Distale Humerusfrakturen

Die distalen Humerusfrakturen müssen in 2 vollkommen differente Entitäten unterschieden werden:

Distale Humerusfrakturen des Kindesalters. Im Wachstumsalter liegen sie (etwa 9,5% aller kindlichen Skelettfrakturen) in folgender Form vor:

- in etwa 70% der Fälle extraartikulär in Form der typischen suprakondylären Humerusfraktur,
- in etwa 12% als isolierte Abrissfrakturen des Epicondylus ulnaris (in 75% der Fälle in Kombination mit Ellenbogenluxationen) und
- in etwa 18% als transkondyläre Frakturen,

wobei der monokondyläre Bruch des Condylus radialis die zweithäufigste Fraktur am kindlichen Ellenbogen ist und transkondyläre Y-Frakturen sehr selten sind [29].

Der Altersgipfel liegt nach einer 2002 veröffentlichten Multicenterstudie der Sektion Kindertraumatologie der DGU an 886 Patienten bei 5,28±2,9 Jahren (1/15). Offene Verletzungen waren mit 1,1% genauso selten wie begleitende Gefäßschäden (0,7%). Primäre Nervenläsionen fanden sich in 5,1% der Fälle (N. radialis 44,4%, N. medianus 35,6% und N. ulnaris 20%) [32].

Distale Humerusfrakturen des Erwachsenenalters. Sie sind mit etwa 5–6/100.000 Einwohner sehr viel seltener. Der Altersdurchschnitt liegt bei 48 Jahren [26]. Über 60% der Frakturen sind intraartikulär lokalisiert, bis zu 40% sind offen [26], in 5–10% der Fälle liegen begleitende Gefäßverletzungen [22] und in bis zu 20% begleitende Nervenverletzungen vor [2, 13].

Die distalen Humerusfrakturen des Erwachsenen stellen aufgrund der komplexen Anatomie, der häufig schlechten Knochenqualität, der hohen biomechanischen Beanspruchung der eingebrachten Implantate und der häufigen begleitenden Weichteilverletzungen hohe Anforderungen an den Operateur.

Anatomie

Der distale Humerus zeichnet sich durch eine Pfeilerarchitektur aus. Der Gelenkblock mit der Trochlea und dem Capitulum humeri ist im metaphysären Bereich durch den ulnaren und den radialen Pfeiler mit dem Humerusschaft verbunden, wobei diese beiden Pfeiler nach distal dreieckförmig auseinanderlaufen. Zwischen ihnen liegt eine hauchdünne Knochenlamelle, die die ventral gelegene Fossa coronoidea von der dorsalen Fossa olecrani abgrenzt. Die metaphysäre Stabilität wird ausschließlich über den radialen und ulnaren Pfeiler gewährleistet, wobei die Lastverteilung radial:ulnar bei Belastung des gestreckten Ellenbogens im Verhältnis 3:2 erfolgt.

Das Ellenbogengelenk besteht aus 3 Gelenken:

- dem Humeroulnargelenk mit den Gelenkpartnern Trochlea humeri und proximale Ulna,
- dem Radiohumalgelenk mit den Gelenkpartnern Capitulum humeri und Radiusköpfchen sowie
- dem proximalen Radioulnargelenk zwischen Radiusköpfchen und proximaler Ulna im Bereich der Incisura radialis ulnae.

In den beiden erstgenannten Gelenken findet eine Flexions-Extensions-Bewegung mit einem Bewegungsumfang von 10/0/140° statt, das proximale Radioulnargelenk ermöglicht zusammen mit dem distalen Radioulnargelenk die Unterarmdrehbewegungen im Umfang 90/0/90°. Der zentrale knöcherne Stabilisator des Ellenbogengelenks ist der Processus coronoideus.

Die ligamentäre Stabilisierung erfolgt über 2 flächige Bandstrukturen, die die straffe Gelenkkapsel verstärken.

Die ligamentäre Stabilisierung erfolgt über 2 flächige Bandstrukturen, die die straffe Gelenkkapsel verstärken.

- Das Lig. collaterale radiale („lateral collateral ligament“: LCL) zieht vom Epicondylus radialis zur lateralen Ulna und strahlt in das Lig. anulare ein, ohne am proximalen Radius selbst anzusetzen, um die Unterarmdrehbewegungen nicht zu behindern.
- Das Lig. collaterale ulnare („medial collateral ligament“: MCL) zieht fächerförmig vom Epicondylus ulnaris zum Processus coronoideus und zur medialen Ulna.

Das Lig. anulare hält den proximalen Radius in der Incisura radialis ulnae.

Die neurovaskulären Strukturen liegen sehr nahe an der Gelenkkapsel, wobei der N. ulnaris durch seinen unmittelbaren Knochenkontakt im Sulcus ulnaris v. a. bei operativen Eingriffen gefährdet ist (■ Abb. 1).

Die arterielle Gefäßversorgung des distalen Humerus ist durch ein gut ausgebildetes, reich mit Anastomosen versehenes Gefäßnetz, das aus der A. brachialis und den Aa. collaterales ulnae und radialis entspringt, sichergestellt [21].

