Fingerfrakturen – operativ/ konservativ – ist manchmal weniger mehr?

Frakturen im Bereich der Phalangen und der Mittelhand weisen gegenüber der Versorgung von jenen an langen Röhrenknochen und großen Gelenken einige Besonderheiten auf.

Die in der Unfallchirurgie geltenden Versorgungsprinzipien mit exakter anatomischer Reposition, übungsstabiler Osteosynthese und frühfunktioneller Nachbehandlung sind in der Handchirurgie nur bedingt umsetzbar und erfordern besondere Materialien und Operationstechniken. Passagere Ruhigstellungen durch äußere Schienungen sind nicht immer zu vermeiden, sollten jedoch auf das absolut notwendige Maß begrenzt werden. Schwere Handverletzungen sind häufig nicht nur durch Trümmer- und Defektfrakturen, sondern durch erhebliche Weichteilschäden und Verletzung funktionell wichtiger Strukturen wie Sehnen, Nerven und Gefäße gekennzeichnet, mit der Folge, dass deren Versorgung in den Vordergrund rückt und für das funktionelle Endergebnis wesentlich mitentscheidend ist.

Grundlagen

Die Frakturhäufigkeit an der Hand nimmt von distal nach proximal ab. Etwa 58% der Frakturen betreffen Daumen und Langfinger, etwa 27% die Mittelhand und die restlichen 15% die Handwurzel, wobei hier die Kahnbeinfraktur nach Häufigkeit und Knochenbruchheilung eine Sonderstellung einnimmt.

Viele Frakturen im Bereich der Hand können sowohl konservativ als auch ope-

rativ versorgt werden. Für eine konservative Behandlung spricht das fehlende Operationstrauma mit den sich hieraus ergebenden Komplikationsmöglichkeiten. Nachteilig sind die u. U. mehrwöchigen Ruhigstellungszeiten mit Einsteifung von Gelenken, auch benachbarter unbeteiligter Finger. Andererseits haben die seit Anfang der neunziger Jahre verbreiteten verfügbaren Titanminiimplantate zu einer Verbesserung der operativ-technischen Möglichkeiten beigetragen und damit zu einer Erweiterung der Operationsindikation. Hierin ist auch ein Gewinn zu sehen, sofern die operative Frakturversorgung zu Übungsstabilität und frühfunktioneller Nachbehandlungsmöglichkeit führt.

Therapieentscheid konservativ bzw. operativ

Für eine *konservative Frakturbehandlung* grundsätzlich geeignet sind:

- Stabile Frakturen
- Geschlossene Frakturen
- Unverschobene Frakturen
- Geschlossene Mehrfragmentfrakturen in insgesamt achsengerechter Stellung und ohne Gelenkbeteiligung (die operativ nicht zu verbessern sind)

Eine grundsätzliche Indikation zur *operativen Frakturversorgung* besteht bei:

- Instabilen Frakturen
- Offenen Frakturen

Abb. 1a–c ▲ Möglichkeiten der Ruhigstellung. a 8er Schlinge, b Fingerschiene, c Mittelhand-schiene

Abb. 2a, b ◀ **Knöcherner Strecksehnenabriss.**
a Vor Versorgung,
b Repositionsergebnis mit angelegter Winterstein-Schiene, c, d operative Versorgung mit 2 1,0-mm-Titanmini-schraubchen

- Frakturen mit Weichteilschaden
- Luxationsfrakturen und Frakturen mit Gelenkbeteiligung
- Primär oder sekundär dislozierten Frakturen
- Frakturen mit Drehfehlstellung des betroffenen Fingers
- Multilokulären Frakturen (parallel an verschiedenen Fingerstrahlen)

Während z. B. bei offenen Frakturen und solchen mit Gelenkstufen die Indikation zur Operation relativ leicht zu stellen ist, erhebt sich in der Praxis durchaus die Frage, was als instabile Fraktur anzusehen ist oder welcher Grad von Abkipfung oder Verkürzung z. B. bei einer Mittelhandfraktur noch toleriert werden kann. Frakturen mit Weichteilschaden z. B. im Sinne einer Hautschürfung oder Quetschmarke sollten immer dann primär operativ versorgt werden, wenn sie nicht absolut sicher auch konservativ ausbehandelt werden können, da ein Sekundäreingriff nach 3 oder 5 Tagen mit einem erheblich höheren Infektionsrisiko einhergeht und daher vermieden werden sollte.

