

Die Ulnaverkürzungsosteotomie

Reinhard Meier, Hermann Krimmer¹

Zusammenfassung

Operationsziel

Verkürzung der Elle zur Druckentlastung des ulnokarpalen Bandkomplexes.

Indikationen

Anlagebedingtes und posttraumatisches, klinisch relevantes Ulna-Impaction-Syndrom.

Kontraindikationen

Ausgeprägte begleitende Fehlstellung der Speiche nach Fraktur.
Arthrose des distalen Radioulnargelenks.

Operationstechnik

Schräghosteotomie der Ulna im distalen Drittel über einen ulnopalmaren Zugang. Entfernen der Knochenscheibe mit genau definierter Breite. Osteosynthese mit 7-Loch-LC-DC- oder Spezialplatte und Zugschraube.

Ergebnisse

29 Patienten (14 Männer, 15 Frauen, Durchschnittsalter 42 Jahre) wurden wegen eines therapieresistenten Ulna-Impaction-Syndroms mit Ulnaverkürzungsosteotomie behandelt und in einer prospektiven Studie nach durchschnittlich 25 (7–37) Monaten nachuntersucht.

Im Durchschnitt wurde um 4,5 (1,5–13) mm verkürzt. Anhand der visuellen Analogskala wurde eine Schmerzreduktion um 72% ermittelt. Die Bewegungsumfänge waren in Extension/Flexion um 7%, in Ulnar-/Radialduktion um 8% und in Pronation/Supination um 11% verbessert. Die grobe Griffkraft, objektiviert mit dem Ballonvigorimeter (Standardballgröße 5), konnte um 12% verbessert werden. Drei Pseudarthrosen traten als Komplikationen auf. Durch Revisionsosteosynthese konnte in allen Fällen ein Durchbau erzielt werden.

Schlüsselwörter

Ulna-Impaction-Syndrom · Ulnaverkürzungsosteotomie · Dekompression des ulnokarpalen Komplexes · Ulnavorschub · Handgelenk · TFCC

Operat Orthop Traumatol 2002;14:205–14

Orthop Traumatol 2002;10:190–9

DOI 10.1007/s00064-002-1047-2

¹Klinik für Handchirurgie, Bad Neustadt/Saale.

Ulnar Shortening Osteotomy

Abstract

Objective

Ulnar shortening to unload the ulnocarpal ligamentous complex.

Indications

Clinically relevant ulnar impaction syndrome, be it congenital or posttraumatic.

Contraindications

Concomitant pronounced malunion of the radius. Osteoarthritis of the distal radioulnar joint.

Surgical Technique

Ulnopalmar approach. Oblique osteotomy of the ulna in its distal third. Removal of a bony wafer of predetermined thickness. Internal fixation with a 7-hole LD-DC plate or special plate and lag screw.

Vorbemerkungen

Die Einklemmung des ulnokrarpalen Bandkomplexes zwischen dem Ulnakopf auf der einen sowie Triquetrum und Lunatum auf der anderen Seite wird als Ulna-Impaction-Syndrom bezeichnet und entspricht einer Druckerhöhung in longitudinaler Richtung [5]. Der Ausdruck ulnokrarpales Impingement ist der Beschreibung des transversalen Anstoßens einer teilresezierten Elle gegen den Karpus oder der Speiche vorbehalten [1]. Der Begriff des ulnokrarpalen Abutments, der unterschiedlich verwendet wurde, sollte nicht mehr benutzt werden.

Die häufigste Ursache eines Ulna-Impaction-Syndroms ist neben der angeborenen Ulna-Plus-Variante die fehlverheilte distale Radiusfraktur. Seltener Ursachen umfassen die Radiusproximalisierung nach Kopfresektion, den vorzeitigen Verschluss der Radiusepiphyse und die Essex-Lopresti-Läsion. Letztere geht zudem mit einer Instabilität im distalen Radioulnargelenk einher und nimmt deshalb eine Sonderstellung ein. Die therapeutischen Überlegungen werden zu einem wesentlichen Teil durch die Kraftübertragung am Handgelenk beeinflusst. Palmer & Werner [12] zeigten, dass die Kraftübertragung bei neutraler Ulnavariante zu 82% über das Radiokrarpal- und zu 18% über das Ulnokar-

Results

29 patients (14 men, 15 women, average age 42 years) underwent an ulnar shortening osteotomy for a therapy-resistant ulnar impaction syndrome. Follow-up after an average of 25 (7–37) months. Average amount of shortening 4.5 (1.5–13) mm. 72% reduction of pain as determined with a visual analog scale. The range of motion was improved by 7% in extension/flexion, by 8% in abduction/adduction, and by 11% in pronation/supination. Grip strength measured with a vigorimeter (balloon size 5) increased by 12%. Complications: three malunions, effectively treated by revision of internal fixation.