Unfallmechanismen

Im Kindesalter handelt es meist um einfache Stürze auf den gestreckten oder ge-

Abb. 1 ◀ Verlauf der Nerven am Ellenbogengelenk; **a** von volar; **b** von dorsal, 1 N. radialis, 2 R. profundus, 3 R. superficialis, 4 N. medianus, 5 N. ulnaris, 6 Epicondylus medialis, aus Kremer et al. [17]

beugten Ellenbogen, wobei in über 90% Freizeit- und Sportunfälle und nur in 6% Verkehrsunfälle oder andere Hochrasanztraumen anzutreffen sind [32].

Im Erwachsenenalter überwiegen bei den jüngeren Patienten die Hochrasanztraumen v. a. im Rahmen von Verkehrs- und Sportunfällen. Bei den älteren Patienten wiederum ist ein einfacher Sturz auf den gebeugten Ellenbogen oft ausreichend, um schwere Frakturformen zu verursachen. Amis u. Miller [1] konnten zeigen, dass das Frakturmuster am Ellenbogen vom Grad der Beugung des Ellenbogengelenks zum Zeitpunkt des Sturzes abhängt und dass in der Regel die Entstehung einer distalen Humerusfraktur mit einer stärkeren Beugung einhergeht.

Diagnostik

Im Rahmen der klinischen Untersuchung muss besonders auf eventuelle neurologische Ausfälle oder arterielle Gefäßverletzungen geachtet werden. Bei nicht sicher tastbaren peripheren Pulsen ist eine Dopplersonographie durchzuführen.

Auf Stabilitätstests oder Prüfung des Bewegungsumfangs sollte vor der Anfertigung eines Röntgenbildes verzichtet werden.

Bild gebende Verfahren

In aller Regel ist das Röntgen in 2 Ebenen ausreichend. Die idealerweise zu fordernde Einstellung einer a.-p. Aufnahme in Streckstellung des Ellenbogens und die exakt seitlich eingestellte 2. Ebene in 90° Beugstellung des Gelenks sind bei frischen Frakturen des distalen Humerus oft nicht erreichbar, sodass die Interpretation der Röntgenbilder schwierig sein kann.

In den Fällen, in denen das Ausmaß der intraartikulären Frakturkomponenten durch Röntgen nicht ersessbar ist, stellt das CT eine gute Ergänzung dar.

Sind schwer dislozierte Frakturen immer leicht zu erkennen, wenn auch in ihrem exakten Ausmaß oft nicht gut beurteilbar, kann dies bei un- oder wenig dislozierten Frakturen im Kindesalter sehr schwierig sein. Hier kann durch die Anlage von Hilfslinien im Röntgenbild und die Suche nach indirekten Frakturzeichen wie dem Fettpolsterzeichen in der Fossa coronoidea oder der Fossa olecrani die Beurteilung erleichtert werden.

Besonders zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang die Roger-Hilfslinie für die seitliche Aufnahme (die Verlängerung der ventralen Humerusschaftkortikalis schneidet im Normalfall das Capitulum humeri in der Mitte) (■ Abb. 2).

Entscheidend für die Therapiewahl ist die Erkennung eines Rotationsfehlers, der sich durch einen ventralen Knochen-sporn in der seitlichen Aufnahme zu erkennen gibt. Dieser kann am besten dargestellt werden, wenn die seitliche Aufnahme im radioulnaren Strahlengang durchgeführt wird.

Das MRT spielt bei der Beurteilung frischer distaler Humerusfrakturen keine Rolle.

Bei dopplersonographisch nachgewiesenen Gefäßverletzungen ist eine Angiographie zur exakten Beurteilung der Läsionshöhe und -art der A. brachialis indiziert, wenn diese Untersuchung ohne wesentliche Zeitverzögerung durchgeführt werden kann [27].

Klassifikation

Kinder

Es gibt zahlreiche Klassifikationen für die suprakondylären Humerusfrakturen (z. B. Baumann, Felsenreich, Gartland, Lubinus). In der großen DGU-Studie wurde die Einteilung nach von Laer et al. [30] zugrunde gelegt, die 4 Typen unterscheidet:

- Typ-I-Frakturen sind völlig undislozierte Brüche.
- Typ-II-Frakturen sind nur in einer Ebene (Sagittalebene) disloziert.
- Typ-III-Frakturen sind in 2 Ebenen disloziert.
- Typ-IV-Frakturen sind in 3 Ebenen, d. h. völlig disloziert.

Diese Klassifikation wurde nach Auswertung der Studie noch weiter verfeinert (■ Abb. 3a). In 35,4% der Fälle lag bei 886 Kindern ein Typ I vor, in 21,9% ein Typ II, in 18,1% ein Typ III und in immerhin 24,6% ein Typ IV [32].

Erwachsene

Bei ihnen werden die distalen Humerusfrakturen nach der AO-Klassifikation [23] eingeteilt (■ Abb. 3b):

- Typ A: extraartikulär metaphysärer Typ
- Typ B: partielle Gelenkfrakturen (monokondyläre Frakturen oder Abscherfrakturen an Capitulum oder Trochlea humeri)

- Typ C: komplette Gelenkfrakturen mit vollständiger Dissoziation zwischen Humerusschaft und Gelenkblock

Nach Untersuchungen von Robinson et al. [26] ist in 38% der Fälle mit A-Frakturen, in 24% mit B-Frakturen und in 37% mit C-Frakturen zu rechnen.

