Methodik und Ergebnisse der externen Fixation bei Radiusfraktur

Der Begriff „distale Radiusfraktur“ erscheint vereinfachend, da häufig das radiokarpale und das distale Radioulnargelenk mitbetroffen sind. Es handelt sich somit oft um eine intraartikuläre Fraktur, die das bedeutendste Werkzeug des Menschen, die Hand, beeinträchtigt.

Eine deutliche Zunahme der Inzidenz findet sich vorwiegend bei Frauen über 40 Jahren und ist nach Angaben einiger Autoren im Zusammenhang mit hormonellen Umstellungen nach der Menopause und altersbedingter Osteoporose zu sehen. In Nordeuropa und in den USA ist die distale Radiusfraktur der häufigste Bruch bei Frauen unter 75 Jahren. Die Messung der Knochendichte des distalen Radius zeigte jedoch keine signifikante Abnahme beim Vergleich von Patienten mit distaler Radiusfraktur und altersgleichen Kontrollpatienten.

Spadaro et al. [23] wiesen nach, dass sowohl die Kortikalis als auch die Trabekel der Spongiosa die Festigkeit des osteoporotischen distalen Radius beeinflussen. Sowohl der Kortikalisdefekt als auch die metaphysäre Spongiosastauchung können somit zur Instabilität der distalen Radiusfraktur beitragen.

Die Island-Studie zur Epidemiologie der distalen Radiusfraktur ergab 249 Frakturen in einer Gesamtpopulation von 100.154 Patienten über 15 Jahren. Die Inzidenz ähnelte der anderer skandinavischer Studien. Es handelt sich im Wesentlichen keinesfalls um die Fraktur älterer berenteter Menschen, da mehr als die Hälfte der Patienten in einem Beschäftigungsverhältnis standen. Die sozioökonomischen

Implikationen sind aus diesem Grund besonders beachtenswert [18].

Entwicklung der externen Fixation am Radius

Lambotte [12] wies bereits 1907 darauf hin, dass bestimmte Frakturen des distalen Radius der operativen Behandlung bedürfen.

Die externe Fixation wurde von Ombredanne [16] bei der distalen Radiusfraktur Heranwachsender eingeführt. Der Hoffmann-Fixateur wurde von langen Röhrenknochen übernommen und für den distalen Radius adaptiert [11]. Ein Distractionselement zur Ligamentotaxis für diesen Fixateur wurde später eingeführt, dessen Anwendung wurde von Burny [5], Vidal [24] und Asche [2] beschrieben. Ombredannes Fixateur zielte auf die Erhaltung der Handgelenkbeweglichkeit ab und überschritt den Karpus nicht. Der Hoffmann-Fixateur wurde zur Anwendung der Ligamentotaxis nach Montage zwischen Mittelhandknochen und Radiuschaft angegeben.

Der erste Fixateur mit einem Kugelgelenk zur frühzeitigen Freigabe der Beweglichkeit im Handgelenk war das Clyburn-Gerät. In ihm war ein einzelnes Kugelgelenk mit einem Teleskopelement verbunden. Diese Kombination führte jedoch zu einem Verlust an radialer Länge nach Mobilisation.

Die Prinzipien der multiplanaren Ligamentotaxis zur Reposition beschrieb Agee [1]. Mit dessen Fixateur wurde die manuelle Reposition durch den Chirurgen zu-

gunsten einer mechanischen Einrichtung des Bruchs verlassen.

Frykman [10] verglich die Stabilität von 13 unterschiedlichen Radiusfixateuren. Jeder Fixateur wurde auf einen Acrylstab in identischer Entfernung montiert, indem ein 2-cm-Segment zur Simulation der Instabilität entfernt wurde. Es wurden 5 verschiedene Belastungsrichtungen getestet und die Fixateure in Gruppen für hohe und niedrige Rigidität eingeteilt. Es fehlt jedoch an Untersuchungen, die die notwendige Rigidität eines externen Fixateurs für den distalen Radius definierten. Bei übermäßiger Belastung kann ein Fixateur mit niedriger Rigidität nachgeben, ein Fixateur mit hoher Rigidität kann als Struktur intakt bleiben, während die Knochen-Pin-Verbindung Schaden nimmt und eine Fraktur durch den Bohrkanaal des Pins entstehen kann.

Unter Berücksichtigung der großen Vielfalt der distalen Radiusfrakturen sollte ein externes Fixationssystem

- die trans- und extraartikuläre Anwendung gestatten,
- die nachträgliche Reposition mit Distraction ermöglichen,
- die Handgelenkmobilisation erlauben und
- für Korrekturosteotomien geeignet sein.

