

Knöcherner Verletzungen der Handwurzel

Diagnostik, Therapie und Verletzungsfolgen

Obschon seltener als die distale Unterarmfraktur, gehören die Frakturen der Handwurzel zum klinischen Alltag der Traumatologie. Der Unfallmechanismus ist, ähnlich wie bei distalen Unterarmfrakturen, meistens ein Sturz auf die gestreckte Hand. Handwurzelfrakturen kommen auch als Begleitläsion anderer Verletzungen der oberen Extremität vor [14]. Von allen Frakturen der Handwurzelknochen ist die Kahnbeinfraktur mit Abstand am häufigsten (Anteil etwa 90%, **Tab. 1**).

Die Folgen einer übersehenen Verletzung können gravierend sein und führen oft zu irreversiblen Funktionseinschränkungen der Hand und des Arms. Essenziell sind die zeitnahe Erkennung der Verletzung und Einleitung der adäquaten Therapie.

Anatomie

Die Handwurzel besteht aus 8 Handwurzelknochen, die miteinander artikulieren und durch Ligamente im Verbund stehen. Sie bilden 2 Reihen und stellen die mechanische Verbindung zwischen Hand und Unterarm her. Die distale Reihe besteht aus dem Os trapezium, dem Os trapezoidum, dem Os capitatum und dem Os hamatum. Die übrigen Knochen bilden die proximale Handwurzelreihe. Das Skaphoid fungiert als eine Brücke zwischen diesen beiden Reihen.

Diese komplexe und dreidimensionale Anatomie entspricht funktionell einer Ringstruktur [24]. Wird sie durchtrennt, resultiert unmittelbar eine ausgepräg-

te Störung des Bewegungsablaufs einzelner Handwurzelknochen und somit des Handgelenks [23].

Diagnostik

Anamnese und Klinik

Der typische Unfallmechanismus beim direkten Trauma ist der mit der Hand abgefangene Sturz auf den Arm. Hierbei kommt es zu einer forcierten Hyperextension oder Hyperflexion. Aber auch indirekte Traumen, wie Anprall-, Rasanz- oder Quetschtraumen, können Frakturen der Handwurzel verursachen. Etwas Vorschäden oder auch Unfälle in der Eigenanamnese müssen gezielt erfragt werden.

Bei der Untersuchung der verletzten Hand sind Hinweise für Schwellungen, Hämatome und Fehlstellungen besonders zu beachten. Oft lässt sich der Hauptschmerzpunkt direkt über dem verletzten Knochen palpieren. Das Hauptsymptom ist meist die schmerzhafte Bewegungseinschränkung.

Bei der Kahnbeinfraktur kann ein Stauchungsschmerz des ersten Strahls, aber auch der Druckschmerz über der Tabatiere hinweisend sein.

Bildgebung

Die konventionelle Röntgenaufnahme des Handgelenks in 2 Ebenen (p.-a. und seitlich) ist obligat durchzuführen. Für die Beurteilung der knöchernen Struktur

des Kahnbeins ist die Aufnahme in Faustschluss und Ulnaruktion (sog. Stecher-Aufnahme) hilfreich, hier wird das Kahnbein filmparallel in seiner ganzen Länge abgebildet. Die Aufnahme in Hyperpronation vervollständigt das sog. Kahnbein-quartett.

Eine genauere Diagnostik des Frakturverlaufs und eventueller Dislokationen erlaubt eine Dünnschicht-CT (CT: Computertomographie) der Handwurzel in Längsrichtung des Kahnbeins ([4, 20], **Abb. 1**).

Die MRT-Untersuchung (MRT: Magnetresonanztomographie) spielt bei der Diagnostik frischer knöcherner Läsionen der Handwurzel eine untergeordnete Rolle, durch die ähnliche Bildmorphologie von Mikrofrakturen und echten Bruchverletzungen sind Fehlinterpretationen nicht selten. Bei lang zurückliegenden Verletzungen oder aber nach einer Therapie kann das MRT wertvolle Hinweise in der Beurteilung der Knochendurchblutung geben [2, 3, 7].

