

Orthopädie und Unfallchirurgie *up2date*

1 · 2019

Beckengürtel und untere Extremität 3

Vor- und Mittelfußfrakturen beim Erwachsenen

*Kajetan Klos
Thorsten Randt
Paul Simons
Mathias Knobe*

VNR: 2760512019156645432

DOI: 10.1055/s-0044-101766

Orthopädie und Unfallchirurgie *up2date* 2019; 14 (1): 63–89

ISSN 1611-7859

© 2019 Georg Thieme Verlag KG

Unter dieser Rubrik sind bereits erschienen:

Rückfußverletzungen – Frakturen von Kalkaneus, Talus und peritalare Luxationen C. D. Weber, K. Klos, T. Mückley, M. Knobe Heft 5/2018

Klinische Untersuchung des Kniegelenks J. Buckup, S. M. Heinz, R. Hoffmann Heft 5/2018

Primäre Endoprothetik am Kniegelenk G. Matziolis, E. Röhner Heft 4/2017

Hüftgelenknahe Frakturen/Luxationen F. Bonnaire, P. Bula Heft 3/2017

Traumatische und degenerative Sehnenveränderungen an Sprunggelenk und Fuß J. Goronzy, S. Rammelt Heft 2/2017

Knorpelverletzungen am Kniegelenk H. Schmal Heft 2/2017

Distale Femurfrakturen C. Bliemel, B. Bücking, S. Ruchholtz Heft 1/2017

Komplexe Kniebandinstabilitäten einschließlich Luxation – Teil 2 F. Welsch, K. Köhler, J. Buckup, T. Stein Heft 6/2016

Degenerative Erkrankungen des Vorfußes – Kleinzehenfehlstellungen D. Arbab, B. Bouillon, C. Lüring Heft 5/2016

Komplexe Kniebandinstabilitäten einschließlich Luxation – Teil 1 F. Welsch, K. Köhler, J. Buckup, T. Stein Heft 5/2016

Die atraumatische Hüftkopfnekrose des Erwachsenen A. Roth, J. Beckmann, K. Bohndorf, U. Maus Heft 3/2016

Degenerative Kniegelenkerkrankungen – Gonarthrose P. Orth, D. Kohn, H. Madry Heft 2/2016

Entzündliche Kniegelenkerkrankung – Gonarthrit P. Orth, D. Kohn, K. Anagnostakos, H. Madry Heft 2/2016

Diagnostik und Behandlung von Abrieberkrankungen in der Hüftendoprothetik M. Müller, G. Wassilew, C. Perka Heft 5/2015

Amputationen an der unteren Extremität oberhalb des Sprunggelenks M. Beirau, I. Matthes, A. Ekkernkamp, G. Matthes Heft 4/2015

Erkrankungen des Ansatzes der Achillessehne M. Amlang, M. Luttenberger Heft 3/2015

Biomechanik des Meniskus L. Dürselen, M. Freutel Heft 3/2015

Hüftgelenk – Arthrose und Arthritis H. Bretschneider, K.-P. Günther Heft 3/2015

Pilon-tibiale-Frakturen – aktuelle Therapiekonzepte S. Benner, U. Schweigkofler, R. Hoffmann Heft 2/2015

Azetabulumchirurgie M. Perl, C. Hierholzer, A. Woltmann, A. Thannheimer, V. Bühren Heft 1/2015

Knieschmerzen im Kindesalter M. Oberle, T. Boeker, W. Schlickewei Heft 5/2014

Knieschmerzen im Kindesalter T. Boeker, M. Oberle, W. Schlickewei Heft 3/2014

Klinische Untersuchung des Hüftgelenks und des Beckengürtels A. Lugeder, J. Zeichen Heft 3/2014

Pseudarthrosen des Femurs C. Hierholzer, M. Perl, J. Friederichs, A. Woltmann, V. Bühren Heft 2/2014

Diagnostik des Kniegelenks M. Heller, P. Weisser, M. Brkic, T. Vogl, A. Meurer Heft 6/2013

Labrumläsionen des Hüftgelenkes – Möglichkeiten der arthroskopischen Behandlung O. Steimer, M. Kusma, M. Dienst, M. Brockmeyer Heft 6/2013

Diagnostik des Kniegelenks M. Brkic, P. Weisser, T. Vogl, A. Meurer Heft 5/2013

Das vordere Knieschmerzsyndrom – Teil 2: Konservative und operative Therapie C. Becher, P. Schöttle, S. Ostermeier Heft 3/2013

Revisions- und Wechselendoprothetik – Teil 2 K.-P. Günther, S. Kirschner, M. Stiehler, J. Goronzy, F. Zobel, A. Hartmann Heft 1/2013

ALLES ONLINE LESEN



Mit der eRef lesen Sie Ihre Zeitschrift: online wie offline, am PC und mobil, alle bereits erschienenen Artikel. Für Abonnenten kostenlos! <https://eref.thieme.de/ou-u2d>

JETZT FREISCHALTEN



Sie haben Ihre Zeitschrift noch nicht freigeschaltet? Ein Klick genügt: www.thieme.de/eref-registrierung

Vor- und Mittelfußfrakturen beim Erwachsenen

Kajetan Klos, Thorsten Randt, Paul Simons, Mathias Knobe



Vor- und Mittelfußfrakturen sind relativ häufige Verletzungen, die bei isolierter Fraktur konservativ behandelt werden können. Problematisch sind jedoch dislozierte Frakturen, Frakturen mehrerer Fußknochen und insbesondere Luxationen und Luxationsfrakturen, die bei Fehlheilungen zu dauerhaften Einschränkungen führen können.

ABKÜRZUNGEN

AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese
BMI	Body-Mass-Index
ICI	Integral Classification of Injuries
K-Draht	Kirschner-Draht
MT	Metatarsale
TMT-Gelenk	Tarsometatarsalgelenk

Einleitung

Frakturen des Vor- und Mittelfußes sind häufig. Als isolierte Frakturen können sie meist mit gutem Ergebnis funktionell konservativ behandelt werden. Problematisch sind dislozierte Frakturen, Frakturen mehrerer Fußknochen und insbesondere Luxationen und Luxationsfrakturen z. B. in der Lisfranc-Reihe sowie die Gelenkfrakturen. Da die Verletzungen, insbesondere im Rahmen von Mehrfachverletzungen, häufig in den Hintergrund treten, sind hier Fehlheilungen nicht selten und führen dann zu langfristigen und dauerhaften Behinderungen.

Durch die komplizierte Gewölbestruktur des Fußes kann eine Störung der Fußgeometrie zu sogenannten schmerzhaften Transfermetatarsalgien, aber auch indirekt zu Fehlstellungen im Rückfuß führen. Eine besondere Entität sind Ermüdungsfrakturen im Vor- und insbesondere Mittelfußbereich. Ihre Inzidenz ist aufgrund der weiten Verbreitung extremer Ausdauersportarten zunehmend (► **Abb. 1**).

Frakturen im Bereich des Lisfranc-Gelenks

Anatomie und Pathobiomechanik

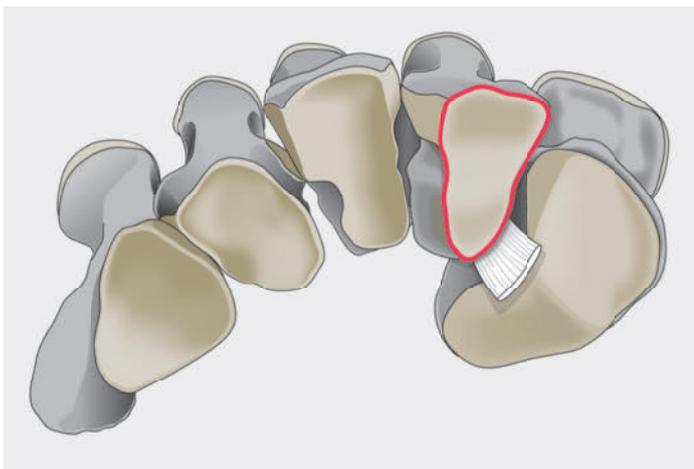
Als Lisfranc- oder Tarsometatarsalgelenk (TMT-Gelenk) wird die Artikulation zwischen den 3 Cuneiformia, dem Cuboid und den Basen der 5 Metatarsale einschließlich der intermetatarsalen Gelenke und der intercuneiformen Gelenke sowie der Artikulation zwischen Os cuneiforme und Os cuboideum bezeichnet. Diese Gelenkreihe entspricht dem Übergang zwischen Fußwurzel und Mittelfuß. Stabilisiert wird dieses Gelenk zum einen durch die knöchernen Form und zum anderen durch kräftige Bänder. Von der knöchernen Struktur her zeigt sich das TMT-2-Gelenk etwas zurückversetzt.

Des Weiteren entspricht sowohl das Cuneiforme 2 als auch die Basis des Metatarsale 2 im Querschnitt einem nach dorsal offenen Dreieck oder Keil. Dies lässt an den Schlussstein eines römischen Bogens denken, wenngleich der Vergleich etwas hinkt, da sich aufgrund der physiologischen Längswölbung des Fußes kein Bodenkontakt des TMT-1-Gelenks ergibt und somit kein kompletter Bogen vorliegt (► **Abb. 2**). Da sich zudem in der Sagittalebene ein Bogen aufspannt, kann auch an ein Gewölbe gedacht werden ► **Abb. 3**.

Die ligamentären Verbindungen sind dorsal am schwächsten ausgebildet, tragen aber dennoch maßgeblich zur Stabilität bei [1]. Die interossären und plantaren Bänder sind deutlich stärker. Das interossäre Ligament zwischen Cuneiforme mediale (Cuneiforme 1) und der Basis des Metatarsale 2 wird Lisfranc-Ligament genannt und imponiert als das biomechanisch stärkste Band [2].



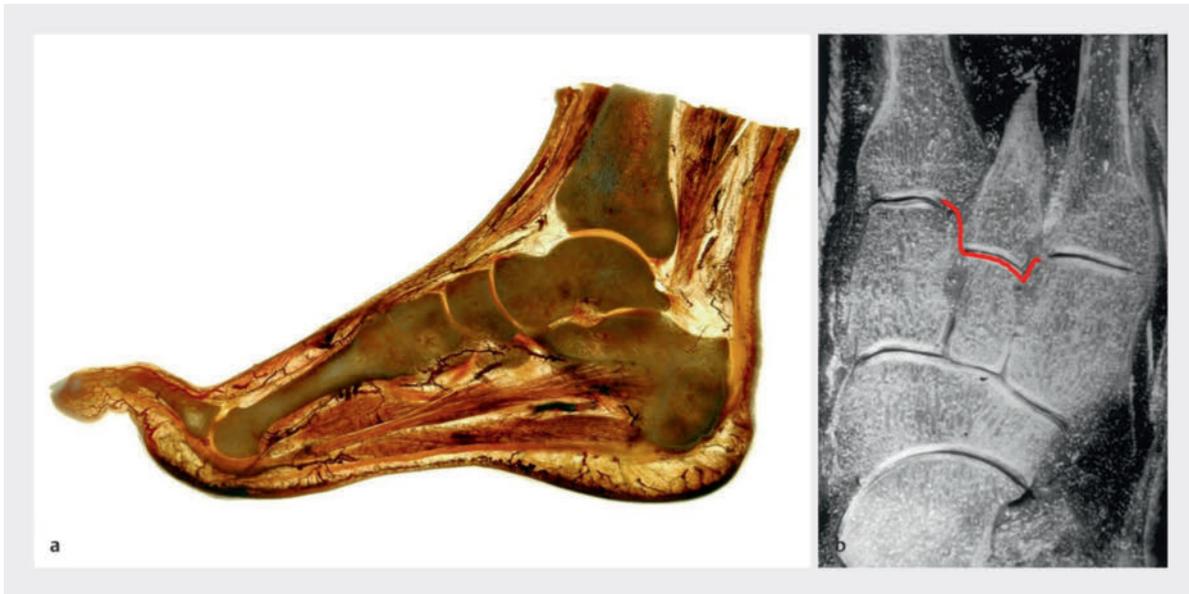
► **Abb. 1** Röntgenbild einer kaum dislozierten und daher konservativ behandelten Metatarsale-2-Fraktur (a). Klinisches und radiologisches Bild nach fehlverheilter Metatarsale-2-Fraktur mit deutlicher Elevation (Pfeil) und daraus resultierender Transfermetatarsalgie und Schuhkonflikt (b). Übersehene Lisfranc-Verletzung mit fehlverheiltem „fleck sign“ und daraus resultierender Arthrose, die im SPECT-CT gesichert wurde (c).



