

Obere Extremität

Schulter · Ellenbogen · Hand



Offizielles Organ der Deutschen Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie (DVSE) e.V.

Elektronischer Sonderdruck für R. Richter

Ein Service von Springer Medizin

Obere Extremität 2010 · 5:92–97 · DOI 10.1007/s11678-010-0070-4

© Springer-Verlag 2010

zur nichtkommerziellen Nutzung auf der
privaten Homepage und Institutssite des Autors

R. Richter · E. Konnl · H. Krimmer

Strategie der Radiusfrühkorrektur

Obere Extremität 2010 · 5:92–97
 DOI 10.1007/s11678-010-0070-4
 Eingegangen: 15. Februar 2010
 Akzeptiert: 22. Februar 2010
 Online publiziert: 5. Mai 2010
 © Springer-Verlag 2010

R. Richter¹ · E. Konn² · H. Krimmer¹

¹ Zentrum für Handchirurgie, Ravensburg

² Landeskrankenhaus St. Pölten

Strategie der Radiusfrühkorrektur

Trotz wachsender Erfahrung in der Behandlung von Radiusfrakturen und der kontinuierlichen Verbesserung von operativen Verfahren und Implantaten ist die in Fehlstellung verheilte Radiusfraktur immer noch eine häufige Komplikation. Die Patienten leiden durch die Fehlstellung häufig an

- einer eingeschränkten Unterarmdrehbeweglichkeit [1],
- Schmerzen im ulnokarpalen Gelenkabschnitt [2],
- einem Kraftverlust sowie
- einem veränderten äußeren Erscheinungsbild des Handgelenks im Sinne der typischen Bajonettstellung.

Des Weiteren kommt es durch die Fehlstellung am Radius zu einer veränderten Kinematik in der Handwurzel, die unbehandelt bis zum „adaptive carpus“ und zur Arthrose führen kann [3, 4].

In der Vergangenheit wurde empfohlen, bei einer in Fehlstellung heilenden Radiusfraktur zunächst das Ausheilungsergebnis abzuwarten, um zu sehen, ob der Patient Schmerzen entwickelt und, wenn ja, welche. Heutzutage weiß man, welche Probleme auf die Patienten zukommen. Deshalb geht die Tendenz zur frühen Korrekturosteotomie [5].

Ziel unserer Studie war zu zeigen, dass eine frühe Korrektur der Fehlstellung am distalen Radius schnell zu einer Besserung

der Beschwerden führt. Dadurch werden Krankheitsdauer bzw. Zeit der Arbeitsunfähigkeit deutlich vermindert. Des Weiteren sollte gezeigt werden, dass aufgrund der neuen winkelstabilen Implantate oft auf eine Spongiosaplastik verzichtet werden kann. Wie ist die Strategie bei Patienten mit einem „complex regional pain syndrome“ (CRPS) bei in Fehlstellung abheilender oder abgeheilte Radiusfraktur? Diese Frage wurde in unserer Studie ebenfalls diskutiert.

Material und Methoden

Die Untersuchungsgruppe bildeten 24 Patienten (21 Frauen, 3 Männer), bei denen in unserer Klinik aufgrund starker Beschwerden eine Korrekturoperation am distalen Radius durchgeführt wurde. Im Mittel waren die Patienten 57 Jahre alt (Spannweite 15–84 Jahre). Insgesamt 20 von 24 Patienten konnten klinisch und radiologisch nachuntersucht werden. Die Problematik der anderen 4 Patienten wurden nach Aktenlage und anhand der mittels Fragebogen erhobenen Daten bewertet. Die Datenerhebung umfasste alle zur Verfügung stehenden Informationen und Befunde aus der Krankenakte, prä- und postoperativen Röntgenaufnahmen, Ergebnisse der klinischen Nachuntersuchung und die standardisierten Handgelenk-Scores Disabilities of the Arm and Hand (DASH) -Score und WRIST-Score nach Krimmer.

