert. Wenn er weiß, welchen Bildgebungsbefund er nach einem Eingriff am Auge zu erwarten hat, können Verwechslungen und Fehldiagnosen von Implantaten vermieden werden.

Abstract

Ophthalmologists perform a wide array of interventions on the orbital contents. The surgical treatment of glaucoma, cataracts, retinal detachment, and ocular trauma or malignancy results in alteration of the standard anatomy, which is often readily evident at radiologic examinations. The ability to accurately recognize the various imaging manifestations after orbital surgery is critical for radiologists to avoid misdiagnosis. Of particular importance is familiarity with the numerous types of implanted devices, such as glaucoma drainage devices, orbital implants, and eyelid weights. Although knowledge of patients' surgical history is helpful, this information is often not available at the time of interpretation. Fortunately, there are characteristic posttreatment findings that enable diagnosis. The imaging features of the most commonly performed ophthalmologic procedures are highlighted, with emphasis on computed tomography and magnetic resonance (MR) imaging, because they are currently the primary modalities involved in evaluating the orbits. Glaucoma drainage devices and orbital implants after enucleation

are two of the more pertinent implanted devices because their composition has substantially evolved over the past 2 decades, which affects their imaging appearance. Some devices, such as the Baerveldt Glaucoma Implant and platinum-weighted eyelid implants, may distort radiologic images. The MR imaging safety profiles of numerous implanted devices are also reported.

Über die vorliegende Fortbildungsarbeit. Ausgezeichnet mit einem Certificate of Merit Award für eine Fortbildungsveranstaltung beim RSNA-Jahreskongress 2013. Eingegangen am 19. März 2014; Überarbeitung erbeten am 23. Juni 2014; in überarbeiteter Fassung eingegangen am 2. Juli 2014; angenommen am 22. Juli 2014. Mit Bezug auf diese journalbasierte SA-CME-Aktivität haben Autoren, Redakteur und Reviewer keine potenziellen Interessenkonflikte offengelegt.

Korrespondenzadresse

Michael J. Reiter, DO
Abteilung für Radiologie
Brooke Army Medical Center
3851 Roger Brooke Dr
San Antonio, TX 78234
USA
E-Mail: mikereiter13@yahoo.com

Literatur

- 1 Congdon N, O'Colmain B, Klaver CC et al. Causes and prevalence of visual impairment among adults in the United States. *Arch Ophthalmol* 2004; 122: 477–485
- 2 Geffen N, Trope GE, Alasbali T et al. Is the Ex-PRESS glaucoma shunt magnetic resonance imaging safe? *J Glaucoma* 2010; 19: 116–118
- 3 Hong CH, Arosemena A, Zurakowski D et al. Glaucoma drainage devices: a systematic literature review and current controversies. *Surv Ophthalmol* 2005; 50: 48–60
- 4 Ball SF, Ellis GS Jr, Herrington RG et al. Brown's superior oblique tendon syndrome after Baerveldt glaucoma implant. *Arch Ophthalmol* 1992; 110: 1368
- 5 Reiter M, Schwoppe R, Walker K et al. Imaging of glaucoma drainage devices. *J Comput Assist Tomogr* 2012; 36: 277–279
- 6 Jeon TY, Kim HJ, Kim ST et al. MR imaging features of giant reservoir formation in the orbit: an unusual complication of Ahmed glaucoma valve implantation. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007; 28: 1565–1566