Neben der Reposition sollte die Stellung der karpalen Knochenreihen kontrolliert werden können (■ Abb. 1). Daher erscheint es sinnvoll, eine Doppelkugelgelenkkonfiguration mit der Dimensionierung der karpalen Höhe zu wäh-

Abb. 1 **a** Standardfixateur mit kurzem und langem Fixateurkörper (Orthofix GmbH) (oben), Konfiguration mit Kompressions- bzw. Distractionsmodul und langem Modul (Mitte), extraartikuläre Montage mit T-Backe und Kompressions- bzw. Distractionsmodul (unten), **b** röntgendurchlässige T-Backe (links) zur Behandlung von A2- und A3-Frakturen

len. Transartikuläre Fixateure mit langen oder kurzen Stabelementen erlauben nur eine indirekte Reposition und limitieren daher die Kontrolle über die Einstellung des Karpus, die nach Cooney [7, 8, 9] von großer Bedeutung für das funktionelle Langzeitergebnis ist.

Fixateurmontage – Anatomie des distalen Unterarms und der Hand

Extraartikuläre Montage

Die Möglichkeit einer extraartikulären Anwendung des Fixateurs sollte, wann immer möglich, erwogen werden. Geeignet hierfür sind Frakturen der AO-Gruppe A2 und A3. Voraussetzung für die sichere Einbringung der Fixateurpins in das distale Fragment ist eine entsprechende Fragmentgröße. Als Indikator lässt sich das seitliche Röntgenbild verwenden, auf dem eine intakte Kortikalis von mindestens 10 mm Länge auf der dorsalen und palmar Seite vorhanden sein sollte.

Bei der extraartikulären Montage wird der Fixateur von dorsoradial angebracht, ebenso wie die distalen Fixateurpins parallel zur radiokarpalen Gelenklinie. Als knöcherne Landmarke fungiert hier das Tuberculum Listeri, welches regelmäßig durch die Haut zu tasten ist. Über ihm wird eine 1-cm-Inzision vorgenommen, um es sicher zu identifizieren und eine Sehnenverletzung zu vermeiden. Besonders dicht benachbart ist die Extensor-pollicis-longus-Sehne, welche das Tuberculum Listeri als Hypomochlion von ulnar her umfährt. Empfohlen wird die dorsoradiale Pinimplantation, um die Distanz zwischen Sehnen und Fixateurpins zu maximieren. Proximal des Tuberculum Listeri liegt ein sehnen- und muskel-freies Dreieck.

Die 2. Fixateurschraube wird in die Lücke zwischen 1. (Extensor-pollicis-brevis- und Abductor-pollicis-longus-Sehne) und 2. Sehnenfach (Extensor-carpi-radialis-longus- und -brevis-Sehne) eingebracht. Der oberflächliche Ast des N. radialis liegt auf Höhe des 1. Sehnenfachs und muss geschont werden. Auch hier folgt eine 1-cm-Inzision, um eine korrekte offene Pinposition zu ermöglichen.

Der Radiuschaft kann normalerweise durch die Haut gefühlt werden. Der ideale Eintrittspunkt liegt im Mittschafsbereich mit seiner 4–6 cm umfassenden longitudinalen Lücke zwischen dem M. abductor pollicis longus und dem M. extensor pollicis brevis auf der einen und dem M. extensor carpi radialis longus und M. extensor carpi radialis brevis auf der anderen Seite. Der R. dorsalis n. radialis ist regelmäßig nicht gefährdet, da er radial der Mm. extensor carpi radialis verläuft. Nach Eingehen über eine 2–3 cm lange Inzision wird das Periost inzidiert und abgescho-ben, um die postoperativen Schmerzen zu reduzieren.

Nach dem Vorbohren durch die Kortikalis ist es zwingend erforderlich, das Bohrmehl auszuspülen, da verbleibende Knochenspäne eine mechanische Irritation der Weichteile und damit eine mögliche Entzündung auslösen.

Transartikuläre Montage

Der externe Fixateur wird von der dorso-radialen Seite angebracht. Wird eine Mobilisation des radiokarpalen Gelenks gewünscht, muss er in der Frontal(Koronar)-Ebene streng von radial montiert werden. Eine dorsoradiale Anbringung ist ebenso möglich, technisch einfacher und erlaubt eine uneingeschränkte a.-p. und la-

terale Durchleitung intraoperativ und im Verlauf.

Der Fixateur soll in Neutralstellung des Unterarms angelegt werden. Eine Positionierung in Pronation oder Supination kann zur Fehlrotation des distalen Fragmentanteils führen.

Der durchschnittliche Durchmesser des diaphysären Radius beträgt zwischen 13,8 und 15,2 mm. Der Weichteilmantel radial erlaubt normalerweise eine Palpation des Knochens. Für die Schraubeneinbringung sind möglichst sehnen- und muskel-freie Areale auszuwählen. Der R. dorsalis n. radialis ist hier nicht gefährdet, da er radial der Mm. extensor carpi radialis verläuft. Bei einer streng radialen Pinplatzierung muss der Nervenast dargestellt und geschont werden. Daher ist ein offenes Einbringen der Schrauben obligatorisch. Der Nervenast soll allerdings nicht vollständig freigelegt werden, damit er durch die umliegenden Weichteile von den Fixateurschrauben auf Abstand gehalten und nicht irritiert wird. Bei streng radialer Schraubenplatzierung durchbohren die Schrauben den M. extensor carpi radialis brevis dorsal oder palmar. Funktionell ist dies nicht bedeutsam, da bei transartikulärer Applikation das Handgelenk im Karpus zunächst nicht bewegt wird.

