

Komplikationen in Schulter- und Ellenbogenchirurgie

Komplikationen sind unerwünschte, aber nicht unerwartete Folgen einer Behandlung. Sie sind der Grund, dass eine bestimmte Behandlungsstrategie immer kritisch hinterfragt werden muss.

Komplikationen sind Gegenstand des Gesprächs mit dem Patienten vor dem Beginn einer Behandlung, v. a. einer Operation. Im *Aufklärungsgespräch*, das zur Einwilligung des Patienten in die Behandlung führen soll, sind nicht nur das gewünschte Behandlungsziel und die Behandlungsmethode, sondern auch die Komplikationen, deren Vermeidung und Therapie zu erläutern. Der Patient soll vor der Behandlung bzw. dem Eingriff wissen, was auf ihn zukommen könnte.

Die Erfassung von Komplikationen ist eine der wichtigsten Behandlungsdokumentationen, weil nur dadurch die Qualität einer Therapieform bewertet werden kann.

Komplikationen in der Schulterchirurgie

Schultersteife

Die häufigste Komplikation bei der Behandlung von Verletzungen der Schulter ist die posttraumatische bzw. postoperative Schultersteife. Sie ist die gemeinsame Endstrecke einer großen Vielfalt von Verletzungen, wobei ihr Ausmaß nicht mit der Schwere der ursprünglichen Verletzung korrelieren muss.

Ihre Ursache ist nicht geklärt. Deshalb können die meisten Behandlungsmög-

lichkeiten nicht kausal, sondern nur symptomatisch sein.

Von einer Schultersteife wird gesprochen, wenn

- die aktive und passive Beweglichkeit der Schulter gleichermaßen eingeschränkt sind,
- die Anteversion und Abduktion in der Schulter weniger als 90° erreichen und
- die Drehfähigkeit bei am Körper angelegtem Oberarm zu mehr als der Hälfte eingeschränkt ist.

Nach einem Arbeitsunfall sehen die Erfahrungswerte zur Einschätzung der verminderten Erwerbsfähigkeit bei oben beschriebenen Funktionsstörungen eine MdE (Minderung der Erwerbsfähigkeit) von 30% vor. Bei einem 45-Jährigen mit einem durchschnittlichen Jahresarbeitsverdienst bedeutet das für den Unfallversicherungsträger Gesamtrentenleistun-

gen, die auf mehr als 250.000 EUR auflaufen können.

Bei der arthroskopischen Behandlung der Instabilität der Schulter ist die Schultersteife keine Rarität. In der Literatur wird eine Häufigkeit von 2–10% angegeben. Damit ist die Schultersteife nach der Relaxation die zweithäufigste Komplikation. Für Letztere wurde eine durchschnittliche Rate von 8,9% (0,0–29,2%) errechnet.

Proximale Humerusfraktur

Ihre Inzidenz nimmt weiter deutlich zu. Damit steigt auch die Anzahl der unerwünschten Behandlungsverläufe. Wie oft die Behandlung der proximalen Humerusfraktur tatsächlich in einer schmerzhaften Schultersteife endet, ist nicht bekannt.

Nach der Einführung spezieller winkelstabiler Implantate wurden zahlrei-

Tab. 1 Komplikations- und Revisionsraten nach Behandlung proximaler Humerusfrakturen

Zitat	Jahr	Anzahl Patienten	Winkelstabiles Implantat	Komplikationsrate (%)	Revisionsrate (%)
Stedtfeld u. Attmanspacher [20]	2003	115	Nagel	51	41,7
Lill et al. [14]	2004	29	Platte	50	8
Trapp et al. [22]	2007	45	Nagel	31	15
Kettler et al. [12]	2006	176	Platte	16	10,2
Voigt et al. [24]	2007	50	Platte	30	12
Gradl et al. [7]	2007	88	Nagel	66	25
Linhard et al. [15]	2007	51	Nagel	20	15,6
Blum et al. [4]	2009	108	Nagel	24	
Südkamp et al. [21]	2009	187	Platte	34	19
Zhu et al. [26]	2011	25	Platte	31	



Abb. 1 ▲ 50-jährige Frau mit 4-teiligem Verrenkungsbruch des proximalen Humerus, **a,b** präoperative Computertomographie in 3D-Rekonstruktion, **c,d** postoperatives Röntgen nach Stabilisierung mit Marknagelosteosynthese nach offener Reposition, **e** Kollaps der Oberarmkopfkalotte bei jedoch **f–i** zufrieden stellender Funktion der Schulter

che Fall-Kontroll-Studien durchgeführt, in welchen auch die Häufigkeit von Komplikationen erfasst wurde (■ **Tab. 1**). Die Gesamtkomplikationsrate war mit 16–66% von Anbeginn der Einführung der Implantate sehr hoch, die Revisionsrate erreichte 8–41%. Diese bis heute sehr häufigen Komplikationen gaben jetzt Anlass, die Behandlungskonzepte erneut zu

überdenken. Wenn bei einem bestimmten Frakturtyp beim älteren Patienten die Ergebnisse der konservativen Behandlung gleich oder ähnlich denen der operativen Therapie sind, muss der konservativen Therapie wieder ein Stellenwert zukommen, den sie in der zurückliegenden Dekade verloren hat. Darüber hinaus muss die Technik der operativen Behandlung

weiter verfeinert, optimiert und standardisiert werden.

Die häufigsten Komplikationen der operativen Behandlung der proximalen Humerusfraktur sind:

- Chronische Schmerzen
- Schultersteife
- Redislokation von Fragmenten
- Implantatdislokation
- Oberarmkopfteilknekrose
- Pseudarthrose
- Infektion

Ein Großteil dieser Komplikationen ist nicht vermeidbar, wie die chronischen Schmerzen, die aseptische Oberarmkopfteilknekrose und die Infektion.

Die Redislokation von Fragmenten und nahezu alle implantatassoziierten Komplikationen könnten aber – innerhalb bestimmter Grenzen – durch sorgfältige Planung und subtile Operationstechnik beherrscht werden.

Jede Komplikation hat ihre individuelle Ursache, sie wird einerseits von der Verletzung und deren Schwere sowie personenbezogenen Umständen (insbesondere Lebensalter, Osteoporose), andererseits von der Behandlung (konservativ vs. operativ, Plattenosteosynthese vs. Nagelosteosynthese vs. Frakturprothese) und nicht zuletzt vom Geschick und der Erfahrung des Operateurs beeinflusst [5, 8, 16, 19, 25].

Die im Folgenden vorgestellten Fälle veranschaulichen, dass jeder Komplikation eine definierbare Ursache zugeordnet werden kann.

Fallbeispiele

Fall 1. Eine 50-jährige Frau erlitt einen 4-teiligen Verrenkungsbruch des proximalen Humerus (■ **Abb. 1a,b**). Nach offener Reposition erfolgte die Stabilisierung mit Marknagelosteosynthese. Die postoperativen Röntgenaufnahmen lassen die technischen Schwierigkeiten des Eingriffs erahnen (■ **Abb. 1c,d**). Nach 18 Monaten war der Kollaps der Oberarmkopfkalotte eingetreten, die Tuberkel (inklusive Rotatorenmanschette) waren jedoch stabil eingeeilt. Die Patientin war fast ohne Schmerzen, die Funktion der Schulter war zufrieden stellend. Operativer Handlungsbedarf bestand zum Nachuntersuchungszeitpunkt nicht (■ **Abb. 1e-i**).

Der Eintritt der avaskulären Oberarmkopfknekrose ist abhängig von der Verletzungsschwere. Bei der 2-Teile-Fraktur besteht mit 0–8% das geringste Risiko, bei der 3-Teile-Fraktur zeigt sich mit 0–32%

eine deutliche, bei der 4-Teile-Fraktur mit 13–90% eine erhebliche Spannweite. Avaskuläre Oberarmkopfknekrosen können schmerzfrei sein und bedürfen dann keiner Therapie. Bei Schmerzen empfiehlt sich der endoprothetische Ersatz des Kalottensegments durch ein modernes schafftfreies Implantat. Bei komplexen Frakturen (wie im vorgestellten Fall) sollte in erster Linie die Rotatorenmanschette *gerettet* werden. Deshalb gilt beim jungen Verletzten das Primat der Rekonstruktion *um jeden Preis*.

