

Inverse Schulterprothese – Indikation, Operationstechnik und Ergebnisse

Die irreparable Rotatorenmanschettenruptur mit schmerzhafter Pseudoparalyse stellt seit jeher eine große Herausforderung für den behandelnden Operateur da. Diese ausgedehnten Rupturen gehen je nach Fortschreiten der Erkrankung mit verschiedenen Veränderungen des Glenohumeralgelenks und des Subakromialraums einher. Durch den Ausfall der zentrierenden und stabilisierenden Rotatorenmanschette kann es im Verlauf zu einer Migration des Humeruskopfes nach kranial kommen, was sich bis zu einer Subluxation des Humeruskopfes nach anterosuperior ausweiten kann. Durch den Zug des M. deltoideus nach kranial und den Ausfall der Zentrierung kommt es zu speziellen arthrotischen Veränderungen des Glenohumeralgelenks und zu einer Arrosion der Akromionunterfläche. Humeralseitig können die Veränderungen im Endstadium zu einem Kollaps des Humeruskopfes führen [19].

Zwar können bei jüngeren Patienten in früheren Stadien Weichteilverfahren wie der Latissimustransfer bei Supra- bzw. Infraspinatussehnenrupturen und der Pectoralis-major-Transfer bei Subscapularissehnenrupturen eine Schmerzreduktion und Funktionsverbesserung durch die Zentrierung des Humeruskopfes ermöglichen, jedoch sind diese Verfahren bei der Defekarthropathie des älteren Patienten meist nicht mehr indiziert. Bei dezentrierter Schulter und pseudoparalytischer Funktion sorgt die konservative Therapie oder ein arthroskopisches Débride-

ment mit Bizepssehnenotomie und Synovektomie meist nicht mehr für eine substanzelle Verbesserung der klinischen Symptome bei den betroffenen Patienten. Die inverse Schultertotalendoprothetik ermöglicht hier eine wesentliche Verbesserung der Lebensqualität durch Funktionsverbesserung und drastische Schmerzreduktion [6, 7].

Bereits Anfang der 1970er Jahre wurden Schultertotalendoprothesen mit medialisiertem Drehzentrum entwickelt, um eine insuffiziente Funktion der Rotatorenmanschette zu kompensieren. Durch die erhöhten Scherkräfte dieser teilgekoppelten Prothesen bei großem Offset kam es jedoch zu frühen Lockerungen, weswe-

gen die Weiterentwicklung der inversen Schultertotalendoprothese in einem moderateren Offset durch Grammont in den 1980er Jahren bestand [12]. Seit Anfang der 1990er Jahre wurde dann die inverse Delta-III-Schultertotalendoprothese nach Grammont verwendet. Die heutigen Modelle der inversen Schulterprothesen sind in einigen Details weiterentwickelt und werden mit stark ansteigenden Fallzahlen in Europa, aber auch in den USA und anderen Ländern implantiert. Diese Prothesen beruhen alle auf dem Prinzip des medialisierten Drehzentrums (■ **Abb. 1**).

Klinische Erfahrungen sorgten für verschiedene Weiterentwicklungen bei der ursprünglichen Delta-III-Prothe-

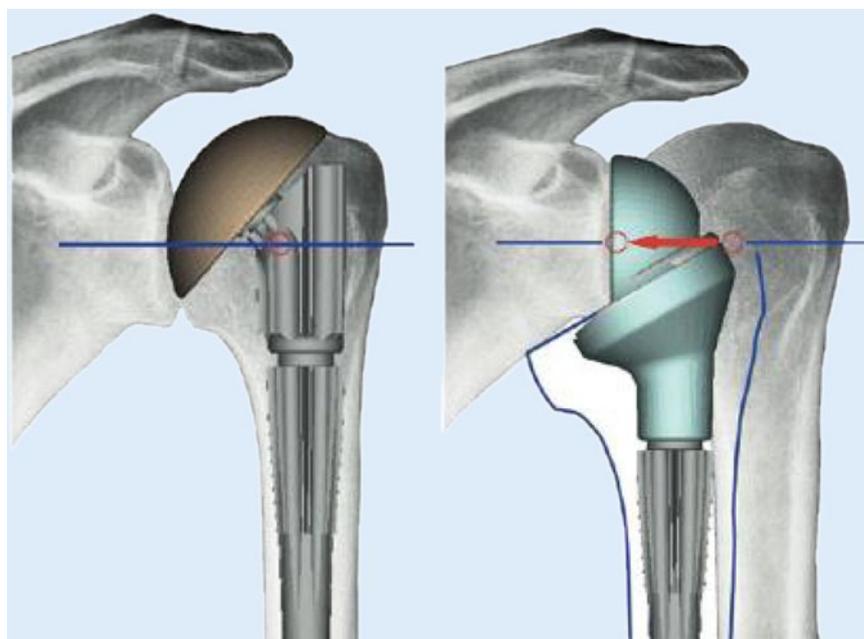


Abb. 1 ▲ Biomechanik der inversen Schulter TEP. Durch Kaudalisierung und Medialisierung des Drehzentrums erreicht man eine Vorspannung des Deltamuskels mit entsprechendem Drehmoment für die Abduktion



Abb. 2 ◀ Klassifikation der Cuffarthropathie nach Hamada [14] in 5 Stadien: im Stadium 1 zentrierter Oberarmkopf, Stadium 2 Dezentrierung des Humerus, aber noch keine Azetabulisierung am Akromion, im Stadium 3 Dezentrierung und Azetabulisierung vorhanden. Im Stadium 4a liegt neben der Dezentrierung eine superiore Glenoiderosion vor, im Stadium 4b ausgeprägte Glenoiderosion und Azetabulisierung des Akromions. Im Stadium 5 Oberarmkopfnekrose

se. So gibt es exzentrische Glenosphären, um ein inferiores Notching an der Skapula zu reduzieren, ohne die Basisplatte weiter zu kaudalisieren. Gleichzeitig wird durch eine exzentrische Glenosphäre das Drehzentrum kaudalisiert, wodurch sich die Vorspannung auf dem M. deltoideus erhöht und so eine bessere Kraftentwicklung gewährleistet wird. Bei vollständigem Verlust der aktiven Außenrotation kann eine Kombination aus inverser Schultertotalendoprothese mit einem Transfer des M. latissimus dorsi die fehlende Außenrotation kompensieren [3]. Destruierte Glenoide können durch autologen Knochen aus dem Humeruskopf oder dem Beckenkamm in Verbindung mit Basisplatten mit verlängerten Zapfen augmentiert werden, um das Offset zu erhöhen [4].

Indikationsstellung

Zur Indikationsstellung stehen dem Operateur neben der Anamnese und der kli-

nischen Untersuchung bildgebende Verfahren zur Verfügung. Wichtige anamnestische Parameter für die Indikationsstellung sind Ruhe- und Belastungsschmerzen, Nachtschmerzen, Einschränkungen bei alltäglichen Aktivitäten wie Nahrungsaufnahme, Körperpflege und der häuslichen Versorgung. Bei der klinischen Untersuchung steht die Prüfung der aktiven und passiven Beweglichkeit des Schultergelenkes im Vordergrund. Atrophien des M. supra- und infraspinatus lassen sich genau wie der Humerushochstand und die anterosuperiore Subluxation oft schon inspektorisch und palpatorisch beurteilen. Bei der Bewegungsprüfung lassen sich Krepitationen des Humeruskopfes als Hinweis auf eine Defektarthropathie feststellen. Eine schmerzhafte Pseudoparalyse besteht, wenn der Patient den Arm aktiv weniger als 90 Grad elevieren kann und die Beweglichkeit passiv frei ist. Eine suffiziente Funktion des N. axillaris und des M. deltoideus ist für

die Implantation einer inversen Schultertotalendoprothese obligat.

