

Vorfußfrakturen

Frakturen des Vorfußes sind häufig und machen etwa zwei Drittel aller Frakturen des Fußes aus [17]. Sie werden durch direkten Anprall oder durch indirekt einwirkende Kräfte verursacht [17]. Diese einwirkenden Kräfte können von wiederholter geringer Belastung (Stressfrakturen) bis zu massiven destrukturierenden Kräften (Komplexverletzungen) reichen [17]. Der Heilverlauf von Frakturen des Vorfußes ist typischerweise günstiger als die der Frakturen des Mittel- und Rückfußes. Die Inzidenz von Komplikationen wie Infektionen oder Pseudarthrosenbildung ist gering [4, 17].

Struktur- und Funktionsunterschiede zwischen den einzelnen Vorfußregionen und einige spezifische Frakturtypen erfordern unterschiedliches Management dieser speziellen Verletzungen was im Folgenden detailliert dargestellt wird. Festzuhalten ist, dass für das Management von Vorfußfrakturen ein Evidenzlevel von maximal 3 verfügbar ist, so dass auch das empfohlene Management (nur) dieses Evidenzlevel aufweist. Dies stellt aber trotzdem (im Gegensatz zu einigen anderen Empfehlungen mit noch geringerem Evidenzlevel) ein evidenzbasiertes Vorgehen dar.

Metatarsalia

Unter den Metatarsalefrakturen ist das Metatarsale 5 am häufigsten betroffen, gefolgt von Metatarsale 3, 2, 1 und 4 in Reihenfolge der sinkenden Häufigkeit [7, 17]. Stressfrakturen weichen bzgl. der Inzidenz von dieser Häufigkeitsverteilung ab, da die zentralen Metatarsalia (2–4) häufiger betroffen sind als Metatarsale 1 und 5 [13, 16]. Metatarsalefrakturen werden ent-

weder durch direkten Impakt oder indirekte Krafteinwirkung verursacht [4, 17]. Dabei können die einwirkenden Kräfte von einfachem wiederholtem Stress (z. B. Marschfaktor bei Soldaten) bis zu komplexen Verletzungsmechanismen (Lisfranc-Luxationsfraktur bei Verkehrsunfallopfern) reichen [13, 16, 17, 20].

Der Heilverlauf von Metatarsalefrakturen ist typischerweise günstig [17, 25].

Die Inzidenz von Komplikationen wie Infektionen oder Pseudarthrosenbildung ist gering [17, 25]. Ausnahme ist hier der proximale Schaftbereich von Metatarsale 5 [17, 25]. Fehlverheilte Metatarsalefrakturen können manchmal Probleme verursachen, die sogar eine operative Intervention erfordern [17, 25].

Im Folgenden werden die verschiedenen Frakturtypen und -lokalisationen und deren spezifisches Management detailliert dargestellt. Dabei wird grundsätzlich eine Teilbelastung empfohlen. Sicherlich ist im Einzelfall auch eine Vollbelastung möglich. Da dies spezifisch verletzungsabhängig sein kann und daher schwierig zu differenzieren ist, wird eben die Teilbelastung als allgemein funktionierendes Konzept favorisiert und empfohlen [17]. Das gleiche gilt für die Verwendung eines Gipsschuhs im Vergleich zum „festen Schuh“ oder einer Orthese [17]. Diesem Konzept folgend wird prinzipiell für die nichtoperative und (post)operative Therapie 15 kg Teilbelastung für 6 Wochen im Gipsschuh empfohlen.

Metatarsalestressfrakturen

Metatarsalestressfrakturen sind die physiologische Antwort auf repetitive Über-

lastung oder Verletzung [17, 25]. Briehaupt beschrieb 1855 erstmals Metatarsalestressfrakturen bei Rekruten [10]. Metatarsalestressfrakturen haben die höchste Inzidenz bei Patienten mit intensivster körperlicher Betätigung wie Aerobic, Ballet, Tanzen oder Laufen [8, 11, 17]. Die klinische Untersuchung zeigt meist punktuelle plantare Schmerzen, die belastungsabhängig sind [17, 25]. Konventionelle Röntgenaufnahmen sind häufig wenig spezifisch [17]. Spätere sichere Hinweise auf eine abgelaufene Stressfraktur sind Kallusbildungen [17]. Falls sich die Diagnose klinisch nicht sichern lässt, kann dies auch in der Frühphase durch eine Magnetresonanztomographie (MRT) oder Szintigraphie erfolgen. Die Behandlung erfolgt bei inkompletten Frakturen nichtoperativ (s. oben). Nur bei kompletten Frakturen ist die operative Therapie indiziert (s. unten; [17]).

