



Klavikulaschaftfraktur

Posttraumatische Korrekturen und Revisionen

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit den Folgezuständen nach Klavikulaschaftfraktur. Die primäre Behandlung der Klavikulaschaftfraktur vollzog im letzten Jahrzehnt einen deutlichen Wandel. Galt die Klavikulaschaftfraktur immer als gutmütiger Bruch mit hoher komplikationsloser Heilungsrate [1, 2], der nur in wenigen Ausnahmefällen einer primären operativen Therapie zugeführt werden musste, so hat sich die Indikationsstellung in den letzten Jahren deutlich verändert. Vor allem die Veröffentlichung der Canadian Orthopaedic Trauma Society aus dem Jahr 2007 hat zu einem Shift hin zur operativen Behandlung bei dislozierten Schafffrakturen geführt [3]. In dieser Level-1-Studie fanden die Autoren eine signifikant niedrigere Pseudarthrosen- und Fehlstellungsrate bei signifikant besserer Funktion in der Gruppe der operierten Patienten. Die Diskussion bezüglich operativer und nichtoperativer Therapie ist jedoch nicht abschließend geklärt, sodass die nichtoperative Therapie mit Sicherheit weiterhin ihren Stellenwert in der Behandlung der dislozierten Klavikulaschaftfraktur besitzt [4, 5].

Der Beitrag wird sich nicht mit den Vor- und Nachteilen der verschiedenen Behandlungen akuter Klavikulafrakturen auseinandersetzen. Hier wird auf entsprechende Studien verwiesen. Die Erwähnung ist jedoch wichtig, da sich durch die Zunahme der operativen Versorgungen auch das Spektrum der Revisionen ändern wird. Beim EFORT-Meeting 2012 in Berlin ergab eine Befragung unter 172 Teilnehmern, dass 49,4 % bereits die operative Behandlung favorisieren [6]. Schaut man auf die Untergruppen der spezialisierten Trau-

machirurgen oder der Schulterchirurgen, stieg der Anteil auf 58 % respektive 82 %. Ohne die Zahlen hinsichtlich der Indikation zu werten, zeigen sie eindrücklich, dass eine Auseinandersetzung mit nichtoperativen und operativen Komplikationen notwendig ist. Auf folgende Komplikationen wird eingegangen: Pseudarthrose, fehlender Heilungsfortschritt, fehlverheilte Fraktur, Refraktur, Implantatirritation, Implantatversagen und Infektion.

Pseudarthrose

Pseudarthrosen können sowohl nach operativer als auch nichtoperativer Therapie auftreten (Abb. 1, 2 und 3). Das Pseudarthrosenrisiko wird bei dislozierten Schafffrakturen mit 10–16 % nach nichtoperativer Therapie und mit 1–3 % nach operativer Therapie angegeben [3, 5, 7]. Es können sowohl atrophe als auch hypertrophe Pseudarthrosen auftreten. Infektpseudarthrosen betreffen fast ausschließlich die operative Therapie.

Eine präoperative Analyse ist essenziell. Besonders nach nichtoperativer Therapie treten die meisten Pseudarthrosen in Kombination mit einer Verkürzung der Klavikula auf (Abb. 1). Experimentell konnte nachgewiesen werden, dass ab 10 % Verkürzung eine signifikante Änderung der Skapulaposition und somit Änderung des Bewegungsausmaßes zu beobachten ist [8]. Klinisch konnte für eine Verkürzung über 18 mm bei Männern und 14 mm bei Frauen ein unbefriedigendes funktionelles Ergebnis gezeigt werden [9]. Auch wenn eine Studie bei Verkürzungen von über 20 mm keinen Einfluss auf ein schlechtes Ergebnis gesehen hat [10], finden sich in den meisten

klinischen und experimentellen Studien doch Hinweise, dass eine Verkürzung von 15–20 mm und mehr als kritisch zu sehen ist [4, 11–14].

Die Verkürzung sollte bei Therapie der Pseudarthrose mitadressiert werden. Dies erfordert präoperativ eine gute Planung. Seitens der Autorenschaft wird die präoperative CT empfohlen (Abb. 1b, c). Die Verifizierung der Pseudarthrose gelingt mit der CT bei hyper- und oligotrophen Pseudarthrosen präziser. Speziell bei einliegender Platte kann eine exakte Einschätzung in der konventionellen Bildgebung nicht immer suffizient erfolgen. Die CT ermöglicht die Identifizierung von nicht konsolidierten Zwischenfragmenten und bietet somit eine bessere Planungsmöglichkeit.

Sollte in der präoperativen, klinischen Untersuchung der Verdacht einer Einengung der Subklaviagefäße durch Kallusbildung oder Fehlstellung bestehen, bietet sich die CT als Angio-CT-Untersuchung an. Auf jeden Fall sollte eine Mitrekonstruktion der Gegenseite erfolgen, die sich im Strahlenfeld befindet und somit keine Mehrbelastung darstellt. Anhand der Gegenseite kann bei 3-D-Rekonstruktion exakt die Längendifferenz ausgemessen werden (Abb. 1c).

