

Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur

Anterior Fixed Angle Plate Fixation of Unstable Distal Radius Fractures

Veith L. Moser¹, Christian Pessenlehner², Maximilian Meier², Hermann Krimmer²

Zusammenfassung

Operationsziel

Anatomische Reposition und dauerhafte Retention. Übungs- und winkelstabile palmare Plattenosteosynthese. Wiederherstellung der Form und Funktion des Handgelenks.

Indikationen

Distale instabile Radiusfrakturen.

Kontraindikationen

Frakturen im Kindes- und Adoleszentenalter.

Operationstechnik

Radiopalmarer Zugang. Osteosynthese der reponierten Fragmente am distalen Radius unter Verwendung winkelstabiler Plattensysteme.

Weiterbehandlung

2 Wochen dorsale Gipsschiene bis zur Wundheilung. Aktive Mobilisierung der Finger ab dem 1. postoperativen Tag mit dem Ziel des kompletten Faustschlusses und der kompletten Fingerstreckung. Bei ausgeprägter Trümmerzone wird das Handgelenk 4 Wochen in der Gipsschiene immobilisiert.

Ergebnisse

62 Patienten (Durchschnittsalter 55 Jahre) wurden nach diesem Prinzip operiert und im Mittel 11 Monate (6–23 Monate) postoperativ nachuntersucht. Die Bewegungsausmaße waren im Schnitt um 19% bei Extension/Flexion, um 13% bei Radial-/Ulnaradduktion und um 10% bei Pronation/Supination im Vergleich zur Gegenseite vermindert, entsprechend einer nur geringen Funktionseinschränkung. Dies spiegelt sich in einem durchschnittlichen DASH-Score von 19 Punkten wider, wobei dieser Wert entsprechend der Spannweite von 0 (keine Einschränkung) bis 100 (maximale Einschränkung) ein gutes Ergebnis belegt.

Ein Schwerpunkt der Nachuntersuchung wurde auf die radiologische Kontrolle gelegt. In allen Fällen konnte eine anatomische Wiederherstellung der Radiusgelenkfläche

Abstract

Objective

Anatomic reduction and permanent maintenance of reduction thanks to a fixed angle device placed on the palmar aspect of the distal radius permitting early exercises. Restitution of form and function of wrist.

Indications

Displaced unstable fractures of the distal radius.

Contraindications

Radial fractures in children and adolescents.

Surgical Technique

Radioanterior approach. Internal fixation of the reduced fragments with a fixed angle device system.

Postoperative Management

Posterior slab immobilization for 2 weeks; active mobilization of fingers starting on day 1 with the goal to be able to make a fist and to completely extend the fingers. In case of severely comminuted fractures slab immobilization for 4 weeks.

Results

62 patients (average age 55 years) were treated by this method and underwent retrospective evaluation with mean follow-up of 11 months (6–23 months). Range of motion decreased on average with 19% for extension/flexion, 13% for radial abduction/ulnar adduction, and 10% for pronation/supination compared to the opposite hand. This corresponds to a negligible loss of function. The mean value of the DASH score reached 19 points (minimum 0 points = no limitation, 100 points = maximal limitation), representing a good result.

Operat Orthop Traumatol 2003;15:1–XX

DOI 10.1007/s00064-004-■■■■■■■

¹Abteilung für Wiederherstellungs- und Plastische Chirurgie, Universitätsklinik für Chirurgie, AKH, Wien, Österreich,

²Klinik für Handchirurgie, Rhön-Klinikum, Bad Neustadt/Saale.

erreicht werden. Ein bedeutsamer sekundärer Korrekturverlust war nicht zu beobachten, ebenso wenig eine sekundäre Schraubendislokation. Bei allen Patienten kam es ohne Spongiosaplastik zu einer Knochenneubildung in den Stauchungszonen.

Schlüsselwörter

Radiusfraktur · Winkelstabile Osteosynthese · Fixateur interne

Vorbemerkungen

Die distale Radiusfraktur *loco typico*, wie sie von Colles 1814 beschrieben wurde, unterliegt seit einigen Jahren einem therapeutischen Wandel [3, 4, 6, 14]. Durch konservative Behandlung im Gipsverband sowie minimal invasive Stabilisierung mit Kirschner-Drähten kann das Repositionsergebnis bei Frakturen mit Trümmerzone häufig nicht oder nur vorübergehend gehalten werden. Auch die alleinige externe Fixation unter Reposition durch Ligamentotaxis führt oft zu keiner dauerhaften Retention. Die Kombination beider Verfahren kann zwar eine schleichende Sinterung der Fragmente weitgehend verhindern, setzt aber voraus, dass die Drähte nach Fixateurentfernung noch ca. 6 Wochen bis zum Abschluss der Osteogenese belassen werden.

Die Vorteile des palmaren Zugangs liegen in der besseren Weichteildeckung, geringeren Gefahr von Sehnenirritationen und besserer Kontrolle der Reposition an der meist nur einfach frakturierten palmaren Kortikalis. Aus diesem Grund führen wir seit langem die Osteosynthese nach Korrekturosteotomien auch fehlerhaft verheilte Frakturen vom Extensionstyp mit palmarer Platte und „Knochenblock“ aus [10].

Bei frischen Frakturen, insbesondere Mehrfragmentfrakturen mit dorsaler Trümmerzone, stellte die Schraubenlockerung mit sekundärem Korrekturverlust bisher ein Problem dar. Die Ursache dafür lag in der fehlenden stabilen bikortikalen Verankerung der Schrauben, die in der dorsalen Trümmerzone bereits primär keinen Halt gefunden hatten. Deshalb war auch eine zusätzliche Spongiosaplastik oder die Verwendung von Knochenersatzstoffen von einem dorsalen Zugang aus nötig.

Der steigende Patientenanspruch sowie soziale und ökonomische Faktoren haben dazu geführt, eine anatomische Rekonstruktion sowie eine dauerhafte Re-

The emphasis of this study was put on the radiologic follow-up; neither relevant secondary loss of correction nor relevant loss of length of the radius were seen. Furthermore, no screw displacement occurred. In the comminuted area endosteal bone formation could be observed, even though no cancellous bone grafting was performed.

Key Words

Radius fracture · Fixed angle device · Internal fixation

Introductory Remarks

In recent years, the distal radius fracture, first described by Colles in 1814, has seen a great change in the approach to its treatment [3, 4, 6, 14]. By using a conservative treatment in a cast or by trying to stabilize the fracture with minimally invasive Kirschner wires, the reduction of the comminuted fracture is often not or only temporarily maintained. Even the sole external fixation after reduction by ligamentotaxis does often not lead to a permanent maintenance of reduction. A combination of both methods may prevent a slow impaction but requires the wires to be left in place for another 6 weeks after the removal of the fixator until bony healing has been accomplished.

The advantage of an anterior approach lies in an improved soft-tissue coverage, less danger of irritation to the tendons, and better control of reduction of the cortex, in most instances only fractured anteriorly. For this reason, we have been using an anterior plate fixation and bone block after a corrective osteotomy for malunited fractures of the extension type [10].

