

D. Rikli^a, P. Regazzoni^b

Distale Radiusfrakturen

^a Traumatologie, Kantonsspital Aarau

^b Traumatologie, Kantonsspital Basel

Summary

Distal radius fractures

Fractures of the distal end of the radius are the most common fractures in humans. The variants of type of fracture and associated injuries are numerous, depending on the mechanism of injury, the amount of energy absorbed and the quality of the bone. Treatment concepts evolve as our understanding of the physiopathology

of this heterogeneous group of injuries increases. It is now commonly accepted that extraarticular anatomy and joint congruency, as well as ligamentous integrity, should be restored to obtain a good functional result. This paper provides an overview of current knowledge and discusses possible future trends.

Keywords: distal radius fracture; wrist

Zusammenfassung

Die distale Radiusfraktur ist der häufigste Knochenbruch beim Menschen. Das pathophysiologische Verständnis für diese sehr heterogene Verletzungsgruppe hat sich in den letzten Jahren enorm erweitert. Die Therapiekonzepte haben sich ebenfalls stark gewandelt, ist doch heute die Forderung nach anatomischer Re-

konstruktion im Hinblick auf ein optimales funktionelles Resultat allgemein akzeptiert. Die vorliegende Arbeit soll einen Überblick über den derzeitigen Wissensstand und neuere Tendenzen geben.

Keywords: distale Radiusfraktur; Handgelenk

Einleitung

Der häufigste Knochenbruch des Menschen, die distale Radiusfraktur, hat in den letzten Jahren vermehrt Aufmerksamkeit erlangt. Im Volksmund heisst diese Verletzung zu Recht «Handgelenksbruch». Damit ist etwas Wichtiges gesagt, nämlich dass es sich bei der distalen Radiusfraktur um die Verletzung eines komplexen Gelenks handelt. Betroffen sind je nach Frakturtyp der Knochen, der Knorpel, die stabilisierenden Bandstrukturen sowie der umgebende Weichteilmantel inklusive Sehnen und Nervenstrukturen. Das «Handgelenk» umfasst drei Gelenke: das radiokarpale, das ulnokarpale und das distale radioulnare Gelenk. Es ist erstaunlich, wie wenig medizinisches Interesse dieses für die phylogenetische Entwicklung der Primaten so wichtige Gelenk [1] bis

vor kurzem erfahren hat, obwohl Verletzungen in diesem Bereich so häufig sind. Noch immer geistert die Behauptung von Abraham Colles herum, dass auch grobe Fehlstellungen nach distaler Radiusfraktur wenig Beschwerden verursachen und mit einer befriedigenden Funktion einhergehen [9]. Anekdotisch sind zwar solche Fälle in der Tat bekannt. Seit einigen Jahren ist aber eine Trendwende eingetreten. Es liegen inzwischen zahlreiche Daten vor, die für herkömmliche Behandlungsmethoden einen hohen Prozentsatz an unbefriedigenden Resultaten und einen klaren Zusammenhang zwischen Anatomie und Funktion dokumentieren [2, 3, 5–8, 10, 12–16, 19, 21–23, 26–28, 39, 41–43].

Korrespondenz:

Dr. med. Daniel Rikli,

Leitender Arzt, Traumatologie,

Kantonsspital Aarau, CH-5001 Aarau

Klassifikation

Es gibt unzählige Klassifikationen der distalen Radiusfraktur. Frykman [15] hat mit seiner Klassifikation, welche die ossäre Verletzung des distalen Radioulnargelenks berücksichtigt, auf die Bedeutung dieses Gelenks im Zusammenhang mit Frakturen des distalen Radius aufmerksam gemacht. Zunehmend verbreitet

ist die AO- beziehungsweise OTA-Klassifikation (Orthopedic Trauma Association) mit den drei Gruppen A (extraartikulär), B (partiell artikulär) und C (artikulär). Eine sehr praxisbezogene Weiterentwicklung stellt die Klassifikation von Fernandez dar (Abb. 1) [13].

Pathophysiologie

Die Klassifikation von Fernandez [13] zeigt sehr schön den Zusammenhang von Pathophysiologie und Morphologie der Verletzung auf. Die häufigste Form (Typ I) kommt durch indirekte Biegekräfte zustande. Sind die Kräfte nach dorsal gerichtet, entsteht die klassische

