

# Osteoporotische Frakturen am proximalen Humerus

**Die proximale Humerusfraktur zählt nach den Frakturen der Wirbelsäule, der Hüfte und des distalen Radius zu der vierthäufigsten osteoporotischen Fraktur [3, 35]. Sie macht etwa 4–5% aller Frakturen aus [1]. Osteoporotischer Knochen ist durch eine verminderte Knochendichte und Knochenqualität gekennzeichnet [3]. Im Gegensatz zu jüngeren Menschen reichen daher bei älteren Menschen direkte Stürze auf die Schulter aus Standhöhe aus (sog. „Niedrigenergetraumen“), um zu einer Fraktur zu führen. Da die Osteoporose mit steigendem Alter zunimmt, folgt die Altersverteilung der proximalen Humerusfrakturen einer exponentiellen Funktion: im Alter von 40 bis 84 Jahren bei Frauen und von 60 bis 89 Jahren bei Männern [13]. Insgesamt sind über 70% der Patienten mit proximalen Humerusfrakturen älter als 60 Jahre [25]. Neue Erkenntnisse der Frakturmorphologie mit einer einheitlichen Klassifikation, neue Studien zu konservativen Therapie und verbesserte Nagel-/Plattensysteme sowie der „Einzug“ der inversen Schulterprothese optimieren die Therapie insbesondere beim osteoporotischen Patienten.**

Die Kombination aus steigender Lebenserwartung und erhöhtem Risiko älterer Menschen für proximale Humerusfrakturen führte in der finnischen Bevölkerung zwischen 1970 und 2002 zu einem Anstieg der Inzidenz von 32/100.000 auf

105/100.000 [25]. Dabei ist das Durchschnittsalter von 73 auf 78 Jahre angestiegen. Anhand dieser Daten wurde eine Verdreifachung der Inzidenz bis 2030 prognostiziert. Dies konnte in aktuelleren Daten jedoch nicht bestätigt werden. Seit Mitte der 1990er Jahre ist ein stabiles Plateau erreicht und der prognostizierte Anstieg ist nicht eingetreten [11]. Die genauen Ursachen hierfür sind nicht bekannt. Es wird ein verbesserter Gesundheitsstatus, höhere Mobilität und ein geringeres Sturzrisiko vermutet.

## Osteoporose am proximalen Humerus

Bekanntermaßen sind Alter und weibliches Geschlecht Risikofaktoren für eine Osteoporose. Für den proximalen Humerus konnte ebenfalls gezeigt werden, dass die Knochendichte mit zunehmendem Alter abnimmt [6, 19, 30]. Ab einem Alter von 70 Jahren liegen statistisch signifikante Unterschiede in der Knochendichte im Vergleich zu Jüngeren vor. Während Tingart et al. [30] und Hepp et al. [6] keine geschlechtsspezifischen Unterschiede nachweisen konnten, wurden von Lill et al. [19] bei Frauen über 70 Jahren signifikant niedrigere Knochendichtewerte gemessen als bei Männern desselben Alters.

Im Hinblick auf eine mechanisch stabile Frakturversorgung ist die Knochenqualität am proximalen Humerus von Interesse. Im kranialen Abschnitt des Humeruskopfes in den medialen und dorsalen Anteilen konnte die höchste Knochenmineraldichte und Knochenfestigkeit nachge-

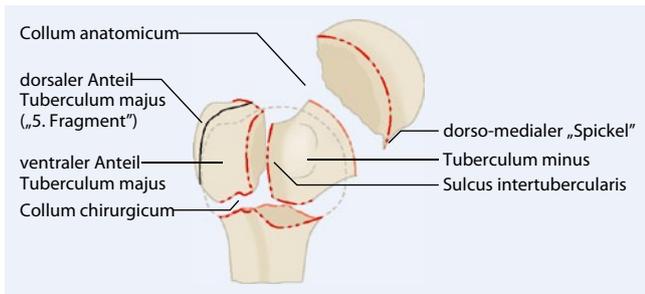
wiesen werden [19]. Zur Bestimmung der Knochendichte (BMD, „bone mineral density“) gilt das DXA („dual X-ray absorptiometry“) als Goldstandard. Es ist jedoch kein Verfahren, welches in der Akutdiagnostik Einsatz findet. Zum einen fehlt die Verfügbarkeit in Notaufnahmen und zum anderen müsste der Patient auf der verletzten Seite gelagert werden. Alternativ stehen nativradiologische Untersuchungen und das CT zur Verfügung. Anhand der Kortexdicke konnte eine Korrelation zur BMD hergestellt werden [30]. Dieser „Kortikalindex“ (CI) wird aus der Kortexdicke der proximalen Humerusdiaphyse in einer a. p. Röntgenaufnahme berechnet. Neueste Arbeiten zeigen, dass die Knochendichtbestimmung auch über den Einsatz einer CT möglich ist [16]. Durch Anwendung der Hounsfield-Skala auf spongiöse Knochenareale können Aussagen zur Knochenqualität getroffen werden.

