Skaphoidfraktur und Skaphoidpseudarthrose

Das Skaphoid spielt eine zentrale Rolle für die Handgelenkfunktion und ist ein wichtiger Bestandteil der proximalen Handwurzelreihe [21, 22]. Es ist wesentlich für die Stabilität der Handwurzel und des Handgelenkes verantwortlich und nimmt an fast allen karpalen Bewegungen teil.

Aufgrund der zahlreichen Gelenkflächen im Verhältnis zu seiner Knochengröße weist das Skaphoid nur wenige knorpelfreie Areale auf. Hierüber finden Gefäße Eintritt für die auch für die Frakturversorgung wichtige Durchblutung.

Die Gefäßversorgung des Skaphoids erfolgt für das Tuberculum ossis scaphoidei und den distalen 20- bis 30%igen Skaphoidanteil aus den palmaren Ästen der A. radialis sowie des daraus hervorgehenden R. palmaris superficialis. Die proximalen 70–80 % des Skaphoids erhalten ihre Gefäßversorgung über die dorsale Knochenkante. Da der proximale Pol keine eigene, suffiziente Blutversorgung aufweist, treten nach unbehandelten Skaphoidfrakturen im proximalen Drittel 3- bis 6-mal häufiger Pseudarthrosen und ggf. auch avaskuläre Nekrosen auf [20, 24, 25].

Die Skaphoidfraktur entsteht häufig aufgrund einer Sportverletzung, ist jedoch auch im Rahmen eines Arbeitsunfalls möglich. Betroffen sind v. a. jüngere Menschen zwischen 20 und 40 Jahren, das Verhältnis Männer zu Frauen liegt dabei bei 6:1. Die Inzidenz liegt bei ca. 0,5 Promille pro Jahr [21].

Der typische Unfallmechanismus ist ein Sturz aus Körperhöhe auf das extendierte Handgelenk. Durch eine forcierte Extension, aber auch durch eine Ulnardeviation des Handgelenkes kommt es zu

einer dorsalen Subluxation des Medio-karpalgelenkes und somit zu einer vermehrten Belastung auf die palmare Kortikalis des Skaphoids. Das mittlere Skaphoiddrittel ist zu 60 % von einer Fraktur betroffen, das proximale und distale Skaphoiddrittel zu jeweils 15 % und das Tuberculum ossis scaphoidei zu 10 % [26, 27].

Diagnostik der Skaphoidfraktur

Neben der ausführlichen Anamnese des Unfallhergangs sind eine adäquate klinische und radiologische Diagnostik sowie eine primäre Computertomographie (CT)-Untersuchung durchzuführen.

Klinisch bestehen radialeitig ein geschwollenes Handgelenk sowie eine Druckschmerzhaftigkeit in der Tabatiere. Stauchungsschmerz am 1. Strahl und Bewegungseinschränkung bei Radialduktion und Hyperextension sind Hinweise auf eine mögliche Skaphoidfraktur.

Die radiologische Primärdiagnostik sollte die Projektionsradiographie mit den 3 standardisierten Aufnahmen (Handgelenk dorsopalmar und streng seitlich sowie die Stecher-Aufnahme) beinhalten. Zudem sollte zur Frakturdetektion als auch zur Klassifikation der Fraktur eine CT-Untersuchung in schräg-koronalen und schräg-sagittalen Submillimeterschichten erfolgen [26]. Mit State-of-the-Art-Scannern, die annähernd isotrope Voxel erzeugen (Schichtdicke 0,4–0,6 mm, Bildmatrix größer als 1024 × 1024), kann ein Volumendatensatz der gesamten Handwurzel akquiriert werden, und nachfolgend können schräg-sagittale und schräg-ko-

ronare Dünnschichten des Skaphoids rekonstruiert werden [33].

Eine Magnetresonanztomographie (MRT)-Diagnostik ist nur bei fehlendem Frakturnachweis trotz klinischer Symptomatik indiziert.

Klassifikation

Die Skaphoidfraktur kann zum einen nach Frakturverlauf und -lokalisierung und zum anderen nach Stabilitätskriterien eingeteilt werden.

Horizontale oder quere Frakturen sowie Frakturen im Bereich des distalen Drittels haben eine bessere Prognose als vertikale Frakturen und Frakturen im proximalen Drittel [28, 32].

Allgemein anerkannt ist die modifizierte Klassifikation nach Krimmer/Herbert (Abb. 1; [23]). Diese beurteilt die Stabilität der Skaphoidfraktur, basierend auf der CT (Typ A: stabil, Typ B: instabil) [13, 23]. Entsprechend dieser Einleitung lässt sich auch die Behandlungsform (konservativ vs. operativ) ableiten.