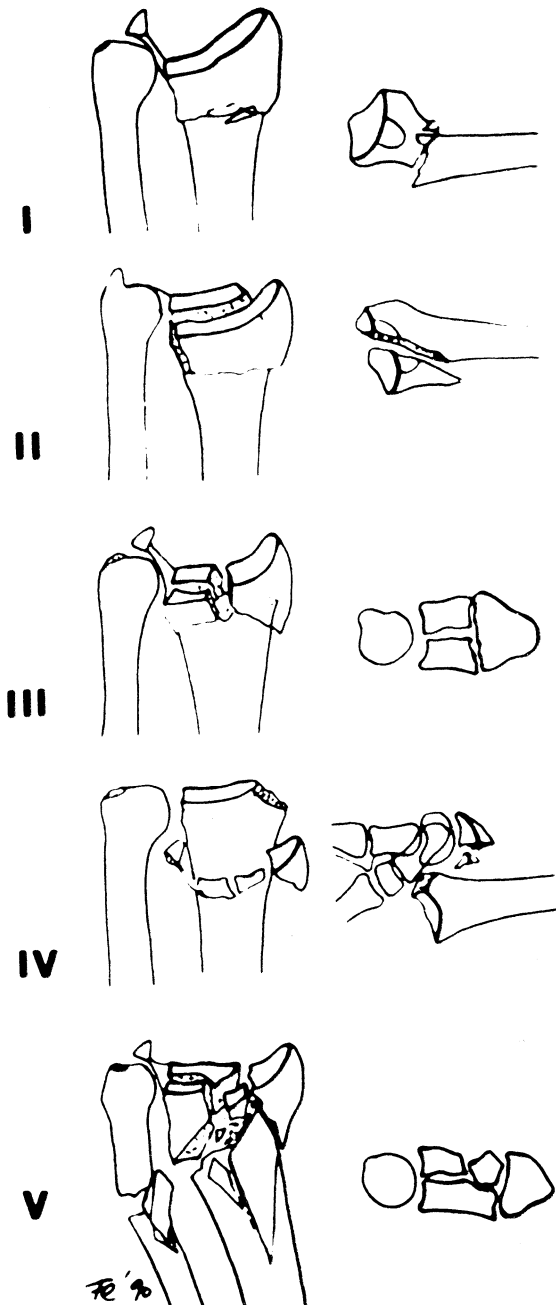
Colles-Fraktur der älteren Dame: eine extraartikuläre Fraktur der Radiusepiphyse mit Dislokation nach dorsal und radial und mehr oder weniger ausgeprägter metaphysärer Trümmerzone. Relativ häufig finden sich sagittale Ausläufer ins Gelenk, meist ohne Dislokation. Sind die Kräfte nach palmar gerichtet, entsteht die Smith-Fraktur mit Dislokation des distalen Fragments nach palmar. Auch hier findet sich gerade beim osteoporotischen Knochen häufig eine Ausdehnung des Fraktursystems ins Gelenk, insbesondere eine Absprengung des Radiusstyloids, was bei einer eventuellen operativen Versorgung berücksichtigt werden muss. Bei mehr axial einwirkender Kraft kommt es je nach Stellung des Handgelenks zur Abscherung der dorsalen (Barton) oder der palmaren (reversed Barton) Kante der Radiusepiphyse mit einem mehr oder weniger grossen Gelenkanteil. Auch die isolierte Fraktur des Radiusstyloids (backfire fracture) gehört zu dieser Gruppe (Typ II). Das sind Gelenkfrakturen des jüngeren Menschen.

Bei rein axial einwirkender Kraft kommt es zu den typischen, von Melone [29] beschriebenen Gelenkfrakturen (Typ III). Durch den sogenannten «die punch» Mechanismus (die «lange Gerade» im Boxsport) [37] wird die Radiusepiphyse in vier Hauptfragmente aufgesprengt: Radiusstyloid, Radiuschaft, dorso-ulnares und palmar-ulnares Fragment. Die beiden letzteren bilden das distale Radioulnargelenk. Bei dieser Hochenergieverletzung (in der Regel des jüngeren Menschen) findet sich meist auch eine Impaktion von Gelenkfragmenten in die Metaphyse. Vor allem bei Frakturen, die durch die Facies lunaris laufen, entstehen gehäuft Verletzungen der radiokarpalen und intrakarpalen Bänder [17, 32].

Bei den seltenen Avulsionsverletzungen kommt es zum ossären Ausriss der radiokarpalen und ulnokarpalen Bandstrukturen im Sinne einer Handgelenksluxation (Typ IV). Da der Karpus in der Regel spontan reponiert, zeigen sich im Unfallbild unter Umständen nur kleine ossäre Fragmente im Bereich der dorsalen oder pal-

Abbildung 1

Klassifikation der distalen Radiusfraktur nach Fernandez [13].



maren Kante und des Radiusstyloids, weshalb man im Röntgenbild die Verletzung unterschätzen kann. Die Prüfung der Stabilität unter Bildwandler zeigt dann das wirkliche Ausmass des Schadens.

Bei Hochenergietraumata finden wir schliesslich Kombinationen der oben erwähnten Verletzungsformen (Typ V).