Nativradiologisch lassen sich die Folgen der Rotatorenmanschettenmassenruptur anhand der a.p.-Aufnahme und axialer Aufnahme darstellen. Verschiedene Klassifikationen der sog. Cuffarthropathie beschreiben das Fortschreiten der Erkrankung in Bezug auf die radiologische Darstellung des Glenohumeralgelenks und des Subakromialraums. Die wohl bekannteste Klassifikation von Hamada et al. [14] beschreibt die stadienabhängigen Veränderungen in Hinblick auf arthrotische Veränderungen des Glenohumeralgelenks und der kranialen Migration des Humeruskopfes in der a.p.-Ebene und ist als Parameter für die Indikationsstellung und Abgrenzung zu Gelenk erhaltenden Verfahren unabdingbar (▣ Abb. 2).

Anhand der a.p.-Aufnahme lässt sich auch feststellen, ob eine anterosuperiore Instabilität oder Glenoiddestruktion besteht ([21], ▣ Abb. 3), die mit dem ein-

hergehenden Funktionsverlust der wichtigste Parameter für die Indikationsstellung zur Versorgung mit einer inversen Schultertotalendoprothese darstellt. Für die Einschätzung des Glenoiddefektes sollten sowohl die a.p.-Ebene als auch die axiale Ebene beurteilt werden, um Implantationsmöglichkeiten der Basisplatte präoperativ zu eruieren [22, 25]. Eine zusätzliche Computertomographie zur Beurteilung des glenoidalen „bone-stocks“ ist sehr hilfreich und letztlich bei allen Fällen empfehlenswert.

Zur Beurteilung der Rotatorenmanschette, der Knorpelverhältnisse und der fettigen Degeneration der Muskulatur eignet sich die MRT-Untersuchung. Die fettige Degeneration wird nach Goutallier – ursprünglich anhand von CT-Schnitten in der Sagittalebene [11] – in 4 Grade eingeteilt, wobei die Grade 3 und 4 mit einer fettigen Degeneration über 50% einen irreversiblen Funktionsverlust der Rotatorenmanschette darstellen. MRT-Schnitte in der Sagittalebene zeigen die Retraktion der Supraspinatussehne, während in der Transversalebene die Retraktion von Subscapularis-, Infraspinatus- und Teresminor-Sehne beurteilt werden können.

Die irreparable Rotatorenmaschettentraktur des älteren Patienten mit schmerzhafter Pseudoparalyse und konsekutiver Defektarthropathie stellt die Hauptindikation für die Implantation einer inversen Schultertotalendoprothese dar [5].

Aufgrund der positiven Erfahrungen mit der inversen Schulterendoprothetik wurde das Indikationsspektrum erweitert. Neben der Defektarthropathie, der rheumatoiden Arthritis, der Omarthrose mit insuffizienter Rotatorenmanschettenfunktion nimmt die inverse Schulterprothetik bei proximalen Humerusfrakturen einen immer höheren Stellenwert ein. Eine Schlüsselrolle kommt der inversen Schultertotalendoprothese auch bei der Revisionsendoprothetik nach Frakturversorgung und nach konventioneller endoprothetischer Versorgung mit nachfolgender Rotatorenmanschettentraktur zu.

Eine weitere Indikation für die inverse Prothese ergibt sich bei alten Patienten über 80 Jahren mit primärer Omarthrose, d. h. also bei Patienten, bei denen die Rotatorenmanschette zwar noch vorhanden, aber die Muskulatur dennoch bereits

Arthroskopie 2014 · [jvn]:[afp]–[alp] DOI 10.1007/s00142-013-0771-y
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

M. Holschen · J.D. Agneskirchner
Inverse Schulterprothese – Indikation, Operationstechnik und Ergebnisse

Zusammenfassung

Hintergrund. Die Cuffarthropathie mit dem klinischen Bild der pseudoparalytischen Schulter stellt die klassische Indikation für die Implantation einer inversen Schulter (TEP) beim älteren Patienten dar. Bei korrekter Indikationsstellung, Operationstechnik und Implantatwahl können sehr gute klinische Ergebnisse mit Schmerzbefreiung und guter Funktion bei niedriger Komplikationsrate erreicht werden.

Fragestellung. Anhand dieser Übersichtsarbeit sollen Indikationen, klinische Ergebnisse, Komplikationen und deren Therapie sowie die Operationstechnik der inversen Schulterendoprothetik im Zusammenhang mit der irreparablen Rotatorenmanschettentraktur nähergebracht werden.

Material und Methoden. Selektive Literaturrecherche und die Vermittlung eigener klinischer Erfahrungen der Autoren.

Ergebnisse. Die Behandlung einer Rotatorenmanschettentraktur mit einer in-

versen Schultertotalendoprothese sorgt für eine Funktionsverbesserung und eine Schmerzabnahme. Die Langzeitergebnisse einer inversen Schulterendoprothetik zeigen gute Überlebensraten, jedoch auch Funktionseinbußen.

Schlussfolgerungen. Trotz der sehr guten Ergebnisse der inversen Prothetik, insbesondere bei Patienten mit irreparablen Rotatorenmanschettendefekten, gilt es bei der Indikation zur inversen TEP eine Abgrenzung zur konservativen Therapie und zu gelenkerhaltenden Eingriffen vorzunehmen, um der Gefahr einer „Überindikation“ dieser Technik vorzubeugen.

Schlüsselwörter

Cuffarthropathie · Rotatorenmanschettendefekt · Inverse Schulterprothese · Pseudoparalyse · Behandlungsergebnisse

Reverse shoulder arthroplasty – indication, surgical technique and results

Abstract

Background. The classical indication for a reverse shoulder arthroplasty (RSA) is cuff tear arthropathy with pseudoparalysis of the shoulder joint in the elderly patient. If the indication is correct and the operation is performed using an adequate technique, the implantation of a reverse total shoulder usually yields excellent clinical results eliminating pain and significantly improving shoulder function in this patient group.

Objective. The goal of this article is to present clinical results, complications and their therapy as well as the surgical technique of reverse total shoulder arthroplasty in the context of the cuff tear arthropathy.

Materials and methods. Selective review of the literature and transfer of the authors' clinical experience.

Results. The treatment of massive rotator cuff tears with reverse total shoulder arthro-

plasty provides an improvement of clinical function and reduces pain. The long-term results of reverse total shoulder arthroplasty demonstrate a good survival rate but also a decrease of clinical function.

Conclusion. Despite the excellent results of RSA especially in patients with irreparable cuff tears, it is very important to respect the limit of the indications for RSA. In order not to “overindicate” RSA, the potentials of conservative treatment and joint preserving techniques must be known.

Keywords

Cuff tear arthropathy · Rotator cuff defect · Reverse total shoulder arthroplasty · Pseudoparalysis · Treatment outcome

degeneriert und atrophiert ist. Insbesondere bei Patienten mit primärer Omarthrose und fixierter posteriorer Dezentrierung des Oberarmkopfs und einem bikonkaven Glenoid (B2) sollte beim älteren Patienten die Implantation einer inversen

anstelle einer anatomischen Prothese erwogen werden [26].

Gerade im Grenzbereich zwischen anatomischer und inverser Prothesenindikation ist die Verwendung eines modularen Prothesensystems, welches intra-

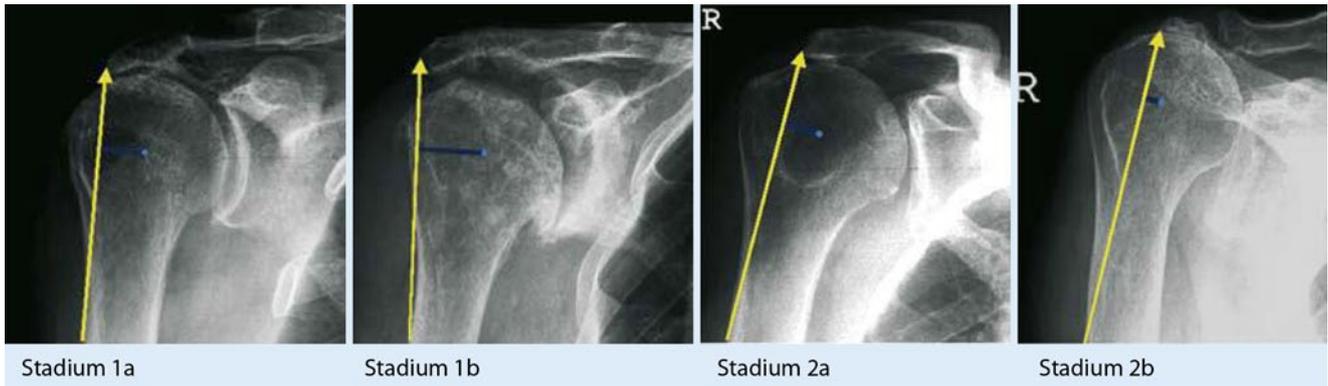


Abb. 3 ▲ Klassifikation der Cuffarthropathie nach Seebauer [21]. Im Stadium 1a und 1b Cuffarthropathie ohne Migration nach kranial, bei 1b aber schwerwiegende mediale Glenoiderosion, Stadium 2 mit Dezentrierung und Instabilität (2b)