- 7 Schwartz KS, Lee RK, Gedde SJ. Glaucoma drainage implants: a critical comparison of types. *Curr Opin Ophthalmol* 2006; 17: 181–189
- 8 Ceballos EM, Parrish RK2nd. Plain film imaging of Baerveldt glaucoma drainage implants. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002; 23: 935–937
- 9 Sharkness CM, Hamburger S, Kaczmarek RG et al. Racial differences in the prevalence of intraocular lens implants in the United States. *Am J Ophthalmol* 1992; 114: 667–674
- 10 Kuo MD, Hayman LA, Lee AG et al. In vivo CT and MR appearance of prosthetic intraocular lens. *AJNR Am J Neuroradiol* 1998; 19: 749–753
- 11 Aksoy FG, Gomori JM, Halpert M. CT and MR imaging of contact lenses and intraocular lens implants. *Comput Med Imaging Graph* 1999; 23: 205–208
- 12 Mafee MF, Karimi A, Shah J et al. Anatomy and pathology of the eye: role of MR imaging and CT. *Neuroimaging Clin N Am* 2005; 15: 23–47
- 13 Lane JI, Watson REJr, Witte RJ et al. Retinal detachment: imaging of surgical treatments and complications. *RadioGraphics* 2003; 23: 983–994
- 14 Bakshandeh H, Shellock FG, Schatz CJ et al. Metallic clips used for scleral buckling: ex vivo evaluation of ferromagnetism at 1,5 T. *J Magn Reson Imaging* 1993; 3: 559
- 15 Mathews VP, Elster AD, Barker PB et al. Intraocular silicone oil: in vitro and in vivo MR and CT characteristics. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994; 15: 343–347
- 16 LeBedis CA, Sakai O. Nontraumatic orbital conditions: diagnosis with CT and MR imaging in the emergent setting. *RadioGraphics* 2008; 28 : 1741–1753
- 17 Herrick RC, Hayman LA, Maturi RK et al. Optimal imaging protocol after intraocular silicone oil tamponade. *AJNR Am J Neuroradiol* 1998; 19 : 101–108
- 18 Herrick RC, Hayman LA, Taber KH et al. Artifacts and pitfalls in MR imaging of the orbit: a clinical review. *RadioGraphics* 1997; 17 : 707–724
- 19 Shields CL, Shields JA, De Potter P. Hydroxyapatite orbital implant after enucleation: experience with initial 100 consecutive cases. *Arch Ophthalmol* 1992; 110 : 333–338
- 20 Hunter TB, Yoshino MT, Dzioba RB et al. Medical devices of the head, neck, and spine. *RadioGraphics* 2004; 24: 257–285
- 21 Shields CL, Shields JA, De Potter P et al. Problems with the hydroxyapatite orbital implant: experience with 250 consecutive cases. *Br J Ophthalmol* 1994; 78: 702–706
- 22 De Potter P, Duprez T, Cosnard G. Postcontrast magnetic resonance imaging assessment of porous polyethylene orbital implant (Medpor). *Ophthalmology* 2000; 107: 1656–1660
- 23 Su GW, Yen MT. Current trends in managing the anophthalmic socket after primary enucleation and evisceration. *Ophthalm Plast Reconstr Surg* 2004; 20: 274–280
- 24 Gale ME, Vincent ME, Sutula FC. Orbital implants and prostheses: postoperative computed tomographic appearance. *AJNR Am J Neuroradiol* 1985; 6: 403–407
- 25 Coskun U, Ozturk S, Zor F et al. Imaging of porous polyethylene implant by using multidetector spiral computed tomography. *J Craniofac Surg* 2008; 19: 156–158
- 26 Lukáts O, Bujtár P, Sándor GK et al. Porous hydroxyapatite and aluminum-oxide ceramic orbital implant evaluation using CBCT scanning: a method for in vivo porous structure evaluation and monitoring. *Int J Biomater* 2012; 2012: 764–749
- 27 Sires BS, Holds JB, Archer CR. Postimplantation density changes in coralline hydroxyapatite orbital implants. *Ophthalm Plast Reconstr Surg* 1998; 14: 318–322
- 28 Sires BS, Holds JB, Archer CR. Variability of mineral density in coralline hydroxyapatite spheres: study by quantitative computed tomography. *Ophthalm Plast Reconstr Surg* 1993; 9: 250–253
- 29 Graue GF, Finger PT. Physiologic positron emission tomography/CT imaging of an integrated orbital implant. *Ophthalm Plast Reconstr Surg* 2012; 28: e4–e6
- 30 Domange-Testard A, Papatthanassiou D, Menéroux B et al. SPECT-CT images of an ocular coralline hydroxyapatite implant visible on bone scintigraphy. *Clin Nucl Med* 2007; 32: 132–134
- 31 Flanders AE, De Potter P, Rao VM et al. MRI of orbital hydroxyapatite implants. *Neuroradiology* 1996; 38: 273–277
- 32 Barnwell JD, Castillo M. MR imaging of progressive enhancement of a bioceramic orbital prosthesis: an indicator of fibrovascular invasion. *AJNR Am J Neuroradiol* 2011; 32: E8–E9
- 33 Yuh WT, Hanigan MT, Nerad JA et al. Extrusion of eye socket magnetic implant after MR imaging: potential hazard to patient with eye prosthesis. *J Magn Reson Imaging* 1991; 1: 711–713
- 34 Zwick OM, Seiff SR. Supportive care of facial nerve palsy with temporary external eyelid weights. *Optometry* 2006; 77: 340–342
- 35 Seiff SR, Boerner M, Carter SR. Treatment of facial palsies with external eyelid weights. *Am J Ophthalmol* 1995; 120: 652–657
- 36 Robey AB, Snyder MC. Reconstruction of the paralyzed face. *Ear Nose Throat J* 2011; 90: 267–275
- 37 Schrom T, Thelen A, Asbach P et al. Effect of 7,0 Tesla MRI on upper eyelid implants. *Ophthalm Plast Reconstr Surg* 2006; 22: 480–482
- 38 Marra S, Leonetti JP, Konior RJ et al. Effect of magnetic resonance imaging on implantable eyelid weights. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1995; 104: 448–452
- 39 Swanger RS, Crum AV, Klett ZG et al. Postsurgical imaging of the globe. *Semin Ultrasound CT MR* 2011; 32: 57–63
- 40 Ervin AM, Wojciechowski R, Schein O. Punctal occlusion for dry eye syndrome. *Cochrane Database Syst Rev* 2010; 9: CD006775
- 41 Mittelman D. Amblyopia. *Pediatr Clin North Am* 2003; 50: 189–196
- 42 Kadom N. Pediatric strabismus imaging. *Curr Opin Ophthalmol* 2008; 19: 371–378
- 43 Scott AB, Alexander DE, Miller JM. Bupivacaine injection of eye muscles to treat strabismus. *Br J Ophthalmol* 2007; 91: 146–148
- 44 Scott AB, Miller JM, Shieh KR. Treating strabismus by injecting the agonist muscle with bupivacaine and the antagonist with botulinum toxin. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2009; 107: 104–109
- 45 Hart BL, Spar JA, Orrison WWJr. Calcification of the trochlear apparatus of the orbit: CT appearance and association with diabetes and age. *AJR Am J Roentgenol* 1992; 159: 1291–1294