Operationstechnik

Bei allen Patienten unserer Studie wurde ein palmarer Zugang gewählt. Wir bevorzugen diesen Zugang, da er Irritationen



Abb. 1 ▲ Röntgenaufnahme (p.-a.-Strahlengang) einer Radiusfraktur, 6 Wochen alt, in ausgeprägter Fehlstellung, mit Fixateur externe behandelt



Abb. 2 ▲ Röntgenaufnahme (seitlich) einer Radiusfraktur, 6 Wochen alt, in ausgeprägter Fehlstellung, mit Fixateur externe behandelt

R. Richter · E. Konnl · H. Krimmer
Strategie der Radiusfrühkorrektur

Zusammenfassung

Die in Fehlstellung verheilte Radiusfraktur ist, unabhängig ob primär konservativ oder operativ behandelt, heutzutage immer noch eine häufige Komplikation. Bei in Fehlstellung verheilten oder heilenden Frakturen führt die Radiuskorrekturoperation zu einer deutlichen Besserung der Funktion und der Schmerzen am Handgelenk. Da die Ergebnisse von frühen und späten Korrekturen vergleichbar sind, sollte die Tendenz heutzutage eindeutig in Richtung der Frühkorrektur gehen, da dadurch zum einen einer langen Morbidität und zum anderen der Entwicklung oder Verschlechterung einer Algodystrophie vorgebeugt werden kann. Über lange Zeit bestehende Fehlstellungen am Handgelenk bzw. an der Handwurzel führen häufig zu einer Arthrose im distalen Radioulnargelenk und im radiokarpalen Gelenkabschnitt.

Die neuen multidirektionalen, winkelstabilen und anatomisch geformten Platten, die

im Sinne eines Fixateur interne zu sehen sind, ermöglichen eine sehr stabile Osteosynthese und erlauben eine frühe Nachbehandlung. Aus diesem Grund muss man heute nicht wie früher stabile Knochenverhältnisse nach einer Fraktur abwarten. Man kann heute ohne große Risiken eine frühe Korrektur anstreben. Häufig kann dabei, insbesondere bei kleinen Hebedefekten, auf eine Spongiosaplastik verzichtet werden.

Auch bei Patienten mit deutlichen Anzeichen eines „complex regional pain syndrome“ (CRPS) führt die frühe Radiuskorrektur zu sehr guten Ergebnissen.

Schlüsselwörter

Fehlverheilte Radiusfraktur · Radiuskorrekturosteotomie · Winkelstabile Implantate · Algodystrophie · Komplikation

der Strecksehnen, die es beim dorsalen Zugang oft gibt, vermeidet. Des Weiteren hat die inliegende Platte eine gute Weichteildeckung. Zudem erlaubt der Zugang eine sehr gute Übersicht über die Reposition. Bei den sehr frühen Korrekturen (<21 Tage nach Unfall) konnte der übliche Zugang nach Henry wie bei den Radiusfrakturen zwischen der Sehne des M. flexor carpi radialis und der A. radialis erfolgen. In diesen Fällen konnte der Frakturspalt mit dem Meißel wieder aufgebrochen werden. Lag der Unfall länger als 3 Wochen zurück, wurde der oben genannte Zugang distal γ -förmig erweitert. Er bietet dann eine bessere Übersicht und erlaubt die eventuell notwendige Interposition eines Spongiosablocks aus dem Beckenkamm und die Spaltung des 3. Strecksehnenfachs [6]. In 22 von 24 Fällen wurde eine APTUS-Radiusplatte (Fa. MedArtis GmbH, Basel, Schweiz) verwendet, einmal die Korrekturplatte der Fa. Gebrüder Martin GmbH & Co. KG, Tuttlingen, und einmal die Platte aus dem Hand-Innovations-System. Bei kleinen Hebedefekten (<6 mm) am Radius verzichteten wir auf eine Spongiosaplastik (n=13). Bestand nach der Korrektur ein größerer Defekt und berührten sich die Kortikalisenden nicht mehr, erfolgte eine Spongiosaplastik (n=11).