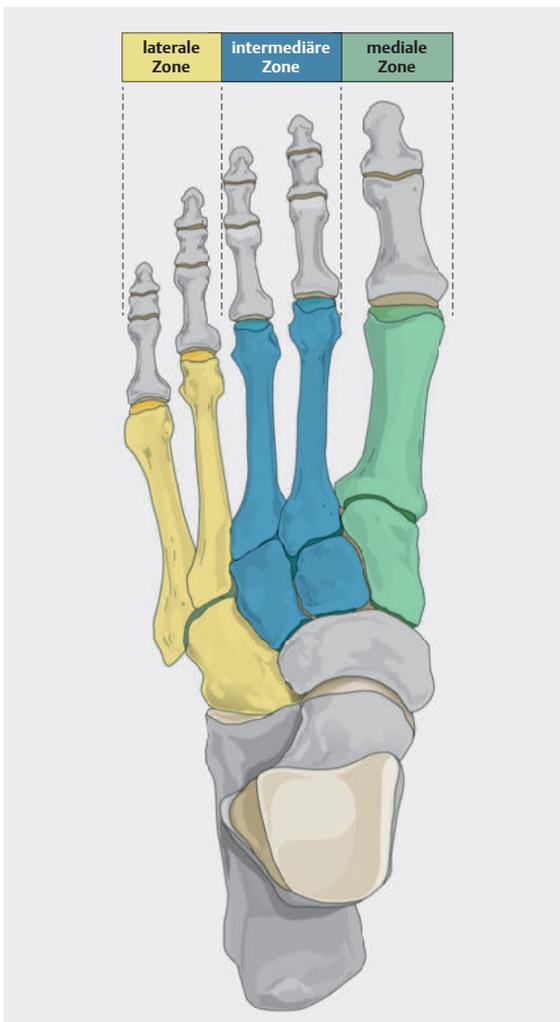
► **Abb. 2** Die Basis des Metatarsale 2 (rot markiert mit „Lisfranc-Ligament“) wird oft als Schlussstein eines Römischen Bogens im Lisfranc-Gelenk beschrieben.

Die Bandverbindungen zwischen Cuneiforme 1 und den Basen der Metatarsale 2 und 3 scheinen der letzte Kontrollzügel des Lisfranc-Gelenks zu sein [3,4], daher ist eine Verletzung dieser Bandstrukturen als hochgradig verdächtig für das Vorliegen einer instabilen Verletzung [3,4]. Als Besonderheit gibt es keine ligamentäre Verbindung zwischen Metatarsale 1 und dem 2. Strahl, was zu einer Mehrbeweglichkeit zwischen 1. und 2. Strahl führt und wahrscheinlich auch als Erklärung für eine häufig auftretende Dislokation zwischen 1. und 2. Strahl bei Lisfranc-Verletzungen dienen kann.

Die physiologische Beweglichkeit im Lisfranc-Gelenk ist gering. Die höchste Beweglichkeit findet sich im TMT 5, gefolgt von TMT 1 und TMT 4. Das TMT-2- und -3-Gelenk zeigt eine physiologische Auslenkung von nur wenigen Grad. Dies ist auch für die Therapieplanung entscheidend. So sollte die Mobilität der lateralen Gelenkreihe möglichst erhalten werden. Dem 3-Säulen-Modell entsprechend ergibt sich daraus die Theorie, dass der mediale und die 2 lateralen Strahlen der Austarierung auf dem Untergrund dienen, während die Kraftübertragung maßgeblich über den 2. und 3. Strahl läuft (► **Abb. 4**).



► **Abb. 3** Da aber in der Frontalebene der Bogen unvollständig ist und auch in der Sagittalebene eine Längswölbung besteht, erscheint den Autoren das Bild der Metatarsale-2-Basis und des Cuneiforme 2 als das eines Schlusssteins eines Gewölbes passender.

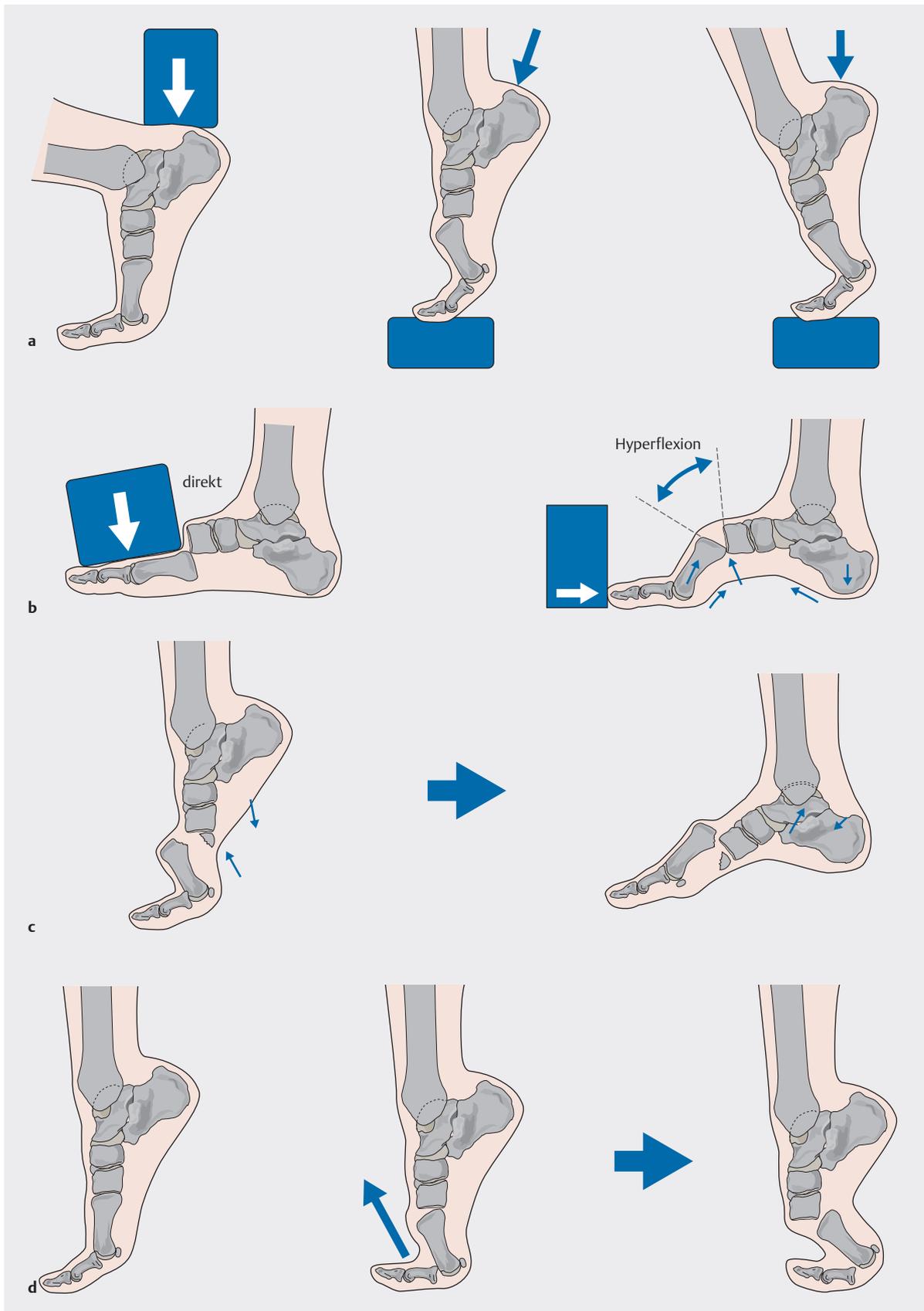


Die Verletzungszahlen in diesem Bereich sind in den letzten Jahren deutlich angestiegen. Ob dies an einer tatsächlichen Zunahme der Verletzung beispielsweise aufgrund von zunehmenden riskanten Freizeitaktivitäten liegt oder die zunehmende Sensibilisierung der behandelnden Ärzte zu einer besseren Diagnostik führt, ist allerdings unklar. Dennoch ist die Dunkelziffer noch sehr hoch, und viele Verletzungen werden initial übersehen.

Verletzungen des Lisfranc-Komplexes können stabil oder instabil sein. Erfahrungsgemäß überwiegen allerdings instabile Verletzungen. Als ursächlich werden im Wesentlichen direkte Verletzungen (Hyperflexion des Vorfußes mit plantarer Dislokation) von häufiger auftretenden indirekten Verletzungen (Hyperextension des Vorfußes mit dorsaler Dislokation) unterscheiden (► **Abb. 5**).

Es können Niedrigenergietraumata wie ein Fehltritt von Hochenergietraumata wie beispielsweise Quetschverletzungen unterschieden werden. Diese gehen dann nicht selten mit schweren Weichteilverletzungen einher.

◀ ► **Abb. 4** Der Theorie des 3-Säulen-Modells entsprechend liegt im Lisfranc-Gelenk ein mobiler 1. und 4./5. Strahl vor. Dies entspricht dem Aufbau eines Motorschlittens, dessen Kufen mit Stoßdämpfern ausgestattet sind und sich so dem Boden anpassen, während die Kette dazwischen liegt und die Kraft auf den Boden überträgt.



► **Abb. 5** Als Unfallmechanismus werden direkte Verletzungen mit Hyperflexion des Vorfußes mit plantarer Dislokation (links) von indirekten Verletzungen mit Hyperextension des Vorfußes und dorsaler Dislokation (rechts) unterschieden.

Diagnostik

Die körperliche Untersuchung zeigt normalerweise eine Schwellung des Mittelfußes mit Schmerzen bei Palpation im TMT-Bereich. Des Weiteren kommt es zu provozierbaren Schmerzen bei Bewegung der Metatarsale gegen die fixierte Fußwurzel. Eine plantar-mediale Ekchymose ist pathognomonisch (► **Abb. 6**).

Cave

Die Entwicklung eines Kompartmentsyndroms ist nicht selten und muss bei der Therapieplanung bedacht werden.

Die Durchblutung wird in der Regel durch eine Überprüfung der Rekapillarisation der Zehenbeeren und Zehennägel nach Druck beurteilt. Zudem kann es mitunter zur akuten Ausbildung von Krallenzehen bzw. Zehenfehlstellungen kommen [5]. Diese „linked Toe Dislocation“ nach English resultiert aus einem unphysiologischen Muskelzug der Mm. interossei aufgrund der Dislokation des jeweils dem betroffenen Zeh benachbarten Metatarsale [5].

Weiterführende Diagnostik

Radiologisch ist initial eine Untersuchung in 3 Ebenen zu fordern. Im Einzelnen sind dies

- eine streng seitliche Aufnahme,
- einer 45° Schrägaufnahme,
- eine dorsoplantare Aufnahme (mit 20° Kippung der Röhre, was in etwa einer rechtwinkligen Ausrichtung der Röntgenröhre zum Fußrücken entspricht) (► **Tab. 1** u. ► **Abb. 7**).

Im Zweifelsfall ist die Indikation zur CT-Untersuchung großzügig zu stellen. Hier ist besonders auf das Vorliegen eines sogenannten Fleck-Zeichens, also einer Avulsionsfraktur (Ausrissfraktur) des Lisfranc-Ligaments, an der plantaren Basis des Metatarsale 2 zu achten.

Die Durchführung von Standaufnahmen oder gehaltenen Aufnahmen kann als weiterführendes Diagnostikum zur Beurteilung der Stabilität dienen (► **Abb. 8**).

Dabei erfolgen gehaltene Aufnahmen in der Regel unter Anästhesie und OP-Bereitschaft. Standaufnahmen bleiben aufgrund der Schmerzen eher den chronischen Verläufen vorbehalten.

PRAXIS

Diagnostisches Dilemma Instabilitätskriterien

Als Instabilitätskriterium wird ein radiologisch verbreiteter Intermetatarsalraum zwischen Metatarsalia 1 und 2 von 2 mm und ein Abflachen der Längswölbung unter Belastung angegeben [6]. Klinisch soll eine Instabilität der Strahlen beurteilt werden. Dieser Befund liegt nicht selten schon bei unverletzten Plattfüßen bzw. fortgeschrittenen Hallux-valgus-Deformitäten vor.