In acute fractures, especially those with multiple fragments and posterior comminution, screw loosening with secondary loss of correction constituted a major problem. This was caused by the lack of stable bicortical screw purchase, as the screws did not find a proper anchorage in the posterior comminution. Therefore, an additional cancellous bone graft or the use of a bone substitute inserted posteriorly was necessary.

Since, nowadays, patients have increased demands and socioeconomic factors have become more relevant, an anatomic restoration and a permanent maintenance have been targeted together with a postoperative immobilization of short duration and early exercises.

Based on the principle of fixed angle devices new methods of osteosynthesis have been developed. They function like an

tention anzustreben und damit in der postoperativen Behandlungsphase eine kurzzeitige Ruhigstellung unter früher funktioneller Behandlung zu ermöglichen.

Auf der Basis winkelstabiler Systeme wurden daher neue Osteosyntheseverfahren entwickelt, die zwar dem Prinzip eines Fixateur interne entsprechen, die erwähnten Komplikationen aber wesentlich einschränken, eine Knochentransplantation kaum noch erfordern und zeitlich nicht, wie ein Fixateur externe, limitiert sind [5, 8, 11–13].

Wir verwenden seit 2001 vier verschiedene Osteosynthesysteme zur Behandlung verschiedener Typen von Radiusfrakturen (s. Instrumentarium und Implantate). Unsere Technik soll am Beispiel einer A3-Frakture (AO-Klassifikation) dargestellt werden. Beispiele für die Osteosyntheseverfahren bei anderen Frakturtypen werden unter Besonderheiten geschildert.

Die Behandlung distaler instabiler Radiusfrakturen mit winkelstabilen Systemen sehen wir als einen bedeutenden Fortschritt an: Der palmare Zugang ermöglicht eine exakte Reposition, die winkelstabile Plattenosteosynthese eine dauerhafte Retention ohne zusätzliche Spongiosaplastik. Die postoperative Komplikationsrate wird deutlich gesenkt und so die große Anzahl fehlerhaft verheilte distaler Radiusfrakturen eingeschränkt, die sekundäre Korrekturmaßnahmen erfordern. Die anatomische Rekonstruktion distaler Radiusfrakturen muss damit auch vor einem höheren Lebensalter nicht Halt machen.

internal fixator, markedly reduce the mentioned complications, almost always exclude the need for bone grafting and are not limited by a fixed time frame as required by an external fixator [5, 8, 11–13].

Since 2001 we have employed four different systems of osteosynthesis for treating various types of radius fractures (see Instruments and Implants). An A3 fracture (AO classification) shall serve as an example for the description of our technique. Description of different methods of osteosynthesis for different fracture types will be found under Special Considerations.

We believe that the treatment of distal unstable radius fractures with fixed angle implants constitutes a major progress: the palmar approach allows an exact reduction and the fixed angle device a permanent maintenance of reduction without the need for bone grafts. The postoperative complications, particularly of malunion necessitating a revision, are markedly reduced. The anatomic reduction of distal radius fractures is also indicated in patients of advanced age.

Operationsprinzip und -ziel

Reposition und Osteosynthese instabiler distaler Radiusfrakturen mit winkelstabilen Implantaten über einen radiopalmaren Zugang zur Wiederherstellung der Form und Funktion der Gliedmaße.

Surgical Principles and Objective

Reduction and osteosynthesis of unstable distal radius fractures with fixed angle implants through an anterior approach for restoration of form and function.

Vorteile

- Gute Weichteildeckung.
- Stabile Osteosynthese.
- Bei dorsalen Trümmerzonen im Allgemeinen keine Knochenverpflanzung erforderlich.
- Frühe funktionelle Weiterbehandlung möglich.
- Keine sekundären Korrekturverluste.
- Entfernung des Osteosynthesematerials fakultativ.
- Hohe Erfolgsquote.

Advantages

- Good soft-tissue coverage.
- Stable osteosynthesis.
- Generally no need for bone grafting in instances of posterior comminution.
- Early functional aftercare possible.
- No secondary loss of correction.
- Removal of implants facultative.
- High rate of success.

Nachteile

- Größerer operativer Aufwand.
- Höhere Kosten (Implantate).

Indikationen

- Extraartikuläre Flexions- und Extensionsfrakturen mit Trümmerzone vom Typ A3 der AO-Klassifikation [7]: Versorgung mit dem 3,5-mm-Locking-Compression-Plate-(LCP-)System. ((■3))
- „Reversed“ Barton-Frakturen vom Typ B3: Versorgung mit dem 3,5-mm-LCP-System oder 2,4/2,7-mm-System (T-Platte mit winkelstabilen Stiften).
- Komplexe intraartikuläre Frakturen vom Typ C1, C2 und C3: Versorgung mit der 2,4/2,7-mm-System-T-Platte oder dem winkelstabilen distalen Radiussystem 2,4 mm.
- Alternativ verwenden wir zunehmend ein multidirektionales 2,5-mm-System für B3- und C-Frakturen wegen des Vorteils der variablen Schraubenplatzierung.

Kontraindikationen

- Frakturen im Kindes- und Jugendalter (Verletzung der Wachstumsscheibe).

Patientenaufklärung

- Übliche allgemeine Operationsrisiken wie Wundinfektion, Osteitis, Gefäß-, Nerven- und Sehnenverletzung sowie deren Folgen.
- Je nach Frakturtyp dorsale, abnehmbare Unterarmgipsschiene für die Dauer von 2–4 Wochen.
- Frühe Bewegungsübungen des Handgelenks möglich.
- Entfernung des Osteosynthesematerials in der Regel nicht erforderlich.
- Metallallergie.
- Algodystrophie.
- Schmerzhaftige Bewegungseinschränkungen möglich; deshalb sind evtl. Folgeeingriffe notwendig.

Operationsvorbereitungen

- Standardisierte Röntgenaufnahme in Neutralstellung des Handgelenks posterior-anterior und seitlich.
- Computertomographie (CT) bei intraartikulären Frakturen.
- Bei Verdacht auf zentrale Impression der Radiusgelenkfläche: Eine Arthroskopie des Handgelenks als zusätzliches Verfahren kann zur Beurteilung der Reposition und Abklärung von Begleitverletzungen erforderlich werden.

Disadvantages

- Extensive surgical procedure.
- Increased cost (implant).

Indications

- Extraarticular flexion and extension fractures with comminution, type A3 (AO classification [7]): treated with 3.5-mm Limited Contact Plate (LCP).
- Reversed Barton fracture, Type B3: treated with 3.5-mm LCP system or 2.4/2.7-mm system (T-plate with fixed angle pegs).
- Comminuted intraarticular fracture, type C1, C2, and C3: treated with 2.4/2.7-mm T-plate or fixed angle distal radius system 2.4 mm.
- Alternatively, we use increasingly the 2.5-mm multidirectional system for B3 and C fractures on account of the advantage of variable screw placement.