Begleitverletzungen

Die häufigste Begleitverletzung ist der Abriss des Processus styloideus ulnae. Er entspricht einem ossären Ausriss des triangulären fibrokartilaginären Komplexes. Bei korrekter Reposition der Radiusfraktur stellt sich das Ulnastyloid ein. Es wird entweder ossär wieder eingebaut oder heilt mit einer straffen Pseudarthrose und bedarf keiner weiteren Therapie [18]. Selten führt ein basisnah abgerissenes Ulnastyloid zu Beschwerden (Instabilität, schmerzhafteste Bewegungseinschränkung) und muss dann operativ stabilisiert werden. Es kann auch zu radialen Abrissen des triangulären fibrokartilaginären Komplexes oder Verletzungen der ulnokarpalen Bandverbindungen kommen. Diese können zur Instabilität

des distalen radioulnaren Gelenks und des ulnaren Karpus führen und für hartnäckige, persistierende Schmerzen verantwortlich sein. Neuere arthroskopische Untersuchungen haben dokumentiert, dass bei distalen Radiusfrakturen Verletzungen der intrakarpalen Bänder, insbesondere zwischen Skaphoid und Lunatum sowie Lunatum und Triquetrum, nicht selten sind [17, 32]. Sind diese ligamentären Verletzungen höhergradig, führen sie zur karpalen Instabilität, die möglichst gleichzeitig mit der Radiusfraktur behandelt werden muss (Abb. 2). Zeichen der am häufigsten vorkommenden skapho-lunären Dissoziation sind: verbreiteter Abstand (>2 mm) zwischen Skaphoid und Lunatum und ein flektiertes Ska-

Abbildung 2

Extraartikuläre distale Radiusfraktur mit skapho-lunärer Bandruptur.
(a) Unfallbild: Bei gleichzeitig vorhandener Dorsalkippung der Radiusepiphyse ist die Interpretation des skapho-lunären Winkels nicht zuverlässig.



(b) Zustand nach geschlossener Reposition und Fixateur externe. Im Seitenbild DISI-Stellung, im ap-Bild verbleibt das Skaphoid in Flexionsstellung trotz Ulnarduktion des Handgelenks. Verdacht auf Verbreiterung des skapho-lunären Abstandes.



Abbildung 2

(Fortsetzung).

(c) Die Diagnose einer vollständigen skapho-lunären Bandruptur wurde intraoperativ bestätigt. Temporäre Transfixation Skaphoid-Lunatum und Skaphoid-Capitulum nach offener Reposition und Bandnaht. Die DISI-Stellung ist aufgehoben, das Skaphoid ist extendiert.



phoid mit «Ringzeichen» im ap-Bild sowie ein extendiertes Lunatum gegenüber einem flektierten Skaphoid im Seitenbild.

Verletzungen des N. medianus durch dislozierte palmare Knochenfragmente kommen vor, sind aber selten [29]. Häufiger kommt es zum akuten Engnis für den Nerven bei massiver Dorsalkippung der Radiusepiphyse, was durch die Reposition behoben wird.

Verletzungen bis zur Ruptur von Strecksehnen,

insbesondere des Extensor pollicis longus, kommen vor. Typischer ist die Spättraktur der Sehne des Extensor pollicis longus durch Knochen-
sporne im Bereich des Tuberculum Listeri.

Gleichzeitige Frakturen von Karpalknochen betreffen vor allem das Skaphoid.

Offene Frakturen sehen wir im Rahmen von Hochenergietraumata und bei Durchspießung des Ulnaschafts palmar bei distalen Vorderarmfrakturen des älteren Menschen.

Prinzipien der Therapie

Es gibt einen klaren Zusammenhang zwischen der Wiederherstellung der Form (Anatomie) des Handgelenks und dessen Funktion. Die Stellung der Radiusepiphyse beeinflusst die komplexe karpale Kinematik und die Kraftübertragung auf die radiale Gelenkfläche sowie die Kongruenz im distalen Radioulnargelenk ganz entscheidend [14, 25, 28, 31, 38, 41, 43]. So führt zum Beispiel bereits eine Dorsalkippung der Radiusepiphyse von 10° zu einer Inkongruenz im distalen radioulnaren Gelenk und zur Verspannung der Membrana interossea mit signifikanter Einschränkung der Pro-/Supination [25]. Die Wiederherstellung der radialen Länge ist bezüglich funktionellem Resultat ein wichtiger prognostischer Faktor [3, 43]. Bei Verkürzung des Radius führt die relative Überlänge der Ulna zum Impingement zwischen ulnarem Karpus und Ulnaköpfchen mit Schädigung des triangulären fibrokartilaginären Komplexes und Schmerzen. Ein wichtiges Prinzip der Therapie muss daher die Wiederherstellung der extraartikulären anatomischen Verhältnisse (Winkel, radiale Länge) sein. Dies gilt auch für die älteren Patienten, de-

ren funktionelle Ansprüche mit den zunehmenden Freizeitaktivitäten weiter steigen. Das Alter der Patienten, die sich in der Sprechstunde wegen einer fehlverheilten, symptomatischen Colles-Fraktur vorstellen, nimmt laufend zu.