Hypertrophen Pseudarthrosen fehlt es in der Regel an Stabilität (Abb. 2a). Hier sollte die suffiziente Stabilisierung ausreichend sein (Abb. 2b–d). Die Stabilisierung sollte bei Reeingriffen nach Meinung des Autors prinzipiell mit einer Plattenosteosynthese erfolgen, da sie die höchste Stabilität und Sicherheit bezüglich Verkürzung bietet [15]. Berichte über eine intramedulläre Stabilisierungen bei Pseudarthrose liegen vereinzelt vor [16]. Bei der Plattenosteosynthese sollte ein



Abb. 1 ▲ a 26-jähriger, männlicher Patient 6 Monate nach Unfall und Einleitung einer nichtoperativen Therapie. Der Patient gibt Schmerzen bei Bewegung und Belastung im Bereich der Fraktur an. Die Fraktur erscheint im konventionellen Röntgen nicht verheilt. b Die durchgeführte CT bestätigt den Befund einer atrophen Pseudarthrose. Es findet sich ein nicht integriertes Keilfragment. c Die CT erlaubt in der 3-D-Panormarekonstruktion die exakte Längenmessung. Die linksseitige Klavikula ist 9 mm kürzer. d Es erfolgte die stabile Plattenosteosynthese mit Entfernung des avitalen Keilfragmentes und Dekortizierung der Pseudarthroseenden. Bei nichtsegmentalem Defekt erfolgte die Spongiosatransplantation



Abb. 2 ◀ a 29-jähriger, männlicher Patient. Die Vorstellung erfolgte 5 Monate nach auswärtiger Stabilisierung einer Keilfraktur mit einem intramedullären Draht aufgrund zunehmender Schmerzen. Das Röntgenbild zeigt eine hypertrophe Pseudarthrose. Die CT bestätigte den Befund bei einer Verkürzung <5 mm. b Durchgeführte superiore Plattenosteosynthese ohne Augmentierung. c Die gerade Platte führt bei superiorer Lage zu einer Irritation lateral. d Metallentfernung nach Konsolidierung 25 Monate nach letzter Operation

3,5-mm-Implantat genutzt werden. Klare Vorteile der Winkelstabilität ergeben sich bei gesundem Knochen nicht. Es sollten 3 bikortikale Schrauben pro Hauptfragment eingebracht werden. Die Verwendung einer Rekonstruktionsplatte wird kritisch gesehen, da an den Aussparungen Schwachstellen mit der Gefahr von Plattenbrüchen vorliegen [15].

Bei atropen Pseudarthrosen gelten die allgemeinen Prinzipien der Pseudarthrosebehandlung. Die Knochenenden müssen dekortiziert werden, der Defekt muss augmentiert und eine stabile Osteosynthese durchgeführt werden. Die stabile Osteosynthese ist Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Therapie. Hinsichtlich der Defektfüllung finden sich in der Literatur keine konkreten Angaben bezüglich Vorteilen einer Methode. Als Goldstandard dient weiterhin die autologe Spongiosaplastik [17–19], die bei kleinen Mengen gut über einen Deltasplitzzugang aus dem ipsilateralen proximalen Humerus gewonnen werden kann. In der Literatur werden gute Erfolge mit demineralisierter Knochenmatrix (DBM) [17], mit Stammzellen angereichertem Tricalciumphosphat (TCP) [20], Allograft [22] und für spezielle Situationen mit gefäßgestieltem Autograft [21] berichtet. Die Ergebnisse in der Literatur sind bezüglich Ausheilung für die autologen Transplantate am besten. Wir nutzen autologe Spongiosa bei nichtsegmentalen Defekten und einen autologen, trikortikalen Span bei segmentalen Defekten ab einer Größe von 10 mm (Abb. 1d und 3).

Bei Pseudarthrosen nach operativer Therapie ist ein Infekt auszuschließen. Verkürzungen sind nach vorheriger operativer Therapie deutlich seltener zu erwarten, aber möglich.

Schaut man auf die Ergebnisse der sekundären Rekonstruktion, so sind diese überwiegend als gut zu beurteilen [18, 19, 23]. Im Vergleich zur primären operativen Therapie zeigen sich im Constant Score und für die Ausdauer jedoch ein signifikant schlechteres Ergebnis und für Beweglichkeit und Alltagsfunktion im DASH-Score tendenziell schlechtere Ergebnisse [24]. Ohne konkrete Daten zu haben, kann man hieraus spekulieren, dass eine frühe Revision bessere Ergeb-

nisse haben sollte als eine späte Revision. In einer Studie konnten bei 100 % Heilungsrate bei Patienten mit sekundärer Rekonstruktion lediglich 46 % ihren Aktivitätslevel vor dem Unfall wiedererlangen [25].