Fall 2. Bei dem 34-jährigen Mann lag eine überwiegend 2-teilige proximale Humerusfraktur vor. Aus ihrer 3D-Analyse konnte ihre Versorgung abgeleitet werden: Das Kopffragment war durch den Zug der Rotatorenmanschette in Varus- und Rückwärtskipfung verschoben. Daraus ergab sich das durchzuführende Repositionsmanöver. Im vorliegenden Fall unterschied sich das postoperative Bild nicht wesentlich von der präoperativen Ausgangssituation, eine Reposition gelang nicht (■ **Abb. 2**).

Auch in geschlossener Technik gelingt das Einrichten einer typisch dislozierten proximalen 2-Teile-Fraktur, indem man das distale an das proximale Fragment reponiert. Dazu müssen der Arm nach vorne und zur Seite gehoben und in dieser Stellung eine temporäre Fixierung z. B. mit Drähten vorgenommen werden. Dann erst kann der Arm in der für die Nagelung erforderlichen Beach-Chair-Stellung gelagert werden. Diese kann nach temporärer Fixierung in reponierter Stellung in üblicher, ggf. auch geschlossener Technik durchgeführt werden.

Fall 3. Bei der 45-jährigen Frau bestand ein schmerzhaftes Impingementsyndrom der Schulter nach Marknagelung einer 3-Teile-Fraktur. Die Röntgenbildanalyse und die intraoperative Situation ergaben das Vorliegen eines Schrauben- und Nagelüberstands (■ **Abb. 3**). Zudem war eine Schraubenspitze in die Kopfgelenkfläche vorgedrungen.

Sofern ein Schrauben- und Nagelüberstand bereits auf den unmittelbar postoperativ angefertigten Röntgenbildern erkannt werden, sollte mit dem Patienten die möglichst frühe Implantatentfernung

Trauma Berufskrankh 2013 · 15[Suppl 1]:35–47
DOI 10.1007/s10039-012-1894-5
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

R. Beickert

Komplikationen in Schulter- und Ellenbogenchirurgie

Zusammenfassung

Komplikationen sind in der Behandlung der Schulter- und Ellenbogengelenkverletzungen häufig. Die gemeinsame Endstrecke einer großen Vielfalt von Verletzungsformen sind die Schultersteife bzw. die Einsteifung des Ellenbogengelenks. Alle Vermeidungsstrategien zielen darauf, die Beweglichkeit zu erhalten. Komplikationsbehaftete Fälle sind immer Einzelfälle. Die Analyse der Komplikation ergibt die entscheidenden Hinweise für deren Vermeidung. Bei der proximalen und distalen Humerusfraktur ist auch bei modernen winkelstabilen Implantaten eine subtile Operationstechnik Garant des guten funktionellen Ergebnisses. Bei bestimmten komplexen Frakturformen des alten Patienten bewährte sich auch bei der distalen Humerusfraktur die primäre Ellenbogenendoprothese.

Schlüsselwörter

Schulter · Ellenbogengelenk · Gelenksteife · Humerusfrakturen · Ellenbogenendoprothese

Complications in shoulder and elbow surgery

Abstract

Complications are commonplace in the treatment of shoulder and elbow joint injuries. The common end result of a wide variety of injuries is a stiff shoulder or stiffening of the elbow joint. All avoidance strategies attempt to preserve mobility. Cases involving complications are always isolated cases but analysis of the complications results in decisive indications for their avoidance. For proximal and distal humeral fractures a subtle operation technique is a guarantee for good functional results even with modern fixed angle locking plate implants. For certain complex fractures in elderly patients a primary elbow endoprosthesis has proven successful even for distal humeral fractures.

Keywords

Shoulder · Elbow · Joint stiffness · Humeral fractures · Elbow prosthesis

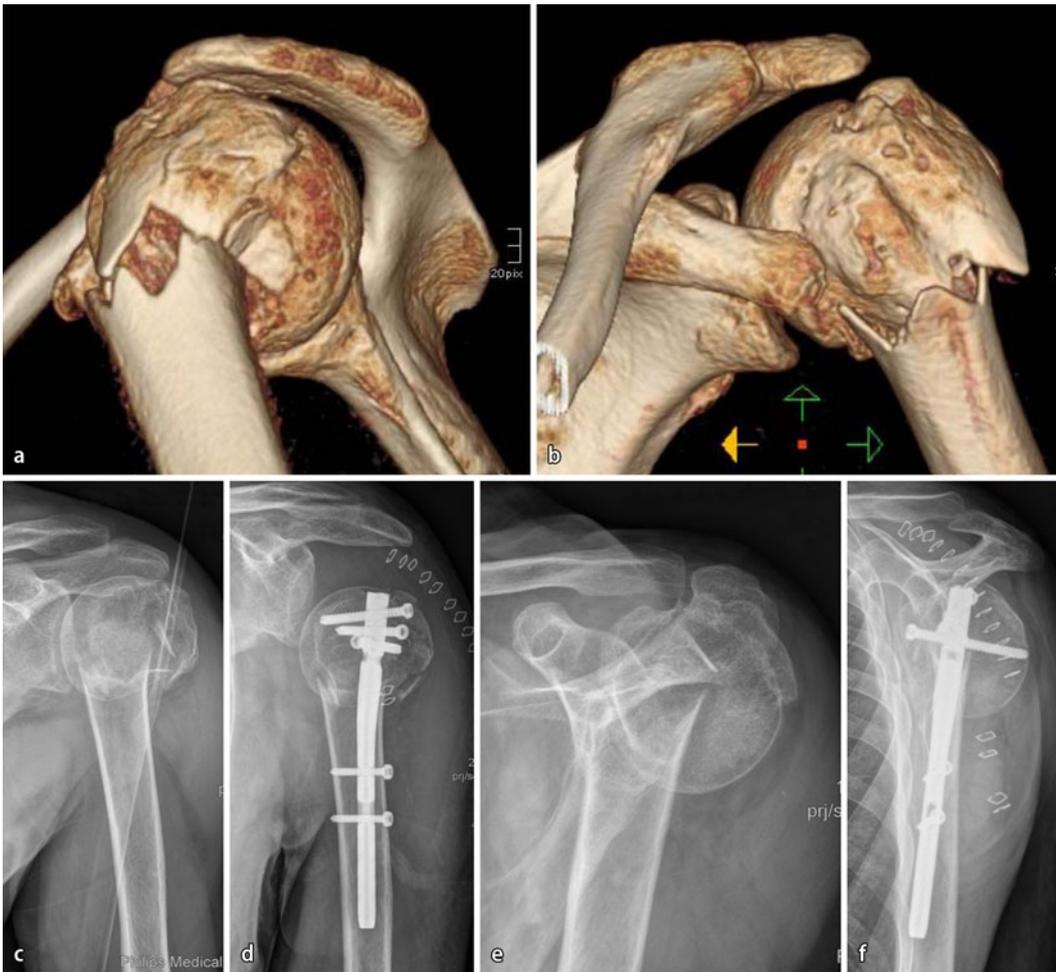


Abb. 2 ◀ 34-jähriger Mann, **a,b** präoperative Computertomographie in 3D-Rekonstruktion, **c-f** Röntgenbilder, **c,e** präoperativ, **d,f** postoperativ

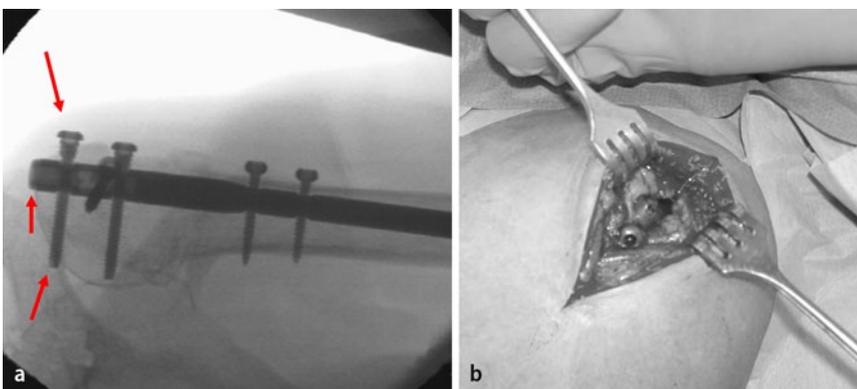


Abb. 3 ▲ Röntgenbild (**a**) und intraoperativer Situs (**b**) bei Schrauben- und Nagelüberstand, Defekt in der Supraspinatussehne

besprochen werden. Sofern es sekundär im Rahmen der Frakturheilung oder im Zusammenhang mit einer avaskulären Nekrose zum Überstand der Implantate kommt, ist die alsbaldige vollständige Implantatentfernung erforderlich. Der Marknagel kann auch in arthroskopischer Technik entfernt werden. Der Eingriff bie-

tet zudem die Möglichkeit einer Arthrolyse des Schultergelenks und des Subakromialraums.

