Frank Siemers

Klinik für Plastische und Handchirurgie/Brandverletzenzentrum, BG Klinikum Bergmannstrost, Halle, Deutschland

Konservative und operative Therapie von Mittelhandfrakturen

Anamnese und klinische Untersuchung

Bereits die Erhebung der Krankengeschichte mit Schilderung des Unfallereignisses kann erste Hinweise für das Vorliegen einer knöchernen Verletzung im Bereich der Hand geben. Es schließt sich zeitnah die klinische Untersuchung an. Beim Vorliegen von Mittelhandfrakturen bestehen in vielen Fällen eine ausgeprägte Hautweichteilschwellung sowie schmerzbedingte Einschränkungen der Funktionsfähigkeit. Liegen nicht gerade deutliche Fehlstellungen im Sinne von Luxationen bzw. Luxationsfrakturen vor, ist bei der Untersuchung auf das Vorliegen von Krepitationen zu achten. Bei der Inspektion können neben Verkürzungen (ingesunkener Metakarpalkopf) und Rotationsfehlstellungen Achsenabweichungen festgestellt werden. Das Vorliegen einer Rotationsfehlstellung prüft man beim Faustschluss, hierbei sollten alle dreigliedrigen Finger in Richtung Kahnbein weisen. Ein Über- bzw. Unterkreuzen von Fingern weist auf das Vorliegen einer Rotationsfehlstellung hin. Hautweichteilverletzungen, wie es bei ausgedehnten Gewalteinwirkungen vorkommen kann, sind auszuschließen. Zur Komplettierung der Untersuchung sind die periphere Durchblutung und die Sensibilität zu prüfen.

Radiologische Diagnostik

Mittelhandfrakturen können in den meisten Fällen durch die Projektionsradiographie, durch Röntgenuntersuchungen in 2 Ebenen, diagnostiziert werden.

In Einzelfällen, insbesondere bei der Darstellung der Mittelhandknochen 2–5, ist die zusätzliche Anfertigung von Schrägaufnahmen erforderlich. Besteht der klinische Verdacht auf karpometakarpale Verletzungen, wie z. B. Luxationen/Luxationsfrakturen, sollte die Indikation zur Durchführung einer Dünnschicht-CT (Computertomographie) mit sagittaler und koronarer Rekonstruktion gestellt werden. Die Schnittbilddiagnostik ist insbesondere bei Fragestellungen im Hinblick auf die Gelenkbeteiligung für die Indikationsstellung und Operationsplanung hilfreich.

Klassifikation

Die Einteilung der Mittelhandfrakturen erfolgt neben der Lokalisation nach ihrer Morphologie. Unterschieden werden die Basis- von den Schaft- und Halsfrakturen. Darüber hinaus kann es zu Frakturen im Bereich der Köpfe der Mittelhandknochen kommen. Ergänzende Beschreibungen umfassen die Begriffe Dislokation, Instabilität, Rotation und offene Frakturen. Weiter differenziert werden Verletzungen mit Gelenkbeteiligung.

Bei den Basisfrakturen des 1. Mittelhandknochens (**Abb. 1**) unterscheidet man die extraartikulären Frakturen (Winterstein-Fraktur) von den Frakturen mit Gelenkbeteiligung (Bennet-Fraktur, Luxationsfraktur mit Absprengung eines Fragmentes, Rolando-Fraktur, Y-förmige Fraktur mit einem dritten Fragment).

Therapie

Konservative Therapie

Liegen keine relevanten Dislokationen, Achsabweichungen oder Rotationsfehlstellungen vor, können Mittelhandfrakturen in der Regel konservativ behandelt werden (**Abb. 2**).

Bei nicht stark verschobenen Frakturen ohne Dislokationsgefahr kann nach einer geschlossenen Reposition eine Schienenruhigstellung durchgeführt werden. Hierzu erfolgt die Anlage einer palmaren oder dorsalen Gips- bzw. Castschiene, bei der die nicht verletzten Bereiche der Hand so wenig wie möglich eingeschlossen werden sollten. Es sollte versucht werden, die Mittel- und Endgelenke der dreigliedrigen Finger im Rahmen der Schienenruhigstellung frei zu belassen, darüber hinaus ist eine frühfunktionelle Übungsbehandlung anzustreben. Bei Frakturen der Mittelhandknochen 2–5 kann nach Rückgang der initialen Weichteilschwellung ein Umstieg auf eine Zwei- bzw. Dreifingergipsschiene ohne Einschluss des 1. Strahles vorgenommen werden.

