

Arthroskopie

<https://doi.org/10.1007/s00142-022-00576-w>

Angenommen: 7. Oktober 2022

© The Author(s), under exclusive licence to Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2022

**Redaktion**

A. Imhoff, München

M. Flury, Wallisellen/CH



# Akromionfrakturen und Deltamuskelerletzungen

## Verletzungsmuster und Versorgungsstrategien

Johanna Friedrichs · Alexander Ellwein · Helmut Lill · Marek Hanhoff

Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, DIAKOVERE Friederikenstift, Hannover, Deutschland

### In diesem Beitrag

- **Traumatische Frakturen**  
Diagnostik und Klassifikation • Operationsindikationen und -strategien
- **Insuffizienzfrakturen bei einliegender inverser Schulterprothese**  
Ätiologie und Risikofaktoren • Diagnostik und Klassifikation • Therapiekonzepte
- **Verletzungen des M. deltoideus**  
Traumatische Verletzungen • Sekundäre Funktionsbeeinträchtigungen

### Zusammenfassung

**Hintergrund:** Akromionfrakturen und Verletzungen des M. deltoideus sind selten, aber klinisch und funktionell äußerst relevant. Die Diagnosestellung von Akromionfrakturen in der nativen Röntgenaufnahme ist nicht immer einfach und einheitliche Therapiekonzepte fehlen. Ziel dieser Arbeit ist es, dem Leser aktuelles Hintergrundwissen sowie Handlungsempfehlungen im Umgang mit Verletzungen dieses Komplexes zu vermitteln.

**Material und Methoden:** Auf Basis der derzeitigen Literatur wurden relevante Informationen bezüglich möglicher Verletzungsmuster, Ätiologie, Risikofaktoren, Diagnostik und Versorgungsstrategien dargestellt und anhand von 8 Fallbeispielen illustriert.

**Ergebnisse:** Akromionfrakturen können traumatisch oder als Komplikation nach Implantation einer inversen Schulterprothese auftreten. Als Risikofaktoren für eine Insuffizienzfraktur werden u. a. die Verlängerung des M. deltoideus, eine Lateralisierung der Glenosphäre sowie eine bekannte Osteoporose beschrieben. In der Diagnostik hat die Computertomographie (CT) einen hohen Stellenwert, bei Insuffizienzfrakturen kann ein Vergleich mit dem initialen postoperativen Röntgenbild hinweisend sein. Bei undislozierter, v. a. anterolateral gelegener Fraktur und Patienten mit reduziertem funktionellem Anspruch kann eine konservative Therapie erfolgen. Eine operative Versorgung ist bei offener Fraktur, Dislokation mit subakromialer Einengung, Mehrfachverletzung/Verletzung des „superior shoulder suspensory complex“, hohem funktionellem Patientenanspruch sowie anhaltenden Beschwerden nach konservativer Therapie indiziert. Das Operationsverfahren wird individuell an die Frakturmorphologie angepasst. Bewährt hat sich die winkelstabile Plattenosteosynthese (v. a. die laterale Klavikulaplatte). Darüber hinaus sind traumatische Verletzungen des M. deltoideus selten, wobei häufiger eine sekundäre Funktionseinschränkung v. a. auf Basis neurogener Schädigungen besteht.

### Schlüsselwörter

Schultergelenk · Insuffizienzfraktur · Inverse Schulterprothese · „Superior shoulder suspensory complex“ · Computertomographie



QR-Code scannen &amp; Beitrag online lesen

Als Fortsatz der Skapula und des Schulterdachs bildet das Akromion eine wichtige anatomische Landmarke des Schultergürtels. Es dient über die Pars acromialis als Ursprungsort des M. deltoideus. Dieser überzieht das Glenohumeralgelenk wie eine Kappe und nimmt als Motor und Stabilisator eine zentrale Rolle in der Funktion des Schultergelenks ein.

Während Frakturen des Akromions traumatisch oder als sog. Insuffizienzfrakturen auftreten können, sind isolierte traumatische Verletzungen des M. deltoideus eine Rarität, wobei eine Schädigung sekundär im Rahmen einer Affektion des N. axillaris auftreten kann. Die genannten Entitäten können bei Vorliegen mit erheblichen Funktionseinschränkungen für den Pati-

| Tab. 1 Klassifikationen nach Kuhn [16] bzw. Ogawa und Naniwa [24] |  |   |
|---|--|---|
| Grad  | Kuhn   | Ogawa und Naniwa  |
| I   | Nichtdisloziert<br>A Avulsionen<br>B Richtige Frakturen  | Das mediale Ende der Frakturende überschreitet die posteriore Ecke des Akromioklavikulargelenks nicht                         |
| II  | Disloziert, ohne Einengung des Subakromialraums  | A Frakturausläufer anterior des hinteren Akromionecks<br>B Frakturausläufer medial des hinteren Akromionecks (laterale Spina) |
| III   | Disloziert, mit Einengung des Subakromialraums (durch inferiore Akromiondislokation oder gleichzeitige kranial dislozierte Glenoidhalsfraktur) | Spinafrakturen mit Ausläufern bis zur spinoglenoidalen Notch  |

| Tab. 2 Klassifikation nach Levy [18] |   |
|--------------------------------------|---|
| Levy-Typ                             | Lokalisation  |
| I                                    | „Eigentliches Akromion“ = anteriores bis posterolaterales Akromion          |
|                                      | Anteriorer und anteilig mittlerer Delta-Ursprung                            |
| II                                   | Mittleres Akromion (posterolateral bis Basis)                               |
|                                      | Vollständiger mittlerer Delta-Ursprung mit Teilen des posterioren Ursprungs |
| II A                                 | Lateral der Gelenkfläche  |
| II B                                 | Auf Höhe der Gelenkfläche („glenoid face“)                                  |
| II C                                 | Medial der Gelenkfläche   |
| III                                  | Akromionbasis und Übergang zur Spina  |
|                                      | Mittlerer und posteriorer Deltaursprung                                     |

enten einhergehen, weswegen grundlegende Kenntnisse zur Diagnostik und Behandlung im schulterchirurgischen Alltag essenziell sind.

### Traumatische Frakturen

Die Inzidenz traumatischer Akromionfrakturen wird je nach Literatur mit 7–8% aller Skapulafrakturen sowie 3–4% aller Schultergürtelverletzungen angegeben [5]. Eine isolierte Verletzung ist insgesamt selten, deutlich häufiger liegt eine Mehrfachverletzung des ipsilateralen Schultergürtels vor. Die Diagnosestellung gelingt nicht selten protrahiert, insbesondere in Fällen undislozierter Akromionfrakturen können diese bei Ausbleiben weiterführender Diagnostik mitunter auch übersehen werden. Dasymptomatische Os acromiale, bei welchem die Verknöcherung verschiedener Ossifikationszentren ausbleibt, kommt als Differenzialdiagnose prinzipiell in Frage, stellt allerdings eine eigene Entität dar.

### Diagnostik und Klassifikation

Die Klassifikation nach Levy wurde 2013 ursprünglich für Insuffizienzfrakturen des

Akromions publiziert, dennoch wird sie von einigen Kollegen äquivalent auch für traumatische Verletzungen angewendet [18]. Als B3-Frakturen werden Akromionfrakturen weiterhin im Rahmen der Einteilung der Skapulafrakturen nach Euler-Rüedi als Fortsatzfrakturen neben den Spina- (B1) und Korakoidfrakturen (B2) klassifiziert [1]. Mit den Klassifikationen nach Kuhn [16] sowie nach Ogawa und Naniwa [24] wurden basierend auf vergleichsweise größeren Fallserien mit 27 bzw. 37 funktionelle Fraktуреinteilungen kreiert, aus denen sich Handlungsempfehlungen ableiten lassen sollen (■ Tab. 1).