Abb. 4 ▲ Konversion einer anatomischen auf eine inverse Schulter TEP nach Versagen der superioren Rotatorenmanschette durch bloßen Austausch von Komponenten unter Belassen von Schaftstil und Glenoidbasisplatte

operativ beide Optionen ermöglicht, stark vorteilhaft. Die Autoren haben hierzu seit Jahren gute Erfahrungen mit einem modularen und konvertierbaren System gemacht, das am Glenoid zementfrei unter Verwendung eines „metal backs“ verankert wird und humeral über eine austauschbare epiphysäre Komponente verfügt. Eine Konversion wird humeralseitig ohne Schaftwechsel und glenoidseitig mit Erhalt der Basisplatte ermöglicht (▣ Abb. 4).

Zusammenfassend stellen die folgenden Faktoren entscheidende Parameter für die Implantation einer inversen Schultertotalendoprothese dar:

Irreparable Ruptur der Rotatorenmanschette des Supra-/Infraspinatus und/oder Subscapularis mit fortgeschrittener Sehnenretraktion und/oder Sehnensubstanzverlust und

- Schmerzhafter Pseudoparalyse
- Dezentrierung der Schulter auf dem „true“ a.p.-Röntgenbild beim stehenden Patienten mit Reduktion des akromiohumeralen Abstands (5 mm oder weniger)
- Fettige Infiltration der Rotatorenmanschette nach Goutallier Stadium 3 und 4
- Anterosuperiore Subluxation

- Sekundäre Arthrose bei Rotatorenmanschettendefekt (Cuffarthropathie)
- Primäre Omarthrose bei vorhandener Rotatorenmanschette, aber relevanter Atrophie der Rotatorenmanschettenmuskulatur (Patienten >75 Jahre)
- Primäre Arthrose bei Patienten mit fixierter posteriorer Dezentrierung und bikonkavem Glenoid
- Versagen konservativer Maßnahmen

Es müssen nicht alle hier genannten Parameter gegeben sein. Die Indikation wird individuell nach dem klinischen und radiologischen Bild unter Berücksichtigung

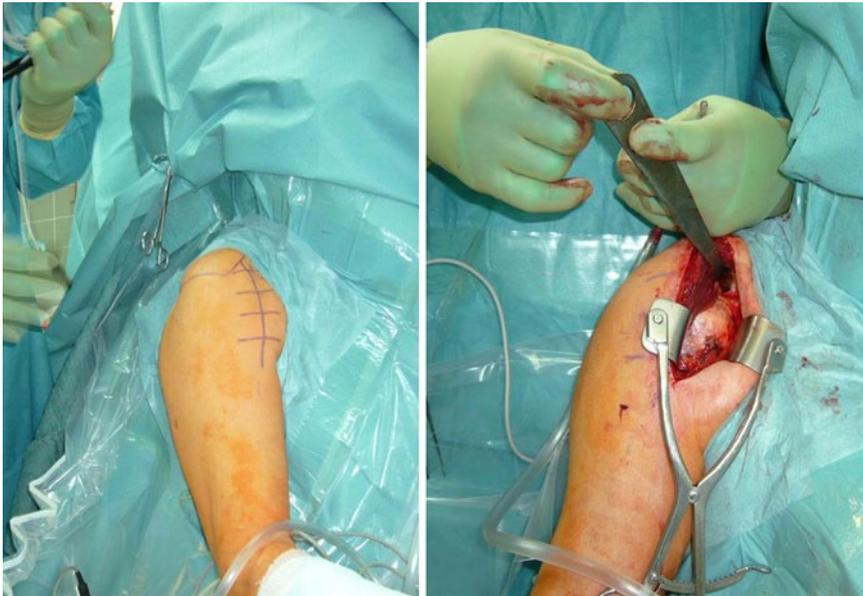


Abb. 5 ▲ Deltoideopektoraler Zugang zum Schultergelenk für die Implantation einer inversen SchulterTEP

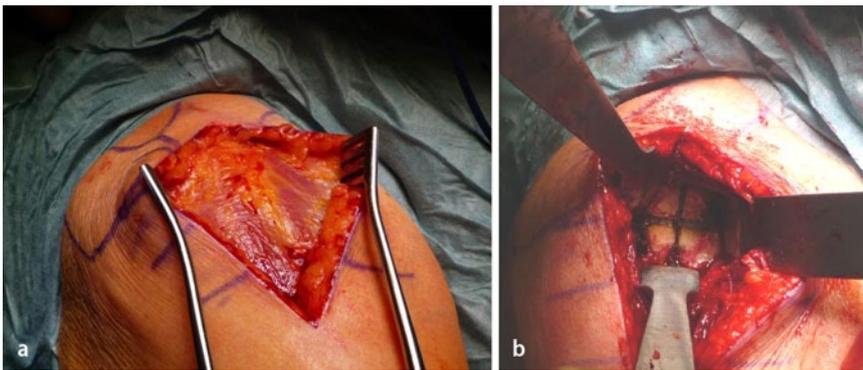


Abb. 6 ▲ **a** Anterosuperiorer Zugang (Mackenzie). Der Deltamuskel wird im Verlauf gespalten und kurzstreckig am Akromionvorderrand abgelöst. **b** Das Glenoid wird dargestellt und der Humerus nach Resektion der Kalotte mit Haken nach kaudal gedrückt

alternativer Behandlungsmethoden gestellt.

Operationstechnik

Grundsätzlich kann der Eingriff über einen deltoideopektoralen Standardzugang (■ **Abb. 5**) oder über einen anterosuperior angelegten Delta-Split-Zugang (Mackenzie-Zugang; ■ **Abb. 6**) erfolgen [17]. Beide Zugänge haben ihre individuellen Vor- und Nachteile. Der Delta-Split-Zugang eignet sich für die klassischen Fälle der Cuffarthropathie bei gut erhalten der passiver Beweglichkeit. Nachteile sind das mögliche Kompromittieren des Deltamuskels mit Innervationsstörungen der anterioren Anteile und ggf. einer Dehiscenz der Refixation am Akromion und

die ggf. etwas schlechtere Darstellbarkeit der kaudalen Pfannenanteile. Vorteilhaft sind eine kleinere Hautinzision, eine geringere Traumatisierung der umgebenen Muskulatur und die Möglichkeit des Erhalts der Subscapularissehne, sofern diese noch vorhanden ist.

Der deltoideopektorale Standardzugang erleichtert das Vorgehen bei Defektarthropathien mit schlechter passiver Beweglichkeit infolge von Kapselkontrakturen, bei großen kaudalen Osteophyten des Humerus und bei allgemeiner glenohumeraler Arthrose. Über diesen Zugang kann sehr gut das von der anatomischen Prothetik bekannte zirkumferente Kapselrelease, aber auch die periartikuläre Muskulatur wie ggf. der M. pectoralis major und der M. latissimus dor-

si und der Ursprung der Trizepssehne gelöst werden. Der N. axillaris kann bei diesem Verfahren sicher identifiziert und ggf. neurolysiert werden. Sollte eine erschwerte Schaftpräparation wahrscheinlich sein, kann über eine Erweiterung des Zugangs die Diaphyse deutlich leichter als von anterosuperior aus langstreckig dargestellt werden. Die Tenotomie der intakten Subscapularissehne kann sich in einigen Fällen inverser Prothetik nachteilig auf die Stabilität und Funktion des Gelenks auswirken. Grundsätzlich gilt jedoch, dass eine fehlende oder im Verlauf dehiszente Refixation der Subscapularissehne klinisch kaum relevant ist. Dies steht im Gegensatz zur anatomischen Prothetik, wo die Insuffizienz der Subscapularissehne katastrophale Folgen hat. Andere mögliche Nachteile des deltoideopektoralen Zugangs sind ggf. Schäden der V. cephalica oder Anteilen des M. deltoideus durch Hakenzug im Zuge der Exposition von Glenoid oder Humerus.