Intraoperativ wurde vor der Osteotomie, am in Fehlstellung abheilenden oder ausgeheilten Radius, die Radiuskorrekturplatte aus dem APTUS-Radiussystem möglichst distal mit 2–3 Schrauben fixiert. Dabei ist darauf zu achten, dass die Schrauben parallel zur Gelenkfläche verlaufen. Aufgrund der oft ausgeprägten Fehlstellung am distalen Radius laufen die Schrauben dann von distal-palmar nach dorsal-proximal. Wichtig bei der Anlage der Platte ist es, den gewünschten Korrekturwinkel und die vorgesehene Ulnarinklination zu berücksichtigen. Aufgrund der anatomischen Form der APTUS-Radiusplatte, die den normalen, palmaren Neigungswinkel von 10° vorgibt, ergibt sich aus der radialen Kante des distalen Plattenstiels und der radialen Radiuskante der gewünschte Korrekturwinkel.

Das proximale Ende der Incisura radii des distalen Radioulnargelenkes (DRUG) wird nun unter Durchleuchtung in 2 Ebenen mit einem Kirschner (K)-Draht mar-

Strategy of early corrective osteotomy

Abstract

Malunion of distal radius fractures still represents a common complication. Corrective osteotomy of the distal radius improves function and can lead to significant pain relief. Nowadays, the early correction of the radius should be preferred. It shortens the time of morbidity and lowers the risk of developing complex regional pain syndrome (CRPS). The new anatomical, locking implants not only provide stable fixation and improve post-operative management, but also early functional rehabilitation. Based on these implants there is no more need to wait for a stable

bony condition to perform the corrective osteotomy and an interposition of autologous bone graft can be avoided in smaller defects. In cases of symptoms with CRPS, early corrective osteotomy significantly improves patient outcome.

Keywords

Malunion of distal radius fracture · Corrective osteotomy of the radius · Fixed angle plate · Complex regional pain syndrome · Complication

Tab. 1 Postoperatives Bewegungsausmaß am betroffenen Handgelenk nach Radiuskorrektur

	Mittleres postoperatives Bewegungsausmaß im Handgelenk (°)
Flexion	54
Extension	53
Ulnarduktion	37
Radialduktion	17
Pronation	85
Supination	84

Tab. 2 Ergebnisse der Handgelenk-Scores

	Mittelwert (n=24)
DASH-Funktionswert	14
WRIST-Score	88
DASH Disabilities of the Arm and Hand.	

kiert. Damit soll verhindert werden, dass man bei der Osteotomie in das DRUG gerät. Unter Berücksichtigung des DRUG wird nun in der Winkelhalbierenden zu beiden Ebenen von radial die Korrektur-ebene festgelegt (Vorbohren eines K-Drahtes) und der Radius mit der oszillierenden Säge um einige Millimeter (4–5 mm) angesägt. Um die komplette Osteotomie durchführen zu können, muss die distal fixierte Platte nun entfernt werden. Der ulnare Zielpunkt ist dabei einige Millimeter proximal des DRUG. Sodann wird die Korrekturplatte distal wieder in den bereits bestehenden Schraubenlöchern fixiert und nacheinander alle distalen Schraubenlöcher mit winkelstabilen Schrauben besetzt.

Unter Zug wird nun ein Pseudarthrosenspreizer im Osteotomiespalt eingebracht. Unter Spreizung erfolgt eine Palmarflexion und meist eine leichte Ulnarabduktion am Handgelenk, um eine möglichst anatomische Retention zu erzielen. Durch Anlegen der Platte an den Radiuschaft wird die Gelenkfläche aufgerichtet. Für die Retention sind meist erhebliche Kräfte notwendig. Mit ein bis zwei kräftigen Plattenhalteclips wird das Retentionsergebnis durch Fixieren der Platte am Radius gehalten und unter Durchleuchtung in 2 Ebenen kontrolliert. Bei zufriedenstellendem Ergebnis werden nun die Schraubenlöcher am Radiuschaft besetzt.