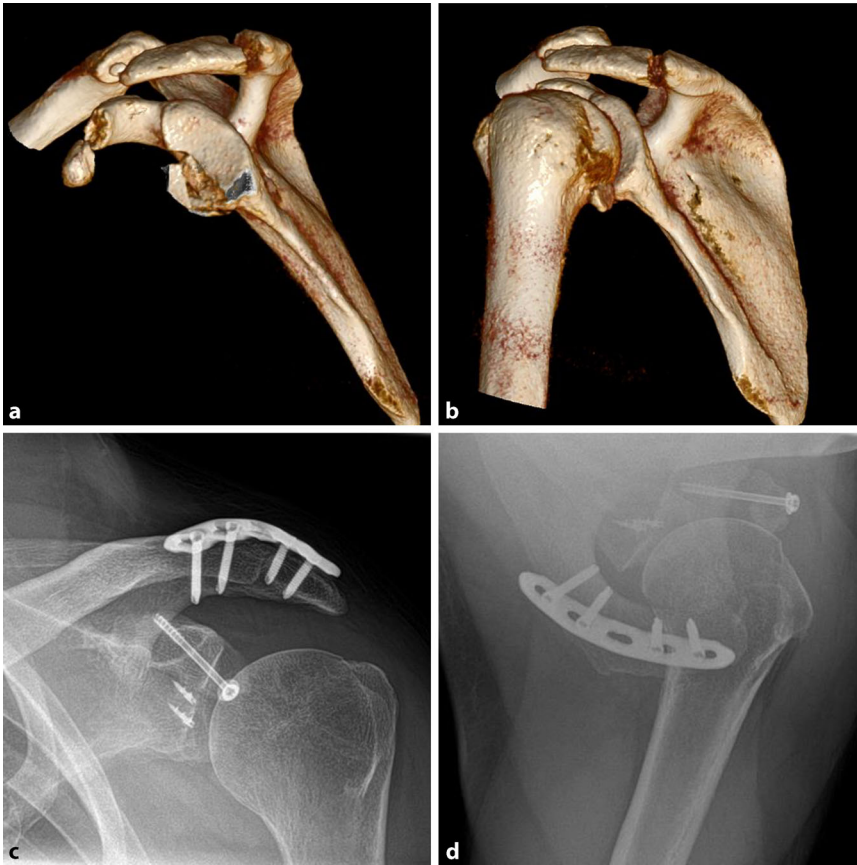
Die Basis der Diagnostik stellt die Röntgenuntersuchung in 3 Ebenen dar (a.-p., axial und y-Aufnahme), wobei ein besonderes Augenmerk auf die korrekte Bildqualität und Befundung der Axialaufnahme gelegt werden sollte. Besteht auch bei primär unauffälliger Röntgenaufnahme klinisch ein dringender Frakturverdacht, empfehlen die Autoren die zeitnahe Durchführung einer Computertomographie (CT). Auch im Rahmen von Mehrfachverletzungen des Schultergürtels ist die CT-Diagnostik inkl. Erstellung einer 3D-Rekonstruktion gerade im Hinblick auf

die strategische Planung des operativen Vorgehens unabdingbar (■ Abb. 1, Fall 1).

Aufgrund geringer Fallzahlen, Publikationen kleiner Fallserien und der damit einhergehenden schlechten Evidenzlage bestehen in der Literatur keine einheitlichen Kriterien in Bezug auf die Entscheidungsfindung zur operativen vs. konservativen Therapie [9]. Die konservative Therapie mit kurzfristiger Ruhigstellung des Schultergürtels im Gilchrist und Belastungsreduktion für 4 bis 6 Wochen stellt eine reliable Option dar, die aus Sicht der Autoren einem älteren Patientenkollektiv mit geringem körperlichem Anspruch sowohl beruflich als auch im Sport vorbehalten ist. Die Einschätzung des Aktivitätslevels sollte sich hierbei nicht ausschließlich auf das biologische Alter beschränken, sondern muss im Rahmen der Anamnese individuell mit dem Patienten eruiert werden. Es gilt in jedem Fall, über die Entwicklung einer symptomatischen Pseudarthrose aufzuklären und den Patienten regelmäßig klinisch wie auch radiologisch zu kontrollieren, um deren Entstehung frühzeitig zu erkennen und ggf. sekundär einer operativen Stabilisierung zuzuführen (■ Abb. 2, Fall 2). Wenngleich die Literatur hierzu keine eindeutigen Aussagen trifft, so scheint die Pseudarthrosenrevision der primären osteosynthetischen Versorgung unterlegen zu sein [9].

### Operationsindikationen und -strategien

Grundsätzlich lassen sich einige Konstellationen herausarbeiten, bei denen eine zeitnahe operative Rekonstruktion sinnvoll und indiziert ist. Kommt es durch die Frakturdislokation zu einer Einengung des Subakromialraums, so sehen die Autoren hierin eine eindeutige Operationsindikation zur Vermeidung der Entstehung eines symptomatischen sekundären Impingementsyndroms, das wiederum einen Risikofaktor für Folgeverletzungen der Rotatorenmanschette darstellt [16]. Weiterhin empfiehlt sich die operative Therapie im Rahmen von Mehrfachverletzungen des Schultergürtels. Von entscheidender Bedeutung ist dabei die Wiederherstellung des sog. „superior shoulder suspensory complex“ (SSSC), des knöchernen wie weichteiligen, biomechanisch relevanten



**Abb. 1** ▲ Fall 1: 61-jähriger Patient bei Zustand nach Fahrradsturz auf die linke Schulter. **a, b** Verletzungen des „superior shoulder suspensory complex“ (SSSC) mit dislozierter Akromionfraktur, Abrissfraktur des Proc. coracoideus sowie ventraler Glenoidfraktur. **c, d** Operative Versorgung mit winkelstabiler Plattenosteosynthese, Ankerrefixation des ventralen Pfannenrands und Labrums sowie Schraubenosteosynthese des Proc. coracoideus

Ringkonstrukts, bestehend aus dem Akromioklavikulargelenk (ACG) mit der distalen Klavikula und dem Akromion, den korakoklavikulären Bändern mit dem Proc. coracoideus sowie der lateralen Skapula mit dem medialen Glenoid. Goss et al. postulierten 1993 bei Verletzung von mindestens 2 Strukturen des SSSC das Vorliegen einer „floating shoulder“. Bei dieser liegt durch das Eigengewicht des Arms sowie die Muskelzüge eine hohe Instabilität durch den faktischen Verlust der Verbindung des Schultergürtels zum Thorax vor [26]. Die Wiedererlangung der maximalen Stabilität dieses Konstrukts gilt daher als Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen Heilverlauf ([26, 33]; ■ Abb. 1). Schlussendlich empfiehlt sich die operative Therapie auch in dislozierten mehrfragmentären Situationen, bei denen sich der Hebelarm des M. deltoideus aufgrund der Frakturdislokation verändert, woraus eine

Schwäche der Deltakraft und somit Funktionseinbußen des betroffenen Schultergürtels resultieren können. Offene Frakturen stellen wie an anderen Körperregionen einen Notfall dar und werden daher ebenfalls einer operativen Therapie zugeführt.

In der Literatur existieren verschiedene Operationsstrategien zur Wiederherstellung der Anatomie des Akromions. Eine Überlegenheit eines Verfahrens konnte bislang nicht gezeigt werden, so dass die exakte Herangehensweise als individuelle Einzelfallentscheidung an das jeweilige Frakturmuster angepasst wird [9, 10].

