Distale Humerusfrakturen

Aktuelle Gesichtspunkte der Behandlung

Die besondere Problematik bei der Versorgung der distalen Humerusfrakturen ergibt sich aus der komplexen Gelenkanatomie, der drohenden postoperativen Ellenbogensteife und den häufig kleinen, schlecht fixierbaren Gelenkfragmenten. Wie in der Unfallchirurgie in industrialisierten Ländern allgemein, ist auch die Zunahme an osteoporotischen Frakturen, deren Knochensubstanz schlechten Halt für Implantate bietet, bei der operativen Versorgung zu berücksichtigen. Bei der Indikationsstellung und der wissenschaftlichen Aufarbeitung distaler Humerusfrakturen setzte sich die AO-Klassifikation (AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) durch.

- Die 13A-Frakturen bezeichnen die extraartikulären Frakturen, wobei A1

die epikondylären Abriss- und Abscherfrakturen kodiert.

- Die 13B-Frakturen entsprechen den diakondylären Frakturen, wobei B3 die komplexe Abscherfraktur des Capitulum humeri bezeichnet.
- Die 13C-Frakturen beginnen mit den einfachen Y-Frakturen (C1) und enden bei den komplexen sog. supra-/diakondylären Trümmerfrakturen mit mehrfragmentärer Gelenkfläche (13C3.3).

Im Allgemeinen setzte sich bei den distalen Humerusfrakturen des Erwachsenen die operative Versorgung durch. Die bei der konservativen Behandlung über mehrere Wochen notwendige Ruhigstellung führt in der Regel zu einer schwerlich

reversiblen Einschränkung der Gelenkbeweglichkeit.

Derzeit offene Fragen bei der Versorgung von distalen Humerusfrakturen beziehen sich v. a. auf:

- den Zugang,
- die Plattenlage,
- eine evtl. Knochentransplantation,
- die Notwendigkeit einer Nervenreposition,
- die Indikation zur Prothesenversorgung und
- die Prophylaxe periartikulärer Ossifikationen.

Wahl des Zugangs

Der weithin akzeptierte Standardzugang zum distalen Humerus ist der dorsale Zugang mit Olekranonosteotomie. Dieser ermöglicht einen hervorragenden Einblick ins Gelenk und eröffnet alle Optionen zur Fixation auch kleiner Gelenkfragmente. Nachteilig ist, dass ein bisher nicht verletzter Gelenkanteil osteotomiert werden muss. Dabei spielt die Verletzung des Knorpels jedoch keine große Rolle. Denn die Olekranonosteotomie soll in einem Bereich des Olekranons durchgeführt werden, in welchem ohnehin kein oder nur ein sehr dünner Knorpelüberzug vorliegt. Der entscheidende Nachteil des Vorgehens besteht in der Gefahr der Pseudarthrose, die für einen nicht geringen Anteil der Revisionen nach Versorgung distaler Humerusfrakturen verantwortlich ist. Wie diese zu vermeiden ist, soll nicht Thema dieses Beitrags sein, fest steht, dass

Abb. 1 ◀ Dorsale Plattenlage an beiden Pfeilern, Platte nicht winkelstabil: Schraubenlockerung und Positionsverlust nach 1 Woche

Abb. 2 ▲ 27-jähriger Patient nach Motorradunfall, **a** distale Humerusfraktur AO13C3.3, **b** intraoperativ vor und nach Reposition, **c** 7 Monate nach Versorgung mit orthogonal angeordneten, winkelstabilen Platten, **d** Beweglichkeit 7 Monate postoperativ, Mayo Elbow Performance Score 100

eine Kompressionsosteosynthese notwendig ist, sei es als Zuggurtungsosteosynthese, als Plattenosteosynthese oder aber als intramedulläre Osteosynthese mit Zugschrauben oder Nägeln [5, 18].

Ein Zugang, der die Olekranonosteotomie vermeidet, ist der sog. Trizeps-lifting-Zugang [6]. Elmadag et al. [7] verglichen in einer retrospektiven Arbeit 24 Patienten mit Olekranonosteotomie mit 30 Patienten mit dem Trizeps-lifting-Zugang. Das Follow-up betrug 3,5 Jahre, der Mayo Elbow Performance Score und die Beweglichkeit waren in der mit Osteotomie behandelten Gruppe signifikant besser.

