

## 4 Pathologien am Mittelfuß

### 4.1 Trauma

Ulrike Szeimies, Rüdiger Degwert

Der Mittelfuß besteht nach der ICI (Integral Classification of Injuries) aus einer

- proximalen Reihe mit dem Os naviculare und dem Os cuboideum und einer
- distalen Reihe mit den Ossa cuneiformia mediale, intermedium und laterale.

Die Grenzlinie zum Rückfuß bildet das Chopart-Gelenk. Verletzungen des proximal angrenzenden Chopart-Gelenks werden als Verletzungen des Mittelfußes verstanden. Verletzungen des distal angrenzenden Lisfranc-Gelenks werden dagegen dem Vorfuß zugeordnet.

#### 4.1.1 Frakturen der tarsometatarsalen Gelenklinie (Lisfranc-Fraktur)

##### Definition

Eine Lisfranc-Fraktur ist eine Fraktur mit Beteiligung der Tarsometatarsalgelenklinie mit oder ohne Luxation. Die Gelenklinie wurde nach Jacques Lisfranc de St. Martin (1790–1847) benannt, einem Chirurgen in der Armee Napoleons, der die Gelenklinie als Amputationslevel etablierte.

##### Merke

Lisfranc-Frakturen gehören mit der Chopart-Luxationsverletzung zu den am häufigsten übersehenen schweren Fußverletzungen mit der Folge einer Störung der Fußbiomechanik, sekundärer degenerativer Veränderungen und chronischer Schmerzen.



Luxationen sind nicht selten zum Untersuchungszeitpunkt bereits wieder spontan reponiert und es liegt eine schwere Kapsel-Band-Zerreißung vor. Es besteht häufig eine überlagerte bzw. nicht wahrgenommene Symptomatik aufgrund von anderen Verletzungen, z. B. im Rahmen eines Polytraumas. Schmerzen und eine Schwellung des Mittelfußes bei vermeintlich unauffälliger Röntgenaufnahme sollten immer zu weiterführender Diagnostik führen.

##### Symptome

- Schmerzen und Schwellung vor allem im Bereich der medialen Fußsäule
- Unfähigkeit, auf den Zehen zu stehen
- Bewegungseinschränkung im Mittel- bzw. Vorfuß
- Abflachung des Fußgewölbes
- Verkürzung des Fußes
- Kompartment-Syndrom möglich

##### Prädisponierende Faktoren

Im Speziellen gibt es keine prädisponierenden Faktoren. Grundsätzlich kann jede Kapsel-Band-Laxizität zu einer erhöhten Verletzungsanfälligkeit führen.

## Anatomie/Pathologie

### Anatomie

#### Gelenke

Wichtige anatomische Landmarken der Gelenklinie sind die Tarsometatarsalgelenke zwischen den Ossa cuneiformia, dem Os cuboideum und den Ossa metatarsalia-Basen sowie die Intermetatarsalgelenke zwischen den trapezoid geformten Basen der Ossa metatarsalia II–IV. Es handelt sich dabei um Amphiarthrosen mit leicht federnder Beweglichkeit. Stabilitätsbestimmend quasi als Schlüsselstein ist die weit nach proximal reichende Metatarsale-II-Basis.

#### Bänder

Die Ligg. metatarsalia plantaria verbinden die Metatarsalebasen II–V. Eine vergleichbare Verbindung zwischen den Metatarsalebasen I und II gibt es nicht. Der I. Strahl ist mit dem II. Strahl durch das starke Lisfranc-Ligament verbunden. Dieses ist ca. 1,5 cm × 0,5 m dick und besteht aus 2 Bändern (longitudinaler und schräger Anteil in Y-förmiger Anordnung). Es reicht vom Os cuneiforme I zur Basis des Metatarsale I und zum Ligament der Basis des Metatarsale II.

#### Fußgewölbe

Das Längsgewölbe wird durch folgende Strukturen unterstützt:

- ligamentär durch das Lig. calcaneonaviculare plantare, das Lig. plantare und die Aponeurosis plantaris
- muskulär durch die Flexorenmuskulatur

Die Querstruktur erfährt durch folgende Strukturen Unterstützung:

- ligamentär durch das Lig. cuboideonaviculare plantare und das Lig. metatarsale transversum profundum
- muskulär vor allem durch Anteile der M.-tibialis-posterior-Sehne und des M. peroneus longus (Steigbügelfunktion) sowie die intrinsische Muskulatur und die Plantarfaszie

Das Quer- und das Längsgewölbe helfen, einen dynamischen Bogeneffekt zu halten.

#### Gefäße und Nerven

Der R. perforans der A. dorsalis pedis und der N. peroneus profundus verlaufen zwischen Os metatarsale I und II zum Arcus plantaris und sind bei Verletzungen besonders gefährdet.

## Pathologie

Lisfranc-Frakturen sind selten (0,2% aller Frakturen). Sie entstehen vor allem bei Rasantraumen (z. B. Fußraumverletzungen bei Autounfällen), aber auch bei Bagateltraumen mit wenig Energie wie Stolpern oder Fallen (axiale Stauchungsverletzungen bei fixiertem Vorfuß). Sie treten häufig in Kombination mit Begleitverletzungen wie Läsionen der Ossa cuneiformia oder Frakturen des Kalkaneokuboidalgelenks, des Os naviculare sowie der Metatarsaleköpfchen auf.

## Verletzungsmechanismus

- **Abduktionsverletzung:** fixierter Rückfuß mit kraftvoller Vorfußabduktion; dadurch laterale Verschiebung der Metatarsalia mit Fraktur der Metatarsale-II-Basis (z. B. beim Reiten fixiert im Steigbügel)
- **Plantarflexionsverletzung:** Sprunggelenk plantar flektiert, Rückfuß in Spitzfußstellung blockiert, plötzlich kraftvolle plantare Vorfußhyperflexion mit resultierender dorsaler Dislokation der proximalen Metatarsalia, z. B. beim Sturz auf die Zehenspitzen beim Ballett, bei Rückwärtssturz mit fixiertem Vorfuß; plötzliche Hochgeschwindigkeitskompression in Längsrichtung (häufigste Form)
- **Dislokationsverletzung:** dorsale homolaterale Dislokation des gesamten Vorfußes nach lateral

## Klassifikation

Die Lisfranc-Luxationsfrakturen werden nach Quénu und Küss unterteilt (► Tab. 4.1, ► Abb. 4.1 und ► Abb. 4.2).

## Bildgebung

### Ultraschall

Im Ultraschallbild ist ggf. ein Plantarhämatom, eine Dislokation oder eine sichtbare Frakturstufe (Fragmente) zu erkennen. Die Sonografie spielt nur als Ergänzung eine Rolle.

### Röntgen

- Aufnahme des Fußes d.-p. mit um 20° kraniokaudal gekippter Röhre
- Aufnahme des Fußes seitlich im Liegen
- als Zusatzaufnahme Mittelfuß schräg, lateromedial 45° und mediolateral 45°
- ggf. dynamische Stressaufnahmen bzw. gehaltene Aufnahmen, unter Umständen nach Anästhesie Abduktion des Vorfußes gegen den stabilisierten Rück- und Mittelfuß bzw. Gegenseite bei Bedarf

#### Cave

Im Röntgenbild ist der pathologische Befund bei einer Lisfranc-Fraktur aufgrund von Überlagerung häufig schwer beurteilbar; ca. 20% aller Verletzungen werden bei a.-p. und Schrägaufnahmen übersehen.



Tab. 4.1 Klassifikation der Lisfranc-Luxationsfrakturen nach Quénu und Küss.