Fall 4. Bei der 50-jährigen Frau mit 4-teiliger Luxationsfraktur des proximalen Humerus und Axillarisparese erfolgte nach offener Reposition eine Markna-

gelosteosynthese. Es gelang, die knöchernen Bestandteile der Rotatorenmanschette (Tuberkel) ähnlich wie bei einer Frakturprothese um das vom Nagel getragene Kalottensegment zu fixieren. Die Rotatorenmanschette wurde im Gegensatz zur Kalotte und großen Bestandteilen der Tuberkel nicht nekrotisch. Es konnte noch ein konventioneller Ersatz des Humeruskopfs durch eine Endprothese vorgenommen werden, wobei die Supraspinatussehne knöchern über einen Schraubanker fixiert wurde (■ **Abb. 4**). Funktionell war die Patientin lange Zeit zufrieden, der Bewegungsumfang der Schulter wurde vom N.-axillaris-Schaden bestimmt.

Fall 5. Es handelte sich um eine 70-jährige Frau mit 2-Teile-Fraktur des proximalen Humerus mit metaphysärer Mehrfragmentfraktur. Diese Situation ist eine gute Indikation für eine Marknagelosteosynthese. Der Nagel wurde jedoch zu tief implantiert, die Verriegelungsschrau-

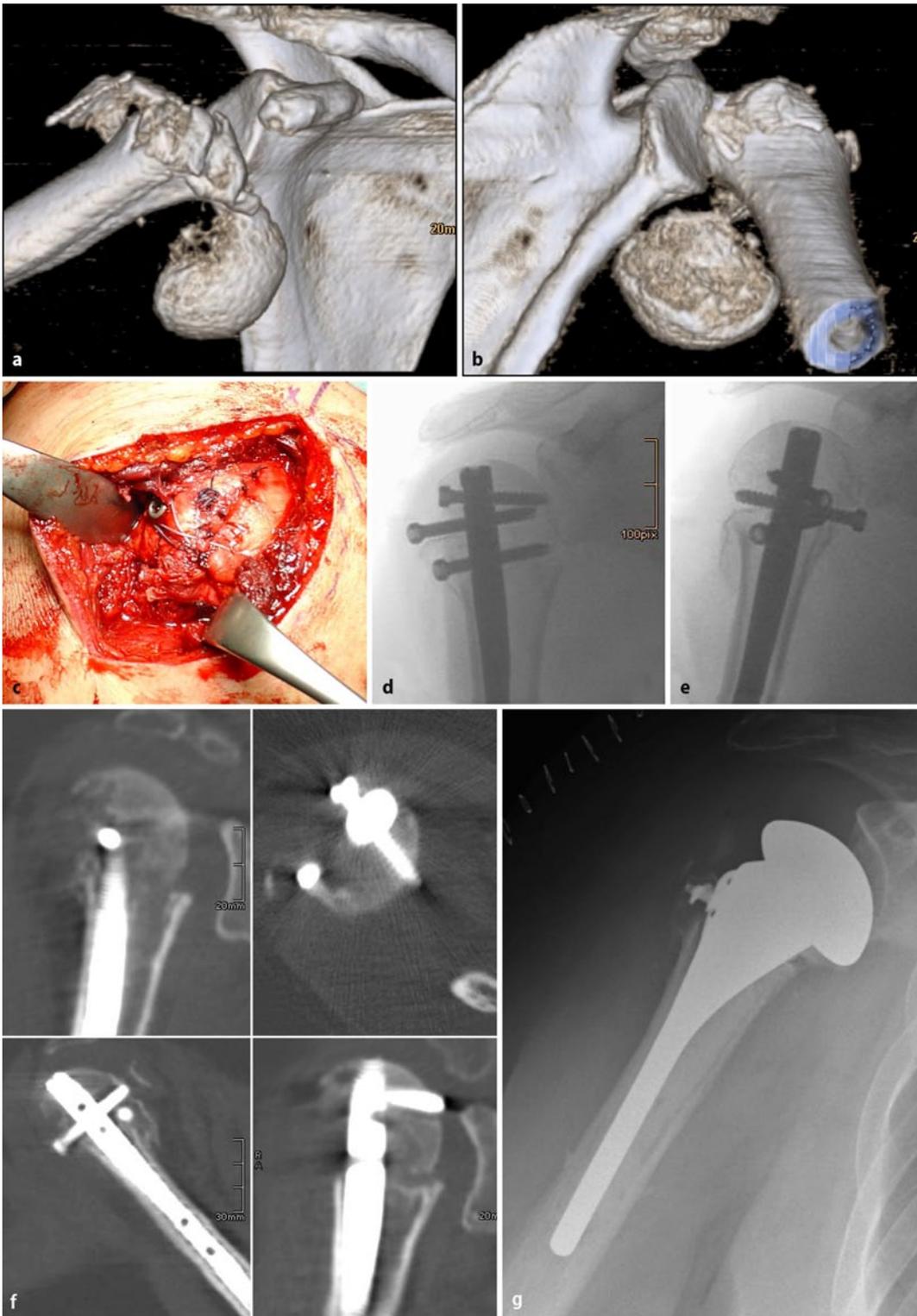


Abb. 4 ◀ Verrenkungsbruch des proximalen Humerus mit Axillarisparsese, **a,b** Unfallbild, 3D-Computertomographie: vollständige Ablösung des Gelenksegments, **c** intraoperativer Situs nach Nagelung und Rekonstruktion der Rotatormanschette, **d,e** postoperatives Röntgenbild nach Nagelung, **f** computertomographische Kontrolluntersuchung nach 1 Jahr: Schraubenüberstand und Teilnekrose des Kopfsegments, **g** nach Marknagelentfernung und Implantation einer Oberarmkopfendoprothese

ben waren zu kurz und hatten die Tuberkel nicht erfasst. Nach 10 Tagen kam es im Rahmen der aktiven Übungsbehandlung zum Ausriss des Kopffragments (■ **Abb. 5**). Die nachfolgende Revisionsoperation mit Plattenosteosynthese wurde durch eine tiefe Infektion weiter ver-

kompliziert. Letztendlich endete der Fall mit dem Verlust des Oberarmkopfs und der sekundären Implantation einer inversen Prothese.

Für die Marknagelosteosynthese der proximalen Humerusfraktur mit metaphysärer Trümmerzone sind geeignete

lange Implantate verfügbar. Die Verriegelung im Kopffragment muss immer sicher sein. Im vorgestellten Fall wurde der Nagel zu tief gesetzt, um die Fraktur im Schaftbereich ausreichend sicher verriegeln zu können. Im Kopfbereich wurde dagegen die subchondrale Knochen-

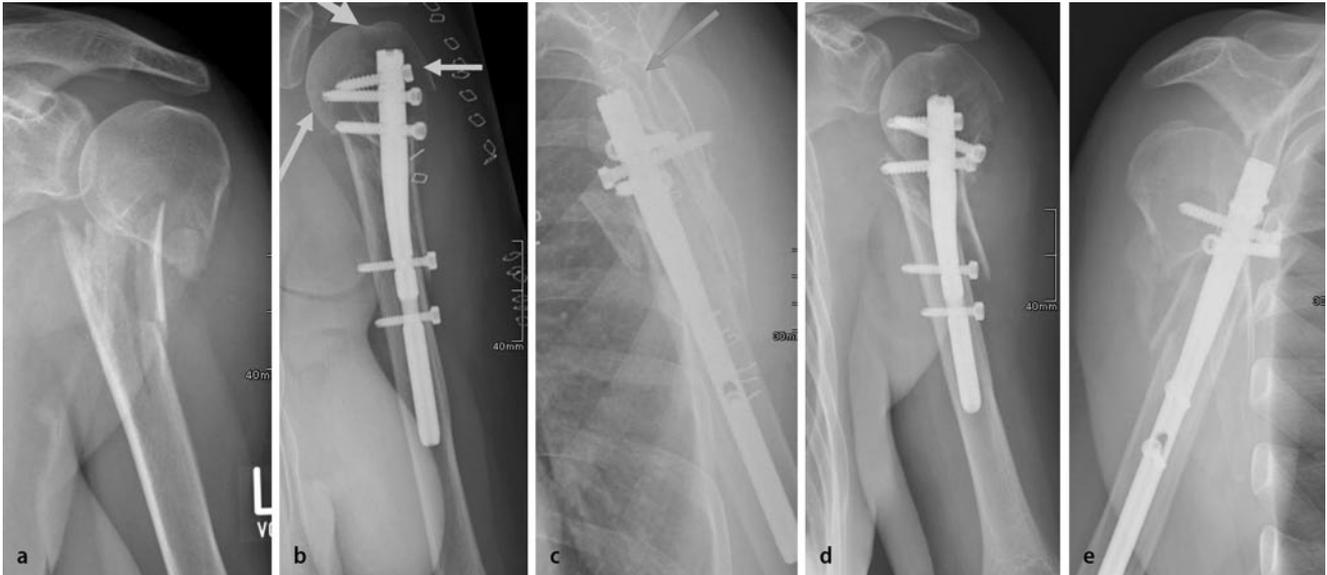


Abb. 5 ▲ Proximale Humerusfraktur mit metaphysärer Trümmerzone, **a** präoperatives Röntgenbild, **b,c** postoperative Röntgenkontrolle: zu tief implantierter Nagel, Oberarmkopf durch Verriegelungsschrauben nur partiell erfasst (Pfeile), **d,e** sekundärer Abriss des Kopffragments, erneute vollständige Dislokation