Therapie

Kinder

Nach kompletter Auswertung der DGU-Studie schlugen von Laer et al. [31] folgendes Vorgehen vor:

- Typ I
Diese undislozierten suprakondylären Frakturen werden, abhängig vom Alter, zwischen 2 und 4 Wochen in einer Oberarmgipsschiene in Rechtwinkelstellung ruhig gestellt.
- Typ II
Diese in einer Ebene dislozierten Frakturen werden im „cuff-and-collar“-Verband oder in einer spitzwinkligen Gipsschiene (120°) retiniert, da hierdurch meist eine sekundäre Dislokation in der Sagittalebene vermieden werden kann.
- Typ III/IV
Dislozierte Frakturen werden in Narkose entweder geschlossen oder offen reponiert und in der Regel durch gekreuzte Kirschner-Draht-Osteosynthese stabilisiert, da sich diese Fixationsmethode als die biomechanisch stabilste erwiesen hat (■ Abb. 4). Postoperativ wird bis zur Entfernung der Drähte nach 3–4 Wochen ein Oberarmgips angelegt, da diese Frakturversorgung nicht übungstabil ist. Diese Verletzungen stellen bei fortbestehender Instabilität aufgrund einer möglichen Schädigung der A. brachialis oder der Nerven eine Notfallindikation dar und werden sofort versorgt.
Von Laer et al. [31] empfehlen, die Drähte über Hautniveau zu belassen, da so die Metallentfernung ambulant ohne Narkose oder Sedierung durchgeführt werden kann und die Infektgefahr bei diesem Vorgehen sehr gering ist.

Zusammenfassung · Abstract

Trauma Berufskrankh 2007 · 9 [Suppl 2]:S183–S191 DOI 10.1007/s10039-006-1152-9
© Springer Medizin Verlag 2006

M. E. Wenzl · F. Raimund · S. Fuchs · A. Paech · C. Jürgens
Distale Humerusfrakturen

Zusammenfassung

Distale Humerusfrakturen stellen sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen Problemfrakturen dar. Während sie bei Ersteren sehr häufig sind und v. a. suprakondylär extraartikulär auftreten, handelt es sich bei Erwachsenen um seltene, überwiegend intraartikuläre Frakturen. Gute Ergebnisse sind sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen nur unter Beachtung der komplexen Anatomie, der Knochenqualität, der Begleitverletzungen, der Biomechanik der Verletzung und der daraus abzuleitenden Operationstechniken sowie einer gut strukturierten Nachbehand-

lung zu erzielen. Besondere Beachtung muss den häufigen Begleitverletzungen und den oft auftretenden intra- und postoperativen Komplikationen gewidmet werden. Es wird ein Überblick über die Epidemiologie, die aktuellen Diagnose- und Therapiestandards, die möglichen Komplikationen sowie die zu erwartenden Ergebnisse gegeben.

Schlüsselwörter

Distale Humerusfraktur · Erwachsener · Kind · Extra-/intraartikuläre Fraktur · Begleitverletzung

Fractures of the distal humerus

Abstract

Distal humeral fractures are problematic both in children and in adults. While in children these fractures are very common and most of them have an extraarticular location, in adults their incidence is much lower and they more often compromise the joint. Good results cannot be achieved without due consideration for the complex anatomy of the elbow joint, the quality of the bone, the concomitant soft tissue lesions and the biomechanical aspects of the injury, to allow selection of appropriate therapy and a correctly structured aftertreatment. The soft tissue

injuries that are frequently involved and the high rate of intra- and postoperative complications need particular attention. This paper reviews the epidemiology, the current standards in diagnosis and therapy, the possible complications and the results that can be expected in patients with fractures of this type.

Keywords

Distal humeral fractures in adults · Distal humeral fractures in children · Extraarticular fracture · Intraarticular fracture · Concomitant injury

Abb. 2 ◀ Roger-Hilfslinie: Aufgrund der physiologischen Kippung des Capitulum humeri von etwa 30–40° schneidet die Verlängerung der ventralen Humeruskortikalis das Capitulum humeri physiologischerweise am Übergang vom mittleren zum hinteren Drittel. Bei Extensionsfrakturen liegt der Schnittpunkt weiter ventral, bei den seltenen Flexionsfrakturen weiter dorsal, aus von Laer et al. [29]

In jedem Fall muss auf die komplette Beseitigung von Rotationsfehlern geachtet werden, da es ansonsten im Verlauf zu sekundären Dislokationen mit Ausbildung eines Cubitus varus kommen kann. Für diese Fehlstellung in der Frontalebene besteht keine Korrekturpotenz im weiteren Wachstum. Nachdem die distale Epiphysenfuge nur zu 20% am Längenwachstum des Humerus beteiligt ist, sind auch in der Sagittalebene Spontankorrekturen, wenn überhaupt, nur eingeschränkt möglich und jenseits des 7. Lebensjahrs nicht mehr zu erwarten [29].

Frakturen des Epicondylus ulnaris werden, wenn die Dislokation >1 cm ist, durch übungsstabile Zugschraubenosteosynthese versorgt, ansonsten konservativ durch 2- bis 3-wöchige Ruhigstellung. Transkondyläre oder monokondyläre Frakturen stellen bei einer Frakturspaltdesiszenz von mehr als 2 mm eine Indikation zur operativen Versorgung mit-

tels Kirschner-Drähten oder Zugschrauben dar. Bei konservativer Behandlung muss 4 Wochen im Oberarmgips ruhig gestellt werden, wobei nach 4 Tagen wegen der Gefahr der sekundären Dislokation gipsfrei nachgeröntgt werden sollte. Nach operativer Behandlung wird 2–3 Wochen ruhig gestellt.