Besonderes Augenmerk ist auf einen etwaigen Drehfehler zu richten. Dieser ist nur klinisch im Rahmen der Erstuntersuchung feststellbar bzw. im Fall einer operativen Versorgung klinisch intraoperativ zu prüfen und *nicht* im Röntgenbild erkennbar.

Konservative Therapie

Entscheidet man sich unter den oben skizzierten Voraussetzungen für eine konser-

vative Frakturbehandlung, genügt eine Gipsschiene in frakturgerechter Dimensionierung. Geschlossene Gipsanordnungen, wie sie bei Handwurzelverletzungen oder distalen Radiusfrakturen zur Anwendung kommen, sind bei Mittelhand- und Fingerfrakturen überflüssig. Alternativ zu einfachen Gipsschienen können unterschiedlich komfortable und unterschiedlich teure thermoplastische Materialien, Kunststoff-Cast-Verbände oder industriell vorgefertigte Schienen zur Anwendung kommen. Wesentlich ist nur, dass nicht mehr Gelenke und Finger als notwendig ruhig gestellt werden und dies auch nur für den absolut notwendigen Zeitraum. Mittelhandschienen, Fingerrinnen und so genannte Mitnehmerschlingen, 8er oder 16er Schlingen bieten vielfältige Möglichkeiten, die Ruhigstellung auf das notwendige Maß zu begrenzen (▣ Abb. 1).

Die 6-wöchige Ruhigstellung einer isolierten Mittelhandfraktur auf einer Unterarmschiene mit Einschluss aller Langfinger ist überflüssig!

Operative Therapie

Bei Frakturen an der Hand muss je nach Fraktursituation, Weichteilbefund und Verletzungsausmaß nach verschiedenen Prinzipien vorgegangen werden. Idealerweise sind die exakte Reposition und übungsstabile Osteosynthese anzustreben. Häufig muss man sich jedoch mit der so genannten Minimalosteosynthese zufrieden geben, die man als Osteosynthese mit einfachen Mitteln definieren kann, die unter kritischen (Weichge-

webe-)Bedingungen eine limitierte Frühbeanspruchung ohne Widerstand in der frühen postoperativen Phase ermöglicht. Bei Defektfrakturen, die nicht mehr direkt aufeinander gestellt werden können, ist zum Längenerhalt des betroffenen Fingers eine Distanzosteosynthese (z. B. durch Minifixateur oder einfache axiale Kirschner-Drähte) anzustreben, verbunden mit einem planmäßigen sekundären knöchernen Wiederaufbau. Gelenkfrakturen, die mit einer Zerstörung des Gelenks einhergehen, sind im Bereich der Finger häufig nur noch durch eine primäre Arthrodese zu behandeln.

Die Auswahl des Osteosyntheseverfahrens richtet sich nach Frakturlokalisation und -typ, etwaigem Weichteilschaden und Begleitverletzungen. Nach wie vor werden viele Osteosynthesen gerade bei komplexen Verletzungsmustern mit einfachen Mitteln durchgeführt, d. h. mit Kirschner-Drähten in alleiniger Anwendung oder in Kombination mit dünnen Drähten in Form von intraossären Drahtnähten, Zuggurtungen oder Cerclagen. Durch die Entwicklung von Titanminiimplantaten in den Schraubendimensionen 1,0– 2,0 mm und Plattendimensionen ab 1,3 mm hat sich deren Anwendungsbereich in den letzten Jahren deutlich vergrößert. Auch im Bereich der Phalangen lassen sich z. B. mit reinen Schraubenosteosynthesen der Dimension 1,3 mm oder 1,5 mm übungsstabile Osteosynthesen bewerkstelligen, wobei die Schrauben teilweise sogar über Stichinzisionen maximal gewebeschonend eingebracht werden können. Die Applikation hat sich ebenfalls

deutlich vereinfacht, da der Vorgang des Gewindeschneidens bei den Titanminiimplantaten vollständig entfällt.

Aber auch andere Systeme wie die Minifixateure wurden technisch verfeinert und damit in ihrer Anwendbarkeit verbessert. Spezielle Schraubensysteme für den Handwurzelbereich wurden eingeführt oder weiterentwickelt (z. B. 3,5-mm-Synthes-Schraube mit Gewindeunterlegscheibe, kanülierte Herbert-Schraube). Auch über die Anwendung von resorbierbaren Osteosynthesematerialien in der Handchirurgie wurde verschiedentlich berichtet. Diese haben sich jedoch bisher nicht durchsetzen können.