Allerdings gibt es Hinweise darauf, dass selbst Füße mit einer Diastase von weniger als 2 mm in belasteten Röntgenaufnahmen instabile Verletzungen darstellen, die eine Operation erfordern [7]. Darüber hinaus konnten Yu-Kai et al. 2015 in ihrer Studie mit 100 gesunden Probanden zeigen, dass ein Abstand von $0,25 \pm 0,06$ cm durchaus normal sein kann [8].

Im englischsprachigen Raum hat zudem die Szintigrafie gerade bei subtilen Verletzungen einen hohen Stellenwert, sodass diese Aufnahmen dort sogar zur Klassifikation derartiger Verletzungen herangezogen werden [6].

Die MRT-Diagnostik ist zwar noch nicht Standard, hält aber zunehmend Einzug und ist bei der Beurteilung der Stabilität von subtilen Verletzungen sehr hilfreich [3, 9, 10]. Nach einer vergleichenden MRT- und klinischen Studie von Raikin et al. kann die Bandverbindung zwischen Cuneiforme 1 und den Basen der Metatarsale 2 und 3 in einem posttraumatischen MRT gut beurteilt werden [3, 4]. Eine Verletzung dieser Bandstruktur erscheint nach dieser Arbeitsgruppe und nach einer anatomischen Arbeit von Kaar et al. als hoch verdächtig für das Vorliegen einer instabilen Verletzung [3, 4].

Merke

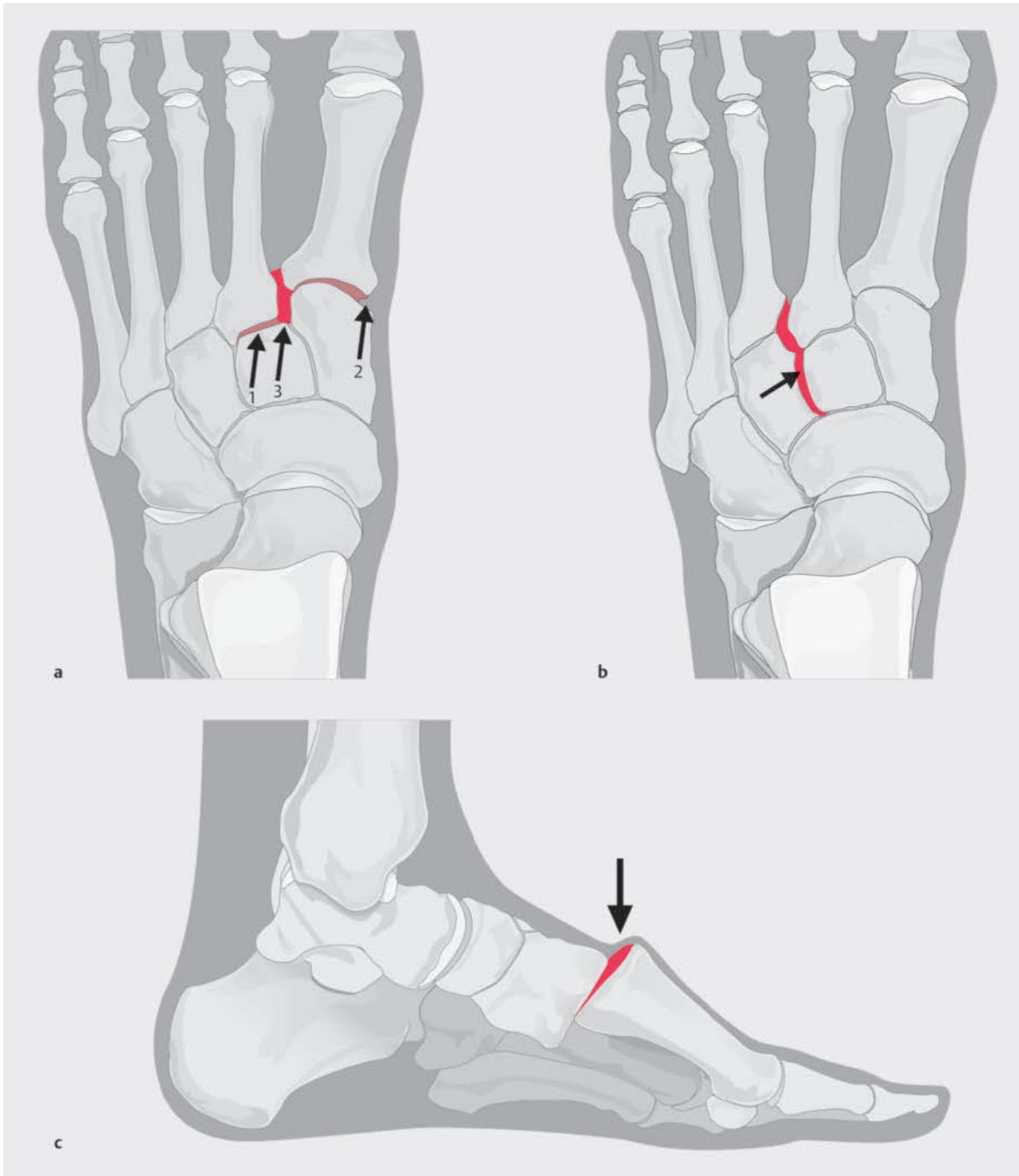
Bei Verdacht auf eine Gefäßverletzung sollte zusätzlich zur Palpation des Pulses eine Doppler-Untersuchung durchgeführt werden.



► **Abb. 6** Drei verschiedene Patienten mit Lisfranc-Verletzungen und der pathognomonischen plantaren Ekchymose.

► **Tab. 1** Radiologische Kriterien zur Beurteilung des Lisfranc-Gelenks.

Strahlengang	radiologische Kriterien
dorsoplantare Aufnahme	<ul style="list-style-type: none"> ■ seitliche Dislokation der Basis des 2. Metatarsale zum Cuneiforme 2 ■ Dislokation des TMT 1 ■ erweiterter Intermetatarsalraum zwischen der Mittelfußknochenbasis 1 und 2 ■ Suche nach „Fleck-Zeichen“ (mediale Ausrissfraktur); Avulsionsfraktur des Lisfranc-Ligaments an der Basis des Metatarsale 2
45° Schrägaufnahme	<ul style="list-style-type: none"> ■ seitliche Dislokation der Basis des 3. Metatarsale zum Cuneiforme 3
seitliche Aufnahme	<ul style="list-style-type: none"> ■ Übereinstimmung der dorsalen Begrenzung der Metatarsale mit der dorsalen Begrenzung der Cuneiforme



► **Abb. 7** Dorsoplantare (a), 45°-Schrägaufnahme (b) und streng seitliche Aufnahme (c) mit den jeweiligen Kriterien zur Diagnose einer Lisfranc-Verletzung (siehe ► **Tab. 1**).



► **Abb. 8** Als zusätzliches Diagnostikum werden Standaufnahmen und gehaltene Aufnahmen in Abduktion und Adduktion unter Anästhesie empfohlen. Zu sehen ist eine Standaufnahme 6 Wochen nach einer im Ausland übersehenen rein ligamentären Lisfranc-Verletzung mit daraus resultierendem Pes planus und Pes abductus (a, b). Abb. c, d zeigen eine subtile Lisfranc-Verletzung ohne wesentliche Dislokation, die bei Abduktionsstress (d) deutlich instabil erscheint.

Klassifikation

Die gängigste Klassifikation beruht auf Quenu und Küss [39] und unterscheidet rein deskriptiv zwischen homolateraler, isolierter und divergierender Dislokation. Eine Erweiterung dieser Klassifikation erfolgte durch Hardcastle et al. 1982 [11] und Myerson et al. 1986 [12] (► **Abb. 9**). Auch diese Klassifikationen sind rein deskriptiv und konnten keine prognostische Relevanz zeigen.

Durch Zwipp et al. wurde 2004 eine AO-ICI-Klassifikation zur Verletzung des Fußes implementiert, durch die auch Lisfranc-Verletzungen abgebildet sind [13].

Zur Klassifikation von subtilen Verletzungen wird die Arbeit von Nunley und Vertullo herangezogen [6]. Eine Übertragung auf den deutschen Sprachraum gestaltet sich allerdings schwierig, da diese Einteilung auf einer Szintigrafie beruht [6].

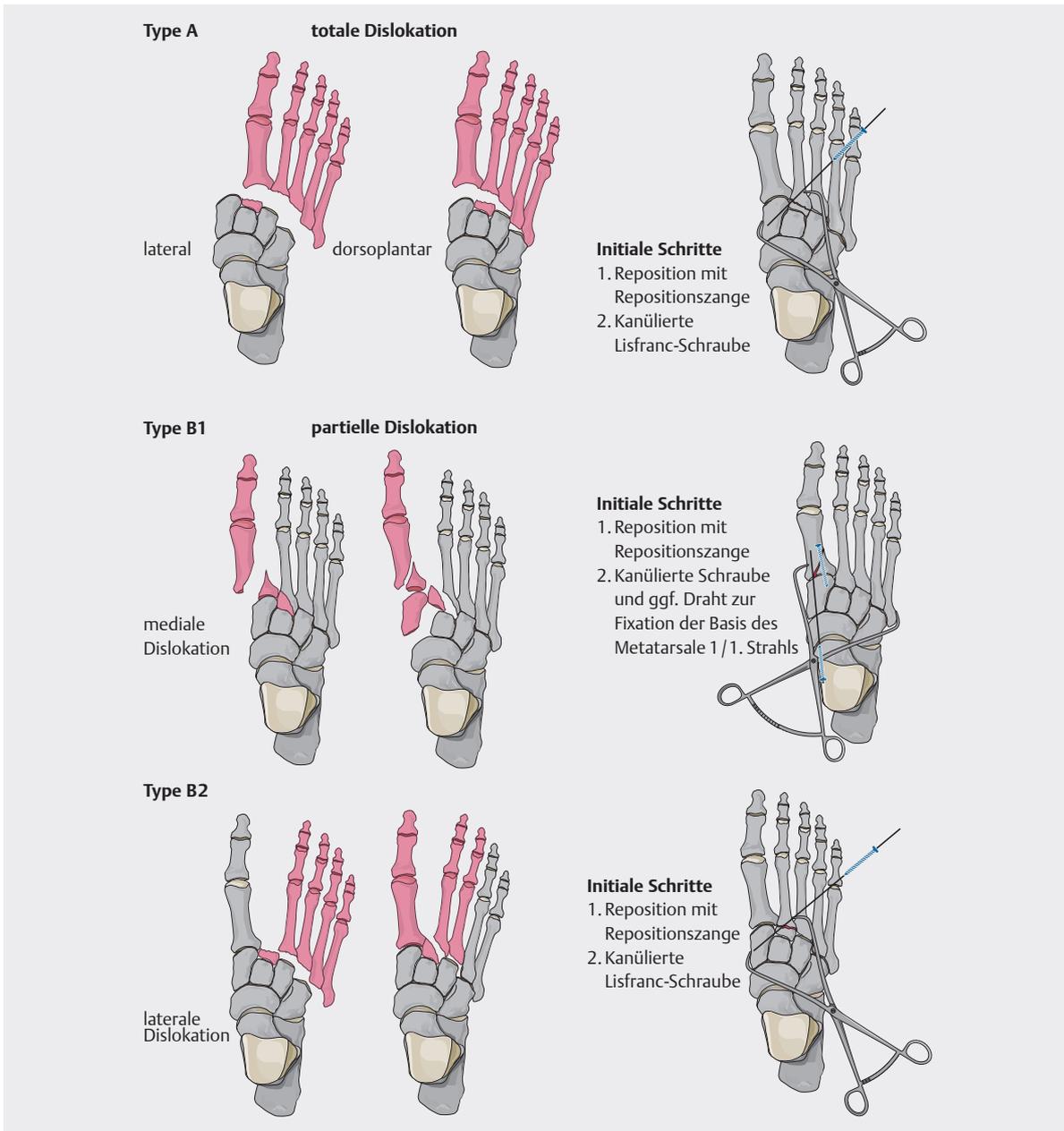
Therapie

Merke

Generell entscheidend ist hier die Unterteilung zwischen stabilen und instabilen Verletzungen.

Dies kann mitunter sehr anspruchsvoll sein. Hier sollte dann nach Raikin et al. die Beurteilung der Bandverbindung zwischen Cuneiforme 1 und den Basen der Metatarsale 2 und 3 erfolgen [3]. Liegt hier im CT eine Avulsion des Bandes am MT 3 vor oder ist das Band im MRT komplett rupturiert, so wird eine Operation empfohlen. Bei Avulsionsfrakturen der Metatarsale-2-Basis im CT und inkompletten Rupturen des o. g. Bandes wird die Durchführung von gehaltenen Aufnahmen unter Anästhesie empfohlen [3].

