

Jörn Kircher, Marius Junker, Jörg Weber

# Revision der instabilen Schulterendoprothese und Komplikationen

## Zusammenfassung:

Das Auftreten einer Instabilität im Zusammenhang mit einer Schulterendoprothese ist ein häufiges klinisches Problem und stellt einen der häufigsten Gründe für eine Revisionsoperation dar. Die Vermeidung auslösender Faktoren bei der Primärimplantation und der nachfolgenden Rehabilitation sind gut beeinflussbare Faktoren, die unbedingt beachtet werden müssen. Totalendoprothesen bei erhaltener Rotatorenmanschette (TSA) und bei insuffizienter Rotatorenmanschette (RSA) zeigen unterschiedliche Muster der Instabilität und der Therapiestrategie. Häufigste operative Therapie der instabilen TSA ist die Konversion auf eine inverse Schulterendoprothese (RSA). Häufige Gründe für instabile RSA sind Implantat-assoziiert bzw. Implantations-assoziiert und entsprechend operativ zu adressieren. Ein glenoidaler Knochen-substanzverlust geht mit der Gefahr einer Instabilität der RSA einher und sollte durch knöchernen Aufbau und/oder lateralisierende Komponenten adressiert werden. Eine Schädigung des Deltamuskels ist desaströs, schwer zu behandeln und muss unbedingt vermieden werden. Revisionsoperationen von instabilen Schulterendoprothesen stellen besondere chirurgische und apparative Anforderungen und sollten zum Wohl der Patienten spezialisierten Zentren vorbehalten bleiben.

## Schlüsselwörter:

Schulterchirurgie, Chirurgie, Gelenkersatz, Endoprothese, inverse Schulterendoprothese, Arthrose, Omarthrose, Rehabilitation, Instabilität, Dislokation, Rotatorenmanschette, Arthrodes

## Zitierweise:

Kircher J, Junker M, Weber J: Revision der instabilen Schulterprothese und Komplikationen. OUP 2019; 8: 329–335 DOI 10.3238/oup.2019.0329–0335

## Hintergrund

In Deutschland zeigt sich in den letzten Jahren ein Anstieg der Implantation von Schulterendoprothesen, wobei besonders die Zahl der inversen Schulterendoprothesen zugenommen hat [14, 21]. Ähnliche Trends finden sich in allen entwickelten Industrieländern und gehen mit einem generellen Anstieg der Operationszahlen einher, auch am Bewegungsapparat. Die Gründe hierfür sind vor allem in der gestiegenen Lebenserwartung und einem gleichzeitig hohen Anspruch an ein aktives und schmerzfreies Leben im Alter zurückzuführen. Die stark altersabhängige Zunahme von Rotatorenmanschettenläsionen und die Problematik der Zunahme

von proximalen Humerusfrakturen sowie die steigende Anzahl an deren Versorgungen mit inversen Schulterendoprothesen sind wahrscheinlich die Hauptgründe für den Anstieg in diesem Sektor [14, 21]. Die Implantation von Schulterendoprothesen zählt in vielen Regionen zur Regelversorgung, die Behandlung in spezialisierten Zentren ist jedoch empfehlenswert [17, 19, 26].

Mit steigenden Implantationszahlen steigt automatisch die Anzahl durchzuführender Revisionen, was eine enorme Herausforderung für die Gesundheitssysteme, aber auch für die Ressourcenplanung der Krankenhäuser und behandelnden Schulterchirurgen darstellt. Neben der aseptischen

Lockerung sind häufige Gründe für die Revision Instabilität, Infektionen, periprothetische Frakturen, Implantatversagen u.a.

Im australischen Schulterendoprothesenregister wird im letzten Report als häufigster Grund für die Revision von anatomischen Schulterendoprothesen (TSA) die Instabilität/Dislokation (24 %) angegeben, gefolgt von der Rotatorenmanschetteninsuffizienz (22,6 %), Lockerung (16 %), Implantatversagen (11 %) und Infektion (6 %). Für die inversen Schulterendoprothesen (RSA) ist die Reihenfolge Instabilität/Dislokation (35 %), Infektion (19 %), Lockerung (18 %), Fraktur (13 %) und Dissoziation (2 %) [3].

## Revision of the unstable shoulder endoprosthesis and complications

**Summary:** Instability after shoulder arthroplasty procedures is a common problem and one main reason for revision surgery. Avoiding triggering factors during primary implantation and the following rehabilitation can be well addressed and should be a matter of interest. Total shoulder arthroplasties with a remaining rotator cuff (TSA) and those with an insufficient cuff (RSA) present with different patterns of instability and therefore need a specific treatment strategy. The most common surgical procedure for unstable TSA is the conversion to a RSA. Common reasons for unstable RSA are implant- and implantation-associated and should be addressed as such. Glenoid bone loss increases the risk for instability after RSA and should be addressed with bony augmentation and/or lateralizing implant components. Any damage of the deltoid muscle will be disastrous and difficult to treat and therefore should be avoided at all costs. Revision surgery for unstable shoulder arthroplasties are challenging both for the surgeon and the infrastructure. Therefore, these procedures should be reserved for specialized surgeons and treatment facilities.