## Frakturklassifikationen

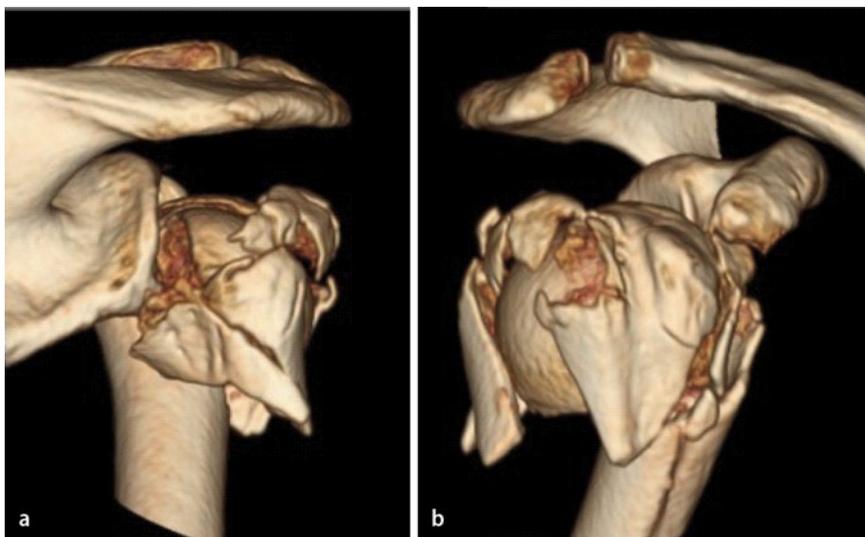
An ein Klassifikationssystem werden folgende Anforderungen gestellt: Es soll

- die Frakturmorphologie möglichst genau und reproduzierbar darstellen,
- daraus eine therapeutische und prognostische Aussage ermöglichen und
- eine „Alltagstauglichkeit“ besitzen.

Die erste Klassifikation von Codman aus dem Jahre 1934 beruht auf der 4-Segmente-Theorie, bestehend aus Kalotte, Tuberculum majus und minus und dem Schaftfragment ([2], **Abb. 1**). Abhängig vom



**Abb. 1** ◀ Modifizierte Klassifikation nach Codman: „Segmenttheorie“ [2]



**Abb. 2** ▲ 66-jährige Patientin, CT mit 3D-Rekonstruktion: valgisch dislozierte Multipartabrisfraktur; **a** von dorsal, **b** von ventrolateral

Frakturverlauf sind 12 Frakturformen möglich. Im Jahre 1970 veröffentlichte Neer eine Modifikation der Codman-Klassifikation [23]. Neer berücksichtigt neben den Frakturfragmenten den Dislokationsgrad. Als disloziert galten Frakturen mit einer Dislokation von über 1 cm oder einer Abkippung von mehr als 45°. Sonderformen wie z. B. Headsplit-Frakturen und valgisch impaktierte Frakturen sind in dieser Klassifikation nicht berücksichtigt.

Die seit 1990 bestehende AO-Klassifikation beinhaltet die genaueste morphologische Frakturbeschreibung [28]. Die proximalen Humerusfrakturen zählen zu den 1.1-Frakturen. Nach der AO-typischen Einteilung werden extraartikuläre (A), partiell artikuläre (B) und vollständig artikuläre (C) Frakturen unterschieden. Für jede Obergruppe gibt es jeweils 9 Untergruppen, sodass 27 Frakturtypen beschrieben werden. Trotz der hohen Genauigkeit dieser Klassifikation fehlt auf-

grund der großen Anzahl an Untergruppen die Alltagstauglichkeit.

Im Jahr 2005 veröffentlichte Hertel eine weitere Klassifikation, die auf der 4-Fragmente-Theorie von Codman basiert [8]. Anhand von 5 Fragen zum Frakturverlauf zwischen den einzelnen Fragmenten werden 12 Frakturtypen definiert. Durch weitere 7 Zusatzfragen werden prognoserelevante Zusatzkriterien wie Varus- oder Valgusdeformitäten beschrieben. Im Gegensatz zur Neer-Klassifikation ist diese Klassifikation rein deskriptiv und der Grad der Dislokation spielt keine Rolle.

### » Im klinischen Alltag hat sich die Codman-Klassifikation durchgesetzt

Die Problematik bei der Klassifikation nach Neer und der AO-Klassifikation liegt darin, dass sie eine geringe Reproduzierbarkeit und Übereinstimmung zwischen verschiedenen Untersuchern aufwei-

sen (sog. Intra- und Interobserverreliabilität) [20]. Auch zusätzliche 3D-Rekonstruktionen in der CT konnten dies nicht verbessern. Aufgrund der hohen Reliabilität hat sich für den klinischen Alltag die ursprüngliche Codman-Klassifikation durchgesetzt. Zusätzlich zu der Anzahl der Fragmente wird die Frakturform nach Impaktion/Distraktion und Varus/Valgus klassifiziert [9]. Zudem wurde die Klassifikation um Luxationsfrakturen und Headsplit-Frakturen erweitert.

## Diagnostik

Am Anfang jeder Diagnostik steht die klinische Untersuchung, die abhängig von der akuten Schmerzsituation des Patienten durchzuführen ist. Obligat ist eine Untersuchung und Dokumentation der Durchblutung, Motorik und Sensibilität, um Begleitverletzungen auszuschließen. Insbesondere das Versorgungsgebiet des N. axillaris am lateralen M. deltoideus ist von Bedeutung, da dieser bei Luxationen oder proximalen Humerusfrakturen in Mitleidenschaft gezogen werden kann.

Die konventionelle Röntgendiagnostik in zwei Ebenen stellt die Standarddiagnostik dar. Neben der „true“ a. p. Aufnahme kann anstatt der axialen Aufnahme auch eine Y-Aufnahme erfolgen. Die Erweiterung der Diagnostik mittels CT und 3D-Rekonstruktion wird generell empfohlen (■ **Abb. 2**, [9]). Durch die 3D-Darstellung wird das Verständnis der Fraktur verbessert und Sonderformen wie Headsplit-Frakturen können dargestellt werden. Auf diese Weise wird die präoperative Planung der Therapiestrategie verbessert.

