

Mittelhandfrakturen

Dirk J. Schaefer, Holger Bannasch, Ulrich Kneser, G. Björn Stark

Zusammenfassung

Für die Therapie der häufigen Mittelhandfrakturen stehen vielfältige Behandlungsprinzipien zur Verfügung. Die Verfahren der funktionellen, konservativen und operativen Therapie werden beschrieben. Durch die AO-Klassifikation können die Frakturen entsprechend ihrer Lokalisation und Typs exakt eingeteilt werden. In Abhängigkeit von dieser Einteilung werden einzelne operative Verfahren in ihrer Indikation und Anwendung er-

läutert. Die operativen Behandlungsmethoden werden nach geschlossenen und offenen Verfahren unterschieden. Als Implantate stehen neben Schrauben und Platten, intramedulläre Kirschnerdrähte und der Fixateur externe zur Verfügung. Die Vielfältigkeit der Frakturen und Behandlungsmethoden erfordert eine differenzierte Indikationsstellung unter Berücksichtigung der Klassifikation, des funktionellen Ergebnisses, der Erfahrung des Chirurgen und der subjektiven Zufriedenheit des Patienten.

Fraktur zu diagnostizieren und zu klassifizieren. Basisfrakturen des 1. Mittelhandknochens erfordern meist genaue seitliche Einstellungen, um die Stellung der Gelenkfläche beurteilen zu können. Bei proximalen Frakturen der Karpometakarpal-Gelenke 2–5 kann eine Computertomographie zur Beurteilung der Dislokation notwendig sein.

Therapie

Funktionelle Behandlung

Die funktionelle Behandlung sieht nach Anlage einer Mittelhandorthese die frühe Mobilisation unter Entlastung vor [14, 29, 33].

Die Schiene verhindert v.a. die dorsale Angulation der Fraktur. Sie ist besonders für gering dislozierte, zentrale Schaftfrakturen geeignet.

Konservative Behandlung

Bei der konservativen Behandlung erfolgt ggf. die geschlossene Reposition und Immobilisation in einem Gipsverband in Intrinsic-plus-Stellung (30° Dorsalextension im Handgelenk, 90° Flexion im Grundgelenk und Streckstellung der Interphalangeal-Gelenke).

Die Dauer der Immobilisation beträgt unter radiologischen Verlaufskontrollen in der Regel 4 Wochen. Anschließend er-

Einleitung

Mittelhandfrakturen sind die häufigsten Frakturen der oberen Extremität [1,5,20,23]. Zur exakten Lokalisation der Fraktur wurde die AO-Klassifikation für Mittelhandfrakturen erstellt (Tab. 1), die zum einen nach Strahl und Lokalisation und zum anderen nach Fragment-situation unterscheidet. Diese ermöglicht eine genaue Beschreibung der Fraktur und Ableitung der OP-Indikation.

90% der Frakturen sind einstrahlig. Am häufigsten ist die subkapitale Metakarpale (MC) 5 Fraktur, gefolgt von den Schaftfrakturen 4 und 5 sowie den basisnahen MC 1 Frakturen. In 10% der Fälle werden zwei- oder mehrstrahlige Frakturen gefunden.

Ziel der Behandlung ist die bestmögliche Wiederherstellung der Funktion der Hand unter Vermeidung von Sekundärschäden und ein von dem Patienten subjektiv als gut eingeschätztes Ergebnis.

Bis zur Einführung der AO-Richtlinien mit offener Reposition und interner Stabilisierung zur Frakturbehandlung wurden die meisten Mittelhandfrakturen konservativ behandelt. Das Verständnis der Biomechanik der internen Osteosynthese und die Entwicklung neuer Implantate haben zur vermehrten operativen Behandlung mit dem Ziel der übungstabilen Osteosynthese und anatomischen Rekonstruktion geführt.

Diagnostik

Röntgenaufnahmen in 3 Ebenen, posterior-anterior, lateral und schräg, reichen als bildgebene Verfahren aus, um die

Tab. 1 Die AO-Klassifikation der Mittelhandfrakturen. Es wird eingeteilt nach betroffenem Strahl, Lokalisation im Strahl, Gelenkbeteiligung und Schwerotyp der Fraktur. Der Code soll die Beurteilung der Frakturschwere und Indikationsstellung des Behandlungsverfahrens ermöglichen.

