

# Die mediokarpale Teilarthrodese mit Entfernung des Skaphoids zur Behandlung des fortgeschrittenen karpalen Kollapses

## Partial Midcarpal Arthrodesis with Excision of the Scaphoid for the Treatment of Advanced Carpal Collapse

Heinrich-Geert Tünnerhoff<sup>1</sup>, Peter Haussmann<sup>2</sup>

### Zusammenfassung

#### Operationsziel

Beseitigung der schmerzhaften Arthrose zwischen Radius und Skaphoid sowie zwischen Lunatum und Kapitatum. Stabilisierung des Karpus unter Erhalt der funktionell wichtigen Beweglichkeit zwischen Radius und Lunatum.

#### Indikationen

Schmerzhafte Arthrose zwischen Skaphoid und Radius infolge einer Läsion des skapholunären Bands oder einer alten Skaphoidpseudarthrose mit Höhenminderung des Karpus (fortgeschrittener karpaler Kollaps Stadium II) und evtl. zusätzlicher mediokarpaler Arthrose (Stadium III).

#### Kontraindikationen

Komplexe karpale Bandschädigung.  
Arthrotische Schädigung auch des Gelenkknorpels zwischen Radius und Lunatum.  
Ulnarverschiebung des Lunatums.  
Rheumatoide Arthritis.  
Chondrokalzinose (relativ).

#### Operationstechnik

Zugang von dorsal. Vollständige Exstirpation des Skaphoids. Entknorpelung der gegenüberliegenden Gelenkflächen von Kapitatum und Lunatum sowie Hamatum und Triquetrum. Reposition des Kapitatums gegenüber dem Lunatum, so dass die Dorsalkippung des Lunatums gegenüber dem Radius und die Radialverschiebung des Kapitatums gegenüber dem Lunatum korrigiert werden. Osteosynthese mit mehreren Kirschner-Drähten.

#### Weiterbehandlung

Immobilisierung im Gipsverband für 8 Wochen; dann baldige Entfernung der Drähte.

#### Ergebnisse

Von 1993 bis 2001 fanden bei 62 Patienten 64 mediokarpale Teilarthrodese mit Entfernung des Skaphoids statt. 26 der Patienten, die bis 1999 operiert worden waren, wurden nach durchschnittlich 27 Monaten klinisch mit dem Cooney-Score sowie dem DASH-Score nachuntersucht. Der

### Abstract

#### Objective

To eliminate painful arthrosis between the radius and scaphoid and between the lunate and capitate. Stabilization of the carpus with preservation of useful range of motion between the radius and the lunate.

#### Indications

Painful arthrosis of radioscaphoid joint due to an old lesion of the scapholunate ligament or a long-standing scaphoid pseudarthrosis with loss of carpal height (advanced carpal collapse, stage II) and eventual additional midcarpal arthrosis (stage III).

#### Contraindications

More complex Damage of carpal ligaments.  
Arthrosis of radiolunate joint.  
Ulnar displacement of the lunate.  
Rheumatoid arthritis.  
Calcium pyrophosphate deposition disease (relative).

#### Surgical Technique

Dorsal approach. Excision of scaphoid. Removal of articular cartilage between capitate and lunate and between hamate and triquetrum. Repositioning of capitate in relation to the lunate. Osteosynthesis with several Kirschner wires.

#### Postoperative Management

Immobilization in a plaster cast for 8 weeks; then, early removal of the wires.

#### Results

From 1993 to 2001, 64 partial midcarpal arthrodeses with excision of the scaphoid were performed in 62 patients. 26

*Operat Orthop Traumatol* 2005;17:233–48

DOI 10.1007/s00064-005-1131-5

---

<sup>1</sup>Praxis und Belegabteilung für Handchirurgie, Krankenhaus Marbach,

<sup>2</sup>Abteilung für Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie, DRK-Klinik, Baden-Baden.

Cooney-Score besserte sich im Durchschnitt von 46 Punkten präoperativ auf 76 Punkte postoperativ signifikant. Der DASH-Wert konnte nur postoperativ bestimmt werden und lag bei 22. Der Bewegungsumfang des Handgelenks hatte sich mit durchschnittlich 64° Extension/Flexion kaum gegenüber dem präoperativen Wert verändert. Die Kraft war im Durchschnitt von 24 auf 34 kg gestiegen. 29 Patienten wurden telefonisch erreicht. Somit liegt die Gesamtzahl der erreichten oder nachuntersuchten Patienten bei 55. Vollständig zufrieden waren 35, zufrieden mit Einschränkung 13 und unzufrieden sieben Patienten. Vollkommen schmerzfrei, auch bei Belastung waren 24 Patienten. Schmerzen unterschiedlichen Ausmaßes bei Belastung gaben 28, Schmerzen schon bei leichter Belastung oder Ruheschmerzen drei Patienten an.

### Schlüsselwörter

Gelenke · Handgelenk · Chondrokalzinose · Karpaler Kollaps · Mediokarpale Arthrodesis

### Vorbemerkungen

Die Arthrose des Handgelenks entwickelt sich sehr häufig nach einem regelhaften Muster, dem fortschreitenden karpalen Kollaps. Ursache ist eine Destabilisierung der proximalen Handwurzelreihe. Sie steht unter einer physiologischen Rotationsspannung, die durch die Abstützung des Skaphoids gegen Trapezium und Trapezoideum im Skaphotrapeziotrapezoidal-(STT-)Gelenk und des Triquetrums gegen das Hamatum aufrechterhalten wird. Wird der Zusammenhalt der proximalen Reihe unterbrochen, kippt der radiale Teil nach palmar, der ulnare nach dorsal. Die Unterbrechung findet am häufigsten zwischen Skaphoid und Lunatum bei Ruptur des skapholunären Bands oder im Skaphoid selbst bei Skaphoidpseudarthrose statt. Radiologisch ist der Vorgang in beiden Fällen an der Palmarkippung des Skaphoids und der Dorsalkippung des Lunatums im seitlichen Strahlengang zu erkennen. Das schmalere Hinterhorn des Lunatums kommt in die Belastungszone; der distale Karpus verschiebt sich nach dorsal, und die karpale Höhe verringert sich: Man spricht von karpalem Kollaps (Abbildung 2).

Die Gelenkflächen passen radioskaphoidal in der nach palmar gekippten, subluxierten Stellung des Skaphoids nicht mehr zusammen, so dass sich hier mit der Zeit eine umschriebene Arthrose entwickelt. Das radiolunäre Gelenk bleibt dagegen erhalten, da im Fall des Lunatums die entstandene Dorsalkippung derjenigen bei einer physiologischen Handgelenkex-

of the patients operated up to 1999 were followed up for 27 months and evaluated with the Cooney Score and the DASH Score. The Cooney Score significantly improved, from 46 points preoperatively to 76 points postoperatively. Postoperative DASH Score was 22. Postoperative range of motion, 64° extension/flexion, had hardly changed compared with the preoperative value. Strength increased from 24 to 34 kg on average.

Out of the 55 patients available for follow-up (29 interviewed by telephone) 35 were completely satisfied, 13 satisfied with reservations, and seven dissatisfied. 24 patients had no activity-related pain. Different degrees of activity related pain were reported by 28 patients, and pain during minor activities or at rest was reported by three patients.

### Key Words

Joints · Wrist · Calcium pyrophosphate deposition disease · Carpal collapse · Scaphoid excision

### Introductory Remarks

Evolution of arthrosis of the wrist in many cases follows a set pattern ending in advanced carpal collapse. The cause is a destabilization of the proximal carpal row. This row is normally under rotational tension which is maintained through buttressing the scaphoid against the trapezium and trapezoid at the scaphotrapeziotrapezoidal (STT) joint and the triquetrum against the hamate. If the continuity of the proximal row is disrupted, the radial part tilts in a palmar direction and the ulnar part tilts dorsally. The disruption occurs most frequently between scaphoid and lunate following rupture of the scapholun ligament or at the scaphoid itself in instances of scaphoid pseudarthrosis. In both cases, the process can be recognized radiologically in the lateral view because the scaphoid is tilted palmarwards and the lunate dorsally. The narrow posterior horn of the lunate moves into the area of force transmission; the distal carpal row is displaced dorsally (Figure 2). As the consequence a loss of carpal height occurs: this is referred to as carpal collapse.

The radioscapoid joint surfaces are no longer aligned due to the palmar tilting of the sublaxed scaphoid leading to a localized arthrosis over time. By contrast, the radiolunate joint remains intact, as the resulting dorsal tilt of the lunate corresponds to its physiologic position during wrist extension. In extension, the radius and lunate fit together and no sublaxation takes place! Even at a later stage of carpal collapse when the capitate is displaced radially and proximally into the

tension entspricht: In der extendierten Stellung passen Radius und Lunatum weiter zusammen, es entsteht keine Subluxation! Auch im späteren Stadium eines karpalen Kollapses, in dem sich das Kapitatum nach radial und proximal in den skapholunären Spalt schiebt (Abbildung 1) und eine mediokarpale Arthrose hinzukommt, bleibt die radiolunäre Artikulation intakt. Systematische Analysen von Röntgenbildern [8] haben gezeigt, dass sich die Handgelenkarthrose in ca. 70% nach diesem Muster entwickelt.