Nachfolgend wird nun das Procedere über den deltoideopektoralen Standardzugang beschrieben:

Zugang und Weichteilrelease

Die Hautinzision beginnt unmittelbar lateral des Processus coracoideus und verläuft etwa 10 cm schräg nach kaudal auf die Humerusdiaphyse zu. Nach Darstellung des Sulcus deltoideopectoralis mit der V. cephalica wird das Muskelintervall ausgehend vom Processus coracoideus stumpf eröffnet, wobei die V. cephalica nach lateral gehalten wird. Zur besseren Übersicht kann die Sehne des M. pectoralis major ggf. etwas eingekerbt werden. Nach einem digitalen oder bei Vernarbungen scharfen Release der Bursa subacromialis und subdeltoidea stellt sich der Humeruskopf lateral der zusammengehörigen Sehnen von M. biceps (caput breve) und M. coracobrachialis dar. Zwischen „conjoint tendons“ und Subscapularissehne bzw. Humeruskopf lässt sich kaudal-medial der N. axillaris tasten. Es empfiehlt sich, den Nerven unbedingt sicher darzustellen, um dann eine Schonung bei den weiteren Operationsschritten, insbesondere der Subscapularissehnenpräparation, z. B. durch Langenbeck-Haken, zu ermöglichen. Nach Tenotomie

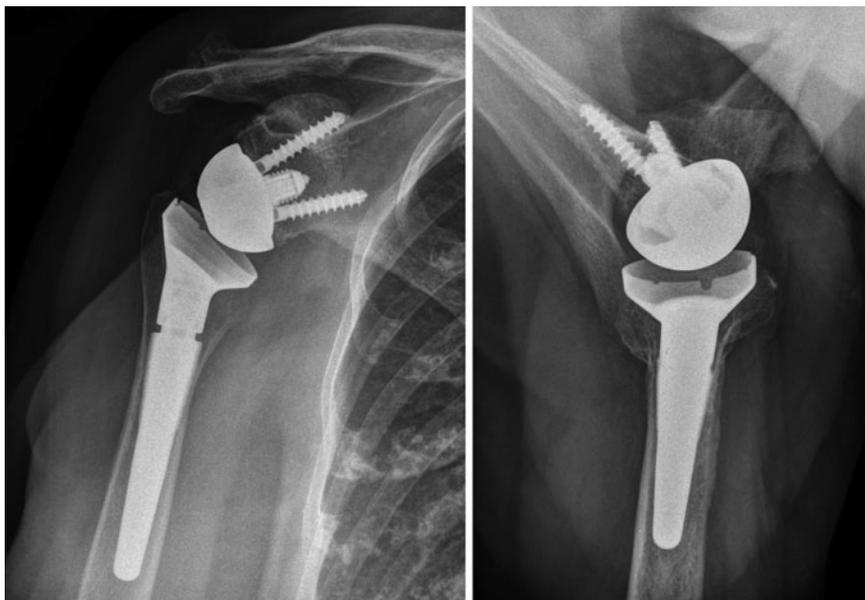


Abb. 7 ▲ Zementfreie inverse Schulter TEP (Fa. Lima, SMR-System). Durch kaudale Positionierung der Glensphäre sowie begünstigt durch den langen Glenoidhals keinerlei „inferior scapular notching“ 3 Jahre postoperativ



Abb. 8 ▲ Aktive Elevation der Patientin aus Abb. 11. Die rechte Schulter wurde mit inverser TEP versorgt

oder Tenodese der langen Bizepssehne oberhalb des Ansatzes der Pectoralis-major-Sehne mit nicht resorbierbaren Fäden, wird die Subscapularissehne unter Belassen eines Stumpfes am Tuberculum minus abgesetzt. Unter zunehmender Außenrotation wird die Sehne dabei von kranial nach kaudal abgelöst und je nach Qualität mit nicht resorbierbarem Nahtmaterial für die spätere Refixation armiert. Unter weiterer Außenrotation wird die inferiore Kapsel humeralseitig weiter schrittweise nach dorsal abgelöst. Sofern vorhanden werden Reste der Supraspinatussehne „released“. Der Humeruskopf lässt sich

danach durch Retraktion des M. deltoideus und Homann-Hebeln von kranial und ventral exponieren. Die Eröffnung der Kalotte erfolgt medial des Tuberculum majus mit einem Bohrer. Das Zielinstrumentarium für die Osteotomie des Humeruskopfes richtet sich an der Höhe des Tuberculum majus aus. Die Retroversion erreicht je nach Bedarf einen Wert von 0° bis 20°. Standard bei den meisten Systemen ist eine Resektion des Kopfes von 150° im Verlauf zur Schaftachse. Ist die Kopfkalotte entfernt, werden nach Auflegen einer Schutzplatte drei Retraktoren zur Darstellung der Pfanne eingesetzt. Zuvor sollte bei intakter Subscapularissehne eine Separation der Sehne von der Kapsel erfolgen. Das Labrum wird mit der langen Bizepssehne reseziert. Kaudal wird eng am glenoidseitigen Knochen die inferiore Kapsel gelöst und die Trizepssehne eingekebrt.

Glenoidpräparation

Zunächst müssen etwaige Osteophyten identifiziert und entfernt werden, damit sie dem Operateur keine falsche Orientierung bieten. Entscheidend ist die einwandfreie Darstellung des Glenoids durch Positionierung entsprechender Haken, um eine ausreichende Übersicht für die nachfolgenden Präparationsschritte zu er-

halten. Nach sicherer Identifizierung der Landmarken, v. a. des inferioren Glenoidpols und zirkumferenter Resektion des Labrums wird nach Markierung der Sagittal- und Horizontalachse im Mittelpunkt des Glenoids ein K-Draht platziert, der sicher intraossär und in Richtung des Glenoidhals liegen muss. Es wird empfohlen, die Richtung dieses zentralen Drahts, der die Implantation der Glensphäre definiert, niemals nach medial abfallend, sondern streng horizontal bzw. um ca. 5° ansteigend einzubringen. Um das Risiko des inferioren Skapula-Notchings zu minimieren, sollte der Eintrittspunkt des Drahts so liegen, dass eine ausreichend kaudale Position der Glensphäre gewährleistet ist, die idealerweise inferior etwas über den Glenoidrand überstehen sollte. Allerdings muss bei der Positionierung des Drahts auch sichergestellt sein, dass die inferiore Schraube für die Fixation der Glensphäre noch sicher und möglichst langstreckig im Skapulahals liegt.