Erwachsene

Die konservative Therapie der distalen Humerusfrakturen im Erwachsenenalter ist nur beim Vorliegen von absoluten Kontraindikationen gegen eine operative Therapie oder bei sehr hochbetagten Patienten mit undislozierten Frakturen indiziert.

Eine mindestens 8-wöchige Gipsruhigstellung führt nahezu zwangsläufig zu einer massiven Bewegungseinschränkung des Ellenbogengelenks, und die Pseudarthrosenrate ist bei konservativer Behandlung hoch. Somit wird, wenn immer

möglich, der operativen Stabilisierung der Vorzug gegeben. Bei Vorliegen von zweit- und drittgradig offenen Frakturen oder geschlossenen Frakturen mit schweren Weichteilschäden sowie bei traumatischen Gefäß-Nerven-Verletzungen wird sofort operiert. In allen anderen Fällen kann die Versorgung mit aufgeschobener Dringlichkeit innerhalb von 72 h durchgeführt werden (■ **Abb. 5**).

Die primäre Stabilisierung von offenen Frakturen und Frakturen mit Weichteilschaden erfolgt durch Anlage eines gelenküberbrückenden Fixateur externe. Dazu werden jeweils 2 Schanz-Schrauben in den Humerusschaft und in die Ulna eingebracht. Die Platzierung in der Ulna erfolgt streng von der Seite, um möglichst wenig Weichteilirritation zu verursachen. Auf einen ausreichenden Abstand von mindestens 10 cm zum Ellenbogen ist zu achten, da hier evtl. später die Versorgung einer Olekranonosteotomie erfolgt.

Bei der Schraubenplatzierung im Humerus ist auf den Verlauf des N. radialis zu achten, sodass der proximale Pin streng von lateral und der distale Pin von dorso-lateral eingebracht werden, wobei bei beiden Pins stumpf auf den Knochen vorpräpariert wird und der 3-Fach-Bohrschutz eingesetzt werden muss.

Die gelenküberbrückende Fixateur-externe-Montage eignet sich nicht zur Ausbehandlung der distalen Humerusfrakturen. Deshalb sollte der Umstieg auf ein internes Osteosyntheseverfahren möglichst frühzeitig, d. h. sobald die Weichteile konsolidiert sind, erfolgen. Bei schwer polytraumatisierten Patienten kann bei geschlossenen Frakturen alternativ initial nur eine Ruhigstellung in einer Oberarmgipsschiene bis zur definitiven Versorgung erfolgen.

Bei einem traumatischen Schaden der A. brachialis wird diese umgehend über einen ventralen Zugang in aller Regel durch ein Veneninterponat versorgt. Nach erfolgter Revaskularisation müssen die Unterarmkompartments komplett gespalten werden. Auch in diesen Fällen empfiehlt sich die Anlage eines gelenküberbrückenden Fixateur externe mit sekundärer interner Osteosynthese nach Verschluss der Kompartments, was in der Regel nach 5–7 Tagen möglich ist.

Die definitive Stabilisierung der distalen Humerusfrakturen erfolgt durch ORIF (open reduction internal fixation). Ziel der Versorgung muss, wie bei allen Gelenkfrakturen, die achsgerechte anatomische und v. a. übungsstabile Wiederherstellung der Fraktur sein.

Monokondyläre Frakturen (B-Frakturen) werden in Rückenlage über einen radialen oder ulnaren Zugang versorgt. Bei B1- und B2-Frakturen ist eine alleinige Zugschraubenosteosynthese nur bei sehr guter Knochenqualität ausreichend. Ansonsten sollten die Zugschrauben durch eine Neutralisationsplatte ergänzt werden, um eine ausreichende Übungsstabilität zu erreichen. B3-Frakturen, d. h. Abscherfrakturen an Trochlea oder Capitulum humeri – vergleichbar mit den Hoffa-Frakturen an den Femurkondylen – werden durch (u. U. auch subchondral platzierte) einzelne Zugschrauben versorgt (■ Abb. 6).

Abb. 3 ▲ Klassifikationen, **a** Klassifikation der kindlichen suprakondylären Frakturen nach von Laer, aus Weinberg et al. [32], **b** AO-Klassifikation der distalen Humerusfrakturen des Erwachsenen, aus Müller et al. [23]

Alle Frakturen der Typen A und C lassen sich am besten über einen dorsalen Zugang in Bauchlage des Patienten operieren. Obligat ist dabei die Darstellung des N. ulnaris mit entsprechender Mobilisierung. Ob der Nerv nach der Osteosynthese nach ventral subkutan verlagert wird oder ob sein Verlauf im Sulcus ulnaris beibehalten wird, wird kontrovers diskutiert [7, 11].

Unseres Erachtens ist dem Belassen des N. ulnaris in seiner natürlichen Position der Vorzug zu geben.

Das weitere Vorgehen hängt vom Frakturtyp ab. Bei A-Frakturen kann radial und ulnar der Trizepssehne ein transmuskulärer Zugang zu beiden Pfeilern durchgeführt werden. Stabilisiert wird durch Kleinfragmentplattenosteosynthese.

