Operative Korrektur der in Fehlstellung verheilten distalen Radiusfraktur

Die operative Versorgung von Frakturen des distalen Radius mit palmaren winkelstabilen Platten ist derzeit Standard. Sie ermöglicht in vielen Situationen die anatomische Rekonstruktion und übungsstabile Retention, dennoch werden wir im klinischen Alltag häufig mit erheblichen Fehlstellungen des körperfernen Speichenknochens konfrontiert, wobei in den meisten der einer Korrekturosteotomie zugänglichen Fälle die zugrunde liegende Fehlstellung bereits im Rahmen der Primärversorgung hätte vermieden werden können.

Im Folgenden sollen die Möglichkeiten der operativen Fehlstellungskorrektur des bereits verheilten distalen Radius dargestellt werden.

Indikation zur Korrektur einer fehlverheilten Fraktur des Speichenknochens

Grundlagen

Einige Patienten beklagen trotz radiologisch grotesker Fehlstellungen im Bereich des Handgelenks erstaunlich wenige Probleme, sodass sich die Frage stellt, ob die Fehlstellung des Speichenknochens überhaupt korrigiert werden sollte. Zur Beantwortung dieser Frage sind einige biomechanische Erkenntnisse hilfreich.

Die Lastübertragung von der Hand auf den Unterarm erfolgt in der Regel zu etwa 70–85% über den Speichenknochen und nur zu etwa 15–30% über die Elle. Bereits eine Abkipfung des Speichenkno-

chens von 20° nach streckseitig führt jedoch zu einer Umverteilung des Kraftflusses, es werden dann 50% der Kraft über die Elle übertragen. Eine Radiusverkürzung um nur 2 mm hat bereits eine Verdoppelung des Drucks auf das Ellenköpfchen zu Folge. Im körperfernen Ellen-Speichen-Gelenk (DRUG: distales Radio-ulnargelenk) bewirkt die Verkürzung des Speichenknochens um nur 1 mm eine Abnahme der Kontaktfläche des Ellenköpfchens von 30% und beeinträchtigt die harmonische Funktion dieses funktionell oft unterschätzten Gelenks [10]. Der distale Radius darf folglich nicht als isolierter Knochen betrachtet werden, sondern vielmehr als Baustein der funktionellen Einheit des Handgelenks – bestehend aus Handwurzel, Radius und Elle. Seine Fehlstellung beeinträchtigt die gesamte Funktionseinheit und keinesfalls nur den radiokarpalen Gelenkanteil.

Die Verkipfung der Radiusgelenkfläche nach dorsal führt zur adaptiven Fehlstellung der Handwurzel mit entsprechender Störung der Biomechanik, Instabilität und Fehlbelastung einzelner Gelenkanteile [8].

Die relative Überlänge der Elle führt zum Ulnaimpaktionssyndrom mit ulnokarpaler Druckerhöhung, Aufarbeitung des triangulären Faserkomplexes sowie entsprechenden Knorpelschäden an Lunatum und Ellenkopf. Begleitet wird diese Veränderung durch eine Inkongruenz und letztendlich Instabilität im körperfernen Ellen-Speichen-Gelenk mit erheb-

licher funktioneller Beeinträchtigung der Unterarmumwendbewegung.

In der Gesamtheit resultiert eine schmerzhaft funktionseinschränkung des gesamten Handgelenks einschließlich der Unterarmumwendbewegung mit erheblicher Prädisposition zum frühzeitigen Gelenkverschleiß.

Indikationsstellung

In die Indikation zur Korrektur fließen neben dem Allgemeinzustand des Patienten in weitaus höherem Maß die klinische Beschwerdesymptomatik, aber auch der zu erwartende Verlauf und damit in gewissem Maße das Alter sowie die spezifischen Anforderungen/Erwartungen des Patienten mit ein. Dies bedeutet, dass die Indikation zur Korrekturosteotomie beim über 70-jährigen beschwerdearmen Rentner anders zu stellen ist als beim 25 Jahre alten, ebenfalls beschwerdearmen Handwerker, der sein Handgelenk noch über viele Jahre sehr stark belasten wird.

Nicht selten liegt zusätzlich eine fehlstellungsbedingte Beeinträchtigung des N. medianus vor, die sich durch die Stellungskorrektur aufheben lässt [1].