Nach Einbringen des zentralen Drahts fräst man zunächst vorsichtig über eine kanülierte Fräse bis auf die subchondrale Sklerosezone, die erhalten bleiben sollte. Aggressives Abtragen des Knochens bis in die weiche Spongiosa des Glenoids ist zu vermeiden. Anschließend erfolgt über den liegenden Draht die zentrale Bohrung für den Zapfen der Basisplatte. Moderne Implantatsysteme bieten hier zum Teil Zapfen unterschiedlicher Dicke und v. a. Länge an, sodass ggf. auch Knochenverluste am Glenoid unterfüttert werden können und dennoch der Zapfen der Basisplatte im Nativglenoid zu liegen kommt. Nach Implantation der Basisplatte, die bei den meisten Systemen vorsichtig, aber press fit in das Glenoid eingeschlagen wird, fixiert der Operateur diese je nach Hersteller mit zwei oder mehreren Schrauben, v. a. inferior. Dabei wird das Zugschraubenprinzip verfolgt. Kranial sollte, wenn möglich, der harte Knochen der Korakoidbasis gefasst werden. Je nach Hersteller können winkelstabile Schrauben verwendet werden, die aber aus Sicht der Autoren keinen entscheidenden Vorteil bringen. Die Richtung der inferioren Schraube sollte relativ horizontal sein und nicht zu weit nach kaudal zielen. Ein modernes Prothesensystem sollte verschiedene Glensphärengrößen anbieten (mindestens 2,

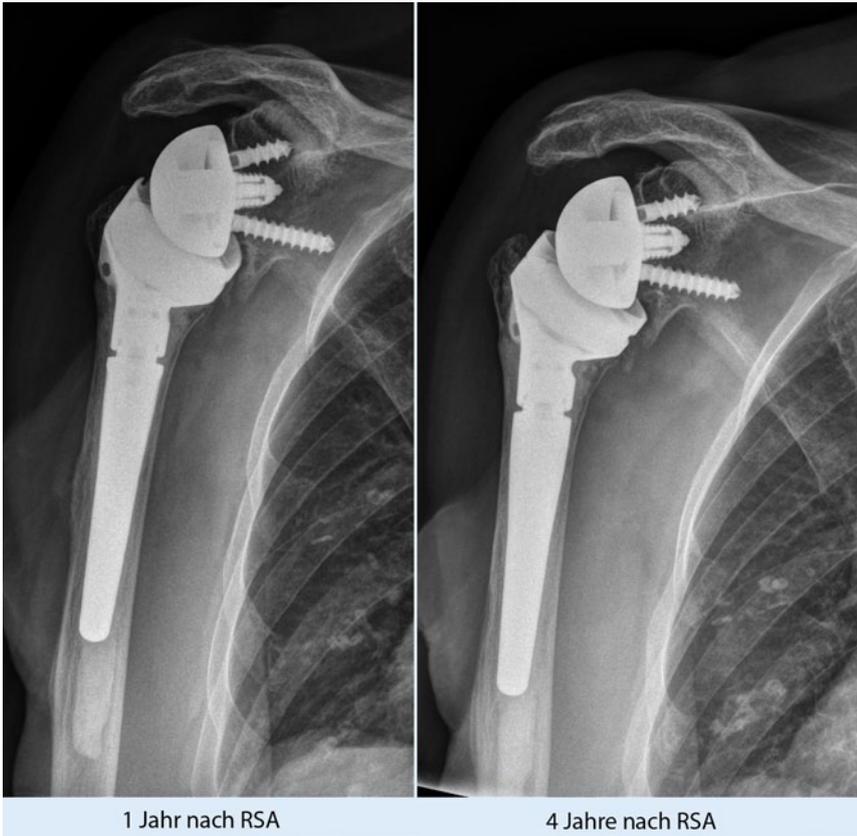


Abb. 9 ▲ Verlauf eines „inferior scapular notching“ Grad 2 nach Versorgung mit inverser Schulterprothese

besser 3 verschiedene Durchmesser), die je nach Körpergröße des Patienten und radiologischer Planung aufgebracht werden. Grundsätzlich sind größere Radien vorteilhaft, da so eine bessere postoperative Beweglichkeit und ein verbesserter Kraftschluss erwartet werden können.

Fallabhängig und abhängig vom intraoperativen Situs kann entschieden werden, eine exzentrische oder asymmetrische Glenosphäre zu verwenden, welche das Glenoid nach kaudal überragt. Dies ist z. B. dann gegeben, wenn die Basisplatte nicht ausreichend kaudal positioniert werden konnte, sodass mit einem zentrischen Design das Risiko eines inferioren Notchings bestehen würde.

Präparation des Humerus

Nach erfolgreicher Implantation der Glenoidkomponenten wird erneut der Humerus in Außenrotation und Extension hervorluxiert und mit Haken eingestellt. Man erweitert den Markraum schrittweise mit Ahlen ansteigender Größe. Sobald

die richtige Größe erreicht ist, welche bei den meisten Herstellern so konzipiert ist, dass der diaphysäre Raum mit dem Implantat ausgefüllt ist, wird der bereits zuvor resezierte Humerkopf für die spätere Implantation des inversen humeralen Implantats im epiphysären Anteil aufgefäst. Nach Einbringen einer Probeprotthese erfolgt eine Probereposition. Zu diesem Zeitpunkt kann noch eine humerale Nachresektion erfolgen, falls diese nicht ausreichend ist. Anschließend wird der Schaftanteil in der gewünschten Retroversion implantiert. Die meisten Hersteller bieten hierbei zementfreie Schaftsysteme an, die in fast allen Primärfällen ohne Knochenverlust sogar bei osteoporotischem Knochen ausreichend sicher fixiert werden können. Bei Humerkopffrakturen, posttraumatischen Defektzuständen oder bei der Wechselprothetik, bei denen der epiphysäre und metaphysäre Humerus teilweise oder komplett fehlt und damit die Humerusfixation meist ausschließlich diaphysär erfolgt, kann eine zementierte Fixation des Humerus sinn-

voll werden. Es empfiehlt sich für diese Fälle, ein modulares System vorzuhalten, welches Schäfte unterschiedlicher Länge und Fixation zur Verfügung stellt.

Das Gelenk wird dann reponiert, was zunächst meist mit einem Inlay geringerer Aufbauhöhe erfolgt. Das Gelenkspiel und die Stabilität werden ausgiebig in allen Bewegungsebenen überprüft. Wichtig ist ein exakter Form- und elastischer Kraftschluss der humeralen und glenoidalen Komponenten in allen Gelenkpositionen. Tritt beispielsweise in Adduktion ein „open book“ Phänomen auf, d. h. ein „Sich Öffnen“ des Gelenkspalts nach kranial, ist das Eingleiten des Humerus inferior und kaudal des Skapulahales nicht gegeben, was entweder durch Skapula-Notching oder ein unzureichendes inferiores Kapselrelease verursacht wird. In jedem Fall muss dann nachgearbeitet werden, Ursachen für das Notching beseitigt bzw. das Kapselrelease vervollständigt werden. Unter Umständen muss bei persistierendem Problem auch die Positionierung des Glenoidanteils hinterfragt und ggf. korrigiert werden. Im einfachsten Fall kann dies ggf. durch Wahl einer anderen Glenosphäre (z. B. größer oder exzentrisch) erfolgen. Bei zu lockerer Gelenkführung wird schrittweise die Aufbauhöhe des inversen Inlays vergrößert, es können in bestimmten Fällen auch humerale Extensionen aufgebracht werden. Ein nicht zufriedenstellendes Gelenkspiel mit anhaltender Luxationstendenz oder Einschränkung einer bestimmten Bewegungsebene lässt sich meist nicht durch eine Erhöhung der Vorspannung durch simple Vergrößerung der Inlays korrigieren, sondern ist entweder durch eine fehlerhafte Komponentenimplantation mit Notchingphänomenen oder starke und bislang nicht gelöste Vernarbungen von Kapsel- oder Rotatorenmanschettenanteilen bedingt, besonders bei posttraumatischen Fällen.