Key Words

Ulnar impaction syndrome · Ulnar shortening osteotomy · Decompression of triangular fibrocartilaginous complex · Ulna-plus variance

palgelenk erfolgt. Im Fall einer Ulna-Plus-Variante von 2,5 mm erhöht sich dieser Anteil auf 42%. Bei einer Verkürzung von 2,5 mm werden lediglich 4,3% der Kraft über den ulnokrarpalen Gelenkabschnitt übertragen. Neben der Ulnavarianz nimmt die Gelenkflächenstellung der Radiuskonsole Einfluss auf die Druckverhältnisse am ulnokrarpalen Komplex. Eine Dorsalkippung um 40° am distalen Radius führt zu einer Zunahme der ulnaren Kraftübertragung von rund 60% [5].

Mögliche Verfahren zur Druckentlastung des ulnokrarpalen Bandkomplexes sind das arthroskopische Débridement und die Ulnaverkürzungsosteotomie (erstmalig von Milch 1941 beschrieben) [9, 11, 18]. Weitere Möglichkeiten umfassen die sog. Wafer-Procedure, eine distale Ulnaresektion [2, 20], oder die Ellenkopfdekompressionsosteotomie nach Pechlaner [13]. Bei beiden handelt es sich jedoch um intraartikuläre Verfahren, die in unterschiedlicher Weise Gelenkflächen des Ellenkopfes betreffen. Milch stellte 1941 die Verkürzung der Elle als extraartikuläres Verfahren zur Behandlung dieses Beschwerdebildes nach einem Speichenbruch vor [11]. In der aktuellen Literatur werden verschiedene Techniken beschrieben [14, 15, 19]. Wir bevorzugen die im Folgenden dargestellte Vorgehensweise.

Operationsprinzip und -ziel

Druckentlastung des ulnokarpalen Bandkomplexes durch extraartikuläre Verkürzung der Elle im distalen Drittel unter Erhalt des distalen Radioulnargelenks. Osteosynthese der schrägen Osteotomie mit einer

7-Loch-LC-DC-Platte oder besser einer Spezialplatte und Zugschraube. Ulnopalmarer Zugang im Septum intermusculare und beugeseitige Plattenlage mit guter Weichteildeckung.

Vorteile

- Extraartikulärer Eingriff mit Erhalt des distalen Radioulnargelenks.
- Stabilisierung des distalen Radioulnargelenks durch Spannungszunahme des ulnokarpalen Bandkomplexes.
- Biomechanisch stabile Osteosynthese.
- Implantatentfernung nicht zwingend erforderlich.
- Hohe klinische Erfolgsquote aufgrund der ausgeprägten Schmerzreduktion.

Nachteile

- Gefahr der Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk bei zu starker Verkürzung und Nichtbeachtung der Formvarianten am Ulnakopf [17].
- Erhebliches Pseudarthrosrisiko bei unzureichender Osteosynthese. Die Ulna ist ein Knochen mit relativ starker Kortikalis und wenig Spongiosa und demzufolge langsamer Knochenheilung.

Indikationen

- Persistierendes, klinisch gesichertes Ulna-Impaction-Syndrom nach fehlgeschlagenem arthroskopischen Débridement des ulnokarpalen Komplexes oder bei Ulnavorschub > 2 mm bei
 - anlagebedingter Ulna-Plus-Variante,
 - posttraumatischer Verkürzung des Radius mit achsengerechter Stellung der Radiuskonsole,
 - Radiusverkürzung infolge vorzeitigen Epiphysenschlusses bei korrekter Ausbildung und Stellung der Incisura ulnaris radii.

Kontraindikationen

- Posttraumatische Verkürzung des Radius mit Fehlstellung am distalen Radius und/oder Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk.
- Arthrose des distalen Radioulnargelenks.

Patientenaufklärung

- Operationsdauer etwa 60 min.
- Zu erwartende Erfolgsquote etwa 80–90%.
- Restbeschwerden bei Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk.
- Pseudarthrose in ca. 10%.
- Ruhigstellung im Oberarmgipsverband für 4 Wochen.
- Implantatentfernung in der Regel nicht zwingend erforderlich.
- Algodystrophie.
- Übliche allgemeine Operationsrisiken.