### » Bei einfachen Frakturen kann die isolierte Schraubenosteosynthese zu guten Ergebnissen führen

Bei einfachen Frakturen kann die isolierte Schraubenosteosynthese zu guten Ergebnissen führen (■ Abb. 2). Nach Frak-

turreposition und temporärer Retention mittels K-Drähten können alternativ auch kanülierte Schrauben angewendet werden, wobei zur Sicherung der Rotationsstabilität 2 Schrauben genutzt werden sollten. Die klassische Zuggurtungsosteosynthese wird nicht zuletzt aufgrund des häufigen Auftretens von postoperativen Weichteilirritationen bei geringer Weichteildeckung des Akromions von den Autoren nicht empfohlen. Mehrfragmentäre Situationen und weit nach dorsal Richtung Spina scapulae auslaufende Frakturen sind hingegen die Domäne der winkelstabilen Plattenosteosynthese (■ Abb. 3, Fall 3; [9]). In einer 2021 publizierten Arbeit konnte anhand von 14 gedruckten 3D-Modellen von Akromion- sowie Spinafrakturen nachgewiesen werden, dass im Vergleich verschiedener vorgehaltener Plattensysteme die Osteosyntheseplatten für laterale Klavikulafrakturen am meisten Frakturfläche abdecken und damit im Vergleich zu am Markt verfügbaren präkonturierten Akromionplatten besser zur Versorgung geeignet sind [3]. Kicinski et al. wiederum fanden in ihrer biomechanischen Untersuchung aus 2018 höhere Versagenskräfte für die LCP-Platte („locking compression plate“) im Vergleich zu einer Rekonstruktionsplatte, wobei der Unterschied zu den lateralen Klavikulaplaten nicht signifikant war [14]. Um der hohen anatomischen Variabilität des Akromions gerecht zu werden und die Primärstabilität der Osteosynthese zu erhöhen, ist die Kombination aus Schrauben- und Plattenosteosynthese ebenfalls möglich (■ Abb. 3). Für komplexe mehrfragmentäre Fälle sind zudem spezielle Plattensysteme auf dem Markt [17]. In Fällen einer fortgeschrittenen Osteoporose sowie in Revisionsfällen mit weit in die Spina reichenden Frakturausläufern stellt die Doppelplattenosteosynthese ein geeignetes Tool da, um eine stabile Frakturausheilung zu erzielen. In einer biomechanischen Arbeit von Katthagen et al. konnte im Kadavermodell die Versagenslast durch Anwendung einer 3,5 sowie 2,7 LCP-Platte in 90-90°-Konfiguration im Vergleich zur einfachen Plattenosteosynthese beim osteoporotischen Knochen signifikant gesteigert werden ([12]; ■ Abb. 4, Fall 4).



**Abb. 2** ▲ Fall 2: 55-jähriger Patient mit Direkthanprall der rechten Schulter. **a–c** Symptomatisch-schmerzhafte Bewegungseinschränkung bei fehlgeschlagener konservativer Therapie mit dorsolateraler Fragmentdislokation. **d, e** Pseudarthrosenausräumung und -anfrischung, offene Reposition und zweifach gekreuzte Schraubenosteosynthese. **f** Zufriedenstellendes klinisches Ergebnis 2 Monate postoperativ

### Insuffizienzfrakturen bei einliegender inverser Schulterprothese

Aufgrund der zuverlässigen guten bis sehr guten funktionellen Ergebnisse sowohl im Rahmen von Cuff-Arthropathien als auch in der Fraktursituation ist eine weltweit zunehmende Anzahl an Implantationen inverser Schulterprothesen zu verzeichnen [11, 23]. Damit einhergehend steigt auch die Relevanz postoperativer Komplikationen wie der Insuffizienzfraktur des Akromions, für welche die Inzidenz in Studien mit einer Varianz von 3–11 % angegeben wird [4, 11, 34]. Die Unversehrtheit des Akromions ist für die Funktion des M. deltoideus und damit der Schulterprothese entscheidend. Akromionfrakturen haben erhebliche negative Konsequenzen für das funktionelle Outcome, weswegen die Aufklärung des Patienten hierüber im Rahmen

der präoperativen Vorbereitung vor Prothesenimplantation obligat ist.

### Ätiologie und Risikofaktoren

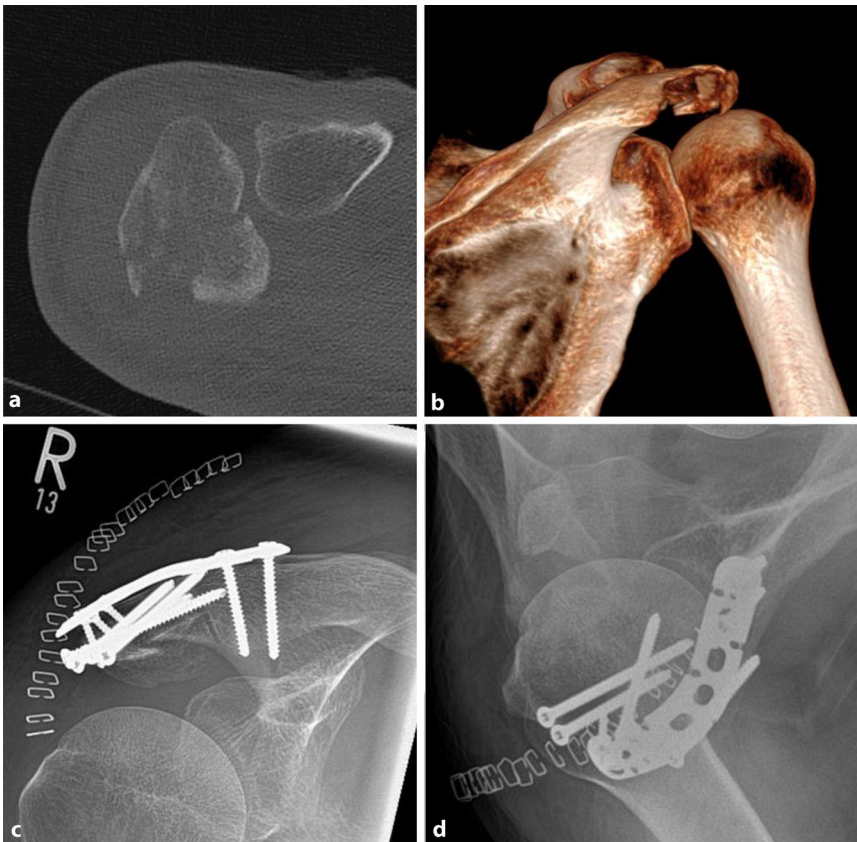
In der Literatur werden verschiedene Einflussfaktoren für das Auftreten von Akromionfrakturen diskutiert, wobei neben patientenbezogenen Faktoren auch das Prothesendesign eine Rolle spielt.

Als Ursache für die Akromionfraktur bei inverser Prothese wird eine Überbeanspruchung der *Akromion-M.-deltoideus-Einheit* beschrieben, womit diese pathophysiologisch als Insuffizienzfraktur gewertet wird. Die Distalisierung und Lateralisierung des Gelenkzentrums durch Implantation einer inversen Prothese führt zu einer Verlängerung des M. deltoideus und damit zu einer erhöhten Deltavorspannung. Dies kann zu einer dauerhaften Stressbelastung am Akromion führen, welcher insbeson-

dere ein osteoporotischer Knochen nicht standhalten kann [4].

In Kadaverstudien wurde eine um 17 % erhöhte Spannung am Akromion durch eine lateralisierte Glenosphäre festgestellt [32]. Durch eine Lateralisierung des Glenoids erhöht sich außerdem die durch den M. deltoideus erforderliche Kraft, um den Arm anzuheben [30]. Shah et al. [30] beobachteten eine deutlich erhöhte Spannung an Akromion und Spina bei einer Verlängerung des M. deltoideus über 25 mm.

Cho et al. [4] beschreiben in ihrem Review abweichende Ergebnisse zweier Studien zum Einfluss des Prothesendesigns: King et al. fanden in ihrer Studie die höchste Inzidenz an Akromionfrakturen mit 3,8 % bei lateralisiertem Glenoid und medialisiertem Humerusdesign. Eine weitere Studie von Cho et al. hingegen zeigte deutlich höhere Inzidenzen mit 8,4 % bei medialisiertem Humerusdesign und medialisiertem Glenoid.



**Abb. 3** ▲ Fall 3: 64-jähriger Patient nach Sturz auf die rechte Schulter im Rahmen eines generalisierten Krampfanfalls. Initiale CT-Diagnostik mit mehrfragmentärer Akromionfraktur im Axialbild (a) sowie der 3D-Rekonstruktion (b). c, d Offene Reposition und interne Fixation mittels kombinierter winkelstabiler, lateraler Klavikulaplattenosteosynthese sowie freier Schraubenosteosynthese

In der Arbeit von Nyffeler et al. wird nach Literaturrecherche und eigener Studie die Theorie der klassischen Insuffizienzfraktur durch Deltavorspannung in Frage gestellt [23]. Laut Studien von Dubrow bzw. Zmitowski [34] wurde im Rahmen einer klinischen und radiologischen Nachuntersuchung in der Studiengruppe mit Akromionfrakturen kein signifikanter Unterschied der Deltaspanspannung bzw. sogar eine geringere Veränderung der Deltalänge im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Frakturen festgestellt. Gleichzeitig gilt es zu beachten, dass eine Verlängerung des Arms respektive des M. deltoideus erforderlich für einen guten Hebelarm ist [32].