Je nach Größe des doppeltrapezförmigen Osteotomiespalts muss nun noch ein bikortikaler Beckenkammspan eingebracht werden.

Besteht zusätzlich ein posttraumatisches Karpaltunnelsyndrom, wird dieses über einen gesonderten Zugang operiert.

Postoperativ wird eine Gipsschiene für 4 Wochen angelegt, mit der frühfunktionellen Nachbehandlung aus der Schiene kann aber bereits ab der 2. Woche nach der operativen Therapie begonnen werden.

Ergebnisse

In allen Fällen kam es zu einem Durchbau der Korrekturosteotomie und zu keinem sekundären Korrekturverlust. Radiologisch konnte die dorsopalmare Neigung der Radiusgelenkfläche von präoperativ durchschnittlich -17° auf $+6^\circ$ und die Ulnarinklination von 11° auf 18° verbessert werden. Die Ulnarvarianz wurde von präoperativ im Mittel $+2,5$ mm auf $-0,04$ mm korrigiert.

Die durchschnittliche postoperative Beweglichkeit an den korrigierten Handgelenken erreichte physiologische Werte (■ **Tab. 1**).

Die Ergebnisse des DASH-Funktionswerts gemittelt über alle Patienten sind mit durchschnittlich 14 Punkten als *sehr gut* einzustufen. Die Ergebnisse aus dem WRIST-Score können mit 88 Punkten im Durchschnitt ebenfalls als sehr gutes Ergebnis bewertet werden (■ **Tab. 2**).

Bei 9 Patienten wurde die Korrekturoperation am Radius weniger als 100 Tage, bei den anderen 15 Patienten mehr als 100 Tage nach dem Unfall durchgeführt. Die Ergebnisse der Handgelenk-Scores in beiden Gruppen sind vergleichbar.

Insgesamt wurde bei 3 Patienten mit deutlichen Zeichen eines CRPS eine Radiusfrühkorrektur durchgeführt. Zwei von ihnen hatten ein messbares posttraumatisches Karpaltunnelsyndrom (KTS). Ein weiterer Patient hatte außer der Fehlstellung am Radius ein posttraumatisches KTS ohne Anzeichen eines CRPS. Diese 4 Patienten profitierten alle sehr stark von der durchgeführten Korrektur und Karpaldachspaltung und hatten durchweg sehr gute Ergebnisse in DASH- und WRIST-Score.

Komplikationen

Wir sahen eine Patientin mit einer oberflächlichen Wundheilungsstörung am distalen Wundpol und eine Patientin mit einer postoperativen Irritation des Ramus superficialis des N. radialis im Sinne von Dysästhesien am Handrücken. Bei beiden Patienten heilten die Komplikationen folgenlos aus.

Diskussion

In der Behandlung der distalen Radiusfraktur ist die Ausheilung in einer Fehlstellung auch heute noch eine häufige Komplikation [7]. Aufgrund der steigenden Anforderungen der jungen, aber auch der älteren Patienten, zur vollen Wiederherstellung des Bewegungsumfanges, der Kraft und der Belastbarkeit des verletzten Handgelenks besteht oftmals die Indikation zur Korrekturoperation am distalen Radius.

Heutzutage kennt man die Auswirkungen einer Fehlstellung am distalen Radius auf die Biomechanik am Handgelenk. Sie kann bis zur karpalen Instabilität führen und, wenn sie länger besteht, irreversibel sein [3, 8]. Weitere häufige Komplikationen sind

- das posttraumatische „ulna impaction syndrom“,
- die Inkongruenz im distalen Radio-ulnargelenk und
- Bandverletzungen am Handgelenk, die unbehandelt zu einer Arthrose führen können [1, 2, 9].