Bei stabilen, nicht dislozierten Frakturen erfolgt die Ruhigstellung im Unterschenkelgips oder einer Unterschenkelorthese für 6–8 Wochen mit einer schmerzabhängigen Teilbelastung von 20 kg.



► **Abb. 9** Klassifikation der Lisfranc-Verletzung nach Quenué und Küés.

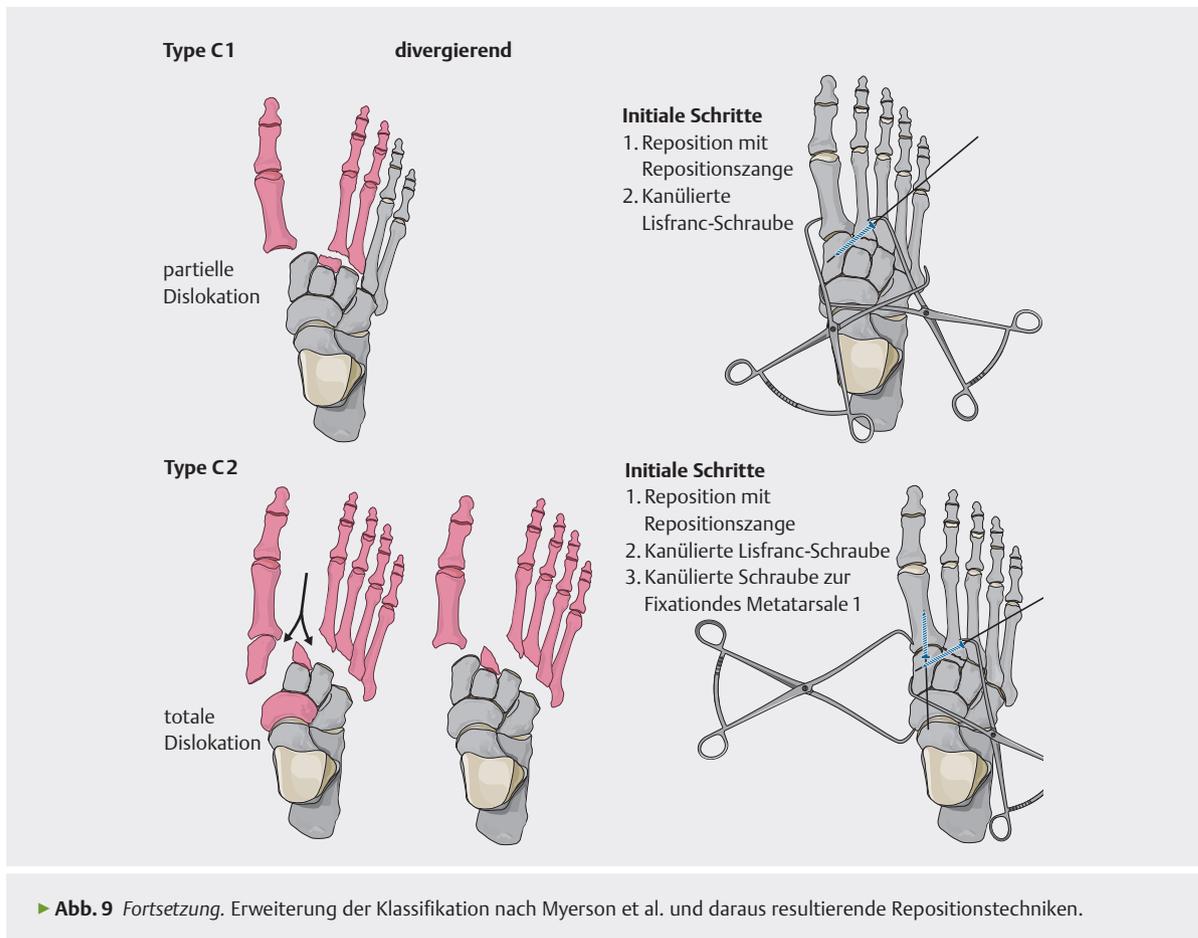
Zeitliches Vorgehen

Um Wundprobleme zu minimieren, wird eine operative Versorgung innerhalb von 24 Stunden nach dem Unfall oder nach Konsolidierung des Weichteilgewebes (normalerweise innerhalb von 4–7 Tagen) empfohlen. Wenn aus irgendeinem Grund eine definitive Behandlung nicht sofort erfolgen kann, werden schwere Versetzungen reponiert und mit 1,6-mm-Kirschner-Drähten transfixiert. Offene Verletzungen werden debridiert und, wenn möglich, verschlossen oder mit Vakuumverbänden behandelt.

Zugänge

Die Mehrzahl der Lisfranc-Verletzung bedarf einer operativen Therapie. Hier kann bei subtilen Verletzungen ohne höhergradige Dislokation ggf. eine perkutane Verschraubung durchgeführt werden [14].

Die offene Reposition und Osteosynthese erfolgt über einen oder zwei Zugänge in Abhängigkeit von der Beteiligung der Gelenke. Klassische Zugänge sind: ein dorso-medialer Zugang zwischen dem 1. und 2. Strahl zum TMT-1- bis -3-Gelenk, ggf. ergänzt durch einen zweiten



Zugang zwischen 4. und 5. Strahl, oder ein langgezogener Zugang über dem 3. Strahl („Hannover Incision“). Möglich ist zudem ein medialer Zugang isoliert zum TMT-1-Gelenk in Kombination mit einem kurzen Zugang über dem 3. Strahl (verkürzte „Hannover Incision“), wie er von den Autoren bei Versorgungen aller Strahlen gerne verwendet wird.

Der Vorteil des medialen Zugangs besteht in einer guten Einsicht auf das bei der Reposition wichtige TMT-1-Gelenk bei geringer Zugangsmorbidität [15, 16]. Eine verkürzte „Hannover Incision“ bietet darüber hinaus eine gute Sicht auf die Strahlen 2–4 bei verringerter Zugangsmorbidität (► **Abb. 10** u. ► **Abb. 11**).

TIPP

Generell sollte eine Hautbrücke von mindestens 5 cm zwischen den Zugängen bestehen bleiben.

Reposition

Von den meisten Autoren wird als erstes eine Einstellung des 2. Strahls postuliert. Dies macht im überwiegenden Teil der Verletzungen auch aus unserer Sicht Sinn, dennoch sollte die Reihenfolge der Reposition fallabhängig geplant werden und aufgrund der Analyse des jeweils vorliegenden Verletzungsmusters erfolgen (► **Abb. 11** u. ► **Abb. 12**).



► **Abb. 10** Kombination aus medialem Zugang isoliert zum TMT 1 mit einem kurzen Zugang über dem 3. Strahl („Hanover incision“) (a–c) und postoperative Röntgenbilder (d–f) sowie klinische Bilder (g–i) nach 1 Jahr.

Wahl des Osteosynthesematerials

Derzeit erfolgt die temporäre Transfixierung des 1.–3. Strahls in der Regel rigide mit 2,7-, 3,5- oder 4-mm-Stellschrauben und/oder Platten, während der 4. und 5. Strahl mit 1,6-mm-Kirschner-Drähten transfixiert wird. Zuvor sind allerdings die Gelenkflächen wiederherzustellen. Der Vorteil von Platten besteht darin, dass zum einen durch diese die Gelenkflächen nicht verletzt werden und zum anderen die Osteosynthese evtl. vorhandene Basisfrakturen überbrücken und somit sichern kann. Das Osteosynthesematerial verbleibt dann zwischen 8 Wochen und 3 Monaten [15, 17].

Alternativ wird gerade bei rein ligamentären Verletzungen vor allem im angloamerikanischen Raum die Durchführung einer primären Arthrodese kontrovers diskutiert [18, 19]. Nach der Berner Arbeitsgruppe sind jedoch bei den Patienten mit rein ligamentären Verletzungen nach einem gelenkerhaltenden Verfahren gleiche Ergebnisse zu erwarten, wobei durch die Arbeitsgruppe eine restriktive Teilbelastung mit Belassen der Implantate für 3 Monate empfohlen wurde [15].



► **Abb. 11** Beispiel einer operativen Versorgung einer divergierenden Lisfranc-Verletzung. **a** Darstellung der Fraktur und Ausräumen des Intermetatarsalraums unter Zuhilfenahme eines Laminaspreizers. **b** Erfolgte Osteosynthese der Basis des Metatarsale 2 mit Schraube und temporäre Transfixation des 1. Strahls. **c** Reposition des Metatarsale 2 mittels Repositionszange entlang des Lisfranc-Ligaments und Planung der Lisfranc-Schraube. **d** Postoperatives Ergebnis. **e** Belastete Aufnahmen nach 1 Jahr.

Metatarsale Frakturen

1. Strahl

Epidemiologie und Pathogenese

Im Vergleich mit anderen Metatarsalefrakturen sind die Frakturen am 1. Strahl mit Abstand am seltensten [20]. Sie resultieren dann häufig aus einer direkten Gewalteinwirkung oder einem Sturz [20]. Nicht dislozierte Frakturen sind aufgrund der Kraft, die erforderlich ist, und des relativen Fehlens von stabilisierenden Strukturen selten. Fehlstellungen haben dabei große Auswirkungen nicht nur auf das Großzehengrundgelenk, sondern unter Umständen auch auf den Rückfuß.

Diagnostik

Radiologisch ist initial eine Untersuchung in 3 Ebenen zu fordern. Wichtig ist neben der Beurteilung der Gelenke die Beurteilung der Länge, der (mediolateralen und dorsoplantaren) Achse und der Sesambeinposition. Zum Ausschluss weiterer Verletzungen ist eine CT-Diagnostik hilfreich.

Konservative Therapie

Eine konservative Therapie erfolgt mit Entlastung in einem Walker oder Gips. Hier ist eine engmaschige radiologische Verlaufskontrolle notwendig.



► **Abb. 12** Zustand nach direkter homolateraler Lisfranc-Verletzung mit Beteiligung aller Gelenke. Es zeigt sich im präoperativen CT ein nach plantar disloziertes gelenktragendes Fragment aus der Basis des Metatarsale 4 (roter Kreis). Da dieses Gelenk als essenziell angesehen wird, wird die Rekonstruktion angestrebt. Dazu Darstellen des Fragments (grüner Kreis) durch Wegklappen des Metatarsale-4-Schafts nach dorsal (Mitte links). Dann Einbringen eines K-Drahts durch das Fragment und Ausleiten durch die Fußsohle (grüner Kreis in e, g). Nachfolgend wird das Schaftfragment zurückgeklappt und das Fragment durch retrogrades Bohren des Drahtes am Schaft fixiert und nachfolgend mit einer kanülierten Schraube und einer Platte versorgt. Zudem wurde eine Metatarsale-2-Schaftfraktur ebenfalls mit Schrauben versorgt.



► **Abb. 13** Fraktur des 1. und 2. Mittelfußknochens mit Beteiligung der TMT-1-Gelenkbasis. Wiederherstellung der Gelenkfläche mit Schraubenosteosynthese und Versorgung des Schafts mittels Plattenosteosynthese über einen medialen Zugang. Konservative Therapie des 2. Mittelfußknochens. Zufriedenstellendes funktionelles und ästhetisches Ergebnis nach 1 Jahr.

Merke

Die besondere Bedeutung des 1. (und 5.) Mittelfußknochens rechtfertigt eine großzügige Indikationsstellung zur operativen Therapie. Wichtig ist hier die Wiederherstellung der Gelenkflächen, der Achse und der Länge.

Operative Therapie der Schaftfrakturen

Verschobene Schaftfrakturen werden in der Regel mit Plattenosteosynthesen versorgt. Ein medialer Zugang ist komplikationsarm und erlaubt eine plantare Plattenposition, die sowohl biomechanisch vorteilhaft ist als auch bedingt durch die gute Weichteildeckung weniger komplikationsträchtig erscheint (► **Abb. 13**). Alternativ ist ein dorsaler Zugang bzw. eine mediale oder dorsale Plattenpositionierung möglich.

Liegt beispielsweise ein großer Weichteilschaden oder eine Trümmerfraktur vor, so kann auch eine temporäre oder definitive Versorgung durch einen gelenküberspannenden Fixateur externe nötig werden.

Operative Therapie der Gelenkfrakturen

Auch bei Gelenkfrakturen sollte eine Rekonstruktion angestrebt werden. Bei komplexen Frakturformen kann eine gelenküberbrückende Versorgung mittels Platte oder Fixateur externe nötig werden. In Einzelfällen sind

hier aber auch primäre Großzehengrundgelenk- oder TMT-1-Gelenkarthrodesen nötig (► **Abb. 13**).