Als weiterer Einflussfaktor wird die Schraubenfixierung der Basisplatte diskutiert. In einer Studie von Otto et al. [25] wurden vermehrt Frakturen um die Schraubenspitze der posterior-superior gelegenen Schraube beobachtet, wobei keine relevante Veränderung des Risikos abhängig von der Schraubenlänge oder

Position festgestellt wurden. Ob ein Verzicht auf die kraniale und in Richtung Spina scapulae zielende Schraube zu weniger Akromionfrakturen führt, ist bislang ungeklärt.

Welches Prothesendesign schlussendlich protektiv oder risikoe erhöhend ist, wird weiterhin kontrovers diskutiert. Ebenso ist bislang kein kausaler Zusammenhang zwischen den genannten operationstechnischen Faktoren und akromialen Insuffizienzfrakturen wissenschaftlich sicher belegt.

Nyffeler et al. betonen die Relevanz von Traumata für die Entstehung von Akromionfrakturen nach inverser Schulterendoprothese (RSA; [23]): In der Studienpopulation mit insgesamt 12 aufgetretenen Akromionfrakturen gaben 67% der Patienten ein stattgehabtes Trauma an. Den geringeren Anteil an traumatisch verursachten Akromionfrakturen in anderen Studien – beispielsweise 11% in einer Studie von Neyton et al. [22] – erklären sich die

Autoren u. a. dadurch, dass stattgehabte Bagateltraumata von geriatrischen Patienten in der Anamnese häufig gar nicht erwähnt werden. Darüber hinaus wird eine erhöhte Vulnerabilität des Akromions durch Vorhandensein einer Schulterprothese postuliert und mit einer größeren Exposition des Schulterdachs durch die Medialisierung und Distalisierung des Gelenkzentrums begründet. Die Krafteinwirkung bei einem Sturz auf die seitliche Schulter werde bei einliegender inverser Prothese weniger vom Humeruskopf und mehr vom Akromion aufgenommen [23].

Nicht außer Acht zu lassen sei außerdem ein erhöhtes Risiko für Akromionfrakturen aufgrund vorbestehender Patientenfaktoren. Statistisch gesehen treten mehr Akromionfrakturen auf bei:

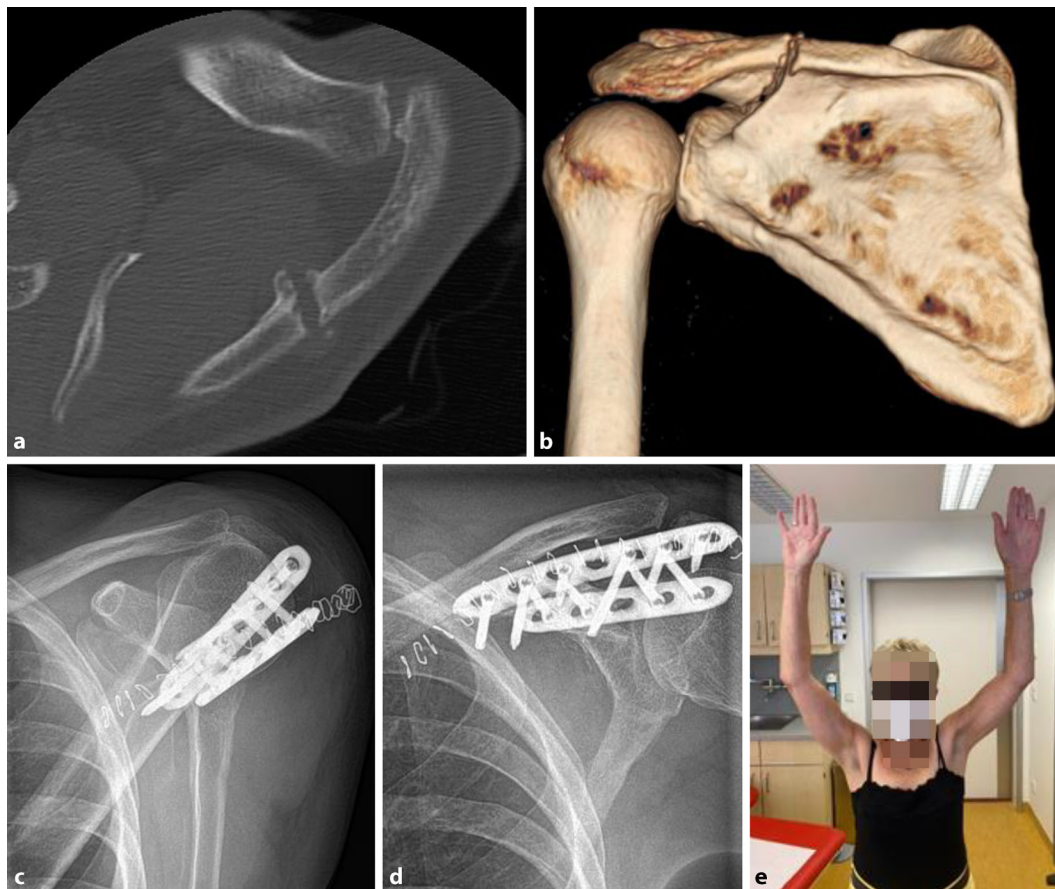
- verringerter Knochendichte bzw. vorbekannter Osteoporose [4, 25],
- Voroperationen der ipsilateralen Schulter [4],
- weiblichem Geschlecht [21, 34],
- rheumatoider Arthritis [21],
- Rotatorenmanschettenläsion als Indikation zur RSA [21],
- Pseudarthrose als Indikation zur RSA [21].

Es ist daher empfehlenswert, vor Implantation einer inversen Schulterprothese patientenspezifische Risikofaktoren zu eruieren und durch entsprechende perioperative Optimierungen wie dem Beginn einer medikamentösen Osteoporosetherapie möglicherweise eine Risikoreduktion zu erzielen. [25].

## Diagnostik und Klassifikation

Typischerweise beschreiben betroffene Patienten einen plötzlich aufgetretenen Schmerz der Schulter mit Bewegungseinschränkungen nach einem zuvor zufriedenstellenden postoperativen Verlauf (■ Abb. 5, Fall 5). Häufig tritt diese innerhalb des ersten Jahres nach Prothesenimplantation auf, ist aber im Prinzip zu jeder Zeit möglich [4, 23, 34].

Eine Detektion in der nativen Röntgenaufnahme ist äquivalent zur Traumasituation nicht immer möglich, was zur verzögerten Diagnosestellung z. B. erst im Rahmen relevanter Dislokationen führen kann [25]. Daher ist auch eine reell höhere Inzi-



**Abb. 4** ◀ Fall 4: 71-jährige Patientin mit symptomatischer Pseudarthrose der Spina scapulae links nach Sturz vor 9 Monaten. Trotz konservativer Maßnahmen (u. a. Stoßwellentherapie) beklagte sie dauerhaft bewegungsabhängige Schmerzen und Krepitationsgefühle. **a** Die präoperative Bildgebung zeigt die zentrale Spina-scapulae-Fraktur mit hypertropher Pseudarthrosenbildung. **c, d** Postoperative Bildgebung nach durchgeführter Doppelplattenosteosynthese in 90°-Konfiguration. **e** In der klinischen Kontrolle nach 6 Wochen präsentiert die Patientin ein freies Bewegungsausmaß ohne Schmerzen

denz als aktuell beschrieben denkbar. Folgende Messparameter können im direkten Vergleich zum initial postoperativen Röntgenbild als Hinweis auf eine bereits gering dislozierte Akromionfraktur herangezogen werden [25]:

- Vergrößerung des akromialen Tilts,
- Verringerung der Distanz zwischen Akromion und Tuberculum majus.

Der akromiale Tilt beschreibt den Winkel zwischen Spina scapulae und Akromion in Grad (▣ **Abb. 6a, b**). Der Abstand zwischen Akromion und Tuberculum majus wird senkrecht zur Verlängerung der Humerusschaftachse in Millimeter bestimmt [25]. Hierbei sollte auf eine identische Abduktionsstellung des Arms in den Röntgenaufnahmen geachtet werden, um Messungenauigkeiten zu vermeiden.