Des Öfteren beobachtet man nach Radiusfrakturen auch ein CRPS oder ein posttraumatisches Karpaltunnelsyndrom [10, 11, 12].

Durch die Entwicklung der neuen winkelstabilen Plattensysteme ist es möglich, unabhängig von Knochenqualität [13] und Alter der Fraktur eine stabile Osteosynthese [14] und anatomische Verhältnisse am Radius wieder herzustellen, die für das klinische Ergebnis wichtig sind [15].

Die altersunabhängige Besserung der Beschwerden nach Korrekturosteotomie am distalen Radius wurde bereits mehrfach beschrieben und deckt sich mit unseren Ergebnissen [5, 16].



Abb. 3 ▲ Intraoperative Röntgenaufnahme einer distalen Radiusfraktur (p.-a.-Strahlengang), Korrekturplatte mit distalen Schrauben fixiert. Das radiokarpale Gelenk und die Winkelhalbierende für die Osteotomie sind jeweils mit einem Kirschner (K)-Draht markiert. Am Radiuschaft noch inliegende Schanz-Schraube vom Fixateur externe



Abb. 4 ▲ Intraoperative Röntgenaufnahme einer distalen Radiusfraktur (seitlich), Korrekturplatte mit distalen Schrauben fixiert. Das radiokarpale Gelenk und die Winkelhalbierende für die Osteotomie sind jeweils mit einem Kirschner (K)-Draht markiert. Am Radiuschaft noch inliegende Schanz-Schraube vom Fixateur externe



Abb. 5 ◀ Postoperative Röntgenaufnahme einer distalen Radiusfraktur (p.-a.-Strahlengang), Ergebnis nach Radiuskorrektur mit dem APTUS-Radius-system. Aufgrund der Größe des Osteotomie-spalts musste ein Knochenspan aus dem Beckenkamm eingesetzt werden



Abb. 6 ▲ Postoperative Röntgenaufnahme einer distalen Radiusfraktur (seitlich), Ergebnis nach Radiuskorrektur mit dem APTUS-Radius-system. Aufgrund der Größe des Osteotomie-spalts musste ein Knochenspan aus dem Beckenkamm eingesetzt werden

Früher wurden die nach dorsal abgekippten, verheilten Radiusfrakturen von einem streckseitigen Zugang und die nach palmar abgekippten von einem beugeseitigen Zugang korrigiert. Beim streckseitigen Zugang kam es allerdings oftmals zu einer Irritation der Strecksehnen und die

Weichteildeckung der Platte war schlecht. Außerdem erlaubte der streckseitige Zugang keine gute Übersicht über das Repositionsergebnis und ein großer Längenausgleich am Radius war schwer durchzuführen. Wir bevorzugen bei allen Korrekturen den palmaren Zugang, da er ei-

ne gute Weichteildeckung der Platte, eine gute Übersicht über die Reposition und eine bessere Steuerung insbesondere bei großem Längenausgleich erlaubt. Bei in Fehlstellung abheilenden Frakturen, die älter als 3 Wochen sind, empfehlen wir den radiopalmaren y-förmigen



Abb. 7 ▲ Präoperative Röntgenaufnahme (*seitlich*) bei moderater Fehlstellung (Gelenkfläche 20° nach dorsal abgekippt; im nicht gezeigten p.-a.-Bild leichte Radiusverkürzung mit Ulnar-plus-Stellung von 1 mm)