Verzögerte Heilung

Die Abgrenzung der verzögerten Heilung zur Pseudarthrose ist häufig schwierig, da der Übergang fließend ist und verschiedene zeitliche Definitionen vorherrschen. Eine nichtoperativ behandelte Klavikulaschaftfraktur sollte spätestens nach 4 bis 6 Wochen verheilt sein. Festzuhalten ist jedoch, dass die radiologische Durchbauung zu diesem Zeitpunkt noch nicht komplett sein kann. Die Zusammenschau aus klinischem und radiologischem Befund ist wichtig. Eine Restmobilität der Fragmente mit anhaltenden Schmerzen nach 4 bis 6 Wochen und fehlendem radiologischem Fortschritt wird mit hoher Wahrscheinlichkeit in einer Pseudarthrose enden. Radiologisch sollte eine Fraktur nach spätestens 3 Monaten konsolidiert sein [26]. Eine frühe operative Revision sollte hier zu einem guten Ergebnis ähnlich der Primärversorgung führen (s. oben). Aus der klinischen Erfahrung ist eine Augmentierung mit Spongiosa dann selten notwendig, da die Frakturflächen allenfalls eine geringe Resorption aufweisen [27]. Es gibt keine Daten, die den additiven Einsatz von Ultraschall im Rahmen der konservativen Behandlung empfehlen [28].

Die Beurteilung des Heilungsfortschritts unter der primären Plattenosteosynthese ist häufig schwierig. Anhaltende Schmerzen, Implantatlockerung und Resorptionssäume sollten erstmalig an eine Heilungsverzögerung denken lassen. Ein Zuwarten für ein weiteres Intervall von 4 bis 8 Wochen ist bei zweifelhaftem Befund ohne Schmerzverstärkung sicherlich möglich. Ohne Fortschritt der Heilung sollte dann jedoch die Revision abgewogen werden. Ein stabiles Implantat ist die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Therapie. Liegt eine stabile Situation vor, reicht ggf. die Spongiosaanlagerung. Andernfalls sollte analog zur Pseudarthrose vorgegangen werden.

Trauma Berufskrankh 2016 · 18 (Suppl 5): S454–S460
DOI 10.1007/s10039-016-0170-5
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

T. Gösling

Klavikulaschaftfraktur. Posttraumatische Korrekturen und Revisionen

Zusammenfassung

Die Klavikulaschaftfraktur wird sowohl operativ als auch nichtoperativ behandelt. Der Beitrag geht auf die häufigsten Revisionsgründe ein. Zu den typischen Komplikationen nach nichtoperativer Therapie zählen die Pseudarthrose und deutlich seltener die Fehlverheilung. Durch den zunehmenden Anteil operativer Behandlungen kommen Revisionsgründe wie Implantatversagen und Infekt hinzu. Die stabile Plattenosteosynthese ist Grundlage eines suffizienten Komplikationsmanagements.

Schlüsselwörter

Klavikula · Revision · Pseudarthrose · Fehlstellung · Infekt

Midshaft clavicle fractures. Posttraumatic correction and revision

Abstract

Midshaft fractures of the clavicle can be treated both operatively and conservatively. This article deals with the most frequent and important reasons for revision surgery. Typical complications of non-operative treatment are nonunion and less commonly malunion. The increase in the number of operative treatment procedures leads to more revisions due to implant failure or infections. A stable plate fixation is the foundation of the successful management of complications.

Keywords

Clavicle · Revision · Nonunion · Malunion · Infection

Fehlverheilte Frakturen

In der COTS-Studie wurde bei 65 eingeschlossenen, nichtoperativ behandelten Frakturen über 9 symptomatische, fehlverheilte Frakturen berichtet. Die Berichte über echte Korrekturosteotomien in der Literatur sind jedoch sehr rar,



Abb. 3 ▲ a 48-jähriger, männlicher Patient. Die Vorstellung erfolgte aufgrund anhaltender Schmerzen 5 Monate nach Osteosynthese einer Klavikulafraktur. Man sieht im konventionellen Bild die gelockerten Schrauben ohne sichere Durchbauung der Fraktur. Über der medialen Platte sieht man Instabilitätskallus. **b** Die CT verifiziert die atrophe Pseudarthrose mit segmentalem Defekt. Es ist lediglich eine Schraube medial sicher im Hauptfragment. **c** Die Ausmessung zeigte keinen signifikanten Längenunterschied im Seitenvergleich. Allenfalls findet sich eine minimale Verlängerung von 2 mm. **d** Das Bild zeigt die Ausheilung 2 Jahre postoperativ. Die mittlere winkelstabile Schraube fixiert den trikortikalen Span. **e** Die Durchbauung wird durch CT gesichert. Dem Patienten wurde das Belassen des Implantates aufgrund eines gegebenen Refrakturrisikos empfohlen