Wie in der Traumasituation bereits beschrieben, sollte bei entsprechender Symptomatik die Indikation zur CT-Diagnostik auch großzügig gestellt werden [11], um auch undislozierte Frakturen frühzeitig erkennen und ggf. durch eine adäquate kon-

servative Therapie eine relevante Dislokation mit potenziell schlechterem Outcome vermeiden zu können.

Gekennzeichnet durch eine sehr gute Interobserverreliabilität, wird die Klassifikation nach Levy mittlerweile weitläufig angewendet [18]. Diese orientiert sich an der Lokalisation der Fraktur in Relation zum Ursprung des M. deltoideus (▣ **Tab. 2**). Im Jahr 2022 wurde eine Subklassifikation mit signifikanten Unterschieden im Outcome je nach Frakturtyp veröffentlicht [1].

### Therapiekonzepte

Hinsichtlich der Therapie von Akromionfrakturen bei einliegender Schulterprothese gibt es ebenfalls keine klaren Handlungsempfehlungen. Dies liegt neben fehlenden großen Studien auch an den sehr variablen Ergebnissen sowohl bei konservativer als auch operativer Versorgung [29]. Generell ist das funktionelle Ergebnis von Patienten mit Akromionfrakturen nach Implantation der inversen Schulterprothese im Schnitt deutlich schlechter als

bei komplikationslosem postoperativem Verlauf [18, 28]. Trotzdem lässt sich zu meist noch eine signifikante Verbesserung von Bewegungsausmaß, Abduktionskraft und subjektiven Schultercores im Vergleich zum präoperativen Zustand vor Prothesenversorgung erzielen [18].

In mehreren Studien [15, 23, 28, 29] wird nach konservativer Therapie ein ähnliches funktionelles Outcome beschrieben wie nach operativer Versorgung. Schenk et al. fanden im Rahmen einer Nachuntersuchung beider Gruppen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der postoperativen Beweglichkeit und klinischer Scores, so dass die Arbeitsgruppe ein konservatives Vorgehen bevorzugt [28]. Nach Meinung der Autoren kann insbesondere bei undislozierter Fraktur ein konservativer Therapieversuch erfolgen. Dieser inkludiert neben einem Pausieren der Krankengymnastik für 6 Wochen eine Entlastung des betroffenen Arms, mitunter auch eine kurzfristige Immobilisierung in einer Orthese mit Beschränkung auf Pendelbe-



**Abb. 5** ▲ Fall 5: 62-jähriger Patient mit plötzlichem atraumatischem Schmerzereignis im Rahmen einer Alltagsbewegung 2 Monate nach inverser Schulterprothese rechts. **a, b** Erweiterte präoperative CT-Bildgebung mit Darstellung der Akromionfraktur (Levy Typ IIC). **c, d** Kombinierte Osteosynthese mittels winkelstabiler, lateraler Klavikulaplattenosteosynthese und interfragmentärer Zugschraube

übungen [18]. Ziel ist es, eine relevante Dislokation zu verhindern.

Radiologisch werden nach konservativer Therapie deutlich schlechtere Ergebnisse beschrieben als nach operativer Versorgung z. B. mittels Plattenosteosynthese [15]. Bei konservativer Therapie ist die Rate an radiologisch nachgewiesenen Pseudarthrosen mit über 50% sehr hoch [11, 22], wobei nicht jede Pseudarthrose symptomatisch ist und eine radiologische Konsolidierung nicht unbedingt mit einem besseren klinischen Outcome einhergeht [15].

Schoch et al. [29] beschreiben in ihrer Studie ein besseres Bewegungsausmaß und eine bessere Kraftentwicklung bei plattenosteosynthetisch versorgten Patienten. Dies wird durch eine Wiederherstellung des normalen Hebelarms des M. deltoideus gegenüber einem sukzessive abkippenden Akromion bei konservativer Therapie erklärt. Die konservativ versorgten Patienten hingegen profitierten von

einer besseren Schmerzreduktion, da die große Zugspannung am Akromion durch das Absacken der Fraktur reduziert werde.

Botuch et al. [1] konnten deutliche Unterschiede im Outcome je nach Frakturtyp nach Levy feststellen. Lateral gelegene Frakturen vom Typ I und IIA scheinen zwar mit einer hohen Pseudarthrosenrate einherzugehen – nur in 8% der Fälle konnte eine Konsolidierung festgestellt werden – jedoch ist das funktionelle Outcome vergleichbar mit der Kontrollgruppe ohne Akromionfraktur [1], so dass die konservative Therapie bei diesen Frakturtypen ihren Stellenwert hat. Medial gelegene Typ-IIC- und Typ-III-Frakturen hingegen zeigen ein deutlich schlechteres Outcome als die Kontrollgruppe. Dies kann dadurch erklärt werden, dass mehr Anteile des M. deltoideus betroffen sind, wodurch die Prothese an Funktion einbüßt [11].

Insgesamt gibt es weiterhin keine klaren Kriterien bzw. Empfehlungen für oder

gegen eine operative Versorgung. Das Behandlungskonzept sollte immer individuell an den Anspruch und die Beschwerden des Patienten angepasst werden, wobei folgende Faktoren tendenziell als Indikation für eine Operation gewertet werden können:

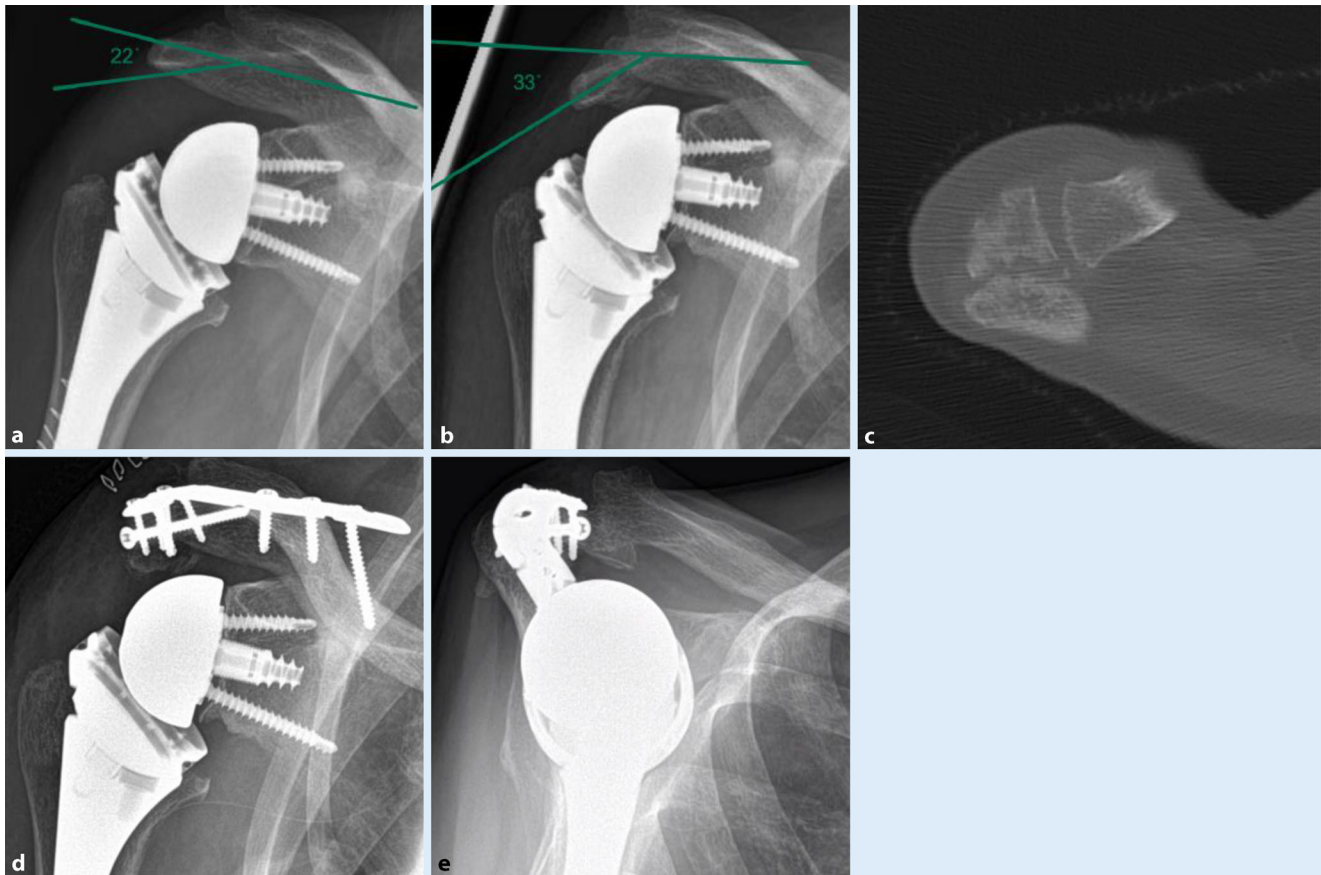
- anhaltende Schmerzen und Funktionseinschränkungen,
- hoher funktioneller (Kraft-)Anspruch,
- basisnahe Frakturen,
- relevante Dislokation,
- symptomatische Pseudarthrose.