Unter dem primären Ziel, ein auf Dauer schmerzfrei belastbares Handgelenk zu erreichen, stellt sich demzufolge nicht allein die Frage, was machbar, sondern vielmehr, was sinnvoll ist. Es bedarf hier eines erheblichen Erfahrungsschatzes, um einschätzen zu können, welcher Patient tatsächlich von einer anatomischen Korrektur profitiert, welche Patienten einer Ret-

Abb. 1 ▲ **a** Unter Verkürzung und Abflachung der Gelenkwinkel (rot) verheilte Radiusextensionsfraktur (rote Pfeile), **b** intraoperative Durchleuchtung im Rahmen des Korrekturingriffs, *rechtes Bild* gute Erkennbarkeit des durch die anatomisch vorgeformte Platte bestimmten Korrekturwinkels zur Wiederherstellung der palmaren Inklinatio, **c** intraoperative Abschlusskontrolle mit Wiederherstellung der Radiusgelenkwinkel

tungsoperation zugeführt werden müssen oder aber keiner operativen Intervention bedürfen.

In den meisten Fällen korrelieren der radiologische Befund, aber auch das radiologische Ergebnis der Rekonstruktion mit der Handgelenkbeweglichkeit und Unterarmumwendbewegung [2, 7].

Diagnostik

Röntgen. Der diagnostische Weg ist unkompliziert und beinhaltet neben der klinischen Untersuchung, unter besonderer Berücksichtigung des DRUG, die konventionelle Röntgendiagnostik des betroffenen Handgelenks in 2 Ebenen. Hierbei ist insbesondere auf eine korrekte Einstellung zur Beurteilung des körperfernen Ellen-Speichen-Gelenks und des Längenverhältnisses von Elle und Speiche zueinander zu achten.

Eine Ballbelastungsaufnahme kann nicht nur Hinweise auf eine Handwurzelinstabilität, sondern auch einen Ulnavor-schub unter Belastung geben.

Das Ausmaß der Fehlstellung und ihre Korrekturmöglichkeiten erschließen sich häufig aus der Analyse des radiologischen Verlaufs von der Verletzung über die Versorgung bis zum aktuellen Zustand. Vergleichsaufnahmen mit der Gegenseite führen wir daher nicht routinemäßig durch. Bei fehlendem Röntgenverlauf können sie jedoch wertvolle Zusatzinformationen bezüglich der ursprünglichen Gelenkwinkel sowie dem Längenverhältnis von Elle und Speiche liefern.

Computertomographie (CT). Sie ist unserer Ansicht nach zwingend erforderlich, da nur mit diesem Verfahren sämtliche Gelenkkompartimente, insbesondere das körperferne Ellen-Speichen-Gelenk, beurteilt werden können. Erst sie ermöglicht eine verlässliche Analyse der Gelenkflächen und kann somit bei ggf. deutlicher Zerstörung derselben eine Kontraindikation zur Korrekturosteotomie aufzeigen.

Weitere bildgebende Verfahren. Die Handgelenkarthroskopie und die Magnetresonanztomographie bleiben besonderen Fragestellungen wie der Beurteilung der Gelenkknorpel, des triangulären Faserkomplexes und der interkarpalen Bandstrukturen vorbehalten. Gerade für die Teilversteifungen ist die arthroskopische Beurteilung der angrenzenden Gelenkanteile unabdingbar.

Zeitpunkt der Korrektur

Jupiter u. Ring [4] konnten zeigen, dass die klinischen Ergebnisse der Frühkorrektur innerhalb der ersten 10 Wochen und der verzögerten Korrektur nach bis zu einem dreiviertel Jahr nahezu identisch sind. Nach eigener Erfahrung erwies es sich jedoch als günstig, den Zeitpunkt der Korrektur so früh als möglich zu wählen. Idealerweise kann diese so zeitnah durchgeführt werden, dass eine Osteotomie im eigentlichen Sinne gar nicht erforderlich ist, sondern vielmehr einer verzögerten Frakturversorgung entspricht. In jedem Fall aber bietet die frühe Korrektur den Vorteil weniger stark ausgeprägter Be-

gleitveränderungen, wie der Verkürzung der umgebenden Gewebe und der Inaktivitätsosteopenie. Sekundärschäden durch eine Ulnaimpaktion oder eine karpale Instabilität sind idealer Weise noch nicht eingetreten.