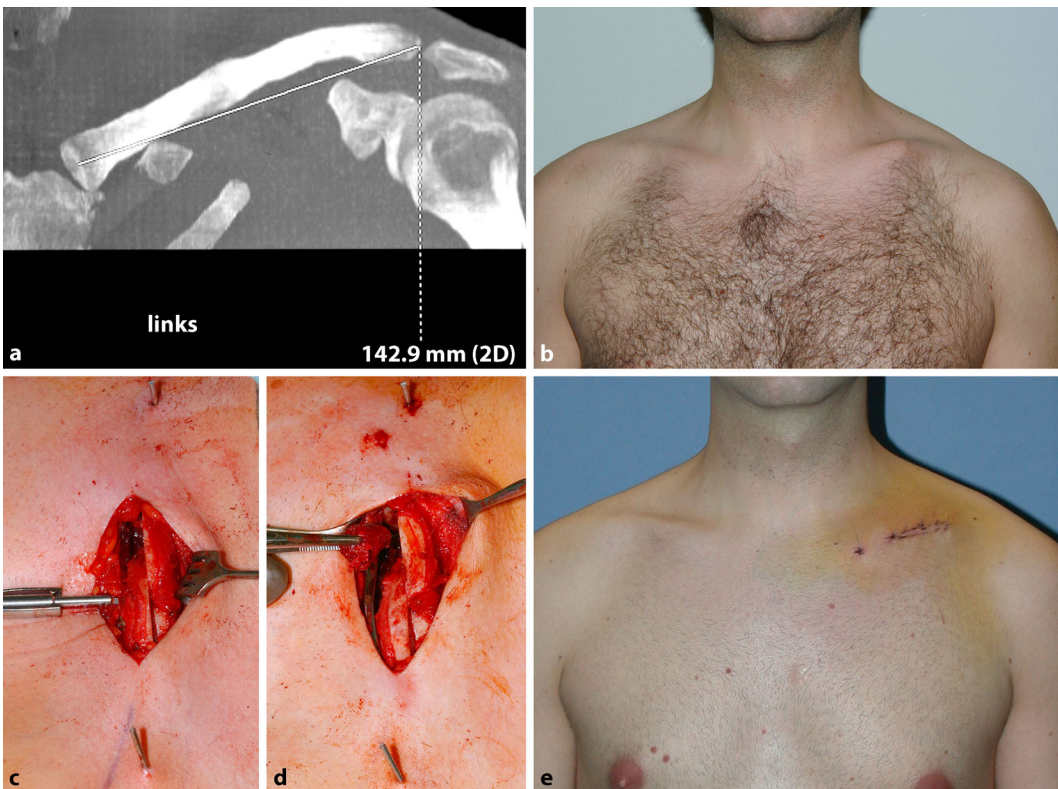


Abb. 4 ◀ a 25-jähriger Patient mit konservativ ausgeheilter Klavikulafraktur. Die Verkürzung betrug im Seitenvergleich 15 mm. **b** Beachte die Asymmetrie des Schultergürtels. **c** Es erfolgte eine Korrektur der Länge und in der Frontalebene mit einer Stufenosteotomie, die mit 2 Zugschrauben im mittleren Kontaktteil unter Kompression gesetzt wird. Beachte den medial und lateral eingebrachten Kirschner-Draht, der die Längenveränderungsmessung ermöglicht. **d** Der anteriore, mediale und posteriore laterale Defekt werden nach zusätzlicher anteroinferiorer Neutralisationsplatte mit Spongiosa gefüllt. **e** Postoperativ ist die Symmetrie wiederhergestellt. (Original Prof. Krettek, MH Hannover)