AO-Klassifikation	Lokalisation	Frakturtyp	Frakturtyp
7-1	1 = proximal	A = Diaphyse	1 = einfach
7-2	2 = Schaft	B = Metaphyse	2 = drittes Fragment
7-3	3 = distal	C = Gelenk	3 = Mehrfragment und Trümmerfrakturen
7-4			
7-5			

folgt eine krankengymnastische Übungsbehandlung [2,13,25]. Die Behandlung mit einer Motorbewegungsschiene kann in Einzelfällen notwendig sein. Bei sekundärer Dislokation kann die Indikation zum Verfahrenswechsel und operativer Stabilisierung gestellt werden.

Operative Behandlung

Gängige Indikationen für eine operative Therapie sind in **Tab.2** dargestellt [3,4,7,17,18,21,24,26,28,30]. Der Eingriff erfolgt in Lokal- oder Regionalanästhesie, ggf. in Allgemeinnarkose. In Rückenlage wird der betroffene Arm ausgelagert und bei offenen Verfahren wird die Operation in Blutleere durchgeführt.

An geschlossenen Verfahren stehen perkutane Kirschner-Drähte und der Fixateur externe zur Verfügung [22,24]. Als minimal-invasiv wird nach der geschlossenen Reposition die Einbringung intramedullärer Kirschner-Drähte durch eine kleine frakturferne Hautinzision und Knochenfensterung bezeichnet [7,8,9].

Bei der offenen Reposition erfolgt der Zugang streckseitig durch eine Längsinzision am Rand der Strecksehnen unter Schonung des Peritendineums und der Äste des Nervus radialis und ulnaris. Durch eine Inzision können zwei Metakarpalfrakturen versorgt werden. Nach dem Hautschnitt erfolgt die scharfe Präparation auf das dorsale Periost und die Darstellung der Fraktur.

Die Reposition wird durch Traktion erreicht und durch Repositionszangen gehalten bzw. durch Kirschner-Drähte vorläufig fixiert. Zur Frakturfixierung stehen folgende Optionen zur Wahl: Kirschner-Drähte, intraossäre Cerclagen, intramedulläre Nagelung, interfragmentäre Zugschrauben oder Plattenosteosynthesen (**Tab. 3**).

Die Verfahren werden in Abhängigkeit von der Frakturkonfiguration und Erfahrung des Chirurgen bestimmt [3,4,31].

Implantate

Für übungsstabile Osteosynthesen haben sich Mini-Schrauben und Platten bewährt, die entsprechend den Richtlinien der AOI zur Osteosynthese eingebracht werden [3,4,5,17,28]. Übungsstabile Osteosynthesen können ab dem 2.postoperativen Tag in der Regel aus der Schiene mobilisiert und krankengymnastisch beübt werden. Resorbierbare Im-

Tab.2 Allgemeine Indikationen zur operativen Behandlung unabhängig von der Klassifikation.

- irreponible Frakturen
- Rotationsfehler
- multiple Mittelhandfrakturen
- Weichteilverletzungen
- intraartikuläre Frakturen
- offene Frakturen
- Knochendefekt
- Polytrauma mit Handfrakturen

Tab.3 Derzeitige gängige Operationsverfahren.

- geschlossene Reposition und
- Kirschner-Drahtosteosynthese
 - intramedulläre Nagelung
 - Fixateur externe
- offene Reposition und Plattenosteosynthese
- Zugschraubenosteosynthese
 - Cerclage
 - Kirschner-Drähte

plantate befinden sich derzeit in klinischer Erprobung. Die einzelnen operativen Verfahren werden im Folgenden anhand typischer Frakturlokalisation und -typen dargestellt.

Proximale Frakturen

Für die MC 1-Basis-Frakturen ist in der Regel die OP-Indikation gegeben [27], da die Brüche durch den radialen Zug des M. abductor pollicis longus an der Basis und den Zug der kurzen Daumenballenmuskeln am Daumengrundgelenk dislozieren.