Zudem können über die CT frakturmorphologische Veränderungen dargestellt werden, die eine Aussage über die Durchblutung des Kopfes zulassen und damit prognoserelevant und therapieentscheidend sind. An der medialen Frakturlinie zwischen Kalotte und Schaft bildet sich eine dorsomediale metaphysäre Extension des Kalottenfragments. Ist dieser sog. „mediale Spickel“ kürzer als 8 mm, ist die ausreichende Kopfdurchblutung als kritisch einzustufen [8]. Zudem kann eine Ad-latus-Dislokation der Kalotte zu einem Zerreißen des Periosts führen („mediale Hinge“). Ab einer Dis-

**Infobox 1 Eigene Indikationskriterien zur operativen Versorgung**

- Tuberculum-majus-Frakturen
  - Dislokationen von  $\geq 2$  mm
  - Knöcherne Ausrisse der Rotatorenmanschette
- Collum-chirurgicum-Frakturen
  - Ad-latus-Dislokation  $>5$  mm
  - Abkipfung der Kalotte  $>20^\circ$
- Metaphysäre Trümmerzone
- Collum-anatomicum-Frakturen
- Headsplit-Frakturen
- Luxationsfrakturen
- Gefäß-/Nervenverletzung
- Persistierende Instabilität nach Reposition
- Repositionshindernis

lokation von 3 mm beginnt das Periost zu zerreißen und ab 6 mm zerreißt es komplett, die Kalottenperfusion wird dadurch vermindert, das Risiko einer Humeruskopfnekrose steigt und die korrekte anatomische Reposition ist erschwert [14, 20].

Im Vergleich zur CT ist es mit der MRT nach eigenen Untersuchungen möglich, dieselben frakturmorphologischen Informationen darzustellen [32]. Zudem ist das MRT in der Lage, zusätzliche Informationen zur Integrität der Rotatorenmanschette und der Kalottenperfusion zu liefern. Daher kann das MRT, als „neues Diagnostik-Tool“, bei Fragestellung der Kalottenperfusion bei komplexen Frakturen durchgeführt oder bei älteren Patienten ( $>65$  Jahre) zur Beurteilung degenerativer Veränderungen der Rotatorenmanschette herangezogen werden. Zudem kann es beim jungen Patienten als diagnostisches Werkzeug ohne Strahlenbelastung dienen.

**Konservative Therapie**

Für die Versorgung proximaler Humerusfrakturen bestehen aktuell keine einheitlichen Versorgungsstandards. Neben konservativen Therapieansätzen haben operative Eingriffe wie winkelstabile Plattenosteosynthese, intramedulläre Marknagelung und inverse Prothese gleichermaßen ihre Berechtigung, da für kein Therapieverfahren eine Überlegenheit nachgewiesen werden konnte [18]. Bei der Wahl des Therapiekonzeptes sind neben Patien-

Chirurg 2012 · 83:858–865 DOI 10.1007/s00104-012-2337-3  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

H. Lill · A. Ellwein · C. Katthagen · C. Voigt  
**Osteoporotische Frakturen am proximalen Humerus**

**Zusammenfassung**

Die Frakturen am proximalen Humerus zählen zu den typischen osteoporotischen Frakturen bei älteren Menschen mit steigender Inzidenz. In der Diagnostik spielt das CT mit 3D-Rekonstruktion zunehmend eine führende Rolle, da es durch seine dreidimensionale Darstellung das Verständnis für die Fraktur verbessert. Die daraus abzuleitende Klassifikation ist für die Entscheidung des Therapieverfahrens von Bedeutung. Aktuell wird eine erweiterte Form der Codman-Klassifikation mit ihren 4 und mehr Fragmenten verwendet mit einer zusätzlichen Beschreibung von Varus- oder Valgusdislokation und Impression oder Distraction. Da im Vergleich zwischen operativer und konservativer Therapie keine Überlegenheit eines Therapieverfahrens nachgewiesen werden konnte, haben beide Therapieformen ihre Berechtigung. Um eine frühfunktionelle Mobilisation mit einer frühzeitigen selbständigen Versorgung und Rück-

kehr in den Alltag zu gewährleisten, empfiehlt sich vor allem bei komplexeren Frakturen ein operatives Vorgehen. So empfehlen wir bei 2-Part-Frakturen eine intramedulläre Marknagelung, bei dislozierten mehrfragmentären Frakturen eine Plattenosteosynthese und bei Patienten ab 75 Jahren die Implantation einer primären inversen Schulterprothese mit Tuberkulärefixation. Neu bei den verbesserten Platten- und Nagelsystemen sind die Polyaxialität, die Kalkarschrauben und die Schrauben- und Plattendesigns sowie die Möglichkeit, Nägel arthroskopisch gestützt einzubringen und Platten zu entfernen mit einer im Bedarfsfall arthroskopischen Arthrolyse.

**Schlüsselwörter**

Proximale Humerusfraktur · Osteoporose · Konservative Therapie · Operative Therapie · 3D-Rekonstruktion

**Osteoporotic fractures of the proximal humerus**

**Abstract**

Fractures of the proximal humerus are typical osteoporotic fractures of the elderly with an increasing incidence. Computed tomography (CT) with 3D reconstruction plays a more and more decisive role in the diagnostics because of an improved understanding of fractures in 3D images. The resulting correct fracture classification has significance for the decision of the best therapy procedure. Currently an extended version of the Codman classification with its four and more fragments is used to give additive information about varus or valgus dislocation, impression or distraction. The comparison of conservative and operative treatment showed no predominance of one of the procedures, therefore both strategies are justified. An operative treatment is recommended in complex fractures. Thus, ear-

ly functional mobilization, early self-dependence and return to the activities of daily living are possible. Intramedullary nailing is advised in 2-part fractures, in dislocated multi-part fractures locking plating or a primary reverse shoulder arthroplasty with refixation of the tuberosities in patients over 75 years. However, the improved plate and nail systems with polyaxiality, calcar screws, modern plate and nails designs as well as the possibility of arthroscopy-assisted nail implantation or plate removal combined with arthroscopic arthrolysis are innovative.