Die distalen Pins werden im 2. Metakarpale eingebracht, wiederum dorsalradial oder streng radial. Die Strecksehnen des 2. Stahls bedecken schräg verlaufend nur den distalen Anteil des Knochens, daher sollte dieser gemieden werden. Eine Durchbohrung der Sehnenhaube des Fingergrundgelenks ist nicht erwünscht, da dies die Fingerfunktion erheblich einschränkt. Die knöcherne Landmarke für die proximale Schraube ist das Tuberculum innominatum, das durch die Haut an der Radialseite der Metakarpalebasis II

ertastet werden kann. 5 mm distal dieses Tuberkels, welches als Ansatz der Extensor-carpi-radialis-longus-Sehne dient, ist der ideale Ort für die Einbringung der Schrauben.

Aufgrund der Knochendimension sollte die Fixateurschraube immer kleiner als 4 mm sein, die Standardpinggröße beträgt 3,0/3,3 mm. Für kleinere Hände sind 2,5-/3,0-mm-Pins einsetzbar. Bei Arbeitern kann der M. interosseus I prominent ausgebildet sein, daher kann eine Desinsertion der radialen Fasern an seiner radiopalmaren Ansatzstelle erforderlich werden.

Komplementäre Techniken – minimalinvasive Osteosynthesetechnik

Planung

Das präoperative CT ist bei der Einschätzung der radiokarpalen und -ulnaren Gelenkbeteiligung sehr hilfreich (analog zum Stellenwert des CT bei der Pilon-tibiale-Fraktur) und hilft zudem bei der Planung von limitierten Zugängen. Es wird nach der Reposition im dorsopalmaren Gips durchgeführt.

Fixateur als Stabilisator

Eine signifikante kortikale und spongiöse Zertrümmerung der dorsalen und radialen Gelenkfläche des Radius führt nicht selten zu einem verzögerten Kollaps durch Resorption des gestauchten Knochens. Kirschner-Draht-Osteosynthesen haben in dieser Situation einige Popularität erreicht, sind aber mit Problemen wie Lockerung, Migration und Infektion belastet. Für eine verbesserte Fixation im Radius steht das Fragmentfixationsystem zur Verfügung (Orthofix GmbH, Valley), welches das Problem der Migration eliminiert. Es kombiniert die Einfachheit der Einbringung mit dem Halt einer Schraube.

Eine komplementäre innere Fixation ist dann gerechtfertigt, wenn 2 oder mehr Kortizes im a.-p. und seitlichen Röntgenbild zertrümmert sind. Besonders ein Abbruch der palmaren Gelenkfläche macht eine stabile Reposition äußerst schwierig.

Müssen Zusatzimplantate zur Stabilisierung der Metaphyse eingesetzt wer-

Trauma Berufskrankh 2008 · 10[Suppl 2]:245–251 DOI 10.1007/s10039-008-1405-x
© Springer Medizin Verlag 2008

D. Pennig · K. Mader

Methodik und Ergebnisse der externen Fixation bei Radiusfraktur

Zusammenfassung

Bei der „distalen Radiusfraktur“ sind häufig sowohl das radiokarpale als auch das distale Radioulnargelenk betroffen. Die Inzidenz dieser Verletzung nimmt bei Frauen über dem 40. Lebensjahr deutlich zu. Unter Berücksichtigung der großen Vielfalt der distalen Radiusfrakturen sollte ein externes Fixationssystem die Möglichkeiten der trans- und extraartikulären Anwendung sowie der nachträglichen Reposition mit Distraction ermöglichen, die Handgelenkmobilisation erlauben und für Korrekturosteotomien geeignet sein. Sowohl die Reposition als auch die Stellung der karpalen Knochenreihen sollten kontrolliert werden können. Dies ist bei der Doppelkugelgelenkkonfiguration mit Dimensionierung der karpalen Höhe möglich. Die Möglichkeit einer extraartikulären Anwendung

des Fixateurs sollte stets erwogen werden. Geeignet hierfür sind Frakturen der AO-Gruppe A2 und A3 bei ausreichender Fragmentgröße. Ansonsten erfolgt die transartikuläre Montage. Komplementärmaßnahmen sind gerechtfertigt, wenn 2 oder mehr Kortizes im a.-p. und seitlichen Röntgenbild zertrümmert sind. Sie werden auch zur Stabilisierung der Gelenkfläche eingesetzt. Ein erheblicher Knochendefekt sollte mit kortikospongiosen Material aufgefüllt werden.