Contraindications

- Distal radial fractures in children and adolescent (risk of damage to physis).

Patient Information

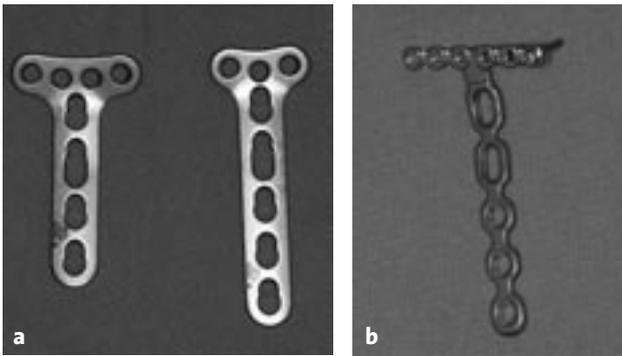
- Usual general surgical risks such as wound infection, osteitis, vessel, nerve and tendon injury and their sequelae.
- Depending on the type of fracture, removable forearm plaster slab for 2–4 weeks.
- Early motion exercises of the wrist possible.
- Implant removal generally not necessary.
- Allergy to metal.
- Reflex sympathetic dystrophy.
- Limitation of movements due to pain possible; further surgery is sometimes required.

Preoperative Work Up

- Standard radiographs posterior-anterior, lateral in neutral position.
- Computed tomography (CT) in instances of intraarticular fractures.
- If a central compression of the radial articular surface is suspected, arthroscopy of the wrist may become necessary to evaluate reduction and diagnose concomitant injuries.

Surgical Instruments and Implants

- Set for hand surgery.
- Image intensifier.
- Four fixed angle systems are available:
 - 3.5-mm LCP system (Synthes) mainly used for ex-



Abbildungen 1a und 1b

- a) LCP-T-Platte mit 3,5-mm-Kopfverriegelungsschrauben distal und Kombinationslöchern für 3,5-mm-Kopfverriegelungsschraube oder Kortikalisschraube im Schaft.
 b) 2,4/2,7-mm-T-Platte mit Wahlmöglichkeit zwischen winkelstabilen Stiften oder 2,4-mm-Kortikalisschrauben distal und 2,7-mm-Kortikalisschrauben im Schaft.

Figures 1a and 1b

- a) LCP-T-plate with 3,5-mm locking screws distally and combination holes for 3,5-mm locking screws or cortical screws proximally (shaft).
 b) 2,4/2,7-mm T-plate with possibility to choose between fixed angle pegs or 2,4-mm cortical screws distally and 2,7-mm cortical screws proximally (shaft).

Instrumentarium und Implantate

- Handchirurgisches Instrumentarium.
- Bildwandler.
- Es stehen vier winkelstabile Systeme zur Verfügung:
 - 3,5-mm-AO-LCP-System (Synthes GmbH & Co., Im Kirchenhürstle 4–6, 79224 Umkirch), vorwiegend für extraartikuläre Frakturen vom Typ A der AO-Klassifikation (**Abbildung 1a**);
 - 2,4/2,7-mm-System-T-Platte (Synthes), vor allem bei sehr weit distal gelegener Frakturzone von Typ-B- und -C-Frakturen der AO-Klassifikation (**Abbildung 1b**);
 - winkelstabile distales Radiussystem 2,4 mm (Synthes) für B- und C-Frakturen mit kleinen Fragmenten und intraartikulärer Beteiligung (**Abbildung 2**);
 - winkelstabile multidirektionales 2,5-mm-System (Medartis AG, Austraße 24, 4051 Basel, Schweiz) mit sphärischer Kopfraumverblockung der Schrauben und einem Freiheitsgrad von 15° in allen Ebenen. Hierdurch wird eine der Fraktur angepasste variable Schraubenplatzierung ermöglicht, die gerade bei der Versorgung von C-Frakturen hilfreich ist (**Abbildung 3**).

Abbildung 2

Winkelstabiles distales Radiussystem 2,4 mm mit 2,4-mm-Kopfverriegelungsschrauben distal und Kombinationslöchern für 2,4-mm-Kopfverriegelungsschrauben oder 2,4- bzw. 2,7-mm-Kortikalisschrauben im Schaft.



Figure 2

2,4-mm fixed angle device for distal radius with 2,4-mm locking screws distally and combination holes for 2,4-mm locking screws or 2,4- or 2,7-mm cortical screws proximally (shaft).

Abbildung 3

Multidirektionales 2,5-mm-System mit Schwenkbereich der Schrauben von 15° in allen Richtungen.



Figure 3

2,5-mm multidirectional system with a freedom of 15° of the screw heads.

- traarticular fractures of type A (AO classification; **Figure 1a**);
- 2,4/2,7-mm system T-plate (Synthes) mainly employed in very distally located fracture areas of type B and C fractures (AO classification; **Figure 1b**);
- fixed angle radius system 2,4 mm (Synthes) for B and C fractures with small fragments and intraarticular involvement (**Figure 2**);
- 2,5-mm multidirectional fixed angle system (Medartis Co, Austraße 24, 4051 Basel, Switzerland). This system permits a locking for the spherical screw heads with a 15° of freedom in all planes (variable screw placement adapted to the type of fracture, particularly of C fractures; **Figure 3**).

Anästhesie und Lagerung

- Plexusanästhesie oder Allgemeinnarkose.
- Rückenlage.
- Der Arm wird auf dem Handtisch in Supinationsstellung des Unterarms ausgelagert. Tuchrolle als Repositionshilfe unter das Handgelenk.
- Blutleere und Oberarmblutsperre.
- „Single shot“ i.v. Antibiotikumprophylaxe ((■4)) (z.B. Cephalosporin der zweiten Generation).

Anesthesia and Positioning

- Brachial plexus or endotracheal anesthesia.
- Supine.
- The arm in supination placed on an arm board, towel roll under the wrist to facilitate reduction.
- Esmarch and tourniquet on upper arm.
- Single i.v. injection of an antibiotic (such as a second-generation cephalosporin).

Operationstechnik

Abbildungen 4 bis 11

Am Beispiel einer A₃-Fraktur nach AO unter Verwendung einer 3,5-mm-LCP-Platte

Surgical Technique

Figures 4 to 11

An A₃ Fracture and Use of a 3.5-mm LCP Plate Serving as an Example

Abbildung 4

Röntgenologisches Beispiel einer A₃-Fraktur bei einem 56-jährigen Patienten nach Leitersturz.

Figure 4

Radiograph of A₃ fracture in a 56-year-old man after fall from a ladder.



Abbildung 5

Durch einen ca. 10 cm langen Hautschnitt am distalen Unterarm, der bis etwa 3 cm proximal des Handgelenks reicht, werden Nervus medianus und die Sehnen des Musculus flexor pollicis longus und Musculus carpi radialis dargestellt. Die Inzision wird distal, falls erforderlich, nach radial recht- bis spitzwinklig bis zur Rascetta weitergeführt. Sollten posttraumatische Sensibilitätsstörungen im Versorgungsgebiet des Nervus medianus bestehen oder ein latentes Karpaltunnelsyndrom bekannt sein, erweitern wir den Schritt nach distal und öffnen den Karpalkanal.