Abb. 4 ▲ 11-jähriges Kind mit dislozierter suprakondylärer Fraktur Typ IV nach von Laer, **a** präoperativ, **b** nach geschlossener Reposition und gekreuzter Kirschner-Draht-Osteosynthese

Abb. 5 ◀ Algorithmus zur Behandlung von distalen Humerusfrakturen beim Erwachsenen

se, wozu am besten Rekonstruktionsplatten oder LCDCP geeignet sind, wobei die immer nötige Anmodellierung der Platten an die komplexe Anatomie mit den Rekonstruktionsplatten leichter möglich ist. Drittelrohrplatten sind nicht stabil genug und somit obsolet. Auch Kirschner-Draht-Osteosynthesen oder einzelne Schrauben vermitteln beim Erwachsenen bei diesen Frakturen keine ausreichende Stabilität.

Bei schlechter Knochenqualität stellen die neuen winkelstabilen Implantate (am besten multidirektional mit frei wählbarer Schraubenpositionierung) eine hervorragende Ergänzung zu den bisherigen Implantaten dar.

Die Anzahl der benötigten Platten, die Positionierung und die Frage, wann Winkelstabilität nötig ist, werden kontrovers diskutiert. Korner et al. [15] fanden bei ihren biomechanischen Untersuchungen, dass 2 Kleinfragmentrekonstruktionsplatten immer dann eine ausreichende Stabilität vermitteln, wenn keine Defekte in den beiden Pfeilern be-

stehen und die Knochenqualität nicht zu schlecht ist. Als Alternative für diese Fälle empfehlen sie die Verwendung von winkelstabilen Platten. Gofton et al. [7] beschrieben, dass sie in 40% der Fälle am radialen Pfeiler noch eine zusätzliche 3. Platte anlegen mussten, um ausreichende Stabilität zu erzielen. Diese sicher nicht sehr biologische Osteosynsetechnik dürfte nach Einführung der winkelstabilen Platten, denen bei solchen instabilen Fällen der Vorzug zu geben wäre, eher seltener indiziert sein.

In den meisten Publikationen wird eine im rechten Winkel zueinander stehende Plattenpositionierung empfohlen, wobei die radiale Platte dorsal und die ulnare Platte lateral zu liegen kommen. Diese Operationstechnik hat sich als biomechanisch sinnvoll und klinisch umsetzbar erwiesen [8, 11, 25]. Die von Driscoll [3] und Self et al. [28] vorgeschlagene parallele, ulnar und radial laterale Plattenanlage mag biomechanisch noch stabiler sein, ist jedoch technisch schwieriger und mit einer ausgedehnteren Kno-

chenexposition und damit Störung der Durchblutung verbunden, weshalb sie sich nicht durchgesetzt hat.

Bei allen C-Frakturen, bei denen eine genaue Gelenkrekonstruktion nur unter Sicht möglich ist, wird der Zugang zum Gelenk über eine Chevron-förmige Olekranonosteotomie erreicht. Dabei ist darauf zu achten, diese etwas distal des tiefsten Punkts des Ellenhakens anzulegen. Üblicherweise wird dann der Gelenkblock mit Hilfe von Zugschrauben oder bei Trümmerzonen mit Stellschrauben rekonstruiert. Anschließend wird die Verbindung zum distalen Humerus mittels zweier Platten wie bei den A-Frakturen hergestellt.

Die häufig nicht ganz einfache Refixation der Olekranonosteotomie kann über eine einfache Zuggurtung [27], eine Plattenosteosynthese [7] oder eine intramedulläre Großfragmentschraube in Kombination mit einer Cerclage erfolgen. Die alleinige Großfragmentschraube hatte in unseren Händen eine relative hohe Lockerungsrate, sodass wir sie nicht mehr verwenden (■ Abb. 7).

Bei hochgradiger Osteoporose und ausgeprägter Gelenkzerstörung wird in letzter Zeit auch der primäre endoprothetische Gelenkersatz empfohlen [5, 6, 20, 24]. Das derzeit einzige Modell, dessen Anwendung publiziert wurde, ist die Coonrad-Morrey-Prothese in zementierter Form. Das operative Verfahren wurde ausführlich von Müller et al. [24] dargestellt.

Nachbehandlung

Kinder

Wenn die Ruhigstellung des Ellenbogens 4 bis maximal 5 Wochen nicht überschreitet, ist bei Kindern postoperativ keine Physiotherapie nötig [14, 29]. Da sie in der Regel nach relativ kurzer Zeit spontan wieder den maximal möglichen Bewegungsumfang erzielen, kann eine forcierte Physiotherapie mitunter sogar zur sekundären Dislokation führen.

Erwachsene

Nach ORIF sollte bis zur sicheren Wundheilung eine Oberarmgipsschiene angelegt werden, bei hochgradiger Osteoporose oder fehlender Compliance auch für

Abb. 6 ▲ Fallbeispiele für die operative Versorgung von B-Frakturen des distalen Humerus, **a** präoperative Röntgenbilder einer geschlossenen isolierten Abscherfraktur der Trochlea humeri (B3) bei einer 78-jährigen Patientin mit erheblicher Osteoporose, **b** postoperative Röntgenbilder nach Zugschraubenosteosynthese (dorsale Schraube unter Sicht eingebracht, subchondral liegend), **c** präoperative Röntgenbilder einer Fraktur des Condylus radialis (B1) bei einer 82-jährigen Patientin, **d** präoperatives CT, **e** postoperative Röntgenbilder nach Zugschrauben- und Neutralisationsplattenosteosynthese

6 Wochen. Unabhängig davon sollte die Osteosynthese so stabil sein, dass ab etwa dem 3.–5. Tag mit Physiotherapie aus der Schiene heraus begonnen werden kann. Die ersten 4 Wochen sollte abhängig von der intraoperativ erzielten Stabilität die Bewegung auf 0/30/110° limitiert werden. Eine volle Belastbarkeit ist frühestens nach 10 Wochen wieder gegeben.

