H. Zwipp

Klinik und Poliklinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie,
Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Technische Universität Dresden

Metatarsus

Korrekturmöglichkeiten nach Fehl- und Defektheilungen

Nach der neuen AO-ICI-Fußklassifikation [5] umfasst der Metatarsus nicht nur die 5 Mittelfußknochen, sondern auch die angrenzenden Gelenke, d. h. körpfernah die gesamte Lisfranc-Gelenk-Linie, körperfern die Metatarsophalangealgelenke I–V sowie die Sesambeine (■ Abb. 1).

Mögliche Fehl- und Defektheilungen umfassen somit veraltete/chronische ligamentäre Instabilitäten der Lisfranc- und Zehengrundgliedgelenke, fehlverheilte („malunion“) und nicht verheilte („nonunion“) Frakturen oder Defektsituationen der Metatarsalia einschließlich ihrer angrenzenden Gelenke. Auch die noch seltenere, veraltete Fraktur oder Pseudarthrose des Sesambeins kann eine operative Korrektur erfordern.

Veraltete Lisfranc-Ligament-Instabilität

An einem Fallbeispiel (■ Abb. 2) soll gezeigt werden, dass ein anatomischer Bandersatz des biomechanisch relevanten Lisfranc-Ligaments möglich ist und zum Erhalt der vollen Funktion insbesondere bei Leistungssportlern die sonst notwendige Arthrodese vermeiden lässt.

Diese als „subtle injury“ bekannt gewordene Entität [1] wird häufig übersehen, radiologisch meist nur bei Vorliegen eines kleinen knöchernen Ausrisses (Fleck-Zeichen) oder erst bei gezielter diagnostischer Suche mittels Bildwandlerstresstest [3] erkannt. Bei akuter Verletzung können MRT- oder CT-Aufnahmen [2], in chronischen Fällen Röntgenbelastungsaufnah-

men dorso-plantar im Stehen [4] die Pathologie aufdecken (■ Abb. 2a,b).

Während bei frischer Ruptur die anatomische Reposition und temporäre Retention der Metatarsale-II-Basis gegenüber dem proximalen Cuneiforme I mittels Stellschraube für 8 Wochen die Lisfranc-Ligament-Heilung sicherstellt, ist in veralteten Fällen eine anatomische Ersatzplastik notwendig, sofern die Gelenkknorpelsituation noch ausreichend intakt erscheint, um eine einsteifende Operation zu vermeiden (■ Abb. 2c,d).

Posttraumatische Lisfranc-Arthrose

Die isolierte, divergierende oder homolaterale Lisfranc-Luxation bzw. Luxationsfraktur führt unerkannt oder initial unzureichend behandelt in der Regel zur rasch progredienten Arthrose, sodass eine reo-

rientierende Lisfranc-Arthrodese notwendig wird. Ist nur die mediale Säule betroffen (■ Abb. 3a–d), ist die Reorientierung der Achse mit Fusion der Metatarsalia I–III zu den Cuneiformia I–III ausreichend.

Ist die gesamte Lisfranc-Reihe im Sinne einer veralteten homolateralen Verletzung chronisch nach lateral subluxiert (■ Abb. 4), insbesondere unter Mitbeteiligung einer veralteten Kuboidfraktur, ist eine Reorientierung nur möglich, wenn das gesamte Lisfranc-Gelenk ausgeräumt und die Metatarsalia in achsengerechter Position zu den 3 Cuneiformia bzw. zum Kuboid in beiden Ebenen korrekt eingestellt und verschraubt werden. Dies ist nur über 2 dorsale Längsinzisionen mit ausreichender Hautbrücke (5 cm) und gelegentlich zusätzlich notwendiger autologer Spongiosatransplantation durchführbar [4].

Abb. 1 ► Neue AO-ICI-Klassifikation [5]: Metatarsus entspricht Lokalisation 83.1.1–5, bestehend aus den 5 Metatarsalia mit den proximal angrenzenden Lisfranc-Gelenken und den nach distal angrenzenden Metatarsophalangealgelenken sowie den beiden unter dem Mittelfußköpfchen I positionierten Sesambeinen mit der Lokalisationsziffer 83.5.1/2

Abb. 2a–d ◀ Veraltete isolierte Ruptur des Lisfranc-Ligaments. **a** MRT nach 6 Wochen: veraltete Ruptur (*Pfeil*) erkennbar, **b** Belastungsaufnahmen im Stehen: pathomechanische Bedeutung mit deutlicher Erweiterung des Spatiums zwischen MT-I- und MT-II-Basis (*Pfeil*) sowie partieller Instabilität zwischen C1 und C2 ersichtlich, **c** anatomischen Ersatz mit hälftig aus der Großzehnenstreckersehne entnommenem Sehnen-span unter Reposition von MT I zu MT II und Setzen von entsprechenden, 8 Wochen belassenen Stellschrauben, **d** biomechanische Stabilität im 1-Jahres-Kontrollergebnis