Spezieller Teil – Operationstechniken

An Materialien und Techniken stehen zur Verfügung:

- Kirschner-Draht (perkutan/offen)
- Drahtnaht, Cerclage, Zuggurtung
- Titanminiplatten und -minischrauben
- Minifixateur externe
- Intramedulläre Schienung (nach Förstner)
- Spezielle Schrauben (Herbert-, Synthes-Schrauben)
- Resorbierbare Materialien

Anwendungsbeispiele

Im Folgenden werden einige Anwendungsbeispiele vorgestellt.

Knöcherner Strecksehnenauriss. Die Busch-Fraktur kann sowohl konservativ als auch operativ behandelt werden. Eine Operationsindikation besteht bei erheblicher Fragmentdislokation, Stufenbildung im Gelenk oder Streckdefizit von mehr als 30–40°. Als Richtschnur für eine operative Versorgung gilt eine Fragmentgröße, die $\geq 1/3$ der Gelenkfläche umfasst.

Bei konservativer Behandlung hat sich bei uns neben der gebräuchlichen handelsüblichen Stack-Schiene die Anwendung einer so genannten Winterstein-Schiene bewährt, die aus thermoplastischem Material nach Maß angefertigt wird und das Endgelenk in einer leichten Überstreckstellung halten soll, um hierdurch die Fragmentadaptation zu verbessern.

Zusammenfassung · Abstract

Trauma Berufskrankh 2006 · 8[Suppl 2]: S127–S135
DOI 10.1007/s10039-005-1048-0
© Springer Medizin Verlag 2005

G. Schmidt

Fingerfrakturen – operativ/konservativ – ist manchmal weniger mehr?

Zusammenfassung

Die modernen Titanminiimplantate haben zu einer Verbesserung der Frakturversorgung an der Hand geführt und eine Ausweitung der operativen Möglichkeiten und damit eine erweiterte Indikationsstellung der operativen Versorgung von Fingerfrakturen bewirkt. Voraussetzung für das Gelingen dieser Osteosynthesen sind neben allgemeiner handchirurgischer Erfahrung Fingerfertigkeit, Geduld, Liebe zum Detail und Vertrautheit mit dem Instrumentarium. Nur dann kann die angestrebte Übungsstabilität und damit der wesentliche Vorzug der operativen Frakturversorgung erreicht werden. Schwere Komplexverletzungen der Hand und Amputationen erfordern schnell und sicher durchführbare, technisch einfache und gewebeschonende Osteosynthesen. Meist entscheidet hier die

Behandlung des Weichteilschadens sehr viel mehr über das funktionelle Endergebnis als die Frakturheilung. Aber auch in der konservativen Behandlung von Fingerfrakturen können Fortschritte erzielt werden, und zwar durch frakturangepasste Ruhigstellungen. Unterschiedliche Materialien ermöglichen individuell angepasste Versorgungen. Wesentlich ist jedoch ein grundsätzliches Umdenken – weg von überlangen Ruhigstellungszeiten einerseits und Aufgeschlossenheit gegenüber neueren operativ-technischen Möglichkeiten andererseits.

Schlüsselwörter

Fingerfraktur · Titanminiimplantat · Übungsstabilität · Osteosynthese · Ruhigstellung

Finger fractures – operative or conservative treatment – is less sometimes more?

Abstract

Modern mini-implants in titanium have improved the treatment of fractures in the hand, and expanded the indications for surgical treatment of fractures of fingers. Internal fixation operations with these implants are sometimes very intricate and make additional demands on the surgeon: manual dexterity, patience, devotion to detail, and familiarity with the instruments and equipment, in addition to experience in general hand surgery. Only when these demands are indeed met can the desired consistency in practice and thus any substantial advantage of this surgical treatment of fractures be achieved. Severe and complex injuries of the hand and amputations require osteosynthesis techniques that are technically simple and can be carried out quickly and safely in a manner that spares soft tissues. In most cases the treatment of soft tissue damage

influences the functional end-result much more decisively than the quality of fracture healing attained. Advances in the conservative treatment of finger fractures could be brought about by means of new immobilization techniques that are tailored to the individual fractures. The variety of materials now available allow individually tailored care plans. However, a major rethink is the most important aspect of this; we need to get away from excessively long periods of immobilization and keep an open mind about options opened up by new surgical techniques.