CME-Fragen

CME-Teilnahme

- ▶ Viel Erfolg bei Ihrer CME-Teilnahme unter <http://cme.thieme.de>
- ▶ Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.
- ▶ Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, unter <http://cme.thieme.de/hilfe> finden Sie eine ausführliche Anleitung.

1

Welche der folgenden Aussagen zu EX-PRESS-Glaukomfiltrationsimplantaten trifft *nicht* zu?

- A Es handelt sich um eine Weiterentwicklung der Trabekulektomie.
- B Das Implantat verursacht in der MRT Suszeptibilitätsartefakte, weil es aus Silikon besteht.
- C Das Implantat wird unter einen Skleralappen eingebracht und am Limbus platziert.
- D Mithilfe des Implantats kann Kammerwasser in den Intraskleralraum fließen; dadurch wird der Augeninnendruck kontrolliert.
- E Das Implantat erscheint in der CT als punktförmiger Bereich mit der Dichte von Metall.

2

Welche Implantatlokalisierung sollte bei einem Glaukomdrainageimplantat vermieden werden?

- A mit dem Schlauchende in der Vorderkammer
- B im superotemporalen Quadranten der Orbita
- C mit dem Schlauchende in der Hinterkammer
- D im inferonasalen Quadranten der Orbita
- E im superonasalen Quadranten der Orbita

3

Welches Glaukomdrainageimplantat weist einen Ventilmechanismus auf?

- A EX-PRESS-Implantat
- B Molteno-Implantat
- C Ahmed-Implantat
- D Bell-Implantat
- E Baerveldt-Implantat

4

Welche Aussage zur MRT-Bildgebung von Glaukomdrainageimplantaten ist *nicht* richtig?