Das Ausmass von intraartikulären Stufen und Diastasen hat ebenfalls einen Einfluss auf das funktionelle Resultat. Zwar werden residuelle Stufen von 1 mm mit der praktisch obligat sich entwickelnden milden bis moderaten radiokarpalen Arthrose subjektiv häufig gut ertragen [8, 33], grössere Inkongruenzen (>2 mm) führen aber zur symptomatischen Arthrose [26]. Es muss deshalb ein Prinzip der Therapie bei intraartikulären Frakturen sein, neben der Korrektur der extraartikulären Fehlstellung die intraartikulären Stufen zu beheben.

Eine Osteoporose findet sich bei Patienten über 55 Jahren mit Colles-Fraktur in ¾ der Fälle [11]. Die initiale Dislokation ist bei vorhandener Osteoporose grösser, ebenfalls das Ausmass und die Häufigkeit einer Redisllokation [11]. Ein Therapieprinzip bei osteoporotischem Knochen muss deshalb sein, nach Re-

position eine zuverlässige Methode zu wählen, um ein sekundäres Nachsintern zu verhindern. Remanipulationen belasten den Patienten, verlängern die Behandlungsdauer und führen zu höheren Behandlungskosten. Die Gefahr der Entwicklung einer Algodystrophie steigt bei Remanipulationen [34]. Es muss daher ein weiteres Therapieprinzip sein, Remanipulationen zu verhindern. Die Erstbehandlung soll – wenn immer möglich – die definitive sein.

Ein Handgelenksbruch bedeutet eine Verletzung und damit einen funktionellen Ausfall der gesamten betroffenen Extremität. Viele Patienten tendieren dazu, die verletzte Extremität zu

«skotomisieren» und aus ihrem Körper zu desintegrieren («Machen Sie das beste daraus, Herr Doktor»). Es ist deshalb ein entscheidendes Therapieprinzip, von Beginn an die gesamte Extremität inklusive Schulter und Ellbogen im Rahmen der Nachbehandlung zu mobilisieren. Besonders wichtig ist das Beüben und Einsetzen der Finger, um Beweglichkeit und Funktion zu erhalten. Die Patienten sollen ermuntert werden, die Hand für kleinere, unbelastete Verrichtungen einzusetzen: eine Zeitung halten, Essen, persönliche Hygiene. Damit wird die «Wiedereingliederung» nach Beenden der Fixation erheblich erleichtert.

Behandlungstechniken

Zuerst erfolgt – unter adäquater Anästhesie – die Reposition. Extraartikuläre und viele intraartikuläre Frakturen können geschlossen reponiert werden. Die palmare Kippung des radiokarpalen Gelenks von etwa 10° im seit-

lichen Strahlengang und der Anstellwinkel von etwa 25° im ap-Strahlengang müssen wiederhergestellt werden. Oft besteht ein sogenannter «radial shift», d.h. eine Ad-latus-Verschiebung des distalen Fragments nach radial im ap-

Abbildung 3

Distale intraartikuläre Radiusfraktur.

(a) Unfallbild: Überwiegend Biegekräfte führten zu einer massiven Dorsalkippung der Radiusepiphyse mit Frakturausläufern in das Gelenk.

(b) Gute Reposition durch Ligamentotaxis. Radiokarpalgelenk und extraartikuläre Winkel stimmen. Keine übermässige Distraction.