Bei der Anlage der Gipsschiene ist die Intrinsic-Plus-Stellung, d. h. eine Ruhigstellung unter einer Beugung von 70° in den Grundgelenken, zu beachten [15]. Sollte die Anlage einer Schienenruhigstellung initial aufgrund einer traumatischen Weichteilschwellung nicht möglich sein, ist nach Rückgang der initialen Schwellung die Neuanlage einer Schiene im Verlauf erforderlich.

Die Dauer der Ruhigstellung richtet sich neben den radiologischen Krite-

Abb. 1 ◀ Basisfrakturen des 1. Mittelhandknochens. **a** Bennett-Fraktur, **b** Rolando-Fraktur, **c** Winterstein-Fraktur

en nach dem klinischen Befund. Hierbei wird die Druckempfindlichkeit im Frakturbereich geprüft. In der Regel erfolgt nach 5 bis 6 Wochen der schmerzadaptierte Belastungsaufbau.

Frakturen des 1. Mittelhandknochens nehmen aufgrund ihrer funktionellen Bedeutung bei Greifbewegungen und der Opposition eine Sonderstellung ein. In vielen Fällen kommt es bei den Unfallverletzungen zu Basis- bzw. basisnahen Frakturen. Weniger häufig finden sich Kopf-, subkapitale bzw. diaphysäre Frakturen. Der 1. Mittelhandknochen hat über das Karpometakarpal (CMC)-Gelenk einen hohen Grad an Beweglichkeit. Hierdurch werden im Vergleich zu anderen Frakturen der Mittelhandknochen auch größere Achsenabweichungen toleriert. Achsenabweichungen bis zu 30–40° werden ohne operative Maßnahmen toleriert [13].

Bei den Basisfrakturen besteht eine große Gefahr für die Dislokation, bedingt durch den Ansatz der Sehnen des M. abductor pollicis longus und des M. adductor pollicis. Neben diesem Aspekt und den funktionellen Gesichtspunkten ist in vielen Fällen aufgrund der Gelenkbeteiligung die Indikation zur operativen Stabilisierung gegeben. Neben einer Nativröntgendiagnostik, die in den allermeisten Fällen den deutlichen Nachweis der Mittelhandfraktur des 1. Strahles ergibt, ist die Dünnschicht-CT-Untersuchung für die Operationsplanung hilfreich. Die Schnittbilddiagnostik ermöglicht darüber hinaus auch den sicheren

Ausschluss von Frakturen benachbarter Handwurzelknochen.

Studien, die unterschiedliche konservative Therapiekonzepte bei Mittelhandfrakturen vergleichen, haben leider eine schwache Evidenzlage wie eine Cochrane-Analyse aus dem Jahr 2005 zeigt [10].

Operative Therapie

Frakturen des 1. Mittelhandknochens

In den meisten Fällen findet sich bei Frakturen des 1. Mittelhandknochens (Abb. 1) die Verletzungszone im Bereich der Basis bzw. suprabasär. Wie oben bereits erwähnt, unterscheidet man die artikulären Bennett- und Rolando-Frakturen, wobei sich bei der Rolando-Fraktur im Gegensatz zur Bennet-Fraktur noch ein drittes Fragment findet. Die Rolando-Fraktur zeigt einen typischen Y-förmigen Verlauf der Frakturlinie. Bei der Bennett-Fraktur findet sich in der Regel ein kleines ulnopalmares Fragment, das durch Bandverbindungen in seiner anatomischen Position fixiert wird. Der Schaft und der radiale Teil der Basis unterliegen dem Muskelzug, wodurch sich die Dislokationsgefahr erklärt. Ab einer Gelenkstufe von mehr als 2 mm wird eine operative Stabilisierung empfohlen [6].