Figure 5

Through an approximately 10 cm long incision that ends 3 cm proximal to the wrist, the median nerve, the flexor pollicis longus, and the flexor carpi radialis come into view. If necessary, the incision is distally continued up to the transverse skin fold of the wrist in radial direction in a right or acute angle. If posttraumatic sensory disturbances in the area of the median nerve are present or if the patient suffers from a latent carpal tunnel syndrome, we enlarge the incision toward distal and open the carpal canal.

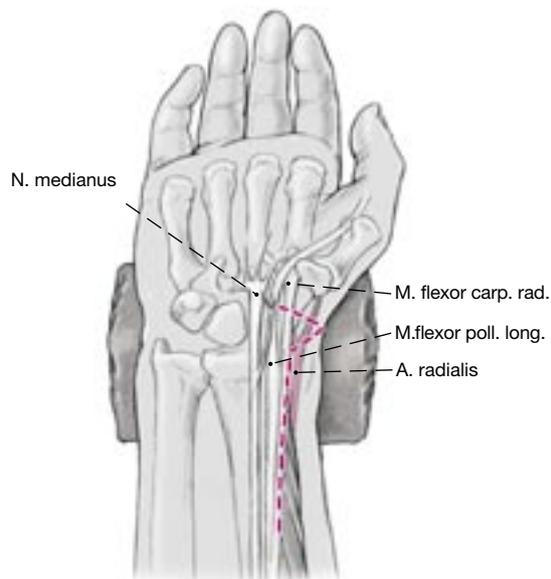


Abbildung 6

Nach Spaltung der Fascia antebrachii Eingehen zwischen Musculus flexor carpi radialis und Vasa radialis und Präparation auf den Musculus pronator quadratus.

Figure 6

After splitting of the fascia approach through the flexor carpi radialis and the radial vessels. Exposure of the pronator quadratus muscle.

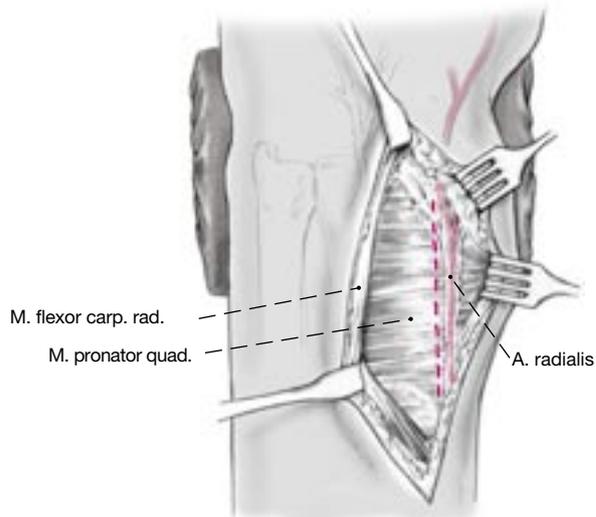


Abbildung 7

Einsetzen eines Langenbeck-Hakens und Beiseitehalten der Beugesehnen sowie des Nervus medianus nach ulnar. Scharfes Absetzen des Muskels mit dem Skalpell unter Belassen eines ca. 0,5 cm breiten radialen Ansatzstreifens. Abschieben des Muskels mit dem Raspatorium. Darstellung der Fragmente und des klaffenden Frakturspalts.

Figure 7

Insertion of a Langenbeck retractor and ulnar retraction of the flexor muscles as well as of the median nerve. Sharp detachment with a scalpel of the pronator quadratus muscle leaving a 5 mm wide stump attached to the radius. Retraction of the muscle with a periosteal elevator. Exposure of the fragments and the fracture gap.

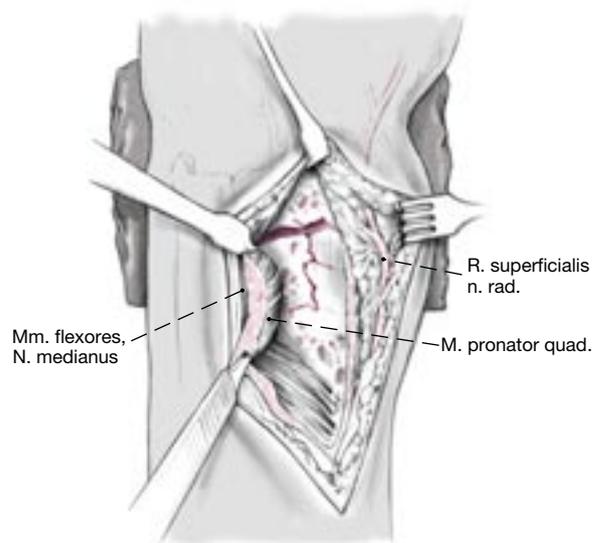


Abbildung 8

Reposition der Fragmente durch Längszug in Kombination mit Fingerdruck von dorsal.

Figure 8

Reduction of the fragments by longitudinal traction in combination with finger pressure from dorsal.

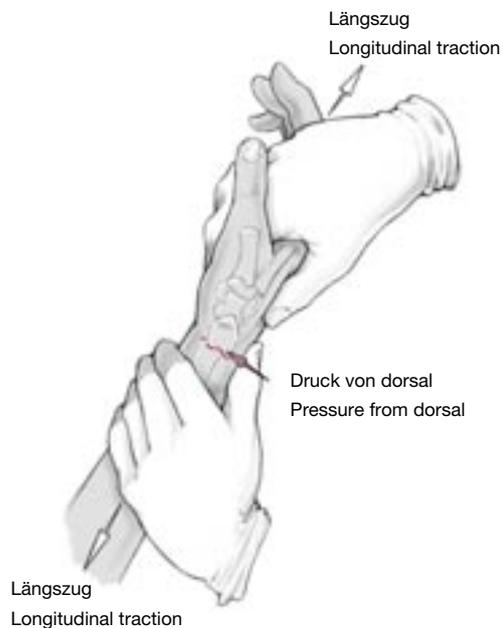




Abbildung 9

Auswählen und Anmodellieren einer geeigneten Platte. Die Platte wird proximal mit einer Schraube im Gleitloch fixiert. Bildwandlerkontrolle zum Nachweis einer anatomischen Reposition und korrekten Plattenlage. Gegebenenfalls muss das Ergebnis korrigiert und die Platte in Längsrichtung verschoben werden, falls sie die distale Radiuskante überragt und damit Sehnen irritieren könnte. Eine subchondrale Schraubenlage muss gewährleistet sein. Bei älteren Frakturen, bei denen eine manuelle Reposition zunächst nicht gelingt, lässt sich manchmal noch ein gutes Ergebnis erzielen, wenn alle Schrauben im distalen Fragment fixiert werden und dann „über die Platte“ reponiert wird. Aufschrauben der Führungsbuchse in die Gewinde der Schraubenlöcher am Querschenkel. Aufbohren, Längenmessung und Einschrauben der winkelstabilen Implantate (Schraube oder Bolzen). Bildwandlerkontrolle zur Bestätigung der extraartikulären, subchondralen Lage und korrekten Länge von Schrauben und Platte.