**Keywords**

Proximal humerus fracture · Osteoporosis · Conservative treatment · Operative treatment · 3D images

tenalter und Frakturform die Compliance und der Anspruch des Patienten zu berücksichtigen.

Zur konservativen Therapie gibt es in jüngster Zeit eine Vielzahl an Studien [5, 17, 31, 36] und sie erlebt eine gewisse Renaissance. Krettek und Wiebking [17] arbeiteten in ihrer neuen Übersichtsarbeit heraus, dass die konservative Therapie der operativen ebenbürtig sei. Im funktionel-

len Ergebnis gäbe es keinen signifikanten Unterschied. Bei einer konservativen Therapie beträgt der mittlere Unterschied im Constant-Score zwischen verletzter und unverletzter Seite nach einem Jahr 8,2 Punkte [5]. Im Vergleich der Studien von Hanson et al. [5] und Südkamp et al. [29] kommen Krettek und Wiebking [17] zu dem Ergebnis, dass Komplikationen nach operativen Eingriffen (34%)

---

häufiger auftreten als bei einer konservativen Therapie (28,8%) und die postoperativ bedingte Revisionsrate mit 19% gegenüber 7,2% mehr als doppelt so hoch ist.

Auch Yüksel et al. [36] und Torrens et al. [31] weisen zufriedenstellende Ergebnisse bei der konservativen Therapie proximaler Humerusfrakturen nach. Bei einfachen Frakturen sind die Ergebnisse jedoch besser als bei komplexen. Daher sollte bei 4-Part-Frakturen das operative Vorgehen mit dem Patienten diskutiert werden. Die konservative Therapie führt letztendlich zu funktionell schlechteren Ergebnissen und einem verringerten Bewegungsausmaß. Dies zeigte jedoch keinen Einfluss auf die Lebensqualität der Patienten [31].

Diese guten Ergebnisse durch eine konservative Therapie zugrunde legend, wurde von Krettek und Wiebking ein Behandlungsalgorithmus entwickelt [17], welcher vorsieht, dass Patienten unter 60 Jahren bis zu einer Neer-I-klassifizierten Fraktur konservativ behandelt werden. Bei Patienten über 60 Jahren wird die Indikation weiter gestellt und dislozierte Frakturen werden ebenfalls konservativ behandelt. Vom konservativen Regime ausgeschlossen sind Luxations- und Headsplit-Frakturen, pathologische Frakturen, nicht reponierbare Schaftdislokationen über 50% und Frakturen mit offenem Weichteilschaden.

Die Empfehlung zur konservativen Therapie wird von uns etwas zurückhaltender gestellt. Wir empfehlen eine konservative Therapie bei stabilen Frakturen bis zu einer Dislokation  $<5$  mm oder Abkipfung der Kalotte  $<20^\circ$  [26, 33]. Erfolgt eine konservative Therapie, wird die Schulter für eine Woche ruhiggestellt und für eine weitere Woche werden Pendelübungen durchgeführt. Ab der 3. Woche darf die Schulter frühfunktionell mit freiem Bewegungsausmaß passiv und zunehmend aktiv-assistiv bewegt werden. Ab der 7. Woche ist zunehmende Belastung erlaubt.

Im Verlauf einer konservativen Therapie sind regelmäßige Röntgenkontrollen erforderlich (3./7./14. Tag, 3./6./12. Woche). Sollte es zu einer sekundären Dislokation kommen, ist die Indikation zum operativen Eingriff erneut zu überdenken.

# Hier steht eine Anzeige.

 Springer



**Abb. 3** ◀ 84-jähriger Patient. **a–d** Varisch impaktierte Humeruskopf-3-Segment-Fraktur nativradiologisch a. p. (**a**) und lateral (**b**), 3D-CT von ventral (**c**) und von dorsal (**d**). **e, f** Postoperativ: Nagelosteosynthese (Multiloc-Nagel, DePuy Synthes, Companies of Johnson-Johnson, Synthes GmbH, Freiburg, Germany. Neu: Kalkarschraube, Schraubenkonfiguration) a. p. (**e**) und lateral (**f**)

## Operative Therapie

Obwohl die Inzidenz proximaler Humerusfrakturen in den letzten Jahren konstant geblieben ist, ist es zu einer Zunahme operativer Eingriffe gekommen [1]. Zum einen ist der Aktivitätsanspruch der Patienten gestiegen und die Dislokationskriterien wurden enger gesteckt. Die Indikationskriterien zur operativen Versorgung sind in **Infobox 1** aufgeführt.

Ziel einer operativen Versorgung ist es, eine anatomische Reposition mit einer stabilen inneren Fixation herzustellen. Eine Analyse der Behandlungsmodalitäten von 1985 bis 2004 [18] kommt zu folgender Empfehlung: Versorgung von

- 2-Part-Frakturen mit Nagelosteosynthese,
- 3-Part-Frakturen mit Plattenosteosynthese und

- komplexen Frakturen mit Frakturprothesen.

Bezüglich der 4-Part-Frakturen ist keine einheitliche Aussage möglich.