Die korrekte Vorspannung auf die Deltamuskulatur ist letztlich Erfahrungssache und darf auch nicht zu hoch gewählt werden, da sie eine reduzierte Beweglichkeit und die Gefahr einer Stressfraktur am Akromion bzw. der Spina scapulae erhöhen kann. Intraoperativ müssen der Deltamuskel und die „conjoint tendons“ nach jeweiliger Reposition in ihrer jeweiligen Spannung ertastet werden. Bei gutem „jo-

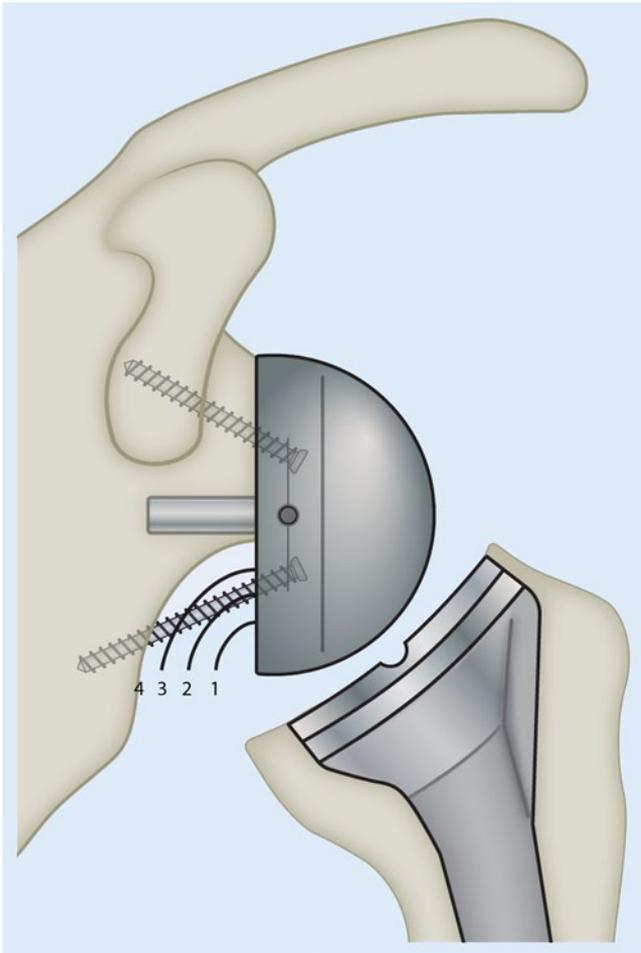


Abb. 10 ◀ Klassifikation des „inferior scapular notching“ nach [22]. *Grad 0* Kein Notching; *Grad 1* ausschließliche Erosion des lateralen Glenoidpfeilers (geringes Notching). *Grad 2* Erosion des lateralen Glenoidpfeilers mit Randsklerose, Anzeichen für Stabilität. *Grad 3* Erosion reicht über die inferiore Schraube hinaus, Anzeichen für Progression. *Grad 4* Erosion bis unter die Basisplatte, Anzeichen beginnender Lockerung

int play“, sicherer Stabilität und guter Beweglichkeit wird vom zuvor getesteten Inlay auf das Originalinlay gewechselt und es erfolgt die definitive Reposition.

Besteht eine gute Qualität der Subscapularissehne, sollte diese wieder in ihrem Ansatzbereich refixiert werden. Sollte dies nicht spannungsarm möglich sein bzw. ein irreparabler Subscapularisdefekt bestehen, kann auf die Subscapularisrefixation verzichtet werden.

Nach Einlage einer Drainage erfolgt der Wundverschluss lediglich durch Subkutan- und Hautnaht. Der Sulcus deltoideopectoralis sollte nicht verschlossen werden.

Nachbehandlung

Das Tragen einer abnehmbaren Orthese in Funktionsstellung mit leichter Abduktion in Neutralrotation ist für die ersten 3 Wochen empfehlenswert. In diesem Zeitraum erfolgen neben Lymphdrainage und Kältetherapie assistierte Übungen bis ma-

ximal 90° Flexion und Abduktion. Von der vierten bis zur sechsten Woche beginnen vorsichtige aktive Übungen mit freiem Bewegungsausmaß. Die Abduktionsorthese sollte in diesem Zeitraum noch nachts getragen werden, um unwillkürlichen schmerzhaften Bewegungen entgegenzusteuern. Erreicht der Patient bereits früh eine gute Zentrierung durch den Deltamuskel, sind diese Maßgaben aber nicht zwingend, sodass hier auch aggressiver vorgegangen werden kann. Ab der 7. Woche werden die aktive Kraftentwicklung und die Koordination des M. deltoideus weiter optimiert. Hilfreich und von den Patienten meist angenehm empfunden werden frühzeitig Therapieeinheiten im Wasser, die nach Fadenzug bereits in den ersten Wochen möglich sind.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der inversen Schulterprothetik unterscheiden sich je nach Indikation deutlich. Patienten mit einer Defekt-

arthropathie profitieren dabei am meisten von der Versorgung mit der inversen Prothese. Nach Literaturangaben erreichen sie im Mittel eine aktive Elevation von 120–138 Grad und einen Constant-Score von 57–69 [13, 10, 18], wobei nach eigener Erfahrung auch vielfach noch deutlich bessere Ergebnisse mit nahezu freier Funktion und vollständiger Schmerzfreiheit bis hin zur sog. „forgotten shoulder“ vorhanden sind (■ **Abb. 7 und 8**).

Je nach Status der Rotatorenmanschette erfolgt mit der inversen Prothese allerdings nicht regelhaft eine Verbesserung der aktiven Außen- und Innenrotation nach der Implantation. Diese ist v. a. vom Status und der präoperativen Funktion der aktiven Außen- und Innenrotatoren (M. subscapularis, M. infraspinatus, M. teres minor) abhängig [4, 2]. Ein Erhalt dieser Anteile der Rotatorenmanschette erscheint damit unbedingt sinnvoll, zumindest im Bereich des Infraspinatus, wodurch deutlich bessere funktionelle Resultate zu erwarten sind.

Die von Guery et al. [13] publizierten Ergebnisse zeigen, dass 91% aller inversen Schulterprothesen einen 10-Jahres-Zeitraum überleben, wobei in diesem Kollektiv ein relativ schlechter Constant-Score von unter 30 Punkten nach dieser Zeit beschrieben ist. Zwei kritische Zeitpunkte im klinischen Verlauf konnten in dieser Studie identifiziert werden. Nach 3 Jahren kam es bei einem Teil der Patienten zu einer frühen Lockerung. Nach 6 Jahren kam es bei einem weiteren Anteil zu einer Verschlechterung der klinischen Funktion. Die Ursachen für diese Absenkungen in der Verlaufskurve dieser Studie sind bis heute nicht geklärt. Es bleibt abzuwarten, ob spätere Serien mit modernen Implantaten mit geringerem Notching und optimierter Indikationsstellung ähnliche Verläufe zeigen. Die Ergebnisse von Favard et al. [10] zeigen eine Überlebensrate von 89% nach 7 Jahren. Bei fast allen Patienten bestehen radiologisch Lysesäume und scapulares Notching, was meist aber nicht klinisch relevant ist. Mehr als 72% der Patienten haben noch einen Constant-Score von über 30 Punkten. Die Resultate dieser Studien gelten für das klassische Indikationsspektrum bei Patienten über 70 (65) Jahre. Ergebnisse inverser Prothesen von Patienten mit einem Lebensalter von we-



Abb. 11 ▲ Schwere Cuffarthropathie (Typ Seebauer 1b) mit zentraler tiefer Glenoiderosion und Medialisierung

niger als 65 Jahren sind aus einem kleinen Kollektiv [8] bekannt. Hier wurden sehr gute 10-Jahres-Ergebnisse erreicht, allerdings wurde auch eine hohe Komplikationsrate beschrieben.

Komplikationen und Management

Die inverse Schulterprothetik gilt vielerorts noch als generell komplikationsträchtig. Es werden insbesondere hohe Raten von Infekten, Instabilitäten und Lockerungen angeschuldigt [1].

Das Risiko einer Infektion nach inverser Schulter TEP wird in der Literatur mit 1–10% beziffert [23], wobei insbesondere neuere Studien und Chirurgen mit viel Erfahrung eine Infektrate von unter 1% erreichen [24]. Für die primäre inverse Prothese bei der Cuffarthropathie gelten bei adäquatem Management Infektraten, die nicht wesentlich höher sind als die bei der Endoprothetik aller anderen großen Körpergelenke. Zur Prävention von Infektionen ist auf eine ausreichende Desinfektion und spätere Abdeckung insbesondere der Achselhöhle zu achten. Hierfür sind beispielsweise Jodfolien geeignet. Eine präoperative Antibiotikaphylaxe (z. B. mit Cefazolin 2 g) ist obligat. Empfehlenswert ist auch vor Krankenhausaufnahme ein MRSA-Screening des Patienten.