Figure 9

Choice and adaptation of the correct plate. With a screw inserted into the gliding hole the plate is fixed proximally. Image intensifier control to verify the anatomic reduction and the correct plate position. If necessary, the position has to be corrected and the plate displaced in a longitudinal direction should the plate exceed the distal radial rim that could lead to tendon irritation. The screws have definitely to be placed subchondrally. In remote fractures where a manual reduction does not succeed in the beginning, the reduction may become successful when, after placement of all screws in the distal fragment, the reduction is done with the help of the plate. Insertion of a drilling sleeve into the threads of the screw holes at the crossbar of the plate. Drilling, determination of screw length, and insertion of fixed angle implant (screws or bolts). Image intensifier control to verify the extraarticular, subchondral position and the correct length of screws and plate.



Abbildung 10

Einbringen weiterer Schrauben, wobei im Längsschenkel in der Regel wegen Erhalt der palmaren und dorsalen Kortikalis keine winkelstabilen Schrauben notwendig sind. Nach Stabilisierung der Radiusfragmente manuelle Überprüfung der Stabilität im distalen Radioulnargelenk. Bei Instabilität Refixation des abgerissenen Processus styloideus ulnae mit einer Zuggurtungsosteosynthese.

Bei Verdacht auf skapholunäre Bandverletzung Kinematographie unter Bildwandler. Bei Nachweis einer derartigen Läsion Reposition und Transfixation der Ossa scaphoideum und lunatum mit Kirschner-Drähten.

Ausgiebige Spülung. Adaptation des Musculus pronator quadratus. Einlegen einer Redon-Drainage, mehrschichtiger Wundverschluss. Steriler Verband und dorsale Unterarmgipschiene bis zu den Metakarpalköpfchen in ca. 20° Extension der Hand im Handgelenk.

Figure 10

Insertion of additional screws; generally, fixed angle screws are not required in the plate's long arm, as the palmar and dorsal cortices are intact. Once the radius fragments are stabilized, the stability of the distal radioulnar joint can be checked manually. If instability is present, refixation of the avulsed ulnar styloid process with a tension band osteosynthesis.

If an injured scapholunar ligament is suspected, kinematography with image intensifier. If lesion is shown, reduction and fixation of scaphoid and lunate with Kirschner wires.

Copious irrigation. Reattachment of pronator quadratus muscle. Suction drain. Wound closure in layers. Sterile dressing and posterior forearm slab up to the metacarpal heads in about 20° extension of the hand at the wrist.

Abbildung 11

Röntgenkontrolle des linken Handgelenks in zwei Ebenen nach 11 Monaten mit Wiederherstellung der anatomischen Gelenkwinkel und knöcherner Konsolidierung ohne sekundären Repositionsverlust.

Figure 11

Radiographic control of the left wrist in two planes 11 months after anatomic reconstruction of the joint angles showing a bony consolidation without secondary loss of reduction.



Abbildungen 12a und 12b

a) Röntgenaufnahmen des linken Handgelenks einer 46-jährigen Patienten 3 Wochen nach Extensionsfraktur.

b) Im CT eindeutiger Nachweis der intraartikulären Beteiligung (C1-Fraktur) mit dorsaler Trümmerzone und sehr weit distal gelegener Frakturbene.



Figures 12a and 12b

a) Radiographs of a left wrist in a 46-year-old patient, 3 weeks after extension fracture.

b) Clear proof of intraarticular involvement visible in CT (C1 fracture); the fracture is situated far distally.

Besonderheiten

- Bei sehr weit distal gelegener Frakturbene wird eine 2,4-mm-Platte mit distaler palmarer Abstützung verwendet (Abbildungen 12 und 13).
- Muss der Zugang nach dorsal erweitert werden, werden zusätzlich die Sehne des Musculus brachioradialis und das erste Strecksehnenfach abgelöst, und der Radiuschaft wird nach ulnar aus der Wunde luxiert. Die Frakturzone wird dargestellt und unter Sicht reponiert (Abbildungen 14 bis 16).
- Bei Mehrfragmentfrakturen zusätzlich schräge Arthrotomie zwischen den beiden palmaren V-Bändern und Ausspülen des Hämarthros sowie Reposition der Einzelfragmente unter direktem Blick auf die Gelenkfläche. Gegebenenfalls temporäre Fixierung der Fragmente mit Kirschner-Drähten (Abbildungen 17 und 18).

Postoperative Behandlung

- Die Patienten werden angewiesen, die Extremität hochzulagern und die Finger so früh wie möglich zu bewegen (Fingerstreckung-Faustschluss etwa zehnmal pro Stunde). Die Redon-Drainage wird bei einer Förderrate von < 20 ml in 24 h am 1. oder 2. postoperativen Tag entfernt. Freie Beweglichkeit der Metakarpophalangealgelenke sowie im Ellen-

Abbildung 13

Ausheilungsbilder 14 Monate postoperativ nach Versorgung mit distal angelegter winkelstabiler 2,4-mm-Platte ohne sekundären Repositionsverlust.



Figure 13

Radiographs taken 14 months postoperatively. Fracture treated with a 2.4-mm plate, inserted distally. No secondary loss of correction.

Special Considerations

- If the fracture is located very distally, a 2.4-mm plate with a distal buttress is used (Figures 12 and 13).
- If a posterior approach has to be added, the tendons of the brachioradialis muscle and of the first extensor compartment have to be retracted radially and the radial shaft exposed ulnarly. Visualization of the

Abbildungen 14a und 14b

Röntgenaufnahmen des linken Handgelenks eines 29-jährigen Patienten nach Sturz aus 5 m Höhe. Nachweis einer Trümmerfraktur mit ausgeprägter Dislokation der Gelenkfläche nach dorsal.

Figures 14a and 14b

Radiographs of the left wrist of a 29-year-old patient after a fall from the height of 4 m. Extension fracture with marked posterior displacement of the articular surface.

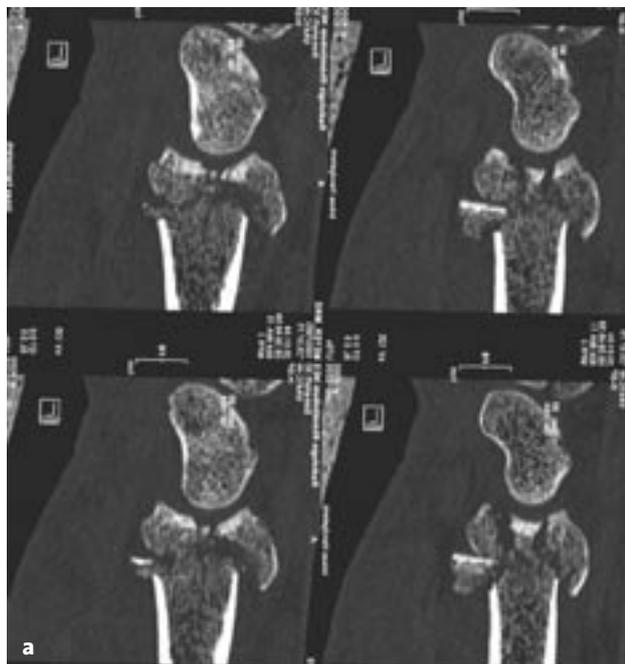


bogengelenk ist Voraussetzung zur Entlassung. Anderenfalls weiter Krankengymnastik unter stationären Bedingungen.