Keywords

Finger fractures · Titanium mini-implant · Consistency in practice · Osteosynthesis · Immobilization

Abb. 3 ◀ **Intraartikuläre Mittelgliedköpfchenfraktur (a, b), minimalinvasives Vorgehen mit Kirschner-Draht perkutan und Minischraube über Stichinzision (c, d)**

Abb. 4 ◀ **Knöcherner Mittelzügelabriss (a), Minischraubenosteosynthese (b)**

Gerade bei dieser Frakturform haben sich die Titanminiimplantate in der Dimension 1,0 mm gegenüber den früher üblichen Drahtcerclagen und Kirschner-Draht-Osteosynthesen sehr bewährt, da hiermit eine sichere und anatomische Fixierung des knöchernen Fragments erreicht werden kann (■ Abb. 2).

Mittelgliedköpfchenfrakturen. Sie können mit den oben erwähnten Minischrauben ebenfalls sehr elegant offen oder über Stichinzisionen perkutan versorgt werden (■ Abb. 3).

Fraktur an der Streckseite der Mittelgliedbasis. Auch sie entspricht einer Abrissfraktur, da hier der Streckermittelzügel ansetzt. Aufgrund der einwirkenden Zugkräfte ist eine sichere, möglichst übungsstabile Fixierung anzustreben (■ Abb. 4).

Dislozierte multilokuläre Frakturen an mehreren Phalangen. Sie müssen operativ und nach Möglichkeit übungsstabil versorgt werden. Gerade bei kurzen Querfrakturen im subkapitalen oder suprabasalen Bereich sind Miniplatten nur schwer zu platzieren und vermitteln auch keine bessere Übungsstabilität als eine Osteosynthese durch Drahtnaht und schräg eingebracht-

ten Kirschner-Draht, welche ohne größere Weichteilschädigung und Knochennudierung praktisch immer noch angebracht werden kann. Gerade bei gelenknahen Frakturen ist eine möglichst frühzeitige aktive und passive Übungsbehandlung erforderlich. Diese kann bei bedingter Übungsstabilität in den ersten 1–3 Wochen aus der Schiene heraus unter krankengymnastischer Anleitung durchgeführt werden. Geringere Fragmentdislokationen sind hierbei zugunsten eines guten funktionellen Endergebnisses durchaus in Kauf zu nehmen, soweit kein Drehfehler auftritt (■ Abb. 5).

Mehrfragmentfrakturen an der Mittelgliedbasis. Sie gehen mit einer mehr oder minder ausgeprägten Zerstörung der Gelenkfläche einher und zeigen aufgrund der einwirkenden Zugkräfte von Streckermittelzügel und oberflächlicher Beugesehne eine erhebliche Dislokation, verknüpft mit einer Subluxationsstellung.

Derartige Fraktursituationen sind häufig durch Kirschner-Drähte oder Minischrauben nicht mehr adäquat zu versorgen. Hier bietet sich der Distraktionsfixateur nach Suzuki an, den wir aus einfachen Kirschner-Drähten der Dimension 1,2 mm oder 1,4 mm selbst zurechtbiegen und zur Distraktion mit einfachen Haushaltsgummis versorgen. Mit dieser Stabilisierung unter Zug lässt sich in der Regel eine gute Fragmentadaptation erreichen.

Entscheidender Vorteil ist die Möglichkeit einer sofortigen aktiven Übungs-

behandlung für das beschädigte Mittelgelenk (■ Abb. 6).

Bennett-Fraktur an der Basis des 1. Mittelhandknochens. Sie ist definitionsgemäß eine intraartikuläre Luxationsfraktur und sollte immer operativ versorgt werden. Ziel sind die Wiederherstellung der Gelenkfläche zur Vermeidung einer posttraumatischen Sattelgelenkarthrose sowie die Beseitigung der Subluxationsstellung des 1. Mittelhandknochens.

Auch bei dieser Frakturform haben die neueren Titanminiimplantate zu einer Verbesserung der operativen Möglichkeiten beigetragen (■ Abb. 7).