Typen	Beschreibung
A	Luxation mehrerer Strahlen homogen nach lateral
B	partielle Luxation, homolateral unvollständig
• B1	medial (I. Strahl allein)
• B2	lateral Metatarsalgelenke II–V
C	divergierende Luxation in der Lisfranc-Gelenklinie sowohl nach lateral als auch nach medial (Metatarsale I und II–V luxieren in verschiedene Richtungen)

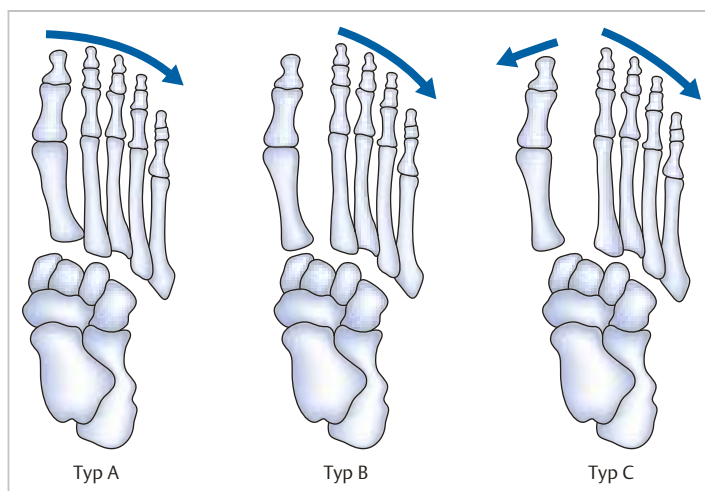


Abb. 4.1 Lisfranc-Luxationsfrakturen nach Quénu und Küss.

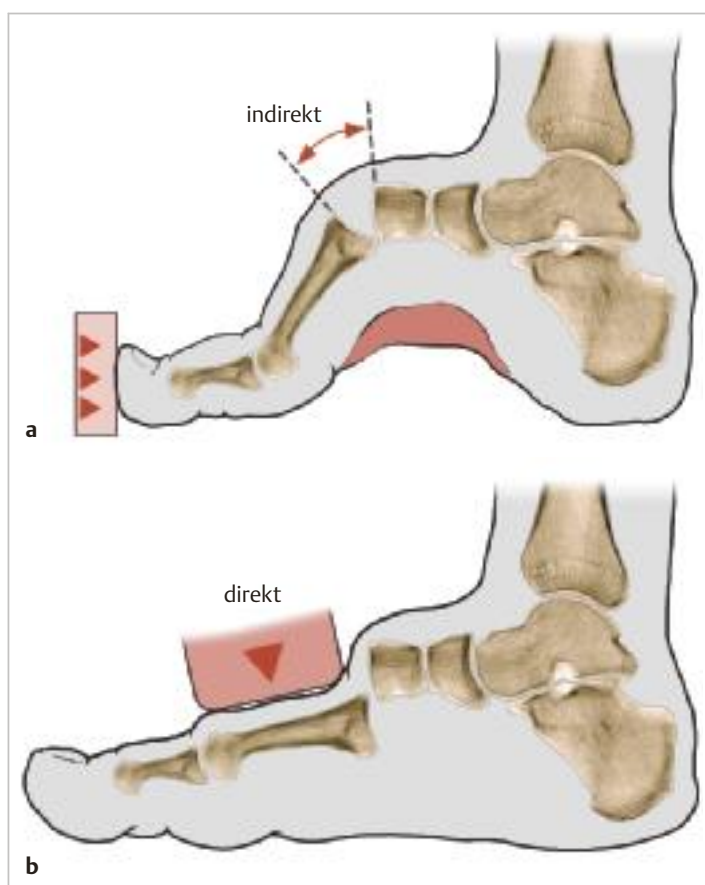


Abb. 4.2 Luxationsmechanismus im Lisfranc-Gelenk bei Dezeleration bzw. Überrollung des Fußes.

- a Indirekter Mechanismus.  
b Direkter Mechanismus.

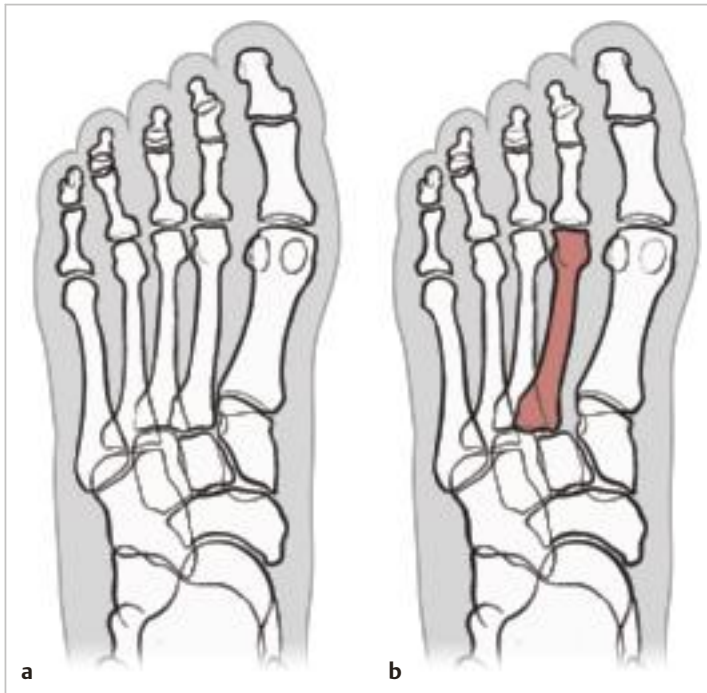


Abb. 4.3 Dislokation bei Lisfranc-Gelenkfraktur. Befund im Röntgenbild.

- a Normales Lisfranc-Gelenk.  
b Disloziertes Lisfranc-Gelenk.

Wichtige Zeichen (► Abb. 4.3):

- Distanzen zwischen Os cuneiforme mediale und Metatarsale II > 2,5 mm: Verletzung des Lisfranc-Ligaments
- Versatz der ansonsten geraden Linie der medialen Grenze zwischen Metatarsale II und Os cuneiforme intermedium in der d.-p. Aufnahme

## Computertomografie

Es wird eine hochauflösende Mittelfuß-CT mit Voxelisotropie (Schichtdicke ca. 0,50–0,75 mm mit 50% Überlappung) mit multiplanaren Reformationen durchgeführt. Mitunter kann eine gekrümmte Rekonstruktion entlang des Fußgewölbes hilfreich sein, damit auf wenigen Schichten alle Tarsometatarsalgelenke abgebildet werden können. Bei komplexen Luxationsfrakturen hilft die 3-D-Darstellung, unter Umständen mit segmentierten Knochen, zur besseren Darstellung der frakturierten Gelenklinien für die präoperative Planung. Optimal ist die interaktive Demonstration an der Workstation zusammen mit dem Fußchirurgen.

## Magnetresonanztomografie

Die MRT ist zur Darstellung einer traumatischen Verletzung des Lisfranc-Gelenks und des Lisfranc-Ligaments sehr gut geeignet.