Die extra-artikuläre Winterstein-Fraktur ist in der Regel quer oder leicht schräg konfiguriert. Die Fraktur kann geschlossen unter Zug, Druck auf die Fraktur und leichter Pronation reponiert und durch perkutan eingebrachte Kirschner-Drähte fixiert werden. Die offene Reposition und Plattenosteosynthese kann zur frühen Übungsstabilität angewendet werden.

Bei der Bennett-Fraktur disloziert das Hauptfragment nach radial, dorsal und proximal. Ziel der Behandlung ist die Wiederherstellung der Gelenkstabilität und -kongruität. Die perkutane intermetakarpale Kirschner-Drahtfixierung bringt gute Ergebnisse und bietet sich v.a. bei kleinen Bennett-Fragmenten an

[6]. Wird keine exakte Reposition erreicht oder liegt ein großes Fragment vor, erfolgt die offene Reposition und Schraubenosteosynthese (**Abb.1 a u. b**) bzw. Plattenosteosynthese (**Abb.2 a u. b**) bei der intraartikulären, mehrfragmentären Rolando-Fraktur [15,22]. Hier kann bei einer Impression der Gelenkfläche eine Spongiosa-Transplantation notwendig werden.

Schaftfrakturen

Hier werden Quer-, Schräg-, Spiral- und Trümmerfrakturen unterschieden [18].



Abb.1 a u. b Ein 39-jähriger Patient hatte sich im Rahmen eines Polytraumas unter anderem eine geschlossene Bennett-Fraktur des rechten Daumens zugezogen (**a**). 5 Tage nach dem Unfall erfolgte die offene Reposition und Versorgung mit zwei Titan-Schrauben (Leibinger-S, 15 und 18mm). (**b**) zeigt das radiologische Ergebnis einen Monat postoperativ.

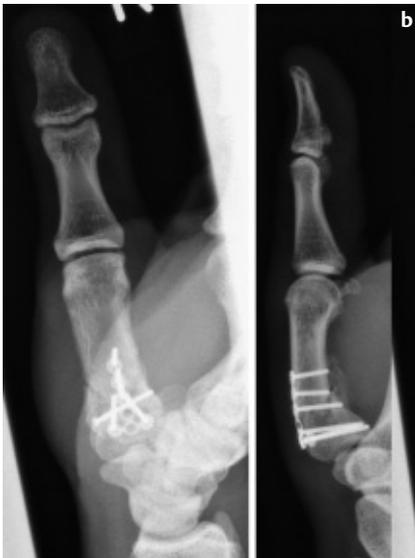


Abb. 2 a u. b Ein 26-jähriger Patient hatte sich beim Sturz auf die rechte Hand eine geschlossene Rolando-Fraktur des rechten Daumens zugezogen (a). (b) zeigt die Röntgenkontrolle 4 Wochen nach Versorgung mittels T-Platte (Leibinger-S) und Zugschraube (Leibinger-S 18mm).

Die Frakturen dislozieren meist nach palmar durch den Zug der Interosseusmuskulatur. Die Abkippung wird funktionell meist gut toleriert, kann aber kosmetisch stören. Eine Rotationsfehlstellung wird hingegen nicht toleriert und führt zu einem Fingerübergreif beim Faustschluss. Bei Spiralfrakturen kommt es meist zu einer Verkürzung, welche bis zu 3–4 mm akzeptiert werden kann. Trümmerfrakturen sind oft Folge einer direkten Gewalteinwirkung und sind häufig mit Weichteilschäden verbunden.

Operationsindikationen werden in der Regel bei Mehrfragmentfrakturen, betroffenem 2. und 5. Strahl, offenen Frakturen, Knochendefekt, Weichteilschaden und Polytrauma gestellt.