**Keywords:** shoulder, surgery, arthroplasty, reverse shoulder arthroplasty, osteoarthritis, rehabilitation, instability, dislocation, rotator cuff, arthrodesis

**Citation:** Kircher J, Junker M, Weber J: Revision of the unstable shoulder endoprosthesis and complications. OUP 2019; 8: 329–335 DOI 10.3238/oup.2019.0329–0335

In einer kooperativen Studie der nordischen Endoprothesenregister (Dänemark, Schweden, Norwegen und Finnland) ist der häufigste Grund für die Revision der RSA die Infektion (44 %), gefolgt von Lockerung (17 %), Instabilität (13 %) und anderen (30 %) [24].

Im Endoprothesenregister von England, Wales, Northern Ireland and der Isle of Man ist die häufigste Indikation für Revisionsoperationen die Rotatorenmanschetteninsuffizienz (26 %), gefolgt von der Konversion einer Hemi- auf Totalendoprothese (24 %), Instabilität (18 %) und Infektion (17 %) [2].

Im Datensatz des deutschen Schulterendoprothesenregisters der DVSE ist die Luxation (12 %) der zweithäufigste spezifische Grund für eine Endoprothesenrevision nach der Rotatorenmanschetteninsuffizienz (21 %) [32].

### Therapieplanung der Revisionsoperation

Aufgrund der grundsätzlichen biomechanischen Unterschiede von anatomischen und inversen Schulterendoprothesen sind auch die Ursachen für die Instabilität verschiedene. Das Ziel der Versorgung mit einer anatomischen Schulter-TEP ist die

bestmögliche Wiederherstellung der physiologischen Anatomie, insbesondere im Hinblick auf die Wiederherstellung des Drehzentrums. Das Schultergelenk ist ein dynamisch zentriertes kraftschlüssiges Gelenk – an dieser Situation ändert auch die Implantation der anatomischen Endoprothese nichts [31]. Neben der Auswahl der richtigen Größe und Positionierung der Implantatkomponenten ist deshalb die Wiederherstellung der dynamischen Zentrierung durch ein perfektes Weichteilmanagement oberstes Ziel. Dazu gehören vor allem die adäquate Mobilisierung der kontrahierten Gelenkkapsel und das Management des M. subscapularis (SCP) und seiner sehnigen Insertion am Tuberkulum minus [4, 16, 37]. Da Letzterer bei der Implantation regelhaft in einer vom Operateur bevorzugten Technik abgelöst und refixiert werden muss, liegt hier die größte Schwachstelle in der unmittelbar postoperativen Phase [37]. Die gezielte Nachbehandlung nach Schulter-TEP muss in jedem Falle Rücksicht auf die individuelle Situation des M. subscapularis nehmen [14].

Ist eines der strukturellen Grundelemente der Stabilität bei der Primärimplantation bzw. in der Nachbehandlung und Folgezeit signifikant

beeinträchtigt, resultiert eine therapiebedürftige Instabilität der Prothese, die erhebliche funktionelle Beschwerden bei den Patienten nach sich zieht, verbunden mit Schmerzen und einer Reduktion der Aktivitäten des täglichen Lebens (Abb. 1–2).

Nur eine genaue Ursachenanalyse kann Ausgangspunkt für eine gezielte Therapiestrategie und damit für einen langfristigen Erfolg sein. Abweichend von der schematischen Darstellung in Abb. 1 und 2 liegen oft Mischformen vor, die eine besondere Herausforderung für die Durchführung einer Revisionsoperation stellen.

### Revision instabiler anatomischer Schulterendoprothesen

Wie oben bereits geschildert, ist die Wiedereinheilung des SCP nach Schulter-TEP die Achillesferse der Prozedur [4, 12, 18, 22, 23, 36, 37, 38]. Ein Versagen der Refixation bzw. eine traumatische Ruptur geht mit schwerer Funktionsstörung, Verlust der kraftvollen Innenrotation, Schmerzen und Dezentrierung des Gelenks einher [29, 37]. Klinisch relevante anteriore Subluxationen und Luxationen sind häufig. Ist zusätzlich der coraco-acromiale Bogen durch unsachgemäße