Operationsvorbereitungen

- Sorgfältige klinische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung schmerzhafter Ulnarduktion, der transversalen Stabilität des distalen Radioulnargelenks, von Schmerzen bei Pronation und Supination gegen Widerstand sowie von lokalem Druckschmerz und ulnokarpaler Schwellung.
- Standardisierte, konventionelle Röntgenaufnahmen in mittlerer Rotationsstellung des Handgelenks unter 90° Abduktion im Schultergelenk posterior-anterior, seitlich sowie posterior-anterior unter axialer Belastung durch kraftvollen Faustschluss (s. Abbildung 9), ggf. Computertomographie des distalen Radioulnargelenks zum Ausschluss einer Arthrose.
- Exakte Bestimmung der Ulnavarianz, z.B. nach Kristensen et al. [10].
- Handgelenkarthroskopie zur Diagnostik und ggf. zum Débridement einer Läsion des ulnokarpalen Komplexes bei Ulnavorschub < 2 mm.

Instrumentarium und Implantate

- Handchirurgisches Instrumentarium.
- Oszillierende Säge, evtl. mit zwei parallelen Sägeblättern und entsprechender Distanzscheibe.
- Kleinfragmentinstrumentarium.
- LC-DC- oder Spezialplatte.
- Bildwandler.

Anästhesie und Lagerung

- Armplexusanästhesie, intravenöse Regionalanästhesie oder Intubationsnarkose.
- Rückenlage, Arm auf Armtisch gelagert und frei beweglich abgedeckt.
- Oberarmblutleere nach Auswickeln des Arms und Anlegen einer kontrollierten Oberarmblutsperrre.

Operationstechnik

Abbildungen 1 bis 8

Abbildung 1

Nach Vorbereitung des Operationsgebiets wird in Supinationslagerung der Ellenbogen von ulnar getastet, und ulnopalmar wird mit einem geraden Schnitt die Haut eröffnet. Die Länge des Zugangs über dem mittleren Ulnaschaftdrittel muss ein sicheres Einbringen der 7-Loch-LC-DC-Platte erlauben. In der Regel reichen 10–15 cm aus.

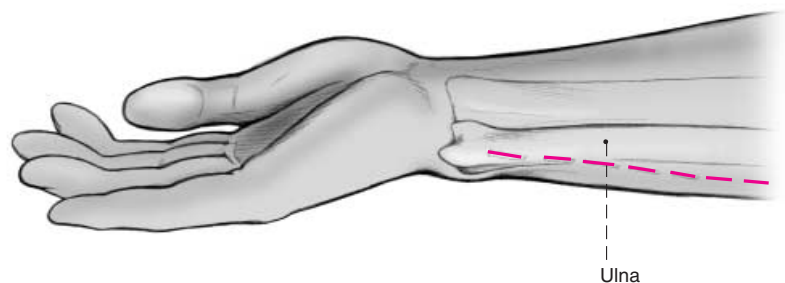


Abbildung 2

Zugang im Septum intermusculare zum Knochen zur Gewährleistung einer guten Weichteildeckung der Platte.

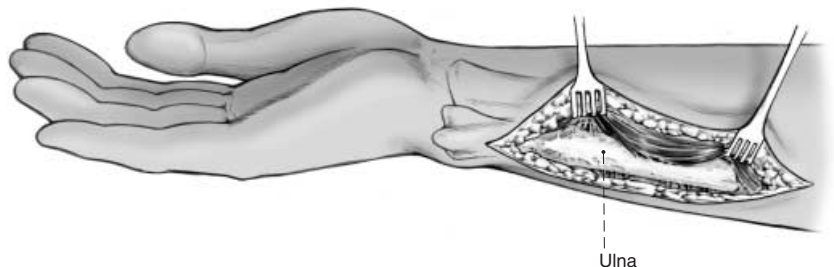


Abbildung 3

Abschieben des Musculus pronator quadratus nach Inzision seiner Faszie von der Palmarfläche der distalen Ulna, Anpassen der 7-Loch-LC-DC-Platte und Vorbohren der zwei distalen Schraubenlöcher.