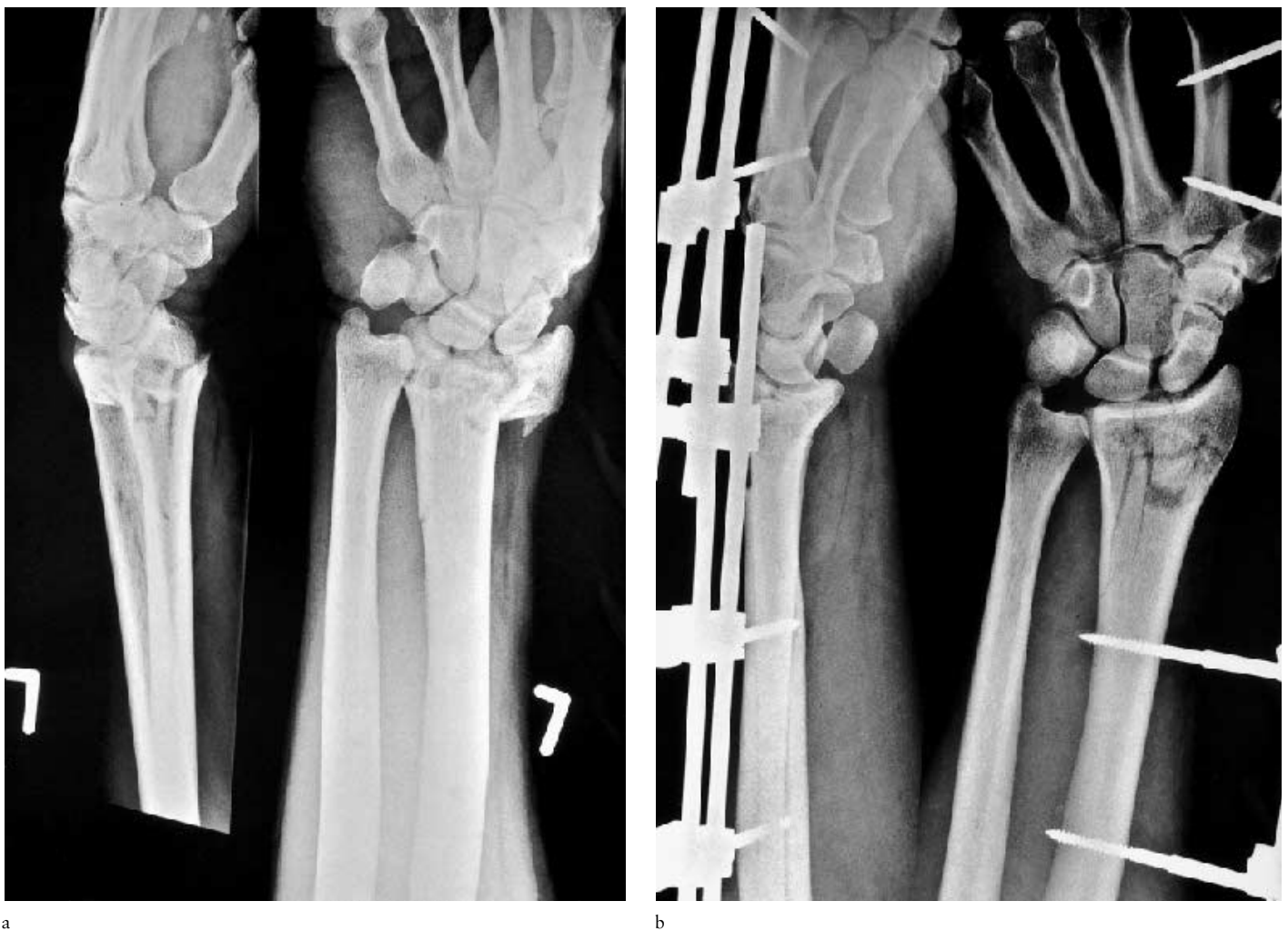


Abbildung 3

(Fortsetzung).
(c) Ausheilungsbild.



Strahlengang; dieser muss ebenfalls behoben werden (distales radioulnares Gelenk). Auch dislozierte dorso-ulnare Fragmente können sich durch die Ligamentotaxis einstellen, deren Retention gelingt aber dann nur im Fixateur. Bei intraartikulären Frakturen mit impaktierten Gelenkfragmenten ist die offene Reposition nötig. Dann ist es sinnvoll, den metaphysären Defekt mit Spongiosa oder einem kortikospongiosen Span aus dem Beckenkamm aufzufüllen.

Zur Retention des erreichten Repositionsergebnisses gibt es prinzipiell drei Möglichkeiten: Gips, allenfalls kombiniert mit perkutaner Kirschnerdraht-Spickung, Fixateur externe und offene Reposition und Osteosynthese. Die Gipsbehandlung hat ihren Platz bei nicht oder wenig ($<10^\circ$) dislozierten extraartikulären Frakturen ohne wesentliche metaphysäre Trümmerzone. Wir legen initial eine dorso-palmare Schiene an. Nach 4 Tagen kann der Gips in der Regel zirkularisiert werden. Eine Röntgenkontrolle nach 10 Tagen ist empfehlenswert, um eine Redislokation zu erfassen. Gerade beim osteoporotischen Knochen ist ein Repositionsverlust im Gips häufig. In diesem Falle sollte ein Verfahrenswechsel (Fixateur externe oder Osteosynthese) vorgenommen

werden. Ist die Dislokation über 10° und besteht das distale Fragment aus einem guten Block, kann die zusätzliche Spickung indiziert sein. Die biomechanisch stabilste Konstruktion ist die Kombination von zwei radialen und einem dorso-ulnaren Kirschnerdraht. Die Länge kann aber mit dieser Methode häufig nicht wunschgemäß gehalten werden. Druckstellen im Bereich der Drähte sind bei schlecht gepolstertem Gips möglich.

Mit dem Fixateur externe kann nicht nur die Stellung der Gelenkfläche, sondern auch die radiale Länge zuverlässig gehalten werden (Abb. 3). Durch die Ligamentotaxis stellen sich häufig auch dorso-ulnare Fragmente ein und können auch gehalten werden. Der Fixateur kann auch kombiniert werden mit Kirschnerdrähten, mit welchen Gelenkfragmente über kurze Inzisionen manipuliert und gehalten werden können. Ausgedehnte metaphysäre Defekte können zusätzlich über eine kurze dorsale Inzision mit Spongiosa aufgefüllt werden. Mit dieser Massnahme kann die Tragedauer für den Fixateur auf 4–5 Wochen reduziert werden. Beim Fixateur externe ist eine subtile Technik und eine sorgfältige Nachbehandlung wichtig. Beim Einbringen der Schanz-Schrauben helfen genügend grosse Inzisionen, Verlet-

Abbildung 4

Distale intraartikuläre Radiusfraktur. Axiale Kompression, «die punch».