Nach Implantation einer zementierten Endoprothese ist prinzipiell eine sofortige volle Belastbarkeit gegeben und lediglich anfangs auf die Wundkonsolidierung zu achten.

Zur medikamentösen Prophylaxe periartikulärer Verkalkungen (PAO) muss für 2–3 Wochen postoperativ ein nichtsteroidales Antirheumatikum gegeben werden (z. B. Diclofenac oder Indometacin). Eine postoperative Bestrahlung zur PAO-Prophylaxe erscheint nach primärer Fraktur-

stabilisierung nicht nötig, sollte jedoch nach Spätversorgungen, Arthrolysen oder Korrekturen mit in das Behandlungskonzept einbezogen werden.

Komplikationen

Kinder

Laut DGU-Studie ist in 5% der Fälle postoperativ mit einer Nervenläsion zu rechnen, wobei hier im Gegensatz zu den primär traumatischen Nervenschäden der N. ulnaris mit Abstand am häufigsten betroffen ist. Die postoperative Infektrate wird mit 4,5% angegeben, wobei nur in 1 von 17 Fällen die Drähte über Hautniveau belassen wurden. Dies ist allerdings nur bei den Fällen möglich, in denen nicht offen reponiert werden muss. Die geschlossene Reposition und anschlie-

ßende rein perkutane Spickung haben per se natürlich ein deutlich geringeres Infektrisiko, allerdings scheint trotz für 3–4 Wochen perkutan belassenen Drähten bei den Kindern kein erhöhtes Infektrisiko zu bestehen.

In 6% der Fälle mussten eine Nachreposition und in 5,1% ein Therapiewechsel vorgenommen werden [32].

Erwachsene

Die häufigste postoperative Komplikation ist die Läsion des N. ulnaris, die in 7–15% der Fälle beschrieben wird [10]. Die Datenlage bezüglich eines positiven Effekts auf die Rate an postoperativen Nervenläsionen durch eine routinemäßige Ventralverlagerung ist sehr uneinheitlich. Entscheidend ist sicher, dass bei der Mobilisierung des Nervs die Durchblu-

Abb. 7 ◀ Geschlossene supra- und diakondyläre Humerusfraktur (C3) bei einem 71-jährigen Patienten, **a** präoperative Röntgenbilder, **b** intraoperativer Befund nach Anlage der radialen Platte; N. ulnaris mit rotem Vessel-Loop angeschlungen, **c** postoperative Röntgenbilder

tung nicht geschädigt wird und dass die Implantate nicht den Nervenverlauf im Sulcus ulnaris kompromittieren.

Die zweite relativ oft auftretende postoperative Komplikation ist die Entwicklung von PAO. Angaben über ihre Häufigkeit variieren von 0% [4] bis 49% [18], wobei zwischen funktionell relevanten und lediglich radiologisch nachweisbarer PAO unterschieden werden muss. Grundsätzlich zeigte sich jedoch, dass bei einer durchschnittlichen Rate an relevanten PAO von 4% [10] eine generelle medikamentöse PAO-Prophylaxe zu empfehlen ist.

Postoperative Infekte wurden in 0–12% der Fälle beschrieben [12].

Ergebnisse

Kinder

In den beiden großen Studien zu supracondylären Humerusfrakturen, in denen insgesamt über 700 Patienten nachuntersucht werden konnten, wurden Ergebnisse mit Achsabweichungen in der Frontalebene im Varus-/Valgusrichtung $>5^\circ$ und Einschränkungen der Beweglichkeit für Flexion/Extension $>10^\circ$ als unbefriedigend eingestuft [32, 33].

Unter diesen Beurteilungskriterien zeigten sich bei der klinischen Untersuchung Fehlstellungen in der Frontalebene in 10 [33] bzw. 19% [32], wobei eine Achs-

abweichung Richtung Varus deutlich häufiger vorkam als Richtung Valgus.

Die Überprüfung der Beweglichkeit für Flexion und Extension ergab symmetrische Verhältnisse in knapp 90% der Fälle. Bezüglich der Flexion bestand fast immer ein Defizit, wohingegen bezüglich des Ausmaßes der Extension zu etwa gleichen Teilen eine Einschränkung und eine Erhöhung gefunden wurden.

Die radiologische Bewertung der Ergebnisse zeigte in 86 [32] bzw. 94% [33] im a.-p. Bild und in 77 [33] bzw. 79% [32] im seitlichen Bild ein ideales Ausheilungsergebnis, d. h. in $>20\%$ der Fälle waren radiologisch fassbare Fehlstellungen $>5^\circ$ zum Zeitpunkt der Konsolidierung festzustellen, die sich in den meisten Fällen auch im weiteren Wachstum nicht mehr korrigierten [29, 33].

Zusammenfassend zeigen diese Studien, dass die distalen Humerusfrakturen auch im Kindesalter problematische und möglicherweise unterschätzte Verletzungen sind.