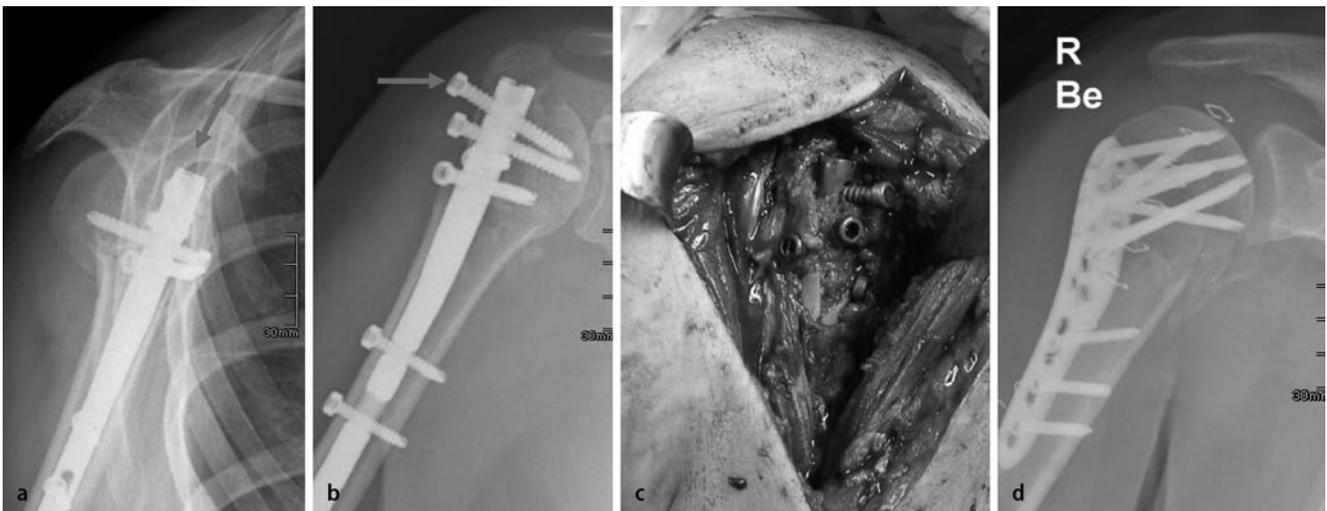


Abb. 6 ▲ **a–c** Zu weit vorn liegender Nagel Eintrittspunkt (Pfeile), **d** nach Nagelentfernung und sekundärer Plattenosteosynthese

schicht, die auch bei Osteoporose noch ausreichend kompakt ist, nicht erreicht. Durch die zu tiefe Implantation konnten nicht alle Verriegelungsmöglichkeiten optimal genutzt werden.

Eine zu aggressive Nachbehandlung ist bei osteoporotischem Knochen und unsicherer Fixierung der Tuberkel nicht empfehlenswert.

Fall 6. Bei dem 57 Jahre alten Mann mit 3-teiliger proximaler Humerusfraktur zeigten die postoperativen Röntgenaufnahmen nach Marknagelosteosynthese,

dass das Kopfsegment und das Tuberculum-majus-Fragment nur unzureichend fixiert waren. Beim Revisionseingriff erwies sich der Marknagel als zu weit vorne eingebracht. Nach Implantatentfernung erfolgte die Plattenosteosynthese mit anatomischer Reposition (■ **Abb. 6**).

Der entscheidende Operationsschritt der Marknagelosteosynthese bei proximalen Humerusfrakturen ist die Anlage der Eintrittsöffnung für das Implantat. Diese liegt am höchsten Punkt der reponierten Kopfkalotte. Vor der Anlage der Zugangsöffnung ist die korrekte Position des Füh-

rungsdrahts für den Bohrer oder die Fräse im Bildwandler sorgfältig zu kontrollieren und so lange zu korrigieren, bis der ideale Eintrittspunkt gefunden ist. Mit dessen Festlegung ist die Marknagelosteosynthese unumkehrbar, eine zweite Chance gibt es praktisch nicht. Gelegentlich (insbesondere bei valgisch dislozierten Kopfsegmenten) kann die Anlage des Einführungskanals zur Reposition verwendet werden, indem der Bohrkanal nicht parallel zur Schaftachse, sondern schräg verlaufend angelegt wird. In diesem Fall reponiert sich das Oberarmkopffragment,

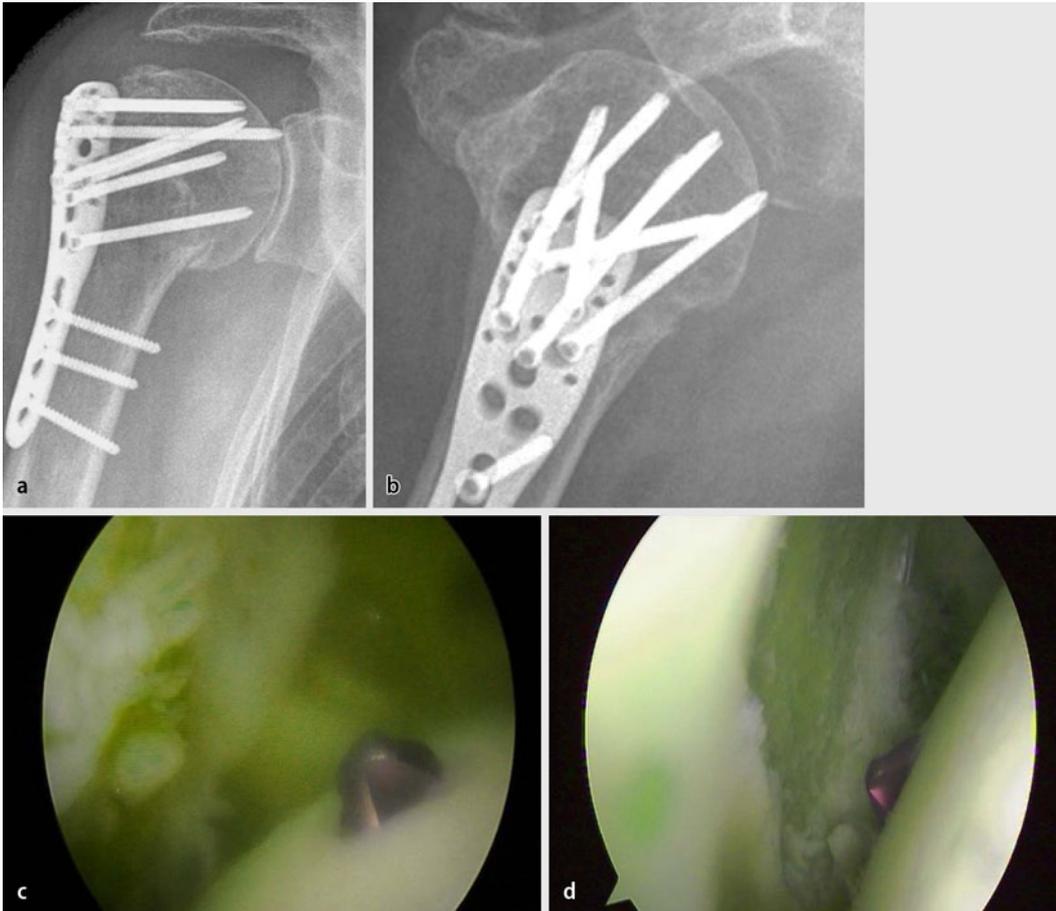


Abb. 7 ◀ Schraubenüberstand (a,b), dadurch tiefe Arrosion des Gelenkknorpels am Glenoid (c,d). (Die Bilder wurden von M. Kettler [12] zur Verfügung gestellt)

wenn der Nagel in den Humerusschaft geschoben wird. In der Regel sollte aber die Marknagelung erst erfolgen, wenn die Fraktur reponiert und temporär fixiert ist. Nur so ist in Beach-Chair-Position des Patienten die korrekte Instrumentierung möglich.