Für die einfacheren Frakturformen mit geringer oder keiner Gelenkbeteiligung bietet sich nach Literaturlage und auch im eigenen Vorgehen der sog. „paratricipital approach“ an [1]. Bei diesem wird nach Darstellung des N. ulnaris der Rand des M. triceps von beiden Seiten angehoben und die suprakondyläre Region dargestellt. Dieser Zugang hat den Vorteil, dass keine Muskulatur durchtrennt werden muss. Es bleibt einzig das Abdrängen

des M. anconeus vom M. triceps als muskelkompromittierender Schritt. Der entscheidende Vorteil ist jedoch, dass dieser Zugang durch eine Olekranonosteotomie sehr leicht erweitert werden kann [14].

Ein weiterer Zugang, der im Repertoire enthalten sein sollte, ist der Trizeps-reflecting-Zugang nach Morrey [13]. Er eignet sich für Frakturen mit geringer Gelenkbeteiligung und für die Ellenbogengelenkendoprothetik. Damit können die Fixation der Fraktur ohne relevante Zugangserweiterung versucht und bei Bedarf auf den endoprothetischen Eingriff umgeschwenkt werden.

Plattenlage

Anerkannt ist, dass bei der Versorgung distaler Humerusfrakturen die beiden Pfeiler des Gelenks stabilisiert werden müssen. Die Trochlea sollte stabil und wenn möglich unter Kompression an die beiden Pfeiler fixiert werden [12]. Die Versorgung des Gelenkblocks erfordert absolute Stabilität, am besten über Zugschrau-

ben. Allgemein verlassen ist die rein dorsale Plattenlage, wie sie bestimmte Implantate erfordern (■ **Abb. 1**). Es existieren 2 Plattenlagen, die derzeit in der klinischen Anwendung miteinander konkurrieren:

- die orthogonale Plattenlage und
- die parallele Plattenlage.

Bei beiden Plattenlagen sollten heutzutage winkelstabile Implantate Verwendung finden. Auf dem Markt existieren mittlerweile Platten mit angulierbaren winkelstabilen Schrauben, die bei der Platzierung im Gelenkblock gezielt entsprechend der Fraktursituation eingebracht werden können. Ein Prinzip der parallelen Plattenlage ist, dass die Schrauben, die sich im Gelenkblock kreuzen, sich ineinander verschränken und somit eine gute Stabilität bewirken. Auch bei den orthogonal zu verwendenden Implantaten ist zumeist eine Schraube vorhanden, die diesen *Verschränkungseffekt* bietet (■ **Abb. 2**). In verschiedenen biomechanischen Untersuchungen konnten keine signifikanten

Unterschiede in der Stabilität der beiden Plattenlagen gefunden werden [8, 17]. Somit ist es gemäß Literaturlage der Präferenz des Operateurs überlassen, welche dieser beiden etablierten Plattenlagen er verwendet. Ein gewisser Vorteil der parallelen Plattenlage wird bei osteoporotischen Frakturen diskutiert, da die in der Regel dort vorhandene suprakondyläre Defektzone durch die Verschränkung in den distalen, in der Regel kleinen Fragmenten stabil überbrückt werden kann (■ Abb. 3). Dies ist jedoch eine klinische Beobachtung des Autors, hierzu sind keine wissenschaftlichen Daten verfügbar.

Knochen transplantation

Im früheren Vorgehen wurde bei einer suprakondylären Trümmerzone häufig eine Knochen transplantation (Spongiosa, kortikospongiöse Späne) insbesondere zur mechanischen Abstützung durchgeführt. Dies verlor durch Einführung der winkelstabilen Plattenosteosynthese am distalen Humerus im aktuellen Vorgehen an Bedeutung [19]. Sollte doch ein relevanter Knochendefekt verbleiben, von welchem nicht zu erwarten ist, dass er durch Kallusbildung knöchern überbrückt wird, ist auch die Verkürzung bis 2 cm als Option beschrieben [9, 16].

Eine seltene, jedoch zu bedenkende Option ist es, einen Gelenkdefekt mit einem trikortikalen Beckenkamm-span aufzubauen [19]. Dies ist bei jungen Patienten zu erwägen, bei denen bei schwerster Zertrümmerung der Gelenkfläche die Implantation einer Prothese vermieden werden kann. Auch kortikale Allografts, die in den USA eine weite Verbreitung haben, können im Gelenk verwendet werden.