Die Erkenntnis aus der Arbeit von Jupiter u. Ring [4] erlaubt es jedoch, präoperativ die wesentlichen Voraussetzungen für ein funktionell gutes Ergebnis zu schaffen, d. h. Konsolidierung der Weichteile, Behandlung trophischer Störungen sowie die Wiederherstellung einer freien Fingerfunktion durch vorgeschaltete handtherapeutische Übungsbehandlung.

Korrekturingriffe

Extraartikuläre Fehlstellungen

Extraartikuläre einfache Fehlstellungen

Im Fall der einfachen Verkürzung und/oder Verkipfung der Speichengelenkfläche im metaphysären Bereich kann die von Prommersberger u. Lanz [5] und Prommersberger u. Schoonhoven [6] sehr anschaulich publizierte und modifizierte Operationstechnik in idealer Weise verwendet werden. Der Zugang erfolgt über einen Y-förmigen Hautschnitt radiopalmar am Handgelenk, wobei der Längschenkel über der A. radialis liegt und etwa 1,5 cm proximal der Rascetta (Linea carpi palmaris distalis) endet. Der palmar-Querschlenkel wird von hier zur Restricta (Linea restricta) geführt, die etwa an ihrer Kreuzungsstelle mit dem M. flexor carpi radialis erreicht wird. Dorsal en-

det der Querschinkel über dem radialen Rand der Handgelenkextensoren. Nach eigener Erfahrung reicht häufig die Abwinkelung nach radial aus, um dennoch das ulnare Kantenfragment adäquat zu erreichen.

Der M. pronator quadratus wird an seiner radialen Begrenzung abgesetzt, wobei ggf. eine schmale Manschette der Sehne des M. brachioradialis die spätere Refixation erleichtert.

Die Osteotomie erfolgt auf Höhe der Fehlstellung in der Winkelhalbierenden des geplanten Korrekturwinkels in beiden Ebenen. Diese Osteotomieform ermöglicht zum einen die Zentrierung des Karpus über der Unterarm-Längsachse, zum anderen vereinfacht sie das Einpassen eines gleichschenkelig doppeltrapezförmigen Knochenblocks. Eine präoperativ angefertigte Planungsskizze erleichtert diesen wichtigen Schritt erheblich.

Ring et al. [9] konnten zeigen, dass bei der Verwendung winkelstabiler Implantate das Auffüllen des Osteotomiespalts allein mit Spongiosa kein erhöhtes Risiko für einen Repositionsverlust darstellt. Nach eigener Erfahrung kann sogar vollständig auf Spongiosa verzichtet werden, sofern die Osteotomiestelle nahe an der distalen Schraubenreihe zu liegen kommt, eine beugeseitige kortikale Abstützung besteht und der streckseitig entstehende Defekt nicht wesentlich größer als 1 cm ist. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass sich gegenüber der Spongiosaplastik die Zeit bis zum knöchernen Durchbau verlängert.

Ist eine ausgedehntere Korrektur mit größerem Längengewinn erforderlich, bevorzugen wir die Interposition eines Beckenkammspans mit Kortikalisanteil, insbesondere wenn kein speziell für die Korrekturosteotomie konstruiertes, stärker dimensioniertes Implantat verwendet wird. Je größer der Defekt und je schlechter die Knochenqualität, desto eher sollte ein Knochenspan Verwendung finden.

Die im Rahmen der Korrektur zu überwindenden Rückstellkräfte sind erheblich und können zu einem Verbiegen der Platte führen. Die Gefahr der beugeseitigen Dislokation ist insbesondere dann hoch, wenn die Korrekturosteotomie in einem falschen Winkel erfolgte und das Zentrum der radialen Gelenkfläche vor

die Längsachse des Unterarms verlagert wurde.