Frakturen der Mittelhandknochen II-V. Sie lassen sich bei achsengerechter Stellung und nach Ausschluss eines Drehfehlers durchaus auch konservativ behandeln. Nachteil ist hierbei die 3- bis 4-wöchige Gipsruhigstellung, die auch bei korrekter Gipsanlage zu Einsteifungen im Bereich der Fingergelenke führen kann. Verkürzungen von mehr als 3 mm führen nicht nur zu einer Inkongruenz des „Knöchelprofils“ beim Faustschluss, sondern begünstigen möglicherweise auch eine posttraumatische Arthrose. Andererseits lassen sich gerade Schräg- und Spiralfrakturen im Schaftbereich der Mittelhandknochen sehr elegant und übungsstabil durch reine Schraubenosteosynthesen der Dimension 1,5 mm oder 2,0 mm versorgen, sodass wir hier die Indikation eher großzügig stellen (■ Abb. 8).

Die subkapitale MHK-Fraktur und MHK-Köpfchenfraktur sind auch mit Titanminiimplantaten häufig nur schwer übungsstabil zu versorgen, da das distale Fragment kaum noch zu fassen ist oder die vorgesehene L- oder gerade Platte in den unmittelbar gelenknahen Bereich zu liegen kommt und damit Verklebungen und Vernarbungen im Bereich der Gelenkkapsel und des Streckerhäubchens vorprogrammiert sind. Auch unmittelbar im Frakturbereich platzierte Kirschner-Drähte wirken sich bewegungsbehindernd auf das Grundgelenk aus, v. a. wenn sie von distal aus dem Bereich der Zwischenfingerfalte eingebracht wurden und die in die Weichteile ragenden Drahtenden entsprechend lang sind. Für diese Fälle hat sich bei uns die „frakturferne“ Versorgung

Abb. 5a-f ▲ Geschlossene subkapitale Grundgliedfrakturen II-V. a, b Vor Versorgung, c, d Osteosynthese mit Kirschner-Draht und intraossärer Drahtnaht, an V nur Kirschner-Drähte, bereits entfernt, e, f funktionelles Endergebnis

Abb. 6 ▲ a, b Mehrfragmentfraktur Mittelgliedbasis V mit Subluxation P 2, c, d Repositionsergebnis im Distraktionsfixateur nach Suzuki, e, f frühfunktionelle Nachbehandlung

Abb. 7 ◀ **Bennett-Fraktur, Schraubenosteosynthese**

Abb. 8 ◀ **a, b Schrägfraktur MHK IV im Schaftbereich, c, d übungsstabile Schraubenosteosynthese**

Abb. 9 ◀ **a, b Subkapitale Fraktur MHK V, c, d intramedulläre Schienung mit Kirschner-Draht**

durch einen intramedullären Kirschner-Draht sehr bewährt. Bei dieser von Förstner angegebenen Methode wird proximal an der MHK-Basis ein kleines Knochenfenster geschaffen und ein an der Spitze angebogener Kirschner-Draht nach Fraktur-

reposition in das Köpfchen vorgeschoben, sodass dieses in korrekter Stellung wie der Hut auf dem Haken hängt. Auch derartige Frakturversorgungen können frühzeitig aus der Schiene heraus oder frühfunktionell beübt werden (▣ Abb. 9).

Ähnlich wie bei den MHK-Schaftfrakturen gehen in der Literatur die Meinungen deutlich auseinander, was konservativ behandelbar ist und was operiert werden muss. Manche Autoren akzeptieren bei der subkapitalen Fraktur Abwinkelun-

Abb. 10a–h ► **Offene Trümmerdefektfraktur Daumengrundglied.** a Klinischer Befund, b, c Röntgenbefund, d Minimalosteosynthese mit Kirschner-Drähten, e Pseudarthrose nach ME, f knöcherner Wiederaufbau mit Beckenkammspan, g, h röntgenologischer Ausheilungsbefund

gen bis 30°, andere bis 50° und mehr. Ähnlich wie bei der Verkürzung bei der MHK-Schaftfraktur ist das Knöchelprofil bei Abkippungen von 30° und mehr sichtbar gestört. Man kann sich überdies sehr gut vorstellen, dass durch Verkürzung oder Abkippung das Muskel-Sehnen-Gleichgewicht im Bereich der Mittelhand gestört wird und dass hierdurch posttraumatische Belastungsstörungen und Beschwerden ausgelöst werden können, auch wenn die Fraktur selbst problemlos knöchern fest verheilt ist.