Klassifikation der Kahnbeinfraktur

Üblicherweise wurde für Kahnbeinfrakturen die Klassifikation nach Herbert verwendet (**Abb. 2**, [11]). Durch die genauere Diagnostik mittels Dünnschicht-CT ist deren Modifikation nach Krimmer et al. [15] zu bevorzugen, aus welcher auch direkt Rückschlüsse auf eine Operationsindikation ableitbar sind. Dabei werden die Kahnbeinfrakturen in stabile A- und

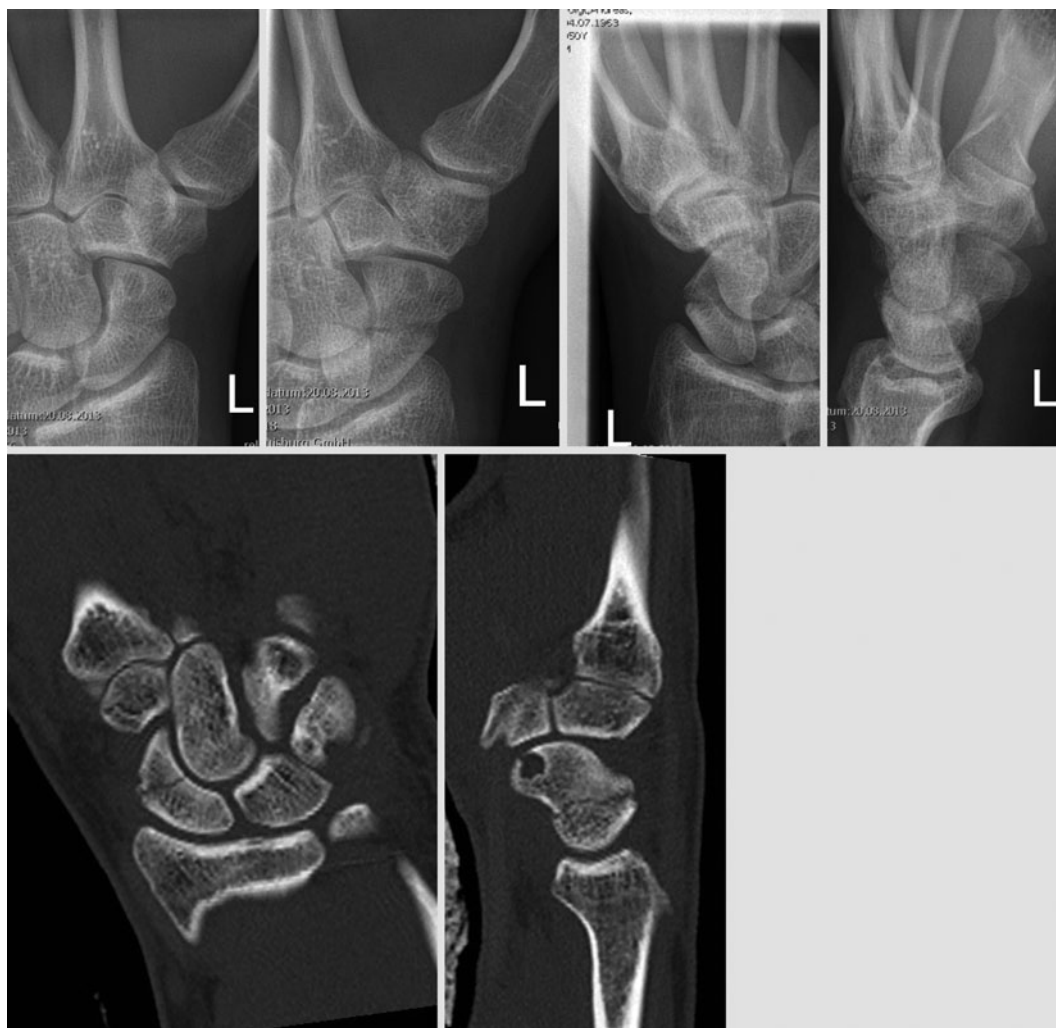


Abb. 1 ◀ Nicht dislozierte Kahnbeinfraktur (A2 nach Krimmer et al. [15]) bei begleitender Zystenbildung im Kahnbein, sog. Kahnbeinuartett (*oben*) und Dünnschichtcomputertomographie (*unten*) mit besserer Zuordnung der Zystenlage zum Frakturspalt

instabile B-Frakturen eingeteilt. Erstere können konservativ behandelt werden, die B-Frakturen sollten operativ stabilisiert werden (■ **Tab. 2**).