Therapie

Konservative Therapie

Alle stabilen Skaphoidfrakturen können konservativ therapiert werden.

Typ-A1/A2-Frakturen können in einem Gips für 4 Wochen (A1-Frakturen) bzw. 6 bis 8 Wochen (A2-Frakturen) ruhig gestellt werden. Ob ein Einschluss des Daumengrundgelenkes notwendig ist, ist fraglich, jedoch wird dies in vielen Abteilungen durchgeführt [7].

Anschließend erfolgt eine Röntgenkontrolle (in den 2 Standardebene-

Abb. 1 ◀ Modifizierte Klassifikation der Skaphoidfraktur nach Krimmer/Herbert [22]. Typ A: stabile Frakturen: A1 Fraktur des Tuberculum ossis scaphoidei, A2 nicht dislozierte oder inkomplette Fraktur im mittleren/distalen Drittel. Typ B: instabile Frakturen: B1 Schrägfraktur, B2 dislozierte Fraktur, B3 Fraktur im proximalen Drittel, B4 transskaphoidale perilunäre Luxationsfraktur. (Mit freundl. Genehmigung des Thieme Verlages Stuttgart [26])

Abb. 2 ◀ Fließdiagramm zur Therapie der Skaphoidfraktur unter Berücksichtigung der S3-Leitlinie. W/Wochen, OP Operation [2, 3]

+ Stecher-Aufnahme). Eine CT-Diagnostik wird frühestens nach 9 Wochen bei unsicherer Durchbauung empfohlen [3]. Zeigt sich hier noch keine suffiziente Frakturdurchbauung, ist zu entscheiden, ob eine weitere Ruhigstellung erfolgen muss oder ob eine operative Therapie notwendig ist [9]. Bei vollständiger knöcherner Durchbauung sollte mit einem Bewegungsaufbau unter physio- und ergotherapeutischer Anleitung für das Handgelenk begonnen werden.

Eine Vollbelastung wird frühestens nach 12 Wochen empfohlen.

Die **Abb. 2** zeigt unseren aktuellen Behandlungsalgorithmus unter Berücksichtigung der neu überarbeiteten S3-Leitlinie [2, 3].

Nicht dislozierte Skaphoidfrakturen können jedoch auch minimal-invasiv operativ versorgt werden, wenn der Patient schnell wieder seinen Alltagsaktivitäten nachkommen will und keine längere Ruhigstellung wünscht (**Abb. 3**).

Nach minimalinvasiver Skaphoidosteosynthese ist keine postoperative Ruhigstellung notwendig. Im Vergleich zwischen konservativer Therapie und minimalinvasivem Operationsverfahren zeigen aktuelle Studien, dass die operative Therapie die besseren Ergebnisse hinsichtlich Funktion und frühzeitiger Rückkehr zum Arbeitsplatz ermöglicht. Allerdings scheinen die Komplikationen etwas höher zu sein als bei der konservativen Therapie [15, 30, 34].

Operative Therapie

Alle instabilen, dislozierten Frakturen sollten aufgrund des hohen Pseudarthrosrisikos operativ versorgt werden. Insbesondere Typ-B3-Frakturen (proximale Skaphoidfrakturen) weisen ein 3- bis 6-mal häufigeres Risiko für Pseudarthrosen und avaskuläre Nekrosen auf [28, 29, 33].

Ziele der operativen Therapie sind eine stabile Frakturversorgung und die frühe Mobilisation, sodass eine schnelle Rückkehr ins Arbeitsleben möglich ist.

Die operative Technik zur Skaphoidstabilisierung richtet sich nach der Frakturlokalisation, dem Ausmaß und der Richtung der Dislokation, evtl. begleitenden Verletzungen und den Erfahrungen und Vorlieben des Operateurs [13, 23].

Die Versorgung von Frakturen im proximalen Drittel erfolgt üblicherweise von dorsal. Frakturen im mittleren und distalen Drittel werden meist von palmar in offener oder minimalinvasiver Technik operiert, sie können jedoch auch von dorsal operativ angegangen werden.

Das Prinzip der operativen Versorgung basiert nach wie vor auf der von Herbert entwickelten Doppelgewindeschraube, die intraossär versenkt wird [6, 13, 28].

Durch die aktuelle Weiterentwicklung kann bei nur geringer Dislokation meist ein minimalinvasives Verfahren mit kanülierten selbstbohrenden und selbstschneidenden Doppelgewindeschrauben erfolgen. Dies erlaubt das Einbringen der Schraube in einen bereits in das Skaphoid platzierten Kirschner-Draht und ermöglicht so eine exakte Positionierung. Es ist auf eine regelrechte und vollständige intraossäre und subchondrale Position der Schraube zu achten, sodass auf eine Materialentfernung nach knöcherner Konsolidierung verzichtet werden kann.