### Antworten im Befund

- Beurteilung des Alignment der Lisfranc-Gelenklinie
- Beurteilung der frakturierten Gelenkstufen und des Ausmaßes der Desintegration
- Beschreibung der Achsenabweichung
- genaue Beschreibung des Kapsel-Band-Apparats auch bei regelrechter Artikulation
- insbesondere gesonderte Aussage zur Integrität des Lisfranc-Ligaments
- Beschreibung von Repositionshindernissen (Interposition der Tibialis-anterior-Sehne im Tarsometatarsalgelenk I)
- Beurteilung von Zusatzverletzungen (Nervenschädigungen; indirekter Hinweis: Denervierungsödeme der Muskulatur)

### Merke

In Zusammenschau mit dem klinischen Befund ist bei Lisfranc-Frakturen auf ein drohendes Kompartment-Syndrom zu achten. Dies kann mitunter schwierig sein; Hinweise sind eine deutliche Weichteilschwellung und mitunter ein Denervierungsödem der Muskulatur im MRT.

M!

## Untersuchungstechnik

- **Standarduntersuchung:** hochauflösende Mehrkanalspule
- **Sequenztechnik:**
  - STIR und T1w schräg koronar (doppelt anguliert auf den Mittelfuß)
  - PDw fatsat sagittal (ausgerichtet am Metatarsale mit der führenden Klinik; unterschiedliche sagittale Schichtführung für Metatarsale I bzw. V)
  - T2w axial
  - Kontrastmittelgabe nicht sinnvoll
  - fettunterdrückte, wassersensitive Sequenzen (zur Frakturdetektion am besten geeignet: STIR-Sequenz, mit besserer anatomischer Auflösung: PDw fatsat Sequenz)
  - Darstellung der Lisfranc-Gelenkreihe immer in 3 Ebenen

## Befunde

- Flächige Einblutung und Ödematisierung in den Weichteilen im Mittelfuß
- deutliches Knochenmarködem infolge von Frakturen und Kontusionen bzw. Spongiosafrakturen an den Basen der Metatarsalia und an den Ossa cuneiformia bzw. am Kuboid

### Merke

Wichtig ist bei einer Lisfranc-Fraktur das exakte Durchmusterung bezüglich der regelrechten Artikulation in sämtlichen Ebenen.



## Empfehlung zur Bildgebung

Methoden der Wahl: Bei klinischem Verdacht und insbesondere bei auffälligem Röntgenbild ist eine großzügige und rasche Indikationsstellung zur Schnittbilddiagnostik angezeigt. Dabei ist erst die Durchführung der hochauflösenden Mittelfuß-MRT mit der gleichzeitigen Beurteilung von ligamentären und knöchernen Verletzungen sinnvoll. Bei anatomisch schwer zu erfassenden Luxationsfrakturen mit multiplen Fragmenten ist eine zusätzliche CT mit multiplanaren Reformationen und 3-D-Rekonstruktion präoperativ hilfreich.

## Bildbeispiele

Bildgebende Befunde bei Lisfranc-Fraktur sind in ► Abb. 4.4, ► Abb. 4.5, ► Abb. 4.6, ► Abb. 4.7 und ► Abb. 4.8 dargestellt.



**Abb. 4.4 Lisfranc-Fraktur.** 66-jährige Patientin mit Zustand nach Sturz und Mittelfußdistorsion. Lisfranc-Fraktur ohne Luxation der Tarsometatarsalgelenkreihe.

- Röntgenaufnahme des Fußes a.-p. Regelrechtes Alignment in der Lisfranc-Gelenkreihe mit unregelmäßiger Abgrenzbarkeit der Kortikalis der Basen von Metatarsale I und II.
- Röntgenaufnahme des Fußes schräg sagittal. Konturunterbrechung an der Basis von Metatarsale III und II.
- CT des Mittelfußes, koronare Rekonstruktion. Darstellung der Basisfrakturen von Metatarsale II–III, Tarsometatarsalgelenk IV mit Stufenbildung. Auch im CT korrektes Alignment. *Anmerkung:* Zur besseren Vergleichbarkeit in der Vertikalachse gespiegelter linker Fuß.





**Abb. 4.5 Lisfranc-Fraktur.** 61-jährige Patientin, Zustand nach Unfall beim Kiting. Lisfranc-Luxationsfraktur nach Quénu und Küss Typ A.  
*Anmerkung:* Aufgrund der hohen Flexibilität der lateralen Säule werden Fusionen der Tarsometatarsalia IV und V, wenn möglich, vermieden. Der Bewegungsausschlag der Tarsometatarsalgelenke liegt bei wenigen Grad, sodass eine Fusion vom Patienten selten als spürbare Bewegungseinschränkung wahrgenommen wird.

- a** Röntgenaufnahme des Fußes a.-p. Darstellung der Lisfranc-Luxationsfraktur mit Frakturen der Basen I–IV und lateraler Subluxation.
- b** Röntgenaufnahme des Fußes schräg sagittal. Gut erkennbar das gestörte Alignment entlang der Lisfranc-Gelenkreihe.
- c** CT, koronare Rekonstruktion präoperativ. Luxationsfrakturen der Tarsometatarsalia I–V nach lateral (Quénu und Küss Typ A).
- d** CT, koronare Rekonstruktion postoperativ. Zustand nach Lisfranc-Luxationsfraktur mit Arthrodesen der Tarsometatarsalia I–III und erhaltener Gelenkkontur der Tarsometatarsalia IV und V.

## Differenzialdiagnose

- Luxation zwischen den Ossa cuneiformia
- laterale Bänderdehnung (z. B. Lig. bifurcatum, Lig. fibulotalare anterius, Lig. fibulocalcaneare)
- Jones-Fraktur der Metatarsale-V-Basis
- Os-naviculare-Fraktur
- subtalare Distorsion