Fall 7. Bei der Plattenosteosynthese einer 3-teiligen proximalen Humerusfraktur eines 65-jährigen Mannes kam es offenbar zum Überstand einer Schraube. Dieser führte zu einer tiefen Arrosion des Gelenkknorpels am Glenoid (■ **Abb. 7**).

Schraubenüberstände können primär bei der Anlage der winkelstabilen Platte eintreten und bei der abschließenden Röntgendurchleuchtung übersehen werden. Sie können sich aber auch sekundär bei Dislokationen des Kopffragments oder Hinzutreten einer Oberarmkopfnekrose einstellen. Auf jeden Schraubenüberstand sollte reagiert werden. Im Regelfall ist die betroffene Schraube zu entfernen. Das kann auch im Rahmen einer Arthroskopie der Schulter erfolgen, die zur Ar-

throlyse des Subakromialraums genutzt werden kann.

Fall 8. Bei der 75-jährigen Frau mit 3-teiliger Mehrfragmentfraktur des proximalen Humerus in Varusabkipfung gelangen die primäre Reposition und Fixierung gut, es verblieb aber ein knöcherner Defekt medial unter dem Kopffragment. Mangels knöcherner Überbauung konnten die Schrauben selbst bei winkelstabiler Fixierung nicht lange halten. Es kam zum Kollaps, Schraubendislokation und erneuten Varusverkipfung (■ **Abb. 8**).

Die mediale knöchernerne Abstützung ist bei der lateralen Plattenlage unbedingt zu beachten. Findet medial keine knöchernerne Heilung statt, geraten die Platte (und die Fraktur) in Schwingungen. Dies führt zwangsläufig zum Implantatversagen – das aber nur eintritt, weil die Platte überfordert wird.

Beim medialen knöchernen Defekt ist entweder primär eine Verkürzung der Metaphyse anzustreben, wobei die dadurch gewonnene Knochensubstanz zur

Defektauffüllung genutzt werden kann, oder es wird mit dem Patienten ein Folgeeingriff besprochen, falls die Defektzone erst auf den postoperativen Aufnahmen erkennbar wird. Besser ist es jedoch, das Problem von vornherein zu vermeiden.

Vermeidungsstrategie

Wie die vorgestellten Fälle zeigen, können Komplikationen vermieden werden. Nachdem der Terminus *vermeidbare Komplikation* aus medizinischer und juristischer Sicht unterschiedlich interpretiert werden kann (im juristischen Sprachgebrauch gilt eine vermeidbare Komplikation als Behandlungsfehler), sollte die ärztliche Ausdrucksweise mit Bedacht gewählt werden.

In der Behandlung von proximalen Humerusfraktur ist der Eintritt einer Komplikation schon aufgrund ihrer Häufung *normal* und damit kalkulierbar. In vielen Fällen sind Zweiteingriffe von vorneherein mit den Patienten zu besprechen, und beim Eintritt einer Komplikation sollte das dann erforderliche Vorgehen stan-



Abb. 8 ▲ Proximale Humerusfraktur, **a** präoperativ, **b** Aufrichtung des Kopffragments und stabile Fixierung mit winkelstabiler Platte, fehlende mediale Abstützung, **c** Redisllokation und Schraubenlockerung, **d** Ausheilungsbild nach Implantatentfernung). (Die Bilder wurden von M. Kettler [12] zur Verfügung gestellt)



Abb. 9 ▲ Lagerung auf konventionellem Operationstisch und Bildwandlerposition für True-a.-p.- und Y-Sicht-Einstellung (**a,b**), Bildwandler mit Operationsfeld steril abgedeckt (**c**), keine Störung des Eingriffs durch Bildwandler trotz fortlaufender radiologischer Kontrolle der einzelnen Operationsschritte

dardisiert sein. Ob eine Behandlung ohne Revisionseingriff weitergeführt werden kann, bedarf einer sorgfältigen Analyse, wobei der Patient in die Entscheidungsfindung mit einbezogen werden muss.

Die besten Aussichten auf einen komplikationsfreien Verlauf bei der Behandlung der proximalen Humerusfraktur bietet die Berücksichtigung folgender Regeln:

- Die Klassifikation des Frakturtyps ist nur mittels CT (Computertomographie) sicher möglich, die 3D-Rekonstruktion erlaubt eine exakte präoperative Planung.
- Die Differenzialindikation der verschiedenen operativen Verfahren hängt vom Frakturtyp und vom Lebensalter ab, die Rekonstruktion hat Vorrang vor der Endoprothese.

■ Die Operationstechnik erfolgt unabhängig vom Implantat nach der folgenden Grundregel:

1. Reposition vor Fixierung
2. Sicherung der Tuberkelfragmente/ Rotatorenmanschettensehnen
3. Beachten der medialen Abstützung bei der Plattenosteosynthese

■ Es erfolgt eine moderate Nachbehandlung, die übungsstabile Osteosynthese ist selten. Die Compliance des Patienten muss unbedingt beachtet werden.

Die oben beschriebenen Komplikationen beruhen häufig auf einer mangelhaften Einstellung der Fraktur im Bildwandler. Röntgenkontrollen sind bei fast allen Operationsschritten erforderlich, die gedeckten minimalinvasiven Verfahren sind ohne Bildwändlersicht nicht durchführbar. Die axiale Einstellung des Schul-

tergelenks ist weder bei der Plattenosteosynthese noch bei der Marknagelung möglich. Die 2 unverzichtbaren Einstellungen sind die sog. True-a.-p.- und die sog. Y-Sicht. Beim liegenden Patienten ist die True-a.-p.-Sicht nur durch Einwärtskippen des Bildwandlers erreichbar, das so lange zu erfolgen hat, bis das Glenoid als Linie und nicht als Oval sichtbar ist. Die Y-Sicht wird durch Auswärtskippen des Bildverstärkers erreicht, bis der Oberarmkopf direkt über der Schulterpfanne liegt und das Akromion mit dem Processus coracoideus und dem Schulterblattkorpus ein Y bildet. In Beach-Chair-Position muss der Bildwandler von der Kopfseite des Patienten unter den Operationstisch gefahren werden. Die genannten Einstellungen haben den großen Vorteil, dass die Metallteile des Standardoperationstisches die Sicht nicht beeinträchtigen und der Bildwandler in die Opera-

Tab. 2 Einteilung der Ellengelenksteife. (Nach [11])	
Verbliebene Bewegungsmöglichkeiten (°)	Ellengelenksteife
0–30	Sehr schwer
30–60	Schwer
60–90	Mäßig
>90	Gering

Tab. 3 Ursachen von Ellengelenksteife	
Pathologische Kongruenz nach intraartikulären Frakturen	
Pseudarthrose der Epikondylen	
Radioulnare Inkongruenz	
Osteochondrosis dissecans (M. Panner)	
Freie Gelenkkörper	
Osteochondromatose	
Primäre Arthrose	
Rheumatische Arthritis	
Muskelkontraktur	
Sehnenkontraktur (z. B. Bizepssehne)	
Kapselkontraktur	
Kapselfibrose	
Muskelkontraktur bei neurogenen Schäden nach Kompartmentsyndrom	
Verbrennungsnarben	
Ossifikationen nach	Direktem Trauma
	Schädel-Hirn-Trauma
	Verbrennungen
	Organtransplantationen

Tab. 4 Für die Entstehung einer Ellengelenksteifen nach Frakturbehandlung wesentliche Faktoren	
Rekonstruktion der Gelenkflächen	
Gelenkflächenkongruenz	
Dauer der Immobilisierung	
Biologie der Gelenkkapsel	Zunahme von Kollagenverknüpfungen
	Abnahme von Proteoglykan und Wasser
	TGF-β1
	Mechanischer Stress
Patientenbezogene Faktoren, Compliance	
Alter	
TGF-β1 „transforming growth factor β1	

tionsfeldabdeckung mit einbezogen werden kann (■ Abb. 9).