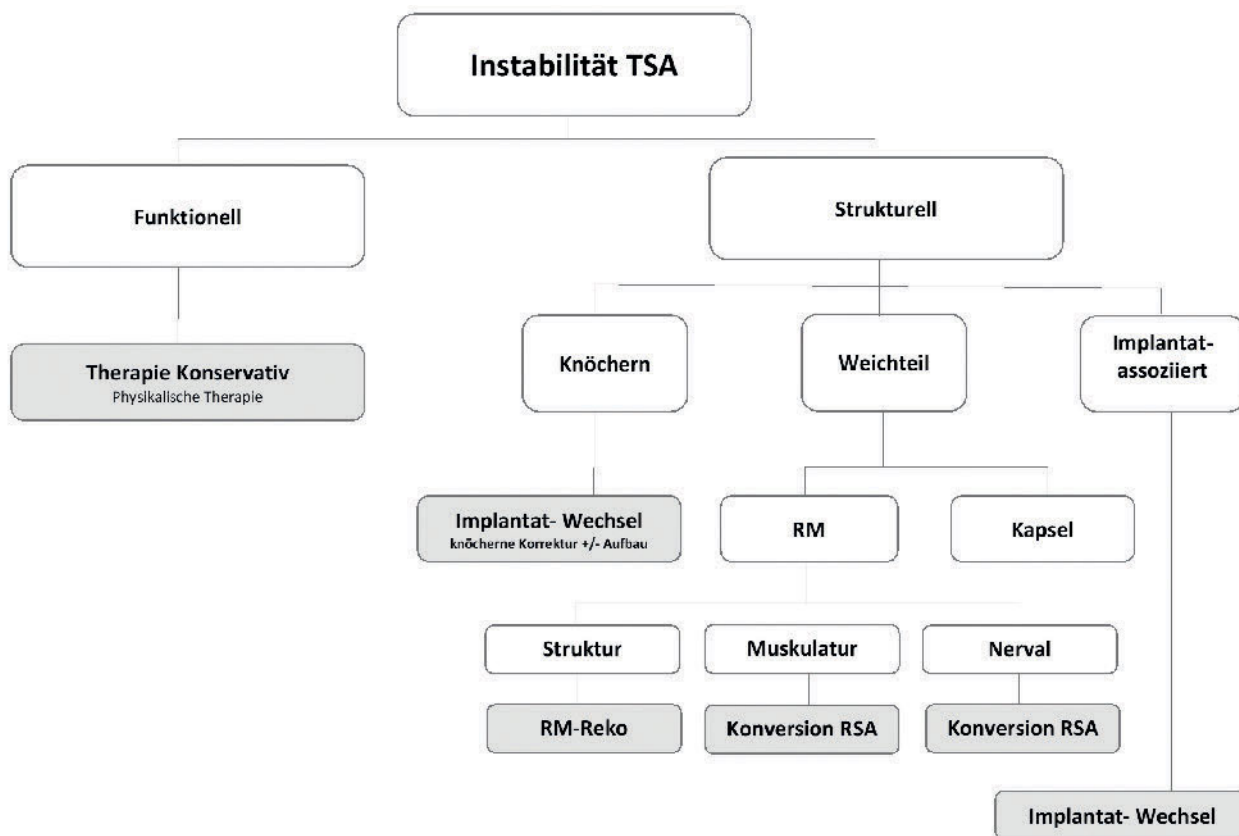


Abbildung 1 Therapiealgorithmus bei Auftreten einer Instabilität nach anatomischer Schulter-TEP (TSA)

Voroperationen zerstört, könnten groteske Krankheitsbilder mit einer Luxation der Humeruskomponente bis unter die Haut entstehen (Abb. 3).

So unausweichlich die chirurgische Revision ist, so schwierig ist deren praktische Umsetzung. Eine nochmalige Refixation ist bei kurzem Intervall zwischen Index-OP und SCP-Ruptur, insbesondere bei jungen und aktiven Patienten, anstrengenswert, aber oft nicht dauerhaft erfolgreich. Lassen Retraktionsgrad und Zustand der Sehne keine Refixation mehr zu, kann eine Rekonstruktion mit Sehnersatzmaterial ins Auge gefasst werden. Die Literaturangaben hierzu sind spärlich.

Eine Lösung des funktionellen Problems durch eine Muskel-Sehnen-Schwenklappenplastik (PMT – Pectoralis-major-Transfer) kann im Einzelfall eine Verbesserung der Situation herbeiführen. Mit einer kompletten Wiederherstellung der Funktion inklusive der Normalisierung der Innenrotationskraft (Lift-off-Test) ist in der Regel nicht zu rechnen [15]. Im Einzelfall kann aber die Wiederher-

stellung der Zentrierung für Alltagsbewegungen eine weitere Revision vermeiden bzw. deutlich herauszögern [15, 16].