## Therapie

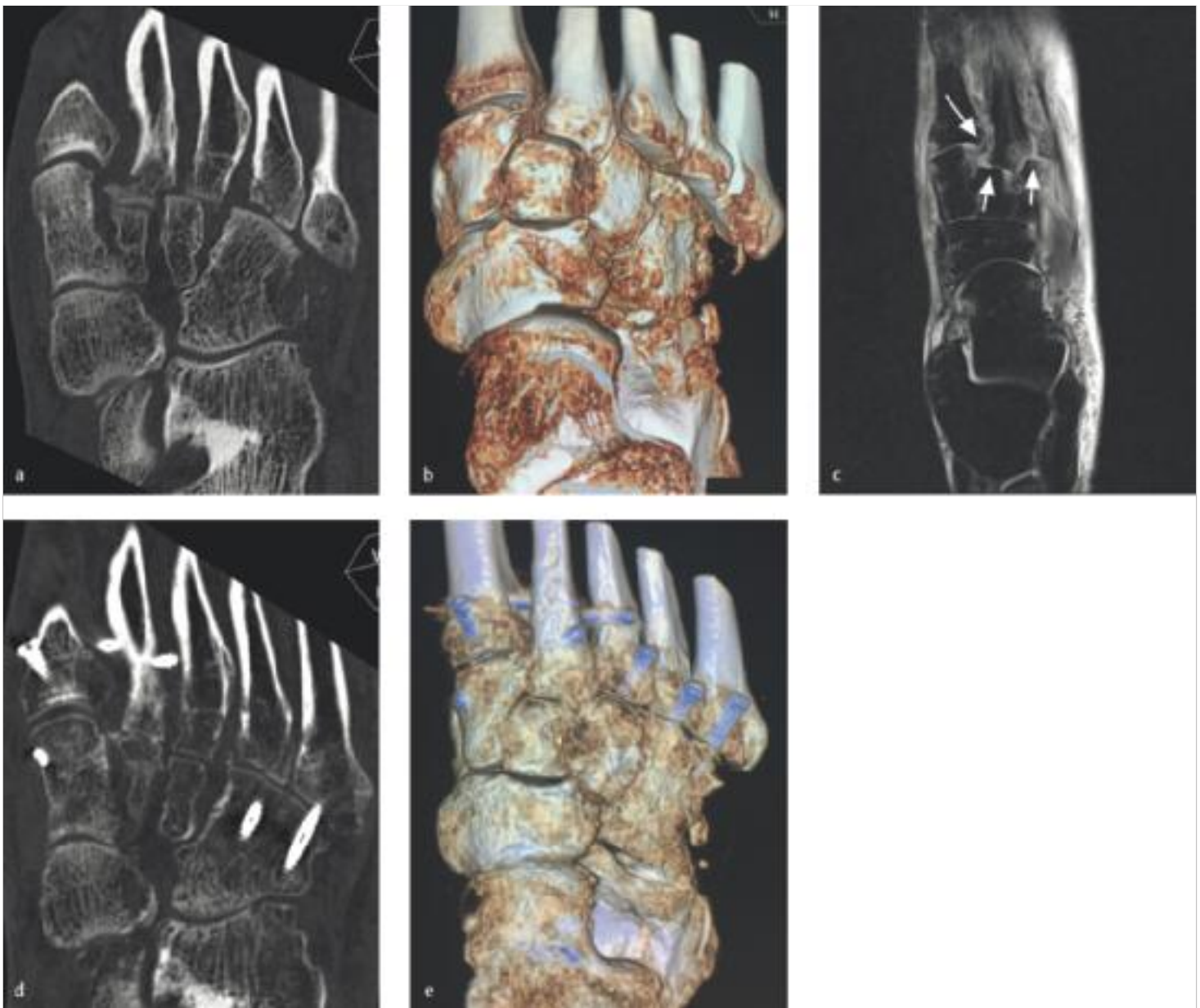
### Konservativ

- Selten indiziert
- bei Lisfranc-Ligamentverletzungen Grad I (S. 353)
- bei Luxationen der Lisfranc-Gelenklinie ohne nachweisbare Reluxationstendenz 4–6 Wochen Unterschenkelgips und Entlastung, dann zunehmende Belastung im Walker
- im weiteren Verlauf ggf. sensomotorisches Training z. B. nach Janda, Trainingstherapie, differenziertes Konzept der Gang- und Koordinationsschulung sowie Einlagenversorgung
- ergänzend im Rahmen der Mobilisation Injektions- bzw. Infiltrationstherapie, Chirotherapie, Osteopathie, Orthovolttherapie
- Rückkehr zum Sport erst nach 4–6 Monaten

### Operativ

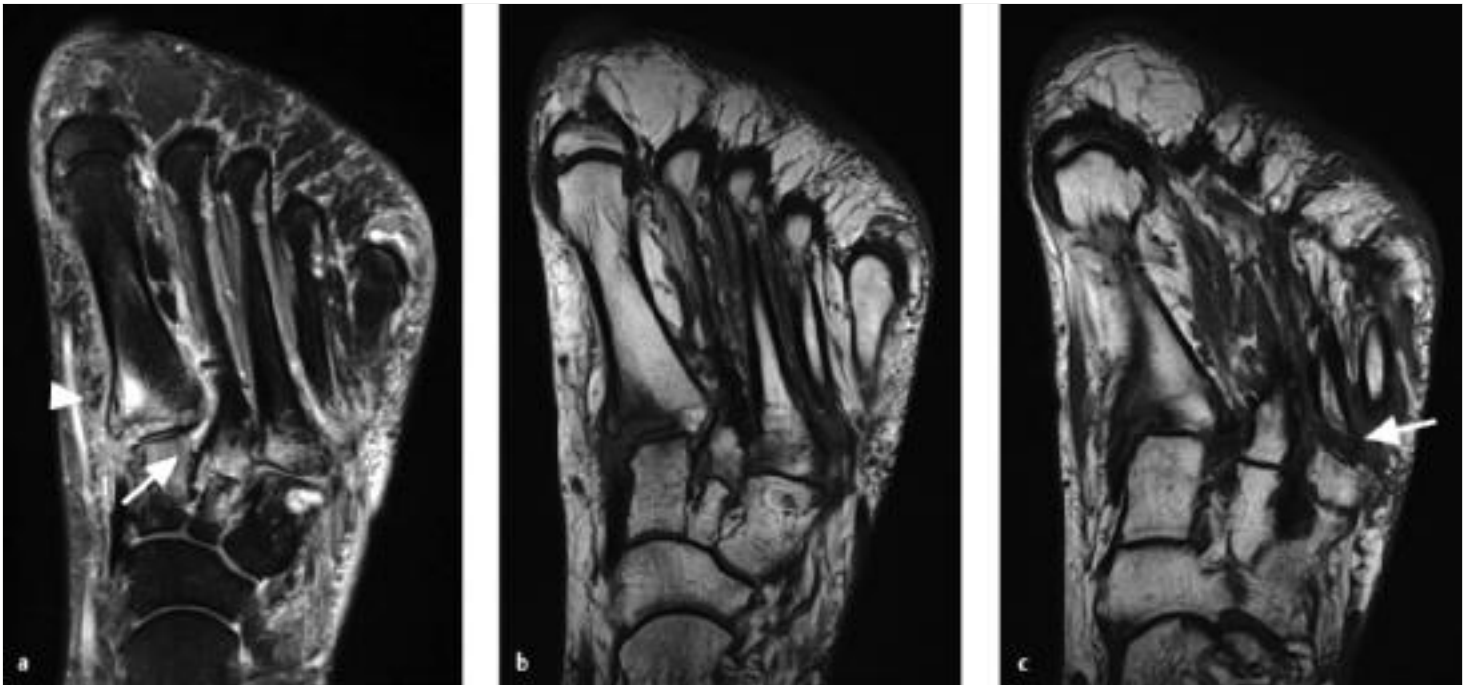
Indikationen zur Operation bei größeren Dislokationen (> 2 mm) oder bei Instabilitäten:

- **Vollständige Luxation:** Notfallmäßig wird ohne Beachtung der Nüchterngrenze reponiert (evtl. geschlossen) und operativ mit Kirschner-Draht, Schraubenarthrodese oder Fixateur externe stabilisiert. Das Repositionsergebnis orientiert sich am Os metatarsale II (sog. Schlüsselfragment). Es folgen die Reposition und Stabilisierung des Os metatarsale I und dann die der Ossa metatarsalia III–V.
- **Fraktur mit Subluxationsstellung:** Planung der Operation anhand von CT- und ggf. MRT-Aufnahmen. Es erfolgt zunächst die Reposition des II. Strahles, dann die des I. Strahles sowie der lateralen Strahlen. Transfixation der tarsometatarsalen Gelenke mit Schrauben oder Stabilisierung mit dorsalen winkelstabilen Platten. Bei kritischen Weichteilen Verwendung von K-Drähten. Nur bei vollständiger Zerstörung der tarsometatarsalen Gelenke I–III besteht eine Indikation zur primären Arthrodesen. Eine Transfixation im Verlauf des Lisfranc-Ligaments wird bei Bandläsionen Grad II und III durchgeführt.



**Abb. 4.6 Lisfranc-Fraktur.** 51-jähriger Patient nach Surfingunfall (Mittelfußdistorsion durch Hängenbleiben in der Fußschleife). Lisfranc-Luxationsfraktur nach Quénu und Küss Typ A.