Therapie der Handwurzelfrakturen

Kahnbeinfraktur

Konservative Therapie

Orientiert man sich am CT, lassen sich die stabilen A-Frakturen konservativ durch Schienenruhigstellung behandeln. Dabei ist die Unterarmgipsruhigstellung ausreichend, da sie keine Nachteile gegenüber der Ruhigstellung im Oberarmgips beinhaltet [1, 22]. Der Einschluss des Daumengrundgelenks wird zwar kontrovers diskutiert, zur Vermeidung einer zu frühen Belastung, die mit einer Frakturdislokation einhergehen kann, bevorzugen

wir ihn für die Dauer der Ruhigstellung [9, 21].

Von der 12-Wochen-Regel kann bei dieser Indikationsstellung zur konservativen Therapie Abstand genommen werden, nach 6-wöchiger Ruhigstellung erfolgen die Röntgenkontrolle als Kahnbeinuartett, bei knöcherner Durchbauung die Freigabe und krankengymnastische Beübung.

Aufgrund der schnelleren Rehabilitation und der günstigen Ergebnisse nach perkutaner Verschraubung sollte mit den Patienten mit einer A2-Fraktur nach Krimmer et al. [15] alternativ auch die operative Stabilisierung besprochen werden.

Operative Therapie

Die von Herbert u. Fisher [12] veröffentlichte Methode der Verschraubung durch eine Doppelgewindeschraube ist das am

häufigsten verwendete Osteosyntheseverfahren. Die Schrauben wurden konsequent technisch weiterentwickelt, sodass heute eine recht große Auswahl verschiedener Implantate zur Verfügung steht. Allen Doppelgewindeschrauben gemein ist die Versenkbarkeit des Kopfes, dies ist auch für die anderen Implantate zu fordern, da mehr als 2/3 der Kahnbeinoberfläche von Knorpel überzogen sind und die Osteosynthese in der Regel durch eine knorpelüberzogene Fläche hindurch erfolgt. Moderne Implantate sind kanüliert und haben selbstschneidende Gewinde. Das biomechanische Grundprinzip ist der unterschiedliche Gewindeanstieg der beiden durch den gewindelosen Anteil der Schraube getrennten Gewinde. Dies setzt aber auch die korrekte, komplett intraossäre Platzierung des ersten Gewindes im Fragment voraus, bevor das zweite Gewinde mit dem geringeren

Tab. 1 Sammelstatistik zur Häufigkeit der einzelnen Handwurzelfrakturen

	Anzahl	Anteil (%)
Skaphoid	1826	89,24
Lunatum	14	0,68
Triquetrum	152	7,42
Pisiforme	11	0,53
Trapezium	15	0,73
Trapezoideum	6	0,29
Capitatum	8	0,39
Hamatum	14	0,68
Insgesamt	2046	100

Tab. 2 Einteilung der Kahnbeinfrakturen. (Nach [15], in Anlehnung an [11])

Typ	Stabile Frakturen	A1	Tuberkelfrakturen
A		A2	Undislozierte Frakturen mit quere Verlauf im mittleren oder distalen Drittel
		B1	Lange Schrägfrakturen
B	Instabile Frakturen	B2	Dislozierte oder klaffende Frakturen
		B3	Frakturen des proximalen Drittels
		B4	Transskaphoidale perilunäre Luxationsfraktur

Tab. 3 Stadiengerechte Therapie der Handwurzelveränderungen nach Kahnbeinfraktur

Stadium	SNAC-Wrist
I	Skaphoidrekonstruktion Gegebenenfalls Resektion des Processus styloideus radii
II	Mediokarpale Teilarthrodese oder Entfernung der proximalen Handwurzelreihe (PRC)
III	Mediokarpale Teilarthrodese

PRC „proximal row carpectomy“, *SNAC* „scaphoid nonunion advanced collapse“

Gewindeanstieg den anderen Knochenteil passiert, um eine Kompression zu bewirken. Die Mehrzahl der Kahnbeinfrakturen im eigenen Krankengut konnte minimalinvasiv verschraubt werden [6, 16, 17, 19]. Dazu wird über eine Stichinzision auf der Beugeseite des skaphotrapezoidalen Gelenks ein Führungsdraht in Längsachse des Kahnbeins eingebracht. Eine Bildwandlerkontrolle ist bei diesem Verfahren obligat, um eine korrekte Schraubenlage und eine ausreichende Frakturkompression zu gewährleisten (■ **Abb. 2**).