Transposition des N. ulnaris

Sie gehörte zum operativen Standard, v. a. wenn der Nerv am Ende der Operation mit einem Implantat in Kontakt stand [2]. In mehreren Studien konnte allerdings kein Benefit der Transposition des N. ulnaris festgestellt werden [21]. In einer retrospektiven multizentrischen Studie hatten die Patienten, bei welchen eine Nerventransposition durchgeführt worden war, sogar signifikant mehr Beschwerden

Trauma Berufskrankh 2015 · 17[Suppl 1]:120–125 DOI 10.1007/s10039-013-2010-1
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

H.J. Bail · P. Schwabe · S. Greiner

Distale Humerusfrakturen. Aktuelle Gesichtspunkte der Behandlung

Zusammenfassung

Problematisierung. Die distale Humerusfraktur stellt aufgrund der komplexen Gelenkanatomie und häufig kleinen Gelenkfragmente an Operateur sowie Implantat besondere Herausforderungen. Auch neigt das Ellenbogengelenk zur Entwicklung einer postoperativen Ellenbogensteife.

Therapie. In der operativen Versorgung setzen sich die winkelstabilen, anatomisch angepassten, orthogonalen oder parallel positionierten Platten unter Stabilisierung des radialen und des ulnaren Pfeilers durch. Als Standardzugang bietet der Paratrizepszugang mit Olekranonosteotomie die beste Gelenkübersicht. Für die Implantation von Endoprothesen gilt der Trizeps-Reflecting-Zugang nach Morrey als besonders muskelschonend. Mit Einführung der winkelstabilen Platten reduzierte sich der Bedarf einer primä-

ren Knochen transplantation stark. Bei schwacher Evidenz wird die Transposition des N. ulnaris allgemein empfohlen, wenn dieser Kontakt zum Implantat hat. Die Prothesenversorgung ist bei hochgradiger Osteoporose, bei älteren Patienten und dem Vorliegen kleiner distaler Abscherfragmente indiziert. Hinsichtlich der Ossifikationsprophylaxe besteht die Empfehlung zur Bestrahlung oder der Gabe von NSAR (nichtsteroidale Antirheumatika) bei Patienten mit besonderem Risiko (z. B. schweres Schädel-Hirn-Trauma, rezidivierende Ellenbogenluxationen, verspätete Versorgung usw.).

Schlüsselwörter

Humerus · Knochenfraktur · Plattenosteosynthese · Prothesenversorgung · Ossifikationsprophylaxe

Distal humeral fractures. Recent aspects of treatment

Abstract

Background and challenges. Distal humeral fractures are demanding for the surgeon because of the complex joint anatomy and the small fragments. In addition, the elbow joint tends to develop postoperative stiffness which may result in a severe handicap.

Therapy. Regarding operative treatment, anatomical angular stable plates are currently preferred. Each column is stabilized with a separate plate, the latter may be positioned orthogonal or parallel. The standard approach is still the paratriceps approach with osteotomy of the olecranon. The triceps-reflecting approach is a muscle-sparing approach that is useful for the implantation of endoprotheses. The introduction of angular stable plates reduced the necessity for pri-

mary bone transplantation. The transposition of the ulnar nerve may be considered, if the nerve is in contact with the implant. Joint replacement is mainly indicated in elderly, osteoporotic patients with small distal fragments. Although evidence is limited, ossification prophylaxis against the development of periarticular ossification with radiotherapy or non-steroidal anti-inflammatory drugs is recommended in high-risk patients (e.g., severe head trauma, repetitive elbow dislocation, late operation).

Keywords

Humerus · Fractures, bone · Bone plates · Prosthesis · Ossification prophylaxis

als diejenigen, die keine Nerventransposition erhalten hatten [4]. Basierend auf dieser Studie kann somit die routinemäßige Transposition des N. ulnaris nicht empfohlen werden. Im eigenen Vorgehen wird dessen Verlagerung durchgeführt, wenn der Nerv in der Beugung durch die Implantatlage irritiert bzw. gedehnt wird.

