



Proximale Humerusfraktur – was sagt die aktuelle Literatur?

Einleitung

Mit 4–5 % aller Frakturen des erwachsenen Menschen bleibt die proximale Humerusfraktur (PHF) auch 2018 Gegenstand der aktuellen Forschung [43]. Durch die alternde Gesellschaft und den hieraus resultierenden Demografiewandel stellt die proximale Humerusfraktur inzwischen die dritthäufigste Fraktur des alternden Patienten dar [6]. Hieraus resultieren neue Herausforderungen an Implantatmaterial, Operationstechnik und nicht zuletzt das ärztliche Handeln. Der folgende Artikel soll basierend auf den bisherigen Erkenntnissen die Neuerungen der letzten Jahre aufzeigen.

Unverändert ist die am häufigsten vorliegende Frakturmorphologie die klassische 2-Segment-Fraktur im Bereich des Collum chirurgicum nach niedrigenergetischem Trauma auf die Schulter, wie Sturz aus dem Stand [3, 28]. Nach primärem Traumaereignis bleiben 30–80 % dieser Frakturen unverschoben [3, 19].

» Aufgrund des Demografiewandels ist die Anzahl an komplexeren 3- und 4-Segment-Frakturen gestiegen

Aufgrund des Demografiewandels und den damit einhergehenden Faktoren wie einer zunehmenden Inzidenz von Osteoporose und weiteren Begleiterkrankungen ist die Anzahl an komplexeren 3- und 4-Segment-Frakturen gestiegen [1].

Als kritische Grenze hat sich ein Alter von 65 bis 70 Jahren herausgestellt, da hier

bei Frauen eine signifikante Minderung der Knochendichte zu beobachten ist [1].

Insgesamt ist das Patientenkollektiv größtenteils weiblich, wobei der Anteil an männlichen Patienten mit PHF zunimmt. 1970 lag das Verhältnis von weiblichen zu männlichen Patienten bei 3,6/1 [42], 2010 noch bei 2,43/1 [28].

Klassifikation und bildgebende Diagnostik

Aufgrund der oben genannten Veränderung der Frakturmorphologie und neuen Versorgungsmöglichkeiten ist der Anspruch an eine Klassifikation gestiegen. Ziel einer Klassifikation ist es, eine Therapiestrategie ableiten und die Prognose hinsichtlich des klinischen Outcomes abschätzen zu können. Grundlage für die meisten Klassifikationssysteme im klinischen Alltag ist weiterhin die 1934 beschriebene Segmenttheorie nach Codman, welche die Fraktur entsprechend ihrer vier Hauptfragmente beschreibt (Kallotte, Schaft, Tuberculum majus und minus).

Aufgrund dessen setzt sich zunehmend die Klassifikation nach Resch durch, welche neben der deskriptiven Komponente der Klassifikationssysteme nach Neer [37] und Hertel [15] pathomorphologischen Kriterien mit einbezieht, die sich als prognostisch oder therapeutisch relevant erwiesen haben (Abb. 1; [45]). Im klinischen Alltag hat sich folgende Beschreibung als praktikabel erwiesen:

- Unterteilung nach der Anzahl der Fragmente in 2- bis 4-Segment-Frakturen,

- Angulation des Kopfes in Relation zum Schaft: Varus- oder Valgusmalformation,
- Beschreibung einer impaktierten oder distrahierten Frakturformation,
- Sonderformen: Luxations- und Headsplit-Fraktur,
- Isolierte Tuberculum-majus-Fraktur als Sonderform der 2-Segment-Fraktur.

Für eine präzise Klassifizierung hat sich die Computertomographie (CT) mit dreidimensionaler (3-D-)Rekonstruktion in den letzten Jahren zum Standard entwickelt. Sie ist nach Meinung der Autoren obligat, um Implantatwahl und operative Strategie festzulegen. Besonders prognose- und damit therapie-relevante Aussagen zur Durchblutung des Humeruskopfes können anhand dieser Aufnahmen besser getroffen werden. Unter anderem sind dies:

- Frakturen des Collum anatomicum,
- ein kurzes Kalkarsegment <8 mm,
- Zerreißen des medialen Hinges,
- Head-split-Frakturen,
- 4-Segment-Frakturen oder Angulationen des Humeruskopfes >45°,
- Luxationsfrakturen,
- metaphysäre Trümmerzone,
- mehrfragmentäre Tuberculum-majus-Frakturen,
- große Dislokation der Tuberkula [5, 15, 16, 26, 35].

Besonderes Augenmerk bedarf der medialen Kalkarregion. Fehlt hier die mediale Abstützung, droht der Humeruskopf in Varusfehlposition abzurutschen, was neben Minderung des Bewegungs-