Fallbeispiel. Das in Abb. 1 dargestellte Fallbeispiel zeigt eine Abflachung der ulnaren Inklinations sowie eine Reklination der Speichergelenkfläche, zudem einen deutlichen Ulnavorschub mit allen Zeichen der Ulnaimpaktion. Über den beschriebenen palmaren Zugang wurde das anatomisch vorgeformte winkelstabile Implantat so an der Gelenkfläche ausgerichtet und mit Schrauben in der distalen Reihe der Plattenbohrungen fixiert, dass der Winkel zwischen der Unterseite der Platte und der Speicherschaftachse dem Korrekturwinkel der palmaren Inklinations entsprach. Der Winkel zwischen dem radialen Plattenrand und der radialen Begrenzung des körperfernen Speichenknochenschafts spiegelte dabei den Korrekturwinkel der ulnaren Inklinations wider. Die Platte wurde wieder entfernt, die Osteotomie in oben geschilderter Weise durchgeführt und die Platte mit winkelstabilen Schrauben in ursprünglicher Position fixiert. Durch das Ausrichten des Plattenschafts am Radiuschaft kommt es zur gewünschten Korrektur der Winkel- fehlstellung, wobei ein in den Osteotomiespalt eingeführter Arthrodesenspreizer der Längskorrektur dient. Hierbei empfiehlt es sich, einen Draht in die den Drehpunkt bildende Plattenbohrung einzubringen.

Berücksichtigt man die Abflachung des Radius metaphysär und die Form des distalen Radiuschafts (CT-Analyse), korrigiert sich über die Auflagefläche der Platte auch ein ggf. vorliegender Rotationsfehler.

Die bei größeren Korrekturen auftretenden Rückstellkräfte sind, wie oben angeführt, enorm und müssen, insbesondere bei schlechter Knochenqualität, durch Interposition eines kortikospongiösen Spans aufgefangen werden. In jedem Fall ist vor der Korrektur auf eine suffiziente Abstützung der Gelenkfläche durch Besetzung möglichst sämtlicher Plattenbohrungen zu achten. Basierend auf einer retrospektiven Studie von Wada [11] kann in Fällen mit sehr schlechter Knochenqualität auch die Closed-Wedge-Osteotomie in Verbindung mit einer Ulnaverkürzungsosteotomie in Erwägung gezogen werden. In seiner Arbeit wurden sogar funktionell

Trauma Berufskrankh 2015 · 17[Suppl 1]:105–111
DOI 10.1007/s10039-013-1995-9
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

N. Baas

Operative Korrektur der in Fehlstellung verheilten distalen Radiusfraktur

Zusammenfassung

Hintergrund. Die in Fehlstellung verheilte Fraktur des körperfernen Speichenknochens ist trotz der guten operativen Behandlungsmöglichkeiten eine häufige Verletzungsfolge. **Korrekturmöglichkeiten.** Der distale Radius kann bei einer in Fehlstellung verheilten Fraktur nicht isoliert, sondern nur als Teil der funktionellen Einheit des Handgelenks betrachtet werden. Dargestellt werden die Indikationen sowie die Möglichkeiten zur Korrektur der immer mehrdimensionalen, oft komplexen Fehlstellungen, aber auch die Rettungsoperationen bei fehlender Rekonstruktionsmöglichkeit.

Schlüsselwörter

Verletzungen des Radius · Knochenfraktur · Fehlheilung · Korrekturosteotomie · Radioscapholunare Fusion

Surgical correction of malalignment of healed distal radius fractures

Abstract

Background. Despite the good surgical options for dislocated fractures, malunion and malalignment after distal radius fractures are quite common.

Treatment possibilities. In these cases, malalignment of the distal radius can not be viewed in isolation, but only as part of the functional unit of the wrist. This article shows the indications, but also the possibilities of correcting the always multidimensional, often complex deformities, as well as the salvage procedure in the absence of reconstruction options.

Keywords

Radius, injuries · Bone fracture · Bone malalignment · Osteotomy · Radio-scapholunate fusion

günstigere Ergebnisse in Bezug auf die Wiederherstellung des Längenverhältnisses von Elle zu Speiche, die Handgelenkbeugung/-streckung sowie den Mayo-Wrist-Score angegeben.