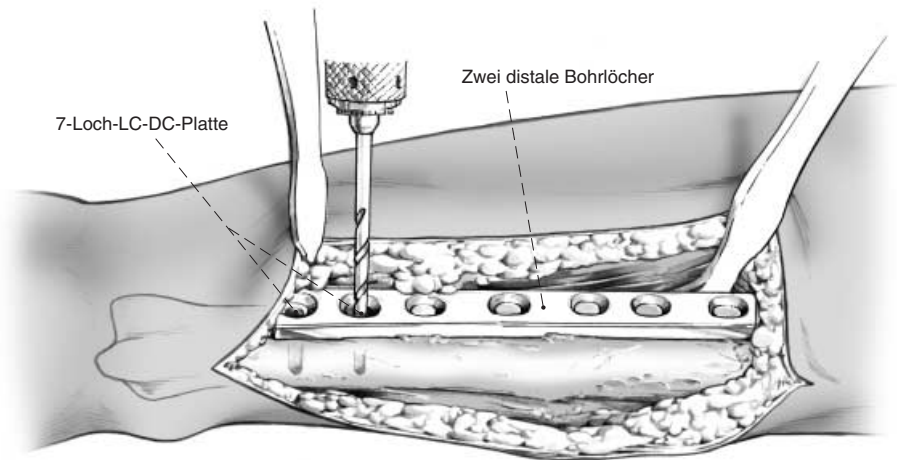


Abbildung 4

Dann wird mit einem scharfen Meißel die schräge Osteotomie in Höhe des mittleren Schraubenlochs der Platte markiert. Längsmarkierung zur Rotationskontrolle.

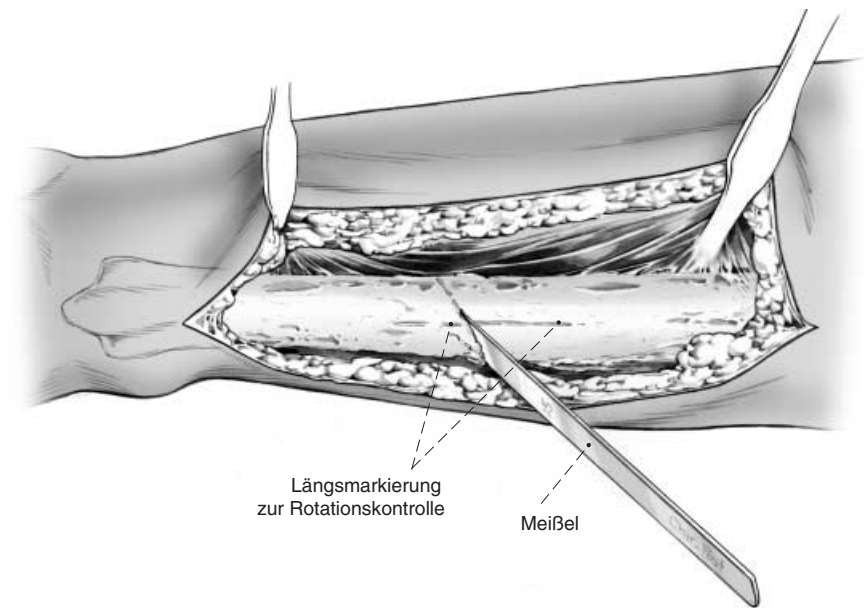


Abbildung 5

Nach Entfernen der Platte schräge Osteotomie mit einem Winkel von ca. 45° an der markierten Stelle mit der oszillierenden Säge. Wir bevorzugen hier die von Haußmann für die Radiuskorrektur beschriebene Technik mit zwei Parallelsägeblättern [6]. Zwischen den Blättern befindet sich eine Distanzscheibe mit der bei der Planung entsprechend der Ulnavarianz ermittelten Dicke.

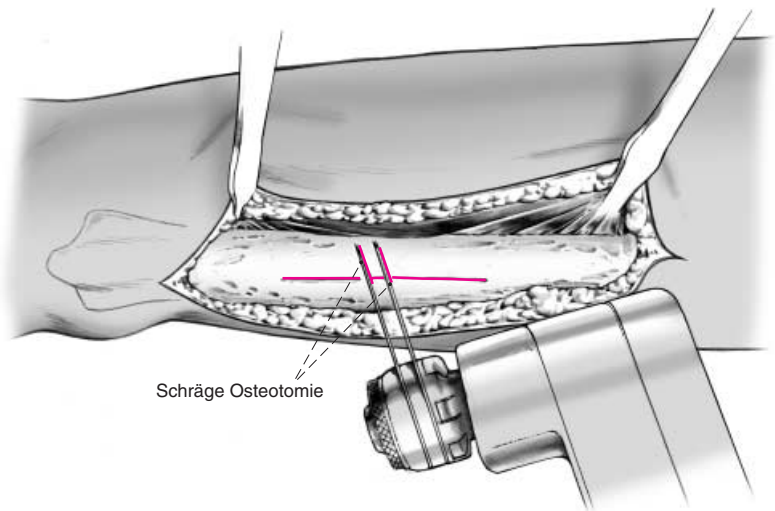
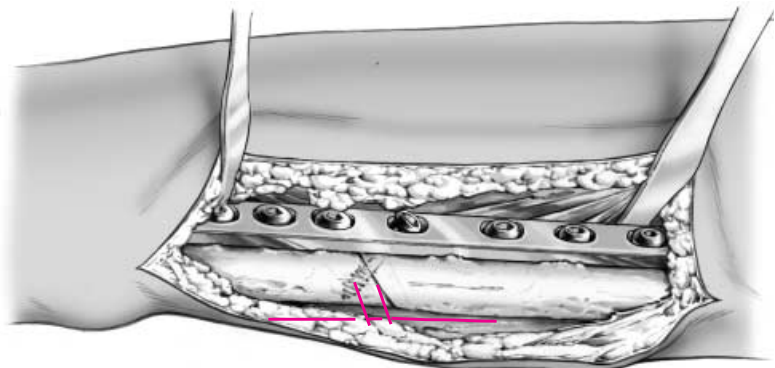