Indikation zur Ellenbogenprothese

Sie wird bei distalen Humerusfrakturen üblicherweise bei älteren Patienten mit hochgradiger Osteoporose und kleinen distalen Fragmenten gestellt. Es handelt sich dabei in typischer Weise um die sog. Abscherfrakturen, bei denen häufig multiple osteochondrale Fragmente vorliegen (■ Abb. 4a). Hierzu existiert eine prospektiv randomisierte Studie, bei wel-

Abb. 3 ◀ 74-jährige Patientin nach Sturz auf der Treppe, **a** Unfallbild, **b** nach Versorgung mit winkelstabilen, parallel angeordneten Platten; beachte suprakondyläre Defektzone

Abb. 4 ▲ **a** Intraoperative Entscheidung zur Prothesenimplantation, Bergen der Gelenkfragmente und Bestimmen der Prothesengröße mittels Template, **b** Hemiprothese in situ, **c** postoperatives a.-p. Röntgenbild, beachte den mit Ankern refixierten lateralen Seitenbandkomplex

cher bei C3-Frakturen bei je 21 Patienten in jeder Gruppe das Outcome von Ellenbogenprothesen vs. osteosynthetischer Versorgung untersucht wurde. Diese Studie beinhaltet einen Bias, weil bei 5 Patienten, bei welchen eine Osteosynthese durchgeführt werden sollte, intraoperativ auf eine Totalendoprothese gewechselt werden musste. Das Follow-up betrug

2 Jahre, die Patienten waren im Schnitt 77 Jahre alt. Seitens des Mayo Elbow Performance Scores zeigte sich ein signifikant besserer Wert bei den Patienten, die mit einer Totalendoprothese versorgt worden waren. Hinsichtlich des DASH-Scores (DASH: „disability of the arm, shoulder and hand“), der Beweglichkeit und der Reoperationsrate waren keine signifikan-

ten Unterschiede zu verzeichnen. Auffällig war, dass die Patienten, die mit einer Totalendoprothese versorgt worden waren, nach 3 Monaten ein deutlich besseres Ergebnis aufwiesen als die mit Osteosynthese versorgten Patienten und dass sich Letztere aber bis zur Untersuchung nach 2 Jahren deutlich verbesserten [11].

Durch die Fortentwicklung der Ellenbogenendoprothetik besteht inzwischen auch die Möglichkeit, Hemiprothesen zu implantieren (■ **Abb. 4b,c**). Bei einer spärlichen Datenlage ist davon auszugehen, dass diese nicht dieselbe Lockerungsrate wie Totalendoprothesen aufweisen. In einer Übersichtsarbeit von 2010 wurde die Indikation zu einer Hemiendoprothesenimplantation bei einem tief kondylären Bruch, bei einer sog. subfossären Fraktur mit nichtfrakturiertem Radiusköpfchen gesehen [22]. Voraussetzung ist auch, dass das Olekranon nicht frakturiert ist und dass intraoperativ eine Seitenbandstabilität mit refixierbaren Seitenbändern besteht. Bei einer Hemiendoprothesenimplantation sollte keine Kubitalarthrose vorliegen.

Eine Vollendoprothese wird dagegen bei einem transdiakondylären Bruch, bei einer sog. hohen Fraktur mit Verlust der Seitenbänder, beim Vorhandensein einer relevanten Kubitalarthrose, bei einer notwendigen Radiuskopfresektion und im Fall einer nicht stabil gelingenden Seitenbandrefixierung empfohlen [22]. Sicherlich ist die endoprothetische Versor-

gung bei distaler Humerusfraktur immer dann eine Option, wenn eine übungsstabile Versorgung nicht möglich ist. Es steht zu erwarten, dass die primären funktionellen Ergebnisse bei einer endoprothetischen Versorgung in diesen Situationen auf jeden Fall besser sind. Ob die Langzeitergebnisse gut bleiben und die evtl. höhere Komplikationsrate diesen Vorteil aufwiegt, werden zukünftige Studien zeigen müssen.

Prophylaxe periartikulärer Ossifikationen

Die periartikuläre Ossifikation am Ellenbogengelenk kann, wie auch an anderen Gelenken, zum vollständigen Funktionsverlust führen. Der Ellenbogen ist bekannt dafür, in einem hohen Prozentsatz nach Trauma ektipe Ossifikationen auszubilden. In einer aktuellen Fallserie wurden bei 156 Frakturen des distalen Humerus und bei Ellenbogenluxationen die Inzidenzen von relevanten periartikulären Ossifikationen (Brooker III und IV, [3]) nach 90 Tagen dokumentiert. Bei 14% der distalen Humerusfrakturen wurden relevante periartikuläre Ossifikationen nachgewiesen, von denen etwa 2/3 operationspflichtig waren. Deutlich höher war die Inzidenz bei distalen Humerusfrakturen Typ C (22%) und bei Ellenbogenluxationen (35%). Als Risikofaktoren wurden somit die Typ-C-Fraktur, die Ellenbogenluxation, das männliche Geschlecht und die verspätete operative Versorgung identifiziert [6].