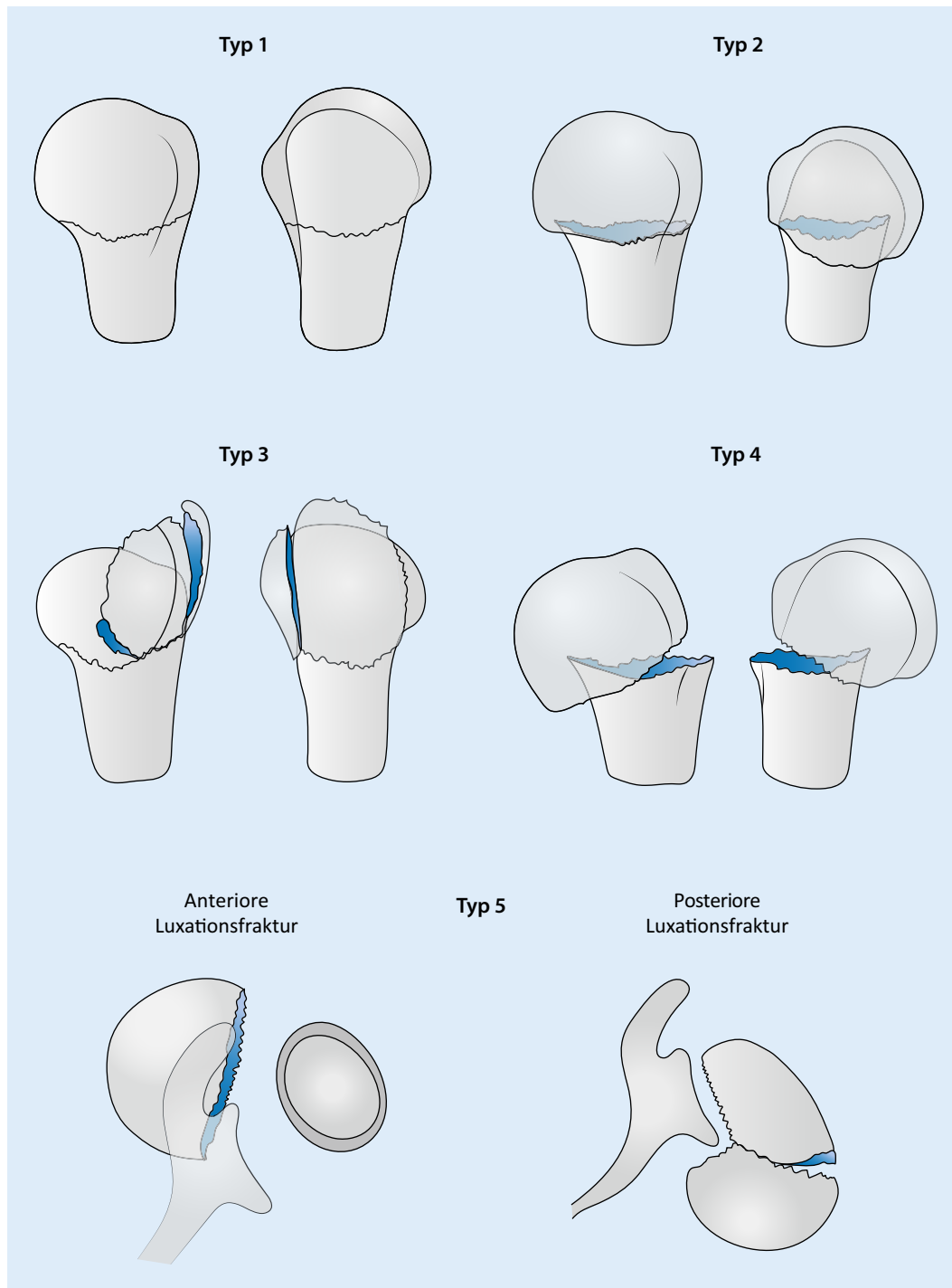


Abb. 1 ◀ Klassifikation nach Resch [45]: Typ 1 undisloziert, Typ 2 Verkipfung in der Sagittalebene, Typ 3 Valgusfehlstellung, Typ 4 Varusfehlstellung, Typ 5 Luxationsfraktur anterior/posterior

ausmaßes eine sekundäre Perforation der Humeruskopfschrauben zur Folge hat [41].

Therapie

Als letzte große prospektive, randomisierte Studie wurde 2015 die PROFHER-Studie („Proximal Fracture of the Humerus Evaluation by Randomization Trial“) veröffentlicht.

In der Multicenterstudie mit 33 britischen Krankenhäusern verglichen die Autoren die Ergebnisse von operativem und konservativem Vorgehen bei 250 Patienten mit dislozierten proximalen Humerusfrakturen bei einem Follow-up von 2 Jahren [44]. Die Autoren konnten keinen signifikanten Unterschied bei der Therapieoptionen bezogen auf den Oxford Shoulder Score und SF-12 nach-

weisen. Schwächen in Studiendesign und Methodik lassen jedoch keine generelle Aussage der Ergebnisse zu. So wurden von 1250 Patienten 1000 nicht in die Studie eingeschlossen: Ausschlusskriterien stellten u. a. Komorbiditäten, eine grobe Dislokation, Luxationsfrakturen oder eine klare Indikation zur operativen Therapie dar. Das mangelhafte Studiendesign und die daraus resultierende ein-

geschränkte Aussagekraft der Ergebnisse deckt sich mit den viel zitierten Studien in der jüngeren Vergangenheit [39, 40].

Bei korrekter Indikationsstellung und engmaschigen klinischen Verlaufskontrollen ist bei Patienten mit stabilen un- oder gering dislozierten Humeruskopf-frakturen ein konservatives Vorgehen angezeigt [23]. Der tolerierte Dislokationsgrad des Kalottenfragments wird in der Literatur bei <5 mm angegeben, <2 mm für das Tuberculum majus sowie Achsabweichungen <20 % [29].

In der Nachbehandlung wird die Schulter für eine Woche ruhiggestellt, gefolgt von Pendelübungen für eine weitere Woche. Ab der 3. Woche ist eine frühfunktionelle Nachbehandlung mit freiem Bewegungsausmaß ohne Belastung bis Abschluss der 6. Woche zu empfehlen, wobei das passive und zunehmend aktiv assistive Bewegungsausmaß unter physiotherapeutischer Anleitung langsam erweitert wird. Radiologische Verlaufskontrollen sind 7 Tage nach Trauma, sowie nach 3 und 6 Wochen erforderlich. Zeigt sich nach 6 Wochen eine zunehmende Konsolidierung ohne Frakturdislokation, ist ein Belastungsaufbau erlaubt [29]. Bei sekundärer Dislokation der Fraktur sollte frühzeitig die Re-evaluation einer Operationsindikation erfolgen.

» Bei der Wahl der Frakturversorgung wird der Patient individuell betrachtet

Bei der Wahl der Frakturversorgung wird der Patient individuell betrachtet. So spielen neben Frakturmorphologie auch Alter, Begleitverletzungen, Komorbidität und der funktionelle Anspruch des Patienten eine Rolle. Ziel einer operativen Versorgung ist stets eine frühfunktionelle Mobilisation [7].

Wird die Indikation zur operativen Therapie gestellt, muss zwischen gelenkerhaltenden Therapien wie Platten- oder Nagelosteosynthese und primär endoprothetischen Versorgungsmethoden unterschieden werden. Operationspflichtige geringe oder undislozierte Tuberculum-majus-Frakturen können darüber hinaus auch arthroskopisch

Obere Extremität <https://doi.org/10.1007/s11678-018-0496-7>
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018

M. Warnhoff · H. Lill · G. Jensen · A. Ellwein · R.-O. Dey Hazra

Proximale Humerusfraktur – was sagt die aktuelle Literatur?

Zusammenfassung

Die proximale Humerusfraktur bleibt als dritthäufigste Fraktur des alternierenden Menschen dynamisch abgebildet in aktueller Literatur und neuen Innovationen. Besonders kontrovers wurde die 2015 vorgestellte PROFHER-Studie („Proximal Fracture of the Humerus Evaluation by Randomization Trial“) diskutiert, welche ein vergleichbares Outcome von konservativem und operativem Vorgehen bei proximalen Humerusfrakturen beschrieb. Bezogen auf die operative Versorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese ist in der aktuellen Literatur ein Rückgang der Komplikationsrate auf 12,8 % zu beobachten. Innovationen der letzten Jahre sind v. a. polyaxiale Schraubensysteme, zementaugmentierte Schrauben, carbonfaserverstärkte Platten aus dem Kunststoff Polyetheretherketon (PEEK), Doppelplattenosteosynthese bei komplexen 4-Segment-Frakturen, arthroskopisch assistierte Versorgung von Tuberculum-majus-Frakturen und arthroskopisch assistierte

Arthrolyse und Metallentfernung. Bei den dislozierten „fragility fractures of the elderly“ geht der Trend zu einer primär endoprothetischen Versorgung, wenn ein konservatives Vorgehen nicht möglich ist. Dies deckt sich mit der aktuellen Studienlage, welche ein besseres klinisches Outcome nach primärer Implantation einer Endoprothese aufzeigt. Hier hat sich die inverse Schulterprothese gegenüber anatomischen Frakturprothesen durchgesetzt. Innovationen sind hier die zunehmende Bedeutung der Refixation der frakturierten Tubercula mit Cerclage-systemen sowie neue Prothesenmodelle mit integrierten Refixationsmöglichkeiten. Zusammenfassend verbleibt die Versorgungsstrategie eine Individualentscheidung, bei der Frakturmorphologie, Patient und Expertise des Operateurs bedacht werden müssen.