Metatarsaleköpfchenfrakturen

Metatarsaleköpfchenfrakturen imponieren meist durch Verkürzung, häufig mit Achsenabweichung oder Rotation kombiniert [17]. Die geschlossene Reposition gelingt aufgrund der Einstauchung der Fragmente meist nicht und kann sogar die Fehlstellung eventueller intraartikulärer Fragmente vergrößern [17, 25]. Falls die geschlossene Reposition bei größeren Fragmenten gelingt, sollte eine interne Fixation mit Spickdrähten erfolgen. Die antegrade intramedulläre Einbringung der Drähte ist an den Metatarsalia generell vorteilhaft, da dabei die stabile Gelenkkapsel des Metatarsophalangealgelenks nicht penetriert werden muss (▣ **Abb. 1, 2b, e**). Bei Gelenkbeteiligung ist evtl. auch die offene Reposition und interne Fixierung indiziert [12, 25].



Abb. 1 ◀ a–e Fallbeispiel Kreissägenverletzung (s. Text)

Fallbeispiel. Kreissägenverletzung mit drittgradig offener Metatarsale-4-Halsfraktur mit Knochenverlust und drittgradig offener Kleinzehengrundgliedfraktur mit Knochenverlust (▣ **Abb. 1a**). Der Knochenverlust entspricht der Dicke des Sägeblatts. Initial zwar offene Reposition aber retrograde Spickdrahtfi-

xation des Metatarsale 4 mit Penetration der metatarsophalangealen Gelenkkapsel und nicht adäquater Retention (▣ **Abb. 1b**). Die postoperative CT zeigt eine Abkipfung von etwa 80° Plantarflektion (▣ **Abb. 1c**, parasagittale Reformation) und 50° Abduktion (▣ **Abb. 1d**, axiale Reformation). Es erfolgen eine Im-

plantatentfernung und erneute offene Reposition aber mit antegrader Spickdrahtfixation, die trotz des Knochenverlusts und des kurzen distalen Fragments eine adäquate Retention ergab (▣ **Abb. 1e**). Dabei ist durch das Einbringen von 2 Drähten eine Rotationsstabilität gewährleistet. Die hier vorliegende Verkürzung ist durch den verletzungsbedingten Knochenverlust (s. oben) bedingt. An der Kleinzehengrundgliedbasis war bei der initialen Versorgung ebenfalls die metatarsophalangeale Gelenkkapsel penetriert worden (▣ **Abb. 1b**). Bei der Revision wurde das Osteosynthesematerial so gelegt, dass dies nicht mehr der Fall ist (▣ **Abb. 1e**). Die Drähte wurden über Hautniveau gekürzt und umgebogen.

Subkapitale Metatarsalefrakturen

Hals- oder subkapitale Frakturen sind meist nach plantar und lateral disloziert (▣ **Abb. 1a**; [17, 25]). Bei nicht behobener erheblicher Fehlstellung können schmerzhafte Metatarsalgien mit Kallusbildungen auftreten, die eine Korrekturoperation erfordern können [1, 17]. Deshalb ist die Reposition bei derartigen Fehlstellungen indiziert, die günstigerweise meist geschlossen gelingt. Durch Traktion unter Lokalanästhesie (modifizierte Oberst-Leitungsanästhesie, d. h. im Basisbereich der Metatarsalia) gelingt meist eine Verbesserung der Stellung, aber keine anatomische Reposition oder gar Retention [17]. Eine geringe Fehlstellung (<10° Achsenknickung) ist akzeptabel [2, 16, 17, 24]. Unbedingt sollte aber eine interne Fixierung mit Spickdrähten erfolgen. Die antegrade intramedulläre Einbringung der Drähte ist der retrograden vorzuziehen (▣ **Abb. 1e**; [17]).