Spiralfrakturen werden am Beispiel einer MC 4-Schaftfraktur mit Verkürzung durch offenen Reposition und Zugschraubenosteosynthese gezeigt (Abb. 3 a u. b). Diese gewährleistet eine übungsstabile Fixierung und gute Ergebnisse. Eine Metallentfernung ist nur im Einzelfall notwendig. Mehrfragment-, Schräg- und Querfrakturen werden insbesondere am 2. Mittelhandknochen mit Mini-Plattenosteosynthesen mit selbstschneidenden Schrauben übungsstabil versorgt. Pseudarthrosen werden selten beobachtet, häufiger finden sich Sehnenverwachsungen und dorsale Vorwölbungen.

Die Stabilisierung mit Kirschnerdrähten ist möglich, gewährleistet jedoch nicht immer eine Rotationsstabilität. Die externe Fixierung wird bei massiven Weichteilschäden oder offenen Frakturen empfohlen [26]. Sie kann auch zur Distraction bei sekundärer Reposition einer Verkürzung eingesetzt werden.

Distale Frakturen

Subkapitale Frakturen sind häufig und betreffen meist MC 4 und MC 5 („Boxer's fracture“) [11, 32]. Bis heute wird die optimale Behandlung dieser Frakturen kontrovers diskutiert [5, 13, 32]. Einige Autoren geben an, dass selbst deutliche Abkippungen des Köpfchens bis zu einem Winkel von 70° zu keiner Einschränkung der Handfunktion führen. Einige Patienten beklagen jedoch den Verlust der Prominenz des Metakarpaleköpfchens, bzw. den tastbaren Kopf in der Handfläche. Andere Gruppen empfehlen die operative Behandlung ab einem Abkippungswinkel > 20° bei MC 4 und > 30° bei MC 5 Frakturen. Bei subkapitalen Frakturen des 2. und 3. Strahls werden Abkippungen größer 15° nicht akzeptiert.

Die Reposition der Frakturen kann im lokalen Block oder Bruchspaltanästhesie erfolgen. In Flexionsstellung des Grundgelenkes wird das Grundglied von palmar nach dorsal gedrückt und die Fraktur ausgerichtet. Bei der konservativen Behandlung erfolgt die Anlage eines Gipsverbandes [32].

Bei der operativen Behandlung stehen die geschlossene Reposition und anterograde oder retrograde Kirschner-Drahtosteo-



Abb. 3 a u. b Einem 21-jährigen Patienten war während der Arbeit ein schwerer Metalldeckel auf die rechte Hand gefallen, dabei hatte er sich eine zweitgradig offene MC IV-Mehrfragmentfraktur mit Rotationsfehler des Ringfingers zugezogen (a). Es erfolgte die umgehende Versorgung mittels 4 Leibinger Zugschrauben. (b) zeigt die Röntgenkontrolle zwei Wochen nach Operation.

synthese zur Verfügung (Abb. 4 a u. b). Erstere erlaubt die frakturferne und minimal-invasive Einbringung von gebogenen Drähten intramedullär und bringt bei direkter Übungsstabilität sehr gute funktionelle Ergebnisse [7, 8, 9]. Bei der retrograden perkutanen Versorgung stören die Drähte die Gelenkfunktion und es besteht keine Möglichkeit der funktionellen Nachbehandlung. Die Metallentfernung erfolgt in Lokalanästhesie.

Die Verwendung von lateral angebrachten Platten erfordert die gelenknahe Dissektion und kann dadurch zu Bewegungseinschränkungen im MCP-Gelenk führen. Dorsal eingebrachte Platten verursachen eine deutliche Vorwölbung und können das Sehngleiten behindern [31].

Gelenkfrakturen

Frakturen des Metakarpaleköpfchens sind selten und in der Regel intraartikulär und betreffen zumeist den 2. Mittelhandknochen. Dislozierte Frakturen mit osteo-



Abb. 4a–d Ein 24-jähriger Patient hatte sich beim Sturz auf die rechte Hand eine typische subkapitale MC V-Fraktur („boxers’fracture“) mit palmarer Abkipfung zugezogen. (b) und (c) zeigen die Röntgenkontrollen einen Monat nach minimalinvasiver und übungstabiler Versorgung mittels Kirschner-Drähten Stärke 1,0 mm, die in Lokalanästhesie als intramedulläre Nägel eingebracht wurden. (d) zeigt den Röntgenbefund nach Metallentfernung.