Trauma Berufskrankh 2014 · 16[Suppl 1]:121–128 DOI 10.1007/s10039-013-2027-5
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

P.G. Juten · L. Mannil · H.H. Homann · F. Jostkleigrewe
Knöcherne Verletzungen der Handwurzel. Diagnostik, Therapie und Verletzungsfolgen

Zusammenfassung

Pathogenese und epidemiologische Gesichtspunkte. Frakturen der Handwurzel haben in der Regel den gleichen Entstehungsmechanismus wie die deutlich häufigere distale Radiusfraktur. Obschon viel seltener als diese, ist die Handwurzelfraktur keine Rarität. Von den Handwurzelknochen ist in 90% der Fälle das Skaphoid betroffen.

Klassifikation. Die Einteilung der Skaphoidfrakturen anhand CT-morphologischer (CT: Computertomographie) Kriterien erfolgt nach Krimmer. Diese Klassifikation gibt Hinweise auf die mögliche Operationsindikation.

Diagnostik und Therapie. Neben Anamnese und Klinik ist die effiziente und zeitnah eingesetzte radiologische Diagnostik der entscheidende Schritt zur erfolgreichen Therapie der knöchernen Verletzungen der Handwurzel. Nicht oder verspätet erkannte Frakturen

derselben, insbesondere des Kahnbeins, können zu erheblichen Bewegungseinschränkungen, Schmerzen und irreversiblen Folgeschäden führen. Deshalb gelten auch heute, entgegen der früheren Lehre, in der die Kahnbeinfraktur als eine Domäne der konservativen Therapie dargestellt wurde, andere Grundsätze in deren Behandlung. Brüche anderer Handwurzelknochen sowie v. a. die oft als Fraktur gedeuteten knöchernen Bandausrisse können häufig konservativ behandelt werden, wenn keine erheblichen Dislokationen bestehen.

Schlüsselwörter

Handwurzelverletzungen · Knochenfrakturen · Kahnbein · Karpalknochen · Pseudarthrose

Carpal bone fractures. Diagnosis, treatment, and sequelae

Abstract

Pathogenesis and epidemiological aspects. Fractures of the carpal bones usually occur in the same manner as the more common distal radius fractures. Although diagnosed less often compared to distal radius fractures, fractures of the carpal bones are not an uncommon injury. In 90% of the carpal fractures, the scaphoid bone is involved. **Classification.** Scaphoid fractures can be classified according to Krimmer. This CT scan-based classification is useful when deciding whether operative therapy should be preferred.

Diagnosis and therapy. Besides a correct and thorough anamnesis and physical exam-

ination, effective and efficient radiologic diagnostics are of utmost importance in the successful treatment of these injuries. Undiagnosed or late-diagnosed fractures of the scaphoid bone/carpal bones may lead to severe move impairment, pain and irreversible injuries. Fractures of the other carpal bones can – when not significantly dislocated – often be treated conservatively.

Keywords

Wrist injuries · Bone fractures · Scaphoid bone · Carpal bones · Fractures, malunited

Aufgrund der speziellen Schraubenarchitektur werden proximale Frakturen (B3) antegrad von dorsal verschraubt. Obschon auch hier eine perkutane Platzierung möglich ist, wählen wir einen offenen Zugang, um eine Übersicht über den Frakturspalt während der Schraubenosteosynthese zu haben.

Die Frakturen im mittleren und distalen Drittel lassen sich über einen palmaren Zugang durch den Boden des Sehnenfachs der Sehne des M. flexor carpi radialis darstellen und verschrauben. Eine aus-

gedehnte Exposition des Kahnbeins muss vermieden werden, um Durchblutungsstörungen nicht zu provozieren. Bei primärer Verkürzung des Kahnbeins aufgrund einer Trümmerzone ist eine Spongiosaplastik angezeigt.

Die perilunäre, transskaphoidale Luxationsfraktur des Kahnbeins kann in der Regel nicht geschlossen und minimalinvasiv stabilisiert werden, hier müssen gelegentlich sowohl ein dorsaler als auch ein palmarer Zugang verwendet werden. Die Stabilisierung des Kahnbeins ist die not-



Abb. 2 ▲ A2-Fraktur des linken Kahnbeins bei Berufsmusiker (*oben*) mit intraoperativer Durchleuchtung (*Mitte*) zur Lokalisation des ST-Gelenks und zur korrekten Positionierung des Führungsdrahts, Röntgenkontrolle und klinisches Bild (*unten*) am Ende des Eingriffs, ST-Gelenk skaphotrapezoidales Gelenk

wendige Voraussetzung einer dauerhaften Reposition der Handwurzel. Daher bietet sich auch hier die intraossäre Schraubenosteosynthese als Verfahren an ([10, 13, 18], ■ **Abb. 3**).