Strahlen 2–4

Epidemiologie und Pathogenese

Frakturen des 2.–4. Mittelfußknochens sind nicht selten. Auch diese resultieren häufig aus einer direkten Gewaltwirkung oder einem Sturz [20]. Mehrfachfrakturen sind häufig, daher sollte immer bei Vorliegen einer Fraktur des 2.–4. Metatarsale eine weitere Fraktur ausgeschlossen werden [20].

Diagnostik

Auch hier ist radiologisch eine Untersuchung in 3 Ebenen zu fordern. Bei der Therapieplanung ist auf die Metatarsusparabel, die Sagittalebene und einen homogenen Abstand der Metatarsaleköpchen zu achten. Besonders eine Plantarisierung oder Elevation kann zu nachhaltigen Problemen führen. Daher ist eine weiterführende CT-Diagnostik mitunter sehr hilfreich.

Therapie

Die Indikation zur operativen Therapie wird noch immer diskutiert. Derzeit sind akzeptable Werte für eine konservative Therapie eine Dislokation von weniger als 10° An-gulation und 3–4 mm Translation in irgendeiner Ebene (► **Abb. 1** u. ► **Abb. 13**) [21].

Die konservative Therapie erfolgt mittels Verbandschuh mit starrer Sohle, Walker oder Gips mit 6 Wochen (Teil-)Belastung oder Entlastung je nach Frakturmorphologie.

Die operative Therapie erfolgt entweder durch eine perkutane, antegrade, intramedulläre K-Draht-Osteosynthese [22] oder mittels offener Reposition und Plattenosteosynthese. Die offene Plattenosteosynthese hat zwar den Vorteil einer direkten Visualisierung der Fraktur und ermöglicht eine stabilere Osteosynthese, die angrenzenden Mittelfußknochen machen eine Manipulation aber schwierig, und die Zugangsmorbidität ist nicht unerheblich. Somit sollte, wenn möglich, der indirekten Technik der Vorrang gegeben werden.

Die retrograde K-Draht-Osteosynthese hat sich wegen der Schädigung des MTP-Gelenks, des plantaren Austritts der Drahtenden und der schwierigeren Durchführung allerdings in den Händen der Autoren nicht bewährt. Wir favorisieren deswegen die anterograde K-Draht-Platzierung von der Basis der Metatarsalia aus.

Begonnen werden sollte immer mit dem am meisten dislozierten Metatarsale. Ist hier eine Reposition erfolgt, so haben sich mitunter die anderen Metatarsale indirekt reponiert, und eine weitere Osteosynthese wird unnötig.

Die Nachbehandlung kann dann zumeist mit einem Verbandschuh mit starrer Sohle und Sohlenkontakt erfolgen.

5. Strahl

Epidemiologie und Pathogenese

In der aktuellen Literatur gibt es einen allgemeinen Konsens, dass Frakturen des Metatarsale 5 häufiger auftreten als an allen anderen Metatarsalia [20]. Prädisponierend ist mitunter eine Pes-cavovarus- und Pes-adductus-Fehlstellung [23]. Ein hoher BMI erhöht das Risiko einer Pseudarthrose [24, 25].

Diagnostik

Radiologisch ist initial eine Untersuchung in 3 Ebenen zu fordern. Bei Stressfrakturen kann das initiale Röntgenbild allerdings über einige Wochen unauffällig sein. Hier sind dann bei Verdacht ein MRT oder eine Szintigrafie zu erwägen. Bei Zone-1-Frakturen ist differenzialdiagnostisch ein Os vesalianum zu bedenken (s. Infobox).

Klassifikation

Frakturen des Metatarsale 5 können klassifiziert werden nach der Lokalisation als

- Frakturen der Metatarsalebasis (Zone 1, Zone 2, Zone 3),
- Schaftfrakturen sowie
- Hals- und Kopffrakturen [26, 27].

PRAXIS

Unterscheidung zwischen Os vesalianum, Avulsionsfraktur der Metatarsale-5-Basis und der „Iselin-Krankheit“ (Apophysitis der Basis des 5. Mittelfußknochens bei irregulärer oder persistierender Apophyse)

Die Apophysitis der Basis des 5. Mittelfußknochens wurde 1912 durch den deutschen Arzt H. Iselin als eine Form der Osteochondrose bei Kindern beschrieben [36].

Am häufigsten ist diese bei sportlich aktiven Jugendlichen und Männern zu sehen.

Pathogenese

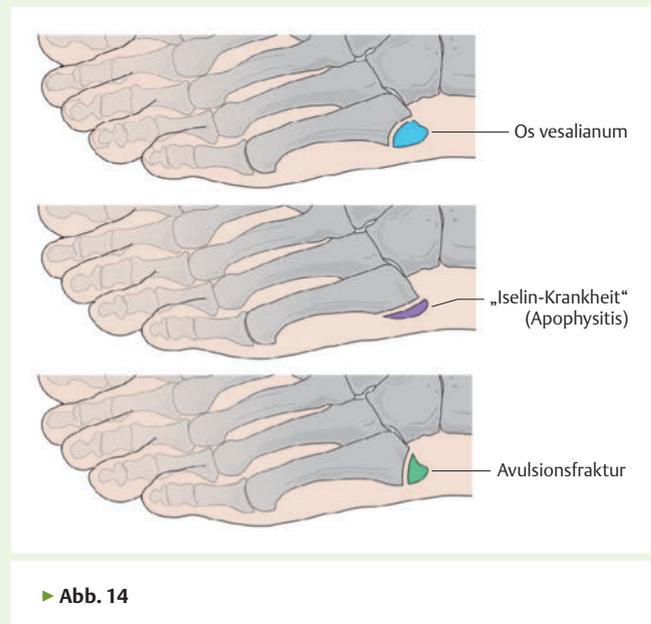
Eine repetitive Traktion der Peroneus-brevis-Sehne an ihrem Ansatz. Prädisponierende Faktoren sind Springen und Laufen (Kampfsport, Fußball etc.).

Differenzialdiagnose

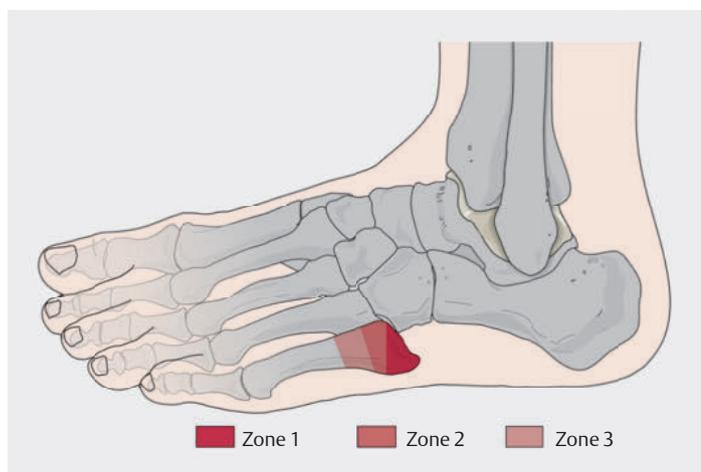
Klinisch ist neben einem akuten Trauma die Ausbildung eines Ödems oder einer Ekchymose bei der Unterscheidung hilfreich.

Radiologische Diagnostik

Radiologisch unterscheiden sich die Ausrichtung der Frakturlinie und der Apophysenlinie. Sie stehen fast immer senkrecht zueinander. Die Apophyse erscheint mit longitudinaler Orientierung zur Längsachse des Metatarsale 5. Das Os vesalianum (als akzessorisches Sesambein nach fehlender Verschmelzung der Apophyse der Basis des Os metatarsale 5) hat zudem in der Regel eine eigene Gelenkfläche zum Cuboid. Avulsionsfrakturen haben gewöhnlich eine senkrechte oder schräge Ausrichtung zur Längsachse [37, 38] (► Abb. 14).



► Abb. 14



► **Abb. 15** Einteilung der proximalen Metatarsale-5-Frakturen nach 3 Zonen.

► **Tab. 2** Einteilung der Frakturen des Metatarsale 5.

Klassifikation	Definition
Torg et al.	
Typ I	akute Fraktur mit schmaler Frakturlinie und Fehlen von intramedullärer Sklerose
Typ II	verzögerte Heilung mit erweitertem Frakturspalt und intramedullärer Sklerose
Typ III	Pseudarthrose mit kompletter Obliteration des Markraums durch sklerotischen Knochen
Lee et al.	
A1	komplette Fraktur, die sich bis zur medialen und dorsalen Kortikalis erstreckt akute Fraktur
A2	komplette Fraktur, die sich bis zur medialen und dorsalen Kortikalis erstreckt akut auf chronische Frakturen
B1	inkomplette Fraktur, begrenzt auf die laterale Plantarfläche plantarer Spalt < 1 mm
B2	inkomplette Fraktur, begrenzt auf plantare Seitenfläche plantarer Spalt ≥ 1 mm

Lawrence und Botte führten ein Klassifikationssystem für Frakturen des proximalen Metatarsale 5 nach 3 Zonen ein [28] (► **Abb. 15**):

- Zone-1-Frakturen (Tennisfrakturen):
 - Hier treten Frakturen auf, indem der ganz proximale spongiöse Anteil der Tuberositas des 5. Mittelfußknochens durch den Zug des lateralen Bandes der Plantarfascie im Sinne einer Avulsion von der metatarsalen Basis abschernt.

- Zone-2-Frakturen (Jones-Frakturen):
 - Diese Frakturen beginnen etwa 1,5 cm distal der Basis seitlich in der Spongiosa der Tuberositas und erstrecken sich schräg proximal zur Artikulation zwischen dem 4. und 5. Mittelfußknochen. Sie sind in der Regel Ursache einer Vorfußadduktion bei plantarflektiertem Fuß.
 - Die Pseudarthrose rate ist hier hoch. Ursächlich hierfür gelten eine schlechte Durchblutung und ein hohes Instabilitätspotenzial zwischen der ligamentär fixierten Basis und dem locker aufgehängten Schaft des 5. Mittelfußknochens [21].
- Zone-3-Frakturen:
 - Diese Frakturen liegen im proximalen Schaft distal zur Artikulation zwischen dem 4. und 5. Mittelfußknochen und sind typischerweise Stressfrakturen.

Da die Unterscheidung von traditionellen Jones-Frakturen (Zone 2) und Frakturen an der proximalen Diaphyse (Zone 3) mitunter schwierig, aber die Prognose ähnlich ist [29] und sich von denen der Zone 1 deutlich unterscheidet, werden Frakturen in den Zonen 2 und 3 oft kollektiv als Jones-Frakturen bezeichnet [29, 30].

Sowohl Torg et al. [31] als auch Lee et al. [24, 25] entwickelten eine radiologische Klassifikation, um die Ergebnisse für Zone-2- und -3-Frakturen vorherzusagen (► **Tab. 2**). Nach Torg et al. werden diese Frakturen radiologisch entsprechend ihrer Reaktion weiter unterteilt. Lee et al. unterteilen entsprechend der Frakturmorphologie und des Vorhandenseins oder Fehlens eines plantaren Spalts [24, 25].