(a) Notfallmässige Versorgung mit Fixateur externe.

(b) Präoperative Analyse mittels konventionellen Tomogrammen: intraartikuläre Stufe, Impaktion des Gelenks in die Metaphyse, durch Ligamentotaxis nicht korrigiert. Unbefriedigendes karpales Alignment mit dorsaler Subluxation des Karpus.

(c) Ausheilungsbild nach offener Reposition, Spongiosaplastik und Doppelplatten-Osteosynthese, der Fixateur externe wurde entfernt. Frühfunktionelle Nachbehandlung. Das Gelenk ist wiederhergestellt, das karpale Alignment stimmt. Beschwerdefreie Patientin mit praktisch symmetrischer Beweglichkeit.



a



c



b

zungen des N. radialis und der Strecksehnen zu vermeiden. Verwendet man eine Rohr-zu-Rohr-Montage, hat der Operateur alle Freiheiten für die Reposition. Eine übermässige Distraction muss vermieden werden. Postoperativ müssen die Eintrittsstellen der Schanz-Schrauben 3mal wöchentlich minutiös gereinigt werden, um Pin-Infekte und Lockerungen zu verhindern. Unter Berücksichtigung dieser Details wird der Fixateur problemlos 6–8 Wochen ertragen [34]. Ein grosser Vorteil des Fixateur externe ist es, dass die Patienten ihre Hand von Beginn an für nicht belastete Verrichtungen einsetzen. Nach Entfernen des Fixateurs ist die Rehabilitation meistens problemlos. Der Fixateur eignet sich auch besonders gut für schwere intraartikuläre Verletzungen als erste Massnahme in der Notfallsituation. Meist gelingt eine korrekte Reposition der extraartikulären Anatomie, und die Weichteile sind ruhigestellt. Postoperativ geben konventionelle Tomogramme Auskunft über den Zustand des Gelenks, und ein allfällig nötiger offener Eingriff kann in Ruhe geplant werden.

Bei den Osteosynthesen muss unterschieden werden zwischen dorsalem und palmarem Zugang. Flexionsfrakturen (Smith, reversed Barton) sind instabil und müssen über einen palmaren Zugang mit einer Abstützplatte versorgt werden. Die Platte liegt dabei unter dem Pronator quadratus und stört nicht. Heikler ist die Osteosynthese von dorsal. Die Strecksehnen liegen unmittelbar über dem Knochen, und die Kontur des Knochens ist nicht flach wie auf der palmaren Seite, sondern eher zeltförmig. Die 3,5 T-Platte, die palmar gute Dienste leistet, ist

dorsal ungeeignet. Regazzoni hat deshalb die Osteosynthese mit zwei Titanplatten der Dimension 2,0 eingeführt (Abb. 4). Dieser Methode liegt das Drei-Säulen-Modell zugrunde, wonach der distale Vorderarm aus einer radialen (Proc. styloideus radii und Facies scaphoidea), einer intermediären (Facies lunaris und radialer Anteil des distalen radioulnaren Gelenks) und einer ulnaren (distale Ulna, triangulärer fibrokartilaginärer Komplex und ulnarer Anteil des distalen radioulnaren Gelenks) besteht. Durch die Abstützung der radialen Säule (dorso-radiale Platte) wird die Dislokation nach radial mit Abflachung des Anstellwinkels verhindert, durch die Abstützung der intermediären Säule (dorso-ulnare Platte) die Dorsalkippung [33]. Da die Platten in einem Winkel von 50–70° zueinander stehen, wird die Stabilität der Konstruktion entscheidend erhöht. Die guten biomechanischen Eigenschaften dieser Technik sind im Labor nachgewiesen worden [30]. Durch die kleine Dimension kommt es nur selten zur Irritation der Strecksehnen, wenn die Implantate mit einem Retinaculumlappen gedeckt werden [33]. Meistens kann unmittelbar postoperativ mit der funktionellen Nachbehandlung unter physiotherapeutischer Anleitung begonnen werden. Die Methode hat sich in der Klinik bereits gut bewährt [20]. Die aufgrund ähnlicher konzeptueller Überlegungen entwickelte Pi-Platte der AO hat die Erwartungen nicht erfüllt (schwierig anzupassen, 23–60% Strecksehnenirritationen [24, 35, 36]) und muss sicher noch grundlegend modifiziert werden.

Komplikationen

Angaben über die Inzidenz der Algodystrophie (M. Sudeck) variieren in der Literatur zwischen 2 und 66% [4]. Wenn die technischen Details berücksichtigt werden (keine rüden Manipulationen, keine Remanipulationen, keine übermässige Distraction), sollte die Rate jedoch unter 5% liegen [20, 33, 34]. CTS finden sich nach distaler Radiusfraktur gehäuft [40]. Auch nach konservativ behandelter Fraktur kommt es zu Strecksehnenrupturen, vor allem des Extensor pollicis longus. Bewegungseinschränkungen in allen Ebenen sind häufig, ihr Ausmass korreliert mit der Schwere der Weichteilverletzung und der Qualität der Reposition. Radiologische Zeichen der radiokarpalen Ar-

throse sind häufig, werden aber in der Regel gut ertragen, wenn die extraartikuläre Anatomie wiederhergestellt ist und Stufen über 2 mm behoben sind [8, 34]. Nicht erkannte höhergradige intrakarpale Bandverletzungen führen unbehandelt zum schmerzhaften karpalen Kollaps.