Auf der Grundlage des pathologischen Mechanismus wurde die mediokarpale Teilarthrodese mit Exstirpation des Skaphoids als Alternative zur vollständigen Arthrodese entwickelt. Historisch betrachtet behandelte man die radioskaphoidale Arthrose zunächst mit einem Ersatz des Skaphoids durch ein Silikoninterponat [4]. Das Silikonmaterial war der starken Beanspruchung des Skaphoids jedoch nicht gewachsen, so dass durch Abrieb eine Silikonsynovialitis ausgelöst wurde. Zur Entlastung des Skaphoids wurde daraufhin die zentrale Säule des Handgelenks in Form einer kapitolunären Arthrodese stabilisiert, später zum besseren Durchbau die Arthrodese von Hamatum und Triquetrum hinzugefügt [9].

Die Erfahrung hat gezeigt, dass das Skaphoid bei dieser mediokarpalen Arthrodese ersatzlos entfernt werden kann, denn durch die Reposition des Kapitatum aus seiner Radialverschiebung wird das radioskaphokapitale Band angespannt, und der verblockte Karpus wird gegen Seitwärtskipfung stabilisiert. Dadurch werden teilweise physiologische Verhältnisse wiederhergestellt: Die erhaltene radiolunäre Artikulation und die palmaren Handgelenkbänder erlauben es, von einer „wrist reconstruction“ zu sprechen [1, 5, 6, 11].

scapholunate gap and a midcarpal arthrosis develops (Figure 1), the radiolunate articulation remains intact. Systematic analysis of radiographs [8] has shown that this pattern of wrist arthrosis develops in approximately 70% of patients.

Taking the pathologic mechanism into account, the technique of midcarpal partial arthrodesis with excision of the scaphoid was developed as an alternative to total wrist arthrodesis. Historically, radioscapoid arthrosis had been treated by replacing the scaphoid with a silicon implant [4]. However, the silicon material could not withstand the heavy load on the scaphoid and wear particles led to a reactive silicon synovitis. To decrease the pressure on the scaphoid, the central column of the wrist was stabilized by a capitulunate arthrodesis. Later on, an arthrodesis between hamate and triquetrum was added to achieve better consolidation [9].

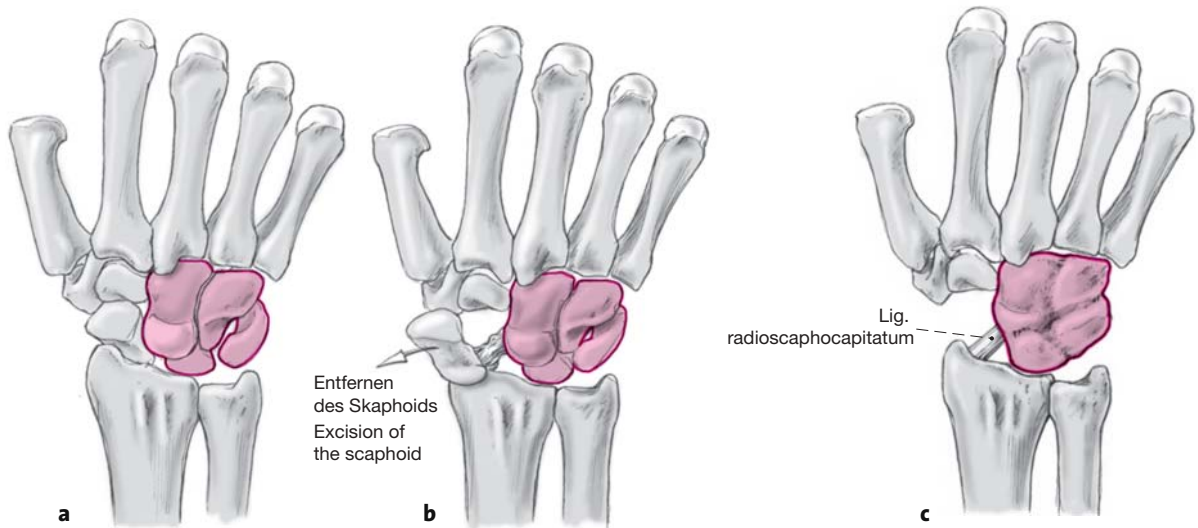
Experience has shown that the scaphoid can be removed during midcarpal arthrodesis without substitution; the correction of the radial displacement of the capitate puts tension on the radioscapocapitate ligament and stabilizes the arthrodesed carpus against lateral tilting. This restores to some extent the physiologic relationship and can be described as a “wrist reconstruction”, as the radiolunar articulation and the palmar wrist ligaments are preserved [1, 5, 6, 11].

### Operationsprinzip und -ziel

Beseitigung der Schmerzen durch Exstirpation des Skaphoids. Stabilisierung des Karpus und Anspannung des radioskaphokapitalen Bands nach mediokarpaler Arthrodese zwischen Kapitatum, Lunatum, Triquetrum und Hamatum („four corner fusion“ nach Watson et al. [11]); dabei Ausgleich der Radial- und Dorsalverschiebung des Kapitatum sowie der Dorsalkippung des Lunatum. Erhalt einer funktionell wertvollen Beweglichkeit zwischen Radius und Lunatum.

### Surgical Principles and Objective

Elimination of pain by excision of the scaphoid. Stabilization of the carpus and tightening of the radioscapocapitate ligament after midcarpal arthrodesis between the capitate, lunate, triquetrum, and hamate (“four corner fusion” according to Watson et al. [11]), whereby the radial and dorsal displacement of the capitate as well as the dorsal tilt of the lunate are corrected. Restoration of a functionally useful range of motion between radius and lunate.



**Abbildungen 1a bis 1c**

Schematische Darstellung der Behandlung des karpalen Kollapses in der koronaren Ebene.

a) Diastase von Skaphoid und Lunatum, Proximalisierung des Kapitatum und Verlust der karpalen Höhe.

b) Entfernung des Skaphoids.

c) Rekonstruktion durch Arthrodesese zwischen Kapitatum, Lunatum, Hamatum und Triquetrum in Korrekturstellung und dadurch Anspannung des radioscaphokapitalen Bands, das den karpalen Block gegen Seitwärtskipfung stabilisiert.

**Figures 1a to 1c**

Schematic representation of treatment of carpal collapse in the coronal plane.

a) Scapholunate dissociation, proximal migration of the capitate and loss of carpal height.

b) Excision of the scaphoid.

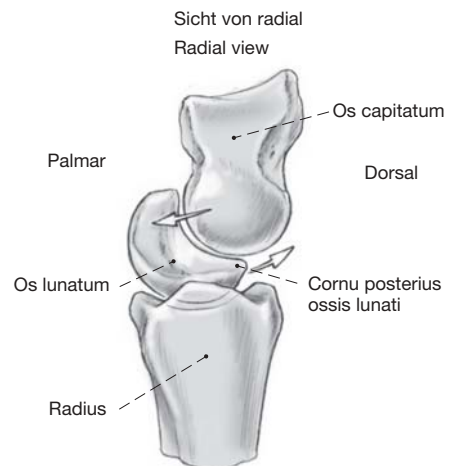
c) Reconstruction by arthrodesis between the capitate, lunate, hamate and triquetrum in the corrected position resulting in tightening of the radioscaphocapitate ligament, thus preventing a lateral tilting of the arthrodesed bones.

**Abbildung 2**

Schematische Darstellung in der sagittalen Ebene. Bei der Reposition müssen das Kapitatum nach palmar geschoben und das Lunatum in die Neutralstellung zurückgekippt werden.

**Figure 2**

Schematic representation in the sagittal plane. During reduction the capitate must be moved in a palmar direction and the lunate tilted back into neutral position.



### **Vorteile**

- Erhalt einer funktionell wichtigen Beweglichkeit in Extension/Flexion und Ulnar-/Radialduktion, die etwa der Hälfte der normalen Beweglichkeit entspricht.
- Physiologische Bewegungen finden in einem von der Arthrose ausgesparten natürlichen Gelenk statt.
- Zuverlässige Beseitigung oder deutliche Besserung der Schmerzen bei Beachtung von Kontraindikationen und genauer Einstellung der Arthrodese.

### **Nachteile**

- Technisch anspruchsvolles Operationsverfahren.
- Lange Immobilisierung im Gipsverband.

### **Indikationen**

- Karpaler Kollaps mit schmerzhafter radioskaphoidaler Arthrose ohne gleichzeitige mediokarpale Arthrose (Stadium II der Einteilung nach Watson & Ryu [10]).
- Karpaler Kollaps mit schmerzhafter radioskaphoidaler und gleichzeitiger mediokarpaler Arthrose (Stadium III), jeweils auch beim manuell oder schwer manuell arbeitenden Menschen.
- Isolierte mediokarpale Arthrose.