Nachbehandlung

Minimalinvasiv verschraubte Kahnbeinfrakturen bedürfen keiner Ruhigstellung und sollten früh mobilisiert werden. Eine knöcherne Heilung stellt sich meist nach 4 bis 8 Wochen ein, diese lässt sich in regelmäßig anzufertigen Röntgenaufnahmen dokumentieren.

Bei der offenen Vorgehensweise legen wir zur besseren Heilung der Kap-

sel-Band-Strukturen einen Unterarmgips mit Einschluss des Daumengrundgelenks für einen Zeitraum von mindestens 2 Wochen an. Wurde bei ausgedehnter Trümmerzone eine zusätzliche Spongiosaplastik durchgeführt, beträgt die Ruhigstellungszeit 4 bis 6 Wochen. Diese Ruhigstellungszeit bewährte sich auch für die operativ stabilisierte transskaphoidale perilunäre Luxationsfraktur, vorausgesetzt, eine stabile Verschraubung des Kahnbeins gelingt.

Übrige Handwurzelknochen

In der Literatur wird die Triquetrumfraktur als zweithäufigste Fraktur der Handwurzelknochen angegeben, hierbei handelt es sich jedoch oft nicht um tatsächliche Knochenbruchverletzungen, sondern um knöcherne Abrisse von Bandanteilen. Auch bei diesen Läsionen liefert die Dünnschicht-CT die besten Aussagen zur Therapie und Prognose. Wir behandeln die knöchernen Absprengungen symptomatisch mit einer maximalen Ruhigstellungszeit von 3 Wochen.

Dislozierte Frakturen mit Gelenkstu-



Abb. 3 ▲ Perilunäre, transskaphoidale Luxationsfraktur Typ de Quervain (oben), Schraubenosteosynthese des Kahnbeins (unten), Transfixation der Handwurzel nach Reposition und Bandnaht bei fortbestehender Instabilität

niert (■ Abb. 4). Auch hier ist die perkutane Osteosynthese mit einer Doppelgewindeschraube die Methode der Wahl, falls dies an dem entsprechenden Knochen technisch möglich ist. Dies gilt in Analogie für alle Frakturen der übrigen Handwurzelknochen.

Entscheidend ist die rasche Einleitung einer zielgerichteten Diagnostik, die ein Dünnschicht-CT vor anderen Maßnahmen, z. B. einer MRT, beinhalten sollte.

Folgen von Handwurzelfrakturen

Erfolgen eine richtungweisende Diagnostik und entsprechende Therapieeinleitung frühzeitig, kann im Falle der Kahnbeinfraktur eine knöcherne Ausheilungsrate von 96–100% angenommen werden. Demgegenüber steht eine Pseudarthrosenrate von bis zu 23% bei konservativer Versorgung, wenn diese nicht ausschließlich stabile Frakturen umfasst [5, 8, 15]. Übersehene Frakturen des Kahnbeins sollten etwa 4 Wochen nach dem Trauma nicht mehr einer konservativen The-

rapie zugeführt werden, wir empfehlen in diesen Fällen die operative Stabilisierung, die Indikation zur Spongiosaplastik sollte großzügig gestellt werden.

Pseudarthrose

Ist eine solche eingetreten, ist eine operative Therapie zur Vermeidung von Spät komplikationen im Sinne eines SNAC („scaphoid nonunion advanced collapse“) unumgänglich. Ziel ist die Wiederherstellung des Kahnbeins in seiner Höhe, um die Architektur der Handwurzel zu rekonstruieren.

Zur Beurteilung der Durchblutung der vorhandenen Kahnbeinanteile ist das MRT eine sinnvolle Ergänzung der Diagnostik. Sind beide Kahnbeinhälften durchblutet, ist nach der Ausräumung der Pseudarthrose eine Rekonstruktion des Kahnbeins mittels Spongiosaplastik möglich (■ Abb. 5). Hierbei favorisieren wir ebenfalls die Verwendung einer kanülierten Doppelgewindeschraube. Sollte dies nicht möglich sein, ist auch eine Fixierung mittels Kirschner-Drähten Erfolg versprechend. Je nach Qualität des Knochens und Fixierungsart wird die Dauer der Ruhigstellung von 6 bis zu 12 Wochen festgelegt.