Erwachsene

Die Ergebnisse nach operativer Versorgung distaler Humerusfrakturen beim Erwachsenen durch ORIF sind in der Literatur sehr uneinheitlich. In der Regel handelt es sich aufgrund der geringen Häufigkeit um relativ kleine Kollektive, die bezüglich des Patientenguts, der Fraktur-

typen und der Therapie schwer zu vergleichen sind. Grundsätzlich wird das Endergebnis vom Schweregrad der primären Fraktur, dem Grad der Osteoporose, der Möglichkeit zur frühfunktionellen Therapie und dem Auftreten von Komplikationen, insbesondere der sekundären Frakturdislokation in Folge von Materiallockerung, determiniert.

Letsch u. Schmidt-Neuerburg [19] fanden im Rahmen einer Metaanalyse in bis zu 60% der Fälle schlechte, aber auch in über 80% der Fälle gute und sehr gute Ergebnisse. Huang et al. [12] gaben in ihrer Literaturübersicht gute und sehr gute Ergebnisse in 52–87,5% der Fälle an und schlechte in 0–24%.

Korner et al. [16] kamen in ihrer Multicenterstudie zu überwiegend guten und sehr guten Ergebnissen bei 45 Patienten. Sie konnten aufzeigen, dass Materiallockerungen v. a. im Bereich des stärker belasteten radialen Pfeilers auftreten und dass jede Immobilisierung des Ellenbogens über 2 Wochen hinaus zu funktionell schlechteren Ergebnissen führt. Wenn es postoperativ zu Einschränkungen der Beweglichkeit kommt, äußert sich diese nahezu immer in einem Streckdefizit, seltener in einem Streck- und Beugedefizit und sehr selten nur in einem Beugedefizit.

Unter der Voraussetzung einer adäquaten primären operativen Stabilisierung sind Pseudarthrosen selten, v. a. Dank der

guten Blutversorgung des distalen Humerus. Helfet u. Rosen [9] fanden, dass 75% der Pseudarthrosen in ihrem Krankengut auf eine insuffiziente primäre Frakturstabilisierung zurückzuführen waren.

Sekundäre Frakturdislokationen führen wesentlich häufiger zu fehlverheilten Frakturen mit entsprechender Funktionseinschränkung als zu Pseudarthrosen.

Fazit für die Praxis

Kinder: Die kindlichen suprakondylären Humerusfrakturen werden, falls sie undisloziert sind (Typ I), konservativ im Rechtwinkelgips behandelt, bei Dislokation in der Sagittalebene (Typ II) im Cuff- und Collar- Verband oder im Spitzwinkelgips. Die dislozierten Frakturen (Typ III und IV) werden in Narkose primär durch geschlossene ggf. auch offene Reposition und anschließende gekreuzte Kirschnerdraht-Osteosynthese stabilisiert. Nach geschlossener Reposition können die Drähte über Hautniveau belassen werden, nach offener Reposition müssen sie unter Hautniveau versenkt werden und in einer 2. Narkose nach 3-4 Wochen wieder entfernt werden.

Jenseits des 7. Lebensjahres sind überhaupt keine Spontankorrekturen mehr zu erwarten, so dass bei diesen Frakturen eine exakte anatomische Wiederherstellung nötig ist.

Dislozierte Frakturen der Epikondylen und monokondyläre Frakturen werden durch Zugschrauben- oder Kirschnerdrahtosteosynthesen stabilisiert. Eine postoperative Physiotherapie ist in aller Regel nicht indiziert.

Erwachsene: Distale Humerusfrakturen werden beim Erwachsenen in aller Regel durch ORIF behandelt. Standard bei A- und C-Frakturen ist die Stabilisierung mit Kleinfragment Rekonstruktionsplatten oder winkelstabilen Platten (radial von dorsal und ulnar seitlich platziert) über einen dorsalen Zugang mit oder ohne Olecranonosteotomie. Bei B-Frakturen werden Schrauben mit oder ohne Neutralisationsplatten eingesetzt. Die Platzierung des N. ulnaris (anatomisch im Sulcus ulnaris oder extraanatomische Ventralverlagerung) nach Frakturstabilisierung wird kontrovers diskutiert, eindeutige Vorteile des einen gegenüber

dem anderen Vorgehen sind nicht auszumachen, so dass beide Verfahren möglich sind. Eine postoperative medikamentöse PAO-Prophylaxe ist unbedingt zu empfehlen, die frühfunktionelle Nachbehandlung entscheidend für das Endergebnis.

Bei Osteoporose und hochgradiger Gelenkerstörung könnte der primäre endoprothetische Ersatz des Ellenbogengelenkes in Zukunft eine zunehmende Rolle spielen.

Korrespondierender Autor

Prof. Dr. M. E. Wenzl

Klinik für Unfallchirurgie, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck
Ratzeburger Allee 160, 23538 Lübeck
michael.wenzl@chirurgie.uni-luebeck.de

Interessenkonflikt. Es besteht kein Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen. Die Präsentation des Themas ist unabhängig und die Darstellung der Inhalte produktneutral.