Schlüsselwörter

Osteosynthese · Tuberculum majus · Augmentation · Schulterprothese · Prothese

Proximal humeral fractures—what is new?

Abstract

The proximal humeral fracture (PHF) is the third most common fracture in older patients, and therefore new literature on it is dynamic and published on a regular basis. Especially the PROFHER study, which described similar outcomes between invasive and conservative treatments in PHF, was subject to controversial public discussion. The weak study design and its resulting low statistical power make it comparable to previous studies. Mentionable innovations of the past 2 years are polyaxial screw systems, cement augmentation through cannulated screws, carbon fibre reinforced PEEK, double-plate osteosynthesis in 4-part fractures, arthroscopy-assisted treatment of greater tuberosity fractures and arthroscopy-assisted arthrolysis and metal removal. “Fragility fractures of the elderly” tend to be treated

with a total shoulder arthroplasty in case conservative treatment approaches fail. This is congruent with recent literature, which indicates a better outcome after primary implantation of an endoprosthesis. Reverse total shoulder arthroplasty is currently the most promising therapy. The increasing uses of tuberosity-refixation, as well as new refixation-enabled prosthesis models are innovative designs. However, the means of treatment remain to be an individual decision in which the patient, the type of fracture and the experience of the surgeon need to be taken into consideration.

Keywords

Osteosynthesis · Greater tubercle · Augmentation · Shoulder arthroplasty · Prosthesis

oder arthroskopisch gestützt versorgt werden [9].

Bei fehlender Rekonstruierbarkeit der Fraktur oder vorbestehender Rotatoren-manschetteninsuffizienz besteht die Indikation zur Implantation einer primären, meist inversen Schulterprothese [22, 33].

Gelenkerhaltende operative Therapie

Indikationen zur operativen Therapie einer proximalen Humerusfraktur sind:
— Dislokationen des Tuberculum majus >2 mm,

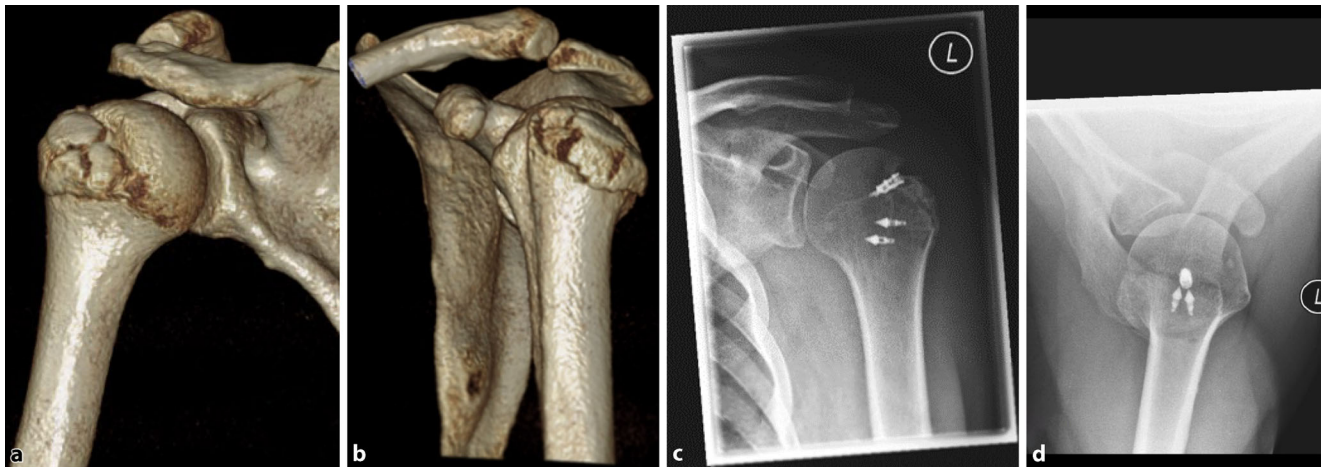


Abb. 2 ▲ 46-jähriger Patient mit knöchernem SSP-Ausriss nach traumatischer Schultererstluxation: Computertomographie (CT) mit 3-D-Rekonstruktion von dorsal (a) und lateral (b). Postoperative Röntgenbilder nach arthroskopischem „packing“ (c, d)

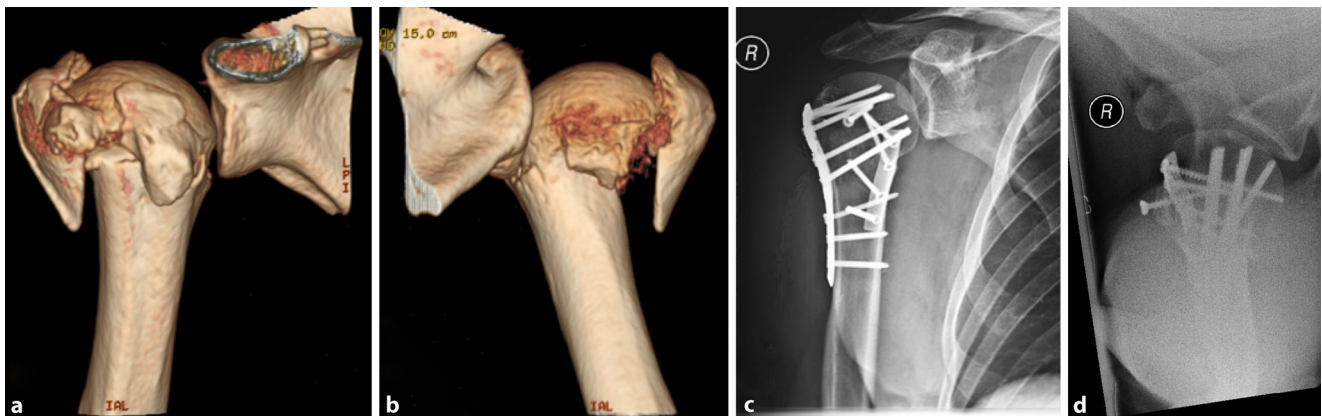


Abb. 3 ▲ 45-jähriger Patient mit valgisch impaktierte 4-Segment-Fraktur: Computertomographie (CT) mit 3-D-Rekonstruktion mit Blick von ventral (a) und dorsal (b). Osteosynthese mit Doppelplattenosteosynthese und freier Schraube (c, d)

- Dislokation des Kalottenfragments >20° (45°) Achsabweichung oder >5 mm (10 mm) ad latus,
- Head-split-Frakturen,
- Luxationsfrakturen,
- neurovaskuläre Begleitverletzungen,
- Frakturen des Collum anatomicum,
- metaphysäre Trümmerzone,
- eine fehlende mediale Abstützung,
- offene oder pathologische Frakturen.