### **Kontraindikationen**

- Komplexe karpale Bandschäden auf entzündlicher Basis, z.B. bei rheumatoider Arthritis, oder auf entzündlich-degenerativer Basis.
- Komplexe karpale Bandschäden bei Chondrokalzinose oder posttraumatisch nach unzureichend behandelte perilunärer Luxation, wobei insbesondere die Schädigung des radioskaphokapitalen Bands (palmares „V-Band“) bedeutsam ist.
- Deutliche Ulnarverschiebung des Lunatums.
- Arthrotische Schädigung auch des Gelenkknorpels zwischen Radius und Lunatum, z.B. nach einer Radiusfraktur.
- Eine Kontraindikation besteht nicht bei angedeuterter Dorsalkippung des distalen Radius nach einer sog. Monoblockfraktur, d.h. einer distalen Radiusfraktur ohne Gelenkbeteiligung.
- Eine relative Kontraindikation stellt der skapholunäre Kollaps aufgrund einer Chondrokalzinose dar. Hier ziehen wir bei schwerer manueller Belastung die komplette Arthrodese vor. Bei gering beanspruchtem Handgelenk ist eine mediokarpale Arthrodese möglich.

### **Patientenaufklärung**

- Allgemeine Operationsrisiken.
- Algodystrophie.

### **Advantages**

- Preservation of a functionally useful range of motion in extension/flexion and in ulnar/radial deviation corresponding to about half the normal range of motion.
- Physiologic movements take place in the joints unaffected by arthrosis.
- Reliable elimination of pain or significant improvement of pain levels provided the contraindications are respected and the arthrodesis is exactly positioned.

### **Disadvantages**

- Technically demanding surgical procedure.
- Extended period of immobilization in a plaster cast.

### **Indications**

- Carpal collapse with painful radioscapoid arthrosis without simultaneous midcarpal arthrosis (stage II according to the classification by Watson & Ryu [10]).
- Carpal collapse with painful radioscapoid and simultaneous midcarpal arthrosis (stage III), even for manual workers or those doing heavy manual labor.
- Isolated midcarpal arthrosis.

### **Contraindications**

- Deterioration of also extrinsic carpal ligaments due to inflammation, e.g., rheumatoid arthritis, or due to inflammatory degeneration.
- Chondrocalcinosis or posttraumatic alterations due to inadequate treatment of perilunar dislocation, whereby damage to the radioscapocapitate ligament (palmar “V-ligament”) is of particular importance.
- Obvious ulnar translation of the lunate.
- Osteoarthritic changes, also affecting the articular cartilage between the radius and lunate, e.g., after radius fracture.
- A slight dorsal tilt of the distal radius persisting after an extraarticular fracture is not a contraindication.
- Scapholunate collapse due to chondrocalcinosis is a relative contraindication. We prefer an arthrodesis of the wrist for patients doing heavy manual work and a midcarpal arthrodesis for patients with less demanding activities.

- Verbleibende Restbeschwerden, vor allem bei stärkerer Belastung des Handgelenks.
- Sehnenverletzung (intraoperativ oder durch Kirschner-Drähte).
- Irritation der dorsalen Hautnervenäste.
- Bewegungseinschränkung des Handgelenks abhängig vom Ausmaß der präoperativ bereits vorhandenen.
- Alternative Behandlungsmöglichkeiten, insbesondere proximale Karpektomie im Stadium II mit kürzerer Nachbehandlungszeit.
- Entfernung der Kirschner-Drähte erforderlich.
- Pseudarthrose.
- Spongiosaentnahme vom distalen Radius kann erforderlich werden.

### **Operationsvorbereitungen**

- Röntgenaufnahmen des Handgelenks posteroanterior (p.a.) und seitlich in Standardprojektion (Abbildungen 8a und 8b).
- Sorgfältige Untersuchung der Hand und des Handgelenks.
- Klinischer und, falls nötig, neurophysiologischer Ausschluss oder Nachweis eines begleitenden Karpaltunnelsyndroms, evtl. gleichzeitige Medianusneurolyse.
- Klinischer oder arthroskopischer Ausschluss eines gleichzeitigen ulnaren Einklemmungssyndroms, auch „ulnar impaction“-Syndrom genannt. Darunter ist ein ulnarseitiger Handgelenkschmerz aufgrund vermehrter Druckbelastung des ulnaren Kompartiments zu verstehen. Damit ist ein gesteigerter degenerativer Abrieb des Diskus und/oder der gegenüberliegenden Gelenkflächen von Caput ulnae und Karpus verbunden.
- Radiologischer oder arthroskopischer Ausschluss einer Chondrokalzinose.
- Rasieren des Operationsgebiets unmittelbar vor dem Eingriff.

### **Instrumentarium und Implantate**

- Handchirurgisches Instrumentarium mit Knocheninstrumenten, wie Luer, Raspatorium, scharfe Löffel, Elevatorium und Meißel.
- Bohrmaschine.
- Kirschner-Drähte mit einem Durchmesser von 1,2 bis 1,4 mm.
- Röntgenbildverstärker.

### **Anästhesie und Lagerung**

- Allgemein- oder Plexusanästhesie.
- Rückenlage.
- Auslagerung des Arms auf Handtisch.
- Oberarmblutleere.

### **Patient Information**

- General surgical risks.
- Reflex sympathetic dystrophy.
- Residual symptoms, especially during forceful activities of the wrist.
- Injury to tendons (intraoperatively or due to Kirschner wires).
- Irritation of the dorsal sensory branches.
- Restricted range of wrist motion depending on the degree of restriction already present preoperatively.
- Alternative treatment options, especially proximal row carpectomy for stage II lesions necessitating shorter rehabilitation times.
- Removal of Kirschner wires necessary.
- Pseudarthrosis.
- Possible need to harvest cancellous bone grafts from the distal radius.

### **Preoperative Work Up**

- Radiograph of the wrist, posteroanterior (PA) and lateral standard views (Figures 8a and 8b).
- Careful examination of the hand and the wrist.
- Clinical and, if necessary, neurophysiologic exclusion or confirmation of concomitant carpal tunnel syndrome, possibly necessitating simultaneous neurolysis of the median nerve.
- Clinical or arthroscopic exclusion of simultaneous “ulnar impaction syndrome”. This refers to wrist pain on the ulnar side due to increased compressive forces acting on the ulnar compartment. It is associated with increased degenerative wear of the disk and/or the opposing joint surfaces of the ulnar head and the carpus.
- Radiologic or arthroscopic exclusion of chondrocalcinosis.
- Shaving of the surgical site immediately before the operation.

### **Surgical Instruments and Implants**

- Instrument set for hand surgery with bone instruments, such as rongeur, rasp, sharp spoon, elevator, and chisel.
- Power drill.
- Kirschner wires of 1.2 to 1.4 mm diameter.
- Image intensifier.

### **Anesthesia and Positioning**

- General or plexus anesthesia.
- Supine.
- The arm is placed on an arm table.
- Tourniquet on upper arm and exsanguination.