- a** CT, koronare Rekonstruktion. Lisfranc-Luxationsverletzung mit Verschiebung der Basen der Metatarsalia II–V nach lateral.
- b** 3-D-CT-Volumen-Rendering. Darstellung der subluxierten Tarsometatarsalgelenke II–V sowie Subluxation des Tarsometatarsalgelenks I.
- c** Koronare STIR-MRT-Sequenz. Darstellung des rupturierten Lisfranc-Ligaments (langer Pfeil) mit Subluxation der Tarsometatarsalgelenke II und III (kurze Pfeile).
- d** CT, koronare Rekonstruktion. Zwei Monate postoperativ mit regelrechter Gelenkstellung der Tarsometatarsalgelenke.
- e** 3-D-CT-Volumen-Rendering, gleicher Untersuchungszeitpunkt wie **d**. Anatomiegerechte Gelenkstellung und Darstellung der Schraubenlage nach perkutaner Osteosynthese.



**Abb. 4.7 Lisfranc-Fraktur.** 51-jähriger Patient mit Zustand nach Trauma vor 2,5 Monaten und anhaltenden Schmerzen im Mittelfuß. Primär sind keine Diagnostik und keine wesentliche Ruhigstellung erfolgt. Floride Frakturen aller Gelenkpartner der Tarsometatarsalia. Typischer Fall einer nicht diagnostizierten Luxationsverletzung des Mittelfußes.

*Anmerkung:* Auch bei unauffälligem Röntgenbild sollte nach vermeintlich blanden Distorsionstraumen bei inadäquat hohem Schmerzniveau oder anhaltenden Beschwerden eine MRT-Diagnostik des Mittelfußes durchgeführt werden, um eine Lisfranc-Luxationsverletzung nicht zu übersehen.

- a** Koronare PDw fatsat MRT-Sequenz 10 Wochen nach Trauma. Nicht konsolidierte Spongiosafrakturen entlang der Lisfranc-Gelenkreihe, intakt durchgängiges Lisfranc-Ligament (Pfeil), tibiaseitige Fraktur der Basis von Metatarsale I (Pfeilspitze).
- b** Koronare T1w MRT-Sequenz, korrespondierende Schicht zu a. Darstellung der Metatarsale-I-Basisfraktur.
- c** Koronare T1w MRT-Sequenz. Nicht konsolidierte proximale Schaftfraktur von Metatarsale IV mit initialer Ausbildung einer Pseudarthrose (Pfeil).



◀ **Abb. 4.8 Lisfranc-Fraktur.** 13-jähriges Mädchen mit Torsionstrauma beim Trampolinspringen vor 4 Wochen. Anhaltende Schmerzen im Mittelfuß mit Weichteilschwellung, röntgenologisch unauffällig. Mittelfußkontusionen. Aus strahlenhygienischen Gründen wurde eine Röntgenverlaufsuntersuchung in 3 Ebenen nicht durchgeführt. Zur sicheren Beurteilung der Bandverbindung von Metatarsale I und II bei Druckschmerz über dem Lisfranc-Ligament erfolgte eine MRT.

- a** Koronare STIR-MRT-Sequenz. Spongiosafaktur im distalen Cuneiforme mediale und der Basis von Metatarsale II mit intakt durchgängigem Lisfranc-Ligament. Weitere Kontusionen an der Basis von Metatarsale III und am Cuneiforme laterale und mitabgebildet Navikulare und Taluskopf.
- b** Koronare T1w MRT-Sequenz, korrespondierende Schicht zu a. Darstellung der Spongiosafaktur vor allem an der Basis von Metatarsale II bei regelrechtem Alignment.

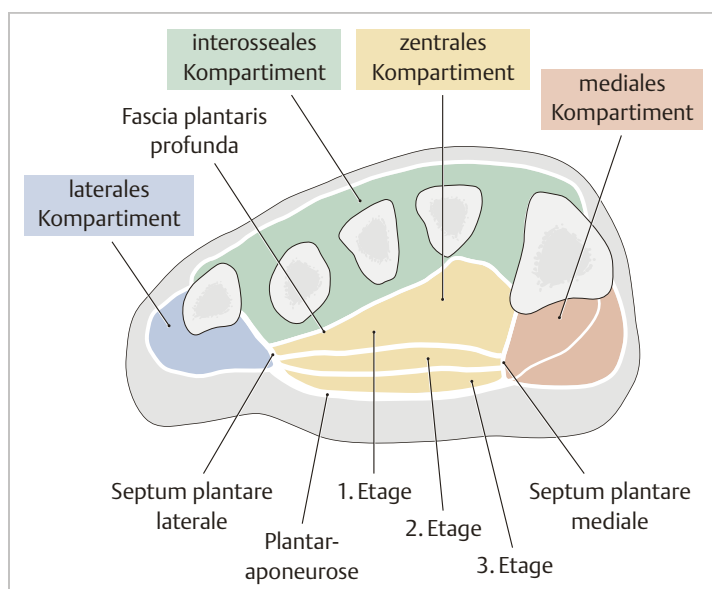


- **Nachbehandlung:** 6–8 Wochen im Walker unter Entlastung. Bei übungstabilen Verhältnissen erfolgt die unbelastete Mobilisation des Fußes mit Belastungsaufbau nach radiologisch gesicherter Frakturheilung und nach Entfernen von Transfixationschrauben. Gelenküberbrückende Schrauben werden nach 6–8 Wochen entfernt.

## Prognose/Komplikationen

Mögliche Komplikationen:

- **Kompartiment-Syndrom:** notfallmäßige Spaltung der 4 plantaren Kompartimente sowie des dorsalen Kompartiments (► Abb. 4.9); wenn verfügbar, Kompartiment-Druckmessung, im Zweifel Kompartiment-Spaltung durchführen
- Verletzung der A. dorsalis pedis
- persistierende bzw. chronische Instabilität, Deformität, Fehlstellung, posttraumatische Arthrose, chronische Schmerzen und Verlust der Fußmechanik
- selten avaskuläre Nekrose der Ossa cuneiformia, CRPS (Complex regional Pain Syndrome)



**Abb. 4.9 Lage der Fußkompartimente bzw. Muskellogen.** Axiale Schichtung durch den Mittelfuß auf Höhe der Metatarsalia mit Darstellung der Kompartimente. Das Kompartiment-Syndrom nach Traumen (z. B. Luxationsfrakturen oder Quetschverletzung im Mittelfußbereich) entsteht aufgrund des erhöhten Druckes in einer räumlich begrenzten Muskelloge durch die auftretende Ödematisierung und Einblutung. Diese wiederum beeinträchtigen den venösen Rückstrom und damit die Perfusion auf der Kapillarebene. Die Folge ist die neuromuskuläre Schädigung mit drohender Muskelnekrose. (Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al. Prometheus LernAtlas – Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2014)

## 4.1.2 Lisfranc-Ligamentverletzung

### Definition

Bei einer Lisfranc-Ligamentverletzung handelt es sich um eine Verletzung der Bandverbindung zwischen dem Os cuneiforme mediale und dem Os metatarsale II.

### Symptome

Von unspezifischen Zeichen mit lokalem Schmerz bei Druck und Belastung bis hin zur Deformität mit Diastase zwischen I. und II. Strahl ist das klinische Bild sehr unterschiedlich:

- Schmerzen am Tarsometatarsalgelenk I
- Schwellung der Mittelfußregion
- Belastung unmöglich
- Schmerz bei Palpation entlang der tarsometatarsalen Gelenke sowie bei Pronations- bzw. Abduktionsstress
- Hämatom oft erst nach wenigen Tagen plantar sichtbar
- Unfähigkeit zum Zehenstand (immer im Seitenvergleich)

### Prädisponierende Faktoren

Keine.