Stellt man die Operationsindikation zur gelenkerhaltenden Therapie sollte das Ziel die anatomische Rekonstruktion sein [49].

Abhängig von Frakturmorphologie und Komplexität wird zwischen verschiedenen Osteosyntheseverfahren gewählt. Bei operationspflichtigen isolierten Frak-

turen des Tuberculum majus ist eine arthroskopische Rekonstruktion durch Schraubenosteosynthese oder ein arthroskopisch gestütztes „packing“ in Suture-bridging-Technik eine minimalinvasive Alternative zur offenen Rekonstruktion (■ Abb. 2; [9, 32]). Eine Verheilung in Fehlposition des Tuberculum majus führt zu subakromialem Impingement und deutlichen Einschränkungen der Abduktion und Außenrotation. Die verringerte Vorspannung durch Dislokation nach kranio-medial hat zudem negativen Einfluss auf die Schulterkraft. Die Indikation zur operativen Therapie wurde hierbei in den letzten Jahren enger gesteckt, insbesondere auch bei kleinfragmentären Frakturen, da es sich hier um häufig instabile Sehnenaustrisse

(M. supra- und infraspinatus) handelt. Dislokationen ≥ 2 mm sollten korrigiert werden [2, 10].

Monofragmentäre Tuberculum-majus-Frakturen können mittels Schrauben arthroskopisch unter Sicht genau eingepasst und fixiert werden [32]. Bei mehrfragmentären Frakturen des Tuberculum majus mit Beteiligung der Supraspinatussehneninsertion setzt sich zunehmend das arthroskopisch assistierte „packing“ durch, welches eine flächige Fixation durch zweireihige Ankerplatzen und dazwischen liegende Fadenbrücken bietet (■ Abb. 2; [9]). Zu den bekannten Vorteilen einer minimalinvasiven Operation kommt die Möglichkeit der Behandlung von Begleitpathologien.

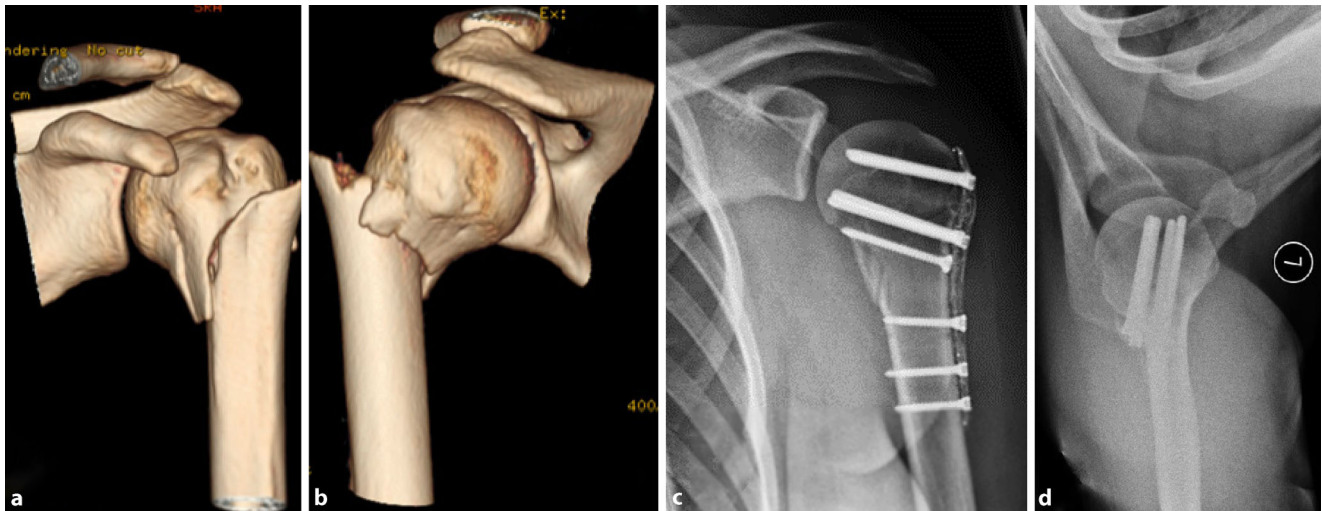


Abb. 4 ▲ 17-jährige Patientin mit varisch dislozierter 2-Segment-Fraktur: Computertomographie (CT) mit 3-D-Rekonstruktion mit Blick von ventral (a) und dorsolateral (b). Osteosynthetische Versorgung mittels winkelstabiler PEEK-Platte (c, d)

Eine 2016 veröffentlichte Studie zum arthroskopisch assistierten „packing“ von Ji et al. [17] mit 40 Patienten und einem mittleren Follow-up von 32 Monaten zeigte bei 37 der Patienten sehr gute oder gute klinische Ergebnisse (ASES-Score, American Shoulder and Elbow Surgeon Score) und ein mittleres Bewegungsausmaß von 157° Anteversion, 157° Abduktion, 37° Außenrotation und Innenrotation bis Th11.

» Standard ist die Rekonstruktion der proximalen Humerusfraktur mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese

Die Rekonstruktion der proximalen Humerusfraktur mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese stellt nach wie vor das Hauptverfahren dar. Bei korrekter anatomischer Rekonstruktion sind gute funktionelle Ergebnisse zu erwarten [12, 38, 52]. Wichtig für ein gutes postoperatives Ergebnis ist die korrekte Operationstechnik mit anatomischer Reposition der Fraktur sowie die Sicherstellung der medialen Abstützung. Krappinger et al. [27] untersuchten die Ursachen von Osteosyntheseversagen bei proximalen Humerusfrakturen und nannten hierfür

- hohes Alter,
- niedrige lokale Knochendichte,
- nichtanatomische Reposition

– und unzureichenden medialen Support.

Um ein sekundäres Abkippen des Humeruskopfes in Varusmalformation zu verhindern ist die Sicherstellung der medialen Abstützung von großer Bedeutung. Wichtig ist hierfür das Einbringen einer Kalkarschraube [41].

Sollte bei einer 4-Segment-Fraktur die anatomische Reposition nicht allein durch die von lateral eingebrachte Osteosyntheseplatte zu erreichen sein, kann eine zusätzliche Platte von ventral eingebracht werden, welche das Tuberculum minus abstützt, wie die Autoren des Artikels empfehlen (Abb. 3; [55]).

Hinsichtlich der Operationstechnik empfiehlt es sich nach Meinung der Autoren, hierbei ggf. vorausschauend eine primäre Tenodese der langen Bizepssehne durchzuführen, um spätere Komplikationen zu vermeiden.