Metatarsaleschaftfrakturen

Metatarsaleschaftfrakturen sind am häufigsten Schrägfrakturen und Spiralfrakturen (▣ **Abb. 3a**; [17]). Nicht oder gering verschobene Frakturen werden nichtoperativ behandelt (s. oben; [17]). Seitverschiebungen von >3 mm oder Achsenabweichungen oder Rotationsfehlstellungen von >10° sind nicht mehr tolerabel und bedürfen der Reposition [2, 16, 17, 24]. Diese gelingt bei einfachen

M. Richter
Vorfußfrakturen**Zusammenfassung**

Frakturen des Vorfußes sind häufig und machen etwa zwei Drittel aller Frakturen des Fußes aus. Sie werden durch direkten Anprall oder durch indirekt einwirkende Kräfte verursacht. Diese einwirkenden Kräfte können von wiederholter geringer Belastung (Stressfrakturen) bis zu massiven destruierenden Kräften (Komplexverletzungen) reichen.

Der Heilverlauf von Frakturen des Vorfußes ist typischerweise günstiger als die der Frakturen des Mittel- und Rückfußes. Die Inzidenz von Komplikationen wie Infektionen oder Pseudarthrosenbildung ist gering. Ausnahmen sind die glücklicherweise seltenen Frakturen des proximalen Schaftbereichs von Metatarsale 5 und die Sesambeinfrakturen. Fehlverheilte Metatarsalefrakturen können ebenfalls Probleme verursachen, die z. T. sogar Korrekturoperationen erfordern. Struktur- und Funktionsunterschiede zwischen den einzelnen Vorfußregionen und einige spezifische Frakturtypen erfordern unterschiedliches Management dieser speziellen Verletzungen.

Schlüsselwörter

Fraktur · Vorfuß · Metatarsale · Zehe · Osteosynthese

Fractures of the forefoot**Abstract**

Fractures of the forefoot are common and comprise approximately two thirds of all foot fractures. Forefoot fractures are caused by direct impact or the effect of indirect force. The forces exerted can range from repetitive minor load (stress fractures) to massive destructive forces (complex trauma).

The clinical course in forefoot fractures is typically more favourable than in fractures of the mid- and hindfoot. The incidence of complications like infection or pseudarthrosis is low. Exceptions are rare fractures of the proximal shaft of the fifth metatarsal and the sesamoids with higher pseudarthrosis rates. Malunited metatarsal fractures can cause painful conditions that should even be treated operatively. Differences in structure and function of the different forefoot areas and specific fracture types require an adapted management of these special injuries.

Keywords

Fracture · Forefoot · Metatarsal · Toe · Osteosynthesis

Frakturen meist geschlossen [17]. Danach folgt eine antegrade intramedulläre Spickdrahtosteosynthese [17]. Bei Schräg- oder Spiralfrakturen mit nur zwei Fragmenten und langem Frakturverlauf kann auch die Schraubenosteosynthese eine sinnvolle Option sein [17]. Bei mehrfragmentären Frakturen ist die offene Reposition und interne Plattenfixierung indiziert (■ **Abb. 3b**).

Metatarsalebasisfrakturen

Metatarsalebasisfrakturen sind häufig Teil einer Lisfranc-Luxationsfraktur [17, 19]. Falls wirklich eine isolierte Basisfraktur mit geringer Fehlstellung ohne Verletzung des Lisfranc-Gelenks vorliegt, kann die Behandlung nichtoperativ erfolgen (s. oben).

Metatarsale 1

Aufgrund der großen Bedeutung des Metatarsale 1 für die gesamte Biomechanik des Fußes sollte eine anatomische Reposition und stabile interne Fixierung angestrebt werden [17]. Völlig unverschobene Frakturen können nichtoperativ behandelt werden (s. oben; [17, 25]).

■ **Bei einfachen verschobenen Frakturen sollte die geschlossene Reposition und antegrade intramedulläre Spickdrahtosteosynthese erfolgen [17].**

Als Implantate sollten Spickdrähte von 2,0–2,5 mm Dicke verwendet werden. Bei mehrfragmentären Frakturen ist die offene Reposition und interne Plattenfixierung indiziert. Winkelstabile Implantate können bei osteoporotischen Verhältnissen sinnvoll sein. Um eine Narbenbildung im Bereich der dorsalen Sehnen zu vermeiden sollten die Platten nicht dorsal angebracht werden [12]. Einfach ist die mediale Plattenlage, biomechanisch am günstigsten die plantare Plattenlage.