Frakturen des mittleren Drittels

Frakturen im Bereich der sog. Skaphoid-taille bilden die Mehrzahl aller Skaphoidfrakturen. Die operative Versorgung ist von dorsal und palmar möglich.

Bei unverschobenen oder wenig dislozierten Frakturen kann eine minimalinvasive Verschraubung von palmar erfolgen. Dabei wird der Führungsdraht perkutan nach Stichinzision oder über

Trauma Berufskrankh 2016 · [Suppl 4]: 18:S376–S385 DOI 10.1007/s10039-016-0147-4
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

A. Arsalan-Werner · M. Sauerbier · I. M. Mehling

Skaphoidfraktur und Skaphoidpseudarthrose

Zusammenfassung

Die Skaphoidfraktur ist mit 80 % die häufigste Fraktur des Karpus. Bei klinischem Verdacht einer Skaphoidfraktur muss eine radiologische Abklärung erfolgen, bis die Fraktur entweder festgestellt oder aber ausgeschlossen wurde. Eine primäre CT-Untersuchung ist dabei obligat. Die Skaphoidfrakturen werden anhand der CT-Klassifikation nach Krimmer/Herbert unterteilt. Je nach Frakturform ist ein konservatives oder operatives Vorgehen indiziert. Eine konservative Behandlung ist bei allen stabilen Skaphoidfrakturen möglich. Operativ sollten alle instabilen Bruchformen behandelt werden. Bei fehlender knöcherner Heilung und Entstehung einer Pseudarthrose

droht die Entwicklung einer Handgelenkarthrose. Konventionelle, nicht vaskularisierte Knochentransplantate eignen sich gut, um die Form und Länge des Skaphoids wiederherzustellen, sie sind jedoch weniger gut geeignet bei schon vorheriger fehlgeschlagener Operation sowie bei bestehender avaskulärer Nekrose des proximalen Pols. Weitere Therapieoptionen sind in diesen Fällen gestielte Knochentransplantate sowie freie vaskularisierte Knochentransplantate.

Schlüsselwörter

Osteosynthese · Karpus · Computertomographie · Operation · Knochentransplantat

Scaphoid bone fractures and pseudarthrosis

Abstract

Scaphoid fractures are common injuries and occur in approximately 80 % of carpal bone fractures. If a fracture of the scaphoid is clinically suspected precise radiological diagnostics are mandatory. A primary computed tomography (CT) scan can be used to detect occult fractures and to subdivide fractures according to the classification of Krimmer/Herbert. A conservative or surgical approach is indicated depending on the type of fracture. Conservative treatment is possible for all stable fractures of the scaphoid bone but all unstable fractures need to be treated operatively. In cases where healing

is impaired and nonunion occurs arthrosis of the wrist may follow. Conventional non-vascularized bone grafts are usually the treatment of choice for reconstruction of the shape and length of the scaphoid bone but are less suitable in cases of previously failed operations or avascular necrosis of the proximal pole. Further therapy options are pedicled bone grafts and free vascularized bone grafts.

Keywords

Osteosynthesis · Carpal bones · Computed tomography · Surgery · Bone graft

einen bis zu 1 cm langen Hautschnitt palmar radialseitig, über dem mittels Bildwandlerkontrolle markierten Skaphotrapezial (ST)-Gelenk zwischen Skaphoid und Trapezium eingebracht werden. Der Führungsdraht wird anschließend unter Bildwandlerkontrolle in Längsrichtung des Skaphoids nach proximal vorgebohrt. Bei regelrechter Lage des Drahtes erfolgt die Längenmessung (meist liegt die Schraubenlänge bei 22–24 mm). Selbstbohrende und selbstschneidende kanülierte Skaphoidschrauben können nun direkt über den Kirschner-Draht eingebracht werden. Beim Eindrehen der Schraube ist auf eine spürbare Kompression des Frakturspaltes und einer

guten Verankerung der Gewinde zu achten. Nach Röntgenkontrolle erfolgen der Wundverschluss sowie die Anlage eines stabilen elastischen Verbandes [6, 13, 28, 32, 35, 36].

Vorteile der minimalinvasiven Operationstechniken sind, dass die palmaren Bandstrukturen intakt bleiben und eine Ruhigstellung normalerweise nicht notwendig ist [28].