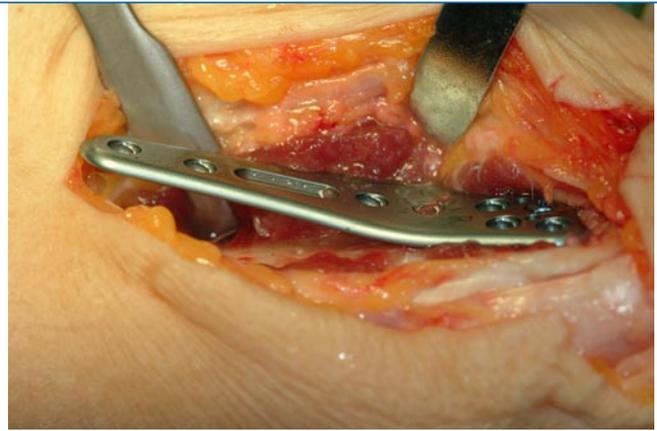


Abb. 8 ► Intraoperative Röntgenaufnahme nach Fixieren der Platte mit den distalen Schrauben. Der Winkel des Plattenstiels zum Radiuschaft gibt den Korrekturwinkel vor

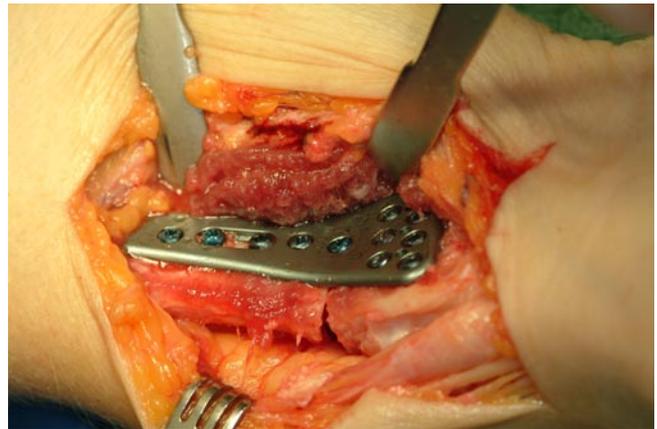


Abb. 9 ► Doppeltrapezförmiger Osteotomiespalt nach Retention des distalen Radius und Fixieren der Platte. An der Platte berühren sich die Kortikalisenden. In diesem Fall kann auf eine Spongiosaplastik verzichtet werden



Abb. 10 ▲ Intraoperative Röntgenaufnahme (*seitlich*) nach Anlage der Platte



Abb. 11 ▲ Postoperative Röntgenaufnahme (*seitlich*). Ausheilungsergebnis nach Radiuskorrektur (ohne Spongiosaplastik)

Zugang am distalen Radius. Er ermöglicht eine bessere Übersicht und Kontrolle über die dreidimensionale Osteotomieebene und erlaubt die Eröffnung des 3. Strecksehnenfachs. Wir empfehlen die Eröffnung des 3. Strecksehnenfachs, da es in der Vergangenheit nach Radiuskorrekturoperationen immer wieder aufgrund der geänderten Druckverhältnisse oder wegen Knochenkanten zu einer sekundären Ruptur der langen Daumenstrecksehne gekommen ist. Die anatomisch geformten winkelstabilen Platten geben den Korrekturwinkel bezüglich der Palmarinklination vor. Die Ulnarinklination, Rotation des Radius und die Radiuslänge sind vom Operateur selbst einzustellen. Die postoperativ palmar anliegende Platte führte in unserer Studie bei keinem Patienten zu einer Komplikation. Insbesondere musste keine Metallentfernung durchgeführt werden.

Ziel der Korrekturosteotomie am distalen Radius ist es, bestmöglich die anatomischen Verhältnisse wieder herzustellen. Dies gelang bei den Patienten in unserer Studie. Sowohl die Auswertung der postoperativen Bewegungsausmaße,

als auch die Ergebnisse von DASH- und WRIST-Score in unserem Patientenkollektiv untermauern dies. Eine weitgehend anatomische Stellung von Speiche und Elle am Handgelenk führen zu einer deutlichen Linderung der Schmerzen und Besserung der Beweglichkeit. Der postoperative Mittelwert von Extension/Flexion lag bei 53–0–54° nach der Neutralnullmethode, von Supination/Pronation bei 84–0–85° und von Ulnar-/Radialabduktion bei 37–0–17°.