Hinsichtlich der Ossifikationsprophylaxe wurden kürzlich in einer Untersuchung die Daten von aktuellen Studien gepoolt. Dabei wurde eine Inzidenz symptomatischer Ossifikationen von 8,6% gefunden, falls keine Ossifikationsprophylaxe durchgeführt wurde [15]. In dieser Übersichtsarbeit wurde für Patienten mit besonderem Risiko eine Grad-C-Empfehlung ausgesprochen, eine Ossifikationsprophylaxe durchzuführen. Diese basiert u. a. auf den Studien von Shin et al. [20], die eine Reduktion der Indikation von heterotopen Ossifikationen unter Bestrahlung und Indomethacin auf 3% fanden, und von Liu et al. [10], in der unter Gabe von Celecoxib ebenfalls eine Inzidenz der heterotopen Ossifikationen von 3% ange-

geben wurde. Problematisch wird allerdings bewertet, dass in keiner der Arbeiten eine Abwägung gegen die Risiken z. B. einer NSAR-Medikation (NSAR: nichtsteroidale Antirheumatika) erfolgte. Von daher sollte die Prophylaxe, wie oben bereits angemerkt, Patienten mit besonderem Risiko vorbehalten bleiben, z. B. mit Revisionseingriff, mit verspätetem Eingriff und mit rezidivierender Luxation.

Fazit für die Praxis

- Insgesamt ist die distale Humerusfraktur eine Domäne der offenen Reposition und internen Fixation.
- Als Zugänge werden derzeit der paratrazipitale Zugang für einfache Frakturen, die Olekranonosteotomie kombiniert mit paratrazipitalem Zugang bei komplexen Frakturen und bei evtl. Prothesenimplantation der sog. Morrey-Zugang favorisiert.
- Die winkelstabilen Platten setzten sich in der klinischen Anwendung weitgehend durch.
- Ob die parallele oder orthograde Plattenlage bessere Ergebnisse zeigt, ist derzeit nicht klar, die biomechanischen Untersuchungen lassen beide Plattenlagen zu.
- Die Knochentransplantation ist nach Einführung der winkelstabilen Plattenosteosynthese nur noch selten nötig.
- Es gilt immer, auch eine Verkürzung des Humerus zu erwägen, die laut biomechanischer und klinischer Untersuchungen bis um etwa 2 cm ohne relevanten Funktionsverlust möglich ist.
- Für die Transposition des N. ulnaris gibt es derzeit keine Evidenz. Im Gegenteil: Studien ergaben, dass Patienten nach einer Nerventransposition vermehrt Beschwerden haben. Zu empfehlen ist diese daher, wenn der N. ulnaris bei Flexion im Ellenbogengelenk durch die Implantate irritiert wird.
- Die Indikation zur Prothesenversorgung wird in Anbetracht unseres zunehmend geriatrischen Krankenguts vermehrt großzügig gestellt. In Frage kommt diese v. a. bei Abscher- oder

sog. Insuffizienzfrakturen bei älteren Patienten, bei welchen eine Fixation der Fragmente schwer möglich und die funktionelle Nachbehandlung eingeschränkt sind.

- Für die Zugangswahl und ggf. die Beibehaltung der entsprechenden Implantate ist eine CT-Untersuchung wichtig, welche oft die Indikation zum endoprothetischen Ersatz bereits präoperativ stellen lässt.
- Ob eine Hemi- oder Totalendoprothese verwendet wird, hängt von der Frakturform ab. Eine Hemiprothese kann dann implantiert werden, wenn die Seitenbänder stabil und an großen Fragmenten gut refixierbar sind.
- Hinsichtlich der Ossifikationsprophylaxe besteht eine schlechte Evidenz. Einige Studien legen nahe, dass zumindest bei Risikopatienten (späte Versorgung, wiederholte Eingriffe, Ellenbogenluxation, usw.) eine Ossifikationsprophylaxe mit NSAR oder Bestrahlung durchgeführt werden sollte.