### Anatomie/Pathologie

Siehe dazu auch im Abschnitt zur Lisfranc-Fraktur (S. 346).

### Anatomie

Die Verletzung des Lisfranc-Ligaments ist aufgrund seiner funktionell großen Bedeutung als eigenes Verletzungsbild zu betrachten. Die Schwachstelle des aus 6 Teilgelenken bestehenden Lisfranc-Gelenks ist die Verbindung der Basis des Metatarsale I mit dem Metatarsale II ohne direkte intermetatarsale Verknüpfung. Dies ist möglicherweise begründet durch eine entwicklungs-geschichtlich vermehrte Beweglichkeit der Zehen zum Greifen ähnlich wie „Daumen und Zeigefinger“. Der I. ist mit dem II. Strahl ausschließlich durch das Lig. cuneometatarsale (Lisfranc-Ligament) verbunden. Im Gegensatz zu den Ossa metatarsalia II–IV, die im Bereich der Basen durch stabile Bandstrukturen verbunden sind, gibt es keine Bandverbindungen zwischen der Basis des Metatarsale I und der Basis des Metatarsale II. Innerhalb des Lisfranc-Bandkomplexes ist das interossäre Ligament am kräftigsten ausgebildet; der plantare und der dorsale Anteil sind schwächer. Diese anatomische Besonderheit führt zu der großen Relevanz der Verletzungen des Lisfranc-Ligaments.

### Pathologie

#### Verletzungsmechanismus

Eine Ruptur führt zu einer relevanten Instabilität. Die Verletzungen werden häufig initial nicht erkannt oder fehldiagnostiziert, mit der Folge signifikanter, anhaltender Beschwerden. Verletzungen entstehen meist bei am Boden fixiertem Vorfuß (z. B. Stollenschuh) bei gleichzeitiger Rotation des Mittelfußes (► Abb. 4.10). Die Folgen sind eine Translation der Basis des Metatarsale II nach dorsal und eine Diastase zwischen den Metatarsalia I und II. Wird die Verletzung übersehen, kommt es zum Kollaps des Fußgewölbes mit Fehlstellungen (Pes planovalgus, Pes cavus anterior).



## Klassifikation

- **Einteilung nach der Weite der Diastase** (als grobe Abschätzung):
  - Stadium 1: Diastase < 2 mm
  - Stadium 2: Diastase > 2 mm
- **Einteilung nach Nunley und Vertullo** (als weitere, genauere Klassifikation; ▶ Abb. 4.11 und ▶ Tab. 4.2)

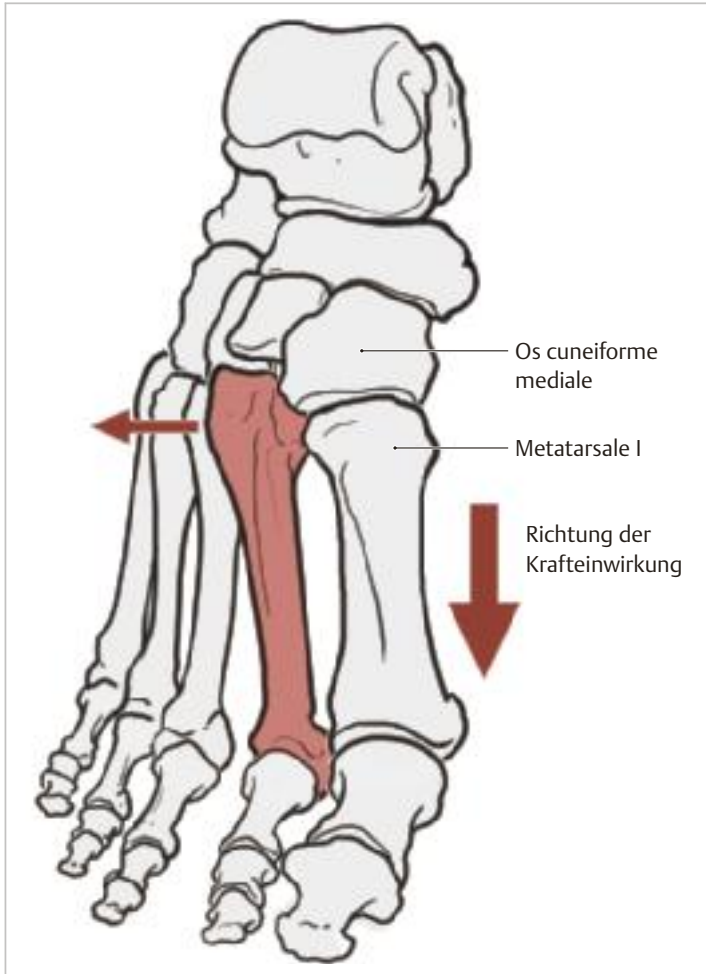


Abb. 4.10 Stauchungstrauma als Ursache der Lisfranc-Ligamentverletzung.

Tab. 4.2 Klassifikation der Lisfranc-Ligamentverletzungen nach Nunley und Vertullo.

Grade	Beschreibung
I	Distorsion des Lisfranc-Bandes; die Röntgenaufnahmen unter Belastung zeigen einen unauffälligen Befund; im MRT lässt sich eine Signaländerung im Lisfranc-Bandkomplex nachweisen, jedoch keine Kontinuitätsänderung
II	Diastase von 2–5 mm in den Röntgenaufnahmen unter Belastung; die Seitenaufnahme des Fußes im Seitenvergleich ist unauffällig; im MRT kann eine partielle Ruptur der Bänder nachgewiesen werden
III	umfassende Zerreißen der dorsalen und plantaren Anteile mit ausgeprägter Instabilität des I. Strahles; Diastase zwischen Metatarsale I und Metatarsale II; im Röntgenbild unter Belastung Absinken des Längsgewölbes (plantare Kortikalis des Metatarsale I steht tiefer als diejenige des Metatarsale V)

MRT = Magnetresonanztomografie

## Bildgebung

### Ultraschall

Der Ultraschall spielt in der Routinediagnostik nur eine geringe Rolle. Ein vermehrter Abstand zwischen Os cuneiforme mediale und Os metatarsale II bzw. eine Zunahme der Distanz unter Belastung auf Werte > 2,5 mm sind indirekte Zeichen für eine Lisfranc-Ligamentruptur. Bei frischen Verletzungen zeigt sich plantar teilweise ein Hämatom.

### Röntgen

- **Aufnahme des Fußes in 3 Ebenen** (▶ Abb. 4.12): Vorsicht: Röntgenaufnahmen unter Entlastung häufig ohne pathologischen Befund
- **Belastungsaufnahmen d.-p. und seitlich im Seitenvergleich:** indirekte Rupturzeichen:
  - d.-p.: Differenz des Abstands zwischen der Basis des Kuneiforme I und II > 2,5 mm
  - seitlich: Absinken des Metatarsale I bezogen auf das Metatarsale V (gemessen wird von der plantaren Kortikalis des Metatarsale I in Höhe der Basis zur plantaren Kortikalis des Metatarsale V)
- **alternativ Stressaufnahmen:** mit Abduktions- und Adduktionsstress entsprechend dem Unfallmechanismus (evtl. auch unter Anästhesie) unter Bildwandler möglich; qualitativ noch größere Aussagekraft als die Belastungsaufnahmen

### Computertomografie

Die CT wird nur zum Frakturausschluss eingesetzt, wenn der Befund in der MRT unklar und mit therapeutischer Konsequenz ist. Nicht dislozierte spongiöse Frakturen im Ansatzbereich des Lisfranc-Ligaments sind mit der MRT aufgrund der hohen Ödemsensitivität sicherer zu beurteilen. Belastete Aufnahmen im DVT zeigen auch einen diskreten Versatz der Gelenke.