Metatarsalia 2–4

Eine wichtige Funktion der zentralen Metatarsalia (2–4) ist die Kraftweiterleitung beim Gang [12]. Die Verbindung von Metatarsale 2 zum Tarsus ist wesentlich sta-

biler als die der Metatarsalia 3 und 4, die auch beweglicher sind [12]. Damit trägt das Metatarsale 2 auch wesentlich mehr Last, was die größere Kortikalisdicke, aber auch die Häufigkeit von Stressfrakturen erklärt [17].

► **Bei mehrfragmentären Frakturen ist die offene Reposition und interne Plattenfixierung indiziert**

Unverschobene Frakturen können nichtoperativ behandelt werden (s. oben; [17]). Bei einfachen verschobenen Frakturen ist die geschlossene Reposition und antegrade intramedulläre Spickdrahtosteosynthese adäquat [17]. Als Implantate sollten Spickdrähte von 1,6–1,8 mm Dicke verwendet werden. Bei mehrfragmentären Frakturen ist die offene Reposition und interne Plattenfixierung indiziert.

Metatarsale 5**Avulsionsfraktur**

Meist besteht nur eine geringe Verschiebung, die mit der Zeit *nicht* zunimmt (■ **Abb. 2a**; [17]). Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Sehne des M. peroneus brevis nicht nur am proximalen Fragment, sondern auch weiter distal am Schaftfragment ansetzt [17]. Hier wird die oben genannte Ruhigstellung und Teilbelastung empfohlen.

Bei einer Verschiebung von >2 mm, schmerzhafter Prominenz des Fragments, Beteiligung von >30% des Tarsometatarsal-5-Gelenks oder den wenigen Fällen mit verzögerter Fusion ist die operative Therapie im Sinne einer Zuggurtung oder Schraubenosteosynthese (z. B. mit einer sog. Kriechschraube) angezeigt (■ **Abb. 2b**; [27]).

Jones-Fraktur

Die akute extraartikuläre Fraktur am proximalen metaphysär-diaphysären Übergang wird als „Jones-Fraktur“ bezeichnet [14]. Eine nichtoperative Behandlung ist prinzipiell erfolgreich (s. oben; [12, 17]). Teilweise wird auch eine Vollbelastung empfohlen, die aber die Ausheilungsrate keinesfalls erhöht [12]. Bei Verschiebung von >5 mm oder bei verzöger-



Abb. 2 ◀ Metatarsale-5-Avulsionsfraktur und Versorgung mit einer sog. Kriechschraube. Die distale Verankerung erfolgt intramedullär. Dadurch wird eine gute Verankerung erreicht, ohne dass wie häufig bei einer bikortikalen Schraube oder Zuggurtung durch Implantatüberstand medial das Metatarsale 4 tangiert und irritiert oder wird (**a** präoperative Röntgenaufnahme, **b** 6 Monate postoperativ)



Abb. 3 ▲ Mehrfragmentäre langstreckige Metatarsale-5-Schaftfraktur und Versorgung mit Plattenosteosynthese. Plantare Plattenlage zur Optimierung der Stabilität unter Berücksichtigung der physiologisch auftretenden Biegekräfte bei Belastung (**a** präoperative Röntgenaufnahmen mit, **b** 6 Wochen postoperativ)

ter Durchbauung ist eine operative Therapie mit Schraubenosteosynthese indiziert. Die Schraube kann als bikortikale

Zugschraube (3,5-mm-Kortikalisschraube) oder als intramedulläre Zugschraube (3,5- bis 4,5-mm-Spongiosaschraube) ein-

gebracht werden. Dabei ist die intramedulläre Schraube biomechanisch stabiler. Die operative Therapie kann bei Sportlern großzügiger indiziert werden [17]. Allerdings ist es auch in diesen Fällen so, dass die Frakturheilung durch die Operation nicht beschleunigt wird.

Sesambein

Die Prävalenz der Zwei- oder Mehrteiligkeit für das mediale Sesambein liegt bei 10% mit 25% beidseitigem Vorkommen [15]. Die Zwei- oder Mehrteiligkeit des lateralen Sesambeins stellt eine Rarität dar [15]. Frakturen der Sesambeine sind Raritäten, die aber v. a. bei Dislokation nach dorsal mit Subluxation des Metatarsophalangealgelenks und Ruptur der plantaren Platte auch einer operative Therapie bedürfen können (sog. „turf toe“; [3, 12, 15, 16, 17]).