Sind die Knochenanteile, meist ist es das proximale Fragment des Kahnbeins, nicht oder nur ungenügend durchblutet, verwenden wir gefäßgestielte Radiusspäne zur Rekonstruktion des Kahnbeins. Diese werden bewusst groß dimensioniert, um auch hier die stabile Fixierung mittels Schraube zu ermöglichen (■ Abb. 6).

Als Ultima Ratio verbleibt die aufwändige Möglichkeit eines freien, in mikrochirurgischer Technik angeschlossenen Knochentransplantats. Hierzu liegen nur geringe Fallzahlen vor, sodass diese Methodik derzeit noch nicht abschließend beurteilt werden kann.

Irreversible Schäden

Natürlich ist eine Rekonstruktion des Kahnbeins oder auch anderer Handwurzelknochen nur dann sinnvoll, wenn das Gefüge der Handwurzel nicht beeinträchtigt ist und wenn keine fortgeschrittenen Knorpelschäden in den Gelenkabschnitten vorliegen. In diesen Fällen sind nur



Abb. 4 ◀ Trapeziumfraktur mit erheblicher Disklokation und Ruptur der Bandverbindung zwischen den Basen der Mittelhandknochen I und II (*oben*), Schraubenosteosynthese sowie Transfixation der Mittelhandknochen (*unten*)



Abb. 5 ▲ Kahnbeinpseudarthrose im mittleren Drittel mit Zystenbildung, Ausräumung, Spongiosoplastik sowie Schraubenosteosynthese

noch Rettungseingriffe an der Handwurzel möglich (▣ Tab. 3).

Zur Beurteilung der Brauchbarkeit und Belastbarkeit der einzelnen Handwurzelgelenke ist vor solchen Rettungs-

eingriffen eine weitergehende Diagnostik notwendig. So werden vor interkarpalen Versteifungsoperationen zur Umleitung der axialen Kraftübertragung auf intakte Gelenkabschnitte bei uns regelhaft Ar-

throskopien des Radio- und Midkarpalgelenks durchgeführt. Aber auch Dünnschicht-CT-Aufnahmen können gute Hinweise auf eine mögliche Arthroseentwicklung in einzelnen Abschnitten der Handwurzel geben.

Fazit für die Praxis

- Frakturen der Handwurzelknochen liegt meist der gleiche Unfallmechanismus zugrunde wie den Unterarmfrakturen.
- Häufig entziehen sich die Handwurzelfrakturen der primären Röntgendiagnostik, der Handgelenkaufnahme in 2 Ebenen.
- Besteht klinisch der Verdacht auf eine Handwurzelfraktur, ist eine CT-Untersuchung der Handwurzel indiziert, im Fall einer Kahnbeinfraktur kann mit ihrer Hilfe auch die Operationsindikation sicher gestellt werden.
- Während die Therapie der Kahnbeinfraktur mittlerweile vorwiegend operativ erfolgt, lassen sich die übrigen Handwurzelfrakturen häufig konservativ zur Ausheilung bringen.



Abb. 6 ▲ Pseudarthrose bei proximaler, mit einer Schraube stabilisierter, Kahnbeinfraktur, aufgrund mangelnder Durchblutung des proximalen Fragments Anlage eines vaskularisierten Radiusspans und Retention mittels Schraube