Suprabasär, extraartikulär gelegen wird die Fraktur des 1. Mittelhandknochens als Winterstein-Fraktur bezeichnet. Durch den Zug der Sehne des

M. abductor pollicis droht die Basis nach proximal zu dislozieren, während hingegen der distale Anteil des 1. Mittelhandknochens durch den Zug der kurzen Daumenmuskeln in eine palmare Adduktionsfehlstellung abweicht.

Neben der Gelenkbeteiligung sind auch Achsenabweichungen und Rotationsfehlstellungen Indikation für operative Maßnahmen bei Mittelhandfrakturen des 1. Strahles.

Winterstein-Fraktur. Die extraartikuläre suprabasäre Fraktur des 1. Mittelhandknochens lässt sich in einer Vielzahl der Fälle mittels geschlossener Reposition nach axialer Zugeinwirkung geschlossen reponieren und mittels perkutan eingebrachter Kirschner-Drähte stabilisieren. Eine zusätzliche Festigkeit kann durch die transversale Drahtfixierung des Schaftes des 1. Mittelhandknochens am 2. Mittelhandknochen erreicht werden. Bei einer Untersuchung, bei der die Frakturstabilisierung ausschließlich über die transversale Fixierung erreicht wurde, erreichten alle Probanden wieder die Arbeitsfähigkeit, auch wenn die Hälfte der Patienten neben der operativen Stabilisierung einer zusätzlichen Form der Immobilisation bedurfte [5].

Liegt eine veraltete Fraktur vor bzw. lässt sich durch das vorbeschriebene Verfahren keine ausreichende Stabilität erwirken, besteht die Indikation zur offenen Reposition mit nachfolgender plattenosteosynthetischer Versorgung. Der operative Zugang der Fraktur erfolgt

durch den dorsoradialen geschwungenen Schnitt zwischen den Sehnen des M. extensor pollicis longus und brevis. Bei Mehrfragmentfrakturen kann die Verwendung von winkelstabilen Implantaten eine Verbesserung der Stabilitätsverhältnisse und dann ggf. frühzeitige Übungsbehandlungen ermöglichen.

Bennett-Fraktur. Aufgrund der Gelenkbeteiligung bei diesem Frakturtyp und der großen Dislokationstendenz ist beim Vorliegen einer Bennett-Fraktur in der Regel die Indikation zur operativen Stabilisierung gegeben. Hierbei erfolgt in den allermeisten Fällen eine offene Reposition über einen radiopalmaren Schnitt, der nach ulnar und dorsal verlängert wird. Bei dem Zugang kann die Basis des Mittelhandknochens gut eingestellt werden. Es folgt dann die schraubenosteosynthetische Stabilisierung der Fraktur. Alternativ kann durch eine perkutane Kirschner-Draht-Osteosynthese eine gute Retention erzielt werden. In Einzelfällen kann eine Transfixation des 1. Mittelhandknochens zum Carpus erforderlich werden. Eingebachte Kirschner-Drähte werden nach 6 Wochen entfernt, Titanimplantate können belassen werden.

Rolando-Fraktur. In Analogie zur Bennett-Fraktur können bei der Rolando-Fraktur auch geschlossene und offene Verfahren zum Einsatz kommen. In Einzelfällen ist hier die Transfixation des 1. Mittelhandknochens durch das transversale Einbringen eines perkutanen Kirschner-Drahtes zum 2. Mittelhandknochen sinnvoll.

Basisfrakturen der Mittelhandknochen 2–5

Unterschieden werden bei den Basisfrakturen der 2 bis 5. Mittelhandknochen dislozierte von undislozierten Frakturen, Frakturen mit und ohne Gelenkbeteiligung, Mehrfragmentfrakturen sowie Luxationsfrakturen der CMC-Gelenke. Wenn sich klinisch eine Verkürzung einer oder mehrerer Mittelhandknochen zeigt, ist zum sicheren Ausschluss von ossären Verletzungen die Durchführung einer Dünnschicht-CT-Untersuchung empfohlen. Während nicht dislozierte Frakturen mittels kurzfristiger Ruhig-