Stressfrakturen der Sesambeine treten fast ausschließlich bei Sportlern auf [15]. Die differentialdiagnostische Abgrenzung zu lokaler Tendinitis, Chondromalazie, Osteochondrose, avaskulärer Nekrose, Arthrose, Keratose oder Sesamoiditis kann klinisch schwierig sein [15]. Deshalb ist auch hier eine adäquate Röntgendiagnostik bedeutend [15]. Frakturen (■ **Abb. 4a**) können klinisch mit dem Stimmgabeltest zuverlässig von anlagebedingt geteilten Sesambeinen abgegrenzt werden. Dabei verursacht die vibrierende Stimmgabel Schmerz bei Frakturen, aber nicht bei anlagebedingter Zweiteilung (■ **Abb. 4b**).

Auch aufgrund der extrem geringen Fallzahlen von frischen Frakturen der Sesambeine existieren keine eindeutigen Behandlungsrichtlinien [15]. Bei wenig dislozierten Frakturen und normalen Aktivitätsanforderungen des Patienten ist eine nichtoperative Therapie mit 6 Wochen 15 kg Teilbelastung im Gipsschuh die Therapie der Wahl [15]. Wir favorisieren bei ausreichend großen Fragmenten die Schraubenosteosynthese (■ **Abb. 4c**). Bei Pseudarthrosen zwischen ausreichend großen Fragmenten kann neben der Schraubenosteosynthese auch die Anlagerung von autologer Spongiosa sinnvoll sein [5, 17].

Zehen

Frakturen der Kleinzehe verursachen dann dauerhafte Probleme, wenn sie in deutlicher Fehlstellung verheilen [1, 17, 26]. Die Frakturen der Kleinzehe sind überdurchschnittlich häufig mehrfragmentär, was bei der Diagnostik und Behandlung berücksichtigt werden muss [3].

► Die Frakturen der Kleinzehe sind überdurchschnittlich häufig mehrfragmentär

Die häufigste Verletzung ist die „Bettpfostenverletzung“ der Grundphalanx der 5. Zehe, wobei beim Hängenbleiben mit der Zehe am Bettpfosten eine forcierte Abduktion auftritt [3, 15, 17].

Für normales Gehen sind gut verheilte Zehenluxationen und -frakturen genauso wichtig wie für jeden anderen Bruch des Fußes [17]. Jede Luxation im Zehenbereich ist zügig zu reponieren, wobei eine Leitungsanästhesie meist nicht notwendig ist [17, 26]. Bei Redislokationstendenz ist die Spickdrahttransfixation für 3 Wochen sinnvoll. Luxationen und Frakturen der kleinen Zehen werden in der Regel nach Reposition gegen ihre Nachbarn hin mit Heftpflaster für 2–3 Wochen geschient und rein funktionell behandelt [17]. Nur bei Fraktur im Bereich der Grundphalangen kommt gelegentlich eine perkutane Spickdrahtfixation (■ **Abb. 1e**), selten eine offene Osteosynthese mit Schrauben oder Spickdrähten in Frage, insbesondere nur dann, wenn es notwendig ist die Gelenkkongruenz wiederherzustellen [17, 26].

Abweichend von den Metatarsalefrakturen wird bei Frakturen der Kleinzehe eine Vollbelastung im Konfektionsschuh empfohlen.

Kombinationsverletzungen

Kettenverletzungen, d. h. Frakturen mehrerer oder aller Metatarsalia sind Folge direkter Krafteinwirkung [17, 20, 23]. Ein erhebliches Weichteiltrauma mit hohem Risiko für ein Kompartmentsyndrom ist re-

Abb. 4 ► Fraktur des medialen Sesambeins und Versorgung mit Schraubenosteosynthese. Frakturen können klinisch mit dem Stimmgabeltest zuverlässig von anlagebedingt geteilten Sesambeinen abgegrenzt werden. Dabei verursacht die vibrierende Stimmgabel Schmerz bei Frakturen, aber nicht bei anlagebedingter Zweiteilung (**a** präoperativ, **b** Stimmgabeltest, **c** 3 Monate postoperativ)



gelhaft vorhanden [17]. Die Messung der Kompartmentsdrücke mit entsprechenden Geräten (z. B. „Permanent Pressure Monitoring System“, Stryker Corporation, Santa Clara, CA, USA) sollte daher mit niedriger Hemmschwelle erfolgen [17]. Als Grenze sehen wir eine Differenz zwischen Kompartmentsdruck und diastolischem Blutdruck von 30 mm Hg, d. h. bei geringerer Differenz liegt ein Kompartmentsyndrom vor und es muss eine Kompartmentspaltung erfolgen [9]. Bei Kettenverletzungen sollte eine interne Stabilisierung erfolgen.