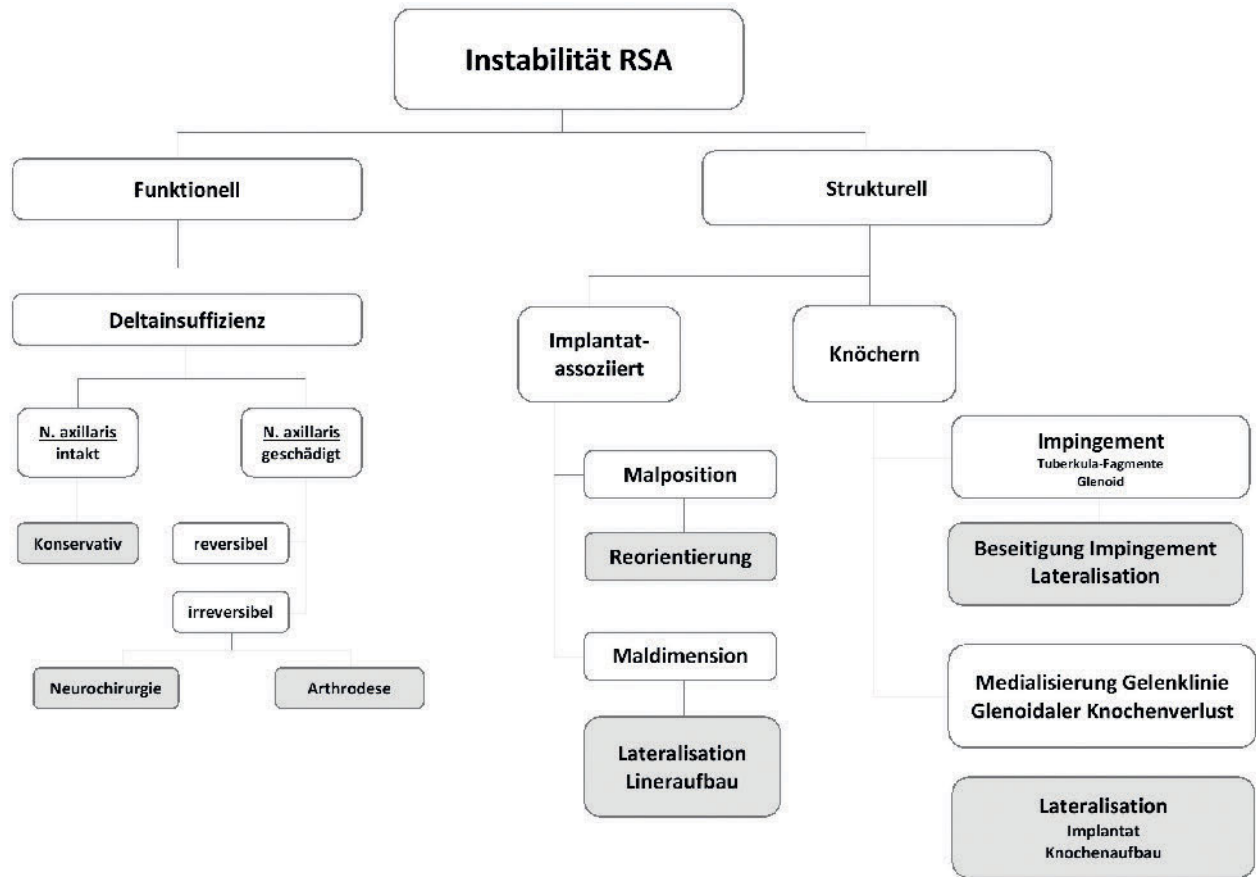
Auch nach erfolgreicher Implantation einer Schulter-TEP mit perfekter Adressierung aller o.g. Anforderungen droht im langfristigen Verlauf das Auftreten einer Instabilität durch das sekundäre Versagen der Rotatorenmanschette. Die Mechanismen dieses pathologischen Prozesses sind offenbar multifaktoriell und noch nicht 100%ig verstanden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass das Vorhandensein einer Schulter-TEP sich nicht signifikant positiv auf diesen Prozess auswirkt, das Gegenteil dürfte eher der Fall sein.

Den häufigsten Anteil der Rotatorenmanschette, der von degenerativen Veränderungen betroffen ist, stellt der M. supraspinatus (SSP) dar. Die Folge sind ein Verlust der nach kaudal zentrierenden Wirkung des Muskels in der Frontalebene und damit ein Höherentreten des Humeruskopfs. Neben den offensichtlichen funktionellen Problemen, wie Reduk-

tion der aktiven Beweglichkeit mit Kraftverlust für Abduktion und Flexion, Schmerzen durch subakromiales Impingement etc., kommt es unweigerlich zu einer exzentrischen Belastung der Glenoidkomponente, was mit Abrieb und Lockerung verbunden ist [16, 38]. Die Patienten klagen klinisch eher weniger über Instabilität als über Schmerzen, Funktionsverlust und Reduktion der Aktivitäten des täglichen Lebens.

Eine gezielte krankengymnastische Übungsbehandlung mit Kräftigung der noch vorhandenen Rotatorenmanschette (M. infraspinatus – ISP, SCP) im Verbund mit der Scapula-stabilisierenden Muskulatur kann im Frühstadium zur Beschwerdefreiheit und einem mittelfristig stabilen Verlauf führen.

Eine operative Rekonstruktion bei Therapieversagen und großen Sehnen-defekten ist kaum erfolgversprechend und sollte unterbleiben. Für Sehnersatzplastiken liegen keine ausreichenden Daten vor, um ein solches Vorgehen zu empfehlen. Gleiches gilt für die prinzipielle Möglichkeit von



**Abbildung 2** Therapiealgorithmus beim Auftreten einer Instabilität nach inverser Schulter-TEP (RSA)

Muskel-Sehnen-Schwenkplastiken (LMT – Latissimus-dorsi-Transfer).