Schlüsselwörter

Distale Radiusfraktur · Doppelkugelgelenkkonfiguration · Extraartikuläre Fixateurmontage · Transartikuläre Fixateurmontage · Komplementärmaßnahmen

Methods and results of external fixation in radius fractures

Abstract

Both the radiocarpal and distal radioulnar joints are often affected in "distal radius fractures". The incidence of this injury increases markedly among women over the age of 40. Bearing the wide variety of distal radius fractures in mind, a fixation system should be used which permits trans- and extraarticular application and subsequent reduction by means of distraction, as well as wrist mobilization and corrective osteotomies. It is important that both reduction and position of the carpal bones can be checked. This is possible using the double ball joint configuration with carpal height dimensioning. The possibility of extraarticular fixation should always be con-

sidered. AO group A.2 and A.3 fractures with sufficiently large fragments are suitable for this procedure. In other cases, transarticular application is advised. Complementary measures are justified in the case where two or more cortices in AP and lateral X-rays are destroyed. They are also used to stabilize the joint surface. Large bone defects should be filled with corticospongy material.

Keywords

Distal radius fracture · Double ball joint configuration · Extraarticular fixation · Transarticular fixation · Complementary measures

den, sind parallel vom radialen Styloid aus eingebrachte Drähte biomechanisch wenig hilfreich, sodass gekreuzte Implantate zu bevorzugen sind. Bei intakter palmarer Kortikalis kann ein 3. Implantat durch das Tuberculum Listeri zur Abstützung in den proximalen Radius nach palmar eingebracht werden.

Komplementärmaßnahmen sind auch zur Stabilisierung der Gelenkfläche geeignet. 1- oder 2-Fragment-Fixationssystemimplantate können parallel zur wiederhergestellten Gelenkfläche eingebracht werden. Bei einer Gelenkstufe von mehr als 2 mm oder einem Gelenk bildenden Fragment von ausreichender Größe wird ein halboffener Zugang notwendig. In dieser Situation kann das Fragmentfixationssystem als Joystick zur Anhebung des Fragments dienen, von dessen Lokalisation der Zugang abhängt. Mit Hilfe eines Elevatoriums können die Gelenklinie wiederhergestellt und die Fragmente mit dem Fragmentfixationssystem gesichert werden. Lässt dies einen Knochendefekt zurück, ist zur Vermeidung des Nachsinterns eine Spongiosaplastik zu fordern.

Bei palmaren Kantenfragmenten und dorsaler Trümmerzone kann das palmar Kantenfragment häufig nicht in gesunder Knochensubstanz verankert werden. Miniaturisierte T-, gerade oder L-Platten, die sonst für Frakturen der Phalangen und Metakarpalia eingesetzt werden, sind geeignet, diese Gelenk bildenden Frakturanteile individuell zu reponieren und zu verankern. Das Ausmaß der Gelenkbeteiligung muss durch eine Analyse der konventionellen und CT-Bilder bestimmt werden. Besonders bei Melone-Typ-III-, -IV- und -V-Verletzungen [13, 14, 15] kann die Gelenkrekonstruktion mit solchen Miniplattensystemen erfolgen. Die Implantate dienen der filigranen Wiederherstellung der Gelenkflächen und benötigen den Fixateur externe als wichtigen Stabilisator. Regelhaft verankern wir diese Platten mit Fragmentfixationssystemimplantaten (Medium mit Unterlegscheiben), da der Halt im spongiösen Knochen besser ist als mit vorgebohrten Schrauben und der Vorgang des Vorbohrns und Gewindeschneidens entfällt. Je nach Lage des Fragments werden ein limitierter palmarer oder dorsaler Zugang gewählt. Der palmarer Zugang von 3–5 cm wird dem M.

flexor carpi radialis und der A. radialis angelegt. Der N. medianus sollte nicht denudiert werden, eine ausreichende Weichteilbedeckung verhindert dessen Vernarbung. Der M. pronator quadratus ist häufig eingerissen und muss von den Gelenk bildenden Fragmenten L-förmig abgelöst und geschont werden, da er die Implantate abdeckt. Die eingesetzten Implantate sind nicht nur kleiner dimensioniert, sie können auch deutlich dünner sein, da der Fixateur externe die Rolle des Hauptstabilisators übernimmt. Die Gelenkrekonstruktion der palmaren Gelenkfläche beginnt normalerweise mit der ulnaren Säule mit dem palmaren medialen Fragment nach Melone [13, 14, 15]. Hier wird häufig eine Mini-T-Platte eingesetzt.

Die Fixation des radialen Styloidfragments ist besonders bedeutsam, da es ansonsten durch den Zug des hier inserierenden M. brachioradialis disloziert wird. Eine gerade Miniplatte ist für das Styloidfragment und für eine evtl. dorsale Rekonstruktion geeignet.

Wann immer ein metaphysärer Defekt vorliegt, sollte eine Spongiosaplastik, bevorzugt von dorsal, durchgeführt werden. Nach vollständiger Rekonstruktion der palmaren Fragmente kann die Reposition mit Hilfe des Gupta-Manövers mit dem Fixateur erfolgen, da die palmaren Bänder nun wieder wirksam eingesetzt werden können. Wenn die dorsalen Bänder und Sehnen die dorsale Trümmerzone reponieren können, wird der palmarer Zugang über einer Redon-Drainage wieder verschlossen. Können die dorsalen Gelenk bildenden Fragmente nicht geschlossen reponiert werden, wird über einen ebenfalls limitierten Zugang, häufig mit einer Spongiosaplastik kombiniert, das Prinzip der minimalinvasiven Osteosynthesetechnik auch dorsal angewendet.