Fehlverheiltes Metatarsale („malunion“)

Fehlverheilungen eines der Metatarsalia, die eine operative Korrektur erforderlich machen, sind nach eigener Beobachtung extrem selten. Sie sind am ehesten noch beobachtbar bei komplexeren Vorfußtraumen (distalen Schaftfrakturen, subkapitalen Brüchen und intraartikulären Luxationsfrakturen der Metatarsaliaköpfchen), die aufgrund des schweren Weichteilschadens initial minimalinvasive Vorgehensweisen erfordern (■ **Abb. 5a,b**) oder beim polytraumatisierten Patienten nicht erkannt oder inadäquat behandelt werden. Während Achsabweichungen im Sinne der Abduktion/Adduktion erst ab etwa 30° problematisch werden, sind Fehlstellungen des Mittelfußköpfchens nach dorsal, aber insbesondere nach plantar um nur einige mm in der Regel immer problematisch. Ist das Köpfchen zu weit nach dorsal fehlverheilt, müssen die benachbarten Metatarsaliaköpfchen vermehrt Last aufnehmen, ist es zu weit nach plantar fehlverheilt (■ **Abb. 5c,d**), entwickelt sich rasch eine sehr ausgeprägte Metatarsalgie, die eine Deflexion der Köpfchenposition erfordert (■ **Abb. 5e–g**).

Nicht verheiltes Metatarsale („nonunion“)

Pseudarthrosen im Bereich der Metatarsalia finden sich am häufigsten nach Abrissfraktur der MFK-V-Basis oder nach Jones-Fraktur (■ **Abb. 6**). Während an der MFK-V-Basis die Anfrischung der Pseudarthrose ggf. kombiniert mit lokoregionärer Spongiosatransplantation aus dem Kuboid kombiniert mit Zuggurtungsosteosynthese zur Ausheilung führt [4], ist dieses Verfahren bei einer Pseudarthrose nach Jones-Fraktur nicht ausreichend, da diese im schlecht durchbluteten metaphysären Bereich des 5. Mittelfußknochens lokalisiert ist. In manchen Fällen kann sie mit intramedullärer Zugschraubenosteosynthese zur Ausheilung gebracht werden, in anderen Fällen (■ **Abb. 6**) mittels Anfrischung, kleiner lokoregionärer Spongiosatransplantation und Miniplättchenosteosynthese.

Trauma Berufskrankh 2007 · 9[Suppl 3]: S315–S322 DOI 10.1007/s10039-007-1282-8
© Springer Medizin Verlag 2007

H. Zwipp

Metatarsus. Korrekturmöglichkeiten nach Fehl- und Defektheilungen

Zusammenfassung

Der Metatarsus des menschlichen Fußskeletts umfasst nicht nur die 5 Metatarsalia, sondern auch das nach proximal angrenzende Lisfranc-Gelenk, die nach distal folgenden 5 Zehengrundgliedgelenke sowie die Sesambeine. Korrekturmöglichkeiten im Sinne der reorientierenden Arthrodesen nach Fehlheilungen sind am häufigsten nach nicht erkannter oder insuffizient behandelter Lisfranc-Luxationsfraktur beobachtbar. Knöchernen Fehlstellungen der Metatarsalia sind insgesamt relativ selten, am ehesten jedoch bei nach zu weit nach plantar fehlverheilten Metatarsaliaköpfchen. Diese führen zu erheblichen metatarsalgieformen Problemen, sodass nur eine deflektierende Osteotomie eine Verbesserung erwarten lässt. Pseudarthro-

sen sind am ehesten im Bereich des 5. Mittelfußstrahls beobachtbar, und zwar v. a. nach konservativ behandelter Abrissfraktur dessen Basis oder nach Jones-Fraktur, welche durch Anfrischung, lokoregionäre Spongiosaplastik, Zuggurtungs- oder Plättchenosteosynthese in der Regel zur Ausheilung zu bringen sind. Selbst bei diastatischem Nichtverheilen einer veralteten Sesambeinfraktur kann eine sekundäre Korrektur mit Minisrauben und/oder Zuggurtung einen großen Gewinn für den Patienten darstellen.