## Operationstechnik

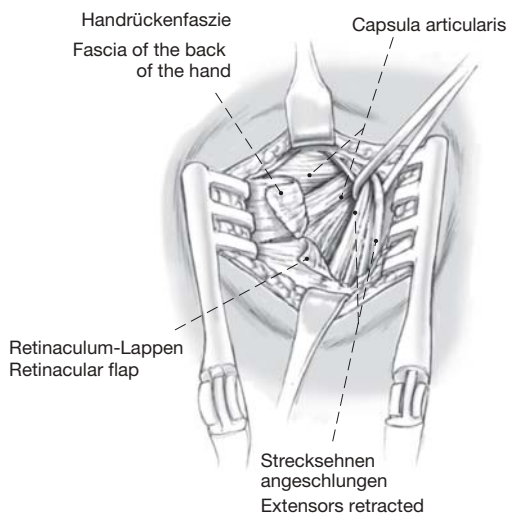
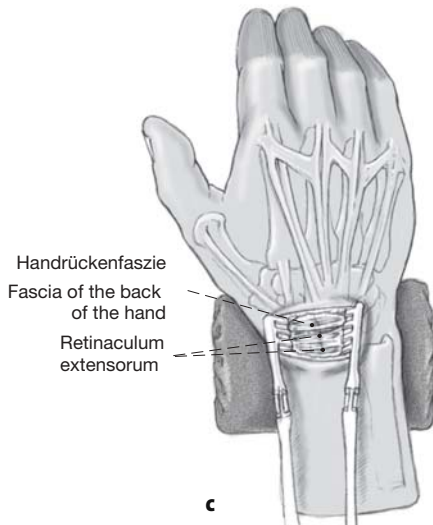
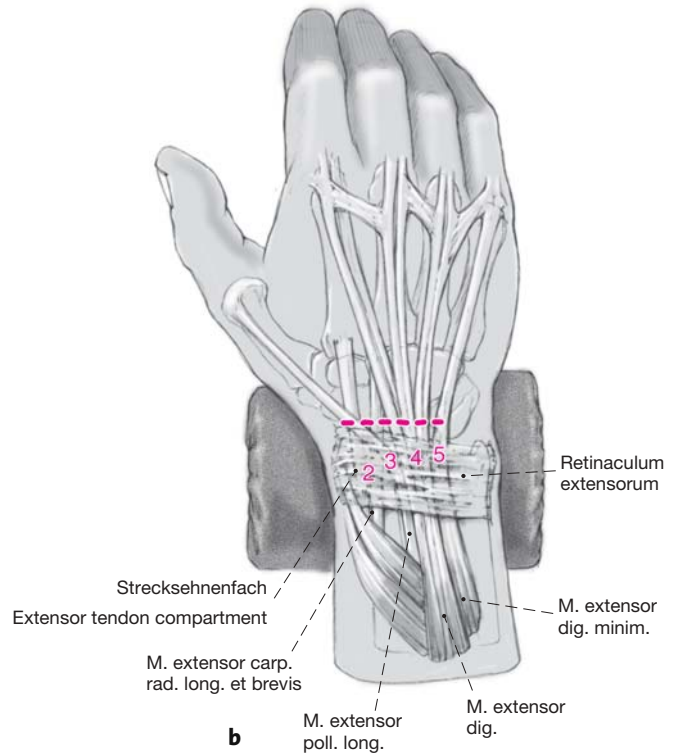
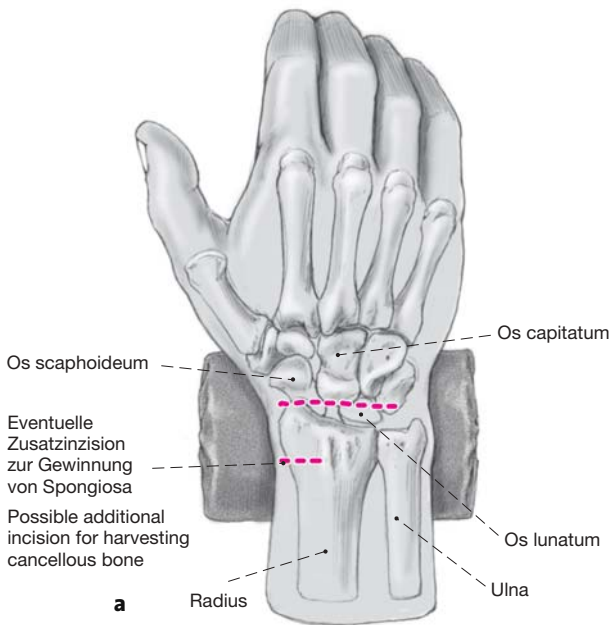
Abbildungen 3 bis 7

Am Beispiel eines Eingriffs an der rechten Hand

## Surgical Technique

Figures 3 to 7

Surgery on the Right Hand Serving as an Example



### Abbildungen 3a bis 3c

Auslagerung auf dem Handtisch.

Quere Hautinzision etwa in Höhe der proximalen Handwurzelreihe oder Längsinzision über dem skapholunären Gelenkspalt.

Längsinzision auch leicht geschwungen als „Lazy-S-Inzision“ möglich. Falls erforderlich, proximale Zusatzinzision über der Radiusmetaphyse zur Spongiosaentnahme (a).



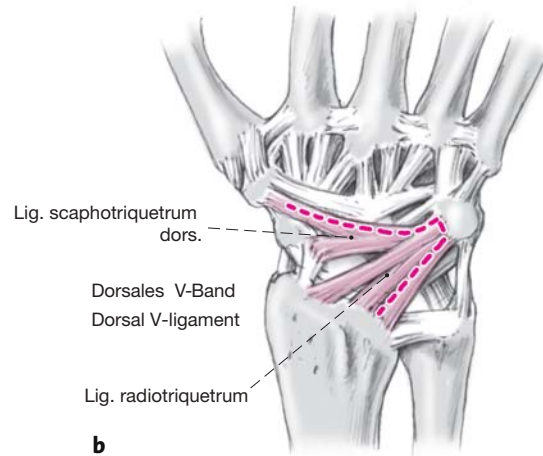
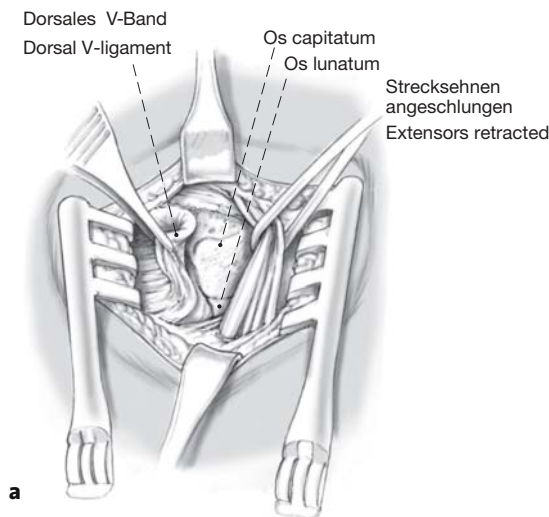
Darstellen des Retinaculum extensorum (b) und Eröffnen des distalen Teils des zweiten bis vierten Strecksehnenfachs (c). Die Sehne des Musculus extensor digiti minimi wird dargestellt. Der Nervus interosseus posterior wird am Ausgang des vierten Strecksehnenfachs so weit proximal wie möglich koaguliert und reseziert, um zu vermeiden, dass er bei der späteren Naht der Handgelenkkapsel gefasst wird.

**Figures 3a to 3c**

The arm is placed on the arm table.

Transverse skin incision approximately at the level of the proximal carpal row or longitudinal incision over the scapholunate joint space. The longitudinal incision may also be made as a slightly curved "lazy-S incision". If necessary, an additional proximal incision can be made over the radial metaphysis for harvesting of cancellous bone grafts (a).

The extensor retinaculum is exposed (b) and the distal parts of the second to fourth extensor tendon compartments are opened (c). The tendon of the extensor digiti minimi muscle is exposed. The posterior interosseous nerve is coagulated and resected as far proximally as possible at its exit from the fourth extensor tendon compartment to avoid its trapping while suturing the wrist capsule later.



**Abbildungen 4a und 4b**

Die Strecksehnen werden beiseite gehalten (a). Das Gelenk wird eröffnet, meist durch Heben eines radial gestielten Lappens aus der Gelenkkapsel. Dazu werden das radiotriquetrale Band und das quere dorsale skaphotriquetrale Band in Faserrichtung gespalten (b). Falls Voroperationen über einen dorsalen Zugang zum Skaphoid stattfanden, sollte dieser Lappen vermieden werden, weil seine Basis narbig verändert ist. Die Kapsel zwischen Hamatum und Triquetrum wird inzidiert, so dass auch der äußerste ulnare Teil dieses Gelenks gut zu übersehen ist. Cave: Verletzung der Sehne des Musculus extensor digiti minimi.

**Figures 4a and 4b**

The extensor tendons are retracted (a). The joint is opened, generally by fashioning a radially pedicled flap of the joint capsule. The radiotriquetral ligament and the oblique dorsal scaphotriquetral ligament are divided in the direction of their fibers (b). If previous operations to the scaphoid have been done via a dorsal approach, this flap should be avoided because its base has been scarred. The capsule between the hamate and the triquetrum is incised for better exposure of the outer ulnar part of this joint. Attention: risk of damage to the tendon of the extensor digiti minimi muscle.

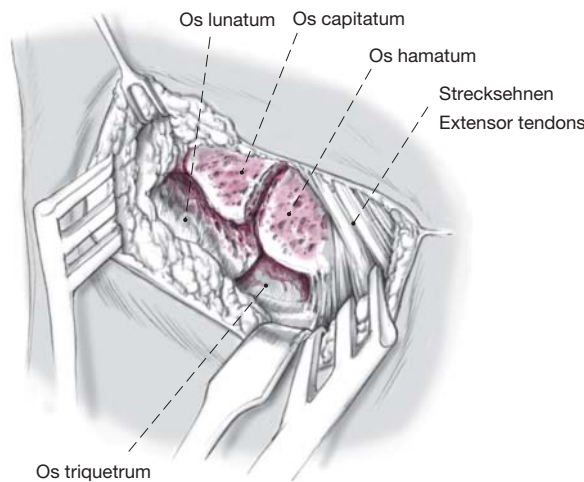
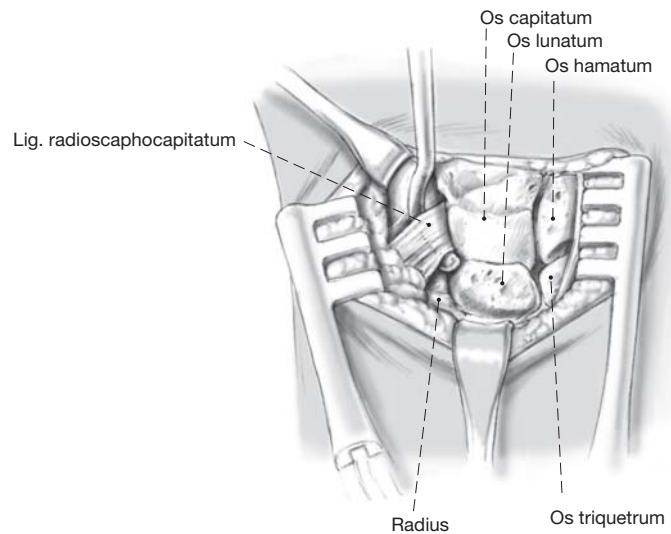


**Abbildung 5**

Situs nach vollständiger Exstirpation des Skaphoids. Das kräftige und gut erkennbare radioskaphokapitale Band (Häkchen) wird dabei geschont.