Zur Verfügung stehen dabei alle bereits für die Traumasituation genannten operativen Therapieverfahren. Eine in Fallstudien beschriebene Zuggurtung führte meist zum Osteosyntheseversagen [11]. Häufig wird eine Plattenosteosynthese ggf. in Kombination mit einer oder zwei interfragmentären Schrauben durchgeführt (▣ Abb. 5 und 6). Als Herausforderungen im Rahmen der operativen Therapie verbleiben die häufig schlechte bzw. osteoporöse Knochenqualität sowie der multidirektionale Zug des M. deltoideus am Akromion. Im Fall einer symptomatischen Pseudarthrose mit Fraktureausläufern in die Spina scapulae sowie in Rahmen periimplantären Fraktursituationen wird die vorab beschriebene Doppelplattenosteosynthese von den Autoren bevorzugt.

## Verletzungen des M. deltoideus

### Traumatische Verletzungen

Isolierte primäre bzw. traumatische Deltamuskelverletzungen sind eine Rarität und werden in der Literatur in wenigen Fallberichten beschrieben. Das Diagnostikum der Wahl stellt die Magnetresonanztomographie (MRT) dar. Typischerweise kommt es zu proximalen Abrissen oder Avulsionen am Ursprung – also am Akromion oder der lateralen Klavikula [2] – im Rahmen von Sport- oder Verkehrsunfällen. Sanderson et al. [27] berichteten 2020 hingegen von einem 37-jährigen aktiven Patienten, der sich beim Gewichtheben einen isolierten humeralen Abriss der posterioren Deltasehne zuzog, welcher erfolgreich mittels kortikaler Buttonfixation reinsertiert werden konnte. Insgesamt zeigen operative Behandlungskonzepte bei gesunden, ak-



**Abb. 6** ▲ Fall 6: 85-jährige Patientin mit Direktanprall bei einliegender inverser Schulterprothese. Im Vergleich des initialen Röntgenbilds (a) nach Prothesenimplantation zum Röntgenbild nach Trauma (b) lässt sich ein vermehrter akromialer Tilt (grün) als indirekter Frakturhinweis feststellen. In der CT (c) wird eine dislozierte Levy-Typ-I-Fraktur bestätigt. Es erfolgt die kombinierte winkelstabile, laterale Klavikulaplatteosteosynthese mit Kompressionsschraube (d, e)

tiven Patienten zufriedenstellende Ergebnisse mit Wiedererlangen der Deltakraft und einem schmerzfreien Bewegungsausmaß nach postoperativer Physiotherapie [2, 27]. Muskelfaserrisse können, wie in der Sportorthopädie bekannt, konservativ unter Anwendung des PECH-Schemas (Pause, Eis, Kompression, Hochlagern) konservativ zur Ausheilung gebracht werden. Zu den typischen Sportarten, bei denen es aufgrund einer Überbelastung des Deltamuskels zu schmerzhaften Problemen kommen kann, zählen u. a. Tennis, Schwimmen (v. a. bei Schmetterlingsschwimmern), Baseball und Gewichtheben/Klimmzüge [27].

### Sekundäre Funktionsbeeinträchtigungen

Deutlich häufiger kommen sekundäre Beeinträchtigungen der Funktion des M. deltoideus vor. So besteht eine Assoziation zwischen fortgeschrittenen Rotatoren-

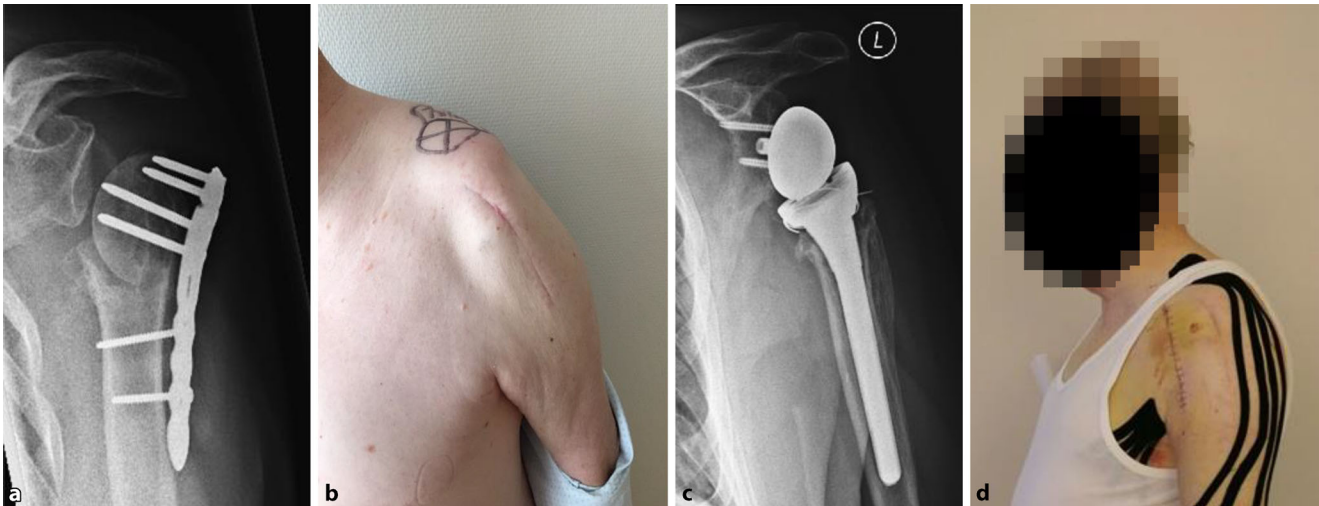
manschettenschäden und Verletzungen des M. deltoideus. Diese resultieren zu einem aus der Mehrbelastung des Deltamuskels, welcher den Funktionsverlust kompensieren muss [6]. Zum anderen kann eine progressive Muskelschädigung in der kranialen Migration des Humeruskopfes mit folgendem akromialem Impingement begründet sein. Zusätzlich wurden in diesem Zusammenhang auch Kortisoninjektionen als Risikofaktor identifiziert [20].