- Das Handgelenk wird mit einer dorsalen Longuette ohne Daumeneinschluss für 2 Wochen und bei ausgedehnten Trümmerzonen für 4 Wochen ruhig gestellt. Entfernung der Wundfäden nach 2 Wochen.
- Ab dem 1. postoperativen Tag werden die Finger täglich aktiv mobilisiert mit dem Ziel des kompletten Faustschlusses und der kompletten Fingerstreckung.

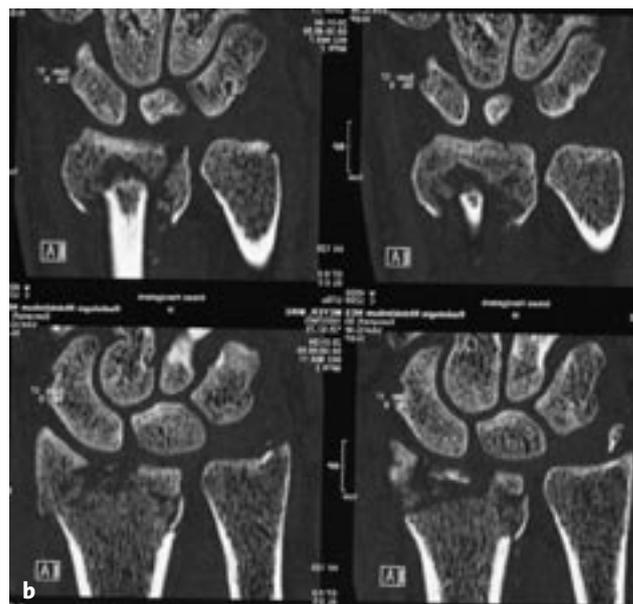
fracture area and reduction of the fracture (Figures 14 to 16).

- In the presence of comminuted fractures an additional oblique arthrotomy between both anterior V-ligaments, evacuation and irrigation of the hemarthrosis, and reduction of each fragment under direct vision of the articular surface have to be done. Temporary fixation of the fragments, if needed, with Kirschner wires (Figures 17 and 18).



Abbildungen 15a und 15b

Im CT Nachweis der Impression der Gelenkfläche (C2-Fraktur).



Figures 15a and 15b

Proof of compression of articular surface, CT (C2 fracture).

Abbildung 16

Repositionsergebnis nach Versorgung mit palmarer Platte und multidirektionalen winkelstabilen Schrauben. Dies ermöglicht in der ersten Reihe eine sehr weit distal gelegene Schraubenplatzierung mit zentraler Unterstützung der Gelenkfläche und in der zweiten Reihe ein nach distal geneigtes Einbringen mit subchondraler Unterstützung der dorsalen Gelenkfläche.



Figure 16

Anterior placement of a plate and multidirectional fixed angle screws. This ensures in the first row a very distal insertion of screws with central support of the joint surface and in the second row a distally angled screw insertion giving support to the subchondral bone of the posterior joint surface

- Nach Abnahme des Gipsverbands fünfmal wöchentlich krankengymnastische Behandlung (aktiv und passiv). Zusätzlich wird die Extremität zur Ausführung der Tätigkeiten des täglichen Lebens freigegeben. Der Patient wird zu möglichst selbsttätigen

Postoperative Management

- Patients are advised to keep the arm elevated and to move the fingers as soon as feasible (extension of fingers-making of fist, ten times every hour). Removal of drain on 1st or 2nd postoperative day, if drained amount does not surpass 20 ml in 24 h. To permit discharge, the patient must have unlimited motion of the metacarpophalangeal and elbow joints. Otherwise physiotherapy has to be continued on an inpatient basis.
- The wrist is immobilized for 2 weeks with a slab that does not include the thumb. In instances of severe comminution immobilization for 4 weeks. Suture removal at 2 weeks.
- After the 1st postoperative day hand and fingers are daily actively moved while the slab is taken off with the goal to be able to make a complete fist and complete extension.
- After 6 weeks ((■6)) the slab is eliminated and physiotherapy (active and passive), five times weekly, started. The patient is also encouraged to use the hand freely for daily tasks and to do daily exercises on his/her own. Sports activities and heavy work are not to be undertaken until bony consolidation, usually after 6–8 weeks.
- Comminuted fractures are to be immobilized for 4 weeks. Passive mobilization after temporary removal of the slab begins after 2 weeks depending on the state of the fracture, at the latest after 4 weeks. Other treatment regimens constitute an exception.

Abbildungen 17a und 17b

Röntgenaufnahmen des linken Handgelenks in zwei Ebenen bei einem 54-jährigen Patienten nach Fahrradsturz mit Nachweis einer C3-Fraktur.

Figures 17a and 17b

Radiographs of the left wrist in two planes of a 54-year-old patient after a bicycle accident. C3 fracture.



gen Bewegungsübungen angehalten. Sportliche Tätigkeiten sowie stärkere Belastungen der Gliedmaßen sind erst nach knöcherner Konsolidierung ca. 6–8 Wochen postoperativ gestattet.

- Trümmerfrakturen werden für 4 Wochen ruhig gestellt. Die passive Mobilisierung des Handgelenks kann je nach Fraktursituation unter Abnahme der Schiene nach 2 Wochen begonnen werden, spätestens aber nach 4 Wochen. Besondere, von diesem Schema abweichende Konzepte stellen die Ausnahme dar.

Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Schädigung des Nervus medianus oder seines Ramus palmaris: Mikrochirurgische Behandlung.
- Verletzung der Arteria radialis: Sofortige mikrochirurgische Naht.
- Nachblutung: Operative Revision; Hämatomausräumung. Blutstillung, Drainage.
- Übersehen einer skapholunären Bandverletzung oder TFCC-Läsion: ((■5)) Karpaler Kollaps mit nachfolgender radiokarpaler Arthrose, instabiles distales Radioulnargelenk: Indikation zur Reposition mit temporärer Fixation mit Kirschner-Draht und Refixation des Processus styloideus ulnae.
- Intraartikuläre Lage der Implantate: Verschiebung der Platte nach proximal und Neupositionierung der Schrauben oder Bolzen.
- Irritationen der Strecksehnen durch zu lange Schrauben oder Bolzen: Wahl kürzerer Implantate oder frühzeitige Materialentfernung. Bei Sehnenrupturen: Sehnenrekonstruktion.
- Drohendes postoperatives Karpaltunnelsyndrom: Karpalkanal öffnen.
- Postoperative Schwellung und Schmerzen können durch konsequentes Hochlagern sowie Gabe nichtsteroidaler Antiphlogistika verringert werden; sofortige aktive Bewegungen der Finger führen zur Reduktion eines Ödems.
- Infektionen treten selten auf; ein höheres Risiko ist bei offenen Frakturen oder immunsupprimierten Patienten gegeben. Infektionen werden nach den Prinzipien der septischen Chirurgie behandelt.
- Algodystrophie: Durch kontrollierte und dosierte Frühmobilisation meist vermeidbar. Sonst medikamentöse Therapie (Analgetika, Stellatumblockaden) sowie physikalische und ergotherapeutische Behandlung möglichst unter stationären Bedingungen. Im Spätstadium: Operative Arthrolyse.
- Trotz optimaler Reposition verbleibt in der Regel vor allem bei den komplexen artikulären Frakturen

Abbildung 18

Repositionsergebnis nach Versorgung mit 2,4/2,7-mm-T-Platte mit drei winkelstabilen Stiften zentral und zwei 2,4-mm-Kortikalisschrauben am Processus styloideus radii.



Figure 18

Treatment with a 2.4/2.7-mm T-plate with three locking pegs centrally and two 2.4-mm cortical screws in the radial styloid process.

Errors, Hazards, Complications

- Injury to the median nerve or its palmar branch: microsurgical repair.
- Injury to the radial artery: immediate microsurgical repair.
- Hemorrhage: surgical revision, hematoma evacuation, hemostasis, and drainage.
- A scapholunar ligament injury or a TFCC ((■5)) lesion has been missed: carpal collapse with subsequent radiocarpal osteoarthritis, unstable distal radioulnar joint: temporary reduction with Kirschner wires and refixation of the ulnar styloid process.
- Intraarticular implant position: reposition the plate proximally and reinsert screws or bolts.
- Irritation of the extensor tendons by too long screws or bolts: choice of shorter implants or early removal of implants. In instances of tendon rupture: reconstruction of the tendons.
- Threat of carpal tunnel syndrome: open carpal canal.
- Postoperative swelling and pain: decrease by consequent elevation of the arm, administration of nonsteroidal anti-inflammatory medication, immediate active movement of the fingers to reduce the edema.
- Infections are seen rarely; the risk is increased in open fractures or in patients with suppressed immune system. Infections are treated according to established methods.
- Reflex sympathetic dystrophy: generally avoidable by controlled and early careful mobilization. If oc-

ein Bewegungsdefizit.

- Unvollständige Reposition der Fragmente mit Ausheilung in Fehlstellung: Schmerzhaftes Funktionseinschränkung und frühzeitige Entwicklung einer Arthrose; vor allem bei sog. C-Frakturen können Folgeeingriffe wie Handgelenkdenervation, radioscapholunäre Teilversteifung oder eine „Retungsoperation“ am distalen Radioulnargelenk (Ellenkopfteilresektion nach Bowers [1] oder die Operation nach Kapandji-Sauvé [9]) notwendig werden.

Ergebnisse

An unserer Abteilung wurden im Zeitraum von Januar 2002 bis Juli 2003 62 distale Radiusfrakturen mit winkelstabiler palmarer Plattenosteosynthese behandelt. Das Durchschnittsalter der 38 weiblichen und 24 männlichen Patienten betrug 54,7 Jahre (21–83 Jahre).

Nach der AO-Klassifikation [7] handelte es sich um drei A2-, 24 A3-, sieben B3-, 14 C1-, neun C2- und fünf C3-Frakturen; sämtliche außer den B3-Frakturen und einer C3-Fraktur waren Extensionsfrakturen.

Bei einem Patienten musste zusätzlich zum palmaren Zugang dorsal inzidiert werden, da eine skapholunäre Bandverletzung vorlag. Sie wurde reponiert, genäht und temporär mit Kirschner-Drähten fixiert. Bei drei Patienten war wegen Instabilität im distalen Radioulnargelenk eine Refixation des frakturierten Processus styloideus ulnae durch Zuggurtungsosteosynthese notwendig. Neun Patienten waren bereits zuvor mit Kirschner-Draht-Osteosynthesen oder einem Fixateur unzureichend behandelt worden.

Die Operation fand durchschnittlich 5½ Tage (0–40 Tage) nach dem Unfall statt. Alle Patienten wurden nach durchschnittlich 11 Monaten (6–23 Monate) klinisch und radiologisch kontrolliert.

Zur Bewertung der funktionellen Resultate verwendeten wir die DASH-Kriterien, die die Funktion der oberen Gliedmaße und die Beurteilung des Resultats aus der Sicht des Patienten erfassen [2]. Die Punkteverteilung zwischen 0 und 100 Punkten (0 entspricht keiner Einschränkung, 100 maximaler Einschränkung) spiegelt das Ergebnis der Behandlung wider.

Radiologische Resultate

Alle Patienten konnten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung radiologisch beurteilt werden: Alle Frakturen waren knöchern konsolidiert. Die Ulnarvarianz betrug im Mittel –0,2 mm (Spannbreite –2 mm bis +2 mm), der dorsopalmarer Winkel 9° (Spannbreite 0–

curing, medical treatment with analgesics, stellatum block and physical and occupational therapy, preferably on an inpatient basis. In late stage: surgical arthrolysis.

- Even if an optimal reduction has been achieved, a deficit in motion is often present, especially after comminuted intraarticular fractures.
- Inadequate reduction of the fragments resulting in malunion: painful limitation of motion and early development of osteoarthritis. Especially after type C fractures revision surgery with denervation of the wrist, partial radioscapholunar arthrodesis or as a salvage operation: resection of the ulnar head according to Bowers [1] or an ulnar shortening according to Kapandji-Sauvé [9].

Results

Between January 2002 and July 2003, we treated 62 distal radius fractures with an anterior fixed angle plate osteosynthesis. The average age of our patients (38 women, 24 men) was 54.7 years (21–83 years).

According to the AO classification [7] the fractures consisted of three A2, 24 A3, seven B3, 14 C1, nine C2, and five C3 type fractures; all except the B3 fractures and one C3 fracture were extension fractures.

In one patient we had to use, in addition to an anterior approach, a posterior incision due to a scapholunar dissociation. It was reduced, temporarily fixed with Kirschner wires and the ligament sutured. Due to an instability of the distal radioulnar joint three patients required a refixation by a tension band osteosynthesis of the fractured styloid process. Nine patients had previously undergone an inadequate wire osteosynthesis or fixator application.

Surgery took place at an average of 5½ days (0–40 days) after the injury. Clinical and radiologic follow-up of all patients was done after an average of 11 months (6–23 months).

For assessment of the functional results we used the DASH criteria [2], which assess the function of the upper limb and consider the outcome from the patient's perspective. The variation between 0 and 100 points (0 points = no limitation, 100 points = maximal limitation) mirrors the result of the treatment.