Trauma Berufskrankh 2016 · [Suppl 4]: 18:S366–S371 DOI 10.1007/s10039-016-0141-x
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

F. Siemers

Konservative und operative Therapie von Mittelhandfrakturen

Zusammenfassung

Im Vordergrund der Behandlung von Mittelhandfrakturen steht die funktionelle Wiederherstellung der Handfunktion. Die Wahl der zur Verfügung stehenden Therapiemaßnahmen ist neben der radiologischen Ausgangssituation abhängig vom klinischen Erscheinungsbild. In der Regel werden stabile und primär nicht dislozierte Frakturen, bei denen keine Rotationsfehler, eine Achsenabweichung oder eine Verkürzung vorliegen, einer frühfunktionellen Übungsbehandlung zugeführt. Instabile, dislozierte Frakturen oder Frakturen bei Vorliegen einer

Gelenkbeteiligung werden in den meisten Fällen reponiert und osteosynthetisch stabilisiert. Eine Sonderstellung nehmen Frakturen des 1. Mittelhandknochens ein. Die in der Regel instabilen Basisfrakturen werden operativ behandelt. Dies gilt auch für Mittelhandfrakturen, bei denen begleitende Weichteilverletzungen vorliegen.

Schlüsselwörter

Osteosynthese · Operation · Röntgen · Übung · Weichteilverletzungen

Conservative and surgical treatment of metacarpal fractures

Abstract

The focus of the treatment of metacarpal fractures is the functional restoration of the hand function. The choice of available treatment measures depends on the clinical presentation in addition to the radiological initial situation. As a rule stable and primarily non-displaced fractures in which no rotational errors, axis deviation or shortening are present, are treated by early functional exercise. Unstable, displaced fractures or in the presence of joint involvement are in most

cases repositioned and osteosynthetically stabilized. Fractures of the first metacarpal bone represent a special situation. The mostly unstable base fractures are surgically treated. This is also the case for metacarpal fractures in which accompanying soft tissue injuries are present.

Keywords

Osteosynthesis · Operative procedures · Roentgen rays · Exercise · Soft tissue injuries

stellung über 2 bis 3 Wochen konservativ behandelt werden können, sind die Subluxations- bzw. Luxationsfrakturen, aber auch die Frakturen mit Gelenkbeteiligung operativen Maßnahmen zuzuführen. Bei einer Gelenkstufe von mehr als 1 mm, bzw. wenn bei der Fraktur mehr als 25 % der Gelenkfläche betroffen sind, ist die Indikation zur Operation gegeben. Dies gilt auch für Frakturen im Bereich der Köpfchen der Mittelhandknochen [4].

Gelingt die geschlossene Reposition nicht, und dies ist bei den Luxationsfrakturen nicht selten der Fall, ist ein offener Zugangsweg von streckseitig zu wählen. Nach der offenen Reposition kann in vielen Fällen eine sichere Retention durch eine Plattenosteosynthese erwirkt werden. Gelingt eine geschlossene Reposition, kann die transversale Transfixation zu 1 bzw. 2 benachbarten Mittelhandkno-

chen eine gute Stabilität erbringen. Die Entfernung der einliegenden Kirschner-Drähte erfolgt dann nach 6 Wochen. Bei Luxationsfrakturen sind neben der knöchernen Stabilisierung auch die Läsionen des Kapselbandapparates bei der offenen Reposition mit zu versorgen.

Eine Sonderstellung nimmt die Basisfraktur des 5. Mittelhandknochens ein. In Analogie zur Bennett-Fraktur droht durch den Zug der Sehne des M. abductor digiti minimi eine Fragmentdislokation. Die operative Stabilisierung ist indiziert. Dennoch ist das Auftreten einer posttraumatischen Arthrose der CMC-Gelenke bei den Basisfrakturen des 5. Mittelhandknochens nicht selten und kann in der Folgezeit zu einer ausgeprägten Schmerzproblematik mit den dann verbundenen funktionellen Einschränkungen führen.