Schlüsselwörter

Menschliches Fußskelett · Metatarsalia · Lisfranc-Gelenk · Zehengrundgliedgelenk · Sesambein

The metatarsus. Possible corrections following malunion and persistent defect after healing

Abstract

The metatarsus of the human foot does not consist solely of the five metatarsals, but also includes the Lisfranc joint in the proximal direction, the five metatarso-phalangeal joints of the toes further distally, and the sesamoid bones. Possible corrections, such as arthrodesis for realignment following malunion, are observed mostly after Lisfranc dislocation fractures that have gone unrecognized or been inadequately treated. Bony malalignment of the metatarsals is relatively rare overall, arising mostly when metatarsal heads have been too far towards the plantar surface after healing. This leads to considerable problems with metatarsal head pain, so that improvement cannot be expected ex-

cept from a deflecting osteotomy. Nonunions are sometimes following a conservatively treated avulsion fracture at the base or after a Jones fracture, which can generally be healed by freshening, locoregional cancellous bone transplantation, and tension wiring or plating. Even when an old fracture of a sesamoid bone has not healed and there is still a gap a secondary correction with miniscrews and/or tension wiring can benefit the patient greatly.

Keywords

Skeleton of the human foot · Metatarsals · Lisfranc joint · Metatarso-phalangeal joint of toe · Sesamoid bone

Abb. 3 ◀ Homolaterale Lisfranc-Luxation, **a** dorso-plantare Belastungsaufnahme, sämtliche Metatarsalia nach lateral abgedrängt, vermehrte Diastase zwischen MT-I- und MT-II-Basis (Pfeile), **b–d** nach Arthrodesen der medialen Fußsäule durch Ausräumen des Restknorpels und achsengerechte Ausrichtung der Metatarsalia I–III zu den Cuneiformia I–III ist die Wiederherstellung der biomechanischen Stabilität mit Beseitigung der inkongruenzbedingten Schmerzen erreicht; **c,d** relatives Höhertreten des Cuneiforme I im seitlich belasteten Strahlengang als Zeichen der Beseitigung von Abduktionsfehlstellung und Inklination der tarso-metatarsalen Achse

Abb. 4 ◀ Veraltete homolaterale Lisfranc-Luxationsfraktur mit Verwerfung der gesamten Lisfranc-Gelenk-Reihe einschließlich der Lagebeziehung zwischen Basis IV und V zum Kuboid. Nur durch Ausräumen der gesamten Lisfranc-Gelenk-Reihe Reorientierung und Fusion über 2 dorsale Längsinzisionen möglich; Schlüsselgelenk ist C II/MT II: exakte Ausrichtung vom Cuneiforme II zum Metatarsale II in seiner Verzahnung zwischen C I und C III

Defektes Metatarsale

Während heutzutage eher Hochrasanztraumen mit offener Fraktur, Pfählungsverletzungen, Schussbrüche oder eine posttraumatische Knocheninfektion zu Defektsituationen im Metatarsalebereich führen, kann gelegentlich auch ein großer Defekt nach hämatogener Osteomyelitis einen Ersatz des Metatarsale erfordern, insbesondere wenn es sich um das essenziell körperlasttragende Metatarsale I handelt. Das vorliegende Fallbeispiel eines 11-jährigen Mädchens mit hämatogener Osteomyelitis (■ Abb. 7a–d) zeigt die große Defektsituation nach radikalem Débridement und Auffüllen des Defekts mit PMMA-Kugelketten, wobei nur noch Reste der MT-I-Basis verblieben sind. Um bei dem jungen Mädchen v. a. die Großzehenfunktion weitestgehend zu erhalten, wurde ein Ersatz des Metatarsale I nach temporärem PMMA-Spacer-Einsatz (■ Abb. 7e–h) angestrebt, um dann nach 10 Tagen einen entsprechenden Span mit noch vorhandener Apophyse vom dorsalen Beckenkamm in den Metatarsophalangealgelenkbereich I zu interponieren, um möglichst eine Großzehengrundgliedbeweglichkeit zu gewährleisten (■ Abb. 7i–p).

Persistierende Luxation MPG I

Um bei einer veralteten Luxation im Metatarsophalangealgelenk eine Arthrodese zu vermeiden, ist es aufgrund der geschrumpften Weichteile notwendig, den entsprechenden Strahl zu verkürzen. Nur so ist eine Reposition des Grundgliedgelenks möglich, wie in ■ Abb. 8 gezeigt ist.