Für therapierefraktäre Läsionen der Rotatorenmanschette (sowohl SCP als auch SSP) kommt operativ die Konversion auf eine inverse Schulter-TEP in Frage. Die besondere Geometrie der Prothese und das Ausmaß der Koppelung kompensieren die RM-Insuffizienz. Dies spiegelt sich auch in der klinischen Realität wider: Die Konversion auf eine inverse Schulter-TEP ist der häufigste durchgeführte Eingriff bei Revision einer anatomischen Schulter-TEP [2, 3, 32].

Da wie oben beschrieben die natürliche Degeneration der Rotatorenmanschette unausweichlich ist, sollte die Konvertierbarkeit des Endoprothesenmodells bei der Planung der Primärimplantation unbedingt mit einbezogen werden [8, 21].

### Revision instabiler inverser Schulterendoprothesen

Inverse Schulterendoprothesen (RSA) sind das Implantat der Wahl bei Revisionsoperationen und Wechseloperationen,

Primäreingriffen bei Defektarthropathie und komplexen proximalen Humerusfrakturen mit schlechten Aussichten auf Frakturheilung und Ausbleiben einer Humerkopfnekrose des älteren Menschen, Frakturfolgezustände mit Beeinträchtigung der Tuberkula und im Einzelfall auch bei nicht rekonstruierbaren RM-Defekten [21]. Eine sorgfältige Ursachenanalyse ist auch hier zwingend erforderlich für den Therapieerfolg (Abb. 2).

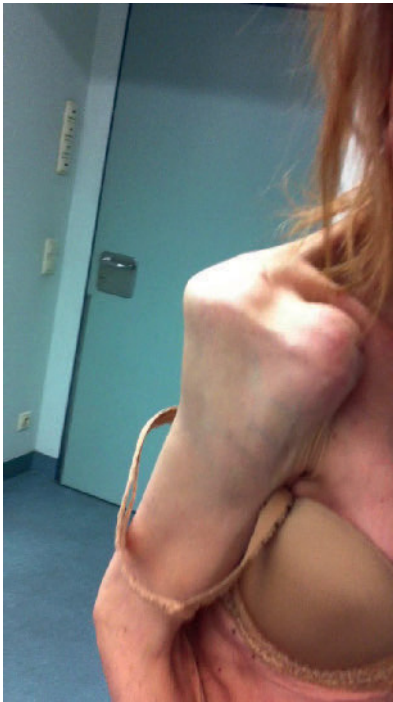
Die unterschiedlichen Indikationen zeigen in der Praxis typische Muster für das Auftreten einer Instabilität. Eine Klassifikation, wie von der Arbeitsgruppe um Mark Frankle vorgeschlagen, hat sich noch nicht durchgesetzt [1].

Revisionsoperationen auch von sachgemäß durchgeführten Primärimplantationen sind mit einem oft nicht unerheblichen Weichteilschaden verbunden. Oberstes Augenmerk muss auf den Erhalt der Funktion des M. deltoideus gerichtet werden, der als wichtigster Motor der inversen Schulter-TEP Priorität hat. Das betrifft die

Integrität des Muskels selbst als auch seiner Nervenversorgung mit dem N. axillaris. Schonende Präparation, Neurolyse des N. axillaris und Protektion beim Komponentenwechsel sind oberstes Gebot [30]. Zeit, chirurgischer und materieller Aufwand sind sekundär, da keine guten Rückzugsmöglichkeiten bei schlechter Deltafunktion bestehen [13, 20, 30]. Sensibilitätsstörungen im Versorgungsgebiet des N. axillaris am Oberarm (regiments badge) und/oder Muskelschwäche sollten Anlass für eine neurologische Abklärung inklusive Elektrophysiologie sein. Bei Erhalt der Kontinuität des Nervs ist eine zumindest teilweise Erholung im zeitlichen Verlauf zu erwarten.

Bei einer Beeinträchtigung des N. axillaris präoperativ vor einer geplanten Revisionsoperation kann bei Erhalt der Kontinuität des Nervs ebenfalls von einer Erholung der Funktion ausgegangen werden. Diese kann sich über mehrere Monate erstrecken, daher

1. ist das Abwarten der Erholung vor Implantation wenig sinnvoll und



**Abbildung 3** Antero-superior escape (antero-superiore Luxation) nach Schulter-TEP mit Ruptur des M. subscapularis und Zerstörung des coracoacromialen Bogens

2. muss in diesem speziellen Fall die postoperative Nachsorge besondere Rücksicht nehmen.

Bei drohender Dislokation der Prothese ist eine protrahierte suffiziente Orthesenversorgung notwendig, und die Rehabilitation kann nur verzögert und mit reduziertem Anspruch durchgeführt werden, bis die Deltafunktion wiederhergestellt ist.