Komplikation in der Ellenbogenchirurgie

Verletzungen des Ellenbogengelenks können den distalen Oberarm oder den proximalen Unterarm betreffen, es kann sich

um isolierte knöcherner Verletzungen, rein ligamentäre Verletzungen oder Kombinationen bis hin zum Komplextrauma handeln. Die gemeinsame Endstrecke sind – wie an der Schulter – die dauerhaft gestörte Beweglichkeit sowie die Bewegungs- und Belastungsschmerzhaftigkeit.

Ellenbogengelenksteife

Der für den Alltag erforderliche Bewegungsumfang des Ellenbogengelenks umfasst eine Streckung und Beugung von 0/30/130° sowie eine Auswärts- und Einwärtsrotation des Unterarms von 50/0/50°. Wird dieses Bewegungsvolumen unterschritten, wird von einer Teilsteife des Ellenbogengelenks gesprochen [2].

Einteilung

Die Klassifikationen der Ellengelenksteife orientieren sich an den Bewegungsmöglichkeiten. In der Einteilung nach Hastings [9] werden Einschränkungen in der Flexions-/Extensionsebene von Pro-/Supinationsstörungen unterschieden, die Einteilung nach Jäger u. Wirth ([11]; ■ Tab. 2) beschreibt den Umfang der Gesamtbeweglichkeit bei Beugung und Streckung, die Einteilung nach Esteve [6] bzw. Blauth u. Jäger [3] beurteilt den Anteil der Gesamtbeweglichkeit unter Berücksichtigung von Pronation und Supination.

Funktionell einschränkend ist die mangelnde Beugefähigkeit. Dies kommt auch in der MdE-Einschätzung nach einem Arbeitsunfall zum Ausdruck: Bei einer Einschränkung der Beweglichkeit auf den Umfang 0/30/90° und einer Einschränkung der Unterarmdrehfähigkeit auf 1/3 besteht eine MdE von 30%.

Die Ursachen von Ellengelenksteifen sind vielfältig (■ Tab. 3). Generell unterscheidet man intrinsische von extrinsischen Ursachen. Intrinsisch bedeutet, dass die Einsteifung an der Gelenkoberfläche entsteht (Gelenkinkongruenz, Osteophyten, Arthrose, ■ Abb. 10). Extrinsisch sind Ellengelenksteifen, wenn sie sich in der Gelenkkapsel oder der umgebenen Muskulatur entwickeln (Arthrofibrose, heterotope Ossifikationen, ■ Abb. 11). Diese Unterscheidung hat nicht nur deskriptiven Charakter, sondern bietet auch Hinweise zur Vermeidung und

zur Therapie [2]. Die intrinsische Steife ist nicht nur schwerer vermeidbar, sondern v. a. wesentlich schwieriger zu behandeln.

Pathogenese

Sie ist nur teilweise bekannt. Die beugeseitige Gelenkkapsel ist normalerweise sehr dünn und durchscheinend. Im Falle der progredienten Ellenbogensteife kommt es zu einer enormen Verdickung und Verhärtung der Gelenkkapsel, elektronenmikroskopisch zeigt sich eine Zunahme der Kollagenfibrillen mit extensiver Verknüpfung über Cross-links. Diese ungewöhnliche Reaktion der Gelenkkapsel wurde nach direkter Verletzung des Kapselgewebes z. B. im Rahmen einer Luxation beobachtet, aber auch bei scheinbar harmlosen Verletzungen wie einer Kontusion des Epicondylus radialis mit subkutanem Hämatom. Die Kontraktur des Gelenks vollzieht sich gelegentlich sehr schnell – innerhalb von 2 bis 3 Wochen [2].

Während die Fibrose der Gelenkkapsel noch relativ plausibel als Entzündungsreaktion mit rascher Dehydratation verstanden werden kann, bleiben die Theorien zur Entstehung heterotoper Ossifikationen noch hypothetisch: Undifferenzierte Mesenchymzellen entwickeln sich unter der Wirkung verschiedener Faktoren zu Osteoblasten, dabei spielen BMP2 („bone morphogenetic protein 2“), Interleukine und Wachstumsfaktoren eine Rolle [5, 10, 23].

Die Kombination von Fibrose der Gelenkkapsel und Ossifikation der umgebenden Muskulatur ist am Ellengelenk besonders häufig, weswegen eine gemeinsame Entstehungsursache mit unterschiedlicher Ausdifferenzierung omnipotenter Mesenchymzellen für möglich gehalten wird. So verhindert die prä- oder postoperative Strahlentherapie zuverlässig nicht nur das Verknöcherungs-, sondern wahrscheinlich auch das Arthrofibroserezidiv.

Am häufigsten entstehen Ellengelenksteifen nach Frakturen mit Gelenkbeteiligung. Deren Behandlung stellt demzufolge den ersten wesentlich Schritt zur Vermeidung der Kontraktur dar (■ Tab. 4). Dazu kommen Einflussfaktoren, die nur z. T. therapeutisch beeinflusst werden können: die Dauer der Immobilisierung (das Ellenbogengelenk sollte nicht länger als 3 Wochen ruhig gestellt sein) und die



Abb. 10 ◀ Intrinsic Gelenksteife durch Verformung der Gelenkfläche oder permanente Subluxation



Abb. 11 ▲ Extrinsic Gelenksteife durch heterotopie Ossifikationen bei unversehrtm Gelenk

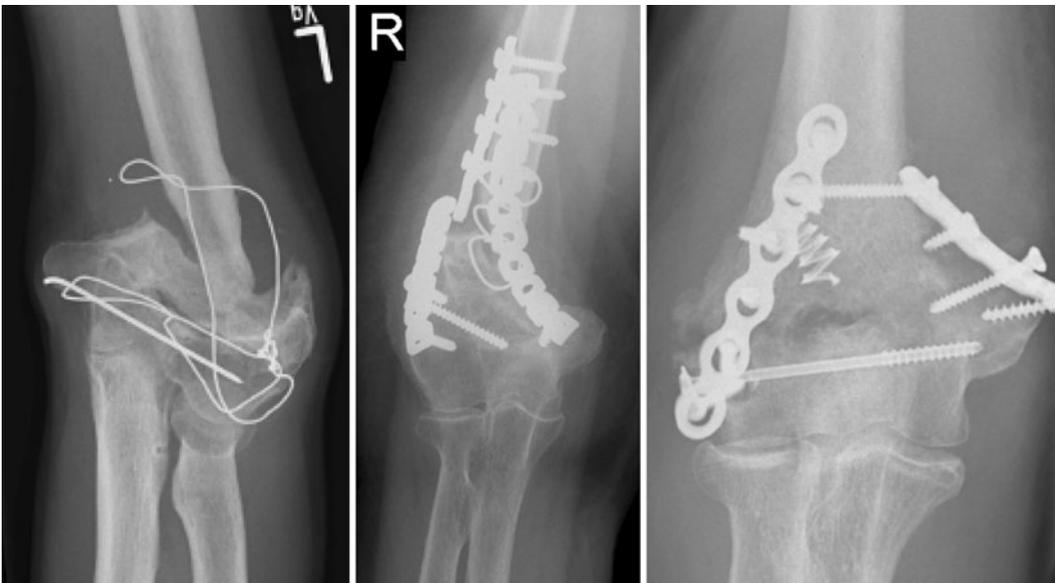


Abb. 12 ◀ Implantatversagen durch ausbleibende knöcherne Konsolidierung bei instabiler Osteosynthese

oben beschriebene Reaktion der Gelenkkapsel auf mechanischen Reiz, die dazu führt, dass gut gemeinte, forcierte Bewegungsübungen den gegenteiligen Effekt haben können.

Somit kann man eine Reihe von Grundsätzen definieren, die der Behandlung aller Verletzungen des Ellenbogengelenks zugrunde zu legen sind:

- Gelenkinkongruenz vermeiden
- Instabile Osteosynthese vermeiden
- Schmerzhaft aggressive Übungsbehandlung vermeiden
 - Cave Motorschiene
 - Cave Narkosemobilisierung
- Ruhigstellung über 3 Wochen vermeiden

Distale Humerusfraktur

Die Ergebnisse der operativen Behandlung der distalen Humerusfraktur sind sehr unterschiedlich. Befriedigende und schlechte Ergebnisse werden in der Literatur mit einer Häufigkeit zwischen 15% und 47% mitgeteilt, wobei die Ursachen hierfür vielfältig sind – ausgedehnte begleitende Weichteilverletzungen, B- und C-Fraktur-Typen, Infektionen, verzögerte Heilung mit Materiallockerung, die Entstehung heterotoper Ossifikationen und schließlich die Entwicklung einer posttraumatischen Arthrose.