### Magnetresonanztomografie

Die MRT-Diagnostik ist insofern bedeutsam, als die rein ligamentäre Verletzung häufig übersehen werden kann und somit keine entsprechende Therapie erfolgt. Liegt bei einem auffälligen Untersuchungsbefund kein pathologischer Röntgenbefund vor (dislozierter knöcherner Bandausriss, messbare Diastase), sollte trotzdem eine MRT des Mittelfußes durchgeführt werden, um die so gut wie immer auftretende frühe posttraumatische Arthrose mit allen Konsequenzen zu verhindern.

### Antworten im Befund

- Durchgängigkeit des Lisfranc-Ligaments
- Lokalisation des Ausrisses
- knöcherner Ausriss
- vollständige Faserdesintegration sämtlicher Anteile
- Beurteilung des Alignment
- Gelenkstellungen im Lisfranc-Gelenk I und II sowie auch der übrigen Tarsometatarsalgelenke
- Ausschluss von Begleitverletzungen

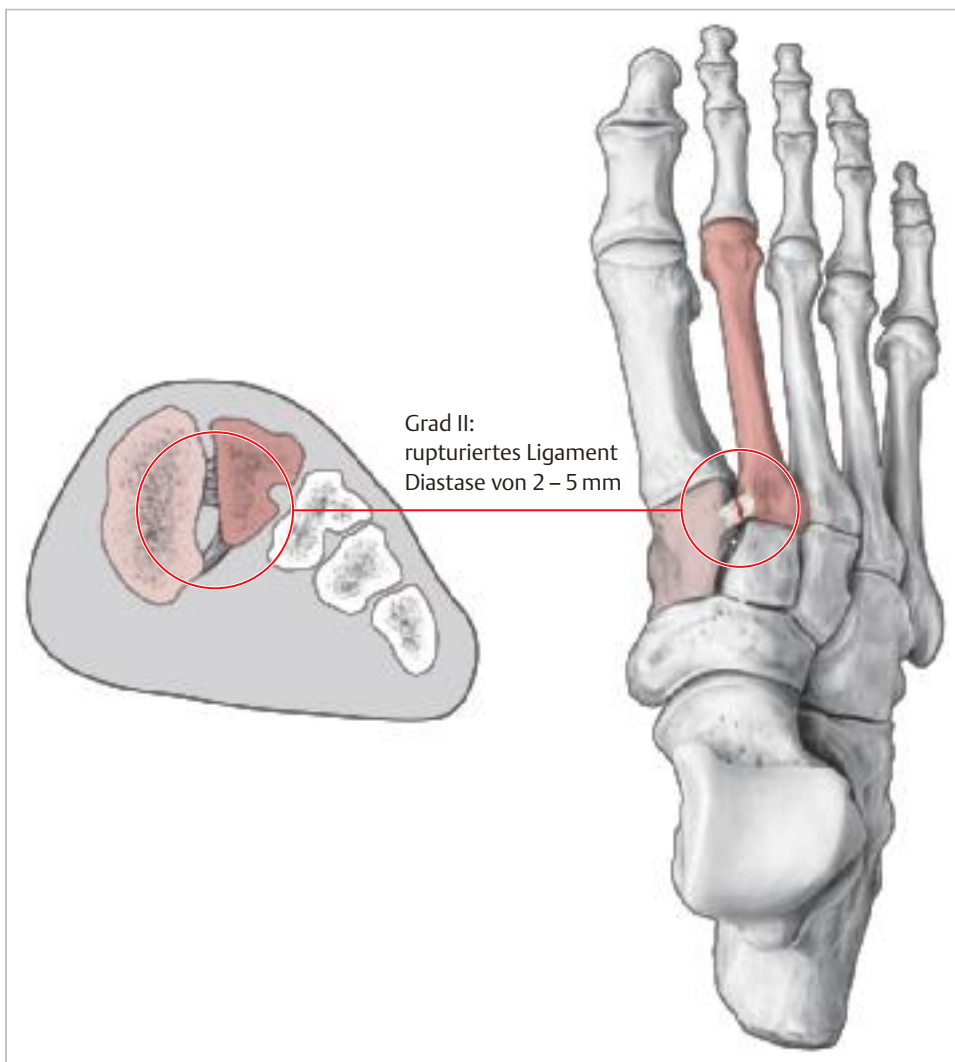


Abb. 4.11 Rupturiertes Lisfranc-Ligament.

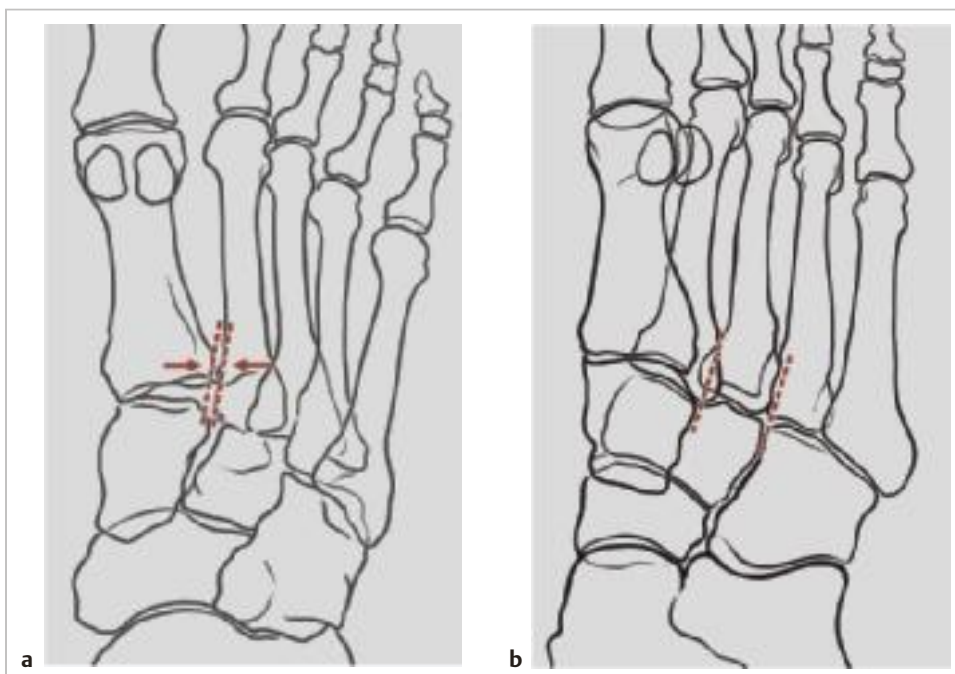


Abb. 4.12 Normalbefund des Lisfranc-Ligaments. Befund im Röntgenbild.

- a** Röntgenaufnahme des Fußes d.-p. im Stehen. Dabei ist auf die Diastase zwischen dem distalen Os cuneiforme mediale und der Basis des Metatarsale II zu achten. Sie misst beim Normalbefund bis 2 mm.
- b** Röntgenaufnahme schräg. In dieser Ebene ist auf die Kongruenz der vertikalen Gelenklinien der Tarsometatarsalia zu achten.