Radiologic Results

At the time of follow-up all patient underwent a radiologic control. All fractures had consolidated. The ulnar variance amounted to an average of –0.2 mm (range –2 mm to +2 mm), the dorsoanterior angle to 9° (range 0–15°), ulnar inclination to 21° (range 12–31°).

15°), die ulnare Inklination 21° (Spannbreite 12–31°).

Der Processus styloideus ulnae war bei 31 Patienten unauffällig; bei neun Patienten war der Abriss geheilt, bei 22 bestand eine Pseudarthrose.

Zwei Frakturen wiesen einen Repositionsverlust in Längsrichtung von 2 mm unter Erhalt der Gelenkflächenstellung auf (A3-Fraktur, 17 Tage nach Unfall versorgt mit 3,5-mm-LCP-Platte; C1-Fraktur, versorgt mit 2,4/2,7-mm-T-Platte). Bei der A3-Fraktur lagen die distalen winkelstabilen Schrauben im Frakturspalt; im Fall der C1-Fraktur waren bei ausgedehnter Trümmerzone dorsal zwei winkelstabile Stifte nicht ausreichend.

Klinische Resultate

Die Bewegungsausmaße waren im Schnitt um 19% bei Extension/Flexion, um 13% bei Radial-/Ulnarduktion und um 10% bei Pronation/Supination im Vergleich zur Gegenseite vermindert. Das entspricht einer nur geringen Funktionseinschränkung und spiegelt sich in einem durchschnittlichen DASH-Score von 19 Punkten wider. Dieser Wert belegt entsprechend der Spannbreite des Maßstabs von 0 (keine Einschränkung) bis 100 (maximale Einschränkung) ein gutes Ergebnis.

Komplikationen

Bei einem Patienten war am 2. postoperativen Tag eine Revisionsoperation mit Korrektur wegen intraartikulärer Schraubenlage im dorsalen Drittel der Radiuskonsole erforderlich. Wegen der gleichen Problematik musste bei einem weiteren Patienten das Osteosynthesematerial nach knöcherner Heilung frühzeitig entfernt werden.

Eine algodystrophe Reaktion konnte mit konservativen Maßnahmen beherrscht werden.

Sehnen- oder Nervenirritationen waren nicht zu verzeichnen.

No abnormality of the styloid process was noted in 31 patients; in nine patients the avulsion had healed, and in 22 a pseudarthrosis existed.

In two fractures a loss of reduction led to a shortening of the radius by 2 mm without affecting the position of the articular surface (one A3 fracture treated 17 days after trauma with a 3.5-mm LCP plate; one C1 fracture treated with a 2.4/2.7-mm T-plate). In the A3 fracture the fixed angle screws were placed in the fracture gap; in the C1 fracture which showed an extended posterior zone of comminution two fixed angle pegs had not been sufficient.

Clinical Results

Compared to the opposite arm the range of motion was on average reduced by 19% in extension/flexion, by 13% radial abduction/ulnar adduction, and by 10% in pronation/supination. This represents a small limitation of function and corresponds to an average DASH score of 19 points. This can be accepted as a good result in view of the wide range of the score between 0 (no limitation) and 100 (maximal limitation).

Complications

A revision became necessary in one patient on the 2nd postoperative day to correct an intraarticular screw placed in the posterior third of the rim of the radius. In another patient the same complication required an early removal of the implants after bony healing had occurred.

One occurrence of a reflex sympathetic dystrophy was controlled by conservative methods.

No irritation to tendons or nerves has been noted.

Literatur – References

1. Bowers W. The distal radioulnar joint. In: Green DP, ed. Operative hand surgery, 4th edn. New York: Churchill Livingstone, 1999:986–1032.
2. Germann G, Wind G, Harth A. Der DASH-Fragebogen – ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999;31:149–52.
3. Knirk JL, Jupiter JB. Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68:647–59.
4. Langenberg R. Die konservative Behandlung der distalen Radiusfrakturen. *Unfallchirurg* 1989;92:1–5.
5. Leung F, Zhu L, Ho H, et al. Palmar plate fixation of AO type C2 fracture of distal radius using a locking compression plate – a biomechanical study in a cadaveric model. *J Hand Surg [Br]* 2003;28:263–6.
6. Lidström A. Fractures of the distal end of the radius. *Acta Orthop Scand Suppl* 1959;41:1–118.
7. Müller ME, Nazarian S, Koch P, et al. The comprehensive classification of fractures of long bones. Berlin–Heidelberg–New York: Springer, 1990.
8. Orbay JL, Fernandez DL. Volar fixation for dorsally displaced fractures of the distal radius: A preliminary report. *J Hand Surg [Am]* 2002;27:205–15.
9. Pechlaner S, Sailer R. Die Arthrodesse des distalen Radioulnargelenkes mit Segmentresektion aus der Elle. *Operationsverfahren nach Karpandji-Sauvé. Operat Orthop Traumatol* 1993;5:48–59.
10. Prommersberger KJ, Van Schoonhoven J, Lanz (■). Outcome after corrective osteotomy for malunited fractures of the distal end of the radius. *J Hand Surg [Br]* 2002;27:55–60.
11. Sakhaei M, Gruenewold M, Klönz A, et al. Ergebnisse nach palmarer Plattenosteosynthese mit der winkelstabilen T-Platte bei 100 distalen Radiusfrakturen. *Unfallchirurg* 2003;106:272–80.

12. Thielke KH, Spors-Schrödter L, Wagner T, et al. Winkelstabile Plattenosteosynthese am distalen Radius: Lösung einer Problemfraktur? Akt Traumatol 2002;32:245–50. (■2)
13. Uzdil T, Neumann W, Bauschke A, et al. Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese bei distalen Radiusextensionsfrakturen. Akt Traumatol 2001;31:141–8.
14. Wiemer P, Köster G, Felderhoff J, et al. Frakturen am distalen Radius. Orthopäde 1999;28:846–52.

((Anmerkungen des Lektorats:

- 1: Bitte Initiale/n Lanz einfügen
- 2: Bitte prüfen, ob Einfügung der im Manuskript fehlenden Bandnummer ok.
- 3: Bitte differierende Abkürzungserklärungen zu LCP prüfen: im dt. Text Locking Compression Plate, im engl. Text Limited Contact Plate
- 4: Bitte Formulierung prüfen. Korrekturvorschlag: Einmalige i.v. Gabe eines Antibiotikums zur Infektionsprophylaxe
- 5: Bitte prüfen, ob Einfügung einer Abkürzungserklärung erforderlich))

Korrespondenzanschrift – Address for Correspondence

Priv.-Doz. Dr. Hermann Krimmer
Klinik für Handchirurgie
Rhön-Klinikum
Salzburger Leite 1
D-97616 Bad Neustadt/Saale
Telefon (+49/9771) 66-2801, Fax 65-9201
E-Mail: h.krimmer@handchirurgie.de

((Anmerkungen wie dt. Fassung, zusätzlich:

- 6: Bitte Zeitangabe prüfen; gemäß übrigen Text 2 bis maximal 4 Wochen))