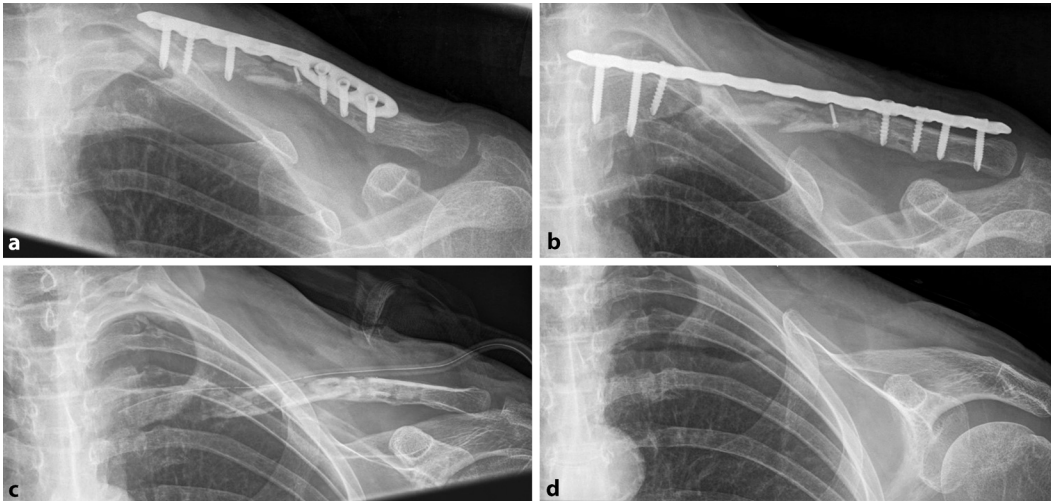


Abb. 5 ▲ **a** 44-jährige, psychiatrisch erkrankte Patientin stellt sich 12 Wochen nach osteosynthetischer Stabilisierung mit einer putriden, sezernierenden Wunde vor. Beachte die Infekturnruhe im Frakturspalt. **b** Es erfolgte ein Débridement unter Erhalt der Zwischenfragmente und die langstreckige Restabilisierung. **c** Hierunter kam es zu keiner Infektberuhigung, sodass die Resektion von mehreren Zentimetern Knochen für notwendig gehalten wurde. **d** In Zusammenschau der Umstände wurde die Indikation zur totalen Klavikulektomie gestellt, durch die es zu einer Ausheilung des Infektes kam

sodass eher von einem seltenen Problem auszugehen ist. Die nach dem Wissen der Autoren größte Studie beinhaltet 15 Patienten [29]. Wie im Unterpunkt Pseudarthrosen dargelegt, liegen v. a. Daten für die Auswirkung einer Verkürzung vor. Der kritische Wert wird hier bei 15–20 mm gesehen. Als weiterer Wert wird ein Achsknick $>30^\circ$ angegeben [29]. Eine signifikante Verkürzung geht mit einer Asymmetrie des Schultergürtels einher (■ **Abb. 4a**). Dies kann für den Patienten kosmetisch, funktionell, aber auch schulterfern störend sein. Eine Empfehlung, asymptomatische Patienten prophylaktisch zu korrigieren, findet sich nicht. Die prophylaktische Korrektur sollte daher nicht durchgeführt werden. Bei rein kosmetischer Beeinträchtigung sollte die Indikation äußerst zurückhaltend gestellt werden. Zwar lässt sich die Länge in der Regel sehr gut wiederherstellen, ob jedoch die gewünschte Symmetrie komplett wiederhergestellt werden kann, ist fraglich. Zudem sind die Narbe, die temporäre Plattenosteosynthese, die evtl. Plattenentfernung und eine Spongiosaentnahme in die Abwägung einzubeziehen.

Die Korrektur der Verkürzung kann in verschiedenen Techniken erfolgen. Eine exakte Planung mit guter präoperativer Planung ist essenziell. Es gibt verschiedene Osteotomietechniken mit Vor- und

Nachteilen. Berichte über eine Kallusdistraktion liegen lediglich für die Hypoplasie und nicht für posttraumatische Zustände vor [30]. Um diese Vorteile zu nutzen, müsste man jedoch die exakte Fehlstellung in allen Ebenen und um alle Achsen genau bestimmen. Prinzipiell sind auch bei der Klavikula Fehlstellungen in allen 6 Freiheitsgraden denkbar. Aufgrund der S-Form der Klavikula ist eine exakte Bestimmung schwierig. Dies wäre theoretisch über ein 3-D-Matching mit der Gegenseite möglich, ist jedoch bisher im klinischen Alltag nicht beschrieben. Daten zur Fehlstellung existieren ausschließlich für die Verkürzung. Aus diesem Grund sollte man mit dem heutigen Wissensstand auf komplexe 3-dimensionale Korrekturen verzichten. Eine Single-Cut-Osteotomie analog der Schaftfrakturen wäre sicherlich denkbar, ist aber ohne ein suffizientes Matching unberechenbar.

Die Querosteotomie bietet prinzipiell die Möglichkeit einer Korrektur in allen Freiheitsgraden. Der Nachteil der Querosteotomie liegt in dem entstehenden segmentalen Defekt. Dieser müsste dann mit einem trikortikalen Span aufgefüllt werden. Hier besteht das Risiko der Spanpseudarthrose. Aus unserer Sicht sollte einer langen Schrägosteotomie oder einer Stufenosteotomie der Vorzug gegeben werden (■ **Abb. 4**). Hier ver-

bleibt bei der Längenkorrektur eine Kontaktstelle zwischen medialem und lateralem Anteil, der mit einer Kompressionschraube unter Kontakt gebracht werden kann, was Heilungsvorteile bringen dürfte. Die Schrägosteotomie führt zu einer Ausdünnung im mittleren Teil. Bei der präferierten Stufenosteotomie verbleibt die Dicke, und die „Halbschalendefekte“ können mit Spongiosa aufgefüllt werden. Beide Osteotomien ermöglichen – ähnlich einem Scheibenwischer – eine gewisse Korrektur in der Frontalebene.