Abb. 2 ▲ **a** Komplexe, im Wesentlichen extraartikuläre Fehlstellung nach Unterarmtrümmerfraktur und Einzelschraubenosteosynthese, **b** intraoperatives Ergebnis der Korrektur

Abb. 3 ▲ **a** Komplexe extraartikuläre Fehlstellung des Unterarms mit computertomographischer Darstellung der Fehlstellung im distalen Radioulnargelenk (DRUG), **b** postoperative konventionelle radiologische und computertomographische Befundkontrolle mit regelrechter Einstellung des DRUG, Achskorrektur der Speiche mit Pseudarthrosenresektion und Verkürzungsosteotomie der Elle kombiniert

Extraartikuläre komplizierte Fehlstellungen

Sie zeichnen sich durch ihre extrem körperferne Lokalisation unmittelbar in oder distal der Watershed-Linie, aber auch langstreckige multifragmentäre Fehlstellungen in der Metaphyse aus. In ersterem Fall gestalten sich sowohl die sog. Osteotomie am Ort der Fehlstellung als auch die Platzierung der Platte und mehr noch deren Verankerung schwierig. Die streckseitige Plattenlage bietet insbesondere bei den häufigen Extensionsfrakturen aufgrund der Konkavität der Gelenkfläche keine alternative Lösung.

Im Fall der bereits erfolgten knöchernen Konsolidierung kann die Osteotomie etwas nach proximal verlagert werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Handwurzel damit vor die Unterarm-längsachse verlagert wird und ein unschöner streckseitiger Buckel entsteht.

Liegen eine Pseudarthrose oder eine langstreckige metaphysäre Fehlstellung vor, kann das oben beschriebene Prinzip der Osteotomie auf Höhe der Fehlstellung nicht umgesetzt werden. Unverändert bleibt der Einsatz der anatomisch vorgeformten winkelstabilen Platten. Vor der definitiven Verankerung des Implantats wird die Pseudarthrose aufgelöst und mit Spongiosa aufgefüllt (■ Abb. 2).

Gelingt es nicht, den Bereich der ehemaligen langstreckigen Pseudarthrose so zu rekonstruieren, dass eine stabile Abstützung entsteht, kann eine streckseitige, kurze auxilläre Zuggurtungsplatte hilfreich sein, um ein Implantatversagen zu verhindern.

Abb. 4 ◀ **a** Computertomographie der intraartikulären Stufenbildung des distalen Radius, **b** arthroskopisch gestützte Osteotomie mit Shaver und Meißel (*obere Reihe*), Reposition (*untere Reihe*) und **c** Osteosynthese mit volarer winkelstabiler Platte

Liegen bei weitgehend isolierter Verkürzung des Radius bereits deutliche Zeichen einer radiokarpalen Arthrose vor, sollte der Ulnaverkürzung zur Korrektur der Ulnaimpaktion der Vorzug gegeben werden (■ **Abb. 3**). Entsprechend dem Ausmaß der radiokarpalen Arthrose kann sie mit einer Handgelenkdenervation oder einer Teilversteifung in Form

einer radioscapholunären Fusion (RSL-Fusion) kombiniert werden.

Eine Wiederherstellung der abgeklippten Gelenkwinkel zur Rekonstruktion des DRUG macht dahingegen auch bei fortgeschrittener radiokarpaler Arthrose Sinn und kann ggf. mit einer Denervation oder (Teil-)Versteifung kombiniert werden.

Intraartikuläre Fehlstellungen

Sie sind nach unserer Erfahrung nur dann sinnvoll einer operativen Korrektur zugänglich, wenn sie im randständigen Bereich der Speichengelenkfläche liegen und sich auf wenige, relativ große Fragmente beschränken. Multifragmentäre Zerstörungen der Speichengelenkfläche und zentrale Imprimeate können nach eigener Erfahrung nur in Einzelfällen suffizient korrigiert werden.

Zur Diagnostik dieser Fehlstellungen ist eine CT zwingend erforderlich. Die Möglichkeit, die Schnittebenen selbst zu bestimmen, erleichtert hierbei das diagnostische Vorgehen enorm.

Es bewährte sich ein kombiniert arthroskopisch/offenes Vorgehen, bei dem das Handgelenk nach Schaffen eines klassischen palmaren Zugangs hängend gelagert wird. Unter arthroskopischer Sicht kann nun eine Osteotomie der in Fehlstellung stehenden Fragmente durchgeführt werden. Die Reposition wird temporär mit dünnen Kirschner-Drähten gehalten und letztendlich über eine klassische beugeseitige Plattenosteosynthese fixiert (■ **Abb. 4**).