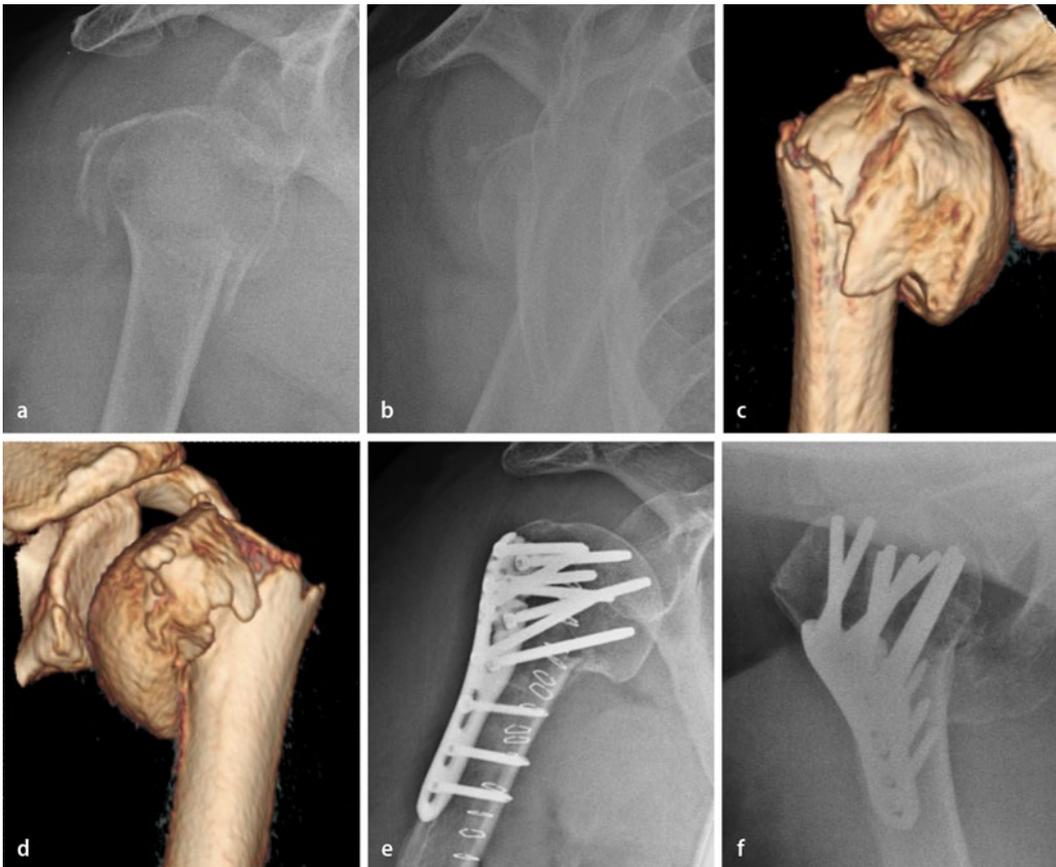
Der Vorteil der operativen Therapie gegenüber einer konservativen liegt darin, dass die Pflege des alten Patienten erleichtert und eine frühfunktionelle Mobilisation des Patienten möglich ist. Somit weisen die Patienten postoperativ einen höheren Grad an Selbständigkeit auf und können frühzeitig in ihren Alltag zurückkehren.

Neu sind auch die sog. „minimal-invasiven Plattenosteosynthesen“. Der Begriff „minimal-invasiv“ ist vorsichtig anzuwenden und meint: anatomischer Zugang, geringe Knochen- und Weichteilkompromittierung und stabile Osteosynthese. Die Platten-/Schraubendesigns sind

ebenfalls neu und verbessert: Polyaxialität, Kalkarschrauben, stumpfe Schraubenden und dickere Schrauben zum höheren Bone-Implantat-Interface. Auch die Nagelsysteme weisen Neuigkeiten auf: Konfiguration der Bolzen im Kopf und Schaft, Kalkarschrauben, anterograde (z. B. arthroskopisch gestützt) und auch retrograde Implantationsmöglichkeiten.

## Intramedulläre Marknagelung

Die Nagelosteosynthese ist ein ideales Verfahren bei 2-Part-Frakturen sowie in den Schaft reichenden Spiralfrakturen (**Abb. 3**). Der Vorteil eines Marknagels liegt in der geschlossenen Reposition und intramedullären Implantatlage. Als Nachteil ist die Eröffnung des M. supraspinatus am Nageleintrittspunkt zu sehen. Zudem konnte gezeigt werden, dass der Na-



**Abb. 4** ◀ 68-jährige Patientin. **a–d** Varisch impaktierte Humeruskopf-4-Segment-Fraktur nativradiologisch a. p. (**a**) und lateral (**b**), 3D-CT von ventral (**c**) und von dorsolateral (**d**). **e, f** Postoperativ: winkelstabile Philos-Plattenosteosynthese mit Dynamic Locking-Screws (DePuy Synthes, Companies of Johnson-Johnson, Synthes GmbH, Freiburg, Germany) a. p. (**e**) und lateral (**f**, überprojizierte Hautklammern)

geleintrittspunkt die Dislokation signifikant beeinflusst [24]. Daher stellt das arthroskopisch gestützte Einbringen des Marknagels, mit visualisiertem Nageleintrittspunkt, eine Alternative zum offenen Verfahren dar [21]. Auf diese Weise kann die korrekte Lage zusätzlich zum intraoperativen Röntgen auch in der a. p. Ausdehnung der Kalotte genauer bestimmt, der Nagel unter Sicht eingebracht und die subchondrale Lage kontrolliert werden. Zudem ist eine Beurteilung der Rotatorenmanschette möglich. Anschließend kann die Nageleintrittsstelle am M. supraspinatus arthroskopisch durch eine Seit-zu-Seit-Naht verschlossen werden.

Die Studie von Mittlmeier et al. [22] zeigt am Beispiel des Targon-Nagels (Targon PH; Aesculap, Tuttlingen, Germany), dass der intramedulläre Nagel auch am osteoporotischen Knochen eine hohe Primärstabilität aufweist. Es treten jedoch auch bei diesem Verfahren häufig Komplikationen auf. Trotz hoher, unter Beachtung der Frakturmorphologie mit der winkelstabilen Plattenosteosynthese

vergleichbarer Komplikationsraten sind die funktionellen Ergebnisse gut und mit denen primärer Prothesen vergleichbar.