Abb. 2 ▲ Nicht dislozierte MHK (Mittelhandknochen)-III-Fraktur

Abb. 3 ▲ Plattenosteosynthetische Versorgung einer diaphysären MHK (Mittelhandknochen)-V-Fraktur

Abb. 4 ▲ Intramedulläre, antegrade K-Draht-osteosynthese bei subkapitaler MHK (Mittelhandknochen)-V-Fraktur

Diaphysäre Frakturen der Mittelhandknochen

Liegen nicht dislozierte Schaftfrakturen in Zusammenhang der Mittelhandknochen 3 und 4 vor, kann, wenn keine Rotationsfehlstellungen festzustellen sind, eine konservative Therapie durchgeführt werden. Bedingt durch die Stabilisierung der 2. und 5. Mittelhandknochen ist die Dislokationsgefahr als gering einzuschätzen.

Häufig finden sich im Schaftbereich Torsions-, d. h. Spiralfrakturen, die neben einer Rotationsfehlstellung auch zu einer deutlichen Verkürzung des entsprechenden Strahles führen. In diesen Fällen sollte eine operative Reposition mit nachfolgender osteosynthetischer Stabilisierung durchgeführt werden. Spiralfrakturen können in einer Vielzahl der Fälle nach der offenen Reposition durch 2 bis 3 Zugschrauben sehr gut osteosynthetisch stabilisiert und nachfolgend einer frühfunktionellen Übungsbehandlung zugeführt werden. Bei Quer-, Schräg- oder auch Mehrfragmentfrakturen empfiehlt sich eine plattenosteosynthetische Stabilisierung (■ **Abb. 3**). Mumtaz et al. [8] konnten in ihren Untersuchungen bei einer guten Beweglichkeit eine knöcherne Konsolidierung in allen Fällen ($n = 21$) feststellen.

Hierbei sind seit einigen Jahren auch winkelstabile Implantate verfügbar, deren Vorteil allerdings noch nicht sicher erwiesen ist.

Der operative Zugangsweg zu den Mittelhandknochen erfolgt über eine geschwungene streckseitig gelegene Hautinzision. Unter Schonung des Streckapparates einschließlich des Sehnenleitgewebes erfolgt die Präparation bis auf den Knochen, wo dann nach der offenen Reposition das Osteosynthesematerial entsprechend platziert wird. Bei dem Verschluss der Weichteile ist eine gute Deckung der Implantate zu beachten.

In der Regel kann eine übungsstabile Stabilisierung erwirkt werden. Eine kurzfristige Schienenruhigstellung dient ausschließlich der Abschwellung. Bei entsprechender Übungsstabilität können passive und aktive physiotherapeutische Maßnahmen kurzfristig durchgeführt werden. Kommt es im Verlauf nicht zu Interferenzen mit dem Streckapparat, verbleiben die Titanimplantate problemlos in situ.

Subkapitale Frakturen der Mittelhandknochen

Die subkapitale Fraktur des 5. Mittelhandknochens ist eine der häufigsten knöchernen Verletzungen im Bereich des

Handskelettes [12, 13]. In der Regel sind die subkapitalen Mittelhandfrakturen Folge einer axialen Gewalteinwirkung, bei der es dann zur palmaren Dislokation des Mittelhandknochenköpfchens kommt. Prinzipiell ist eine geschlossene Reposition möglich. Neben der häufig vorliegenden palmaren Trümmerzone verhindert oft der palmare Zug der Muskulatur eine stabile Retention. Nicht selten kommt es zusätzlich zu einer Rotationsfehlstellung, sodass bei einer Vielzahl der Halsfrakturen der Mittelhandknochen die Indikation zur operativen Therapie gegeben ist. Hinsichtlich der palmaren Abkippung wird bei den Mittelhandknochen 4 und 5 ab einer palmaren Dislokation von 40–50° die operative Stabilisierung empfohlen [3, 13]. Bei den seltenen subkapitalen Frakturen der Mittelhandknochen 2 und 3 wird ab einer Abkippung von 15° zur operativen Therapie geraten.