Abbildung 6

Nach Entfernen der Knochenscheibe wird die Platte erneut angelegt, und die zwei distalen Schraubenlöcher werden besetzt. Die zwei proximalsten Löcher werden nach schlüssiger Adaptation der Osteotomieenden z.B. mittels Repositionszange unter Beachtung der Rotation exzentrisch gebohrt und besetzt. Die nun noch freien proximalen und distalen Schrauben werden jeweils exzentrisch besetzt, bis der Osteotomiespalt geschlossen ist.

Über das zentrale Plattenloch wird nun eine Zugschraube eingebracht. Ein an der Osteotomie bestehender Kortikalissprung zwischen proximalem und distalem Ulnaschaft bedarf keiner speziellen Versorgung und wird im Rahmen der Knochenheilung ausgeglichen.

Nach Einlegen einer Redon-Saugdrainage Subkutannaht, Hautnaht, steriler, leicht komprimierender Wundverband von der Mittelhand bis zum Oberarm. Ruhigstellung in einer ulnaumgreifenden Oberarmgipschiene mit 70° Beugung im Ellenbogengelenk und leichter Streckstellung des Handgelenks von 20° bei Mittelstellung des Unterarms. Öffnen der Blutleere.



Besonderheiten

Abbildung 7

Seit 2000 verwenden wir zur Durchführung der Ulnaverkürzungsosteotomie eine Spezialplatte mit zwei Gleitlöchern im proximalen Anteil, die eine Verkürzung bis maximal 10 mm erlauben. Die Platte wird vor der Osteotomie mit zwei Schrauben distal und zwei Schrauben proximal in den Gleitlöchern exzentrisch fixiert. Ein Entfernen der Platte zur Durchführung der Osteotomie ist jetzt nicht mehr nötig, und die korrekte Rotation ist gewährleistet. Die eingebrachten Schrauben werden lediglich gelockert und die Platte vom Assistenten mit Haken angehoben.

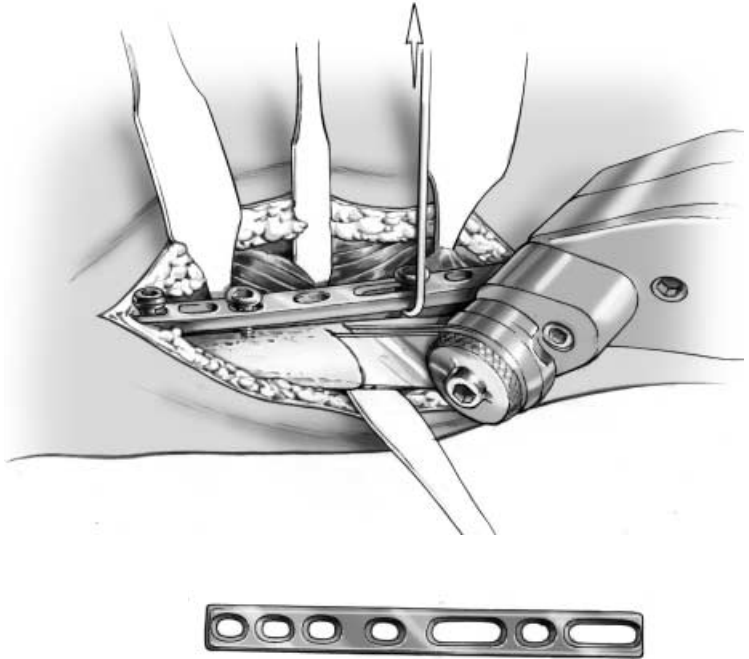
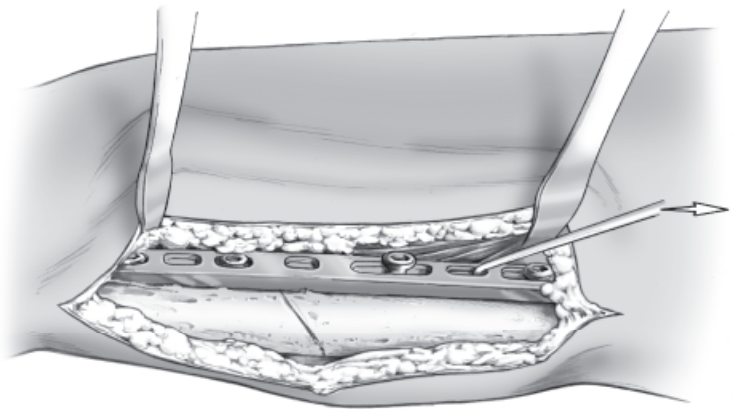