Wie erwähnt, liegen keine Erkenntnisse über die Auswirkungen der Fehlstellungen außerhalb der Verkürzung vor. Mit der nun zunehmenden operativen Therapie der akuten Frakturen ist speziell beim perkutanen Verfahren eine Verlängerung oder Rotation mit Auswirkungen auf das Sternoclavicular-(SC) oder Acromioclavicular-(AC)Gelenk denkbar. Daten hierzu liegen zum jetzigen Zeitpunkt nicht vor.

Refraktur

Schicksalhafte Refrakturen können bei einem adäquaten Trauma sicherlich jederzeit auftreten. In einer biomechanischen Studie führt die Entfernung einer Plattenosteosynthese zu einer signifikanten Schwächung [31]. Es kann jedoch nach Metallentfernung im Vergleich zu

anderen Knochen gehäuft zu Refrakturen ohne adäquates Trauma kommen [32], sodass eine routinemäßige Metallentfernung nicht empfohlen werden kann. Es liegen keine konkreten Daten zur Konsolidierungszeit nach operativer Behandlung einer Klavikulafraktur vor. Aus unserer Erfahrung sollte eine Plattenosteosynthese nicht vor 24 Monaten postoperativ entfernt werden. Patienten müssen bei der Metallentfernung ausdrücklich über das Risiko der Refraktur aufgeklärt werden. Eine Refraktur bei inadäquatem Trauma sollte mit einer Plattenosteosynthese stabilisiert werden.

Eine besondere Konstellation stellt die Refraktur im Rahmen der Metallentfernung dar. Das Überbohren von Schrauben kann ein Problem sein und sollte gute abgewogen werden.

Metallentfernung

Die Metallentfernung stellt in der heutigen Literatur den häufigsten Grund für eine „Revisionsoperation“ dar [3, 5, 7]. Die Indikation zu Metallentfernung ist nicht leichtfertig zu stellen, da das Risiko einer Refraktur verbleibt. Je beschwerdeärmer, je intensiver ist der Patient über die Risiken der Metallentfernung aufzuklären. In einer vergleichenden, nicht randomisierten Erhebung zeigten erstaunlicherweise Patienten mit einer Metallentfernung eine schlechtere Funktion und Zufriedenheit als Patienten ohne Metallentfernung [33]. Die Vermutung liegt nahe, dass die Metallentfernung das bestehende Problem nicht immer löst. Hierüber ist der Patient ebenfalls aufzuklären. In der gleichen Erhebung zeigten präkonturierte Platten weniger lokale Probleme als nicht präkonturierte Platten [33].

Der Vergleich zwischen anteriorer und superiorer Plattenosteosynthese zeigt biomechanisch in den meisten Studien keine Unterschiede. Klinisch geht die anteriore Plattenlage mit einer höheren Patientenzufriedenheit und niedrigeren Rate an notwendigen Metallentfernungen einher [34].

Implantatversagen

Durch die zunehmende Anzahl an operierten Klavikulafrakturen stellt auch das

Implantatversagen ein wachsendes Problem zur Revision dar [32]. Klavikulafrakturen zeigen in der Regel nach operativer Versorgung eine hohe Heilungsrate, sodass Implantatversager vornehmlich der operativen Technik zuzuschreiben sind. Umso wichtiger ist es, bei vorliegendem Implantatversagen beim Revisionseingriff eine suffiziente, stabile Osteosynthese durchzuführen. In der Regel ist dies beim Reeingriff nur über eine Plattenosteosynthese zu erreichen. Folgende Regeln sollten befolgt werden: Implantate nicht kleiner als 3,5 mm, keine Rekonstruktionsplatten [32], mindestens 6 Kortizes pro Hauptfragment, zentrale Schraubenlage, nach Möglichkeit interfragmentäre Kompression der Zwischenfragmente, keine Denudierung der Fragmente. Ob eine winkelstabile Fixierung bei guter Knochenqualität notwendig ist, ist nicht belegt. Wir bevorzugen eine anteroinferiore Lage, da diese durch die Form der Klavikula v. a. im schwächeren lateralen Anteil längere Schrauben ermöglicht und die zentrale Schraubenlage erleichtert. Jüngste Studien untersuchen den Benefit einer Doppelplattenosteosynthese [35]. Diese kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht als Standardverfahren gelten. Ob bei dem Reeingriff eine Augmentation notwendig ist, hängt vom Zeitintervall und der initialen Denudierung von Zwischenfragmenten ab.

Infekt

Infekte nach operativer Therapie werden in der Literatur zwischen 0 und 2 % angegeben [32]. In der Regel sind die Infekte im Bereich der Klavikula gut zu therapieren. Grundlage der erfolgreichen Therapie stellt neben einem gründlichen Débridement eine stabile Osteosynthese dar. Additiv können ein lokaler Antibiotikaschwamm und Spongiosa notwendig werden. Aufgrund des dünnen Weichgewebemantels kann eine lokale Lappenplastik erforderlich werden. Ein einfacher lokaler Lappen ist hier der gestielte Pectoralis minor, der eine Deckung in Klavikulamitte von ca. 5 cm ermöglicht.