Das Management nach Infekt besteht im radikalen Débridement und ggf. Komponentenwechsel. Im Falle eines Frühinfekts (bis 3 Wochen nach Implantation) sollte ein Implantaterhalt versucht werden. Die erfolgreiche Therapie einer infizierten inversen Prothese erfordert op-

timales chirurgisches und infektiologisches Management. Neben dem radikalen chirurgischen Débridement und ggf. dem Austauschen von Komponenten muss eine mit Mikrobiologen abgestimmte resistenzgerechte Antibiotikatherapie durchgeführt werden. Idealerweise sollte die Antibiotikagabe auch mit einem auf Endoprothetik spezialisierten Bakteriologen abgestimmt werden, insbesondere in den Fällen, in denen ein Erhalt des Implantats geplant ist. Die Entnahme von Gewebeproben (mindestens 5) für die Bakteriologie ist unerlässlich.

» Die Antibiotikagabe sollte mit einem auf Endoprothetik spezialisierten Bakteriologen abgestimmt werden

Punktate oder Gewebeproben müssen mindestens 14 Tage bebrütet werden. Bei Infektionen, die länger als 3 Wochen nach Primärimplantation auftreten, ist ein Implantaterhalt meist nicht möglich, sodass die Prothesenkomponenten komplett entfernt werden müssen. Möglich ist das Einsetzen eines Antibiotika-Zementspacers, der allerdings nicht obligat ist. Im eigenen Vorgehen hat sich das passagere Belassen einer Sine-sine-Situation für diese Fälle bewährt. In der Regel ist eine Reimplantation nach Infektausheilung nach einigen Wochen in Abstimmung mit dem Infektiologen technisch unproblematisch.

Die Rate des „inferior scapular notching“ (■ Abb. 9) wird in der Literatur nach inverser Schulterprothese mit 62–100% beziffert [9, 15, 20], wobei hier

meist gering gradiges Notching (I–II°) (■ Abb. 10) zu verzeichnen ist. Daten aus neueren Designs sind bei diesen Angaben allerdings noch nicht berücksichtigt. Es steht zu erwarten, dass durch die heutigen biomechanischen Kenntnisse der inversen Prothetik mit verbesserten Designs und optimierter Glenosphärenposition sowie der Lateralisierung der Glenosphären ggf. hier niedrigere Raten an Notching erreicht werden können [16].

Kommt es langfristig zu einem symptomatischen Notchimpingement, kann eine Augmentation des Glenoids mit Lateralisierung der Basisplatte und Unterfütterung mit autologem Knochen erforderlich sein, was als Bio-RSA („bony increased offset“) popularisiert wurde [4]. Alternativ kann bei geringerem Knochenverlust ein Wechsel auf eine größere oder exzentrische Glenosphäre erfolgen.

Entscheidend ist, dass bei der Primärimplantation bereits eine ausreichend kaudale Positionierung der Glenoidkomponenten erfolgt. Eine zu kraniale Position wird z. B. durch eine unzureichende Exposition des Glenoids verursacht, insbesondere gilt diese Gefahr für den anterosuperioren Zugang.

Die Rate an Luxationen nach inverser Prothese wird in der Literatur zwischen 0 und 14% angegeben [23]. Nach einer Studie von Mole [17] ist das Risiko für eine Instabilität beim anterosuperioren Zugang deutlich geringer, was mit Erhalt des Subscapularis zu tun haben mag. In aller Regel ist die früh postoperativ auftretende Luxation einer inversen Prothese durch eine mangelhafte Implantation bedingt, d. h. durch eine inadäqua-

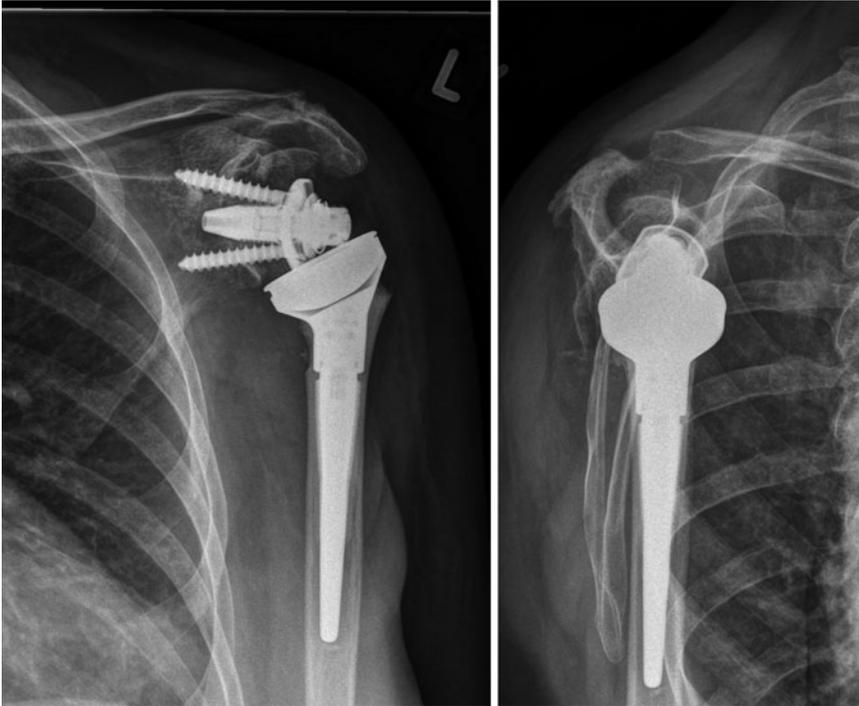


Abb. 12 ▲ Versorgung der Patientin aus Abb. 11 mit inverser Schulter TEP: Lateralisierung der Glenoidimplantation mit Unterfütterung durch einen 16 mm dicken Knochen-span aus dem Oberarmkopf. Verwendung eines speziellen modularen „metal back“ mit langem Zapfen, der durch den Span bis in die native Skapula fasst (Prinzip der Bio-RSA)

te Prothesenpositionierung, eine zu geringe oder zu hohe Weichteilspannung oder ein hochgradiges „inferior scapular notching“. Eine geschlossene Reposition kann versucht werden, führt aber nur selten zu einer dauerhaften Stabilität, sodass eine Revision mit Korrektur der auslösenden Ursache durchgeführt werden muss. Tritt eine Luxation im Verlauf erst nach Monaten auf, sollte eine Reposition in Kurznarkose versucht und dann weiter konservativ therapiert werden. Bei rezidivierenden Luxationen im Verlauf ist eine operative Revision unumgänglich, wobei die Ursache für die Instabilität korrigiert werden muss, ggf. können hier ohne größeren Aufwand wie Schaft- oder Wechsel des Metal-back-Glenoids durch Verwendung vertiefter Inlays oder vergrößerter Glenosphären stabile Situationen erreicht werden. Neben der zu geringen Vorspannung durch eine zu geringe humerale Aufbauhöhe können ein unzureichendes Release der posterioren Kapsel oder eine falsche Ante- bzw. Retroversion des Schafts für die Problematik verantwortlich sein.

» Bei rezidivierenden Luxationen ist eine operative Revision unumgänglich

Grundsätzlich ist eine detaillierte präoperative Planung unerlässlich. Entscheidend ist zunächst das a.p.-Röntgenbild sowie die axiale Aufnahme. Des Weiteren ist aber auch eine Computertomographie unbedingt empfehlenswert, um sich die Glenoidkonfiguration vor der Implantation zu vergegenwärtigen. Bei Fällen mit ausgedehnter Pfannenerosion ist das CT obligat (■ Abb. 11). So kann eine Augmentation mit autologem Knochenmaterial zur Lateralisierung vorbereitet werden. Hierzu sollten auch entsprechende Basisplatten mit längeren zentralen Fixationszapfen (■ Abb. 12) vorrätig sein. In besonders problematischen Fällen mit schwerwiegenden Glenoiderosionen ist der Aufbau auch zweizeitig sinnvoll, bzw. es sollte intraoperativ bei aussichtsloser Verankerung oder bei Versagen einer Glenosphärenfixation im Revisionsfall auch der Rückzug auf eine Hemiprothese mit sog.