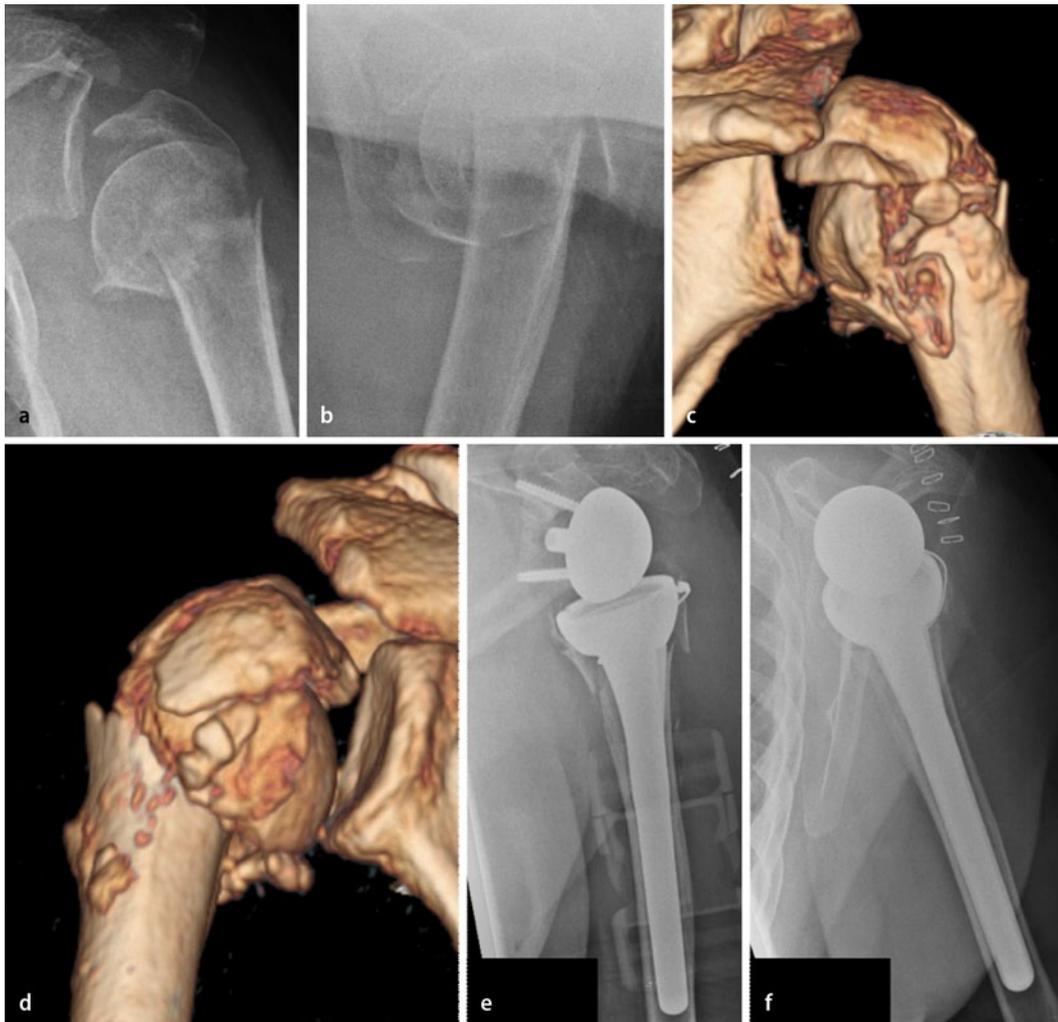
### Winkelstabile Plattenosteosynthese

Osteoporotische Knochenfrakturen weisen oftmals komplexe Frakturmuster auf. Handelt es sich um rekonstruierbare dislozierte Multipartfrakturen (3-, 4-, 5-, „free-part“), ist die winkelstabile Plattenosteosynthese das Verfahren der Wahl (▣ **Abb. 4**). Klassischerweise wird der deltoideopektorale Zugang gewählt. Im Gegensatz zum Deltasplit ermöglicht dieser Zugang eine Erweiterung nach distal ohne die Gefahr einer Schädigung des N. axillaris. Zudem sind die funktionellen Ergebnisse nach 12 Monaten beim deltoideopektorale Zugang besser und die Werte im Constant Score höher [7]. Aufgrund der mangelhaften Knochenstruktur bei osteoporotischem Knochen ist auf eine hohe Stabilität unter anderem durch eine mediale Abstützung zu achten („medialer Support“). Die Plattenosteosynthese ermöglicht das Einbringen einer sog. Kal-

karschraube im inferioren medialen Bereich, welche eine verbesserte mechanische Abstützung der medialen Säule bietet und das Risiko einer sekundären Varusabkippung senkt [4]. Zudem sollen verbesserte Platten-Schrauben-Systeme mit Dynamic Locking Screws (DLS; DePuy Synthes, Companies of Johnson-Johnson, Synthes GmbH, Freiburg, Germany) das Nachsintern und die Schraubenperforation durch die Kalotte verhindern.