### » Der deltoideopektorale Zugang bietet einen anatomischen Sicherheitsabstand zum N. axillaris

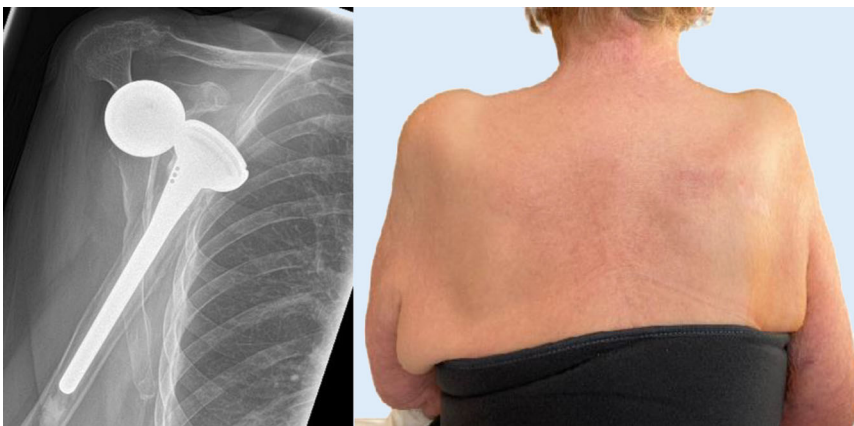
Als weiterer Grund für eine sekundäre Deltaläsion ist eine Schädigung des N. axillaris zu nennen, welche u. a. traumatisch im Rahmen von Schulterluxationen oder Luxationsfrakturen auftreten kann. Die Inzidenz einer zumindest temporären Axil-

larisaffektion nach anteroinferiorer Schulterluxation wird in der Literatur mit einer Streubreite von 5,4–55% angegeben, wobei ein erhöhtes Risiko insbesondere bei höherem Patientenalter, hoher Energie des initialen Traumas sowie langer Zeitspanne zwischen Luxation und Reposition besteht [8, 19, 20]. Bei vermuteter Axillarläsion mit Beeinträchtigung der Deltafunktion, die z. B. durch einen pathologischen Abduktions-Innenrotations-Test auffällt [19], empfiehlt sich eine systematische neurologische Nachuntersuchung, bei ausgeprägten und persistierenden Beschwerden über 3 Wochen hinaus ggf. auch mittels Elektromyographie (EMG; [19]). Während die meisten Läsionen unter adäquater Physiotherapie vollständig ausheilen, sollte bei ausbleibender klinischer und EMG-morphologischer Besserung nach 3 bis 6 Monaten eine neurochirurgische Vorstellung und operative Versorgung erwogen werden, welche von der reinen Neurolyse über





**Abb. 7** ▲ Fall 7: 76-jähriger Patient mit Osteosyntheseversagen nach auswärtiger Plattenosteosynthese. **a** Sekundäre Frakturdislokation und Osteosyntheseversagen. **b** Deutliche Atrophie des M. deltoideus bei neurologisch gesicherter Axillarisschädigung nach Deltasplitzzugang. **c** Gelenkstabilisierung mit Implantation einer inversen Schulterprothese inklusive Tuberkulakerklage. **d** Klinisches Bild postoperativ nach Anwendung des deltoideopektoralen Standardzustands



**Abb. 8** ▲ Fall 8: **a** 89-jährige Patientin mit über Jahre bestehenden, chronisch-rezidivierenden Schulterluxationen nach auswärtig implantierter, inverser Schulterprothese. **b** Ausgeprägte Inaktivitätsatrophie der Deltamuskulatur als Folge

Rekonstruktionen/„neurorrhaphy“ bis hin zur Nerventransplantation reichen kann [19].

latrogene Schädigungen hingegen können als Zugangsmorbidität aus der chirurgischen Präparation zum Schultergelenk resultieren. Der deltoideopektorale Zugang wird von den Autoren als Standardzugang zum Schultergelenk genutzt, der Deltasplitzzugang stellt dabei, wengleich von vielen Kollegen genutzt, nur in Ausnahmefällen eine Alternative dar. Zum einen bietet der deltoideopektorale Zugang einen größeren anatomischen Sicherheitsabstand zum N. axillaris [31] und birgt daher ein geringes Risiko von Nervenverletzungen, zum anderen fällt

der Flurschaden durch die schonendere Weichteilpräparation geringer aus. Wengleich laut aktueller Literatur im Rahmen der Versorgung proximaler Humerusfrakturen keine relevanten klinischen und elektrophysiologischen Unterschiede beim Vergleich beider Zugänge bestehen sollen, so scheint die längerfristige Abduktions-Außenrotations-Positionierung des Arms während der Operation einen relevanten negativen Einfluss auf eine mögliche Axillarisschädigung zu haben, wie bei intraoperativen EMG-Untersuchungen festgestellt werden konnte [19].

Als aufklärungsrelevante Komplikation kann ein Axillarisschaden auch in der orthopädischen Tumorchirurgie z. B. bei Re-

sektionen großer benigner Lipome oder maligner Weichteilsarkome aus dem Bereich des M. deltoideus resultieren. Des Weiteren wird die Ablösung des M. deltoideus im Rahmen einer Akromioplastik mit einer Inzidenz von bis zu 8% nach operativer Versorgung ausgeprägter Rotatorenmanschettendefekte beschrieben [20].

Für Patienten mit schwerer Rotatorenmanschettenläsion und dauerhafter Schädigung des N. axillaris und damit auch des M. deltoideus sind die operativen Therapieoptionen begrenzt. In der Literatur werden Konzepte beschrieben, die Funktion des M. deltoideus bei Implantation einer inversen Schulterprothese mit Hilfe eines Muskeltransfers (M. pectoralis major oder M. trapezius) zu ersetzen [13] oder den M. deltoideus zu refixieren [7], wodurch gute funktionelle Ergebnisse erzielt werden können. Die Autoren des Artikels empfehlen in solchen Fällen zur Sicherung einer stabilen Gelenksituation die Implantation einer inversen Schulterprothese, wengleich die funktionellen Resultate erwartungsgemäß eingeschränkt sind (■ Abb. 7, Fall 7).

Weitere Ursachen einer Schädigung des M. deltoideus auch aus anderen Fachgebieten können sein [20]:

1. Parsonage-Turner-Syndrom oder auch *neuralgische Schulteramyotrophie* (akute periphere Neuropathie des Plexus cervicobrachialis durch Virusinfekt/immunologisch),

2. Quadrilateral-Space-Syndrom (Kompression des N. axillaris und der A. circumflexa posterior in der hinteren Achsellücke z. B. durch Zysten, Lipome, Venendilatation, Fibrose),
3. Myositiden/Polymyalgia rheumatica mit Ödem,
4. Weichteiltumoren, Metastasen, Abszesse, Hämatome, Weichteil-Sarkoidose,
5. Sehnenreizung durch Verkalkung,
6. Enthesitis, z. B. bei Spondylitis ankylosans,
7. Inaktivitätsatrophien, z. B. im Rahmen einer Protheseninstabilität (Abb. 8, Fall 8).

**Fazit für die Praxis**

- Bei klinischem Verdacht einer Akromionfraktur empfiehlt sich eine Computertomographie (CT).
- Die konservative Therapie kann bei undislozierten, v. a. anterolateral gelegenen Frakturen und bei Patienten mit reduziertem körperlichem Anspruch zum Erfolg führen.
- Indikationen zur operativen Therapie sind: offene Frakturen, subakromiale Einengung durch Dislokation, Mehrfachverletzungen der Schulter zur Wiederherstellung des „superior shoulder suspensory complex“ (SSSC), symptomatische Pseudarthrosen, ein hoher funktioneller Patientenanspruch sowie anhaltende Beschwerden.
- Die operative Herangehensweise wird individuell an die Frakturmorphologie angepasst, wobei sich die Nutzung winkelstabiler lateraler Klavikulaplattenosteosynthesen bewährt hat.
- Mit erheblichem negativem Einfluss auf das funktionelle Outcome gehört die Insuffizienzfraktur zu den aufklärungsrelevanten Komplikationen nach inverser Schulterprothese.
- Ein erhöhtes patientenspezifisches Risiko für Insuffizienzfrakturen scheint bei weiblichem Geschlecht, Osteoporose und beschriebenen Voroperationen zu bestehen.
- Traumatische Deltaverletzungen sind sehr selten, an eine sekundäre Schädigung v. a. auf Basis neurogener Störungen muss gedacht und entsprechend korrekt reagiert werden, um Funktionseinschränkungen zu vermeiden.