Konventionelle Implantate, die häufig auch noch den anatomischen Gegebenheiten des distalen Humerus angepasst werden mussten, waren oft den An-

forderungen nicht gewachsen, wobei in diesen Fällen nicht das Implantat versagte, sondern die Rekonstruktion entweder nicht ausreichend stabil war oder die Knochenheilung stark verzögert erfolgte (■ **Abb. 12**).

Durch die Einführung winkelstabiler anatomisch angepasster Implantate erhöhte sich die Behandlungssicherheit wesentlich, wobei sich bestimmte Versorgungsregeln etablierten:

- Diagnostik mittels CT, ggf. 3D-Rekonstruktion
- Aufgeschobene Dringlichkeit bei geschlossenen Frakturen ohne neurologische Ausfälle, ggf. temporär Fixateur externe
- Interskalinare oder axillare Katheterleitungsanästhesie

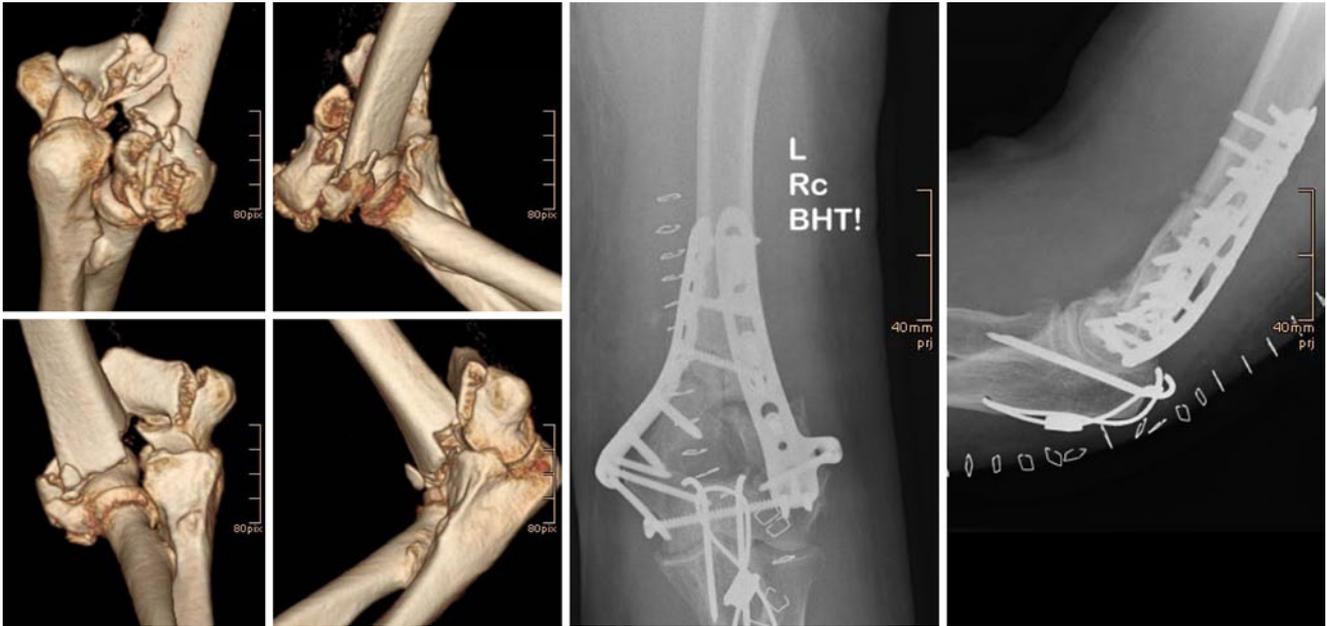


Abb. 13 ▲ Bei guter Knochenqualität stabile Osteosynthese auch bei mehrfragmentären Verletzungen [hier AO-Typ C3 (AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen), Klassifikation s. **Abb. 14c**] möglich

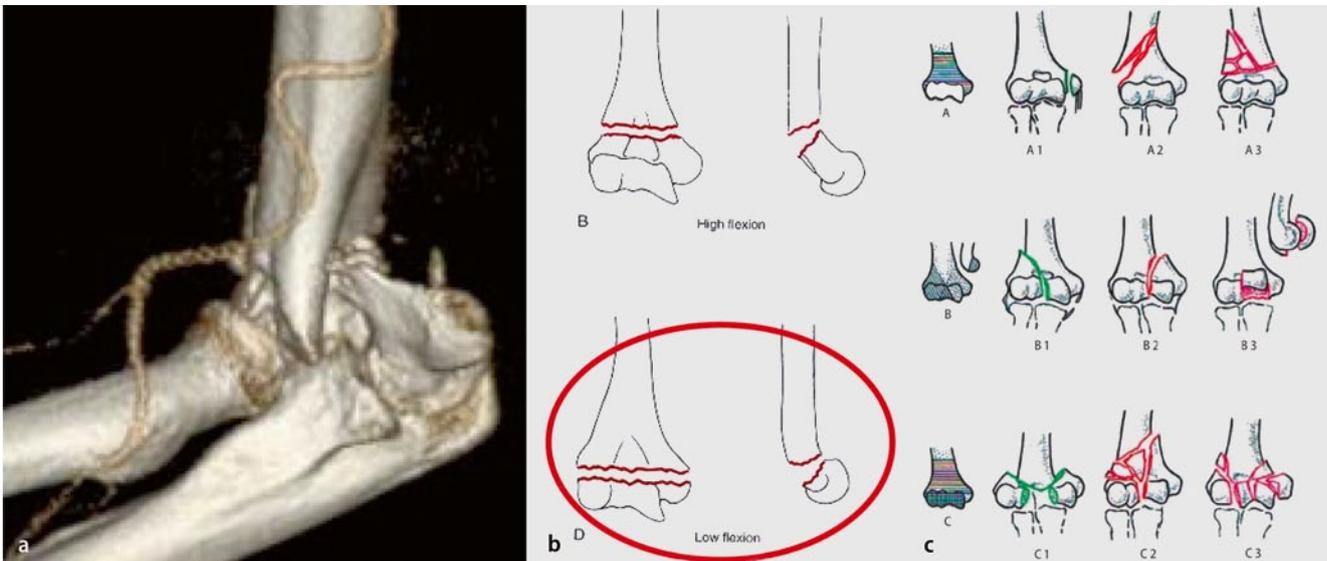


Abb. 14 ▲ Problemfraktur am distalen Humerus, **a** Frakturtyp „low extension“, **b** distale Humerusfraktur, AO-Typ A, oben „high flexion“, unten „low flexion“. (Aus [1]), **c** AO-Klassifikation der distalen Humerusfrakturen (Typ 13–; AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen). (Aus [18])

- Operation in Bauchlage
- Langezogene Einzelinzision
- Präparation des N. ulnaris
- Darstellen des Gelenkblocks, ggf. Olekranonosteotomie
- Primär Osteosynthese des Gelenkblocks mit Schraube
- Sekundär Wiederherstellen des ulnaren und radialen Pfeilers, Beginn meist radial
- Anatomisch vorgeformte Platten

- Plattenposition 180° gegenüber (biomechanisch optimal) oder 90° veretzt
- Übungsstabile Osteosynthese der Olekranonosteotomie (Zuggurtung)
- Postoperativ Lagerungsschiene bis zum Zug der Drainagen
- Aktive Übungsbehandlung

Die meisten Frakturen können unter Berücksichtigung dieser Grundsätze anat-

misch rekonstruiert werden (■ **Abb. 13**). Die Problemfrakturen des distalen Humerus sind die sehr weit distal gelegenen Flexions- oder Extensionsverletzungen („low flexion“, ■ **Abb. 14**) bei alten Patienten mit Osteoporose. Patienten dieser Gruppe (meist über 80-Jährige) müssen mit einem einzigen Eingriff definitiv versorgt werden und können, z. B. bei unsicherer Osteosynthese, nicht zusätzlich ruhig gestellt werden. Diese Patientengruppe pro-



Abb. 15 ▲ 82-jährige Frau mit nicht rekonstruierbarer distaler Humerusfraktur (a,b), Resektion des distalen Humerus und Implantation einer gekoppelten Endoprothese (c,d)

fittiert aber erheblich von der primären Endoprothese des Ellenbogengelenks, die bei entsprechender Korrelation von Frakturtyp und Alter des Patienten durchweg gute Primärergebnisse zeigt [1].