» Eine der häufigsten Komplikationen ist die Schraubenperforation bei varischem Abkippen des Humeruskopfes

Trotzdem stellt sich die Frage: Ist Osteoporose ein Risikofaktor für Komplikationen nach plattenosteosynthetischer Versorgung? Komplikationsraten zwischen 19–35% wurde festgestellt [29]. Als die beiden häufigsten Komplikationen bei osteoporotischen Knochen werden das va-



**Abb. 5** ◀ 74-jährige Patientin. **a–d** Varus impaktierte, dislozierte Humeruskopf-3-Segment-Fraktur nativradiologisch a. p. (**a**) und lateral (**b**), 3D-CT von ventral (**c**) und von dorsal (**d**). **e, f** Postoperativ: Implantation einer zementfreien inversen Schulterprothese mit Tubercula Refixation (Draht-Cerclage) a. p. (**e**) und lateral (**f**)

rische Abkippen des Humeruskopfes mit Schraubenperforation und der Implantatausriss aus dem Schaft bei stabiler Humeruskopffixierung beschrieben [10]. Während Krappinger et al. einen signifikanten Zusammenhang zwischen Knochendichte und Komplikationsrate feststellen konnte [15], wurde dies in der Untersuchung von Hepp et al. nicht bestätigt [6].

Sollte es dennoch in der Folge notwendig sein, einzelne Schrauben oder gar die gesamte Osteosynthese zu entfernen, so ist dies inzwischen vollständig arthroskopisch möglich [12]. Die Ergebnisse sind mit einer offenen Metallentfernung vergleichbar und bieten vor allem im Hinblick auf das Alter der Patienten die Vorteile eines minimal-invasiven Vorgehens (geringeres Morbiditätsrisiko, geringeres Gewebetrauma, weniger Blutverlust, reduziertes Infektrisiko). Zudem ist die gleichzeitige Therapie intraartikulärer Be-

gleitpathologien möglich, was in diesem Maße bei einem offenen Vorgehen nicht möglich wäre. Somit lässt sich die Beweglichkeit einer häufig aufgetretenen posttraumatischen Arthrofibrose durch die gleichzeitige Durchführung einer Arthrolyse verbessern.

### Prothese

Eine weitere Möglichkeit der operativen Versorgung ist die Schulterprothese (▣ **Abb. 5**). Als Indikation zur Implantation einer primären Frakturprothese zählen Headsplit- und Luxationsfrakturen, schalenförmige Kalottenfragmente und nicht rekonstruierbare Frakturen. Zudem gilt sie als Alternative zur Osteosynthese bei osteoporotischer Knochenstruktur. Bis vor wenigen Jahren war die Implantation einer anatomischen Frakturprothese der Standard. Bei diesen Prothesen ist das

funktionelle Ergebnis maßgeblich von der Einheilung der Tuberkula und Funktionsfähigkeit der Rotatorenmanschette abhängig. Insbesondere bei älteren Patienten mit Osteoporose treten hier Probleme auf und es kommt zu Dislokationen der Tuberkula oder Tuberkularesorptionen [27]. Die daraus folgende Dysfunktion der Rotatorenmanschette geht mit einer Funktionseinschränkung der Schulter einher [10, 17]. Aufgrund dieser Probleme wird die inverse Schulterprothese zunehmend als primäre Frakturprothese beim alten Menschen (>75 Jahre), wenn möglich mit Refixation der Tuberkula, empfohlen [10, 17, 34], was sicherlich als neuer Trend zu werten ist. Eine Weiterentwicklung stellen modulare Systeme dar, die bei Bedarf auf eine inverse Prothese ohne Wechsel des Schaftes gewechselt werden können.

## Fazit für die Praxis

- Die Fraktur ist durch Röntgenaufnahmen, 3D-CT und ggf. MRT exakt zu diagnostizieren.
- Die Klassifikation der Fraktur ist nach der erweiterten Segmentklassifikation (2-, 3-, 4-, 5- und mehrere Fragmente, „free-part“) mit Beschreibung der Varus- oder Valgusdislokation und Impaktion oder Distraction vorzunehmen. Zusätzlich wird in Luxations- und Headsplit-Frakturen unterteilt.
- Die konservative Therapie erlebt eine Renaissance mit neuen, vergleichenden Studien (sie ist bei den dislozierten Frakturen weiterhin kritisch zu sehen).
- Beim operativen Vorgehen sind die Osteosyntheseimplantate verbessert und teilweise neu: Die intramedulläre Marknagelung (gerader, anterograder Nagel) wird idealerweise bei 2-Part-Frakturen eingesetzt. Mehrfragmentäre dislozierte Frakturen werden mit einer winkelstabilen Platte versorgt („medialer support“, „Kalkarschrauben“). Die primäre inverse Prothese ist bei Patienten über 75 Jahren zu empfehlen (Tuberkularexfixation!).
- Inwieweit der Osteoporosegrad einen Einfluss auf die Komplikationsrate hat, wird in der Literatur uneinheitlich beschrieben. Fest steht allerdings: Je höher das Alter, desto komplexer die Fraktur und je komplexer die Fraktur, desto schlechter das Ergebnis und höher die Komplikationsrate.

## Korrespondenzadresse

### Prof. Dr. H. Lill

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Abteilung des Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhauses Hamburg, Diakoniekrankenhaus Friederikenstift gGmbH, Humboldtstr. 5, 30169 Hannover  
helmut.lill@ddh-gruppe.de

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt für sich und seine Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