Literatur

- Amis AA, Miller JH (1995) The mechanism of elbow fractures: an investigation using impact tests in vitro. *Injury* 26: 163–168
- Bauer GJ, Hoellen I (1997) Die distale intraartikuläre Humerusfraktur. Diagnostik, Operationstechnik und Ergebnisse. *Aktuelle Traumatol* 27: 125–131
- Driscoll SW (2005) Optimizing stability in distal humeral fracture fixation. *J Shoulder Elbow Surg* [Suppl 1] 14: S186–S194
- Eralp L, Kocaoglu M, Sar C et al. (2001) Surgical treatment of distal intraarticular humeral fractures in adults. *Int Orthop* 25: 46–50
- Gambirasio R, Riand N, Stern R et al. (2001) Total elbow replacement for complex fractures of the distal humerus. *J Bone Joint Surg Br* 83-B: 974–978
- Garcia JA, Mykula R, Stanley D (2002) Complex fractures of the distal humerus in elderly – the role of total elbow replacement as primary treatment. *J Bone Joint Surg Br* 84-B: 812–816
- Gofton WT, MacDermid JC, Patterson SD et al. (2003) Functional outcome of AO type C distal humeral fractures. *J Hand Surg [Am]* 28A: 294–308
- Helfet DL, Hotchkiss RN (1990) Internal fixation of the distal humerus: a biomechanical comparison of methods. *J Orthop Trauma* 4: 260–264
- Helfet DL, Rosen H (1988) The operative management of non-unions of the distal humerus. Paper. AAOS Meeting, Atlanta, February 1988
- Helfet DL, Schmeling GJ (1993) Bicondylar intraarticular fractures of the distal humerus in adults. *Clin Orthop* 292: 26–36
- Holdsworth BJ (2000) AO-principles of fracture management: humerus-distal. Thieme, Stuttgart New York, p 317
- Huang TL, Chiu FY, Chuang TY et al. (2004) Surgical treatment of acute displaced fractures of adult distal humerus with reconstruction plate. *Injury* 35: 1143–1148

- Jupiter JB (1995) Complex fractures of the distal part of the humerus and associated complications. *Instr Course Lect* 44: 187–198
- Keppler P, Salem K, Schwarting B et al. (2005) The effectiveness of physiotherapy after operative treatment of supracondylar humeral fractures in children. *J Pediatr Orthop* 25: 314–316
- Korner J, Lill H, Müller LP et al. (2003) The LCP-concept in the operative treatment of distal humerus fractures – biological, biomechanical and surgical aspects. *Injury* 34: S-B20–S-B30
- Korner J, Lill H, Müller LP et al. (2005) Distal humeral fractures in elderly patients: results after open reduction and internal fixation. *Osteoporos Int* [Suppl 2] 16: S73–S79
- Kremer K, Lierse W, Platzer W et al. (Hrsg) Chirurgische Operationslehre, Bd 9: Schultergürtel, obere Extremität. Thieme, Stuttgart New York
- Kundel K, Braun W, Wieberneit J et al. (1996) Intraarticular distal humeral fractures. Factors affecting functional outcome. *Clin Orthop* 332: 200–208
- Letsch R, Schmidt-Neuerburg KP (2001) Distale Humerusfrakturen. In: Tscherne H (Hrsg) Unfallchirurgie. Springer, Berlin Heidelberg New York
- McCarthy LP, Ring D, Jupiter JB (2005) Management of distal humerus fractures. *Am J Orthop* 34: 430–438
- Meyer C, Alt V, Kraus R et al. (2005) Die Arterien des Humerus und deren Bedeutung für die Frakturbehandlung. *Zentralbl Chir* 130: 562–567
- Moneim MS, Garst JR (1995) Vascular injuries associated with elbow fractures and dislocations. *Int Angiol* 14: 307–312
- Müller ME, Allgöwer M, Schneider R et al. (Hrsg) (1992) Manual der Osteosynthese, 3. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Müller LP, Kamineni S, Rommens PM et al. (2005) Primäre totale Ellenbogenprothese zur Versorgung distaler Humerusfrakturen. *Operat Orthop Traumatol* 17: 119–142
- Ring D, Jupiter JB (2000) Fractures of the distal humerus. *Orthop Clin North Am* 31: 103–113
- Robinson CM, Hill RM, Jacobs N et al. (2003) Adult distal humeral metaphyseal fractures. *J Orthop Trauma* 17: 38–47
- Rüger JM, Janssen A, Barvencik F et al. (2005) Distale Humerusfraktur. *Unfallchirurg* 108: 49–58
- Self J, Viegas SF, Buford WL et al. (1995) A comparison of double-plate fixation methods for complex distal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 4: 10–16
- von Laer (2001) Supracondyläre Humerusfrakturen. In: von Laer L (Hrsg) Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter, 4. Aufl. Thieme, Stuttgart New York, S 126–142
- von Laer L, Brunner R, Lampert C (1991) Fehlverheilte suprakondyläre und kondyläre Humerusfrakturen. *Orthopäde* 20: 331–340
- von Laer L, Gunter SM, Knopf S et al. (2002) Supracondylar humerus fracture in childhood – an efficacy study. Results of a multicenter study by the Pediatric Traumatology Section of the German Society of Trauma Surgery – II: Costs and effectiveness of the treatment. *Unfallchirurg* 105: 217–223
- Weinberg AM, Marzi I, Gunter SM et al. (2002) Supracondylar humerus fracture in childhood – an efficacy study. Results of a multicenter study by the Pediatric Traumatology Section of the German Society of Trauma Surgery – I: Epidemiology, effectiveness evaluation and classification. *Unfallchirurg* 105: 208–216
- Wessel LM, Günter SM, Jablonski M et al. (2003) Wie lässt sich die Wachstumsprognose nach kindlicher supracondylärer Fraktur erfassen? *Orthopäde* 32: 824–832