**Figure 5**

State after total excision of the scaphoid. The thick and easily recognizable radioscapnocapitate ligament is preserved.



**Abbildung 6**

Situs nach Resektion der Gelenkflächen: Vitale Spongiosa ist sichtbar.

In maximaler Flexion des Handgelenks werden die gegenüberliegenden Gelenkflächen von Kapitatum und Lunatum sowie Hamatum und Triquetrum – einschließlich des distalen Spalts zwischen Triquetrum und Lunatum und des proximalen Spalts zwischen Kapitatum und Hamatum – mit einem Luer entknorpelt und die subchondrale Grenzlamelle entfernt. Die Konvexität und Konkavität der Gelenkflächen sollen dabei erhalten bleiben, so dass die Resektionsflächen gut aufeinander passen. Das Hinterhorn des Lunatums wird im knorpelfreien Teil reseziert, um das Kapitatum besser reponieren zu können. Spongiosa aus dem distalen Radius oder dem entfernten Skaphoid wird gewonnen, um die verbliebenen Spalte aufzufüllen.

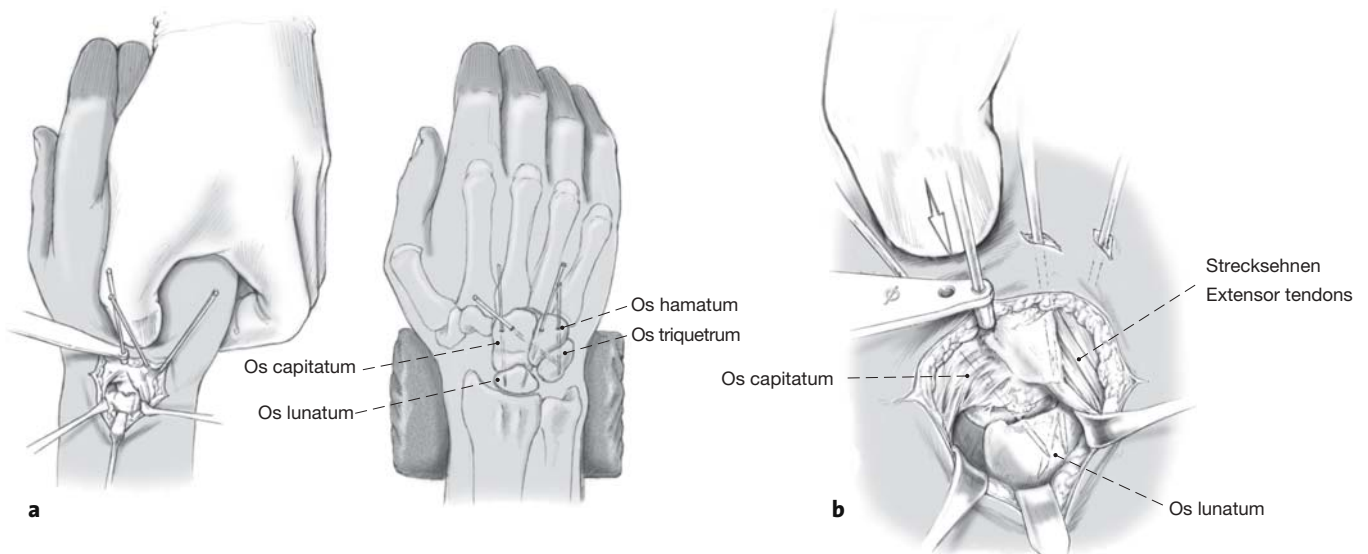
Kirschner-Drähte von 1,2 bis 1,4 mm Durchmesser werden dann entweder durch die quere Hauptinzision oder besser durch zwei kurze zusätzliche Längsinzisionen von distal, jeweils radial und ulnar der Fingerstrecksehnen des vierten Fachs, bis zur Arthrodesenfläche vorgebohrt. Meist werden zwei Drähte in Längsrichtung und zwei überkreuzt eingebracht.

**Figure 6**

State after resection of the articular surfaces: bleeding cancellous bone is visible.

With the wrist in maximal flexion, the opposing joint surfaces of the capitate and lunate and those of the hamate and triquetrum – including the distal part of the joint between the triquetrum and lunate and the proximal part of the joint between capitate and hamate – are freed from cartilage and the subchondral bone plate is resected with a rongeur. The convexity and concavity of the joint surfaces are thus retained to properly fit the opposing resected surfaces. The posterior horn of the lunate is resected at its cartilage-free part so that the capitate can be reduced more easily. Cancellous bone is harvested from the distal radius or from the excised scaphoid and filled into the residual gap.

Kirschner wires of 1.2 to 1.4 mm diameter are inserted either through the transverse main incision or, even better, from the distal aspect to the surface of the arthrodesis passing through two additional, longitudinal stab incisions on the radial and ulnar sides of the extensor digiti tendons of the fourth tendon compartment. Generally, two wires are inserted in a longitudinal direction and two are inserted crossing each other.



**Abbildungen 7a und 7b**

a) Situs nach Reposition. Retention durch Druck des Daumens auf das Kapitatum.

b) In der Ausschnittsvergrößerung sieht man das reponierte Lunatum mit dem Knorpel der proximalen Gelenkfläche.

Das Kapitatum wird gegen das Vorderhorn des Lunatums nach palmar und ulnar gedrückt; dabei wird eine gewisse Extension eingestellt, so dass die Dorsalkippung des Lunatums und gleichzeitig seine Radialverschiebung ausgeglichen werden. Auf zusätzliche Drähte, die das Lunatum zum Zweck der Manipulation fassen (sog. Joysticks), kann man bei diesem Vorgehen fast immer verzichten. Zunächst wird ein vorbereiteter Draht bis in die proximale Kortikalis des Lunatums weitergebohrt. Unter Röntgenbildverstärkung wird die Stellung der Arthrodesis kontrolliert. Im seitlichen Strahlengang wird eine Neutralstellung oder leichte Palmarkippung des Lunatums angestrebt. Im p.a. Strahlengang sollten die Gelenkflächen zwischen Lunatum und Triquetrum sowie zwischen Hamatum und Kapitatum nicht oder nur wenig gegeneinander versetzt sein. Die übrigen Drähte werden vorgebohrt. Dabei wird das Triquetrum mit einem sog. Zahnarzt-Häkchen fixiert, um eine Verschiebung nach proximal zu vermeiden. Unter dem Bildverstärker wird die Lage der Kirschner-Drähte überprüft (Abbildungen 8c und 8d). In einer Schrägaufnahme wird auch das Pisotriquetralgelenk dargestellt; hier sollen die Drähte ebenso wie im Radiokarpalgelenk nicht herausragen. Die Spongiosa wird in den Arthrodesenspalt gestopft. Der Kapsellappen wird reponiert und wie das Retinakulum unter leichter Erweiterung readaptiert.

Einlegen einer subkutanen Drainage. Hautverschluss, dorsaler Stahlwolle-Kompressionsverband, palmare Unterarmgipschiene unter Einschluss des Daumens.