Fixateur als Schutz vor Druckbelastung

Der Fixateur externe dient nicht nur als Hauptstabilisator, er wird auch zur Aufrechterhaltung der normalen Gelenkspaltweite eingesetzt.

Der Reparaturprozess bei intraartikulären Frakturen beginnt zunächst mit der Bildung eines Fibringerinnsels, das die Frakturspalten ausfüllt. Die fibringetrig-

gerten Reparaturmechanismen und diese frühe zellvermittelte Heilung mit der Bildung von Chondrozyten müssen geschützt werden. Ein zu früh einsetzender Druck auf die radiale Gelenkfläche kann diesen Reparatursprozess empfindlich stören. Der Fixateur kann mit einer moderaten Distraction den normalen Gelenkspalt erhalten und damit den Reparaturprozess schützen. Bei Mobilisation des Gelenks können die in Heilung befindlichen Gelenkflächen druckentlastet werden.

Spongiosaplastik

Indikation

Zeigt sich auf dem Frakturrontgenbild eine Verkürzung des Radius um mehr als 10 mm auf der radialen und mehr als 5 mm auf der ulnaren Seite, muss ein erheblicher Substanzdefekt der metaphysären Spongiosa erwartet werden. In diesem Fall findet sich unter manueller Traktion im Bildverstärker nach Wiederherstellung der radialen Länge und des radialen Winkels regelhaft eine Aufhellung. Der Knochendefekt sollte mit kortikospongiösem Material aufgefüllt werden.

Methode

Kortikospongiöse Zylinder lassen sich über einen 2 cm langen Zugang an der Crista iliaca entsprechend der von Saleh et al. [19] publizierten Technik mit Hilfe einer großvolumigen Knochenstanze entnehmen. Diese Methode weist eine geringe Komplikationsdichte auf und ist von der Belastung her für den Patienten günstiger zu beurteilen als die offene Entnahme kortikospongiösen Materials.

Zur Implantation des kortikospongiösen Materials wird meist dorsal proximal des Tuberculum Listeri eingegangen. Nach Inzision und vorsichtigem Beiseitehalten des Periosts kann die Höhle mit Spongiosa und kortikospongiösen Blöcken aufgefüllt werden. Die hierzu notwendige Menge sollte nicht unterschätzt werden. Als Abschluss empfiehlt sich ein kortikospongiöser Block, der von der Größe des Kortikalisanteils der Defektzone der dorsalen metaphysären Kortikalis abhängt. Eine Komplementärosteosyn-

these mit Hilfe des Fragmentfixationssystems kann zusätzlich notwendig sein, v. a. um die Gelenkrekonstruktion zu sichern. Diese Maßnahme sollte vor der Spongiosaplastik durchgeführt werden.

Outcome

Die Spongiosaplastik in Zusammenhang mit einer Komplementärsteosynthese führt bei geeigneten Patienten nicht zu einer erhöhten Komplikationsrate. Seitz et al. [20, 21] konnten zeigen, dass die beschriebene Technik bessere Langzeitergebnisse ergibt, die von den Autoren auf den Erhalt der radialen Länge und auf die Sicherung der Gelenkkongruenz zurückgeführt wurden.

Radioulnare Instabilität

Die radioulnare Instabilität mit Ruptur der Membrana interossea und/oder einer Dislokation des Ellenkopfs darf nicht übersehen werden. Nach der Reposition ist die Ruhigstellung des Radioulnargelenks in der Neutralposition der Unterarmdrehung notwendig. Zu seiner Stabilisierung sind ein Kirschner-Draht sowie eine Oberarmgipsschiene möglich.

Wir bevorzugen den ulnaren Ausleger, der auf den radialen Anteil des Fixateurs mit einer Zusatzbacke montiert wird und die Ulna über einen von dorsal eingebrachten Pin nach Reposition in der Neutralstellung stabilisiert. Der ulnare Ausleger macht die Unterarmdrehung unmöglich und erlaubt die Ausheilung der Bandzerreißen. Wir empfehlen seine probe-weise Entfernung nach 4 Wochen. Gibt der Patient während der krankengymnastischen Übungsbehandlung noch signifikante Schmerzen an, sollte er für 2 weitere Wochen montiert werden.

Postoperative Behandlung

Die Bedeutung der frühzeitigen aktiven und passiven Mobilisation zur Prävention der posttraumatischen Einsteifung ist ein etabliertes Behandlungskonzept bei Verletzungen von Hüfte, Knie, Sprunggelenk, Schulter und Ellenbogen. Die distale Radiusfraktur scheint jedoch eine Ausnahme zu bilden. Als Grund wird häufig die mögliche Redisllokation des Bruchs ge-

nannt. Bei intraartikulären Verletzungen und langer Zeit der Ruhigstellung muss eine verbleibende Bewegungseinschränkung erwartet werden.

Die Diskussion über eine frühzeitige Mobilisation der distalen Radiusfraktur ist nicht neu.