Postoperative Komplikationen sind oftmals auf eine osteoporotische Knochensubstanz zurückzuführen. Die häufigsten Komplikationen sind primäre oder sekundäre Schraubenperforationen („cut-out“) sowie sekundäre Humeruskopfnekrosen, welche sich durch die richtige Indikationsstellung zur gelenkerhaltenden Versorgung der proximalen Humerusfraktur sowie der korrekten Operationstechnik bedeutsam reduzieren [52].

Haasters et al. [12] untersuchten 646 Patienten mit plattenosteosynthetisch versorgter, proximaler Humerusfraktur und einem mittleren Follow-up von $14,8 \pm 3,8$ Monaten. Der mittlere prozentuale Anteil der Operationen mit Komplikationen lag bei 12,8%. 11,6% der Patienten benötigten eine operative Revision. In den letzten 5 Jahren sank der prozentuale Anteil der sekundären Dislokationen von 14,3 auf 4,8%.

Verschiedene Platten und Schraubendesigns, wie die Einführung carbonfaserverstärkter Platten aus dem Kunststoff Polyetheretherketon (PEEK) sowie die Möglichkeit der Zementaugmentierung durch kanülierte Schrauben, haben in den letzten Jahren das Repertoire des Operateurs erweitert (Abb. 4). Polyaxiale Schraubensysteme verbessern die stabile Fixation im Humeruskopf, da sie besser in den dorsomedialen Anteil der Kalotte mit der höchsten Knochendichte eingebracht werden können [13, 30, 53]. Ebenso ist dies bei PEEK-Platten möglich, wo nachgewiesen die Bewegung am Knochen-Implantat-Interface minimiert wird [48]. Platten aus carbonfaserverstärktem PEEK (CF-PEEK) bieten einerseits als röntgenstrahlendurchlässiges Material eine bessere radiologische Visualisierung vom posterioren Humeruskopfanteil beim Einbringen der Platte zur Verhinderung einer primären Schraubenperforation in den Gelenkspalt, als auch eine postoperative ra-

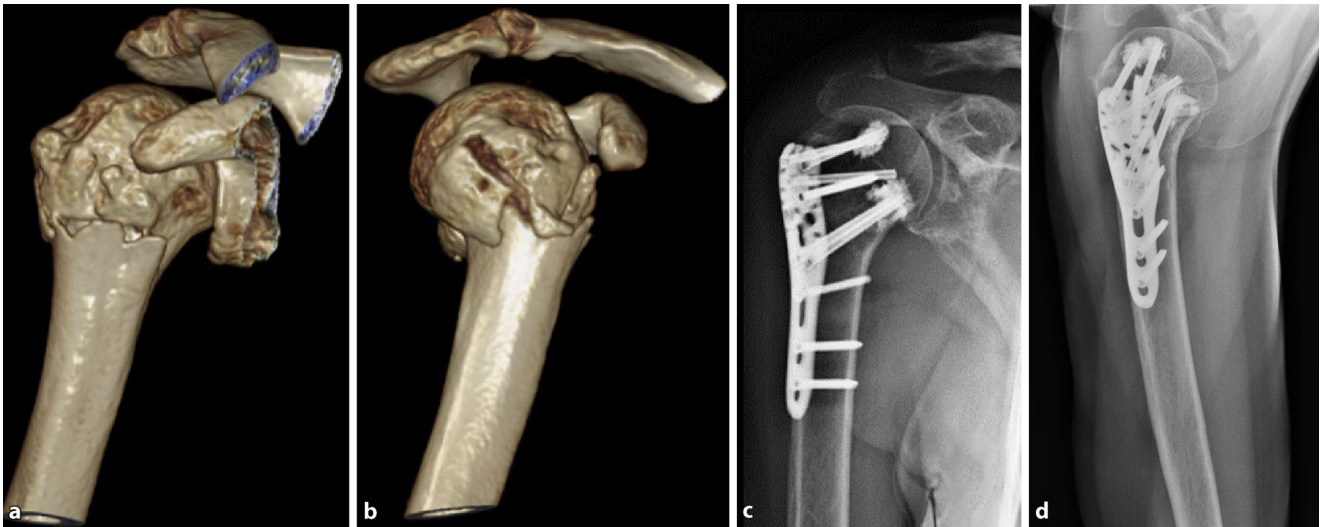


Abb. 5 ▲ 94-jährige Patientin mit valgisch dislozierter 4-Segment-Fraktur: Computertomographie (CT) mit 3-D-Rekonstruktion mit Blick von ventral (a) und lateral (b). c, d Osteosynthetische Versorgung mittels zementaugmentierter PHILOS („Proximal Humerus Interlocking System“-)Plattenosteosynthese (DePuy Synthes, Umkirch, Germany)

diologische Kontrolle des Frakturspalts. Aufgrund der höheren Flexibilität, die der osteoporotischen Knochenstruktur ähnelt, ist sekundäres Schrauben-Cut-out seltener. Trotzdem ist eine hohe Stabilität gewährleistet.

» Ziel der Zementaugmenta- tion ist die Verbesserung der Fixation des Implantats am Knochen

Im biomechanischen Vergleich der beiden Plattentypen wies die Osteosyntheseplatte aus PEEK zwar eine höhere Elastizität auf und ließ mehr Bewegung im Frakturspalt zu. Die ausgehaltene Maximallast unterschied sich jedoch nicht signifikant zu der Titanplatte [21].

In klinischen Studien wurden gleichwertige oder bessere Resultate im Vergleich zu herkömmlichen Titanplatten nachgewiesen [18].

Ziel der Zementaugmentation der Schraubenspitzen ist die Verbesserung der Fixation des Implantats am Knochen (Abb. 5). Im biomechanischen Modell konnte eine signifikante Verbesserung der Stabilität mit Reduktion von Bewegungen am Knochen-Implantat-Interface nachgewiesen werden [47, 48, 50].

Katthagen et al. [20] wiesen in einer klinischen Studie mit 24 Personen und einem prospektiven Follow-up von 12 Monaten nach, dass sich die guten (im Labor erzielten) Ergebnisse auf den klinischen Alltag übertragen lassen konnten. 12 Monate postoperativ zeigten die meisten Patienten ein gutes bis sehr gutes Ergebnis in Constant-Score und Simple-shoulder-Test. Sowohl nach 3 als auch nach 12 Monaten postoperativ unterschieden sich die klinischen Ergebnisse nicht signifikant von den Ergebnissen nicht zementaugmentierter, plattenosteosynthetisch versorgter proximaler Humerusfrakturen, jedoch hatten Patienten mit Zementaugmentation ein signifikant geringeres Risiko eines sekundären Repositionsverlustes und damit eines sekundären Schrauben-Cut-outs.

Die aktuellen Entwicklungen kombinieren die neu vorgestellte Technik um die Zementaugmentation in Verbindung mit PEEK-Plattenosteosynthesen (Abb. 6).

Zusammenfassend ist durch die Entwicklungen der letzten Jahre eine patientenindividuelle Implantatwahl abhängig von biologischem Alter, Knochenqualität, Frakturmorphologie und Präferenz des Operateurs angezeigt.