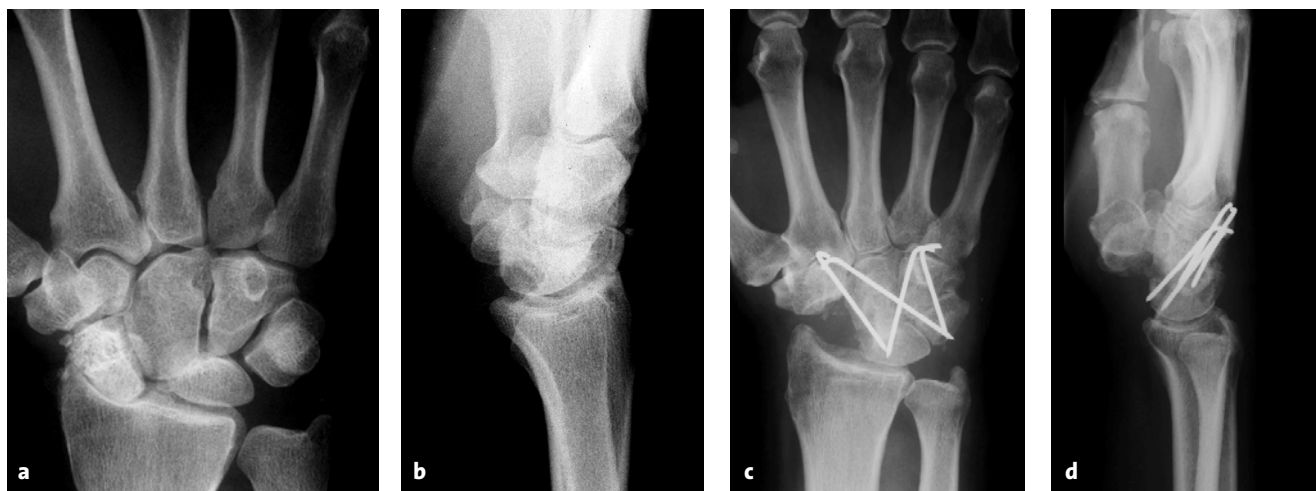
**Figures 7a and 7b**

a) State after reduction. Maintenance of reduction by thumb pressure on the capitate.

b) The enlarged detail shows the reduced lunate with its cartilage of the proximal joint surface.

The capitate is pressed against the anterior horn of the lunate in a palmar and ulnar direction; this creates a certain amount of extension so that the dorsal tilt of the lunate and its radial translation are corrected simultaneously. In this procedure, it is almost always possible to forego additional Kirschner wires inserted into the lunate for manipulation (so-called joysticks). First, the wire is advanced into the proximal cortex of the lunate. The alignment of the arthrodesis is checked by image intensification. The aim is to achieve a neutral position or slight palmar tilt of the lunate when seen in the lateral view. In the PA view, the alignment of the joint surfaces between the lunate and triquetrum and between the hamate and the capitate should be maintained or only slightly altered in relation to each other. The remaining Kirschner wires are inserted. The triquetrum is stabilized with a so-called dentist's hook to prevent proximal displacement. The positions of the Kirschner wires are checked on the image intensifier (Figures 8c and 8d). The pisotriquetral joint is assessed in the oblique view; here, as for the radiocarpal joint, the wires should not protrude. The cancellous bone graft is packed into the arthrodesis gap. The capsular flap is repositioned as well as the retinaculum; both are slightly stretched and readapted.

Insertion of subcutaneous drains. Skin closure, steel-wool compression bandage on the dorsal side, palmar below-elbow plaster slab including the thumb.



**Abbildungen 8a bis 8d**

Röntgenbilder eines sog. karpalen Kollapses und seiner Behandlung.

- a) Karpaler Kollaps Stadium III im p.a. Strahlengang: Weite Diastase zwischen Skaphoid und Lunatum. Wandern des Kapitatus nach proximal und damit Verlust der Höhe des Karpus. Fortgeschrittene Destruktion des Gelenks zwischen Skaphoid und Radius, Aufhebung des mediokarpalen Gelenkspalts zwischen Kapitatum und Lunatum.
- b) Dasselbe Handgelenk im seitlichen Strahlengang: Dorsalkippung des Lunatums, Dorsalverschiebung der Längsachse des Kapitatus gegenüber der Längsachse des Radius.
- c) Dasselbe Handgelenk nach mediokarpaler Arthrodesese p.a.: Die Verschiebung des Kapitatus gegenüber dem Lunatum ist korrigiert.
- d) Dasselbe Handgelenk nach mediokarpaler Arthrodesese seitlich: Lunatum in korrekter Stellung, Längsachse von Kapitatum und Radius in einer Linie.

**Figures 8a to 8d**

Pre- and postoperative radiographs of carpal collapse.

- a) Carpal collapse, stage III, seen in the PA view: scapholunate dissociation. Migration of the capitate in a proximal direction and consequent loss of carpal height. Advanced destruction of the joint between the scaphoid and the radius, disappearance of the midcarpal joint space between the capitate and lunate.
- b) The same wrist in the lateral view: dorsal tilting of the lunate, dorsal translation of the longitudinal axis of the capitate in relation to the longitudinal axis of the radius.
- c) PA view of the same wrist after midcarpal arthrodesis: the displacement of the capitate in relation to the lunate has been corrected.
- d) Lateral view of the same wrist after midcarpal arthrodesis: the lunate is in correct position, longitudinal axes of the capitate and radius are aligned.

### Postoperative Behandlung

- Konsequente Hochlagerung des Arms.
- Entfernung der Drainage nach 2 Tagen.
- Bewegungsübungen der Finger, wobei auf eine vollständige Flexion der Metakarpophalangealgelenke ohne Behinderung durch den Gipsverband geachtet werden muss. Bewegungsübungen von Ellenbogen und Schultergelenk.
- Entfernung der Fäden nach 2 Wochen.
- Anschließend zirkulärer Unterarm-Daumen-Gipsverband für weitere 6 Wochen; falls nötig, Gipsverbandwechsel nach 3 Wochen.
- Gipsverbandfreie Röntgenkontrolle 2 Tage und 8 Wochen postoperativ: Handgelenk in zwei Ebenen; bei Zweifel am Durchbau auch Schrägaufnahme des Handgelenks.

### Postoperative Management

- Strict elevation of the arm.
- Removal of drains after 2 days.
- Finger exercises, taking care that the plaster cast does not hinder a complete flexion of the metacarpophalangeal joints. Exercises of elbow and shoulder.
- Stitches removed after 2 weeks.
- Circular-below elbow plaster including the thumb for a further 6 weeks; if necessary, the plaster is changed after 3 weeks.
- Radiographic control without the plaster cast at 2 days and 8 weeks postoperatively: wrist views in two planes; if consolidation is uncertain, additional oblique wrist view.
- Removal of the Kirschner wires after 8 weeks with tourniquet/exsanguination under plexus or general

**Abbildung 9**

Wird das Kapitatum bei der mediokarpalen Arthrodesis unzureichend gegenüber dem Lunatum reponiert, stößt es bei Extension des Handgelenks am Radius an, noch bevor die Extension in physiologischer Weise durch Anspannung der palmaren Bänder abgebremst wird.



**Figure 9**

If the capitate is inadequately reduced in relation to the lunate during midcarpal arthrodesis, it will abut against the radius during extension of the wrist, even before the full extension is prevented physiologically by the palmar ligaments.

- Entfernung der Kirschner-Drähte nach 8 Wochen in Blutleere und Plexus- oder Allgemeinanästhesie, wenn radiologisch knöcherne Versteifung eingetreten ist.

### Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Unzureichende Reposition des Kapitatoms gegenüber dem Lunatum: Die Dorsalkippung des Lunatums gegenüber dem Radius wird nicht korrigiert. Auch die Dorsalverschiebung des Kapitatoms gegenüber dem Radius wird nicht korrigiert: Der karpale Block stößt an der dorsalen Radiuskante an. Diese Situation ist häufig schmerzhaft und schränkt die funktionell wichtige Extension des Handgelenks ein (s. Abbildungen 9 und 10: Osteophytenbildung an der dorsalen Radiuskante durch Anstoßen des Kapitatoms; Abbildungen 11a und 11b: korrekte Einstellung). Bei in Dorsalkippung des Lunatums verheilte Arthrodesis und erheblichen Beschwerden: Abhilfe durch Resektion der äußersten dorsalen Radiuskante und eines Teils des anstoßenden Kapitatoms möglich [1]. Bei gravierender Fehlstellung; Revisionsarthrodesis in korrekter Stellung des Lunatums.
- Unzureichende Reposition des Kapitatoms nach ulnar: Das Lunatum kann nach ulnar gedrängt werden, so dass die lasttragende Kontaktfläche zwischen Lunatum und Radius vermindert wird. Das radioskaphokapitale Band wird nicht ausreichend angespannt (Abbildung 12). Bei in dieser Fehlstellung durchbauter Arthrodesis nur Abhilfe durch vollständige Arthrodesis möglich.

**Abbildung 10**

Handgelenk eines 53-jährigen Patienten (A.H.) im seitlichen Strahlengang nach mediokarpaler Arthrodesis: Die Stellung des Lunatums ist nicht ausreichend korrigiert. Das Anstoßen kann radiologisch an entsprechender Exophytenbildung an der dorsalen Radiuskante und dem anstoßenden Teil des Kapitatoms und des karpalen Blocks erkennbar sein.



**Figure 10**

Lateral view of the wrist of a 53-year-old patient (A.H.) after midcarpal arthrodesis: the position of the lunate has not been adequately corrected. The impingement can be recognized on radiographs which show relevant marginal osteophyte formation at the dorsal rim of the radius abutting against the capitate and the arthrodesed bony block.

anesthesia, if radiologic evidence of consolidation is manifest.