Korrespondenzadresse

PD Dr. H.J. Bail

Klinik für Unfall- und Orthopädische Chirurgie,
Klinikum Nürnberg,
Breslauer Straße 201, 90471 Nürnberg
hermann-josef.bail@klinikum-nuernberg.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. H.J. Bail, F. Wichlas und S. Greiner geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Ali AM, Hassanin EY, El-Ganainy AE, Abd-Elmola T (2008) Management of intercondylar fractures of the humerus using the extensor mechanism-sparing paratricipital posterior approach. Acta Orthop Belg 74:747-52
2. Black BT, Barron OA, Townsend PF et al (2000) Stabilized subcutaneous ulnar nerve transposition with immediate range of motion. Long-term follow-up. J Bone Joint Surg Am 82(11):1544-1551

3. Brooker AF, Bowerman JW, Robinson RA, Riley LH Jr (1973) Ectopic ossification following total hip replacement. Incidence and a method of classification. *J Bone Joint Surg Am* 55(8):1629–1632
4. Chen RC, Harris DJ, Leduc S et al (2010) Is ulnar nerve transposition beneficial during open reduction internal fixation of distal humerus fractures? *J Orthop Trauma* 24(7):391–394
5. Coles CP, Barei DP, Nork SE et al (2006) The olecranon osteotomy: a 6 year experience in the treatment of intraarticular fractures of the distal humerus. *J Orthop Trauma* 20(3):164–171
6. Douglas K, Cannada LK, Archer KR et al (2012) Incidence and risk factors of heterotopic ossification following major elbow trauma. *Orthopedics* 35(6):e815–e822
7. Elmadag M, Erdil M, Bilsel K et al (2012) The olecranon osteotomy provides better outcome than the triceps-lifting approach for the treatment of distal humerus fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol* Dec 21. [Epub ahead of print]
8. Got C, Shuck J, Biercevicz A et al (2012) Biomechanical comparison of parallel versus 90-90 plating of bicolumn distal humerus fractures with intra-articular comminution. *J Hand Surg Am* 37(12):2512–2518
9. Hughes RE, Schneeberger AG, An KN et al (1997) Reduction of triceps muscle force after shortening of the distal humerus: a computational model. *J Shoulder Elbow Surg* 6(5):444–448
10. Liu YK, Xu H, Liu F et al (2009) Treatment of type C intercondylar fractures of distal humerus using dual plating. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 47(12):892–895
11. McKee MD, Veillette CJ, Hall JA et al (2009) A multicenter, prospective randomized, controlled trial of open reduction internal fixation versus total elbow arthroplasty for displaced intraarticular distal humeral fractures in elderly patients. *J Shoulder Elbow Surg* 18(1):3–12
12. Mehne DK, Jupiter JB (1992) Fractures of the distal humerus. In: Browner BD, Jupiter JB, Levine AM (Hrsg) *Skeletal trauma: fractures, dislocations, and ligamentous injuries*. Saunders, Philadelphia, S 1148
13. Müller LP, Kaminen S, Rommens PM, Morrey BF (2005) Primary total elbow replacement for fractures of the distal humerus. *Oper Orthop Traumatol* 17(2):119–142
14. Nauth A, McKee MD, Ristevski B et al (2011) Distal humerus fractures in adults. *J Bone Joint Surg Am* 93(7):686–700
15. Nauth A, Giles E, Potter BK et al (2012) Heterotopic ossification in orthopaedic trauma. *J Orthop Trauma* 26(12):684–688
16. O Driscoll SW, Sanchez-Sotelo J, Torchia ME (2001) Management of the smashed distal humerus. *Orthop Clin North Am* 33(1):19–33
17. Penzkofer R, Hugerer S, Wipf F et al (2010) Anatomical plate configuration affects mechanical performance in distal humerus fractures. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 25(10):972–978
18. Ring D, Gulotta L, Shin K, Jupiter JB (2004) Olecranon osteotomy for exposure of fractures and nonunions of the distal humerus. *J Orthop Trauma* 18(7):446–449
19. Sanchez-Sotelo J (2012) Distal humeral fractures: role of internal fixation and elbow arthroplasty. *Instr Course Lect* 61:203–213
20. Shin SJ, Sohn HS, Do NH (2010) A clinical comparison of two different double plating methods for intraarticular distal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 19(1):2–9
21. Vasquez O, Rutgers M, Ring DC et al (2010) Fate of the ulnar nerve after operative fixation of distal humerus fractures. *J Orthop Trauma* 24(7):359–359
22. Weber O, Burger C, Stein G et al (2010) Frakturendoprothetik am Ellenbogen – uni- und bikompartimentelle Alloarthroplastik am humeroulnaren Gelenk. *Unfallchirurg* 113(12):977–983