Eine weitere Methode der gelenkerhaltenden Versorgung ist die Nagelosteosynthese bei gering dislozierten

2-Segment-Frakturen, welche jedoch stark an Bedeutung verlor. Studien welche Nagel- und Plattenosteosynthese verglichen zeigten keinen signifikanten Unterschied der klinischen Ergebnisse [4]. Jedoch kann die Supraspinatussehne durch das Einbringen per Inzision dieser geschädigt werden, außerdem besteht das Risiko den subakromialen Raum einzuengen, wenn der Nagel nicht vollständig subchondral versenkt ist [14].

Endoprothetik

Prinzipiell ist eine gute anatomische Rekonstruktion einer primär endoprothetischen Versorgung bei Patienten <60 Jahren überlegen [25]. Aufgrund verschiedener Kriterien kann die gelenkerhaltende operative Therapie proximaler Humerusfrakturen an ihre Grenzen stoßen. Ist eine primäre anatomische Rekonstruktion nicht möglich, ist eine primäre endoprothetische Versorgung der proximalen Humerusfraktur empfohlen. Die Auswahl des Prothesentyps obliegt verschiedenen diagnostischen Kriterien. Zu bedenken sind Frakturmorphologie, Knochenqualität, biologisches Patientenalter, funktioneller Anspruch des Patienten, sowie Erfahrung des Operateurs [36]. Eine Rekonstruktion muss außerdem kritisch hinterfragt werden bei Frakturen mit

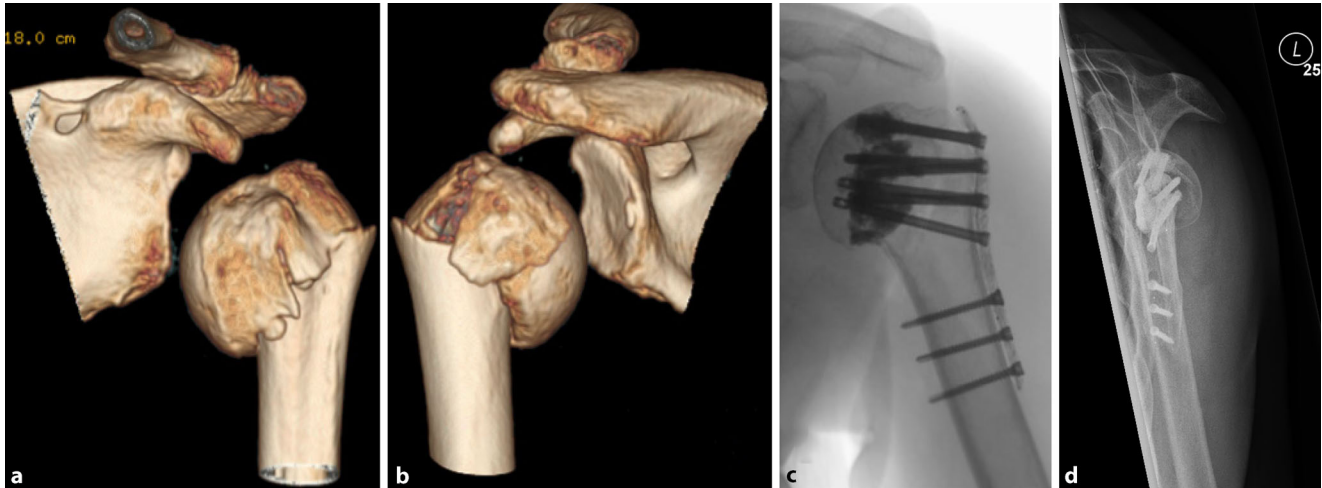


Abb. 6 ▲ 77-jährige Patientin mit varisch impaktierter 3-Segment-Fraktur: Computertomographie (CT) mit 3-D-Rekonstruktion mit Blick von ventral (a) und dorsal (b). Osteosynthetische Versorgung mittels zementaugmentierter PEEK-Platte (c, d)

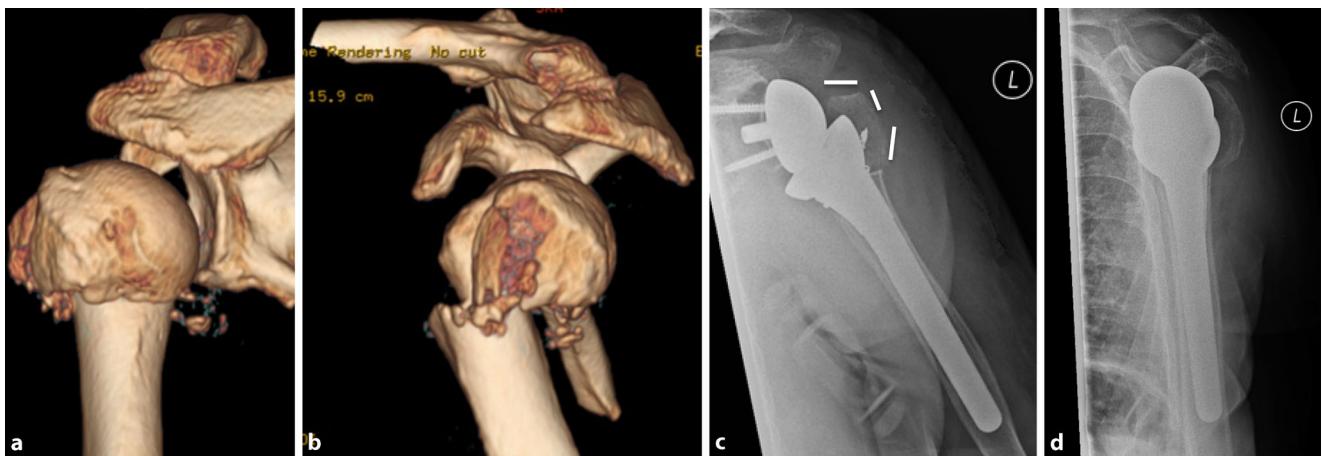


Abb. 7 ▲ 90-jährige Patientin mit valgisch distrahierte 3-Segment-Fraktur: Computertomographie (CT) mit 3-D-Rekonstruktion mit Blick von dorsal (a) und lateral (b). Endoprothetische Versorgung mit inverser Prothese und additiver Befestigung des Tuberculum majus mittels Cerclage (c, d)

- kleinem schalenförmigen Kalottenfragment,
- nicht rekonstruierbarer medialer Abstützung der Kalotte,
- Head-split-Frakturen,
- Luxationsfrakturen, welche länger als >48 h bestehen,
- Humeruskopfimpressionen >40 % der Gelenkfläche,
- fehlender/kurzer „medialer Spickel“,
- valgisch impaktierte 4-Segment-Luxationsfrakturen,
- stark fortgeschrittener Omarthrose,
- Glenoidfrakturen,
- funktionell relevante Rotatorenman-schettenläsion
- oder Ruptur der posteromedialen Periostverbindung.