Eine Funktionslosigkeit des Deltamuskels (strukturell oder neural) führt zur Instabilität und zu sehr starken Funktionseinschränkungen [30]. Chirurgische Interventionsmöglichkeiten sind die Arthrodesis bzw. Explantation mit Sine-sine-Arthroplastik [7, 35]. Letztere wird von den Patienten in diesen speziellen und zum Glück eher seltenen Fällen relativ gut toleriert. Eine Arthrodesis ist bei vorhandenem Knochensubstanzverlust nur mit erheblichem operativem Aufwand verbunden. Die Aussichten auf Schmerzfreiheit und gute Funktion sind deutlich reduziert [33, 35].

Das Auftreten einer Instabilität nach Primärimplantation bei Defektarthropathie ist in der Regel Implantat- oder Implantations-assoziiert. Für jeden Prothesentyp existieren Im-

plantat-spezifische Besonderheiten, die den Umfang dieses Beitrags sprengen, jedoch bestimmten allgemeinen Prinzipien folgen, wie z.B. leichte kaudale Neigung der Glenosphäre, Vermeidung eines Notchings am unteren Pfannenrand etc.

Größere Glenosphärendurchmesser erhöhen die Beweglichkeit (ROM) und verringern die Wahrscheinlichkeit eines knöchernen Impingements, sind aber in der Regel mit weniger Koppelung (Ausmaß des constraints) verbunden, was durch eine mit größerem Durchmesser einhergehende Lateralisierung und Verbesserung der Kompressionskraft des Deltamuskels in der klinischen Praxis wieder sehr gut kompensiert wird [5, 6, 10, 11].

Hier liegt auch ein Therapieansatz für Revisionsoperationen bei instabiler RSA. Ziel ist die verbesserte Muskelkraft des Delta durch lateralisierende Komponenten und Vergrößerung des Glenosphärendurchmessers [6, 10, 11].

Ein alleiniger Aufbau des humeralen Liners und damit die Verlängerung des Arms ist in der Regel nicht geeignet, instabile inverse Endoprothesen zu stabilisieren. Die Folge ist oft eine übergroße Spannung des Deltamuskels, was zu Schmerzen und Funktionsbeeinträchtigung führt. Ermüdungsfrakturen des Akromions können die Folge sein, die oft eine langwierige Therapie nach sich ziehen und gelegentlich einer operativen Stabilisierung bedürfen.

Jede Versorgung von Frakturfolgezuständen ist mit einer oft ausgeprägten Deformität des Oberarmkopfs verbunden. Dies erschwert sowohl die intraoperative Orientierung und Ausrichtung der Komponenten und macht oft Kompromisse zwischen Realität und Anspruch unausweichlich. Im Einzelfall können schafftfreie Komponenten durch eine Loslösung der Koppelung an die anatomische Schaftachse hilfreich sein, oft ist das Knochenlager jedoch erheblich kompromittiert. In der eigenen Praxis findet sich häufig ein nach posterior disloziertes fehlerverheiltes Tuberkulummajus-Fragment, welches zum Impingement bei maximaler Außenrotation neigt und Ursache für eine Instabilität bei ansonsten gut sitzenden

Prothesenkomponenten sein kann. Da die Funktion des ISP, welches an diesem Fragment inseriert für die Schulterfunktion sehr wichtig ist, muss im Einzelfall ein guter Kompromiss gefunden werden. Oft ist mit einer Lateralisation das Problem zufriedenstellend gelöst.

Bei der Implantation einer RSA für frische proximale Humerusfrakturen ist ein Erhalt der Tuberkula sinnvoll, da die inserierenden Sehnen einen wichtigen Beitrag zur Stabilität und Funktion leisten. Die Refixation muss der verringerten Knochenqualität und Blutversorgung im entsprechenden Patientengut Rechnung tragen.

Ein erheblicher Knochensubstanzverlust des proximalen Humerus bei Resektion oder Resorption der Tuberkula ist auch mit funktionellen Problemen behaftet, was die Deltafunktion angeht. Eine wichtige Komponente der Revision von Instabilitäten in solchen Fällen kann deshalb auch der Knochenaufbau sein, ggf. mit Allograft zur Verbesserung der Biomechanik des Deltamuskels [25, 27, 28, 34].

### Komplikationen

Die wohl häufigste Komplikation nach der Revision einer instabilen Schulterprothese ist das Wiederauftreten der Instabilität [1, 2, 3, 7, 9, 24, 32, 38]. In solchen Fällen scheitert die Therapie oft an der mangelnden Fehleranalyse in Bezug auf die Primärimplantation. Liegt hier nur ein situativer und kein systematischer Fehler vor, ist die erneute Revision bei jetzt sorgfältiger Analyse und Planung erfolgreich. Andernfalls sollte zum Wohl des Patienten die Überweisung in ein spezialisiertes Zentrum erfolgen. Dadurch können mehrfache Wechseloperationen und das Entstehen einer Situation vermieden werden, in der kaum noch Rückzugsmöglichkeiten bestehen bei ursprünglich guter Ausgangslage.