**Korrespondenzadresse**

**Marek Hanhoff**  
 Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie,  
 DIAKOVERE Friederikenstift  
 Humboldtstr. 5, 30169 Hannover, Deutschland  
 marek.hanhoff@diakovere.de

**Einhaltung ethischer Richtlinien**

**Interessenkonflikt.** J. Friedrichs, A. Ellwein, H. Lill und M. Hanhoff geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

**Literatur**

1. Boltuch A, Grewal G, Cannon D et al (2022) Nonoperative treatment of acromial fractures following reverse shoulder arthroplasty: clinical and radiographic outcomes. *J Shoulder Elbow Surg* 31:S44–S56
2. Calcei JB, Calcei JG, Estis N et al (2021) Isolated traumatic tear of the middle head of the deltoid muscle: a case report. *JBJS Case Connect* 11:e20.00305
3. Charilaou J, Dey R, Burger M et al (2021) Quantitative fit analysis of acromion fracture plating systems using three-dimensional reconstructed scapula fractures—A multi-observer study. *SICOT J* 7:36
4. Cho CH, Rhee YG, Yoo JC et al (2021) Incidence and risk factors of acromial fracture following reverse total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 30:57–64
5. Court-Brown CM, Heckman JD, McQueen MM et al (2015) Rockwood and Green's fractures in adults. Wolters Kluwer Health, Philadelphia
6. Dyrna F, Kumar NS, Obopilwe E et al (2018) Relationship between deltoid and rotator cuff muscles during dynamic shoulder abduction: a biomechanical study of rotator cuff tear progression. *Am J Sports Med* 46:1919–1926
7. Garofalo R, Flanagan B, Castagna A et al (2016) Massive irreparable rotator cuff tear and associated deltoid tear. Does the reverse shoulder arthroplasty and deltoid repair be a possible option of treatment? *J Orthop Sci* 21:753–758
8. Gutkowska O, Martynkiewicz J, Urban M et al (2020) Brachial plexus injury after shoulder dislocation: a literature review. *Neurosurg Rev* 43:407–423
9. Hess F, Zettl R, Welter J et al (2019) The traumatic acromion fracture: review of the literature, clinical examples and proposal of a treatment algorithm. *Arch Orthop Trauma Surg* 139:651–658
10. Hill BW, Anavian J, Jacobson AR et al (2014) Surgical management of isolated acromion fractures: technical tricks and clinical experience. *J Orthop Trauma* 28:e107–e113
11. Joyce CD, Seidl AJ (2018) Managing acromial fractures: prevention and treatment, both non-operative and operative. *Ann Joint*. <https://doi.org/10.21037/aoj.2018.12.03>
12. Katthagen JC, SuBiek J, Frank A et al (2022) Double plating is associated with higher fixation strength than single plating in osteoporotic fractures of

- the scapular spine: a biomechanical study. *Arch Orthop Trauma Surg* 142:1859–1864
13. Kermarec G, Werthel JD, Canales P et al (2018) Review and clinical presentation in reverse shoulder arthroplasty in deltoid palsy. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 28:747–751
14. Kicinski M, Puskas GJ, Zdravkovic V et al (2018) Osteosynthesis of type III acromial fractures with locking compression plate, lateral clavicular plate, and reconstruction plate: a biomechanical analysis of load to failure and strain distribution. *J Shoulder Elbow Surg* 27:2093–2098
15. Kriechling P, Hodel S, Paszicsnyek A et al (2022) Incidence, radiographic predictors, and clinical outcome of acromial stress reaction and acromial fractures in reverse total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 31:1143–1153
16. Kuhn JE, Blasler RB, Carpenter JE (1994) Fractures of the acromion process: a proposed classification system. *J Orthop Trauma* 8:6–13
17. Kurahashi S, Takeda S, Mitsuya S et al (2021) Plate fixation of acromion fracture using a mesh plate. *Trauma Case Rep* 33:100470
18. Levy JC, Anderson C, Samson A (2013) Classification of postoperative acromial fractures following reverse shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 95:e104
19. Mitchell JJ, Chen C, Liechti DJ et al (2017) Axillary nerve palsy and deltoid muscle atony. *JBJS Rev* 5:e1
20. Moser T, Lecours J, Michaud J et al (2013) The deltoid, a forgotten muscle of the shoulder. *Skelet Radiol* 42:1361–1375
21. Moverman MA, Menendez ME, Mahendraraj KA et al (2021) Patient risk factors for acromial stress fractures after reverse shoulder arthroplasty: a multicenter study. *J Shoulder Elbow Surg* 30:1619–1625
22. Neyton L, Erickson J, Ascione F et al (2019) Grammont Award 2018: Scapular fractures in reverse shoulder arthroplasty (Grammont style): prevalence, functional, and radiographic results with minimum 5-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg* 28:260–267
23. Nyffeler RW, Altioklar B, Bissig P (2020) Causes of acromion and scapular spine fractures following reverse shoulder arthroplasty: a retrospective analysis and literature review. *Int Orthop* 44:2673–2681
24. Ogawa K, Naniwa T (1997) Fractures of the acromion and the lateral scapular spine. *J Shoulder Elbow Surg* 6:544–548
25. Otto RJ, Virani NA, Levy JC et al (2013) Scapular fractures after reverse shoulder arthroplasty: evaluation of risk factors and the reliability of a proposed classification. *J Shoulder Elbow Surg* 22:1514–1521
26. Owens BD, Goss TP (2006) The floating shoulder. *J Bone Joint Surg Br* 88:1419–1424
27. Sanderson B, Bogard M, Jazayeri R (2021) Traumatic rupture of the posterior deltoid tendon during weight lifting: a case report and review of literature. *Clin Case Rep*. <https://doi.org/10.1002/ccr3.3710>
28. Schenk P, Aichmair A, Beeler S et al (2022) Clinical results of conservative versus operative treatment of acromial and scapular spine fractures following reverse total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 31:2076–2081
29. Schoch C (2016) Therapie bei Acromionfraktur nach inverser Prothese. *Obere Extremität*. <https://doi.org/10.1007/s11678-016-0380-2>
30. Shah SS, Gentile J, Chen X et al (2020) Influence of implant design and parasagittal acromial morphology on acromial and scapular spine strain after reverse total shoulder arthroplasty:

- a cadaveric and computer-based biomechanical analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 29:2395–2405
31. Sirisreerux N, Pengrun N, Apivatthakakul T (2021) Proximal humerus exposure with the inverted-L anterolateral deltoid flip approach, anterolateral deltoid splitting approach, and deltopectoral approach: a comparative cadaveric study. *Injury* 52:738–746
  32. Wong MT, Langohr GDG, Athwal GS et al (2016) Implant positioning in reverse shoulder arthroplasty has an impact on acromial stresses. *J Shoulder Elbow Surg* 25:1889–1895
  33. Wu K, Wu XM, Zha XL et al (2020) Anatomic restoration of triple disruption of the superior shoulder suspensory complex: a case report and review of the literature. *Orthop Surg* 12:1526–1530
  34. Zmistowski B, Gutman M, Horvath Y et al (2020) Acromial stress fracture following reverse total shoulder arthroplasty: incidence and predictors. *J Shoulder Elbow Surg* 29:799–806

## Fractures of the acromion and injuries to the deltoid muscle. Injury patterns and treatment strategies

**Background:** Fractures of the acromion and injuries to the deltoid muscle are rare but extremely relevant clinically and functionally. The diagnosis of acromial fractures in plain radiographs can be challenging and there are no standardized treatment concepts. The aim of this work is to provide the reader with current background knowledge and recommendations for action when dealing with injuries of this complex.

**Material and methods:** Based on the current literature, relevant information regarding possible injury patterns, etiology, risk factors, diagnostics and treatment strategies are presented and illustrated using eight case studies.

**Results:** Acromial fractures can occur either traumatically or as a complication after reverse shoulder arthroplasty (RSA). Risk factors for an insufficiency fracture include lengthening of the deltoid muscle, lateralization of the glenosphere and pre-existing osteoporosis. In the diagnostics computed tomography (CT) has a high value. In cases of insufficiency fractures a comparison with the initial postoperative X-ray image can be indicative. Conservative therapy can be used in cases of nondisplaced, primarily anterolaterally located fractures and in patients with reduced functional demands. Surgical treatment is indicated for open fractures, dislocations with subacromial narrowing, multiple injuries and injuries to the superior shoulder suspensory complex, high functional patient demands and persistent symptoms after/or failed conservative therapy. The surgical procedure is individually adapted to the fracture morphology. Angle-stable plate osteosynthesis has proven to be reliable (especially the distal clavicle plate). Furthermore, traumatic deltoid muscle injuries are a rarity and can be treated conservatively or surgically, depending on the extent.

### Keywords

Shoulder joint · Insufficiency fracture · Reverse shoulder arthroplasty · Superior shoulder suspensory complex · Computed tomography