Historie

1876 begann Lucas Championnière [6], das Prinzip der frühzeitigen Mobilisation distaler Radiusfrakturen in die Behandlung dieser häufigen Verletzung einzuführen, mit der Bemerkung „*le mouvement c'est la vie*“. Sein Ziel war es, die Folgen einer Ruhigstellung zu vermeiden, die nach seiner Meinung eine muskuläre Dystrophie, Einsteifung von Gelenken, Bindegewebsproliferation, Sehnenverwachsung und Ödem-bildung verursachten. Er mobilisierte distale Radiusfrakturen, indem er mit einer Hand die Fraktur stabilisierte und mit der anderen Hand vorsichtig das verletzte Handgelenk bewegte. Er war der Meinung, dass die Kallusbildung durch diese Art von Behandlung angeregt werde. In seinen Studienprotokollen wies er mit Bedauern auf die signifikante verbleibende Fehlstellung hin, hatte jedoch keine Möglichkeit, diese zu vermeiden.

Marbaix konnte im Vergleich mit verzögerten Behandlungen statistisch die Überlegenheit der Championnière-Methode nachweisen. Castex zeigte tierexperimentell im Jahr 1891, dass die pathologisch-anatomische Basis für die Einsteifung in der fibrösen Ummauerung von Muskelbäuchen und Sehnen im Bereich der Fraktur zu finden ist. Die ausgedehnte Hämatombildung in den muskulären Septen des Unterarms nach distaler Radiusfraktur lässt sich im Sinne der experimentellen Studien von Castex interpretieren und könnte zur Erklärung der verbleibenden Bewegungseinschränkungen der Radiusfraktur nach langer Ruhigstellung herangezogen werden. Castex zeigte auch, dass die fibröse Transformation nicht auftritt, wenn der Weichteilmantel im Bereich der Fraktur regelmäßig massiert wird.

Die passive Mobilisation wurde später von Bardenheuer [3] zugunsten der aktiven Mobilisation aufgegeben. Championnière [6] teilte die Meinung Bardenheu-

ers hinsichtlich der aktiven Mobilisation nicht, da er eine stärkere Dislokation der Fraktur erwartete. Er befürchtete weiterhin eine exzessive Kallusbildung. Bardenheuer [3] lehrte im Jahre 1912, dass der Patient keine exzessiven Bewegungen durchführen würde, da ihn dies schmerzte. Er benutzte eine straffe Bandage, um die Fraktur zu immobilisieren und bewegte aktiv alle angrenzenden Muskeln und Gelenke. Bei Frakturen mit erheblicher Fehlstellung lehnte auch er die aktive Mobilisation ab, da er ein anatomisches Ausheilungsergebnis mit Hilfe der von ihm entwickelten Zugbandage anstrebte.

Sommerkamp et al. [22] fanden in einer jüngeren Studie keinen Vorteil der frühzeitigen Mobilisation. Die Schwächen dieser Studie bestehen darin, dass 2 verschiedene Fixateure (statisch: AO-Fixateur; dynamisch: Clyburn-Fixateur) gewählt wurden. Die Nachuntersuchungsrate in beiden Gruppen betrug weniger als 70%, und ein konsequent durchgehaltenes Protokoll zur Mobilisation wurde nicht angewendet.

Eigenes Vorgehen

Die von uns routinemäßig durchgeführte Mobilisation nach 3 Wochen führte im Zusammenhang mit den vorab erörterten komplementären Techniken und v. a. mit der Anwendung der Spongiosaplastik nicht zu einem sekundären Einsintern. Rawes et al. [17] konnten in einer prospektiv randomisierten Studie mit einem Fixateursystem (Orthofix) im dynamischen und statischen Behandlungskonzept zeigen, dass die mobilisierte Gruppe eine signifikant bessere Beweglichkeit mit 85% der Beweglichkeit der Gegenseite aufwies. Die statisch fixierte Gruppe erzielte 70% der Beweglichkeit der Gegenseite nach einem identischen Zeitraum. Dieser Unterschied war bei intra- und extraartikulären Frakturen nachweisbar. Ein radiologisch sichtbarer Korrekturverlust mit sekundärer Dislokation trat nicht auf. 5 der 32 Patienten zeigten eine diffuse Osteoporose. 4 dieser 5 Patienten waren statisch behandelt worden.

Die Bedeutung der Frühmobilisation bei Gelenkverletzungen wurde auch tierexperimentell von Behrens et al. [4] an Hunden untersucht. Der Vergleich von ri-

gider externer Fixation und limitierter Bewegung im Fixateur zeigte, dass es bei der 2. Gruppe der rigiden Fixation zu einer weiteren Knorpeldegeneration, nachgewiesen anhand des Proteoglykangehalts, nach Vollbelastung kam.