Eine besondere Herausforderung stellen die Fehlstellungen des körperfernen Ellen-Speichen-Gelenks, d. h. der Fragmente der „sigmoid notch“ dar. Diese Gelenkfläche ist aufgrund ihrer Bandansätze nur schwer zugänglich und in der Fehlstellungssituation auch arthroskopisch oft nicht adäquat einsehbar. Nach sorgfältiger computertomographischer Analyse und Planung können jedoch ebenfalls funktionell günstige Ergebnisse erreicht und die für die Gebrauchsfähigkeit der Hand wesentliche Unterarmumwendbewegung wiederhergestellt werden (■ **Abb. 5**). Entscheidend ist dabei die Osteotomie unter Schonung der radioulnaren Bänder.

Rettungsoperationen

Im Fall der nicht rekonstruierbaren Radiusgelenkfläche stehen Rettungsoperationen mit dem Ziel des schmerzfrei belastbaren Handgelenks zur Verfügung. Diese reichen von der einfachen Handgelenkdenervation nach Wilhelm [12, 13] über die teilversteifenden Eingriffe in

Abb. 5 **a** Pseudarthrose der „sigmoid notch“ mit Dislokation der ulnaren Kantenfragmente des Radius und Fehlstellung im distalen Radioulnargelenk (DRUG), **b** postoperative computertomographische Kontrolle des DRUG sowie funktionelles Ergebnis

Form der RSL-Fusion bis hin zur Vollversteifung mit Stellungskorrektur.

Da sich die normale Handgelenkbeweglichkeit aus Bewegungen des radio- und des mediokarpalen Gelenkanteils zusammensetzt, kann durch die RSL-Fusion der schmerzhafte radiokarpale Gelenkanteil ausgeschaltet und dennoch etwa die Hälfte der normalen Handgelenkbeweglichkeit erhalten werden. Wir kombinieren diesen Eingriff nach den Empfehlungen von Garcia-Elias [3] mit einer Resektion des körperfernen Kahnbeinpols, um den Gesamtbewegungsumfang zu optimieren.

Die Kombination mit einer klassischen Ulnaverkürzungsosteotomie oder der Implantation einer Ulnakopfprothese ist möglich.

In Fällen ausgeprägter radiokarpaler Arthrose in Kombination mit einem Verschleiß des mediokarpalen Gelenkanteils verbleibt lediglich die Vollverstei-

fung des Handgelenks. Auch in diesem Fall ist in der Regel eine Stellungskorrektur erforderlich, um Achse und Rotation, aber auch die Funktion des körperfernen Ellen-Speichen-Gelenks wiederherzustellen. Bei der Notwendigkeit eines größeren Längengewinns kann im Vorfeld eine Distraktionsbehandlung vom Unterarmknochen auf den dritten Mittelhandknochen notwendig sein, um der starken Verkürzung des Unterarms entgegenzuwirken.

Resümee

Die Korrektur des körperfernen Speichenknochens stellt einen durchaus anspruchsvollen operativen Eingriff dar, der einer sorgfältigen präoperativen Planung und Fehlstellungsanalyse bedarf. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass es sich nicht um eine isolierte Fehlstellung eines Knochens, sondern die Fehlstellung in einem komplexen System, bestehend aus Hand-

wurzel, Speichenknochen und Elle, handelt, welches eine funktionellen Einheit bildet. Die Art der Korrektur hängt vom Ausmaß der Fehlstellung und Verkürzung, der Knochenqualität sowie dem Zustand der beteiligten Gelenke ab.

Eine isolierte Speichenverkürzung bis zu 5 mm ohne wesentliche ($<10^\circ$) Veränderung der ulnaren und palmaren Inklination kann komplikationsarm über eine Ulnaverkürzung behandelt werden. Eine präoperative leichte Instabilität im körperfernen Ellen-Speichen-Gelenk stabilisiert sich hier sehr häufig selbst.

Multidirektionale Fehlstellungen mit einer Verkürzung von bis zu etwa 1,5 cm sollten mit einer Radiuskorrekturosteotomie in Verbindung mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese behandelt werden. Bei schlechter Knochenqualität sollten ein Knochenblock Verwendung finden oder aber ein verkürzender Eingriff in Form einer Closed-Wedge-Osteotomie in Kombination mit einer Ulnaverkürzungsosteotomie in Erwägung gezogen werden.