Sesambeinpseudarthrose

Diese wenig bekannte Entität entspricht meist einer veralteten Fraktur des medialen oder lateralen Sesambeins nach Hyperextensionsverletzung. Durch den Zug der Beugeschne weicht das proximale Fragment soweit nach kranial ab, dass eine Knochenheilung nicht möglich ist, vergleichbar etwa mit einer Querfraktur der Patella. Da es in der Regel zu Schmerzen und zum deutlichen Kraftverlust im Sinne der Abstoßfunktion der Großze-

Abb. 5 ▲ Fehlverheilung der Metatarsalia, **a,b** Vorfußtrauma, aufgrund der Weichteilsituation offene Reposition und interne Stabilisierung nicht möglich, deshalb lediglich Adaptationsosteosynthese durch perkutane retrograde Kirschner-Draht-Schienung, **c,d** Belastungsaufnahmen im Stehen, in seitlicher Sicht und in speziellen Metatarsaleköpfchenbelastungsaufnahmen Tiefertreten des fehlverheilten 4. Mittelfußknochens erkennbar (Markierung), **e–g** Beseitigung der mechanisch bedingten Metatarsalgie durch deflektierende Osteotomie und Stabilisierung mit Minikondylenplättchen

Abb. 6 ◀ Pseudarthrose nach Jones-Fraktur, **a,b** unter konservativer Behandlung nach 3 Monaten keine Ausheilung, **c** nach Anfrischung, lokoregionärer Spongiosatransplantation und Stabilisierung mit Miniplättchen Ausheilung nach 6–8 Wochen, **d** folgenlose Verheilung nach Materialentfernung

Abb. 7a–h ◀ Defektes Metatarsale I, **a–d** Zerstörung des gesamten Metatarsale I bis auf einen Rest der Metatarsalebasis bei hämatogener Osteomyelitis bei 11-jährigen Mädchen. Nach Nekrektomie temporäre Defektauffüllung mit PMMA-Kugelnketten. **e–h** Nach Nachdébridement Einsetzen eines temporären, anatomisch intraoperativ geformten PMMA-Gentamycin-Spacers unter zentraler Führung mit Spickdraht und Minifixateur

Abb. 7i-p ► i 10 Tage später gut ausgebildete Membran nach Entnahme des PMMA-Ersatzkörpers, j entsprechend großer Span vom hinteren Beckenkamm mit noch ausgeprägter Apophyse. k-m Fixation des großen Spans lediglich mit 2 Schrauben und einem zentralen Spickdraht, n Entfernung des Drahts nach 6 Wochen, der Schrauben nach 3 Monaten, o, p 6-Monats-Kontrolle: gute Integration des Ersatzstrahls bei guter Beweglichkeit im MP-I-Gelenk mit Streckung / Beugung 40° / 0° / 10°

Abb. 8 ► Fallbeispiel eines 43-jährigen, ehemals polytraumatisierten Patienten mit persistierender dorsaler Luxation der Großzehe im Grundgliedgelenk

Abb. 9 ▲ Sesambeinpseudarthrose bei 27-jährigem aktivem Sportler, **a** 8 Wochen nach Hyperextensionstrauma der Großzehe in dorso-plantarer Belastungsaufnahme weite Diastase zwischen distalem und proximalem Fragment des lateralen Sesambeins rechts, **b** in der Metatarsaleköpfchenaufnahme Diastase nur durch unterschiedliche Größe der abgebildeten Sesambeine im Vergleich ersichtlich, **c–f** über plantaren Zugang Darstellung beider Fragmente, Lösen der Verwachsungen und, wenn nicht anders möglich, Adaptation der beiden Fragmente mit kleiner Zuggurtung und Schraube, **g** Kontrolle nach 2 Monaten, bereits schmerzfrei und Erzielen einer normalen Kraft beim „push off“ des Vorfußes möglich

he kommt, ist insbesondere bei jüngeren, sportlich aktiven Patienten die Indikation zur Rekonstruktion gegeben, wie in **Abb. 9** beispielhaft dargestellt.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. H. Zwipp

Klinik und Poliklinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Technische Universität Dresden, Fetscherstraße 74, 01307 Dresden
Hans.Zwipp@uniklinikum-dresden.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Faciszewski T, Burks RT, Manaster BJ (1990) Subtle injuries of the Lisfranc joint. J Bone Joint Surg Am 72: 1519–1522
2. Peicha G, Preidler KW, Lajtai G et al. (2001) Diagnostische Wertigkeit von Nativröntgen, Computer- und Magnetresonanztomographie beim akuten Hyperflexionstrauma des Fußes. Eine prospektive klinische Studie. Unfallchirurg 104: 1134–1139
3. Suren EG, Zwipp H (1986) Akute ligamentäre Verletzungen der Chopart- und Lisfranc-Gelenklinie. Orthopade 15: 479
4. Zwipp H (1994) Chirurgie des Fußes. Springer, Berlin Heidelberg New York
5. Zwipp H, Baumgart F, Cronier P et al. (2004) Intergral classification of injuries (ICI) to the bones, joints, and ligaments – application to injuries of the foot. Injury 35: SB3–SB9