### Errors, Hazards, Complications

- Inadequate reduction of the capitate in relation to the lunate: the dorsal tilt of the lunate in relation to the radius has not been corrected. The dorsal displacement of the capitate in relation to the radius has not been corrected either: the arthrodesed carpal block abuts onto the dorsal rim of the radius often causing pain and restriction of the functionally important extension of the wrist (see Figures 9 and 10: osteophyte formation at the dorsal rim of the radius due to impingement by the capitate; Figures 11a and 11b: correct position). For arthrodeses that have healed with the lunate tilted dorsally and in the presence of marked symptoms: relief is possible by resecting the crest of the dorsal radial rim and part of the adjacent capitate [1]. If there is severe malalignment: revision of arthrodesis with the lunate in correct position.
- Inadequate reduction of the capitate in an ulnar direction: the lunate can be pushed in an ulnar direction so that the load-bearing contact surface between the lunate and radius is diminished. The radioskaphocapitate ligament is not adequately tightened (Figure 12). If the arthrodesis has consolidated in malalignment, the symptoms can only be relieved by a wrist arthrodesis.
- Inadequate resection of the subchondral bone plate: the bone plate must be resected down to bleeding bone; otherwise a risk of pseudarthrosis exists. In the case of pseudarthrosis, which is recognized by recur-

**Abbildung 11**

Handgelenk eines 50-jährigen Patienten (K.W.) im seitlichen Strahlengang nach mediokarpaler Arthrodese: Optimale Einstellung des Lunatums. Es ist zur Extension ausreichend freie Gelenkfläche im Bereich des Hinterhorns des Lunatums zu erkennen.

**Figure 11**

Lateral view of the wrist of a 50-year-old patient (K.W.) after midcarpal arthrodesis: optimal alignment of the lunate. The articular surface of the region of the posterior horn of the lunate does not impede extension.

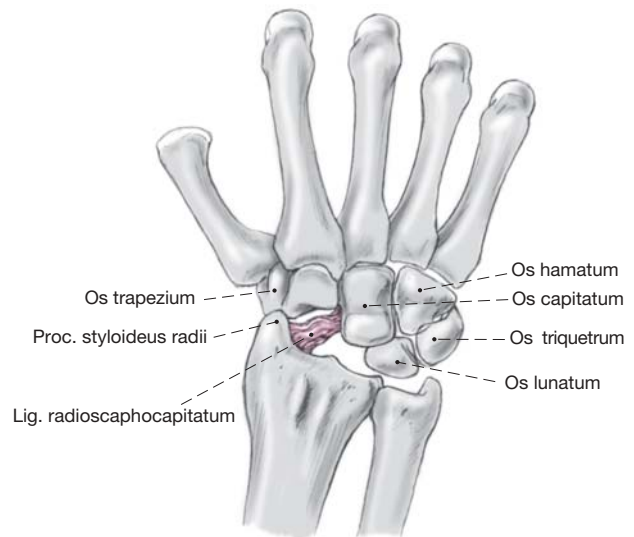


**Abbildung 12**

Linkes Handgelenk eines 53-jährigen Patienten (H.-D.Z.) nach fehlerhafter, weil ungenauer mediokarpaler Arthrodese: An der radialen distalen Gelenkfläche des Lunatums wurde mehr Knochen als an der ulnaren reseziert, d.h., die hier häufig anzutreffende, vorbestehende radialseitige Höhenminderung des Lunatums wurde nicht durch ausreichende Resektion des ulnaren Lunatumteils und der Region zwischen Triquetrum und Hamatum ausgeglichen. Dadurch kann es zu einer Kippung des Karpus „in der Arthrodese“ mit Ulnardrift des Lunatums und Anstoßen des Trapeziums am Processus styloideus radii kommen.

**Figure 12**

Left wrist of a 53-year-old patient (H.-D.Z.) after faulty midcarpal arthrodesis: at the distal radial articular surface of the lunate more bone had been resected than at the ulnar surface, in other words, the frequently seen, preexisting loss of lunate height at the radial side had not been sufficiently compensated by adequate resection of the ulnar part of the lunate and the area between the triquetrum and the hamate. Therefore, tilting of the carpus “into the arthrodesis” may occur with ulnar drift of the lunate and abutment of the trapezium on the radial styloid process.



- Unzureichende Resektion der subchondralen Grenzlamelle: Die Lamelle muss reseziert werden, bis vitale Spongiosa freiliegt; anderenfalls Gefahr einer Pseudarthrose. Bei Pseudarthrose, erkennbar an erneutem karpalem Kollaps: Baldige Revision und erneute Arthrodese mit Spongiosaplastik.
- Bei der Resektion der subchondralen Grenzlamelle am Lunatum, die sehr dick und hart ist, wird mehr Knochen reseziert als bei der Resektion an Hamatum und Triquetrum; der ulnare Teil des mediokarpalen Gelenks muss ausreichend dargestellt werden: Bei nachgiebigem triquetrolunärem Band kann es zu einer Proximalisierung des Triquetrums und damit zu einem ulnaren Einklemmungssyndrom

- rence of carpal collapse: revision as soon as possible and repeat arthrodesis with cancellous bone graft.
- During excision of the subchondral bone plate of the lunate, that is very thick and hard, more bone has been removed than during resection at the hamate and triquetrum; the ulnar part of the midcarpal joint has to be adequately exposed: in the presence of a relaxed triquetrolunate ligament, proximal displacement of the triquetrum may occur and may lead to an ulnar impaction syndrome. For the rigid triquetrolunate ligament, the arthrodesed carpal block will tilt radially. This may result in the abutment of the trapezium against the tip of the radial styloid process as well as a restriction in ulnar duc-

kommen. Bei festem triquetrolunärem Band kippt der karpale Block in der Arthrodesis nach radial. Daraus kann sowohl ein Anstoßen des Trapeziums an der Spitze des Processus styloideus radii als auch eine Einschränkung der Ulnarduktion resultieren. Bei Proximalisierung des Triquetrum: Resektion des Triquetrum oder verkürzende Korrekturarthrodesis zwischen Triquetrum und Hamatum. Bei Anstoßen des Trapeziums am Radius: Resektion der Spitze des Processus styloideus radii unter sorgfältiger Schonung des radioscapho-kapitalen Bands.

- Die Sehne des Musculus extensor digiti minimi wird nicht ausreichend dargestellt: Gefahr der intraoperativen Verletzung.
- Die Kirschner-Drähte werden über die Zeit der Immobilisierung hinaus belassen, obwohl sie in die erhaltenen karpalen Gelenkspalte hineinragen und den Knorpel schädigen, besonders den des Pisotriquetralgelenks, weil dieses Gelenk nur auf Schrägaufnahmen des Handgelenks sichtbar wird: Schmerzhafte Arthrose. Bei Arthrose des Pisotriquetralgelenks: Abhilfe durch Resektion des Pisiforme möglich.
- Die angeführten Maßnahmen wurden in Einzelfällen erfolgreich angewendet.

### Ergebnisse

Von 1993 bis 2001 wurden bei 62 Patienten 64 medio-karpale Teilarthrodesen durchgeführt. 26 der bis 1999 operierten Patienten wurden nach einem Beobachtungszeitraum von durchschnittlich 27 Monaten gemäß dem Cooney-Score sowie dem DASH-Score klinisch nachuntersucht.

Im Handgelenkscore nach Cooney et al. [2] werden Kraft und Bewegung im Vergleich zur Gegenseite ermittelt sowie Schmerzen und Funktion eingeschätzt; der beste Wert liegt bei 100 Punkten. Im „Disability-Arm-Shoulder-Score“ (DASH-Score) werden der Grad der Beeinträchtigung in Hinsicht auf Funktion und Beschwerden mit Hilfe eines Fragebogens nach den Angaben des Patienten ermittelt. Der optimale Wert ist 0, der schlechteste Wert 100 [3].

Der Cooney-Score besserte sich von durchschnittlich 46 Punkten präoperativ auf 76 Punkte postoperativ signifikant (t-Test für unverbundene Stichproben:  $t = 6,526$ ;  $p < 0,001$ ).

Der nur postoperativ ermittelte DASH-Wert lag im Durchschnitt bei 22 Punkten.

Der Bewegungsumfang des Handgelenks hatte sich mit durchschnittlich 64° Extension/Flexion und 30° Ul-

tion. In instances of proximal displacement of the triquetrum: resection of the triquetrum or correction of arthrodesis decreasing the combined triquetrum-hamate height. If the trapezium abuts against the radius: resection of the tip of the radial styloid process while taking care to protect the radioscapho-capitate ligament.

- The extensor digiti minimi tendon has not been adequately exposed: risk of intraoperative injury.
- The Kirschner wires are left in place beyond the period of immobilization even though they project into the intact carpal joint space and damage the cartilage, especially that of the pisotriquetral joint (note that this joint is only visible on oblique views of the wrist): painful arthrosis. If there is pisotriquetral arthrosis: possible relief by resection of the pisiform.
- All procedures mentioned above have been carried out successfully in individual cases.

### Results

From 1993 to 2001 we performed 64 midcarpal partial arthrodeses in 62 patients. 26 of the patients operated between 1993 and 1999 were followed up and clinically evaluated according to the Cooney Score and the DASH Score after a mean observation period of 27 months.