- A Das Implantat imponiert T1w und T2w mit niedriger Signalintensität.
- B An der Basisplatte des Implantats bildet sich ein von einer fibrösen Kapsel umgebenes Bläschen aus Kammerwasser, das am besten auf T2w Aufnahmen zu erkennen ist.
- C Das Bläschen kann in der Bildgebung mit einer Dermoidzyste, einem Lymphangiom, einer Tränendrüsenzyste oder einem Abszess verwechselt werden.
- D Glaukomdrainageimplantate sind ferromagnetisch und deshalb nicht MRT-kompatibel.
- E Das Bläschen kann aufgrund seiner manchmal sehr geringen Größe in der Bildgebung nicht wahrnehmbar sein.

5

Welches der folgenden Operationsverfahren ist *nicht* zur Therapie der Netzhautablösung geeignet?

- A sog. Buckelchirurgie
- B Phakoemulsifikation
- C Vitrektomie mit anschließender intraokulärer Tamponade
- D Kombination aus Buckelchirurgie, Vitrektomie und Retinopexie
- E Retinopexie

CME-Fragen

Postoperative Bildgebung des Orbitainhalts

6

Welche der folgenden Aussagen zur sog. Buckelchirurgie bei Netzhautablösung ist *falsch*?

- A Bei der Buckelchirurgie wird die Wand des Augapfels so eingedellt, dass sich die auf die Netzhaut einwirkenden Zugkräfte verringern.
- B Die Eindellung ist in der Regel permanent.
- C Die für die Eindellung verwendeten Plomben und Cerclagen bestehen meist aus solidem Silikongummi oder porösem Silikonschwamm.
- D Die Silikonplomben und -Cerclagen sind anhand ihrer hohen Signalintensität in der MRT sehr gut zu erkennen.
- E Plomben und Cerclagen aus solidem Silikongummi weisen in der CT dieselbe Dichte wie Luft auf.

7

Worauf ist zurückzuführen, dass das CT-Erscheinungsbild von Orbita-implantaten aus Polyethylen sich im Verlauf der postoperativen Phase verändert?

- A Aufgrund der Porosität des Materials finden sich anfänglich Lufteinschlüsse, die später durch Einwachsen von Bindegewebe und Gefäßen verschwinden.
- B Das Polyethylenmaterial zersetzt sich im Laufe der Zeit und wird vom Körper resorbiert.
- C In das Polyethylenmaterial wird Kalk eingelagert.
- D Es bilden sich im Implantat vorübergehend Suszeptibilitätsartefakte.
- E Das Polyethylenmaterial nimmt im Laufe der Zeit immer mehr Blutabbauprodukte auf.

8

Auf welches Krankheitsbild weist der Befund eines implantierten Lidgewichts in der bildgebenden Untersuchung hin?

- A Strabismus
- B Keratoconjunctivitis sicca
- C Fazialisparese
- D Netzhautablösung
- E Katarakt

9

Welche Aussage zur Bupivacain-injektion in die äußeren Augenmuskeln ist korrekt?

- A Sie dient der Vorbereitung einer Rückverlagerungsoperation bei Strabismus.
- B Sie hat bildgebend dasselbe Erscheinungsbild wie ein Zustand nach Resektion.
- C Bupivacain bewirkt eine Abnahme der Kontraktilität.
- D Sie führt in den ersten postoperativen Wochen und Monaten zu einer Vergrößerung des Muskels.
- E Die durch sie hervorgerufene Vergrößerung des Augenmuskels lässt sich in der Bildgebung eindeutig von einem Pseudotumor der Orbita unterscheiden.

10

Verkalkungen in der Orbita können in der Bildgebung leicht mit einem Implantat verwechselt werden. Welcher Befund spricht *nicht* für eine Verkalkung?

- A jugendlicher Patient
- B älterer Patient
- C Lokalisation an der Ansatzstelle der medialen geraden Augenmuskeln
- D Lokalisation an der Ansatzstelle der lateralen geraden Augenmuskeln
- E Lokalisation im Bereich der Trochlea