1. Bell J, Leung B, Spratt K et al (2011) Trends and variation in incidence, surgical treatment, and repeat surgery of proximal humeral fractures in the elderly. *J Bone Joint Surg Am* 93:121–131
2. Codman E (1934) Rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa. In: *The Shoulder*. Thomas Todd, Boston, S 262–293
3. D'Elia G, Roselli G, Cavalli L et al (2010) Severe osteoporosis: diagnosis of non-hip non-vertebral (HNNV) fractures. *J Bone Miner Metab* 7:85–90
4. Gardner M, Weil Y, Baker J et al (2007) The importance of medial support in locked plating of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma* 21:185–191
5. Hanson B, Neidenbach P, Boer P et al (2009) Functional outcomes after nonoperative management of fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 18:612–621
6. Hepp P, Theopold J, Osterhoff G et al (2009) Bone quality measured by the radiogrammetric parameter „cortical index“ and reoperations after locking plate osteosynthesis in patients sustaining proximal humerus fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 129:1251–1259
7. Hepp P, Theopold J, Voigt C et al (2008) The surgical approach for locking plate osteosynthesis of displaced proximal humeral fractures influences the functional outcome. *J Shoulder Elbow Surg* 17:21–28
8. Hertel R (2005) Fractures of the proximal humerus in osteoporotic bone. *Osteoporos Int* 16 (Suppl. 2):65–72
9. Hirzinger C, Tauber M, Resch H (2011) Die Fraktur des proximalen Humerus: Neue Aspekte in der Epidemiologie, Frakturmorphologie und Diagnostik. *Unfallchirurg* 114:1051–1058
10. Jaeger M, Maier D, Izadpanah K et al (2011) Grenzen der Rekonstruktion – Prothesen. *Unfallchirurg* 114: 1068–1075
11. Kannus P, Palvanen M, Niemi S et al (2009) Rate of proximal humeral fractures in oder Finnisch women between 1970 and 2007. *Bone* 44:656–659
12. Katthagen C, Jensen G, Hennecke D et al (2012) Arthroscopic implant removal after fixed angle plate osteosynthesis of the proximal humerus: technique and initial results in comparison to open implant removal. *Unfallchirurg* 115:47–54
13. Kim H, Szabo R, Marder R (2012) Epidemiology of humerus fractures in the United States: Nationwide emergency department sample, 2008. *Arthritis Care Res* 64:407–414
14. Kralinger F, Unger S, Wambacher M et al (2009) The medial periosteal hinge, a key structure in fractures of the proximal humerus: a biomechanical cadaver study of its mechanical properties. *J Bone Joint Surg Br* 91:973–976
15. Krappinger D, Bizzotto N, Riedmann S et al (2011) Predicting failure after surgical fixation of proximal humerus fractures. *Injury* 42:1283–1288
16. Krappinger D, Roth T, Gschwenter M et al (2012) Preoperative assessment of the cancellous bone mineral density of the proximal humerus using CT data. *Skeletal Radiol* 41:299–304
17. Krettek C, Wiebking U (2011) Proximale Humerusfraktur: Ist die winkelstabile Plattenosteosynthese der konservativen Behandlung überlegen? *Unfallchirurg* 114:1059–1067
18. Lanting B, MacDermid J, Drosdowech D et al (2008) Proximal humeral fractures: a systematic review of treatment modalities. *J Shoulder Elbow Surg* 17:42–54
19. Lill H, Hepp P, Oestermann J et al (2002) Alters- und geschlechtsabhängige Knochenmineraldichteverteilung und mechanische Eigenschaften des proximalen Humerus. *Fortschr Röntgenstr* 174:1544–1550
20. Lill H, Josten C (2000) Proximale und distale Humerusfrakturen im hohen Alter. *Orthopäde* 29:327–341
21. Lill H, Katthagen C, Hertel A et al (2012) All-arthroscopic intramedullary nailing of 2- and 3-part proximal humeral fractures: a new arthroscopic technique and preliminary results. *Arch Orthop Trauma Surg* 132:641–647
22. Mittlmeier T, Stedtfeld H, Ewert A et al (2003) Stabilization of proximal humeral fractures with an angular and sliding stable antegrade locking nail (Targon PH). *J Bone Joint Surg Am* 85-A(Suppl. 4):136–146
23. Neer C (1970) Displaced proximal humerus fractures. Part I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 52:1077–1089
24. Noda M, Saequsa Y, Maeda T (2011) Does the location of the entry point affect the reduction of proximal humeral fractures? A cadaveric study. *Injury* 42(Suppl. 4):35–38
25. Palvanen M, Kannus P, Niemi S et al (2006) Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res* 442:87–92
26. Platzer P, Thalhammer G, Oberleitner G et al (2008) Displaced fractures of the greater tuberosity: a comparison of operative and nonoperative treatment. *J Trauma* 65:843–848
27. Reuther F, Mühlhäusler B, Wahl D et al (2010) Functional outcome of shoulder hermiarthroplasty for fractures: a multicentre analysis. *Injury* 41:606–612
28. Ruedi T, Buckley R, Moran C (Hrsg) (2008) AO-Prinzipien des Frakturmanagements. Thieme, Stuttgart
29. Südkamp N, Bayer J, Hepp P et al (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* 91:1320–1328
30. Tingart M, Apreleva M, Stechow D et al (2003) The cortical thickness of the proximal humeral diaphysis predicts bone mineral density of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg Br* 85:611–617
31. Torrens C, Corrales M, Vilà G et al (2011) Functional and quality-of-life results of displaced and nondisplaced proximal humeral fractures treated conservatively. *J Orthop Trauma* 25:581–587
32. Voigt C, Ewig M, Vosschenrich R et al (2010) Wertigkeit der MRT in der präoperativen Diagnostik proximaler Humerusfrakturen vs. CT und konventionelles Röntgen. *Unfallchirurg* 113:378–385
33. Voigt C, Lill H (2006) Indikation zur Operation und operative Differentialtherapie. In: Lill H (Hrsg) *Die proximale Humerusfraktur*. Thieme, Stuttgart-New York
34. Voigt C, Lill H (2011) Innovationen und Prognose. *Unfallchirurg* 114:1083–1090
35. Warriner A, Patkar N, Curtis J et al (2011) Which fractures are most attributable to osteoporosis? *J Clin Epidemiol* 64:46–53
36. Yüksel H, Yilmaz S, Aksahin E et al (2011) The results of nonoperative treatment for three- and four-part fractures of the proximal humerus in low-demand patients. *J Orthop Trauma* 25:588–595