Bei stärker dislozierten Frakturen ist die offene Operationstechnik Therapie der Wahl.

Frakturen des proximalen Drittels

Alle Frakturen im proximalen Skaphoid-drittel sind als instabil zu werten und soll-

Abb. 3 ▲ 20 Jahre alter aktiver Sportler mit nicht dislozierter Skaphoidfraktur des mittleren Drittels (A2-Fraktur). Der Patient entschied sich für eine minimalinvasive Verschraubung. **a** Präoperatives CT. **b** Minimalinvasiver Zugang von palmar. **c** Retrogrades Einbringen der Kirschner-Drahtes. **d** Einbringen der kanülierten Schraube über den Kirschner-Draht. **e–g** Postoperative Röntgenbilder in e a.-p., f streng seitlicher sowie g Stecher-Aufnahme. **h** CT nach 12 Wochen zeigt eine gut geheilte Skaphoidfraktur (Mit freundl. Genehmigung [1])

ten operativ versorgt werden [10]. Da der proximale Skaphoidpol keine eigenständige Blutversorgung aufweist, kommt es bei proximalen Skaphoidfrakturen gehäuft zu Pseudarthrosen und avaskulären Nekrosen.

Das Verfahren der Wahl ist die antegrade Verschraubung von dorsal mittels kanülierter Schraube. Hierbei erfolgt der Hautschnitt radiokarpal im schrägen Verlauf der Extensor-pollicis-longus-Sehne mit Eröffnung des 3. Strecksehnenfachs. Der Skaphoidpol kann nach Eröffnen des 2. Strecksehnenfachs und der Handgelenkkapsel im Bereich des Lig. radiotriquetrum dorsale dargestellt werden. Um eine gute Sicht auf die Fraktur zu erhalten, ist eine maximale Flexion des Handgelenkes notwendig. Eine Minischraube mit kleinerem Gewinde lässt sich häufig besser im proximalen

Pol verankern und wird deshalb für die Versorgung von proximalen Polfrakturen bevorzugt verwendet. Zunächst wird ein für die kanülierte Minischraube vorgesehener Kirschner-Draht (Durchmesser 0,8–0,9 mm) unter Röntgenkontrolle parallel zur Längsachse des Skaphoids eingebracht. Als Zielorientierung dient dabei die Verlängerung des in Abduktion gehaltenen Daumens bei maximal gebeugtem Handgelenk. Auch bei der intraoperativen Bildwandlerkontrolle ist zu beachten, dass das Handgelenk stets in Flexion gehalten werden muss, um ein Abknicken des Führungsdrahtes zu vermeiden. Klinisch sollte auf eine streng subchondrale Lage der Schraube geachtet werden, da der Platz zur Verankerung der Schraube im proximalen Fragment sehr gering ist, aber das Gewinde der

Schraube vollständig proximal des Frakturspaltes platziert sein muss (Abb. 4).

Nach erfolgter Röntgenkontrolle werden die Handgelenkkapsel und Strecksehnenfächer rekonstruiert, und die Haut wird verschlossen. Die postoperative Ruhigstellung sollte bei Osteosynthese der proximalen Polfraktur mittels Minidoppelgewindeschrauben und regelrechtem Verlauf etwa 6 Wochen betragen [3].

Frakturen des distalen Drittels

Frakturen des distalen Drittels sind selten disloziert, und die Perfusion ist gut, so dass meist eine konservative Behandlung möglich ist [31]. Die seltenen instabilen Frakturen des distalen Drittels werden in Analogie zu denen des mittleren Drittels über einen palmaren Zugang versorgt.

Die Osteosynthese der frischen Kahnbeinfraktur mit einer winkelstabilen Ska-

Abb. 4 ▲ 24 Jahre alter Patient mit Fraktur des proximalen Pols (B3-Fraktur). **a–c** Präoperatives CT und Röntgenbilder (a.-p. und streng seitliche Aufnahme). **d, e** Intraoperative Fluoreszenzbilder mit antegrad eingeführtem Kirschner-Draht. **f, g** Intraoperative Fluoreszenzbilder nach Schraubenplatzierung. **h–l** CT und Röntgenbilder (a.-p., streng seitliche sowie Stecher-Aufnahme) nach 4 Monaten zeigen eine gut verheilte B3-Fraktur (Mit freundl. Genehmigung [1])

phoidplatte bleibt speziellen Indikationen wie komplexen Keil- oder Mehrfragmentfrakturen des Kahnbeins vorbehalten [1, 4]. Auch bei Frakturen mit vorbestehenden zystischen Veränderungen kann die Plattenosteosynthese eingesetzt werden (■ **Abb. 5**).