Methodenspezifische Komplikationen sind: Druckstellen, Repositionsverlust (Gips), Verletzungen des N. radialis und der Strecksehnen, Ringsequester und Pin-Infekte (Fixateur externe bei ungenügender Technik), Bewegungseinschränkung, Strecksehnenirritationen (Osteosynthesen).

Nachbehandlung

Bei einer Gipsbehandlung müssen Druckstellen rechtzeitig erkannt werden («Der Patient hat immer recht»). Die Röntgenkontrolle 10 Tage nach Reposition soll Redislokationen erfassen. Bei Fixateurbehandlung müssen die Pin-Eintrittsstellen mindestens 3mal wöchentlich sorgfältig gepflegt werden. Es ist darauf zu achten, dass der Sekretfluss frei ist, um Pin-Infekte und Lockerungen zu vermeiden. Sollte es trotzdem zum Pin-Infekt kommen, kann dieser meist mit

einer 5tägigen Antibiotikatherapie (Augmentin®) beherrscht werden, andernfalls ist ein Wechsel der Schanz-Schrauben angezeigt. Nach Entfernen der Fixation verordnen wir meistens zwei bis drei Physiotherapiezyklen zur Mobilisation des Handgelenks. Eine volle Belastung ist in der Regel nach drei Monaten ohne Einschränkungen möglich. Die gesamte Behandlung dauert 4 bis 6 Monate.

Ausblick

Die Therapie der distalen Radiusfrakturen wird sich in den nächsten Jahren verfeinern. Die Ziele unserer Anstrengungen sind: Verbesserung des Implantatdesigns, weniger invasive Zugänge und funktionelle Nachbehandlung. Die Handgelenksarthroskopie hat zwar neue Erkenntnisse zur Pathophysiologie, für die

Therapie jedoch keine Vorteile gebracht. Die Implantate, z.B. für die beschriebene Doppelplatten-Osteosynthese, werden noch verbessert (winkelstabile Schrauben). Ob bioresorbierbare Implantate am distalen Radius in Zukunft Verwendung finden werden, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch unklar.