Das Auftreten von Nervenschäden, besonders am N. axillaris, aber auch Plexusläsionen sind gehäuft anzutreffen. Die Mobilisation der Weichteile und die Neurolyse des N. axillaris sind zeitaufwendig und schwierig, da oftmals massives Narbengewebe die Visualisierung er-

schwert [2, 3, 20, 30, 38]. Zu beachten ist, dass das Gewebe mit der Anzahl der Revisionen insgesamt immer kontrakter wird, was die Rebalancierung des Gelenks und eine Lateralisation extrem erschwert, manchmal sogar unmöglich macht.

### Zusammenfassung

Das Auftreten einer Instabilität im Zusammenhang mit einer Schulterendoprothese ist ein häufiges klinisches Problem und stellt einen der häufigsten Gründe für eine Revisionsoperation dar. Die Vermeidung auslösender Faktoren bei der Primärimplantation und der nachfolgenden Rehabilitation sind gut beeinflussbare Faktoren, die unbedingt beachtet werden müssen. Totalendoprothesen bei erhaltener Rotatorenmanschette (TSA) und bei insuffizienter Rotatorenmanschette (RSA) zeigen unterschiedliche Muster der Instabilität und der Therapiestrategie. Häufigste operative Therapie der instabilen TSA ist die Konversion auf eine inverse Schulterendoprothese (RSA). Häufige Gründe für instabile RSA sind Implantat-assoziiert bzw. Implantations-assoziiert und entsprechend operativ zu adressieren. Ein glenoidaler Knochensubstanzverlust geht mit der Gefahr einer Instabilität der RSA einher und sollte durch knöchernen Aufbau und/oder lateralisierende Komponenten adressiert werden. Eine Schädigung des Deltamuskels ist desaströs, schwer zu behandeln und muss unbedingt vermieden werden. Revisionsoperationen von instabilen Schulterendoprothesen stellen besondere chirurgische und apparative Anforderungen und sollten zum Wohl des Patienten darauf spezialisierten Zentren vorbehalten bleiben.

### Interessenkonflikt:

Keine angegeben.

### Literatur

1. Abdelfattah A, Otto RJ, Simon P et al.: Classification of instability after reverse shoulder arthroplasty guides surgical management and outcomes. *J Shoulder Elbow Surg* 2018; 27: e107–e118
2. Anonymous: 15<sup>th</sup> Annual report. In: National joint registry for England, Wales, Northern Ireland and the Isle of Man 2018, 1–218
3. Anonymous: Annual report. In: National joint replacement registry. Australian Orthopaedic Association, Adelaide, Australia, 2017; 1–378
4. Armstrong AD, Southam JD, Horne AH et al.: Subscapularis function after total shoulder arthroplasty: electromyography, ultrasound, and clinical correlation. *J Shoulder Elbow Surg* 2016; 25: 1674–80
5. Berhouet J, Garaud P, Favard L: Evaluation of the role of glenosphere design and humeral component retroversion in avoiding scapular notching during reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2014; 23: 151–8
6. Bloch HR, Budassi P, Bischof A et al.: Influence of glenosphere design and material on clinical outcomes of reverse total shoulder arthroplasty. *Shoulder Elbow* 2014; 6: 156–64
7. Boileau P, Melis B, Duperron D et al.: Revision surgery of reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22: 1359–70
8. Castagna A, Randelli M, Garofalo R et al.: Mid-term results of a metal-backed glenoid component in total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg Br* 2010; 92: 1410–5
9. Cheung EV, Sarkissian EJ, Sox-Harris A et al.: Instability after reverse total shoulder arthroplasty. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2018; 27: 1946–52
10. De Biase CF, Delcogliano M, Borroni M et al.: Reverse total shoulder arthroplasty: radiological and clinical result using an eccentric glenosphere. *Musculoskeletal surgery* 2012; 96 Suppl 1: S27–34
11. De Biase CF, Ziveri G, Delcogliano M et al.: The use of an eccentric glenosphere compared with a concentric glenosphere in reverse total shoulder arthroplasty: two-year minimum follow-up results. *International orthopaedics* 2013; 37: 1949–55
12. De Boer FA, Van Kampen PM, Huijsmans PE: The influence of subscapularis tendon reattachment on range of motion in reversed shoulder arthroplasty: a clinical study. *Musculoskeletal surgery* 2016; 100:121–6
13. Elhassan BT, Wagner ER, Werthel JD et al.: Outcome of reverse shoulder arthroplasty with pedicled pectoralis transfer in patients with deltoid paralysis. *J Shoulder Elbow Surg* 2018; 27: 96–103
14. Farkhondeh Fal M, Kircher J: [Treatment after anatomical and inverse shoulder TEP]. *Der Orthopade* 2018; 47: 420–7
15. Gavriilidis I, Kircher J, Magosch P et al.: Pectoralis major transfer for the treatment of irreparable anterosuperior rotator cuff tears. *Int Orthop* 2010; 34: 689–94
16. Habermeyer P, Kircher J: Standardendoprothetik. In: Habermeyer P, Lichtenberg S, Magosch P (eds) *Schulterchirurgie*. München, Elsevier, Urban & Fischer, 2010: 655–745
17. Hammond JW, Queale WS, Kim TK et al.: Surgeon experience and clinical and economic outcomes for shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A: 2318–24
18. Hansen ML, Nayak A, Narayanan MS et al.: Role of subscapularis repair on muscle force requirements with reverse shoulder arthroplasty. *Bulletin of the Hospital for Joint Disease* 2015; 73 Suppl 1: S21–27
19. Jain N, Pietrobon R, Hocker S et al.: The relationship between surgeon and hospital volume and outcomes for shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86-A: 496–505
20. Kermarrec G, Werthel JD, Canales P et al.: Review and clinical presentation in reverse shoulder arthroplasty in deltoid palsy. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2018; 28: 747–51
21. Kircher J: [Shoulder endoprosthesis in the elderly: Hemiarthroplasty or total shoulder arthroplasty? Anatomic or reverse?]. *Der Orthopade* 2017; 46: 40–7
22. Lapner PL, Wood KS, Zhang T et al.: The return of subscapularis strength after shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2015; 24: 223–8
23. Lederman E, Streit J, Idoine J et al.: Biomechanical study of a subscapularis repair technique for total shoulder arthroplasty. *Orthopedics* 2016; 39: e937–43
24. Lehtimäki K, Rasmussen JV, Mokka J et al.: Risk and risk factors for revision after primary reverse shoulder arthroplasty for cuff tear arthropathy and osteoarthritis: a Nordic Arthroplasty Register Association study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2018; 27: 1596–01
25. Lorenzetti A, Streit JJ, Cabezas AF et al.: Bone graft augmentation for severe glenoid bone loss in primary reverse total shoulder arthroplasty: Outcomes and Evaluation of Host Bone Contact by 2D-3D Image Registration. *JB JS* 2017; Open Access 2: e0015
26. Lyman S, Jones EC, Bach PB et al.: The association between hospital vo-