Neben der direkten perkutanen Drahtosteosynthese hat sich insbesondere im Bereich des 4. und 5. Mittelhandknochens, wo sich die meisten subkapitalen Frakturen finden, die intramedulläre, antegrade Schienung durchgesetzt. Hierbei wird basisnah ein am distalen Anteil vorgebogener Kirschner-Draht in den Markraum des Mittelhandknochens nach distal eingebracht.

Die Biegung kommt hierbei palmar im Köpfchen zum Liegen. Durch Rotation des Kirschner-Drahtes um 180° erfolgt dann die Reposition des betroffenen Mittelhandknochenkopfes (Abb. 4). In vielen Fällen wird zur zusätzlichen Stabilisierung ein weiterer Kirschner-Draht eingebracht. Die Frage, ob dieser zusätzliche Kirschner-Draht zwingend erforderlich ist, wird derzeit im Rahmen einer prospektiv randomisierten klinischen Studie untersucht.

Als Risiko für eine Komplikation bei diesem Verfahren ist die mögliche Perforation der Drahtspitze im Kopfbereich bzw. in der Frakturzone zu benennen. Die antegrad eingebrachten Drähte können in der Regel nach 6 Wochen in örtlicher Betäubung entfernt werden. Eine frühfunktionelle Übungsbehandlung kann in den meisten Fällen nach einer einwöchigen Ruhigstellung erfolgen.

Eine prospektiv randomisierte Studie von Strub et al. [14] zeigte, dass Patienten, bei denen eine operative Versorgung durchgeführt wurde, eine höhere Zufriedenheit und bessere ästhetische Ergebnisse aufwiesen. In einer vergleichenden Untersuchung zwischen der intramedullären Schienung und der offenen Reposition mit plattenosteosynthetischer Stabilisierung fanden sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)-Scores, des TAM („total arc of motion“) sowie der Verkürzung des betroffenen Mittelhandknochens [9]. In einer weiteren Studie wurde die antegrade intramedulläre Schienung mit der transversalen Fixierung verglichen [16]. Bei den Patienten mit dem intramedullären Verfahren zeigten sich signifikant besser Ergebnisse in Hinblick auf den TAM und den gesamten Bewegungsumfang („active range of movement“, ROM).

Die über lange Jahre durchgeführte retrograde, perkutane Kirschner-Draht-Osteosynthese kommt aufgrund häufig auftretender Verklebungen des Streckapparates und mit hieraus resultierenden funktionellen Einschränkungen in der Regel nicht mehr zum Einsatz [11].

Kopffrakturen

Da gewöhnlich bei den Kopffrakturen im Mittelhandbereich eine Gelenkbeeinträchtigung vorliegt, wird dieser Frakturtyp in der Regel operativen Maßnahmen zugeführt. Inwieweit das Ausmaß der intraartikulären Stufenbildung funktionell relevant ist, bleibt unklar [7]. Kleinere Stufen können mit guten Ergebnissen im Verlauf konservativ behandelt werden. Die präoperative Durchführung einer Dünnschicht-CT-Aufnahme ist bei der Planung hilfreich und wird empfohlen. In der Regel kommt dann nach einer bogenförmigen Hautinzision streckseitig um das Köpfchen des entsprechenden Mittelhandknochens herum ein offenes Verfahren mit Minizugschraubenosteosynthese zum Einsatz. In Einzelfällen kann auch die Stabilisierung unter Zuhilfenahme einer Miniplatte erreicht werden. Die Verwendung winkelstabiler Implantate erlaubt eine sichere Stabilisierung des Kopffragmentes bei monokortikaler Schraubenlage.

Multiple Mittelhandfrakturen
Patienten mit multiplen Mittelhandfrakturen weisen in einer Vielzahl der Fälle aufgrund von umfangreichen Verletzungen benachbarter Strukturen deutliche Verkürzungen auf [2]. Eine umgehende offene Reposition mit osteosynthetischer Stabilisierung ist zu empfehlen.