Bei multidirektionalen Fehlstellungen mit stärkerer Verkürzung empfiehlt sich eine Kombination von Radiuskorrektur- und Ulnaverkürzungsosteotomie, um den erheblichen Rückstellungskräften gerecht zu werden.

Bei obigen Distanzangaben handelt es sich lediglich um Richtwerte, hier finden sich interindividuell erhebliche Varianzen.

Insgesamt lässt sich bei sorgfältiger Operationstechnik oft ein funktionell äußerst günstiges Ergebnis erreichen, wobei Prommersberger u. Schoonhoven [7] zeigen konnten, dass das erreichte radiologische Resultat sehr stark mit dem funktionellen Ergebnis korreliert.

Fazit für die Praxis

- Die in Fehlstellung verheilte distale Radiusfraktur, welche einer operativen Korrektur zugänglich ist, lässt sich in der Regel durch eine sorgfältige Primärversorgung vermeiden.
- Die fehlerverheilte distale Radiusfraktur ist nicht ein isoliertes Problem des radiokarpalen Gelenks, sondern betrifft die gesamte funktionelle Einheit von Unterarm und Hand.

- Die Korrektur der fehlverheilten distalen Radiusfraktur erfordert eine sorgfältige präoperative Planung und Fehlstellungsanalyse.
- Die Art der Korrektur wird vom Ausmaß der Fehlstellung und Verkürzung, der Knochenqualität sowie dem Zustand der beteiligten Gelenke bestimmt.
- Bei sorgfältiger Operationstechnik lässt sich oft ein funktionell äußerst günstiges Resultat erreichen.

Korrespondenzadresse

Dr. N. Baas

Abteilung für Hand- und Unterarmchirurgie,
BG-Unfallklinik Murnau,
Prof. Küntscher-Straße 8, 82418 Murnau
nils.baas@bgu-murnau.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. N. Baas gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Baumgarten A (2003) Beeinträchtigungen des N. medianus bei der fehlverheilten Radiusfraktur. Med. Dissertation, Julius-Maximilians-Universität Würzburg
2. Bronstein AJ, Trumble TE, Tencer AF (1997) The effect of distal radius fracture malalignment on forearm rotation: a cadaveric study. *J Hand Surg Am* 22:258–262
3. Garcia-Elias M, Lluch A, Ferreres A et al (2005) Treatment of radiocarpal degenerative osteoarthritis by radioscapulohumeral arthrodesis and distal scaphoidectomy. *J Hand Surg Am* 30:8–15
4. 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
5. Prommersberger KJ, Lanz U (1998) Die Korrekturosteotomie der fehlverheilten distalen Radiusfraktur vom Extensionstyp. *Operat Orthop Traumatol* 10(2):77–89
6. Prommersberger KJ, Schoonhoven J van (2007) Fehlverheilte Extensionsfraktur des distalen Radius. *Unfallchirurg* 110:631–636
7. Prommersberger KJ, Schoonhoven J van, Lanz U (2002) Outcome after corrective osteotomy for malunited fractures of the distal end of the radius. *J Hand Surg Br* 27:55–60
8. Prommersberger KJ, Kalb K, Schoonhoven J van (2007) Die fehlverheilte distale Radiusfraktur – Biomechanik und operative Behandlungsmöglichkeiten. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 39:9–18
9. Ring D, Roberge C, Morgan T, Jupiter JB (2002) Osteotomy for malunited fractures of the distal radius: a comparison of structural and non-structural autogenous bone graft. *J Hand Surg Am* 27:216–222
10. Towfigh H, Hierner R, Langer M, Friedel R (2011) Handchirurgie. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 820–821
11. Wada T (2011) Clinical outcomes of corrective osteotomy for distal radial malunion. *J Bone Joint Surg Am* 93:1619–1626
12. Wilhelm A (1972) Die Eingriffe zur Schmerzausschaltung durch Denervierung. In: Wachsmut W, Wilhelm A (Hrsg) Die Operationen an den Extremitäten. Dritter Teil: Die Operationen an der Hand. Springer, Berlin Heidelberg New York
13. Wilhelm A (1965) Hefte Unfallheilkd 81:109–114