In diesen Fällen wird ein schlechtes Outcome mit hoher Komplikationsrate riskiert [16, 24, 31, 34, 35, 46, 53, 54].

» Ein Problem stellen nicht refixierbare, fehlverheilte oder postoperativ resorbierte Tuberkula dar

Anatomische Endoprothesen haben an Bedeutung im klinischen Alltag verloren. Bei Vorliegen einer nicht rekonstruierbaren Humeruskopffraktur oder bei Indikationsstellung zur operativen Therapie beim alten/sehr alten Patienten ist nach Meinung der Autoren die Implantation

einer inversen Schulterendoprothese indiziert [8, 11].

Indikation zur endoprothetischen Versorgung bestehen außerdem bei

- vorbestehender Rotatorenman-schetteninsuffizienz, da sie durch Verlegung des Drehzentrums Hebelarm und Spannung des M. deltoideus eine bessere Abduktion verspricht (Abb. 7),

- osteoporotischer Knochenstruktur,
- Trümmerzone im Bereich der Tuberkula,
- therapierelevanter Glenoidfraktur.

Eine sekundäre endoprothetische Versorgung nach fehlgeschlagener Osteosynthese hat eine höhere Komplikations-

rate als die primäre Implantation einer Endoprothese [51].

Die Ergebnisse der primären Frakturendoprothetik reichen noch nicht an die guten postoperativen Ergebnisse der elektiven Endoprothetik heran. Ein Problem stellen nicht refixierbare, fehlerverheilte oder postoperativ resorbierte Tuberkula dar, da diese für ein gutes klinisches Outcome wichtig sind, sowohl bei der anatomischen als auch bei der inversen Frakturprothese.

Fazit für die Praxis

Zusammenfassend können Komplikationen bei der operativen Versorgung proximaler Humerusfrakturen verringert werden durch Sicherstellung des medialen Supports, Zementaugmentation der Schraubenspitzen bei osteoporotischer Knochensubstanz, sinnvolle Nutzung neuer Schrauben-/Plattendesigns, korrekte Indikationsstellung zur endoprothetischen Versorgung und Implantation inverser Prothesen als Standardverfahren und eng gesteckte Indikationsstellung zur Nagelosteosynthese.

Korrespondenzadresse



R.-O. Dey Hazra
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, BG Klinikum Hamburg, DIAKOVERE Friederikenstift
Humboldtstraße 5,
30169 Hannover,
Deutschland
Rony-Orijit.DeyHazra@diakovere.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. H. Lill ist Berater für Arthrex (Karlsfeld, Deutschland) und DePuy Synthes (Umkirch, Deutschland). M. Warnhoff, G. Jensen, A. Ellwein und R.-O. DeyHazra geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

- Bahrs C, Tanja S, Gunnar B et al (2014) Trends in epidemiology and patho-anatomical pattern of proximal humeral fractures. *Int Orthop* 38:1697–1704. <https://doi.org/10.1007/s00264-014-2362-6>
- Bell J-E, Leung BC, Spratt KF 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.* <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.01505>
- Bergdahl C, Ekholm C, Wennergren D et al (2016) Epidemiology and patho-anatomical pattern of 2,011 humeral fractures: data from the Swedish Fracture Register. *Bmc Musculoskelet Disord.* <https://doi.org/10.1186/s12891-016-1009-8>
- Boudard G, Pomares G, Milin L et al (2014) Locking plate fixation versus antegrade nailing of 3- and 4-part proximal humerus fractures in patients without osteoporosis. Comparative retrospective study of 63 cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.09.021>
- Cadet ER, Ahmad CS (2012) Hemiarthroplasty for three- and four-part proximal humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* <https://doi.org/10.5435/JAAOS-20-01-017>
- Court-Brown CM, Clement ND, Duckworth AD et al (2017) The changing epidemiology of fall-related fractures in adults. *Injury.* <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.02.021>
- Franke SAT (2012) Die proximale Humerusfraktur – Konservativ vs. operativ: wann und wie? *Obere Extremität* 7:137–143
- Frombach AA, Brett KLP (2017) Humeral head replacement and reverse shoulder arthroplasty for the treatment of proximal humerus fractures. *Open Orthop J* 30:1108–1114
- Godin JA, Katthagen JC, Fritz EM et al (2017) Arthroscopic treatment of greater tuberosity avulsion fractures. *Arthrosc Tech.* <https://doi.org/10.1016/j.eats.2017.02.006>
- Greiner S, Kääh MJ, Haas NP, Bail HJ (2009) Humeral head necrosis rate at mid-term follow-up after open reduction and angular stable plate fixation for proximal humeral fractures. *Injury* 40:186–191. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2008.05.030>
- Gulotta LV (2014) Reverse shoulder arthroplasty provided better functional outcomes than hemiarthroplasty for acute proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg.* <https://doi.org/10.2106/JBJS.9710.ebo103>
- Haasters F, Siebenbürger G, Helfen T et al (2016) Complications of locked plating for proximal humeral fractures—are we getting any better? *J Shoulder Elbow Surg.* <https://doi.org/10.1016/j.jse.2016.02.015>
- Hasan AP, Phadnis J, Jaarsma RL, Bain GI (2017) Fracture line morphology of complex proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* <https://doi.org/10.1016/j.jse.2017.05.014>
- Hatzidakis AM, Shevlin MJ, Fenton DL et al (2011) Angular-stable locked intramedullary nailing of two-part surgical neck fractures of the proximal part of the humerus: A multicenter retrospective observational study. *J Bone Joint Surg Ser A.* <https://doi.org/10.2106/JBJS.J.00754>
- Hertel R (2005) Fractures of the proximal humerus in osteoporotic bone. *Osteoporos Int.* <https://doi.org/10.1007/s00198-004-1714-2>
- Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, Leunig M (2004) Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg.* <https://doi.org/10.1016/j.jse.2004.01.034>
- Ji JH, Jeong JJ, Kim YY et al (2017) Clinical and radiologic outcomes of arthroscopic suture bridge repair for the greater tuberosity fractures of the proximal humerus. *Arch Orthop Trauma Surg* 137:9–17. <https://doi.org/10.1007/s00402-016-2586-6>
- Katthagen JC, Ellwein A, Lutz O et al (2017) Outcomes of proximal humeral fracture fixation with locked CFR-PEEK plating. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* <https://doi.org/10.1007/s00590-016-1891-7>
- Katthagen JC, Huber M, Grabowski S et al (2017) Failure and revision rates of proximal humeral fracture treatment with the use of a standardized treatment algorithm at a level-1 trauma center. *J Orthop Traumatol.* <https://doi.org/10.1007/s10195-017-0457-8>
- Katthagen JC, Lutz O, Voigt C et al (2018) Cement augmentation of humeral head screws reduces early implant-related complications after locked plating of proximal humeral fractures. *Obere Extremität.* <https://doi.org/10.1007/s11678-018-0440-x>
- Katthagen JC, Schwarze M, Warnhoff M et al (2016) Influence of plate material and screw design on stiffness and ultimate load of locked plating in osteoporotic proximal humeral fractures. *Injury.* <https://doi.org/10.1016/j.injury.2016.01.004>
- Klein M, Juschka M, Hinkenjann B et al (2008) Treatment of comminuted fractures of the proximal humerus in elderly patients with the delta III reverse shoulder prosthesis. *J Orthop Trauma.* <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e31818afe40>
- Königshausen M, Coulibaly MO, Nicolas V, Schildhauer TASD (2016) Results of non-operative treatment of fractures of the glenoid fossa. *Bone Joint J* 98-B:1074–1079
- Königshausen M, Kübler L, Godry H et al (2012) Clinical outcome and complications using a polyaxial locking plate in the treatment of displaced proximal humerus fractures. A reliable system? *Injury.* <https://doi.org/10.1016/j.injury.2011.09.024>
- Kontakis G, Tosounidis T, Galanakis I, Megas P (2008) Prosthetic replacement for proximal humeral fractures. *Injury.* <https://doi.org/10.1016/j.injury.2008.09.003>
- 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.* <https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B7.21857>
- Krappinger D, Bizzotto N, Riedmann S et al (2011) Predicting failure after surgical fixation of proximal humerus fractures. *Injury.* <https://doi.org/10.1016/j.injury.2011.01.017>
- Launonen AP, Lepola V, Saranko A et al (2015) Epidemiology of proximal humerus fractures. *Arch Osteoporos* 10:1–5. <https://doi.org/10.1007/s11657-015-0209-4>
- Lill H, Ellwein A, Katthagen CVC (2012) Osteoporotic fractures of the proximal humerus. *Chirurg* 83:858–865
- Lill H, Hepp P, Korner J et al (2003) Proximal humeral fractures: How stiff should an implant be? A comparative mechanical study with new implants in human specimens. *Arch Orthop Trauma Surg.* <https://doi.org/10.1007/s00402-002-0465-9>
- Lill H, Krettek C (2011) Proximale Humerusfrakturen. *Unfallchirurg.* <https://doi.org/10.1007/s00113-011-2051-5>