Die sog. B4-Fraktur (transskaphoidale perilunäre Luxationsfraktur) ist ein Sonderfall und als Notfall zu behandeln. Es sollte eine zeitnahe Versorgung nach dem Unfallgeschehen mit rascher Reposition der luxierten Handwurzelknochen sichergestellt werden. Die operative Versorgung erfolgt meist von dorsal mit Osteosynthese des Skaphoids und Versorgung der vorliegenden Bandverletzungen sowie postoperativer Ruhigstellung für mindestens 8 Wochen im Unterarmcast

mit Einschluss des Daumengrundgelenkes.

Skaphoidpseudarthrose

Eine normale knöcherne Heilung der Skaphoidfraktur besteht dann, wenn die knöcherne Konsolidierung nach 12 Wochen abgeschlossen ist. Von einer verzögerten Heilung („delayed union“) spricht man, wenn die knöcherne Konsolidierung der Skaphoidfraktur erst nach 13 bis 24 Wochen eintritt. Eine Skaphoidpseudarthrose wird definiert als fehlende knöcherne Heilung nach 24 Wochen.

Häufige Ursachen für eine Skaphoidpseudarthrose sind eine nicht entdeckte Skaphoidfraktur, eine unzureichende Im-

mobilisation, eine starke Fragmentdislokation ohne oder mit karpaler Gefügestörung sowie die proximale Skaphoidfraktur. Die Skaphoidpseudarthrose wird in der Literatur mit zwischen 5 und 15 % beschrieben [5, 8, 9, 11]. Im weiteren Verlauf kommt es nach Pseudarthrosenbildung zu einer periskaphoidalen Arthrose mit Ausbildung eines sog. SNAC („Scaphoid-Nonunion Advanced Collapse“)-Wrist [11].

Bei der klinischen Untersuchung berichten die Patienten mit Skaphoidpseudarthrose häufig über Schmerz bei Radialduktion sowie einen Stauchungsschmerz des Daumenstrahls. Im weiteren Verlauf kommt es bei zusätzlich bestehender karpaler Arthrose zu belastungsabhängigen Schmerzen im Handgelenkbereich sowie

Abb. 5 ▲ 45 Jahre alter Patient mit vorbestehender großer Zyste im Skaphoid und akuter Skaphoidfraktur. **a, b** Präoperatives CT. **c, d** Intraoperative Fluoreszenzbilder nach Auffüllen der Zyste mit Beckenkammspongiosa und Reposition sowie Osteosynthese der Fraktur mit Skaphoidplatte (Medartis AG, Basel, Schweiz). **e, f** Im CT zeigt sich 4 Monate postoperativ eine gut geheilte Skaphoidfraktur (Mit freundl. Genehmigung [1])

Abb. 6 ▲ Klassifikation der Skaphoidpseudarthrose. (Mod. nach Herbert und Filan; mit freundl. Genehmigung des Thieme Verlages Stuttgart; [1])

Abb. 7 ▲ Skaphoidpseudarthrose Typ D2 nach nicht behandelter Typ-B3-Fraktur rechts. Offene Reposition von dorsal mit kortikospongiosöm Span aus dem distalen Radius und Osteosynthese mittels SpeedTip® CCS-Schraube (3,0, 24 mm; Medartis AG, Basel, Schweiz). **a–c** Präoperative CT- und MRT-Diagnostik (**a**, **b** CT, **c** MRT mit Kontrastmittel, Fragmente vital). **d–f** Postoperative Röntgenkontrolle (**d** p.-a.-Aufnahme, **e** seitliche Aufnahme, **f** Stecher-Aufnahme). **g–h** Postoperative Röntgenkontrolle (**g** Stecher-Aufnahme, **h** seitliche Aufnahme). (Mit freundl. Genehmigung des Thieme Verlages Stuttgart [26])

zu einer Bewegungseinschränkung mit Schwellungsneigung.

Wie bei dem Verdacht einer frischen Skaphoidfraktur so ist auch bei Diagnostik der Skaphoidpseudarthrose die Basisdiagnostik die nativ-radiologische Untersuchung in dorsopalmarer und seitlicher Projektion in Neutralstellung

sowie die Aufnahme nach Stecher. Zur weiteren Diagnostik sollte ebenfalls zeitnah eine hochauflösende Dünnschicht-CT-Untersuchung in schräg-sagittalen Schichten parallel zur Längsachse des Skaphoids erfolgen.

Zur besseren Beurteilung der medullären und ossären Vitalität v. a.

des proximalen Kahnbeinfragmentes sollte bei dem Verdacht einer Perfusionsproblematik zusätzlich eine MRT-Untersuchung mit Kontrastmittelgabe durchgeführt werden.