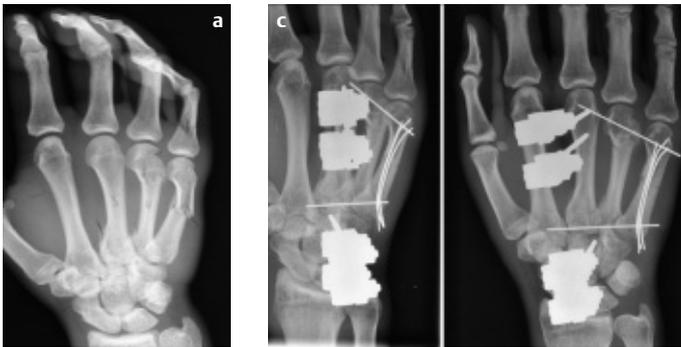


Abb. 5a–c Der 29-jährige Patient hatte sich im Rahmen eines Polytraumas unter anderem geschlossene MC III bis V-Frakturen, sowie eine DV-Grundglied-Fraktur zugezogen (a und b). Zwei Wochen nach Trauma erfolgte die geschlossene Reposition durch Anlage eines Fixateur externe zur Distraction der Mittelhand, sowie die kombinierte intramedulläre Nagelung des MC V und horizontale Stabilisierung durch Transfixation der Metakarpale-Basen und Köpfchen III bis V. Die D-V-Grundglied-fraktur wurde konservativ behandelt. c zeigt das Ergebnis 5 Wochen postoperativ.

chondralen Fragmenten werden offen reponiert und mit Schrauben fixiert, um eine Übungsstabilität und frühe Mobilisation zu erreichen. Impaktierte Frakturen werden meist geschlossen reponiert und unter Traktion immobilisiert. Die Gelenkfläche kann ggf. später durch eine Autotransplantation oder Arthroplastik rekonstruiert werden [12,16].

Komplikationen

Neben den allgemeinen Risiken der konservativen und operativen Frakturbehandlung werden selten spezielle Komplikationen, wie eine Pseudarthrosenbildung und Verheilung in Fehlstellung beobachtet. Ein Rotationsfehler wird über 5° nur schwer toleriert. In diesem Fall ist eine sekundäre Rotationsosteotomie indiziert. Eine Verkürzung um bis zu 5 mm hingegen bedeutet keine wesentliche Funktionseinschränkung. Zu beachten ist die Beeinträchtigung der Beuge-sehnen bei der Einbringung von Schrauben, die zu weit aus der Gegenkortikalis herausreichen. Hier sind die frühe Metallentfernung oder Kürzung notwendig. Postoperative Schmerzen bei Fingerflexion werden häufig durch eine Tendovaginitis stenosans begründet und können eine lokale Kortisontherapie oder ggf. eine Ringbandsplattung erfordern. Dorsal angelegte Platten können die Strecksehnenfunktion beeinträchtigen.

Diskussion

Art der Behandlung

Endgültige Klarheit über die optimale Behandlung der Mittelhandfrakturen bestehen zur Zeit noch nicht. Folgende Kriterien begründen hauptsächlich die Therapieentscheidung:

- Patientenzufriedenheit
- optimale Funktion
- frühe Übungsbehandlung
- anatomische Reposition

Unter Berücksichtigung dieser Kriterien sollte auf Basis der individuellen chirurgischen Erfahrung durch die Verfahren der funktionellen, konservativen und verschiedenen operativen Behandlung ein auf den und mit dem aufgeklärten Patienten abgestimmtes Behandlungskonzept erstellt werden. Auf der Grundlage einer eindeutigen Klassifikation können einfachere Frakturen funktionell behandelt werden, da die funktionelle Therapie unter Inkaufnahme einer mangelnden anatomischen Reposition eine frühe Mobilisation, somit gutes funktionelles Ergebnis

und hohe Patientenzufriedenheit aufgrund fehlender Operation und deren Folgen erbringt. Das Argument der korrekten anatomischen Reposition tritt somit als Indikationskriterium für eine operative Behandlung zurück.