- lume and total shoulder arthroplasty outcomes. Clin Orthop Relat Res 2005; 132–7
27. Mclendon PB, Cox JL, Frankle MA: Humeral bone loss in revision shoulder arthroplasty. Am J Orthop 2018; 47: doi: 10.12788/ajo.2018.0012
28. Mclendon PB, Cox JL, Frankle MA: Large diaphyseal-incorporating allograft prosthetic composites: when, how, and why: Treatment of advanced proximal humeral bone loss. Der Orthopade 2017; 46: 1022–7
29. Miller BS, Joseph TA, Noonan TJ et al.: Rupture of the subscapularis tendon after shoulder arthroplasty: diagnosis, treatment, and outcome. J Shoulder Elbow Surg 2005; 14: 492–6
30. Mitchell JJ, Chen C, Liechti DJ et al.: Axillary nerve palsy and deltoid muscle atony. JBJS Rev 2017; 5: e1
31. Nagerl H, Kubein-Meesenburg D, Cotta H et al.: [Biomechanical principles in diarthroses and synarthroses. II: The humerus articulation as a ball-and-socket joint]. Z Orthop Ihre Grenzgeb 1993; 131: 293–301
32. Ohly B, Mauch F, Magosch P et al.: [Primärrevisionen von anatomischen und inversen Schulterprothesen. Eine Analyse des Deutschen Schulter- und Ellenbogenprothesenregisters der DVSE]. Obere Extremität 2019; in print
33. Ruhmann O, Schmolke S, Bohnsack M et al.: [Shoulder arthrodesis. Indications, techniques, results, complications]. Der Orthopade 2004; 33: 1061–80, quiz 1081–82
34. Sanchez-Sotelo J, Wagner ER, Houdek MT: Allograft-prosthetic composite reconstruction for massive proximal humeral bone loss in reverse shoulder arthroplasty. JBJS Essent Surg Tech 2018; 8: e3
35. Scalise JJ, Iannotti JP: Glenohumeral arthrodesis after failed prosthetic shoulder arthroplasty. Surgical technique. J Bone Joint Surg Am 2009; 91 Suppl 2 Pt 1: 30–7
36. Schrock JB, Kraeutler MJ, Houck DA et al.: Lesser tuberosity osteotomy and subscapularis tenotomy repair techniques during total shoulder arthroplasty: A meta-analysis of cadaveric studies. Clinical biomechanics 2016; 40: 33–6
37. Shields E, Ho A, Wiater JM: Management of the subscapularis tendon during total shoulder arthroplasty. J Shoulder Elbow Surg 2017; 26: 723–31
38. Somerson JS, Hsu JE, Neradilek MB et al.: Analysis of 4063 complications of shoulder arthroplasty reported to the US Food and Drug Administration from 2012 to 2016. Journal of Shoulder and Elbow Surgery 2018; 27: 1978–86



**Korrespondenzadresse**  
**PD Dr. med. Jörn Kircher**  
**ATOS Klinik Fleetinsel Hamburg**  
**Sektion Schulter- und**  
**Ellenbogenchirurgie**  
**Admiralitätstraße 3–4**  
**20459 Hamburg**  
**j-kircher@web.de**