Im handchirurgischen Alltag einer BG-Klinik begegnen einem jedoch nicht nur einfache geschlossene Frakturen, die mit modernen Titanminiimplantaten technisch einwandfrei zu stabilisieren sind, sondern häufig auch offene Quetschverletzungen mit drittgradig offenen Trümmer- und Defektfrakturen, schweren Weichteilschäden bis hin zu vollständigen Amputationsverletzungen. Gerade bei derartigen Komplexverletzungen sind auch die modernen

und technisch ausgereiften Titanminiimplantate häufig nicht anwendbar, da sie keine genügende Stabilität vermitteln (zumindest keine bessere als Kirschner-Drähte), zu zeitaufwändig sind, unnötige Knochenendenudierungen erfordern und deutlich mehr an Fremdmaterial mit sich bringen und damit die Infektionsgefahr erhöhen. Hier sind einfache, schnelle und materialarme Stabilisierungen gefragt. Auch wenn diese, wie in dem in **Abb. 10** gezeigten Beispiel, nicht zur knöchernen Ausheilung führen sollten, ist immer noch ein sekundärer knöcherner Wiederaufbau möglich.

Fehler und Gefahren

Die neueren Titanminiimplantate sind zwar in der Anwendung besser und einfacher geworden, weil sie den knöchernen Dimensionen besser angepasst und die Schrauben selbst schneidend sind. Dennoch erfordert es manchmal sehr viel Fin-

gerspitzengefühl, z. B. eine 1,5-mm-Schraube als Zugschraube korrekt einzubringen.

Neben einer exakten Frakturposition kommt es darauf an, den Verlauf der einzelnen Frakturlinien korrekt einzuschätzen und die Schrauben entsprechend zu platzieren. Intraoperative Röntgenkontrollen in den Standardprojektionen und senkrecht zu den Schraubenverläufen sind unabdingbar, wenn man die Gewissheit haben will, dass die Fraktur auch tatsächlich korrekt und übungsstabil gefasst ist (**Abb. 11, 12**).

Auch eine röntgenologisch „schöne“ Osteosynthese kann mangelhaft sein, wenn intraoperativ ein Drehfehler nicht erkannt wurde. Die Korrektur eines solchen erfolgt am besten im Mittelhandbereich, auch wenn die ursprüngliche Fraktur z. B. in der Grundphalanx gelegen hat. Wir bevorzugen eine Z-förmige Osteotomie des Mittelhandknochens des betroffenen Strahls im Schaftbereich. Das Ausmaß der korrigierenden Drehung wird

Abb. 11 ◀ a, b Grundgliedmehrfragmentfraktur Kleinfinger, c optisch gelungene Osteosynthese, d, e Redislokation und Schraubenausbruch, da Gesamtfraktur nicht ausreichend stabilisiert, f, g Reosteosynthese mit Platte, Ausheilungsbefund

Abb. 12a, b ▲ Mangelhafte Osteosynthese, zuviel an Material ersetzt nicht die fehlende Reposition

Abb. 13 ► a Drehfehler IV. Finger nach Kirschner-Draht-Osteosynthese einer Grundgliedfraktur, b, c röntgenologisch „einwandfreies“ Ergebnis, d, e Korrekturosteotomie klinisch und röntgenologisch, f klinischer Endbefund

hierbei durch die Breite der Längsosteotomie streckseitig bestimmt. Die Richtung der Drehung wird durch die entsprechende Platzierung der queren Schenkel der Osteotomie vorgegeben (■ Abb. 13).

Korrespondierender Autor

Dr. G. Schmidt

Klinik für Hand-, plastische, rekonstruktive und Verbrennungschirurgie, BG-Unfallklinik, Schnarrenbergstraße 95, 72076 Tübingen
E-Mail: gschmidt@bgu-tuebingen.de