Komplikationen der externen Fixation

Intraoperative Komplikationen

Die präoperative Planung der Pinplatzierung ist wie bei anderen chirurgischen Eingriffen am Bewegungsapparat notwendig. Bei schwierigen Weichteilverhältnissen, wie Schwellung, und in jedem Fall am Unterarm sollte nicht mit Stichinzisionen gearbeitet werden. Am Mittelhandknochen muss mitunter ein kräftig ausgebildeter M. interosseus teilweise abgelöst werden, um die Knochenoberfläche freizulegen. Beide Fixateurpins sollten nicht in die Diaphyse des Mittelhandknochens II eingebracht werden, da hier eine Schwächung resultieren würde. Einer der Pins wird in der proximalen Metaphyse und der andere am metaphyseodiaphysären Übergang platziert. Der Querschnitt des Mittelhandknochens ist im mittlediaphysären Bereich sehr deutlich kleiner als im proximalen Bereich, die Pinplatzierungssicherheit ist somit in der Diaphyse reduziert.

Am Radius sollte mit einem offenen Zugang eine Verletzung des R. superficialis des N. radialis vermieden werden. Nach stumpfer Präparation zum Knochen wird das Periost abgeschoben, um die Schmerzen in diesem Bereich zu verringern und die Bildung von heterotopen Ossifikationen zu vermeiden. Das Bohrmehl muss komplett ausgespült werden, um eine Irritation der Muskelgleitschichten zu vermeiden und keinen Boden für eine Infektion zu schaffen. Die Pins werden zentral im Knochen vorgebohrt, eine exzentrische Platzierung kann zu Pinlockerungen führen. Der Bohrer muss scharf sein, um die Hitze an seiner Spitze zu reduzieren. Das Vorbohren von Fixateurschrauben bewirkt eine Verringerung der thermischen Nekrose, welche zur Pinlockerung beitragen kann. Nach Pinplatzierung und Reposition darf sich die Haut nicht im Bereich der Pins aufspannen, was zur

mechanischen Irritation und Infektion führen könnte.

Die Fixateurpins sollten entsprechend dimensioniert sein; ein Durchmesser von 3,0–3,5-mm scheint uns aufgrund der Erfahrung mit der internen Fixation in diesem Bereich die ideale Kombination aus stabiler Fixation mit minimaler Knochen-schwächung zu sein. Der Fixateur sollte so angebracht werden, dass die 2 Standardröntgenebenen zur Kontrolle der distalen Radiusfraktur möglich sind. Falls notwendig, kann man unilaterale Fixateure von oben montieren, um die Einstellung des seitlichen Röntgenbilds zu verbessern. Sollte nach diesen Maßnahmen dessen Darstellung nicht befriedigend sein, kann ein Dentalfilm zwischen Fixateur und Haut platziert werden, um die Röntgendarstellung zu erreichen.

Die Reposition der Radiusfraktur selbst sollte manuell erfolgen und keinesfalls unter Einsatz einer mechanischen Distraktion. Am Ende der Operation muss jede wie immer geartete Überdistraktion des Gelenks bemerkt und aufgehoben werden. Ist die Reposition einer Fraktur auf manuellem Weg nicht möglich, sind komplementäre Techniken einzusetzen.

Weitere Komplikationen bestehen in Frakturen durch die Mittelhandknochen- und Radiuspinstellen, die nach Überbelastung und Vorspannung der Pins sowie Fehlplatzierungen entstehen können.

Postoperative Komplikationen

Sie schließen ein:

- Redislokation
- sekundäres Nachsintern
- Pintrackinfektion
- Fraktur durch die Pinstellen
- Algodystrophie (Morbus Sudeck)

Redislokation und sekundäres Nachsintern. Sie lassen sich durch die korrekte Bewertung des Knochendefekts auf den präoperativen Bildern und der Röntgenaufnahme unter Zug vermeiden. Die komplementäre interne Fixation mit dem Fragmentfixationsystem, der minimalinvasiven Osteosynsetechnik und der Spongiosaplastik sind geeignet, das sekundäre Nachsintern zu verhindern. Die postoperative Röntgenkontrolle muss mit der 1-Wochen-Kontrolle verglichen wer-

den, um frühzeitig eine Redislokation zu erkennen und evtl. eine sekundäre Spongiosaplastik durchzuführen.

Pintrackinfektionen. Sie sind möglich, das Risiko lässt sich jedoch durch eine sorgfältige Pinplatzierung und eine standardisierte postoperative Nachsorge minimieren. Der Fixateur externe darf keinesfalls angelegt und dann bis zur erwarteten Frakturheilung ignoriert werden. Der Patient muss aktiv in die Pinpflege einbezogen und durch die Pflegekräfte in der Ambulanz oder der Praxis unterstützt werden.

Die Fixateurnachsorge erfolgt idealerweise in der Institution des Operators. Zur Reinigung der Pinstellen werden milde Desinfektionslösungen eingesetzt. Wir empfehlen die Pinpflege in der 1. Woche 3-, in der 2. Woche 2-mal und ab der 3. Woche bei regelhaftem Verlauf nur 1-mal vorzunehmen. Verbandsmaterial wird nur im Bereich der Pinstellen angelegt, zirkuläre Verbände sind zu vermeiden. Die Anwendung gefärbter Desinfektionsmittel ist aus unserer Sicht nicht empfehlenswert, da eine Hautreizung damit überdeckt werden würde.