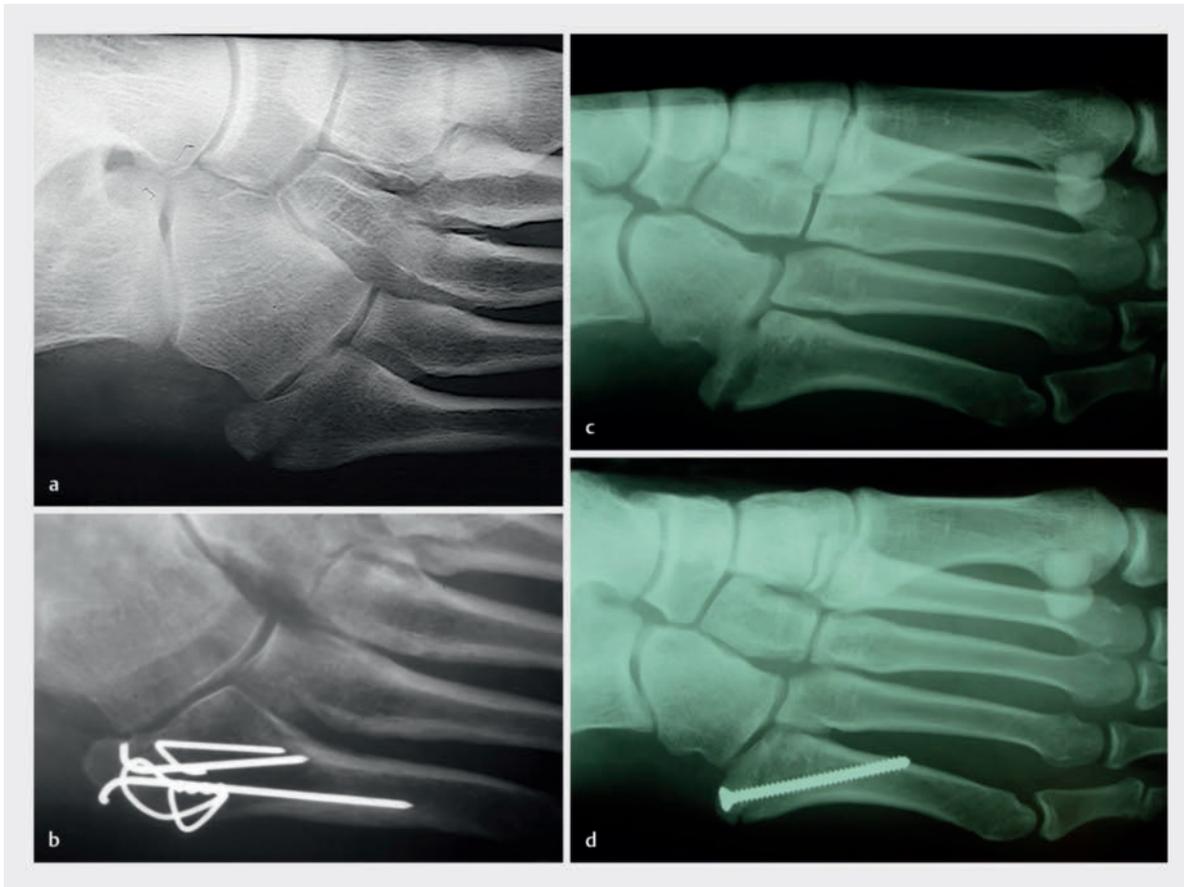
Therapie von Zone-1-Frakturen (Tennisfrakturen)

Dislokation von < 2 mm und eine Gelenkflächenbeteiligung von < 30% stellen die Indikation für eine konservative Therapie dar. Hier erfolgt eine symptomatische Behandlung entsprechend der Klinik mit Walker oder Orthese, Analgetika und schmerzadaptierter Vollbelastung für 6 Wochen.

Bei höhergradigen Dislokationen/Gelenkbeteiligung gilt die Zuggurtung als Standardverfahren. Daneben können Krallenplatten verwendet werden. Erlaubt es die Größe des Fragments, so ist eine Schraubenosteosynthese eine gute Alternative zur Zuggurtung/Plattenosteosynthese, da die Schrauben deutlich weniger auftragen und die Zugänge kleiner gehalten werden können (► **Abb. 16**).

Therapie von Zone-2- und -3-Frakturen

Undislozierte Frakturen können konservativ behandelt werden, benötigen dann aber eine 6- bis 8-wöchige Ruhigstellung und Entlastung. Die radiologisch nachzuweisende Frakturheilung hängt dabei oft Wochen bis Monate hinter dem klinischen Verlauf zurück [21]. Angesichts der hohen Komplikationsrate sollte aber gerade bei jungen



► **Abb. 16** Zwei Beispiele für Frakturversorgungen von Zone-1-Frakturen des Metatarsale 5 (a, b Schraubenosteosynthese, c, d Zuggurtung).

und sportlich aktiven Patienten die Indikation zur operativen Therapie großzügig gestellt werden.

Dislozierte Frakturen sollten operativ behandelt werden. Die intramedulläre Schraubenosteosynthese hat sich bei diesen Verletzungen zum Standard entwickelt, wenngleich die bikortikale Schraubenosteosynthese der intramedullären Schraubenosteosynthese bei Zone-2-Frakturen überlegen zu sein scheint und zum Teil als technisch einfacher beurteilt wird (► **Abb. 17**) [32].

Alternativ kann eine Miniplattenosteosynthese erfolgen. Manche Autoren empfehlen zudem bereits primär eine Augmentation mit Beckenkammaspirat oder Spongiosoplastik [21, 30].

Therapie von Schaftfrakturen

Schaftfrakturen treten in der Diaphyse des 5. Mittelfußknochens entweder als transversale oder kurze schräge Frakturen auf. Die Sonderform der „Tänzerfrakturen“ entspricht einer langen Spiralfaktur von der Diaphyse aus-

gehend, die nach distal in den metaphysären Bereich ausläuft.

Isolierte und nicht dislozierte Frakturen (< 3–4 mm Dislokation, < 10° Achsfehlstellung) können konservativ behandelt werden. Verkürzungen werden zwar leichter toleriert als bei den anderen Mittelfußknochen, dennoch sollte das Ziel sein, die Metatarsusparabel möglichst normal zu halten.

Dislozierte Schaftfrakturen sollten operativ stabilisiert werden. Wegen der biomechanischen Bedeutung des 5. Mittelfußknochens ist gerade bei Serienfrakturen eine großzügige Indikationsstellung gerechtfertigt. In der Regel erfolgt hier wieder die Schrauben- und/oder Plattenosteosynthese (► **Abb. 18**).

Bei der Durchführung einer interfragmentären Schraubenosteosynthese ist darauf zu achten, dass oftmals ein Schmetterlingsfragment vorliegt, das die Durchführung erschwert. Außerdem kann der Schaft relativ spröde sein



► **Abb. 17** Zwei Beispiele für Schraubenosteosynthesen an der Metatarsale-5-Basis (a, b bikortikale Schraubenosteosynthese und Spongiosa-plastik nach Pseudarthrose, c, d intramedulläre Versorgung jeweils nach einer Zone-3-Fraktur).

und bei der Fixierung weiter brechen. Daher können überbrückende Plattenosteosynthesen vorteilhaft sein und sollten als Rückzugsoption immer greifbar sein. Des Weiteren kann die Durchführung einer Fadencerclage vor Plattenosteosynthese hilfreich sein.

Therapie von Kopf- und Halsfrakturen

Diese können meistens konservativ behandelt werden. In Fällen mit signifikanter Dislokation kann eine perkutane oder offene K-Draht-Osteosynthese erfolgen. Eine Mini-plattenosteosynthese ist selten nötig und teilweise auch unmöglich.

Phalanxfrakturen

Epidemiologie und Pathogenese

Zehenbrüche sind häufig. Mit jeweils ca. ein Drittel sind die 1. und die 5. Zehe am häufigsten betroffen [33]. Die meisten der Frakturen (ca. 75%) werden durch Anstoß- oder Quetschverletzungen verursacht [33]. Drei Viertel der Frakturen verlaufen transversal, schräg oder spiralförmig. In der Regel sind solche Frakturen entweder nicht oder minimal verschoben. Die konservative Therapie führt dann zu exzellenten Ergebnissen [33].

Phalanxfrakturen können prinzipiell in Frakturen der Großzehe und der Kleinzehen unterteilt werden.

Diagnostik

Radiologisch ist initial eine Untersuchung in 3 Ebenen zu fordern. Wichtig ist neben der Beurteilung der Gelenke die Beurteilung der Länge, der Achse und der Rotation.

Hallux

Klassifikation

Die Klassifikation erfolgt hier deskriptiv und unterscheidet

- Schaftfrakturen,
- Gelenkfrakturen,
- Strecksehnenaurisse und
- Nagelkranzfrakturen.

Therapie

Die Indikation zur Operation beinhaltet jegliche Rotations- oder Achsfehlstellung, offene Frakturen und intra-artikuläre Stufen von > 2 mm.

Die Osteosynthese erfolgt je nach Frakturform durch geschlossene Draht- oder Schraubenosteosynthesen oder eine offene Reposition und Osteosynthese mit K-Drähten, Schrauben und Platten (► **Abb. 13**).

Merke

Ein subunguales Hämatom sollte großzügig entlastet werden. Dies kann entweder mit einer Nadel oder einem heißen Draht erfolgen.



► **Abb. 18** Zwei Beispiele für Schraubenosteosynthesen nach Schaftfrakturen am Metatarsale 5.

FALLBEISPIEL

Metatarsale-5-Fraktur

Anamnese

1996 geborener männlicher Patient mit deutlichen belastungsabhängigen Schmerzen im Bereich der Basis des Metatarsale 5 rechts. Vorangegangen war eine Distorsion mit konservativer Therapie. Eine weiterführende konservative Therapie bei fortbestehenden Schmerzen blieb erfolglos.

Befund

Der Patient beklagte eine diskrete Schwellung und Druckschmerz an der Basis des Metatarsale 5 rechts. Die Rückfußachse war regelrecht. Die extrinsischen Muskeln, einschließlich des Peroneus brevis, waren kräftig. Die Peroneus-brevis-Sehne selbst zeigte keinen Druckschmerz. Die Gelenke waren aktiv und passiv frei beweglich.

Bildgebung

Röntgenologisch zeigte sich ein hochgradiger Verdacht auf ein symptomatisches Os vesalianum bei moderatem Pes adductus (► **Abb. 19 a**). Im MRT fand sich ein Ödem im Bereich der Apophyse ohne weitere Pathologien (► **Abb. 19 b**).

Therapie

Die Resektion des Os vesalianum und eine Refixation der Peroneus-brevis-Sehne mit einem Anker wurden durchgeführt (► **Abb. 19 c**).

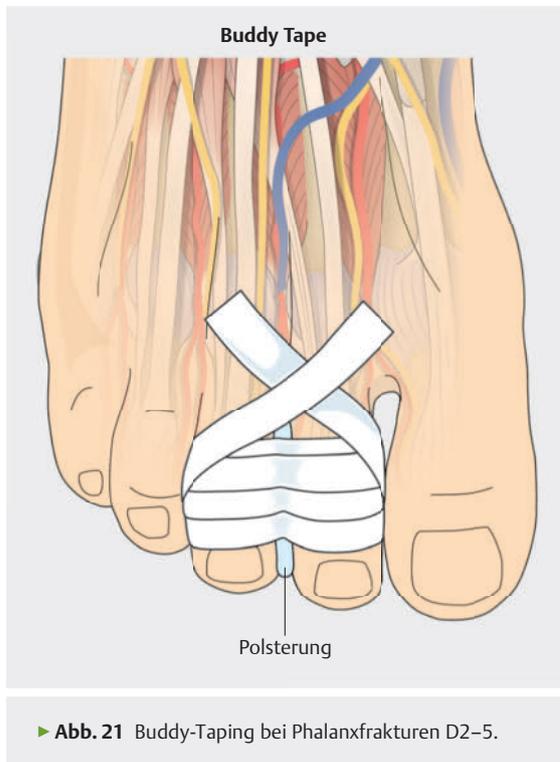


► **Abb. 19** Fallbeispiel: Metatarsale-5-Fraktur. Quelle: PD Dr. med. Hazibullah Waizy.

- a Röntgenaufnahmen präoperativ.
- b Präoperatives MRT.
- c Postoperative Röntgenkontrolle.



► **Abb. 20** Typische Frakturformen am Hallux und Beispiele für Lösungsmöglichkeiten. Typische Frakturformen am Hallux und Beispiele für Lösungsmöglichkeiten. **a** Perkutane Versorgung einer Basisfraktur (Pfeil). **b** Plattenosteosynthese einer Schafffraktur (Pfeil). **c** Intraoperative Bilder einer Draht- und Schraubenosteosynthese einer Grundphalanxköpfchenfraktur (Pfeil). **d** Knöcherner Strecksehnenauriss mit perkutanem Draht versorgt (Pfeil).



Offene Nagelkranzverletzungen sollten mittels Entfernung des Nagels, Exstirpation dislozierter Fragmente, nachfolgender Nagelbettekonstruktion und anschließend einer Replantation des Nagels zum Schutz des Nagelbettes behandelt werden. Alternativ kann hier auch aus einer Spritze ein „Kunstnagel“ ausgeschnitten und als Nagelersatz eingenäht werden. Die Nagelbettekonstruktion sollte äußerst sorgfältig erfolgen. Hier muss unbedingt eine Einstülpung der Wundränder vermieden werden, da es ansonsten zu Nagelwachstumsstörungen kommen kann.