Abb. 8 ▲ Freier, vaskularisierter Knochenspan aus der medialen Femurkondyle zur Versorgung einer Skaphoidpseudarthrose mit kanülierter Schraube bei avitalen Fragmenten. **a** Gefäßversorgung an der medialen Femurkondyle. **b–c** Präoperative radiologische Diagnostik (**b** p.-a.-Aufnahme, **c** CT). **d–g** Intraoperative Bilder mit Darstellung der Planung und Hebung des freien, vaskularisierten Knochenspanns aus der medialen Femurkondyle. **h–l** intraoperative Durchleuchtungsbilder und Fotos der Anastomosierung. **m, n** Radiologische Kontrolle 4 Monate postoperativ (**m** p.-a.-Aufnahme, **n** CT) mit knöchern eingeeiltem Femurspan. (Mit freundl. Genehmigung des Thieme Verlages Stuttgart [26])

Klassifikation der Skaphoidpseudarthrose

Herbert und Filan [12] unterscheiden zwischen den Typ-C-Skaphoidfrakturen mit verzögerter knöcherner Heilung („Delayed Union“) und dem Typ D ohne erkennbare knöcherner Heilung der Pseudarthrose („Established Nonunion“; **Abb. 6**).

Beim Typ C zeigt sich radiologisch ein Resorptionsband an beiden Fragmenten parallel zum Frakturspalt verlaufend. Dieses Stadium ist potenziell reversibel.

Typ D unterscheidet 4 Subtypen:

- D1: straffe Pseudarthrose, gekennzeichnet durch eine stabile bindegewebige Überbrückung, ohne karpale Deformität,
- D2: Pseudarthrosespalt ohne Bindegewebe mit instabilen Fragmenten und beginnender Deformität,
- D3: Sklerosierung entlang des Pseudarthrosespalt und zunehmender Deformität,
- D4: Pseudarthrose mit avaskulärem proximalem Fragment und karpaler Deformität.

Operative Therapie

Die therapeutischen Möglichkeiten bei bestehender Pseudarthrose sind abhängig vom Stadium der Pseudarthrose und im Wesentlichen davon, ob das proximale Fragment perfundiert ist.

Operatives Vorgehen bei vitalen Fragmenten

Spongiosaplastik nach Matti-Russe.

Über einen palmaren Zugang wird ein kortikospongiöser Span in den ausgehöhlten Pseudarthrosespalt eingebracht. Der kortikospongiöse Span wird meist aus dem Beckenkamm oder aus dem distalen Radius entnommen. Bei ausgeprägter Fragmentdislokation werden zusätzlich zur Fixierung Kirschner-Drähte verwendet [16].

Postoperativ erfolgt eine Ruhigstellung im Unterarmcast mit Einschluss des Daumengrundgelenkes für ca. 8 bis 10 Wochen.

Formwiederherstellende Verfahren bei vitalen Fragmenten. Hierbei erfolgte das Einbringen eines kortikospongiösen Blockes nach Ausräumung und Auffrischung der Pseudarthrose. Der kortikospongiöse Span wird aus dem Beckenkamm oder aus dem distalen Radius entnommen und so modelliert, dass eine vorbestehende Humpback-Deformität ausgeglichen werden kann. Bei Pseudarthrosen im mittleren Skaphoiddrittel bevorzugen wir den palmaren Zugang, bei Pseudarthrosen im Bereich des proximalen Drittels den dorsalen Zugang. Die Fixierung erfolgt meist mittels kanülierter, selbstschneidender Schraube. Die Osteosynthese mittels Skaphoidplatte kommt dann zum Einsatz, wenn eine Skaphoidrekonstruktion mit Schraubenosteosynthese aufgrund der schlechten knöchernen Struktur des Skaphoids technisch nicht möglich ist (**Abb. 7**). Die Ruhigstellungsdauer beträgt ca. 6 bis 8 Wochen.

Operatives Vorgehen bei minderperfundierten Skaphoidanteilen oder nach fehlgeschlagenen Voreingriffen

Bei persistierender Pseudarthrose bzw. bei minderperfundiertem proximalem Fragment sind revaskularisierende Maßnahmen indiziert. Zum einen können hierzu gefäßgestielte kortikospongiöse Knochenblöcke z. B. aus dem Radius verwendet werden und zum anderen freie vaskularisierte Knochentransplantate wie die freie mediale Femurkondylentransplantation (**Abb. 8**; [14, 16, 17, 18, 19, 37, 38]).