Nach eigener Erfahrung eignen sich für die Primärendoprothetik nur die gekoppelten Implantate, der isolierte Gelenkflächenersatz (im Sinne des distalen Humerusersatzes) ist in der Fraktursituation weniger geeignet, da keine sichere Verankerung der Endoprothese im distalen Humerus gewährleistet ist. Die primäre Totalendoprothese des Ellenbogengelenks [1] ist dagegen intramedullär sicher verankert, sie bewirkt Stabilität und garantiert Schmerzarmut bis Schmerzfreiheit bei guter Funktion (■ **Abb. 15**).

Der Nachteil der primären Ellenbogengelenkendoprothetik ist die erhebliche Minderbelastbarkeit des Arms – die einen alten Patienten durchaus beeinträchtigen kann. Mit ausgestrecktem Arm können allenfalls 2,5 kg schwere Gegenstände gehoben werden. Das Anheben dieses Gewichts erfordert an der Oberarmbeugemuskulatur einen Zugkraft von 1373 N. Patienten mit Ellenbogengelenkendoprothesen müssen also darin geschult werden, wie sie ihren operierten Arm optimal einsetzen können.

Fazit für die Praxis

Komplikationen sind bei der Behandlung von Schulter- und Ellenbogenverletzungen häufig und vorhersehbar. Ob sie vermeidbar sind, muss dahingestellt bleiben. Dennoch bieten neue Implantate, Behandlungsalgorithmen, eine subtile operative Technik und eine standardisierte Komplikationsstrategie gute Chancen, die z. T. noch sehr hohe Komplikationsrate der proximalen oder distalen Humerusfraktur deutlich zu senken. Revisionseingriffe sollten kein Tabuthema sein. Korrektüreingriffe sind frühzeitig zu planen und mit dem Patienten abzusprechen. Das erste Ziel in der Behandlung komplexer Frakturen des proximalen Humerus besteht darin, die Rotatormanchette und deren Funktion zu erhalten. Das gelingt bei der primären Frakturprothetik des alten Patienten mit Osteoporose leider nur selten. Sekundäreingriffe nach Marknagel- und Plattenosteosynthesen dienen häufig der Entfernung störender Implantate, und die Arthrolyse des Gelenks sowie des Subakromialraums bieten die Chance einer deutlichen Verbesserung der Beweglichkeit der Schulter. Die posttraumatische Schultersteife bleibt dennoch ein ungelöstes Problem, sie ist mit der bei idiopathischer Schultersteife eingesetzten Strategie meist nicht behebbar. Am distalen Humerus bleibt die Primärendoprothese alten Patienten mit Osteo-

porose und bestimmten Frakturtypen vorbehalten. Die Osteosynthese ist die Therapie der Wahl. Die Vermeidung von Komplikationen gelingt bei Einhaltung von Behandlungsstandards und eines dezidierten Nachbehandlungsprotokolls.

Korrespondenzadresse

Dr. R. Beickert
BG-Unfallklinik Murnau,
Prof.-Küntscher-Straße 8,
82418 Murnau, Staffelsee
Ruprecht.Beickert@bgu-murnau.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Beickert R (2011) Primäre Ellenbogengelenkendoprothetik. Trauma Berufskrankh [Suppl 1] 13:122–126
2. Beickert R, Bühren V (2003) Arthrolyse des Ellengelenkes. Trauma Berufskrankh 5:41–54
3. Blauth W, Jäger T (1991) Die Arthrolyse des Ellenbogengelenkes. Oper Orthop Traumatol 3:169–185
4. Blum J, Hansen M, Rommens PM (2009) Die winkelstabile Marknagelung bei Frakturen des proximalen Humerus mit dem PHN (proximaler Humerusnagel). Oper Orthop Traumatol 21:269–311
5. Brunner F, Sommer C, Bahrs C, Heuwinkel R, Hafner C, Rillmann P, Kohut G, Ekelund A, Müller M, Audige L, Babst R (2009) Open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures using a proximal humeral locked plate: a prospective multicenter analysis. J Orthop Trauma 23:163–172

6. Esteve P, Valentin P, Deburge A, Kerboull M (1971) Raideurs et ankyloses post-traumatique du coude. *Rev Chir Orthop* 57:25–86
7. Gradl G, Dietze A, Arnth D, Beck M, Gierer P, Bötsch T, Mittlmeier T (2007) Angular and sliding stable antegrade nailing (Targon PH) for the treatment of proximal humeral fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 127:937–944
8. Gradl G, Dietze A, Kääh M, Hopfenmüller W, Mittlmeier T (2009) Is locking nailing of humeral head fractures superior to locking plate fixation. *Clin Orthop Rel Res* 467:2986–2993
9. Hastings IInd H, Graham TJ (1994) The classification and treatment of heterotopic ossification about the elbow and forearm. *Hand Clin* 10:417–437
10. Hertel R, Wolfram L (2001) Offene Ellenbogenarthrolyse bei erhaltener Gelenkflächengeometrie. *Orthopade* 30:619–625
11. Jäger M, Wirth CJ (1981) Die Arthrolyse und Arthroplastik des Ellenbogen- und Kniegelenkes. Huber, Bern Stuttgart Toronto
12. Kettler M, Biberthaler P, Braunstein V, Zeiler C, Kretz M, Mutschler W (2006) Die winkelstabile Osteosynthese am proximalen Humerus mit der PHILOS-Platte. *Unfallchirurg* 109:1032–1040
13. Kraus E, Harstall R, Borisch N, Weber D (2009) Primärer endoprothetischer Ellenbogengelenkersatz bei komplexen intraartikulären Humerusfrakturen. *Unfallchirurg* 112:692–698
14. Lill H, Hepp P, Rose T, König K, Josten C (2004) Die winkelstabile Plattenosteosynthese (LPHP) proximaler Humerusfrakturen über den kleinen anterolateralen Delta-splitting Zugang. Technik und erste Ergebnisse. *Zentralbl.Chir.* 129(1):43–48
15. Linhart W, Übelacker P, Grotelinden L, Kschowak P, Briem D, Janssen A, Hassunizadeh B, Schinke M, Windolf J, Rüger J (2008) Antegrade nailing of humeral head fractures with captured interlocking screws. *J Orthop Trauma* 22:46–55
16. Mathews J, Lobenhoffer P (2007) Osteosynthese instabiler proximaler Humerusfrakturen mit dem TARGON PH Nagel. *Oper Orthop Traumatol* 3 255–275
17. Morrey BF (2000) Splints and bracing at the elbow. In: Morrey BF (Hrsg) *The elbow and its disorders*. Saunders, Philadelphia
18. Müller M, Allgöwer M, Schnider R (1992) *Manual der Osteosynthese*. Springer, Berlin Heidelberg New York
19. Stedtfeld HW, Mittlmeier T (2007) Fixation of proximal humeral fractures with an intramedullary nail: tips and tricks. *Eur J Trauma Emerg Surg* 4:367–374
20. Stedtfeld HW, Attmanspacher W, Thaler K, Frosch B (2003) Fixation von Humeruskopffrakturen mit anterograder Marknagelung. *Zentralbl Chir* 128:6–11
21. Südkamp N, Bayer J, Hepp P, Voigt C, Oestern H, Luo C, Plecko M, Wendt K, Köstler W, Konrad G (2009) Open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures with use of the locking proximal humerus plate: results of a prospective, multicenter, observational study. *J Bone Joint Surg Am* 91(6):1320–1328
22. Trapp OM, Beickert R, Bühren V (2007) Versorgung von 3- und 4-Segmentfrakturen des proximalen Humerus mit dem proximalen Humerusnagel T2PHN. *Obere Extremität* 2:64–72
23. Viola RW, Hastings H (2000) Treatment of ectopic ossification about the elbow. *Clin Orthop Relat Res* 370:65–86
24. Voigt C, Woltmann A, Partenheimer A, Lill H (2007) Komplikationsmanagement nach winkelstabiler Plattenosteosynthese am proximalen Humerus. *Chirurg* 78:40–46
25. Voigt C, Hurschler C, Rech L, Althainz J, Lill H (2008) Die Bedeutung der additiven Fadenzuggurtung der Rotatorenmanschette bei der winkelstabilen Plattenosteosynthese am proximalen Humerus. *Obere Extremität* 3:69–75
26. Zhu Y, Lu Y, Shen J, Zhang J, Jiang C (2011) Locking intramedullary nails and locking plates in the treatment of two-part proximal humeral surgical neck fractures: a prospective randomized trial with a minimum of three years follow up. *J Bone Joint Surg Am* 93(2):159–68