Interessenkonflikt: Keine Angaben

Literatur

- Bartelmann U, Dietsch V, Landsleitner B (2000) Basisnahe Frakturen des ersten Mittelhandknochens – Untersuchungsergebnisse von 21 Patienten. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 32: 93–101
- Bartelmann U, Müller O, Kalb K et al. (2001) Ist die Minischraubenosteosynthese ein geeignetes Verfahren in der operativen Behandlung bei intraartikulären Endgliedfrakturen? *Handchir Mikrochir Plast Chir* 33: 41–45
- Bayer-Sandow T, Brüser P (2001) Die dynamische Behandlung von intraartikulären Mittelgliedfrakturen mit dem Bewegungsfixateur nach Suzuki. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 33: 267–270
- Becker CH, Petravic B (1991) Osteosynthesen an den Fingern. *OP J* 2: 28–31
- Bozic KJ, Perez LE, Wilson DR et al. (2001) Mechanical testing of bioresorbable implants for use in metacarpal fracture fixation. *J Hand Surg [Am]* 26A: 755–761
- Buck-Gramcko D, Oehme S (1988) Fingergelenksarthrosen mit intraossärer Drahtnaht und Kirschnerdraht. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 20: 99–106
- Damron TA, Jebson PJ, Rao VK et al. (1994) Biomechanical analysis of dorsal plate fixation in proximal phalangeal fractures. *Ann Plast Surg* 32: 270–275
- Duncan RW, Freeland AE, Jabaley ME et al. (1993) Open hand fractures: an analysis of the recovery of active motion and of complications. *J Hand Surg [Am]* 18A: 387–394
- Förstner H (1994) Die intramedulläre Nagelung distaler Mittelhandbrüche – Technik, Instrumentarium, Fallbeispiele. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 26: 29–34
- Friedel R, Dorow C, Schmidt I et al. (1995) Prinzipien der Osteosynthese an der Hand. *Zentralbl Chir* 120: 934–939
- Gonzalez MH, Bach HG, Elhassan BT et al. (2003) Management of open hand fractures. *J Am Soc Surg Hand* 3: 208–218
- Goth D (1993) Neues Osteosynthese-Material in der Handchirurgie. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 25: 274–275
- Horton TC, Hatton M, Davis TRC (2003) A prospective randomised controlled study of fixation of long oblique and spiral shaft fractures of the proximal phalanx: closed reduction and percutaneous Kirschner-wiring versus open reduction and lag screw fixation. *J Hand Surg [Br]* 28B: 1: 5–9
- Krein R, Richter M, Brüser P (2000) Osteosynthesen mit resorbierbaren Hemizirkeln bei Metakarpalfrakturen. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 32: 102–106
- Kruff St, Reill P (1991) Osteosynthesen im Bereich der Mittelhand. *OP J* 2: 33–38
- Pechlaner S, Hussl H, Kerschbaumer F (1998) Frakturen und Luxationen. In: Pechlaner S, Hussl H, Kerschbaumer F (Hrsg) *Operationsatlas Handchirurgie*. Thieme, Stuttgart New York, Kap 7, S 265 ff
- Pezzei CH, Leixnering M, Hintringer W (1993) Die funktionelle Behandlung von Grundgliedfrakturen der dreigliedrigen Finger. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 25: 319–329
- Prevel CD, McCarthy M, Katona T et al. (1995) Comparative biomechanical stability of titanium bone fixation systems in metacarpal fractures. *Ann Plast Surg* 35: 6–14
- Prokop A, Jubel A, Helling HJ et al. (2002) Behandlungsmaßnahmen bei Mittelhandfrakturen. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 34: 328–331
- Prokop A, Jubel A, Hahn U et al. (2003) Welche Behandlung bei welcher Mittelhandschafffraktur? *Z Orthop Ihre Grenzgeb [Suppl]* 141: I2–6
- Puckett CL, Welsh CF, Croll GH et al. (1993) Application of maxillofacial miniplating and microplating systems of the hand. *Plast Reconstr Surg* 92: 699–709
- Rudigier J (1991) Osteosynthese bei komplexen Handverletzungen. *OP J* 2: 40–48
- Sauerbier M, Krimmer H, Hahn P et al. (1999) Dorsale intraartikuläre Endphalanxfrakturen. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 31: 82–87
- Schenk RR (1994) The dynamic traction method, combining movement and traction for intraarticular fractures of phalanges. *Hand Clin* 10: 2
- Schmidt G, Schaller HE (1997) Indikationen und Prinzipien der Plattenosteosynthese an der Hand. *OP J* 13: 306–312
- Segmüller G (1985) Minimal-Osteosynthesen an der Hand. *Chirurg* 56: 620–625
- Suzuki Y, Matsunaga T, Sato S et al. (1994) The pins and rubbers traction system for treatment of comminuted intraarticular fractures and fracture-dislocations in the hand. *J Hand Surg [Br]* 19B: 98–107
- Thomann YR, Eisner L, Lindner SM et al. (1996) Osteosynthesen an der Hand – Indikation, Technik, Resultate. *Swiss Surg* 2: 57–61
- Westermann K (1981) Knochenbrüche an der Hand. In: Köhlein E (Hrsg) *Eingriffe bei Handverletzungen*. Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore, S 53–65