In seltenen Fällen gelingt keine Infektberuhigung (▣ Abb. 5). Eine Ultima Ratio kann dann die (sub)totale Klavikulektomie darstellen. Eine kleine Fallserie

konnte hier einen guten klinischen Profit, geringe Schmerzen und eine hohe Patientenzufriedenheit zeigen [36].

Fazit für die Praxis

- Der Hauptgrund für eine Revision nach Klavikulafraktur ist die lokale Implantatirritation nach operativer Versorgung.
- Die Hauptindikation nach nichtoperativer Therapie ist die Pseudarthrose. Diese tritt in der Regel mit einer Verkürzung auf. Die Behandlung der Pseudarthrose sollte früh einsetzen.
- Die kritische Schwelle für eine Verkürzung wird jenseits von 15–20 mm gesehen.
- Symptomatische Fehlverheilungen sind selten und bedürfen vereinzelt einer Korrekturosteotomie.
- Eine zu frühe Metallentfernung stellt ein Risiko für eine Refraktur dar.
- Infekte treten ausschließlich nach operativer Therapie auf und zeigen in der Regel einen unproblematischen Verlauf.
- Grundlage einer erfolgreichen Revisionschirurgie ist die stabile Plattenosteosynthese.
- Es gibt Anzeichen, dass nach Revisionseingriffen nicht mehr das prätraumatische Aktivitätsniveau erreicht werden kann.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. T. Gösling
Städtisches Klinikum Braunschweig
Holwedestr. 16, 38104 Braunschweig,
Deutschland
t.goesling@klinikum-braunschweig.de

Funding. Vortragsaufwendungen der AOTrauma-Foundation, Instruktoraufwendung DePuy-Synthes. The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. T. Gösling gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine vom Autor durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Literaturverzeichnis