32. Lin CL, Hong CK, Jou IM et al (2012) Suture anchor versus screw fixation for greater tuberosity fractures of the humerus—a biomechanical study. *J Orthop Res* 30:423–428. <https://doi.org/10.1002/jor.21530>
33. Merschin D, Stangl R (2016) Proximal humeral fractures in the elderly: quality of life, clinical results and institutionalization following primary reverse fracture arthroplasty. *Unfallchirurg*. <https://doi.org/10.1007/s00113-015-0009-8>
34. Mittlmeier WF, Stedtfeld HW, 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 Ser A*. <https://doi.org/10.2106/00004623-200300004-00019>
35. Murray IR, Amin AK, White TO, Robinson CM (2011) Proximal humeral fractures current concepts in classification, treatment and outcomes. *J Bone Joint Surg Br*. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.93B1>
36. Namdari S, Lipman AJ, Ricchetti ET et al (2012) Fixation strategies to prevent screw cut-out and malreduction in proximal humeral fracture fixation. *Clin Orthop Surg*. <https://doi.org/10.4055/cios.2012.4.4.321>
37. Neer CS (1970) Displaced proximal humeral fractures. II. Treatment of three-part and four-part displacement. *J Bone Joint Surg Am* 52(6):1090–1103
38. Ockert B, Siebenburger G, Kettler M et al (2014) Long-term functional outcomes (median 10 years) after locked plating for displaced fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.11.009>
39. Olerud P, Ahrengart L, Ponzer S et al (2011) Internal fixation versus nonoperative treatment of displaced 3-part proximal humeral fractures in elderly patients: a randomized controlled trial. *J Shoulder Elbow Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.12.018>
40. Olerud P, Ahrengart L, Ponzer S et al (2011) Hemiarthroplasty versus nonoperative treatment of displaced 4-part proximal humeral fractures in elderly patients: a randomized controlled trial. *J Shoulder Elbow Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2011.04.016>
41. Oppeboen S, Wikeroy AKB, Fuglesang HFS et al (2018) Calcar screws and adequate reduction reduced the risk of fixation failure in proximal humeral fractures treated with a locking plate: 190 patients followed for a mean of 3 years. *J Orthop Surg Res* 13(197). <https://doi.org/10.1186/s13018-018-0906-y>
42. Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J (2006) Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res*. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000194672.79634.78>
43. Passaretti D, Candela V, Sessa PGS (2017) Epidemiology of proximal humeral fractures: a detailed survey of 711 patients in a metropolitan area. *J Shoulder Elbow Surg* 26:2117–2124
44. Rangan A, Handoll H, Brealey S et al (2015) Surgical vs nonsurgical treatment of adults with displaced fractures of the proximal humerus the Prother randomized clinical trial. *JAMA*. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.1629>
45. Resch H, Tauber M, Neviasser RJ et al (2016) Classification of proximal humeral fractures based on a pathomorphologic analysis. *J Shoulder Elbow Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2015.08.006>
46. Robinson CM, Amin AK, Godley KC et al (2011) Modern perspectives of open reduction and plate fixation of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma*. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e31821c0a2f>
47. Röder C, Boszczyk B, Perler G et al (2013) Cement volume is the most important modifiable predictor for pain relief in BKP: results from SWISSpine, a nationwide registry. *Eur Spine J*. <https://doi.org/10.1007/s00586-013-2869-3>
48. Schliemann B, Hartensuer R, Koch T et al (2015) Treatment of proximal humerus fractures with a CFR-PEEK plate: 2-year results of a prospective study and comparison to fixation with a conventional locking plate. *J Shoulder Elbow Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2014.12.028>
49. Schnetzke M, Bockmeyer J, Porschke F et al (2016) Quality of reduction influences outcome after locked-plate fixation of proximal humeral type-C fractures. *J Bone Joint Surg* 98:1777–1785. <https://doi.org/10.2106/JBJS.16.00112>
50. Scola A, Gebhard F, Röderer G (2015) Augmentation technique on the proximal humerus. *Unfallchirurg*. <https://doi.org/10.1007/s00113-015-0061-4>
51. Shannon SF, Wagner ER, Houdek MT et al (2016) Reverse shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures: outcomes comparing primary reverse arthroplasty for fracture versus reverse arthroplasty after failed osteosynthesis. *J Shoulder Elbow Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2016.02.012>
52. 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*. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00006>
53. Thanasis C, Kontakis G, Angoules A et al (2009) Treatment of proximal humerus fractures with locking plates: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2009.06.004>
54. 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*. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e318210ed2f>
55. Wanner GA, Wanner-Schmid E, Romero J et al (2003) Internal fixation of displaced proximal humeral fractures with two one-third tubular plates. *J Trauma*. <https://doi.org/10.1097/01.TA.0000052365.96538.42>