Die subjektive Zufriedenheit unserer Patienten wurde mit dem DASH-Funktionswert evaluiert. Dieser erbrachte einen durchschnittlichen Wert von 14. Diese sehr guten Ergebnisse lassen sich durch den WRIST-Score nach Krimmer objektivieren. Hier erreichten die von uns operierten Patienten im Mittel einen Wert von 88–100, was ebenfalls für ein sehr gutes Ergebnis spricht. Untermauert werden diese Resultate durch einen Durchschnittswert von 2 auf der visuellen Schmerzanalogskaala. Alle Patienten waren mit dem Ergebnis der Operation sehr zufrieden.

Wir verglichen die Patienten (n=9), die weniger als 100 Tage nach dem Unfall von uns operiert wurden, mit den 15 anderen, bei denen die Korrekturoperation mehr als 100 Tage nach dem ursprünglichen Trauma durchgeführt wurde. Wie in der von Jupiter und Ring 1996 [11] veröffentlichten Studie zeigten sich vergleichbare Ergebnisse in den beiden von uns untersuchten Gruppen.

Die Verwendung eines kortikospoingösen Knochenspans bei der Durchführung einer Korrekturoperation am distalen Radius galt lange Zeit als unverzichtbar [17]. Erst die Entwicklung der winkelstabilen Plattensysteme ermöglichte den Verzicht auf eine Spongiosaplastik bei kleineren Defekten ohne einen Verlust bei der Durchbauungsrate [18] und ohne sekundäre Dislokationen. In unserem Patientenkollektiv wurde nur bei 11 von 24 Patienten eine Spongiosaplastik notwendig. Die Entscheidung für oder gegen eine Spongiosaplastik hängt von der Größe des Osteotomiespalts und von der Knochenqualität des Patienten ab und wird von Fall zu Fall vom Operateur entschieden.

Drei Patienten unserer Studie zeigten präoperativ eindeutig Zeichen eines

CRPS. Auffällig dabei war, dass bei diesen Patienten ebenfalls eine eindeutige Irritation des N. medianus bestand. Diese Patienten klagten über Einschlafen der radialen Finger und starke nächtliche Schmerzen. Das posttraumatische KTS bzw. die Irritation des N. medianus kann also als aggravierender Faktor für die Entstehung eines CRPS gesehen werden [19, 20]. In der Literatur wurde bisher bei bestehendem CRPS empfohlen, stabile knöcherner Verhältnisse sowie eine Besserung der trophischen Hautverhältnisse abzuwarten, bevor eine Korrektur am Radius durchgeführt werden sollte [16]. In unserem Kollektiv profitierten alle Patienten, vor allem auch die zu einem frühen Zeitpunkt bei noch bestehendem CRPS operierten, von der Radiuskorrektur und zeigten eine schnelle Abheilung der Algodystrophie. Diese 3 Patienten wurden nach durchschnittlich 27 Tagen nach dem Unfall operiert. Durch eine weitgehende Wiederherstellung der anatomischen Verhältnisse und der damit verbundenen Besserung der biomechanischen Situation am Handgelenk kann eine frühere und effizientere Nachbehandlung durchgeführt werden. Der durchschnittliche postoperative Wert auf der Analogskala betrug 2, der DASH-Funktionswert 10 und der WRIST-Score 94 Punkte.

Diese sehr guten Ergebnisse zeigen, dass vor jeder Korrekturoperation am Radius eine Irritation des N. medianus bzw. ein KTS ausgeschlossen werden sollte, nicht zuletzt auch um der Entwicklung eines CRPS vorzubeugen. Eine frühfunktionelle Nachbehandlung wirkt sich bei bestehendem CRPS immer positiv auf den Heilungsverlauf aus.

Schlussfolgerung

Frühe Korrekturen von in Fehlstellung stehenden Radiusfrakturen und die modernen winkelstabilen Plattensysteme verbessern die Funktion und die Schmerzen am betroffenen Handgelenk. In speziellen Fällen mit einem posttraumatischen KTS oder CRPS ist ebenfalls eine Frühkorrektur und Karpaldachspaltung sinnvoll. Bei kleineren Hebedefekten kann auf die Interposition eines Beckenkammspans verzichtet werden.