## Untersuchungstechnik

- **Standarduntersuchung:** hochauflösende Mehrkanalspule
- **Sequenztechnik:**
  - PDw fatsat und T 1w schräg koronar zum Mittelfuß (doppelt anguliert)
  - PDw fatsat sagittal (ausgerichtet am Metatarsale I bzw. II)
  - PDw fatsat axial
  - T 2w axial
  - ggf. zusätzlich STIR koronar zur Beurteilung etwaiger begleitender Knochenkontusionen bzw. Frakturen
  - Kontrastmittelgabe nicht sinnvoll

## Befunde

Oft reißt das Lisfranc-Ligament nicht vollständig ab, sondern ist langstreckig eingeblutet und in den fettunterdrückten Sequenzen signalangehoben. Dabei sind die einzelnen Faserstrukturen kaum voneinander differenzierbar. Auch diese Distorsion kann zu einer Instabilität führen. Es kann zur angrenzenden Einblutung in die

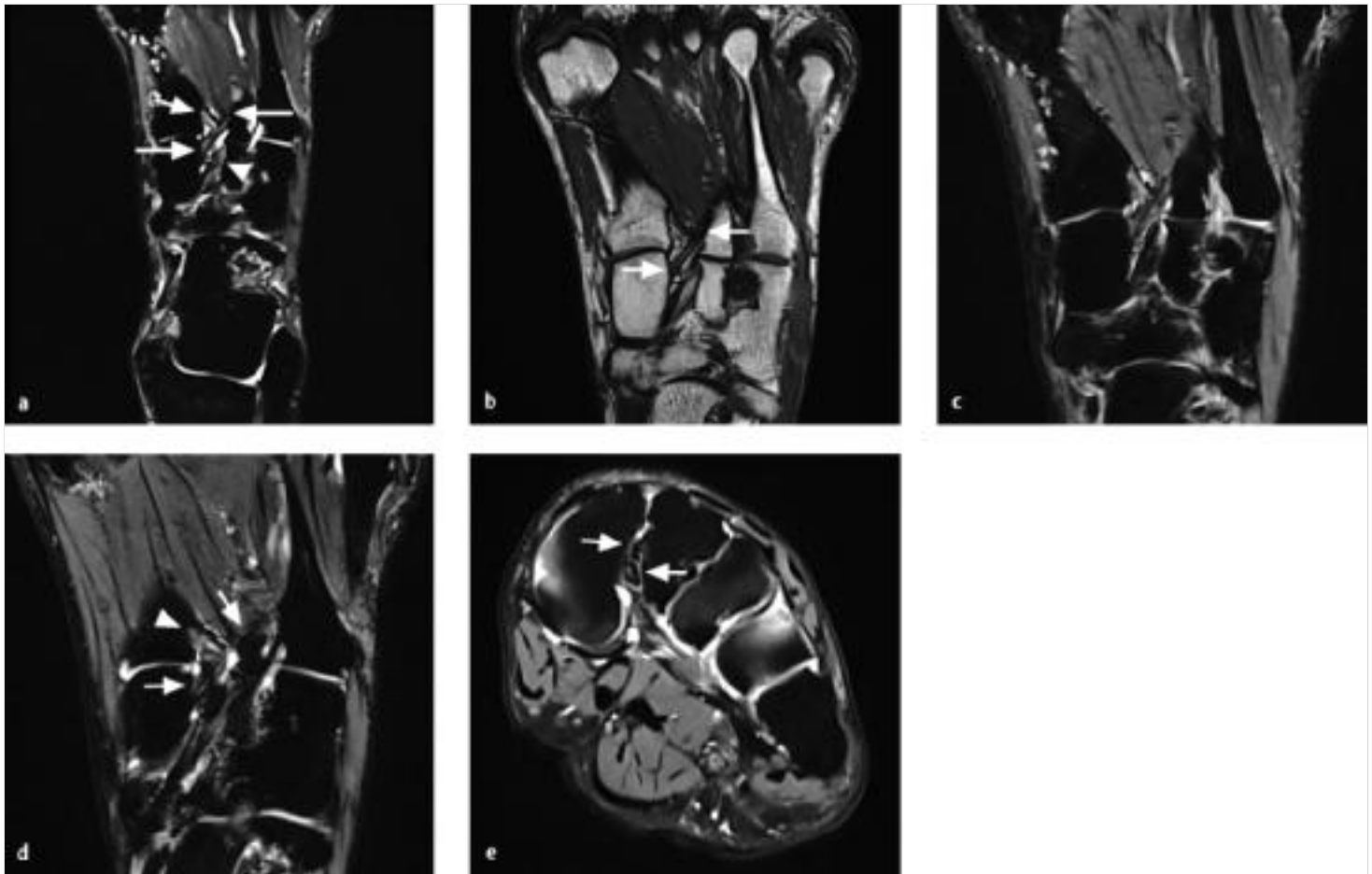
Gelenkkapsel und die Weichteile kommen, ggf. auch zu fokalen Knochenkontusionsödemem oder zum Versatz der Gelenkpartner Metatarsale I und II.

## Empfehlung zur Bildgebung

Methode der Wahl: MRT. Bei klinischem Verdacht und negativem Röntgenbefund hat inzwischen die MRT die Belastungs- und Stressaufnahmen abgelöst. Sie ist auch bei Schmerzen problemlos durchführbar und besitzt eine ausreichende Sensitivität zur Darstellung der Bandverletzung. Weitere, radiologisch möglicherweise nicht vermutete Verletzungen sind damit ebenfalls feststellbar.

## Bildbeispiele

Der Normalbefund des Lisfranc-Ligaments stellt sich wie in ► Abb. 4.13 gezeigt dar. Lisfranc-Ligamentverletzungen sind in ► Abb. 4.14, ► Abb. 4.15, ► Abb. 4.16, ► Abb. 4.17, ► Abb. 4.18 und ► Abb. 4.19 zu sehen, eine mögliche Differenzialdiagnose in ► Abb. 4.20.



**Abb. 4.13 Normalbefund des Lisfranc-Ligaments.** 54-jähriger Patient ohne Trauma oder Beschwerden am Mittelfuß. Die Untersuchung erfolgte wegen Sprunggelenkbeschwerden. Am besten ist das Lisfranc-Ligament in koronaren und in axialen Schichten zum Mittelfuß zu beurteilen.

- a** Koronare STIR-MRT-Sequenz. Darstellung des Lisfranc-Ligaments (lange Pfeile). Angrenzende Signalanhebungen bzw. Flüssigkeitseinlagerungen können in sehr wassersensitiven Sequenzen mit Fettunterdrückung normal sein. X-förmig gegenläufig dazu Darstellung der langen Peronealsehne (kurzer Pfeil) sowie des Lig. intercuneiforme interosseum (Pfeilspitze).
- b** Koronare T 1w MRT-Sequenz. Das relativ kräftige Lisfranc-Ligament ist in aller Regel in jeder Sequenz gut nachvollziehbar. Ausgangspunkt der Bildanalyse ist der distale fibulaseitige Abschnitt des Os cuneiforme mediale. Von da aus erstreckt sich das Band diagonal zur tibiaseitigen Kante der Basis von Metatarsale II (Pfeile).
- c** Koronare PDw fatsat MRT-Sequenz. Das Lisfranc-Ligament hat tiefe und oberflächliche Abschnitte. In der koronaren Schichtung ist es wichtig, alle Bandanteile zu erfassen.
- d** Koronare PDw fatsat MRT-Sequenz weiter plantar. Darstellung der plantaren Ausläufer des Lisfranc-Ligaments (Pfeile), daran angrenzend die Insertion der langen Peronealsehne an der Basis von Metatarsale I (Pfeilspitze).
- e** Axiale PDw fatsat MRT-Sequenz. Darstellung des Lisfranc-Ligaments mit seinen tiefen und oberflächlichen Abschnitten (Pfeile).