Allgemein akzeptierte Operationsindikationen bestehen, wie oben dargestellt für die proximalen Basisfrakturen des ersten Mittelhandknochens.

Implantate

Schwere Frakturen sollten operativ versorgt werden, um aufgrund einer frühen Übungsstabilität eine gute Funktion zu ermöglichen. Hierbei sollte die minimal-invasive Versorgung durch intramedulläre Nagelung wenn möglich favorisiert werden, da keine Beeinträchtigung der Sehnenfunktion durch das Implantat entstehen kann. Kleine Narben und eine geringere Weichteildissektion werden vom Patienten subjektiv als vorteilhaft empfunden.

In den Fällen, in denen eine Platten- oder Zugschraubenosteosynthese nach offener Reposition notwendig wird, empfiehlt sich die Verwendung von Mini-Implantaten aus Titan. Resorbierbare Implantate stehen bereits zur Verfügung, sind aber derzeit noch nicht durch klinische Studien evaluiert.

Begleitumstände, wie sie in **Tab. 2** genannt sind, können zusätzliche Maßnahmen, bzw. die Verwendung eines Fixateur externe erfordern (**Abb. 5a–c**).

Individualisierte Behandlung

In Kenntnis der multiplen Frakturarten und Therapieoptionen wird eine individualisierte Behandlung des Patienten empfohlen [10].

Nach der Klassifikation der Fraktur wird nach einer ausführlichen therapeutischen Aufklärung des Patienten unter besonderer Berücksichtigung eines optimalen funktionellen und subjektiven Ergebnisses mit dem Verletzten ein Behandlungskonzept erstellt.