Fazit für die Praxis

- Die minimalinvasive Verschraubung ist eine verlässliche Behandlungsmethode bei frischen Skaphoidfrakturen Typ A2, B1, B2 und ggf. auch B3 nach Krimmer/Herbert. Zwingend notwendig ist die präoperative CT-Diagnostik.
- Skaphoidfrakturen im proximalen Drittel sollten von dorsal operativ versorgt werden, Frakturen im mittleren Drittel von palmar oder dorsal. Ein operativ offenes Vorgehen ist bei intraoperativen Problemen sowie bei

stark dislozierten, sehr instabilen und Trümmerfrakturen indiziert. Neuere Implantate mit selbstschneidender und selbstbohrender Schraube erleichtern das operative Vorgehen. Bei Problemfrakturen ist eine winkelstabile Skaphoidplatte möglich.

- Bei der Skaphoidpseudarthrose eignen sich konventionelle, nicht vaskularisierte Knochentransplantate, um Form und Länge des Skaphoids wiederherzustellen. Bei fehlgeschlagener Versorgung sowie bei avaskulärer Nekrose des proximalen Pols können gestielte Knochentransplantate vom distalen Radius sowie freie vaskularisierte Knochentransplantate zur Therapie eingesetzt werden.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Dr. med. habil. M. Sauerbier

Abteilung für Plastische, Hand- und Rekonstruktive Chirurgie, Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Frankfurt am Main
Friedberger Landstr. 430,
60389 Frankfurt am Main, Deutschland
pc-hc@bgu-frankfurt.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Prof. Dr. Dr. M. Sauerbier hat einen Berater-Vertrag mit der Medartis AG, Basel, Schweiz. PD Dr. I.M. Mehling und Dr. A. Arsalan-Werner haben keinen Interessenskonflikt.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Arsalan-Werner A, Sauerbier M, Mehling IM (2016) Current concepts for the treatment of acute scaphoid fractures. Eur J Trauma Emerg Surg 42:3–10
2. Arsalan-Werner A, Sauerbier M, Mehling IM (2016) Was gibt es neues in der Handchirurgie. Buchkapitel in: Jähne et al. (Hrsg): Was gibt es Neues in der Chirurgie? Jahresband 2016. ecomed Medizin. 1. Auflage.
3. AWMF (2015) Leitlinien Skaphoid. <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/012-016.html>. Zugriffen: 10. April 2016
4. Bain GI, Turow A, Phadnis J (2015) Dorsal Plating of Unstable Scaphoid Fractures and Nonunions. Tech Hand Up Extrem Surg 19:95–100