CTA-Kopf verfügbar sein, ohne den Humerusschaftanteil wechseln zu müssen.

Bei posttraumatischen Konstellationen wie nach proximaler Humerusfraktur erleichtert die präoperative Bildgebung, die intraoperative Darstellung von Knochenfragmenten und dislozierten Tuberkula. In diesem Zusammenhang muss der Operateur auch meta- bzw. diaphysäre Sklerosezonen beurteilen, die möglicherweise die Präparation des Schafts erschweren. Kommt es aufgrund der erschwerten Schaftpräparation zu einer Schaftsprennung, so erfordern diese Situationen eine Schaft Osteosynthese, die meist mit Zerklagen möglich ist. Bei größeren Humerusdefekten können Langschaftprothesen oder Spacer im Bereich des proximalen Humerus erforderlich sein, um eine ausreichende Länge des humeralen Anteils zu erreichen. Diese ausreichende Länge ist von Bedeutung für die Vorspannung des M. deltoideus und die Luxations-sicherheit.

Eine suffiziente intraoperative Blutstillung und die postoperative Einlage einer Drainage minimieren das Risiko eines Hämatoms. Ein größeres postoperatives Hämatom sollte frühzeitig ausgeräumt werden, da es ein Infektionsrisiko darstellt. Eine alleinige Punktion ist selten erfolgreich, kann aber unter strenger Asepsis als Alternative erwogen werden.

Bei der medialen Präparation im Bereich der „conjoint tendons“ und der Subscapularissehne ist es obligat, den N. axillaris in seinem Verlauf zu identifizieren, um ihn sicher zu schonen. Der N. axillaris ist auch bei der Präparation des unteren Pfannenrandes gefährdet, da er hier unmittelbar unterhalb der kaudalen Kapsel nach dorsal verläuft.

Stressfrakturen des Akromions oder der Spina scapulae können bei geringer Dislokation konservativ therapiert werden. Bei ausgeprägter Schmerzsymptomatik kann die Versorgung der Fraktur mit einer Osteosynthese erwogen werden. In der Regel resultiert aus einem solchen Verfahren eine rasche Beschwerdereduktion.

Fazit für die Praxis

- Die inverse Schulterprothese ist aus der Versorgung von Patienten mit ir-

reparabler Rotatorenmanschetten-ruptur nicht mehr wegzudenken. Sie stellt insbesondere bei älteren Patienten mit schmerzhafter Pseudoparalyse und Dezentrierung der Schulter die ideale Therapie dar, da sie sowohl die Schmerzen als auch die eingeschränkte Funktion nachhaltig verbessert.

- Auch für Patienten mit Oberarmkopffraktur oder Frakturfolgen sowie in der Revisionsprothetik ist häufig die inverse Prothese das einzig erfolgversprechende Therapieverfahren.
- Erfahrung mit der Indikationsstellung und der Operationstechnik spielt im postoperativen Ergebnis eine große Rolle.
- Bei aller Euphorie müssen die Indikationsgrenzen für dieses Therapieverfahren beachtet werden, es besteht die Gefahr der „Überindikation“.
- Nicht jeder Patient mit Schmerzen in der Schulter und einem Massendefekt der Rotatorenmanschette ist ein Kandidat für die inverse Prothese. Entscheidend sind die aufgeführten Parameter der Funktionseinschränkung, das Patientenalter und die Aktivität, der Status des Gelenkverschleißes und das Abwägen bzw. Abgrenzen zur konservativen Therapie bzw. zu gelenkerhaltenden Verfahren.

Korrespondenzadresse

PD Dr. J.D. Agneskirchner

Sportsclinic Germany
Uhlemeyerstr. 16, 30175 Hannover
jens.agneskirchner@sportsclinicgermany.com

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. PD Dr. Agneskirchner hat einen Beratervertrag mit der Fa. Lima, San Daniele, Italien.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Affonso J, Nicholson GP, Frankle MA et al (2012) Complications of the reverse prosthesis: prevention and treatment. *Instr Course Lect* 61:157–168
2. Alta TD et al (2012) Are shoulders with a reverse shoulder prosthesis strong enough? A pilot study. *Clin Orthop Relat Res* 470(8):2185–2192
3. Boileau P, Rumian AP, Zumstein MA (2010) Reversed shoulder arthroplasty with modified L'Episcopo for combined loss of active elevation and external rotation. *J Shoulder Elbow Surg* 19(2 Suppl):20–30
4. Boileau P et al (2011) Bony increased-offset reversed shoulder arthroplasty: minimizing scapular impingement while maximizing glenoid fixation. *Clin Orthop Relat Res* 469(9):2558–2567
5. Boileau P et al (2005) Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics. *J Shoulder Elbow Surg* 14(1 Suppl S):147S–161S
6. Cofield RH (1977) Status of total shoulder arthroplasty. *Arch Surg* 112(9):1088–1091
7. Coughlin MJ, Morris JM, West WF (1979) The semiconstrained total shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 61(4):574–581
8. Ek ET, Neukom L, Catanzaro S, Gerber C (2013) Reverse total shoulder arthroplasty for massive irreparable rotator cuff tears in patients younger than 65 years old: results after five to fifteen years. *J Shoulder Elbow Surg* 22(9):1199–1208
9. Falaise V et al (2011) Scapular notching in reverse shoulder arthroplasties: the influence of glenome-taphyseal angle. *Orthop Traumatol Surg Res* 97(6 Suppl):S131–S137
10. Favard L et al (2011) Reverse prostheses in arthroplasties with cuff tear: are survivorship and function maintained over time? *Clin Orthop Relat Res* 469(9):2469–2475
11. Goutallier D et al (1994) Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res* 304:78–83
12. Grammont PM, Baulot E (1993) Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture. *Orthopedics* 16(1):65–68
13. Guery J et al (2006) Reverse total shoulder arthroplasty. Survivorship analysis of eighty replacements followed for five to ten years. *J Bone Joint Surg Am* 88(8):1742–1747
14. Hamada K et al (1990) Roentgenographic findings in massive rotator cuff tears. A long-term observation. *Clin Orthop Relat Res* 254:92–96
15. Levigne C et al (2008) Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 17(6):925–935
16. Mizuno N, Denard PJ, Raiss P, Walch G (2012) The clinical and radiographical results of reverse total shoulder arthroplasty with eccentric glenosphere. *Int Orthop* 36(8):1647–1653
17. Molé D, Wein F, Dézaly C et al (2011) Surgical technique: the anterosuperior approach for reverse shoulder arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 469(9):2461–2468
18. Naveed MA, Kitson J, Bunker TD (2011) The Delta III reverse shoulder replacement for cuff tear arthroplasty: a single-centre study of 50 consecutive procedures. *J Bone Joint Surg Br* 93(1):57–61
19. Neer CS 2nd, Craig EV, Fukuda H (1983) Cuff-tear arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 65(9):1232–1244
20. Sadoghi P et al (2011) Infraglenoidal scapular notching in reverse total shoulder replacement: a prospective series of 60 cases and systematic review of the literature. *BMC Musculoskelet Disord* 12:101
21. Seebauer L, Walter W, Keyl W (2005) Reverse total shoulder arthroplasty for the treatment of defect arthropathy. *Oper Orthop Traumatol* 17(1):1–24
22. Sirveaux F et al (2004) Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicentre study of 80 shoulders. *J Bone Joint Surg Br* 86(3):388–395
23. Trappey GJT, O'Connor DP, Edwards TB (2011) What are the instability and infection rates after reverse shoulder arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res* 469(9):2505–2511
24. Walch G, Bacle G, Lädermann A et al (2012) Do the indications, results, and complications of reverse shoulder arthroplasty change with surgeon's experience? *J Shoulder Elbow Surg* 21(11):1470–1477
25. Walch G et al (1999) Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. *J Arthroplasty* 14(6):756–760
26. Walch G, Moraga C, Young A, Castellanos-Rosas J (2012) Results of anatomic nonconstrained prosthesis in primary osteoarthritis with biconcave glenoid. *J Shoulder Elbow Surg* 21(11):1526–1533