Abbildung 8

Nach Entfernen der Knochenscheibe werden zunächst bei liegender Platte die distalen Schrauben fixiert. Unter Zug nach proximal wird durch Gleiten der Platte die Osteotomiestelle weitgehend geschlossen, und die beiden körpernah eingebrachten Schrauben werden fixiert. Weiteres Vorgehen wie oben beschrieben mit exzentrischer Besetzung der beiden Schrauben sowie der Zugschraube.

Die o.g. Schritte der Plattenentfernung und Neupositionierung entfallen somit, bei Gewährleistung einer korrekten Rotationsstellung. Der Einsatz dieser Spezialplatte erbrachte eine erhebliche Erleichterung der technischen Durchführung des Eingriffs.



Postoperative Behandlung

- Hochlagerung des operierten Arms. Aktive Bewegung von Fingern, Ellenbogen und Schultergelenk.
- Entfernung der Drainage nach 1–2 Tagen.
- Ziehen der Hautfäden nach 10–14 Tagen.
- Oberarmgipsverband für 4 Wochen.
- Anschließend krankengymnastische Übungstherapie unter langsamer Belastungssteigerung und Mobilisierung, mit anfangs aktiver Beübung und bei gutem Durchbau zunehmend auch passiver Mobilisierung sowie Kräftigungsübungen.
- Vollbelastung ist durchschnittlich 3 Monate postoperativ möglich.
- Röntgenkontrollen erfolgen postoperativ, bei Abnahme des Gipsverbands und vor Beginn der Vollbelastung.
- Eine Implantatentfernung ist in der Regel nicht nötig. Bei störenden Implantaten ist eine Entfernung nach 1,5 Jahren bei gutem Durchbau sinnvoll.

Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk infolge zu starker Verkürzung der Elle: Diese kann bei exakter präoperativer Diagnostik und sorgfältiger Planung mit Bestimmung der Ulnavarianz vermieden werden. Besondere Beachtung müssen hier die Formvarianten des Ulnakopfes finden. Förstner beschrieb eine Zylinderform bei Ulna-Null-Variante, eine Kugelform bei Ulna-Plus-Variante und eine schräg stehende Zylinderform bei Ulna-Minus-Variante. Bei ausgeprägter Ulna-Minus-Variante fand er eine Kegelform [4]. Diese Abhängigkeit der Ulnakopfvarianten von der Ulnavarianz konnten wir in unserem Krankengut nicht nachvollziehen. Wir schließen uns der Meinung von Tolat et al. an, die je nach Verlauf der Incisura radialis drei Typen des distalen Radioulnargelenks unterscheiden [17]. Vereinfacht beschreiben die Autoren einen Typ I mit gerader, parallel zum Caput ulnae verlaufender Incisura radialis, einen Typ II mit von schräg distal ulnar nach proximal radial verlaufender Incisura radialis und einen Typ III mit schräg von distal radial nach proximal ulnar verlaufender Incisura radialis. Bei Letzterem sollte eine maximale Verkürzung von 2 mm nicht überschritten werden, da ansonsten Inkongruenz am distalen Radioulnargelenk droht. Eine klinisch relevante Abhängigkeit der einzelnen Gelenk-

typen von der Ulnavarianz besteht jedoch nicht [17].