Literatur

- ¹ Ashkenaze DM, Ruby LK. Metacarpal fractures and dislocations. *Orthop Clin North Am* 1992; 23: 19–33
- ² Barton NJ. Conservative treatment of articular fractures of the hand. *J Hand Surg* 1989; 14A: 386–389
- ³ Bosscha K, Snellen JP. Internal fixation of metacarpal and phalangeal fractures with AO minifragment screws and plates: a prospective study. *Injury* 1993; 24: 166–168
- ⁴ Dabezies J, Schutte JA. Fixation of metacarpal and phalangeal fractures with miniature plates and screws. *J Hand Surg (Am)* 1986; 11A: 283–285
- ⁵ De Jonge JJ, Kingma J, van der Lei B, Klases HJ. Fractures of the metacarpals. A retrospective analysis of incidence and aetiology and a review of the English-language literature. *Injury* 1994; 25: 365–369
- ⁶ Dempsey SM, Thurston AJ. Outcome in Bennett's fractures. *J Bone Joint Surg (Br)* 1989; 71: 721–729
- ⁷ Förstner H. Die intramedulläre Nagelung distaler Mittelhandbrüche. Technik-Instrumentarium-Fallbeispiele. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1994; 26: 29–34
- ⁸ Foucher G, Chemovin C, Sibilly A. Nouveau procédé d'osteosynthese original dans les fractures du 1/3 distal du cinquième metacarpien. *Nouv Press Med* 1976; 17: 1139–1140
- ⁹ Gonzalez MH, Cassim MI, Hall RF. Flexible intramedullary nailing of metacarpal fractures. *J Hand Surg Am* 1995; 20A: 382–387
- ¹⁰ Hall RF. Treatment of metacarpal and phalangeal fractures in non-compliant patients. *Clin Orthop Rel Res* 1987; 214: 31–36
- ¹¹ Hoecker K. Die subcapitale Mittelhandfraktur. Aktuelle Traumatol 1993; 23: 85–89
- ¹² Kjaer-Petersen K, Jurik AG, Petersen LK. Intraarticular fractures at the base of the fifth metacarpal. A clinical and radiographical study of 64 cases. *J Hand Surg Br* 1992; 17: 144–147
- ¹³ Knopp W, Nowak B, Buchholz J, Muhr G, Rehn J. Konservativer oder operativer Behandlung von Metacarpalfrakturen. *Unfallchir* 1993; 96: 427–432
- ¹⁴ Konradsen L, Noelson PT, Albrecht-Beste E. Functional treatment of metacarpal fractures. *Acta orthop Scand* 1990; 456–4628 (check!)
- ¹⁵ Langhoff O, Andersen K, Kjaer-Petersen. Rolando's fracture. *J Hand Surg Br* 1991; 16: 454–459
- ¹⁶ Light TR, Bednar MS. Management of intra-articular fractures of the metacarpophalangeal joint. *Hand Clin* 1994; 10: 365–369
- ¹⁷ Mann RJ, Black R, Constine R, Daniels AV. A quantitative comparison of metacarpal fracture stability with five different methods of internal fixation. *J Hand Surg* 1985; 10A: 1024–1028
- ¹⁸ Matloub HS, Jensen PL, Sanger JR, Grundert BK, Yusif NJ. Spiral fracture fixation techniques. A biomechanical study. *J Hand Surg Br* 1993; 18: 515–519
- ¹⁹ McKerrell J, Bowen V, Johnston G, Zondervan J. Boxer's fractures conservative or operative management. *J Trauma* 1987; 27: 486–492
- ²⁰ Moutet F, Frere G. Les fractures des metacarpiens. *Ann Chir Main* 1987; 1: 5–14
- ²¹ Parsons SW, Fitzgerald JA, Shearer JR. Fixateur externe in phalangeal and metacarpal fractures. *J Hand Surg Br* 1992; 17: 1515
- ²² Proubasta IR. Rolando's fracture of the first metacarpal. Treatment by external fixation. *J Bone Joint Surg Br* 1992; 74: 416–417
- ²³ Schöttle H, Stier GB, Langendorff HU. Ergebnisse der operativen Behandlung von Frakturen der Mittelhand und Finger. *Unfallchirurgie* 1985; 11: 76–83
- ²⁴ Schuind F, Donkerwolcke M, Burny F. External minifixation for treatment of closed fractures of the metacarpal bones. *J Orthop trauma* 1991; 5: 146–152
- ²⁵ Segmüller G. Die Behandlung der Finger- und Mittelhandfrakturen. *Langenbecks Arch Klin Chir* 1985; 295: 305–308
- ²⁶ Shehadi SI. External fixation of metacarpal and phalangeal fractures. *J Hand Surg Am* 1991; 16: 544–550
- ²⁷ Siebert HR, Kirschbaum A. Indikation, Technik und Ergebnisse der Behandlung basisnaher Frakturen des ersten Mittelhandknochens durch übungsstabile Osteosynthese. *Unfallchirurgie* 1993; 19: 364–371
- ²⁸ Simonetta C. The use of AO plates in the hand. *Hand* 1970; 2: 43–45
- ²⁹ Sorensen JS, Freund KG, Kejla G. Functional fracture bracing in metacarpal fractures. The Galveston metacarpal brace versus a plaster of Paris bandage in a prospective study. *J Hand Ther* 1993; 6: 263–265
- ³⁰ Steel WM. The AO small fragment set in hand fractures. *Hand* 1978; 10: 246–248
- ³¹ Stern PJ, Wieser MJ, Reilly DG. Complications of plate fixation in the hand. *Clin Orthop Rel Res* 1987; 214: 59–65
- ³² Theeuwes GA, Lemmens JA, van Niekerk JL. Conservative treatment of boxer's fracture: a retrospective analysis. *Injury* 1991; 22: 394–396
- ³³ Viegas SF, Tencer A, Woodard A, Williams CR. Functional bracing of fractures of the second through fifth metacarpals. *J Hand Surg (Am)* 1987; 12A: 178–186

Prof. Dr. med. G. Björn Stark

Ärztlicher Direktor

Dr. med. Dirk J. Schaefer

Facharzt Plastische Chirurgie

Dr. med. Holger Bannasch

Assistenzarzt

Dr. med. Ulrich Kneser

Arzt im Praktikum

Abt. Plastische- und Handchirurgie

Universitätsklinikum Freiburg

Hugstetter Str. 55

D-79106 Freiburg