- Verzögert behandelte Frakturen weisen eine schlechtere Konsolidierungsrate auf, daher gilt es, eine effiziente und zielgerichtete Diagnostik zügig einzuleiten.
- Bei Pseudarthrosenbildung sollten das Kahnbein bzw. der betroffene Handwurzelknochen rekonstruiert werden, bevor es zu irreversiblen Schäden an anderen Handwurzelab-schnitten kommt.
- Sind irreversiblen Schäden, z. B. im Rahmen eines SNAC-Wrist, bereits eingetreten, muss eine stadienge-rechte Therapie erfolgen. Diese setzt weitere Diagnostik voraus, um eine drohende Handgelenkversteifung zu vermeiden.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. H.H. Homann
Klinik für Hand- und Plastische Chirurgie,
Zentrum für Schwerbrandverletzte,
BG-Unfallklinik Duisburg,
Großenbaumerallee 250, 47249 Duisburg
heinz-herbert.homann@bgu-duisburg.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. P.G. Juten, L. Mannil, H.H. Homann und J. Jostkleigrewe geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Baumeister HH, Greinemann H (1989) Zur konservative Behandlung des Kahnbeinbruchs der Handwurzel. *Unfallchirurg* 92:175–179
2. Beyermann KJ, Prommersberger H, Krimmer H et al (2000) Frische Verletzungen der Handwurzel. *Aktuelle Traumatol* 30:100–107
3. Bhat M, McCarthy M, Davis TR et al (2004) MRI and plain radiography in the assessment of displaced fractures of the waist of the carpal scaphoid. *J Bone Joint Surg Br* 86:705–713
4. Bickert B (2010) Frakturversorgung der karpale Reihe. *Trauma Berufskrankh [Suppl 3]* 12:308–312
5. Bond CD, Shin AY, McBride MT et al (2001) Percutaneous screw fixation or cast immobilization for nondisplaced scaphoid fractures. *J Bone Joint Surg Am* 83-A(4):483–488
6. Brauer RB, Dierking M, Werber KD (1997) Die Anwendung der Herbert-Schraube mit der Freehand-Methode zur Osteosynthese der frischen Skaphoidfraktur. *Unfallchirurg* 100:776–781
7. Breitenseher MJ, Metz VM, Gilula LA et al (1997) Radiographically occult scaphoid fractures: value of MRI imaging in detection. *Radiology* 203:245–250
8. Dawson JS, Martel AL, Davis TR (2001) Scaphoid blood flow and acute fracture healing. A dynamic MRI study with enhancement with gadolinium. *J Bone Joint Surg Br* 83(6):809–814
9. Doornberg JN, Buijze GA, Ham SJ et al (2011) Nonoperative treatment for acute scaphoid fractures: a systemic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Trauma* 71(4):1073–1081
10. Garcia-Elias M, Irisarri C, Henriquez A et al (1986) Perilunar dislocation of the carpus. A diagnosis still often missed. *Ann Chir Main* 5:281–287
11. Herbert TJ (1990) *The fractured scaphoid*. Quality Medical Publishing, St Louis
12. Herbert TJ, Fisher WE (1984) Management of the fractured scaphoid using a new bone screw. *J Bone Joint Surg Br* 66:114–123
13. Herzberg G, Comtet JJ, Linscheid RL et al (1993) Perilunate dislocations and fracture-dislocations: a multicenter study. *J Hand Surg Am* 18:768–779
14. Komura S, Yokoi T, Nonomura H et al (2012) Incidence and characteristics of carpal fractures occurring concurrently with distal radius fractures. *J Hand Surg Am* 37(3):469–476
15. Krimmer H, Schmitt R, Herbert T (2000) Kahnbeinfrakturen – Diagnostik, Klassifikation und Therapie. *Unfallchirurg* 103:812–819
16. Müller 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
17. Sauerbier M, Müller M (2007) Skaphoidfrakturen: Diagnostik, Zugangswege, Komplikationen. *Zentralbl Chir* 132:W42–W54
18. Sauerbier M, Germann G, Dacho A (2004) Current concepts in the treatment of scaphoid fractures. *Eur J Trauma* 30:80–92

19. Schädel-Höpfner M, Böhringer G, Gotzen L (2000) Die perkutane Osteosynthese der Scaphoidfraktur mit der Herbert-Whipple-Schraube. Technik und Resultate. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 32:271–276
20. Schmitt R, Lanz U (1996) Bildgebende Diagnostik der Hand. Hippokrates, Stuttgart, S 66–71
21. Schramm JM, Nguyen M, Wongworadat MD et al (2008) Does thumb immobilisation contribute to scaphoid fracture stability? *Hand* 3(1):41–43
22. Vinnars B, Pietreanu M, Bodestedt A et al (2008) Nonoperative compared with operative treatment of acute scaphoid fractures. A randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am* 90(6):1176–1185
23. Voigt C (2006) Verletzungen der Handwurzel. *Unfallchirurg* 109:313–324
24. Wolfe SW, Hotchkiss RN, Pederson WC et al (2010) Green's operative hand surgery. Elsevier Churchill Livingstone, Philadelphia