Die standardisierte Bewertung der Pinstellen mittels Pflegeprotokoll ermöglicht den Vergleich zum Vorbefund auch bei einem Wechsel des Behandlers.

Algodystrophie (Morbus Sudeck) und postoperative Einsteifung. Sie scheinen mit einer mechanischen Überdistraktion und Fehlpositionierung des Handgelenks mit übertriebener Flexion und ulnarer Abduktion im Zusammenhang zu stehen.

Schwellung. Die posttraumatische und postoperative Schwellung der Haut lässt sich durch Hochlagerung und Kryotherapie sowie noch effektiver mittels AV-Impuls-System für die Hand vermeiden. Die so genannte Handpumpe arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie das AV-Impuls-System für den Fuß und reduziert die Schwellung signifikant bereits innerhalb von 48 h. Der frühzeitige Faustschluss ist wichtig, um die Handbenutzung durch den Patienten nach der Operation sicherzustellen.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. D. Pennig

Klinik für Unfallchirurgie/Orthopädie, Hand- und Wiederherstellungschirurgie,
St. Vinzenz-Hospital,
Akademisches Lehrkrankenhaus
der Universität zu Köln,
Merheimer Straße 221–223, 50733 Köln
dietmar.pennig@vinzenz-hospital.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor weist auf folgende Beziehung/en hin: Orthofix SRL, Italien

Literatur

- Agee JM (1994) Application of multiplanar ligamentotaxis to external fixation of distal radius fractures. *Iowa Orthop J* 14: 31–37
- Asche G (1995) [Treatment of radius fractures with a newly developed dynamic external fixator]. *Zentralbl Chir* 120: 952–958
- Bardenheuer H (1912) Verhandlungen des III. internationalen medizinischen Unfallkongresses zu Düsseldorf 1912. Schwann, Düsseldorf
- Behrens F, Kraft EL, Oegema TR (1989) Biochemical changes in articular cartilage after joint immobilization by casting or external fixation. *J Orthop Res* 7: 335–343
- Burny FL (1979) Elastic external fixation of tibial fractures: Study of 1421 cases. In: Brooker AF, Edwards CC (eds) *External fixation - the current state of the art*. Williams & Wilkins, Baltimore
- Championnière JL (1893) *Traitement des fractures par le massage et la mobilization*. Paris
- Cooney WP (1983) External fixation of distal radial fractures. *Clin Orthop* 180: 44–49
- Cooney WP (1993) Fractures of the distal radius. A modern treatment-based classification. *Orthop Clin North Am* 2: 211–216
- Cooney WP (1998) Distal radius fractures: external fixation proves best. *J Hand Surg [Am]* 23: 1119–1121
- Frykman G (1967) Fracture of the distal radius including sequelae – shoulder-hand-finger syndrome, disturbance in the distal radio-ulnar joint and impairment of nerve function. A clinical and experimental study. *Acta Orthop Scand Suppl* 108: 3
- Hoffmann R (1954) Osteotaxis, osteosynthesis externe par finches et rotules. *Arch Chir Scand* 107: 72
- Lambotte A (1907) *L'intervention opératoire dans les fractures*. Lamartin, Brussels
- Melone CP (1984) Articular fractures of the distal radius. *Orthop Clin North Am* 2: 217–236
- Melone CP (1986) Open treatment for displaced articular fractures of the distal radius. *Clin Orthop* 202: 103–111
- Melone CP (1993) Distal radius fractures: patterns of articular fragmentation. *Orthop Clin North Am* 2: 239–253
- Ombredanne L (1929) *L'osteosynthese temporaire chez les enfants*. Presse Med 52: 845–848
- Rawes NIL, Richardson JB, Hardy JRW et al. (1965) Dynamic versus static external fixation of distal radial fractures: a prospective randomized controlled trial. *Injury* 26:
- Róbertsson GO, Jónsson GT, Sigurjónsson K (1990) Epidemiology of distal radius fractures in Iceland in 1985. *Acta Orthop Scand* 61: 457–459
- Saleh M, Ribbans WJ, Meffert RH (1992) Bundle nailing in nonunion of the distal radius: case report. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 5: 273–275
- Seitz WH, Froimson AI, Leb R (1991) Augmented external fixation of unstable distal radius fractures. *J Hand Surg [Am]* 6: 1010–1016
- Seitz WH, Froimson AI, Leb R (1991) Reduction of treatment-related complications in the external fixation of complex distal radius fractures. *Orthop Rev* 2: 169–177
- Sommerkamp TG, Seemann M, Silliman J et al. (1994) Dynamic external fixation of unstable fractures of the distal part of the radius. A prospective, randomized comparison with static external fixation. *J Bone Joint Surg Am* 76: 1149–1161
- Spadaro JA, Werner FW, Brenner RA et al. (1994) Cortical and trabecular bone contribute strength to the osteopenic distal radius. *J Orthop Res* 2: 211–218
- Vidal J, Buscayret C, Connes H et al. (1983) Guidelines for treatment of open fractures and infected pseudarthroses by external fixation. *Clin Orthop* 180: 83–95