- Tritt dennoch eine Inkongruenz des distalen Radioulnargelenks mit klinischen Beschwerden auf, sollte ein Computertomogramm angefertigt werden. Bei bereits vorhandener Arthrose im distalen Radioulnargelenk stehen Rettungsoperationen nach Bowers oder Sauvé & Kapandji zur Verfügung [3, 16]. Bei klinischer Symptomatik ohne Vorliegen degenerativer Veränderungen ist eine Korrekturosteotomie der Incisura radialis möglich.
- Unzureichende Stabilisierung der Osteotomie mit Pseudarthrosebildung: Durch stabile Revisionsosteosynthese mit langer Platte, ggf. unter Spongiosaanlagerung, zu beherrschen.
- Distale Plattenlage mit Affektion des distalen Radioulnargelenks und Störung der Umwendbewegung: Frühe Implantatentfernung, ggf. Revisionsosteosynthese. Auf eine korrekte, streng ulnopalmar Positionierung der Platte ist zu achten. Hierdurch werden eine gute Weichteildeckung gewährleistet und eine Schädigung der Membrana interossea verhindert.
- Arthrose im distalen Radioulnargelenk oder ulnokarpal mit persistierenden Schmerzen: Bei Ulna-Impaction-Syndromen mit Arthrose des körperfernen Ellen-Speichen-Gelenks stehen Rettungsmaßnahmen in Form der Ulnakopfhemiresektion nach Bowers [3] oder der Arthrodesse des distalen Radioulnargelenks mit Segmentresektion und Verkürzung aus der körperfernen Elle nach Sauvé & Kapandji [16] zur Verfügung. Die Ulnaverkürzungsosteotomie ist hier kontraindiziert.
- Infektion: Wundabstrich, antibiotische Behandlung, chirurgische Wundrevision.
- Weichteilschwellung: Verbandkontrolle und ggf. Lockerung. Lokale und systemische antiphlogistische Maßnahmen (Eis, Hochlagern, Diclofenac 50-50-50 mg).

Ergebnisse

Im Zeitraum von 1993–1997 wurden 29 Patienten (14 Männer, 15 Frauen, Durchschnittsalter 42 Jahre) wegen eines therapieresistenten Ulna-Impaction-Syndroms mit Ulnaverkürzungsosteotomie behandelt und nach durchschnittlich 25 (7–37) Monaten nachuntersucht (Tabelle 1).

Das Ulna-Impaction-Syndrom war bei elf Patienten Folge einer distalen Radiusfraktur, in einem Fall lag ein vorzeitiger Epiphysenschluss des Radius bei kindlicher Osteomyelitis vor, und bei 17 Patienten bestand eine anlagebedingte Ulna-Plus-Situation (Tabelle 1).

Die subjektive Beurteilung der Ergebnisse basierte auf der Zufriedenheit der Patienten zum Nachuntersu-

chungszeitpunkt. Die Objektivierung der Befunde erfolgte durch prä- und postoperative Untersuchung und Dokumentation der Beweglichkeit, der Griffkraft und des Beschwerdeausmaßes. Ebenso wurden prä- und postoperativ standardisierte Röntgenaufnahmen des Handgelenks angefertigt (Abbildungen 9a bis 9c).

25 Patienten waren mit dem erreichten Ergebnis zufrieden, vier nicht.

Mit Hilfe der visuellen Analogskala wurde eine Schmerzreduktion um 72% ermittelt (Tabelle 2). Die Bewegungsumfänge waren in allen Ebenen verbessert.

Tabelle 1
Patientengut.

Patientenzahl	29
Durchschnittsalter (Jahre)	42
Geschlecht	Männlich: 14 Weiblich: 15
Lokalisation	Dominante Seite: 17 Nichtdominante Seite: 12
Ursache des Ellenvorschubs	Folge einer distalen Radiusfraktur: 11 Anlagebedingte Ulna-Plus-Variante: 17 Vorzeitiger Epiphysenschluss des Radius: 1
Voroperationen	Arthroskopie: 20 Partielle TFCC-Resektion: 18 Débridement einer lunotriquetralen Bandverletzung: 5

Tabelle 2
Ergebnisse der Ulnaverkürzungsosteotomie bei 29 Patienten nach 25 (7–37) Monaten.

	Gegenseite	Betroffene Seite präoperativ	Betroffene Seite postoperativ
Pronation/Supination (°)	83-0-85	75-0-66	80-0-78
Extension/Flexion (°)	66-0-70	60-0-61	62-0-68
Ulnar-/Radialduktion (°)	38-0-28	28-0-23	35-0-26
Griffkraft (kPa)	76	59	67
Schmerz (VAS 0–100)	–	71	19



Abbildungen 9a bis 9c

55-jähriger Patient mit 2 mm statischem (a) und 3 mm dynamischen Ulnavorverschub (b) mit Ulna-Impaction-Syndrom. Durch die Ulnaverkürzungsosteotomie konnten eine Ulna-Minus-Situation von 2 mm erreicht und das ulnokarpale Handgelenkkompartiment entlastet werden (c).