1. Neer CS II (1960) Nonunion of the clavicle. *J Am Med Assoc* 172:1006–1011
2. Eskola A, Vainiopa S, Myllynen P et al (1986) Outcome of clavicular fracture in 89 patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 105:337–338
3. Canadian Orthopaedic Trauma Society (2007) Nonoperative treatment compared with plate fixation of displaced midshaft clavicular fractures. A multicenter, randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am* 89:1–10
4. Randsborg PH, Fuglesang HF, Røtterud JH, Hammer OL, Sivertsen EA (2014) Long-term patient-reported outcome after fractures of the clavicle in patients aged 10 to 18 years. *J Pediatr Orthop* 34:393–399
5. Robinson CM, Goudie EB, Murray IR, Jenkins PJ, Ahktar MA, Read EO, Foster CJ, Clark K, Brooksbank AJ, Arthur A, Crowther MA, Packham I, Chesser TJ (2013) Open reduction and plate fixation versus nonoperative treatment for displaced midshaft clavicular fractures: a multicenter, randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* 95:1576–1584
6. Brin YS, Palmanovich E, Dolev E, Nyska M, Lish BJ (2014) Displaced mid-shaft clavicular fractures: is conservative treatment still preferred? *Isr Med Assoc J* 16:748–751
7. Zlowodzki M, Zelle BA, Cole PA, Jeray K, McKee MD (2005) Treatment of acute midshaft clavicle fractures: systematic review of 2144 fractures. *J Orthop Trauma* 19:504–507
8. Matsumura N, Ikegami H, Nakamichi N, Nakamura T, Nagura T, Imanishi N, Aiso S, Toyama Y (2010) Effect of shortening deformity of the clavicle on scapular kinematics: a cadaveric study. *Am J Sports Med* 38:1000–1006
9. Lazarides S, Zafiroopoulos G (2006) Conservative treatment of fractures at the middle third of the clavicle: the relevance of shortening and clinical outcome. *J Shoulder Elbow Surg* 15:191–194
10. Rasmussen JV, Jensen SL, Petersen JB, Falstie-Jensen T, Lausten G, Olsen BS (2011) A retrospective study of the association between shortening of the clavicle after fracture and the clinical outcome in 136 patients. *Injury* 42:414–417
11. Andermahr J, Jubel A, Elsner A, Prokop A, Tsikaras P, Jupiter J, Koebke J (2006) Malunion of the clavicle causes significant glenoid malposition: a quantitative anatomic investigation. *Surg Radiol Anat* 28:447–456
12. Hillen RJ, Burger BJ, Pöhl RG, van Dijk CN, Veeger DH (2012) The effect of experimental shortening of the clavicle on shoulder kinematics. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 27:777–781
13. Patel B, Gustafson PA, Jastifer J (2012) The effect of clavicle malunion on shoulder biomechanics; a computational study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 27:436–442
14. Thormodsgard TM, Stone K, Ciraulo DL, Camuso MR, Desjardins S (2011) An assessment of patient satisfaction with nonoperative management of clavicular fractures using the disabilities of the arm, shoulder and hand outcome measure. *J Trauma* 71:1126–1129
15. Martetschläger F, Gaskill TR, Millett PJ (2013) Management of clavicle nonunion and malunion. *J Shoulder Elbow Surg* 22:862–868
16. Enneking TJ, Hartlief MT, Fontjine WP (1999) Rushpin fixation for midshaft clavicular nonunions: good results in 13/14 cases. *Acta Orthop Scand* 70:514–516
17. Hierholzer C, Sama D, Toro JB, Peterson M, Helfet DL (2006) Plate fixation of ununited humeral shaft fractures: effect of type of bone graft on healing. *J Bone Joint Surg Am* 88:1442–1447
18. O'Connor D, Kutty S, McCabe JP (2004) Long-term functional outcome assessment of plate fixation and autogenous bone grafting for clavicular nonunion. *Injury* 35:575–579
19. Olsen BS, Vaesel MT, Søjbjerg JO (1995) Treatment of midshaft clavicular nonunion with plate fixation and autologous bone grafting. *J Shoulder Elbow Surg* 4:337–344
20. Tashjian RZ, Horwitz DS (2009) Healing and graft-site morbidity rates for midshaft clavicle nonunions treated with open reduction and internal fixation augmented with iliac crest aspiration. *Am J Orthop* 38:133–136
21. Fuchs B, Steinmann SP, Bishop AT (2005) Free vascularized corticoperiosteal bone graft for the treatment of persistent nonunion of the clavicle. *J Shoulder Elbow Surg* 14:264–268
22. Riggensbach MD, Jones GL, Bishop JY (2011) Open reduction and internal fixation of clavicular nonunions with allograft bone substitute. *Int J Shoulder Surg* 5:61–67
23. Collinge C, Devinney S, Herscovici D, DiPasquale T, Sanders R (2006) Anterior-inferior plate fixation of middle-third fractures and nonunions of the clavicle. *J Orthop Trauma* 20:680–686
24. Potter JM, Jones C, Wild LM, Schemitsch EH, McKee MD (2007) Does delay matter? The restoration of objectively measured shoulder strength and patient-oriented outcome after immediate fixation versus delayed reconstruction of displaced midshaft fractures of the clavicle. *J Shoulder Elbow Surg* 16:514–518
25. Rosenberg N, Neumann L, Wallace AW (2007) Functional outcome of surgical treatment of symptomatic nonunion and malunion of midshaft clavicle fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 16:510–513
26. Navasier RJ (1987) Injuries to the clavicle and acromioclavicular joint. *Orthop Clin North Am* 18:433–438
27. Ramoutar DN, Rodrigues J, Quah C, Boulton C, Moran CG (2011) Judet decortication and compression plate fixation of long bone non-union: is bone graft necessary? *Injury* 42:1430–1434
28. Lubbert PH, van der Rijt RH, Hoorntje LE, van der Werken C (2008) Low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) in fresh clavicle fractures: a multi-centre double blind randomised controlled trial. *Injury* 39:1444–1452
29. McKee MD, Wild LM, Schemitsch EH (2003) Midshaft malunions of the clavicle. *J Bone Joint Surg Am* 85-A:790–797
30. Sewell MD, Higgs DS, Lambert SM (2013) Clavicle lengthening by distraction osteogenesis for congenital clavicular hypoplasia: case series and description of technique. *J Pediatr Orthop* 33:314–320
31. Smith SD, Wijdicks CA, Jansson KS, Boykin RE, Martetschläger F, de Meijer PP, Millett PJ, Hackett TR (2014) Stability of mid-shaft clavicle fractures after plate fixation versus intramedullary repair and after hardware removal. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22:448–455
32. Houwert RM, Smeeing DP, Ahmed AU, Hietbrink F, Kruyt MC, van der Meijden OA (2016) Plate fixation or intramedullary fixation for midshaft clavicle fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials and observational studies. *J Shoulder Elbow Surg* 25(7):1195–1203
33. Naimark M, Dufka FL, Han R, Sing DC, Toogood P, Ma CB, Zhang AL, Feeley BT (2016) Plate fixation of midshaft clavicular fractures: patient-reported outcomes and hardware-related complications. *J Shoulder Elbow Surg* 25:739–746
34. Hulsmans MH, van Heijl M, Houwert RM, Timmers TK, van Olden G, Verleisdonk EJ (2016) Anterior-inferior versus superior plating of clavicular fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 25:448–454
35. Prasarn ML, Meyers KN, Wilkin G, Wellman DS, Chan DB, Ahn J, Lorich DG, Helfet DL (2015) Dual mini-fragment plating for midshaft clavicle fractures: a clinical and biomechanical investigation. *Arch Orthop Trauma Surg* 135:1655–1662
36. Krishnan SG, Schiffrin SC, Pennington SD, Rimlawi M, Burkhead WZ Jr (2007) Functional outcomes after total claviclectomy as a salvage procedure. A series of six cases. *J Bone Joint Surg Am* 89:1215–1219