Aufgrund der Weichteilverhältnisse sind minimal-invasive Verfahren mit geschlossenen Reposition und interner

Spickdrahtosteosynthese günstig [9, 17]. Auch hier ist die antegrade Spickdrahtosteosynthese günstiger, aber bei entsprechenden Begleitverletzungen und notwendiger zeitsparender Versorgung kann im Ausnahmefall auch die einfachere und schnellere retrograde Spickdrahtosteosynthese erfolgen, evtl. auch mit teilweiser Transfixation des Lisfranc-Gelenks [17]. Bei geringem Weichteilschaden oder im Intervall sollte bei entsprechender Frakturmorphologie eine angepasste Versorgung der einzelnen Metatarsalia wie bei den isolierten Verletzungen erfolgen.

Prognose

Die Prognose isolierter Vorfußfrakturen ist günstig [4, 6, 17, 25]. Bei Gelenkbeteiligung sind posttraumatische Arthrosen zu erwarten mit entsprechenden Beschwerden und erforderlichen Maßnahmen [4, 6, 17, 25]. Die Prognose hängt auch besonders vom Ausmaß des initialen Weichteilschadens ab [4, 6, 17]. Bei Komplexverletzungen kann insbesondere eine verzögerte Kompartmentspaltung zu Vorfußsteifigkeit, Kontraktion der intrinsischen Fußmuskulatur mit Entwicklung von Hammer- oder Krallenzehen, Fehlstellungen des Vorfußes und der Metatarsalköpfchen führen [17, 23].

Prävention

Angesichts des typischen klinischen Verlaufs mit hohen Langzeitfolgen auch bei optimaler Behandlung spielt die Verletzungsprävention besonders bei Frakturen nahe des Lisfranc-Gelenks eine vordringliche Rolle [17, 21]. Aufgrund der überwiegenden Entstehung dieser Verletzungen bei Verkehrsunfällen und insbesondere bei PKW-Insassen sollten hier präventive Maßnahmen überprüft und ggf. modifiziert werden.

Die Verbesserung der Fahrzeugsicherheit der 1990er Jahre führte zu geringerer Gesamtverletzungsschwere trotz steigender Unfallschwere [20]. Frakturen der Fußregion treten jedoch in unveränderter Häufigkeit und Verletzungsschwere auf [20]. Diese sind meistens durch die Deformierung des Fußraums bei Frontalkollisionen verursacht. Unter Berücksichtigung dieses typischen Unfallmechanismus ist daher eine Verringerung der Fußraumdeformierung zur Prävention essentiell [22]. Die Prävention von weiter distal gelegenen Verletzungen ist auch durch festes Schuhwerk oder bei entsprechender beruflicher Exposition durch Sicherheitsschuhe möglich [17, 18, 23].

Fazit für die Praxis

- Frakturen des Vorfußes sind häufig und machen etwa zwei Drittel aller Frakturen des Fußes aus.
- Der Heilverlauf von Frakturen des Vorfußes ist typischerweise günstiger

als die der Frakturen des Mittel- und Rückfußes.

- Bei einfachen Kopf-, Hals und Schaftfrakturen der Metatarsalia 2–4 ist die antegrade Sprickdrahtosteosynthese mit 2 Drähten sinnvoll.
- Bei Metatarsale-1-Frakturen und komplexen Frakturen der Metatarsalia 2–4 ist eine Plattenosteosynthese empfehlenswert.
- Bei Avulsionsfrakturen ist die Osteosynthese mit der sog. Kriechschraubenosteosynthese eine sinnvolle Alternative zur Zuggurtungsosteosynthese.
- Deutlich verschobene Zehenfrakturen sollten spickdrahtosteosynthetisch versorgt werden.
- Um das Management zu vereinfachen wird bei der nichtoperativen oder postoperativen Behandlung von Metatarsalefrakturen prinzipiell die Ruhigstellung im Gipsschuh mit 15 kg Teilbelastung für 6 Wochen empfohlen.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. M. Richter
 Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Fußchirurgie Coburg und Hildburghausen, Standort Klinikum Coburg
 Ketschendorfer Straße 33, 96450 Coburg
 martinus.richter@klinikum-coburg.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor weist auf folgende Beziehungen hin: Inhaber der Firma R-Innovation und Beraterverträge mit den Firmen Small Bone Innovations, Synthes, Intercus.