Literatur

- Almquist EE. Evolution of the distal radioulnar joint. *Clin Orthop Rel Res* 1992;275:5.
- Altissimi M, Antenucci R, Fiacca C, Mancini GB. Long-term results of conservative treatment of fractures of the distal radius. *Clin Orthop Rel Res* 1984;206:202-10.
- Aro HT, Koivunen T. Minor axial shortening of the radius affects outcome of Colles' fracture treatment. *J Hand Surgery* 1991;16-A:392-8.
- Atkins RM, Duckworth T, Kanis JA. Algodystrophy following Colles' fracture. *J Hand Surg* 1989;14B:161-4.
- Axelrod T, Paley D, Green J, McMurtry RY. Limited open reduction of the lunate facet in comminuted intraarticular fractures of the distal radius. *J Hand Surg Am* 1988;13:372-7.
- Bacorn RW, Kurtzke JF. Colles' fracture. A study of two thousand cases from the New York State Workmen's Compensation Board. *J Bone Joint Surgery* 1953;35-A:643.
- Bradway JK, Amadio PC, Cooney WP. Open reduction and internal fixation of displaced, comminuted intraarticular fractures of the distal end of the radius. *J Bone Joint Surg Am* 1989;71:839-47.
- Catalano LW, Cole RJ, Gelbermann RH, Evanoff BA, Gilula LA, Borelli J. Displaced intraarticular fractures of the distal aspect of the radius. *J Bone Joint Surg* 1997;79-A:1290.
- Colles A. On the fracture of the carpal extremity of the radius. *Edinburg Med Surg J* 1814;10:182.
- Cooney WP, Dobyns JH, Linscheid RL. Complications of Colles' fractures. *J Bone Joint Surg* 1980;62-A:613.
- Dias JJ, Wray CC, Jones JM. Osteoporosis and Colles' fractures in the elderly. *J Hand Surg* 1987;12-B:57.
- Edwards GE. Intraarticular fractures of the distal part of the radius treated with the small AO external fixator. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:1241-50.
- Fernandez DL, Jupiter JB. Fractures of the distal radius. A practical approach to management. New York: Springer Verlag; 1995.
- Fernandez DL. Correction of posttraumatic wrist deformity in adults by osteotomy, bone-grafting and internal fixation. *J Bone Joint Surg* 1982;64-A:1164-78.
- Frykman G. Fracture of the distal radius including sequelae - shoulder-hand-finger syndrome, disturbance in the distal radio-ulnar joint and impairment of nerve function. *Acta Orthop Scand* 1967;Suppl. 108.
- Gartland JJ, Werley CW. Evaluation of healed Colles' fractures. *J Bone Joint Surg* 1951;33-A:895.
- Geissler WB, Freeland AE, Savoie FH, McIntyre LW, Whipple TL. Intraarticular soft-tissue lesions associated with intraarticular fracture of the distal end of the radius. *J Bone Joint Surg* 1996;78-A:357.
- Hagert CG. Distal radius fracture and the distal radioulnar joint: anatomical considerations. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1994;26:22-6.
- Howard PW, Steward HD, Hind RE, Burke FD. External fixation or plaster for severely displaced comminuted Colles' fractures? *J Bone Joint Surg Br* 1989;71:68-73.
- Jakob M, Rikli D, Regazzoni P. Double plating for distal radius fractures. Report on a prospective clinical evaluation. Submitted.
- Jenkins NH. The unstable Colles' fracture. *J Hand Surg* 1989;14-B:149.
- Jupiter JB, Lipton H. The operative treatment of intraarticular fractures of the distal radius. *Clin Orthop* 1993;292:48-61.
- Jupiter JB. Current concepts review: fractures of the distal end of the radius. *J Bone Joint Surg* 1991;73-A:469.
- Kambouroglu GK, Axelrod TS. Complications of the AO/ASIF Titanium distal radius plate system (Pi-plate) in internal fixation of the distal radius: a brief report. *J Hand Surg* 1998;23-A:737.
- Kihara H, Short W, Werner F, Fortino M, Palmer AK. The stabilizing mechanism of the distal radioulnar joint during pronation and supination. *J Hand Surg* 1995;20-A:930.
- Knirk JL, Jupiter JB. Intraarticular fractures of the distal end of the radius in young adults. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68:647-59.
- Lidström A. Fractures of the distal end of the radius. A clinical and statistical study of end results. *Acta Orthop Scand* 1959;Suppl. 41.
- McQueen M, Caspers J. Colles' fracture: does the anatomical result affect the final function? *J Bone Joint Surg Br* 1988;70-B:649-51.
- Melone CP. Open treatment for displaced articular fractures of the distal radius. *Clin Orthop* 1984;202:103-11.
- Peine R, Rikli D, Hoffmann R, Duda G, Regazzoni P. Biomechanical evaluation of different fixation techniques at the distal end of the radius. In press 1999.

- 31 Pogue DJ, Viegas SF, Patterson RM, Peterson PD, Jenkins DK, Sweo TD, et al. Effects of distal radius malunion on wrist joint mechanics. *J Hand Surg* 1990;15A:721-7.
- 32 Richards RS, Bennet JD, Roth JH, Milne K. Arthroscopic diagnosis of intraarticular soft-tissue injuries associated with distal radius fractures. *J Hand Surg* 1997;22-A:772.
- 33 Rikli D, Regazzoni P. Fractures of the distal end of the radius treated by internal fixation and early function. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78-B:588-92.
- 34 Rikli D, K pfer K, Bodoky A. Long-term results of the external fixation of distal radius fractures. *J Trauma* 1998; 44(6):970.
- 35 Ring D, Jupiter JB, Brennwald J, B chler U, Hastings H. Prospective multicenter trial of a plate for dorsal fixation of distal radius fractures. *J Hand Surg* 1997;22-A:777.
- 36 Rudin M, Hotz T, Fricker R, K ch K. Erste Erfahrungen mit der neuen dorsalen Radiusplatte der AO (Pi-Platte) zur Versorgung von distalen intraartikul ren Radiusfrakturen. Presented at the Annual Congress of the Swiss Surgical Society, Lausanne 1998.
- 37 Scheck M. Long-term follow-up of treatment of comminuted fractures of the distal end of the radius by transfixation with Kirschner wires and cast. *J Bone Joint Surg* 1962;44-A:337.
- 38 Short WH, Palmer AK, Werner FW, Murphy DJ. A biomechanical study of distal radius fracture. *J Hand Surg* 1987;12A:529-34.
- 39 Stewart HD, Innes AR, Burke FD. Factors affecting the outcome of Colles' fractures: an anatomical and functional study. *Injury* 1985;16:289-95.
- 40 Stewart HD, Innes AR, Burke FD. The hand complications of Colles' fracture. *J Hand Surg* 1985;10-B:103.
- 41 Taleisnik J, Watson HK. Midcarpal instability caused by malunited fractures of the distal radius. *J Hand Surg* 1984; 9A:350-7.
- 42 Tsukazaki T, Iwasaki K. Ulnar wrist pain after Colles' fracture. *Acta Orthop Scand* 1993;64:462.
- 43 Trumble TE, Schmitt SR, Vedder NB. Factors affecting functional outcome of displaced intraarticular distal radius fractures. *J Hand Surg* 1994;19-A:325-40.