D2-5

Klassifikation

Die Klassifikation erfolgt hier deskriptiv und unterscheidet Schaftfrakturen, Gelenkfrakturen, und Nagelkranzfrakturen.

Therapie

Frakturen der 2.-5. Zehe sind eine Domäne der konservativen Therapie. Hier erfolgt in der Regel eine geschlossene Reposition in Lokalanästhesie und ein „Buddy Taping“ kombiniert mit einer Mobilisation im Verbandschuh mit starrer Sohle für 4–6 Wochen (► Abb. 21).

Allerdings sollten auch hier Achsfehlstellungen von über $> 10^\circ$ und Gelenkstufen von > 2 mm nicht toleriert werden. Hier bleibt dann in der Regel die retrograde K-Draht-Osteosynthese als operative Therapieoption. Sehr selten ist eine Schraubenosteosynthese möglich (► Abb. 22).

Bei ausgiebigen Quetschverletzungen kann mitunter eine Amputation notwendig werden.

Sesambeinfrakturen

Epidemiologie und Pathogenese

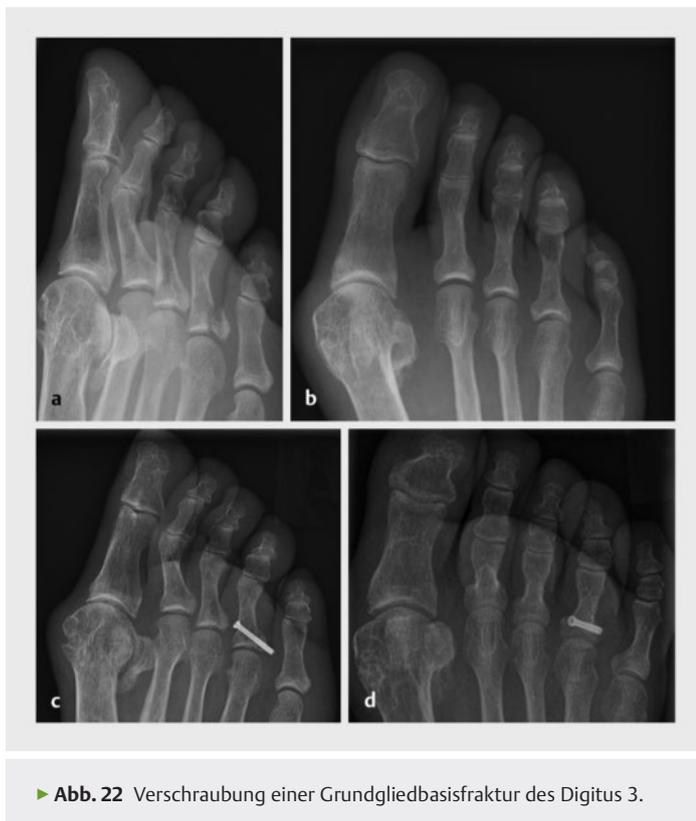
Sesambeinfrakturen kommen gehäuft bei Sprungsportarten wie Weitsprung, Tanzen, rhythmischer Sportgymnastik und Kampfsport vor. Auch Stressfrakturen sind hier nicht selten. Am häufigsten ist das mediale Sesambein betroffen.

Diagnostik

— Cave

Schwierig ist mitunter die Unterscheidung zwischen einem bipartit angelegten Sesambein und einer Fraktur.

Als Diagnostikum der Wahl dienen das CT und daneben das MRT, die Szintigrafie und das SPECT-CT [34].



Therapie

Akute Frakturen können verschraubt oder ggf. auch durch Fadencerclagen versorgt werden (► **Abb. 23**).

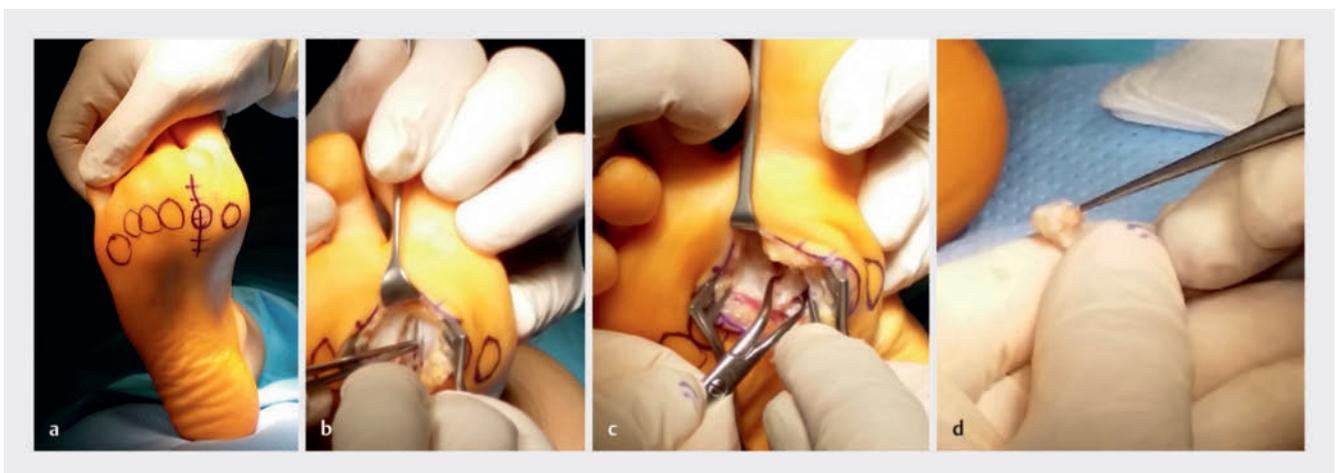
Bei Ermüdungs- oder Stressfrakturen sollte die Indikation zur operativen Versorgung sehr zurückhaltend gestellt werden. Auf eine Resektion des kompletten Sesambeins ist dann möglichst zu verzichten [34, 35]. Empfohlen wird stattdessen die partielle Resektion. Hier empfiehlt Hintermann die Entfernung des proximalen Fragments [34].

Die Autoren hingegen entfernen in der Regel das oder die kleineren Fragmente bzw. richten sich nach dem intraoperativen Befund und entfernen das makroskopisch stärker geschädigte Fragment (► **Abb. 24**).

Als konservative Maßnahmen bleiben die Entlastung und später die Einlagenversorgung. Stoßwelle und Ilomidin-Infusionen (Off-Label Use) können zusätzlich eingesetzt werden. Beide Verfahren haben aber keine wissenschaftliche Evidenz.



► **Abb. 23** Versorgung einer akuten Sesambeinfraktur und einer plantaren Fraktur der Grundgliedbasis durch Verschraubung und temporäre Transfixation des Großzehengrundgelenks.



► **Abb. 24** Partielle Resektion des lateralen Sesambeins. a Planung des Zugangs. Die Metatarsale-2–5-Köpfchen und die Sesambeine wurden palpirt und markiert. b Darstellung des lateralen Sesambeinchens. c Ausschälen des kleineren Fragments. d Entferntes Fragment.

Stressfrakturen

Anatomie, Epidemiologie und Pathogenese

Stressfrakturen sind an den Metatarsale häufig und bieten ein buntes Beschwerdebild bei oft initial nicht eindeutigen Röntgenbefund. Hauptsächlich betroffen sind Patienten mit instabilem 1. Strahl, einem Rückfußvarus oder auch einem Plattfuß. Daneben sind häufig Soldaten und Leistungssportler (Tänzer) betroffen.

Diagnostik

Bei begründetem Verdacht ist das MRT die weiterführende Untersuchungsmethode der 1. Wahl. Eine Szintigrafie kann ebenfalls hilfreich sein.

Therapie

Die Therapie an den Strahlen 2–4 ist grundsätzlich konservativ mit 4–6 Wochen Ruhigstellung gefolgt von einer schmerzadaptierten Aufbelastung des Fußes im Walker.

Stressfrakturen des Sesambeins und des 5. Strahls sind oben im Text abgehandelt.

KERNAUSSAGEN

- Frakturen des Vor- und Mittelfußes kommen häufig vor.
- Bei Mehrfachverletzungen treten Traumata des Vor- und Mittelfußes eher in den Hintergrund, können im Verlauf jedoch bei Fehlheilung zu dauerhaften Einschränkungen führen.
- Isolierte Frakturen können meist konservativ behandelt werden, wobei gute Ergebnisse zu erwarten sind.
- Problematisch sind folgende Verletzungsformen, die in der Regel operativ angegangen werden:
 - dislozierte Frakturen,
 - Frakturen mehrerer Fußknochen,
 - Luxationen und Luxationsfrakturen,
 - Gelenkfrakturen.
- Eine Besonderheit bilden die sogenannten Stress- bzw. Ermüdungsfrakturen, die insbesondere im Mittelfußbereich auftreten, häufig verzögert diagnostiziert werden und ganz überwiegend konservativ zu behandeln sind.

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

Autorinnen/Autoren



Kajetan Klos

PD Dr. med. habil. Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie, Stellvertretender Chefarzt der Fuß- und Sprunggelenkchirurgie am Katholischen Klinikum Mainz.



Thorsten Randt

Dr. med., Fuß- und Sprunggelenkchirurgie Bad Schwartau. Präsident der Gesellschaft für Fußchirurgie e.V. und Instruktor in allen Zertifizierungsstufen. Chirurg und Unfallchirurg in eigener Praxis in Bad Schwartau.



Paul Simons

Dr. med., Chefarzt der Fuß- und Sprunggelenkchirurgie am Katholischen Klinikum Mainz.



Mathias Knobe

PD Dr. med. habil. Leitender Oberarzt an der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Uniklinik RWTH Aachen; Leiter der Sektion Fuß- und Sprunggelenkchirurgie sowie der Sektion Alterstraumatologie und Frakturendothetik und des Alterstraumazentrums Aachen.

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. habil. Kajetan Klos

Fuß- und Sprunggelenkchirurgie
Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
An der Goldgrube 11
55131 Mainz
k-klos@kkmainz.de

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen für diesen Beitrag ist PD Dr. med. habil. Kajetan Klos, Mainz.

Literatur

- [1] Kura H, Luo ZP, Kitaoka HB et al. Mechanical behavior of the Lisfranc and dorsal cuneometatarsal ligaments: in vitro biomechanical study. *J Orthop Trauma* 2001; 15: 107–110
- [2] Solan MC, Moorman CT 3rd, Miyamoto RG et al. Ligamentous restraints of the second tarsometatarsal joint: a biomechanical evaluation. *Foot Ankle Int* 2001; 22: 637–641
- [3] Raikin SM, Elias I, Dheer S et al. Prediction of midfoot instability in the subtle Lisfranc injury. Comparison of magnetic resonance imaging with intraoperative findings. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91: 892–899. doi:10.2106/JBJS.H.01075