Literatur

1. Anderson LD (1977) Injuries of the forefoot. Clin Orthop 122:18–27
2. Armagan OE, Shereff MJ (2001) Injuries to the toes and metatarsals. Orthop Clin North Am 32(1):1–10
3. Banks AS, Downey MS, Martin DE, Miller SJ (2001) McGlamry's comprehensive textbook of foot and ankle surgery. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia
4. Beck M, Mittlmeier T (2008) Metatarsalefrakturen. Unfallchirurg 111(10):829–839
5. Biedert R, Hintermann B (2003) Stress fractures of the medial great toe sesamoids in athletes. Foot Ankle Int 24(2):137–141
6. Cakir H, Vliet-Koppert ST, Van Lieshout EM et al (2011) Demographics and outcome of metatarsal fractures. Arch Orthop Trauma Surg 131(2):241–245
7. DeLee JC, Evans JP, Julian J (1983) Stress fracture of the fifth metatarsal. Am J Sports Med 11(5):349–353

8. Eisele SA, Sammarco GJ (1993) Fatigue fractures of the foot and ankle in the athlete. J Bone Joint Surg Am 75(2):290–298
9. Fulkerson E, Razi A, Tejwani N (2003) Review: acute compartment syndrome of the foot. Foot Ankle Int 24(2):180–187
10. Greaney RB, Gerber FH, Laughlin RL et al (1983) Distribution and natural history of stress fractures in U.S. Marine recruits. Radiology 146(2):339–346
11. Gross TS, Bunch RP (1989) A mechanical model of metatarsal stress fracture during distance running. Am J Sports Med 17(5):669–674
12. Hansen STJ (2000) Functional reconstruction of the foot and ankle. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia Baltimore New York
13. Harper MC (1989) Metabolic bone disease presenting as multiple recurrent metatarsal fractures: a case report. Foot Ankle 9(4):207–209
14. Jones R (1902) Fracture of the base of the fifth metatarsal. Ann Surg 35697–35700
15. Mittlmeier T, Haar P (2004) Sesamoid and toe fractures. Injury 35(Suppl):287–297
16. Myerson MS (1991) Injuries of the forefoot and toes. In: Jahss MH (ed) Disorders of the foot. Saunders, Philadelphia, pp 2233–2273
17. Richter M (2007) Vorfußfrakturen. Fuss Sprungg 5(3):155–166
18. Richter M (2010) Vom Schutzstiefel zur automatischen Unfallmeldung. Prävention von Verletzungen im Wandel der Zeit. In: Probst J, Zwipp H (Hrsg) 60 Jahre Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie nach Wiedergründung. Meilensteine auf dem Weg von der Unfallheilkunde zur Orthopädie und Unfallchirurgie. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), Berlin
19. Richter M, Thermann H, Hufner T, Krettek C (2002) Aetiology, treatment and outcome in lisfranc joint dislocations and fracture dislocations. Foot Ankle Surg 8:21–32
20. Richter M, Thermann H, Wippermann B et al (2001) Foot fractures in restrained front seat car occupants: a long-term study over twenty-three years. J Orthop Trauma 15(4):287–293
21. Richter M, Wippermann B, Krettek C et al (2001) Fractures and fracture dislocations of the midfoot – occurrence, causes and long-term results. Foot Ankle Int 22(5):392–398
22. Richter M, Wippermann B, Thermann H et al (2002) Plantar impact causing midfoot fractures result in higher forces in Chopart's joint than in the ankle joint. J Orthop Res 20(2):222–232
23. Richter M, Zech S, Geerling J, Krettek C (2004) Metatarsalefrakturen. Akt Traumatol 34(1):36–44
24. Shereff MJ (1990) Fractures of the forefoot. Instr Course Lect 39:133–140
25. Walter JH, Goss LR (2001) Metatarsal fractures. In: Banks AS, Downey MS, Martin DE, Miller SJ (Hrsg) McGlamry's comprehensive textbook of foot and ankle surgery. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, S 1775–1789
26. Zwipp H (1994) Chirurgie des Fusses. Springer, Berlin Heidelberg Wien New York
27. Zwitser EW, Breederveld RS (2010) Fractures of the fifth metatarsal; diagnosis and treatment. Injury 41(6):555–562