Die grobe Griffkraft, objektiviert mit dem Ballonvolumeter (Standardballgröße 5), konnte um 12% verbessert werden.

Im Durchschnitt wurde um 4,5 (1,5–13) mm verkürzt.

Als Komplikationen traten drei Pseudarthrosen auf. Durch Revisionsosteosynthese konnte in allen Fällen eine knöcherne Heilung erzielt werden.

Die hohe Erfolgsquote von 86% wird durch die Ergebnisse von Köppel et al. mit einer Erfolgsrate von 91% bei 47 Patienten [8] und Hulsizer et al. mit Schmerzreduktion bei zwölf von 13 Patienten [7] bestätigt.

Literatur

1. Bell MJ, Hill RJ, McMurtry RY. Ulnar impingement syndrome. *J Bone Joint Surg Br* 1985;67:126–9.
2. Bilos ZJ, Chamberland D. Distal ulnar head shortening for treatment of triangular fibrocartilage complex tears with ulna positive variance. *J Hand Surg [Am]* 1991;16:1115–9.
3. Bowers WH. Distal radioulnar joint arthroplasty. Current concepts. *Clin Orthop* 1992;275:104–9.
4. Förstner H. Das distale Radio-Ulnar-Gelenk (DRUG). Morphologische Überlegung und chirurgisch-orthopädische Konsequenzen. *Unfallchirurg* 1987;90:512–7.
5. Friedman SL, Palmer AK. The ulnar impaction syndrome. *Hand Clin* 1991;7:295–310.
6. Haußmann P. Verkürzungsosteotomie des Radius bei Lunatumalazie. *Operat Orthop Traumatol* 1994;4:235–47.
7. Hulsizer D, Weiss AP, Akelman E. Ulna-shortening osteotomy after failed arthroscopic debridement of the triangular fibrocartilage complex. *J Hand Surg [Am]* 1997;22:694–8.
8. Köppel M, Hargreaves IC, Herbert TJ. Ulnar-shortening osteotomy for ulnar carpal instability and ulnar carpal impaction. *J Hand Surg [Br]* 1997;23:451–6.
9. Krimmer H, Trankle M, Schober F, van Schoonhoven J. Ulna-Impaction-Syndrom-Therapie: druckentlastende Verfahren am Ulnakopf. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1998;30:370–4.
10. Kristensen SS, Thomassen E, Christensen F. Ulnar variance determination. *J Hand Surg [Br]* 1986;11:255–7.
11. Milch H. Cuff resection of the ulna for malunited Colles' fracture. *J Bone Joint Surg Am* 1941;23:311–3.
12. Palmer AK, Werner FW. Biomechanics of the distal radioulnar joint. *Clin Orthop* 1984;187:26–35.
13. Pechlaner S. Entlastung des ulnaren Handgelenkkompartiments durch Dekompressionsosteotomie des Ellenkopfes. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1998;30:375–8.
14. Rayhack JM, Gasser SI, Latta LL, Ouellette EA, Milne EL. Precision oblique osteotomy for shortening of the ulna. *J Hand Surg [Am]* 1993;18:908–18.
15. Saitho S, Nakatsuchi Y, Kitagawa E. Technique for bone approximation in ulnar shortening. *J Hand Surg [Am]* 1993;18:942.
16. Sauvé L, Kapandji M. Nouvelle technique de traitement chirurgical des luxations récidivantes isolées de l'extrémité inférieure du cubitus. *J Chir (Paris)* 1936;47:589–94.
17. Tolat AR, Stanley JK, Trail IA. A cadaveric study of the anatomy and stability of the distal radioulnar joint in the coronal and transverse planes. *J Hand Surg [Br]* 1996;5:587–94.
18. Trankle M, van Schoonhoven J, Krimmer H, Lanz U. Indikation und Ergebnisse der Ulnaverkürzungsosteotomie bei ulnokarpalem Handgelenkschmerz. *Unfallchirurg* 2000;103:197–202.
19. Wehbe MA, Cautilli DA. Ulnar shortening using the AO small distractor. *J Hand Surg [Am]* 1995;20:959–64.
20. Wnorowski DC, Palmer AK, Werner FW, Fortino MD. Anatomic and biomechanical analysis of the arthroscopic wafer procedure. *Arthroscopy* 1992;8:204–12.

Korrespondenzanschrift

Dr. Reinhard Meier
Unfallchirurgische Klinik
Medizinische Hochschule Hannover (MHH)
30625 Hannover
Telefon (+49/511) 532-2050, Fax -5877
E-Mail: reinhard.meier@handchirurg.org