- [4] Kaar S, Femino J, Morag Y. Lisfranc joint displacement following sequential ligament sectioning. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 2225–2232. doi:10.2106/JBJS.F.00958
- [5] English TA. Dislocations of the metatarsal bone and adjacent toe. *J Bone Joint Surg Br* 1964; 46: 700–704
- [6] Nunley JA, Vertullo CJ. Classification, investigation, and management of midfoot sprains: Lisfranc injuries in the athlete. *Am J Sports Med* 2002; 30: 871–878
- [7] Crates JM, Barber FA, Sanders EJ. Subtle Lisfranc subluxation: results of operative and nonoperative treatment. *J Foot Ankle Surg* 2015; 54: 350–355. doi:10.1053/j.jfas.2014.07.015
- [8] Yu-Kai Y, Shiu-Bii L. Anatomic parameters of the Lisfranc joint complex in a radiographic and cadaveric comparison. *J Foot Ankle Surg* 2015; 54: 883–887. doi:10.1053/j.jfas.2015.02.021
- [9] Kitsukawa K, Hirano T, Niki H et al. MR imaging evaluation of the Lisfranc ligament in cadaveric feet and patients with acute to chronic Lisfranc injury. *Foot Ankle Int* 2015; 36: 1489–1492. doi:10.1177/1071100715596746
- [10] Macmahon PJ, Dheer S, Raikin SM et al. MRI of injuries to the first interosseous cuneometatarsal (Lisfranc) ligament. *Skeletal Radiol* 2009; 38: 255–260. doi:10.1007/s00256-008-0613-6
- [11] Hardcastle PH, Reschauer R, Kutscha-Lissberg E et al. Injuries to the tarsometatarsal joint. Incidence, classification and treatment. *J Bone Joint Surg Br* 1982; 64: 349–356
- [12] Myerson MS, Fisher RT, Burgess AR et al. Fracture dislocations of the tarsometatarsal joints: end results correlated with pathology and treatment. *Foot Ankle* 1986; 6: 225–242
- [13] Zwipp H, Baumgart F, Cronier P et al. Integral classification of injuries (ICI) to the bones, joints, and ligaments-application to injuries of the foot. *Injury* 2004; 35 (Suppl 2): SB3–SB9. doi:10.1016/j.injury.2004.07.008
- [14] Wagner E, Ortiz C, Villalon IE et al. Early weight-bearing after percutaneous reduction and screw fixation for low-energy Lisfranc injury. *Foot Ankle Int* 2013; 34: 978–983. doi:10.1177/1071100713477403
- [15] Abbasian MR, Paradies F, Weber M et al. Temporary internal fixation for ligamentous and osseous lisfranc injuries: outcome and technical tip. *Foot Ankle Int* 2015; 36: 976–983. doi:10.1177/1071100715577787
- [16] Simons P, Frober R, Loracher C et al. First tarsometatarsal arthrodesis: an anatomic evaluation of dorsomedial versus plantar plating. *J Foot Ankle Surg* 2015; 54: 787–792. doi:10.1053/j.jfas.2014.12.028
- [17] Zwipp H. Verletzungen des Fußes. *Trauma Berufskrankh* 2009; 11 (Suppl 3): 249–260
- [18] Cochran G, Renninger C, Tompane T et al. Primary arthrodesis versus open reduction and internal fixation for low-energy Lisfranc Injuries in a young athletic population. *Foot Ankle Int* 2017; 38: 957–963. doi:10.1177/1071100717711483
- [19] Hawkinson MP, Tennent DJ, Belisle J et al. Outcomes of Lisfranc Injuries in an active duty military population. *Foot Ankle Int* 2017; 38: 1115–1119. doi:10.1177/1071100717719532
- [20] Petrisor BA, Ekrol I, Court-Brown C. The epidemiology of metatarsal fractures. *Foot Ankle Int* 2006; 27: 172–174. doi:10.1177/107110070602700303
- [21] Beck M, Mittlmeier T. Metatarsale Frakturen. *Unfallchirurg* 2008; 111: 829–839; quiz 840. doi:10.1007/s00113-008-1509-6
- [22] Beck M, Mittlmeier T. Antegrade intramedulläre K-Draht-Osteosynthese bei subkapitaler Metatarsalefraktur. *Unfallchirurg* 2008; 111: 841–843. doi:10.1007/s00113-008-1508-7
- [23] Wamelink KE, Marcoux JT, Walrath SM. Rare proximal diaphyseal stress fractures of the fifth metatarsal associated with metatarsus adductus. *J Foot Ankle Surg* 2016; 55: 788–793. doi:10.1053/j.jfas.2016.03.005
- [24] Lee KT, Park YU, Jegal H et al. Prognostic classification of fifth metatarsal stress fracture using plantar gap. *Foot Ankle Int* 2013; 34: 691–696. doi:10.1177/1071100713475349
- [25] Lee KT, Park YU, Young KW et al. The plantar gap: another prognostic factor for fifth metatarsal stress fracture. *Am J Sports Med* 2011; 39: 2206–2211. doi:10.1177/0363546511414856
- [26] Zwipp H, Rammelt S. *Fuß*. Berlin: Springer; 2014. doi:10.1007/978-3-540-68883-9
- [27] Zwipp H, Rammelt S. *Fuß*. In: Wirth C, Hrsg. *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie*. Stuttgart: Thieme; 2002: 531–618
- [28] Lawrence SJ, Botte MJ. Jones' fractures and related fractures of the proximal fifth metatarsal. *Foot Ankle* 1993; 14: 358–365
- [29] Chuckpaiwong B, Queen RM, Easley ME et al. Distinguishing Jones and proximal diaphyseal fractures of the fifth metatarsal. *Clin Orthop Relat Res* 2008; 466: 1966–1970. doi:10.1007/s11999-008-0222-7
- [30] O'Malley M, DeSandis B, Allen A et al. Operative Treatment of fifth metatarsal jones fractures (zones ii and iii) in the NBA. *Foot Ankle Int* 2016; 37: 488–500. doi:10.1177/1071100715625290
- [31] Torg JS, Balduini FC, Zelko RR et al. Fractures of the base of the fifth metatarsal distal to the tuberosity. Classification and guidelines for non-surgical and surgical management. *J Bone Joint Surg Am* 1984; 66: 209–214
- [32] Moshirfar A, Campbell JT, Molloy S et al. Fifth metatarsal tuberosity fracture fixation: a biomechanical study. *Foot Ankle Int* 2003; 24: 630–633. doi:10.1177/107110070302400810
- [33] Van Vliet-Koppert ST, Cakir H, Van Lieshout EM et al. Demographics and functional outcome of toe fractures. *J Foot Ankle Surg* 2011; 50: 307–310. doi:10.1053/j.jfas.2011.02.003
- [34] Biedert R, Hintermann B. Stress fractures of the medial great toe sesamoids in athletes. *Foot Ankle Int* 2003; 24: 137–141. doi:10.1177/107110070302400207
- [35] Goulart M, O'Malley MJ, Hodgkins CW et al. Foot and ankle fractures in dancers. *Clin Sports Med* 2008; 27: 295–304. doi:10.1016/j.csm.2008.01.002
- [36] Iselin H. Wachstumsbeschwerden zur Zeit der knöchernen Entwicklung der Tuberositas metatarsie quinti. *Dtsch Z Chir* 1912; 117: 529–535
- [37] Deniz G, Kose O, Guneri B et al. Traction apophysitis of the fifth metatarsal base in a child: Iselin's disease. *BMJ Case Rep* 2014. doi:10.1136/bcr-2014-204687
- [38] Ralph BG, Barrett J, Kenyhercz C et al. Iselin's disease: a case presentation of nonunion and review of the differential diagnosis. *J Foot Ankle Surg* 1999; 38: 409–416
- [39] Quenu E, Küss G. Etudes sur les luxations du metatarses. *Rev Chir* 1909; 39: 281, 720, 1093, 1909

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0044-101766>
 Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2019; 14: 63–89
 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
 ISSN 1611-7859

Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter cme.thieme.de/hilfe eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter eref.thieme.de/ZZY22AR oder über den QR-Code kommen Sie direkt zum Artikel zur Eingabe der Antworten.

VNR 2760512019156645432



Frage 1

Nur eine der folgenden Aussagen zum Lisfranc-Gelenk ist korrekt. Welche?

- A Das Lisfranc-Gelenk entspricht den TMT-1–3-Gelenken.
- B Das Lisfranc-Gelenk hat die größte Beweglichkeit im TMT-2-Gelenk.
- C Das TMT-4- und -5-Gelenk hat die geringste Beweglichkeit.
- D Das Lisfranc-Ligament verbindet das 1. und das 2. Metatarsale.
- E Das Lisfranc-Ligament verbindet Cuneiforme 1 und Metatarsale 2.

Frage 2

Wodurch sind Lisfranc-Frakturen gekennzeichnet?

- A Lisfranc-Frakturen sind typische Verletzungen des alten Menschen.
- B Lisfranc-Frakturen betreffen definitionsgemäß nur den 2. Strahl.
- C Das TMT-Gelenk 4 und 5 sollten großzügig versteift werden, da es sich um „nicht essenzielle Gelenke“ handelt.
- D Pathognomonisch ist die plantar-mediale Ekchymose.
- E Die primäre Arthrodese hat in der Therapie von Lisfranc-Frakturen eine klare Überlegenheit bewiesen.

Frage 3

Welche Aussage zu Frakturen des Metatarsale 1 ist korrekt?

- A Frakturen des Metatarsale 1 sind die mit Abstand häufigsten Metatarsalefrakturen.
- B Frakturen des Metatarsale 1 resultieren häufig aus einer direkten Gewalteinwirkung oder einem Sturz.
- C Nicht dislozierte Frakturen des Metatarsale 1 sind aufgrund der stabilisierenden Strukturen die Regel.
- D Frakturen des Metatarsale 1 werden in der Regel konservativ therapiert.
- E Die operative Versorgung erfolgt häufig durch eine perkutane retrograde Spickung mit K-Drähten.

Frage 4

Wodurch sind Frakturen der Metatarsale gekennzeichnet?

- A Der Großteil aller Metatarsalefrakturen betreffen den 1. und 2. Mittelfußknochen.
- B Die Ursache ist häufig eine indirekte Krafteinwirkung.
- C Mehrfachfrakturen sind selten.
- D Bei der Diagnostik und Therapieplanung ist auf die Metatarsusparabel, die Sagittalebene und einen homogenen Abstand der Metatarsalköpfchen zu achten.
- E Eine Fehlverheilung in Plantarisierung macht im Gegensatz zur Elevationsfehlstellung nachhaltige Probleme.

Frage 5

Welche Aussage zur Therapie von Frakturen der Metatarsale 2–4 ist korrekt?

- A Derzeit sind akzeptable Werte für eine konservative Therapie eine Dislokation von weniger als 20° Angulation und 3–4 mm Translation in irgendeiner Ebene.
- B Die konservative Therapie hat den Vorrang nicht zuletzt deshalb, weil die Korrektur von Fehlstellungen technisch einfacher und risikoärmer ist.
- C Begonnen werden sollte immer mit dem am meisten dislozierten Metatarsale.
- D Aufgrund einer direkten Visualisierung der Fraktur und einer stabileren Osteosynthese sollte wann immer möglich der offenen Plattenosteosynthese der Vorrang gegeben werden.
- E Liegen Frakturen mehrerer Metatarsale vor, so sollten auch möglichst alle operativ versorgt werden.

Frage 6

Die basisnahe Jones-Fraktur des Metatarsale 5 ...

- A ist eine typische kindliche Fraktur.
- B kann beim Sportler wegen der muskulären Führung meist konservativ behandelt werden.
- C neigt zu pseudarthrotischem Fehlverheilen.
- D ist häufig Folge eines Hochrasanztraumas.
- E ist eine typische geriatrische Fraktur.

► Weitere Fragen auf der folgenden Seite ...

Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung...

Frage 7

Wodurch sind die Frakturen des Metatarsale 5 gekennzeichnet?

- A Mitursächlich ist mitunter eine Pes-cavovarus- und Pes-adductus-Fehlstellung, die dann auch ggf. mitkorrigiert werden sollte.
- B Stressfrakturen sind die Ausnahme.
- C Zone-1-Frakturen entsprechen einem Os vesalianum.
- D Die Klassifikation erfolgt nach Zone 1–4, Schaftfrakturen sowie Hals- und Kopffrakturen.
- E Zone-2-Frakturen sind Avulsionsfrakturen aufgrund des Zugs der Peronealsehne.

Frage 8

Nur eine der folgenden Aussagen zu Frakturen des Metatarsale 5 trifft zu. Welche?

- A Zone-1-Frakturen beginnen etwa 1,5 cm distal der Basis.
- B Die Pseudarthroserate von Zone-1-Frakturen ist hier hoch.
- C Zone-3-Frakturen liegen im proximalen Schaft distal zur Artikulation zwischen dem 4. und 5. Mittelfußknochen.
- D Die Unterscheidung von traditionellen Zone-2- von Zone-3-Frakturen ist entscheidend für die Therapie und die Prognose.
- E Frakturen in den Zonen 1 und 2 werden oft kollektiv als Jones-Frakturen bezeichnet.

Frage 9

Wodurch sind Phalanxfrakturen gekennzeichnet?

- A In der Regel sind Phalanxfrakturen der 2.–5. Zehe entweder nicht oder minimal verschoben. Die konservative Therapie führt dann zu exzellenten Ergebnissen.
- B Bei Frakturen des Hallux sollte ein subunguales Hämatom aufgrund der Infektionsgefahr nicht entlastet werden.
- C Frakturen der 2.–5. Zehe werden mittels „Buddy Taping“ an der Großzehe versorgt.
- D Dem Vorfußentlastungsschuh ist hier aufgrund des erhöhten Streckertonus bei der Mobilisation der Vorzug vor dem Verbandschuh mit starrer Sohle zu geben.
- E Moderne Osteosynthesysteme machen die retrograde K-Draht-Osteosynthese zunehmend überflüssig.

Frage 10

Sesambeinfrakturen ...

- A sind meistens Folge akuter Verletzungen.
- B werden in der Regel operiert.
- C treten häufiger lateral als medial auf.
- D sind die häufigsten Frakturen am Vorfuß.
- E treten gehäuft bei Sprungsportarten auf.