5. Baumeister HH, Greinemann H (1989) Conservative treatment of scaphoid bone fracture of the wrist. *Unfallchirurg* 92:175–179
6. Brauer RB, Dierking M, Werber KD (1997) Use of the Herbert screw with the freehand method for osteosynthesis of acute scaphoid fracture. *Unfallchirurg* 100:776–781
7. Buijze GA, Goslings JC, Rhemrev SJ et al (2014) Cast immobilization with and without immobilization of the thumb for nondisplaced and minimally displaced scaphoid waist fractures: a multicenter, randomized, controlled trial. *J Hand Surg Am* 39:621–627
8. Choudry UH, Bakri K, Moran SL et al (2008) The vascularized medial femoral condyle periosteal bone flap for the treatment of recalcitrant bony nonunions. *Ann Plast Surg* 60:174–180
9. Dias JJ, Taylor M, Thompson J et al (1988) Radiographic signs of union of scaphoid fractures. An analysis of inter-observer agreement and reproducibility. *J Bone Joint Surg Am* 70:299–301
10. Geissler WB, Adams JE, Bindra RR et al (2012) Scaphoid fractures: what's hot, what's not. *J Bone Joint Surg Am* 94:169–181
11. Herbert TJ (1990) *The fractured scaphoid*. Quality Medical Publishing, Inc, St. Louis, Missouri
12. Herbert TJ, Filan SL (1999) Proximal scaphoid nonunion-osteosynthesis. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 31:169–173
13. Herbert TJ, Fisher WE (1984) Management of the fractured scaphoid using a new bone screw. *J Bone Jt Surg* 66:114–123
14. Hertel R, Masquelet AC (1989) The reverse flow medial knee osteoperiosteal flap for skeletal reconstruction of the leg. Description and anatomical basis. *Surg Radiol Anat* 11:257–262
15. Ibrahim T, Qureshi A, Sutton AJ et al (2011) Surgical versus nonsurgical treatment of acute minimally displaced and undisplaced scaphoid waist fractures: pairwise and network meta-analyses of randomized controlled trials. *J Hand Surg Am* 36:1759–1768
16. Jones DB Jr, Burger H, Bishop AT (2008) Treatment of scaphoid waist nonunions with an avascular proximal pole and carpal collapse. A comparison of two vascularized bone grafts. *J Bone Jt Surg* 90:2616–2625
17. Jones DB, Burger H, Bishop AT (2009) Treatment of scaphoid waist nonunions with an avascular proximal pole and carpal collapse. Surgical technique. *J Bone Jt Surg* 91(Suppl 2):169–183
18. Jones DB Jr., Bishop AT, Moran SL (2010) Free-vascularized medial femoral condyle bone transfer in the treatment of scaphoid nonunions. *Plast Reconstr Surg* 125:1176–1184
19. Just-Kovac L, Innocenti M, Sauerbier M (2011) Möglichkeiten und Ergebnisse der (freien) vaskularisierten Knochentransplantation im Handbereich. *Obere Extremität* 6:189–198
20. Karle B, Mayer B, Kitzinger HB et al (2005) Scaphoid fractures—operative or conservative treatment? A CT-based classification. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 37:260–266
21. Krakauer JD, Bishop AT, Cooney WP (1994) Surgical treatment of scapholunate advanced collapse. *J Hand Surg* 19:751–759
22. Krimmer H, Sauerbier M, Vispo-Seara JL et al (1992) Advanced carpal collapse (SLAC-wrist) in scaphoid pseudarthrosis. Therapy concept: medio-carpal partial arthrodesis. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 24:191–198
23. Krimmer H, Schmitt R, Herbert T (2000) Scaphoid fractures—diagnosis, classification and therapy. *Unfallchirurg* 103:812–819
24. Kuhlmann JN, Mimoun M, Boabighi A et al (1987) Vascularized bone graft pedicled on the volar carpal artery for non-union of the scaphoid. *J Hand Surg Br* 12:203–210
25. Lennert KH, Contzen H (1988) Conservative treatment of fractures of the scaphoid bone—indications. *Unfallchirurgie* 14:148–150
26. Mehling IM, Sauerbier M (2013) Scaphoid fractures and pseudarthrosis of the scaphoid. *Z Orthop Unfall* 151:639–660
27. Muller M, Chen ZB, Al Morshidy A et al (2006) Postoperative CT-controlled results of renewed osteosynthesis using screw fixation for acute scaphoid fractures. *Unfallchirurg* 109:185–192
28. Muller M, Germann G, Sauerbier M (2008) Minimal invasive screw fixation and early mobilization of acute scaphoid fractures in the middle third: operative technique and early functional outcome. *Tech Hand Up Extrem Surg* 12:107–113
29. Reigstad O, Grimsgaard C, Thorkildsen R et al (2012) Scaphoid non-unions, where do they come from? The epidemiology and initial presentation of 270 scaphoid non-unions. *Hand Surg* 17:331–335
30. Schädel-Höpfner M, Marent-Huber M, Sauerbier M et al (2010) Operative versus conservative treatment of non-displaced fractures of the scaphoid bone. Results of a controlled multicenter cohort study. *Unfallchirurg* 113(804):806–813
31. Schädel-Höpfner M, Prommersberger KJ, Eisen-schen A et al (2010) Treatment of carpal fractures. Recommendations of the Hand Surgery Group of the German Trauma Society. *Unfallchirurg* 113:741–754 (quiz 755)
32. Schaefer M, Siebert HR (2002) Fracture of the semilunar bone. *Unfallchirurg* 105:540–552 (quiz 543–552)
33. Schmitt R, Lanz U (2015) *Bildgebende Diagnostik der Hand*, 3. Aufl. Thieme, Stuttgart
34. Shen L, Tang J, Luo C et al (2015) Comparison of operative and non-operative treatment of acute undisplaced or minimally-displaced scaphoid fractures: a meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS ONE* 10:e0125247
35. Slade JF 3rd, Grauer JN, Mahoney JD (2001) Arthroscopic reduction and percutaneous fixation of scaphoid fractures with a novel dorsal technique. *Orthop Clin North Am* 32:247–261
36. Soubeyrand M, Biau D, Mansour C et al (2009) Comparison of percutaneous dorsal versus volar fixation of scaphoid waist fractures using a computer model in cadavers. *J Hand Surg* 34:1838–1844
37. Yamamoto H, Jones DB Jr., Moran SL, et al (2010) The arterial anatomy of the medial femoral condyle and its clinical implications. *J Hand Surg* 35:569–574
38. Zaidenberg C, Siebert JW, Angrigiani C (1991) A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion. *J Hand Surg* 16:474–478