The wrist score according to Cooney et al. [2] records strength and range of motion and evaluates pain and function in comparison to the unaffected side; the best score is 100 points. The “Disability-Arm-Shoulder Score” (DASH Score) assesses the degree of restriction with regard to function and the symptoms with the help of a questionnaire and is based on the patient’s subjective assessment. The optimal value is 0, the worst value 100 [3].

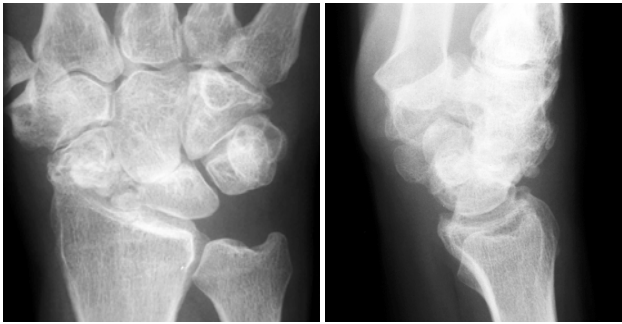
The Cooney Score significantly improved on average from 46 points preoperatively to 76 points postoperatively ( $p < 0.001$ ).

The DASH value, only recorded postoperatively, reached an average of 22 points.

The average range of motion of the wrist had hardly changed compared to the preoperative values: 64° extension/flexion and 30° ulnar/radial duction. In 15 patients, the postoperative range of motion was found to be even better than before.

Strength increased on average from 24 kg to 34 kg postoperatively.

On radiographs at the time of follow-up, the radioulnar joint space was preserved in all but two patients; a subchondral sclerosis was frequently visible (Figure 13).



**Abbildung 13a**  
Fortgeschrittener karpaler Kollaps bei alter Skaphoidpseudarthrose (44-jähriger Patient, K.-H.E.).

**Figure 13a**  
Advanced carpal collapse in the presence of a preexisting scaphoid pseudarthrosis (44-year-old patient, K.-H.E.).

nar-/Radialduktion kaum gegenüber dem präoperativen Wert verändert. Bei 15 Patienten war postoperativ die Beweglichkeit sogar etwas besser.

Die Kraft stieg von durchschnittlich 24 kg auf 34 kg postoperativ.

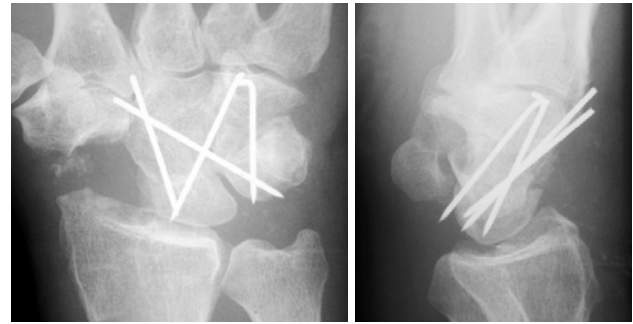
In den Röntgenbildern zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigte sich der radiolunäre Spalt bei allen Patienten bis auf zwei erhalten; häufig war eine subchondrale Sklerosierung zu erkennen (Abbildung 13).

29 Patienten wurden telefonisch befragt. Somit liegt die Gesamtzahl der erreichten oder nachuntersuchten Patienten bei 55, von denen 35 vollständig zufrieden, 13 zufrieden mit Einschränkung und sieben unzufrieden waren.

Vollkommen schmerzfrei, auch bei Belastung, waren 24 Patienten. Schmerzen unterschiedlichen Ausmaßes bei Belastung gaben 28, Schmerzen schon bei leichter Belastung oder Ruheschmerzen drei Patienten an.

Voll arbeitsfähig am alten Arbeitsplatz waren 26 Patienten, arbeitsfähig mit Einschränkung wegen des Handgelenks 14 und arbeitsunfähig sieben. An sich arbeitsfähig, aber bereits im Rentenalter waren acht Patienten.

Bei sorgfältiger Analyse der Ergebnisse [7] zeigte sich, dass das Operationsresultat entscheidend von der Beachtung der operationstechnischen Details abhing. So erzielten 17 der operierten Patienten ein optimales Resultat, d.h., sie waren sehr zufrieden, vollkommen schmerzfrei auch bei Belastung und voll arbeitsfähig am alten Arbeitsplatz. Wichtigste Voraussetzung für



**Abbildung 13b**  
Mediokarpale Arthrodesis unmittelbar postoperativ, hier noch mit der früher durchgeführten Interposition eines kleinen kortikospongösen Spans.

**Figure 13b**  
Radiograph of a midcarpal arthrodesis immediately after surgery showing an interposition of a small corticocancellous bone graft, a technique previously employed by us.



**Abbildung 13c**  
Nach 8 Jahren: Der radiolunäre Gelenkspalt ist erhalten, deutliche subchondrale Sklerosierung der lunären Facette des Radius. Schmerzfrei belastbares Handgelenk.

**Figure 13c**  
Radiograph taken 8 years postoperatively: the radiolunar joint space has been preserved, an obvious subchondral sclerosis of the lunar facet of the radius is present. No activity-related pain of the wrist.

Adding the 29 patients who were questioned over the telephone to the 26 followed-up patients, we found that 35 were completely satisfied, 13 were relatively satisfied, and seven were dissatisfied.

24 patients had no activity-related pain, 28 reported a certain amount of pain during activities, and three reported pain during minimal activities or at rest.

26 patients were fully capable of resuming their previous job, 14 were restricted in their work, and seven were unable to work. Eight patients were able to work but had already retired.

diesen Erfolg war die korrekte Einstellung des Lunatums (Abbildung 11). War das Lunatum in einer Dorsalkippung von  $> 10^\circ$  verblieben, wurde bei keinem der Patienten ein optimales Ergebnis erzielt (Abbildungen 9 und 10). Bei Chondrokalzinose als Ursache des karpalen Kollapses und nach komplexen Bandläsionen wie z.B. nach perilunärer Luxation waren häufig unbefriedigende Ergebnisse zu verzeichnen, so dass im Fall einer Chondrokalzinose die mediokarpale Teilarthrodesis nur in Betracht kommt, wenn das Handgelenk keiner schweren Belastung ausgesetzt wird.

Careful analysis of the results [7] revealed that the surgical outcome clearly depended on attention paid to details of the surgical technique. Analysis of our patients showed that 17 had achieved an optimal result, i.e., they were very satisfied, completely free of pain even during activities and capable of performing their previous work. The analysis of these 17 patients showed that the most important prerequisite for success was a correct positioning of the lunate (Figure 11). An optimal outcome was not achieved in any of the patients in whom the lunate had remained at a dorsal angle of  $> 10^\circ$  (Figures 9 and 10). If chondrocalcinosis was the cause of carpal collapse and if a complex ligamentous lesion was present, e.g., after perilunar dislocation, the results were frequently unsatisfactory. Consequently, a partial midcarpal arthrodesis can only be considered in patients with chondrocalcinosis who will be not be involved in heavy work.

#### Literatur – References

1. Ashmead D, Watson HK, Damon C, et al. Scapholunate advanced collapse wrist salvage. *J Hand Surg [Am]* 1994;19:741–50.
2. Cooney WP, Linscheid RL, Dobyns JH. Triangular fibrocartilage tears. *J Hand Surg [Am]* 1994;19:143–54.
3. 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.
4. Haußmann P. Langzeitergebnisse nach alloplastischem Teilersatz des Os scaphoideum. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999;31:200–6.
5. Krimmer H. Der posttraumatische Kollaps. Hefte zur Zeitschrift „Der Unfallchirurg“, Bd 280. Berlin: Springer, 2001.
6. Krimmer H, Sauerbier M, Vispo-Seara JL, et al. Fortgeschrittener karpaler Kollaps (Slac-Wrist) bei Skaphoidpseudarthrose. Therapiekonzept: mediokarpale Teilarthrodesis. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1992;24:191–8.
7. Tünnerhoff H-G, Haußmann P. Komplikationen nach mediokarpaler Teilarthrodesis – Versuch einer Fehleranalyse. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2003;35:288–98.
8. Watson HK, Ballet FL. The SLAC wrist: scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis. *J Hand Surg [Am]* 1984;9:358–65.
9. Watson HK, Brenner LH. Degenerative disorders of the wrist. *J Hand Surg [Am]* 1985;10:1002–6.
10. Watson HK, Ryu J. Evolution of arthritis of the wrist. *Clin Orthop* 1986;202:57–67.
11. Watson HK, Weinzweig J, Guidera PM, et al. One thousand intercarpal arthrodeses. *J Hand Surg [Br]* 1999;24:307–15.

#### Korrespondenzanschrift – Address for Correspondence

Dr. Heinrich-Geert Tünnerhoff  
 Im Bannmüller 8  
 D-71672 Marbach  
 Telefon (+49/7144) 101-6016, Fax -6015  
 E-Mail: HeinrichTuennerhoff@swol.de