Korrespondenzadresse

R. Richter

Zentrum für Handchirurgie
Elisabethenstr. 17, 88212 Ravensburg
richter66@web.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- Adams BD (1993) Effects of radial deformity on distal radioulnar joint mechanics. *J Hand Surg [Am]* 8:492–498
- Bronstein AJ, Trumble TE, Tencer AF (1997) The effects of distal radius fracture malalignment on forearm rotation: a cadaveric study *J Hand Surg [Am]* 22:258–262
- Chung KC, Kotsis SV, Kim HM (2007) Predictors of functional outcomes after surgical treatment of distal radius fractures *J Hand Surg [Am]* 32:76–83
- Cooney WP III, Dobyns JH, Linscheid RL (2003) Complications of Colles' fractures *J Bone Joint Surg Am* 62:613–619
- Dijkstra PU, Groothoff JW, ten Duis HJ, Geertzen JH (2003) Incidence of complex regional pain syndrome type I after fractures of the distal radius *Eur J Pain* 7:457–462
- Dijkstra PU, Schans CP van der, Geertzen JH (2003) Risk perception of developing complex regional pain syndrome I *Clin Rehabil* 17:454–456
- Doro C, Hayden RJ, Louis DS (2006) Complex regional pain syndrome type I in the upper extremity *Clin. Occup Environ Med* 5:445–454
- Dyer G, Lozano-Calderon S, Gannon C et al (2008) Predictors of acute carpal tunnel syndrome associated with fracture of the distal radius *J Hand Surg [Am]* 33:1309–1313
- Geissler WB, Fernandez DL, Lamey DM (1996) Distal radioulnar joint injuries associated with fractures of the distal radius. *Clin Orthop Relat Res* 327:135–146
- Gradl G, Steinborn M, Witzgall I et al (2003) Das akute CRPS I (M. Sudeck) nach distaler Radiusfraktur – Methoden zur Frühdiagnostik. *Zentralbl Chir* 128:1020–1026
- Jupiter JB, Ring D (1996) A comparison of early and late reconstruction of malunited fractures of the distal end of the radius. *J Bone Joint Surg Am* 78:739–748
- Kihara H, Palmer AK, Werner FW et al (1996) The effect of dorsally angulated distal radius fractures on distal radioulnar joint congruency and forearm rotation *J Hand Surg [Am]* 21:40–47
- Krimmer H, Pessenlehner C, Hasselbacher K et al (2004) Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur *Unfallchirurg* 107:460–467
- Melendez EM (1997) Opening-wedge osteotomy, bone graft, and external fixation for correction of radius malunion *J Hand Surg [Am]* 22:785–791
- Muller LP, Klitscher D, Rudig L et al (2006) Locking plates for corrective osteotomy of malunited dorsally tilted distal radial fractures: a biomechanical study *J Hand Surg [Br]* 31:556–561
- Orbay JL, Fernandez DL (2004) Volar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius fractures in the elderly patient *J Hand Surg [Am]* 29:96–102
- Park MJ, Cooney WP III, Hahn ME et al (2002) The effects of dorsally angulated distal radius fractures on carpal kinematics *J Hand Surg [Am]* 27:223–232
- Prommersberger KJ, Lanz U (1999) Biomechanik der fehlerhaften distalen Radiusfraktur – Eine Literaturübersicht. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 31:221–226
- Prommersberger KJ, Schoonhoven J van (2007) Korrekturingriffe nach distaler Radiusfraktur *Unfallchirurg* 110:617–627
- Prommersberger KJ, Schoonhoven J van, Lanz UB (2000) A radioulnar approach to dorsal malunions of the distal radius *Tech Hand Up Extrem Surg* 4:236–243