Offene Frakturen

Offene Frakturen der Mittelhandknochen sollten zeitnah einer offenen Reposition mit osteosynthetischer Versorgung zugeführt werden. Bannasch et al. [1] konnten in einem Kollektiv mit 432 Frakturen bei 365 Patienten zeigen, dass eine sofortige interne Stabilisierung in Kombination mit einem entsprechenden Weichteilmanagement das Risiko für postoperative Komplikationen nicht erhöht. Zusätzlich kam die Arbeitsgruppe zu dem Schluss, dass die Verletzungsschwere sowie das Ausmaß des Haut-Weichteil-Schadens direkt mit dem funktionellen Outcome korreliert.

Korrespondenzadresse

Priv.-Doz. Dr. med. F. Siemers

Klinik für Plastische und Handchirurgie/
Brandverletztenzentrum, BG Klinikum
Bergmannstrost
Merseburger Str. 165, 06112 Halle, Deutschland

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F. Siemers gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine vom Autor durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Bannasch H, Heermann AK, Iblher N et al (2010) Ten years stable internal fixation of metacarpal and phalangeal hand fractures-risk factor and outcome analysis show no increase of complications in the treatment of open compared with closed fractures. *J Trauma* 68:624–628
2. Debnath UK, Nassab RS, Oni JA et al (2004) A prospective study of the treatment of fractures of the little finger metacarpal shaft with a short hand cast. *J Hand Surg Br* 29:214–217
3. Ford DJ, Ali MS, Steel WM (1989) Fractures of the fifth metacarpal neck: is reduction or immobilisation necessary? *J Hand Surg Br* 14:165–167
4. Freeland AE, Lindley SG (2006) Malunions of the finger metacarpals and phalanges. *Hand Clin* 22:341–355
5. Greeven AP, Alta TD, Scholtens RE et al (2012) Closed reduction intermetacarpal Kirschner wire fixation in the treatment of unstable fractures of the base of the first metacarpal. *Injury* 43:246–251
6. Lehmann T, Hildenbrand J, Rayan GM (2010) Fractures and ligament injuries of the thumb and metacarpals. In: Trumble T (Hrsg) *Principles of Hand Surgery and Therapy*. Saunders/Elsevier, Philadelphia, S35–59
7. Mcelfresh EC, Dobyns JH (1983) Intra-articular metacarpal head fractures. *J Hand Surg Am* 8:383–393
8. Mumtaz MU, Farooq MA, Rasool AA et al (2010) Unstable metacarpal and phalangeal fractures: treatment by internal fixation using AO mini-fragment plates and screws. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 16:334–338
9. Ozer K, Gillani S, Williams A et al (2008) Comparison of intramedullary nailing versus plate-screw fixation of extra-articular metacarpal fractures. *J Hand Surg Am* 33:1724–1731
10. Poolman RW, Goslings JC, Lee JB et al (2005) Conservative treatment for closed fifth (small finger) metacarpal neck fractures. *Cochrane Database Syst Rev*. doi:10.1002/14651858.CD003210.pub3
11. Schadel-Hopfner M, Wild M, Windolf J et al (2007) Antegrade intramedullary splinting or percutaneous retrograde crossed pinning for displaced neck fractures of the fifth metacarpal? *Arch Orthop Trauma Surg* 127:435–440

-
12. Soong M, Got C, Katarincic J (2010) Ring and little finger metacarpal fractures: mechanisms, locations, and radiographic parameters. *J Hand Surg Am* 35:1256–1259
 13. Stern PJ (2005) Fractures of the metacarpal and phalanges. In: Green DP, Hotchkiss RN, Pederson WC, Wolfe SW (Hrsg) *Operative Hand Surgery*. Churchill Livingstone, New York, S277–342
 14. Strub B, Schindele S, Sonderegger J et al (2010) Intramedullary splinting or conservative treatment for displaced fractures of the little finger metacarpal neck? A prospective study. *J Hand Surg Eur Vol* 35:725–729
 15. Windolf J, Siebert H, Werber KD et al (2008) Treatment of phalangeal fractures: recommendations of the Hand Surgery Group of the German Trauma Society. *Unfallchirurg* 111:331–338 (quiz 339)
 16. Winter M, Balaguer T, Bessiere C et al (2007) Surgical treatment of the boxer's fracture: transverse pinning versus intramedullary pinning. *J Hand Surg Eur Vol* 32:709–713