

---

# Operative Orthopädie und Traumatologie

**Affiliated with**

Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC)

Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)

Österreichische Gesellschaft für Unfallchirurgie (ÖGU)

Schweizerische Gesellschaft für Traumatologie und Versicherungsmedizin (SGTV)

---

## Elektronischer Sonderdruck für M. Richter

Ein Service von Springer Medizin

Oper Orthop Traumatol 2011 · 23:318–327 · DOI 10.1007/s00064-010-8080-3

© Springer-Verlag 2011

**M. Richter**

## CAS-basierte Korrekturarthrodese des Lisfranc- Gelenks und Mittelfußes

**Redaktion**

S. Rammelt, Dresden

**Zeichnungen**

R. Himmelhan, Heidelberg

# CAS-basierte Korrekturarthrodese des Lisfranc-Gelenks und Mittelfußes

## Vorbemerkungen

Arthrosen und Deformitäten an Mittelfuß und Lisfranc-Gelenk sind häufig [9, 10]. Die degenerativen Veränderungen kombiniert mit den biomechanischen Auswirkungen der Deformitäten führen zu Symptomen wie Schmerz und Gangstörung [9, 10]. Die Korrekturarthrodese des Mittelfußes und des Lisfranc-Gelenks mit Schrauben- und/oder Plattenfixation ist das Standardverfahren [9, 10]. Dabei gestaltet sich die Korrektur der Deformitäten schwierig und verbleibende Deformitäten mit entsprechenden Beschwerden sind häufig [9, 10]. Eine adäquate präoperative Planung ist Standard und das Erreichen der geplanten Korrektur ist das intraoperative Ziel [7, 10]. Die präoperative Diagnostik mit Röntgenaufnahmen unter Belastung und Computertomographie (CT) erlaubt eine akkurate Planung, die durch den Einsatz einer Planungssoftware noch vereinfacht und verbessert werden kann [1, 7]. Während der Operation ist das exakte Erreichen der geplanten Korrektur jedoch schwierig, da sich der Operateur nur mit den konventionellen Bildgebungstechniken, d. h. anhand eines Röntgenbildverstärkers, orientieren kann [7, 10]. In anderen Gebieten der Orthopädie und Unfallchirurgie konnte durch navigationsgestützte Eingriffe („computer assisted surgery“, CAS) die Genauigkeit von Korrekturen (z. B. Korrekturosteotomie der proximalen Tibia) und Implantatplatzierung (z. B. bei Pedikelschrauben) verbessert werden [3, 6]. Da die CT-basierte Navigation im Fußbereich bereits in vitro nicht adäquat funktionierte, wurde ein auf einem Röntgenbildverstärker basierendes und CT-frei-

es System klinisch eingesetzt und zeigte sehr erfolgversprechende erste Ergebnisse [7]. Diese Methode ist beim Autor im Routinegebrauch. Die Navigation, mit der die Genauigkeit der Korrektur verbessert werden soll, wird hier in Kombination mit der Korrekturarthrodese des Mittelfußes und Lisfranc-Gelenks vorgestellt.

## Operationsprinzip und -ziel

**Ziel der navigierten Korrekturarthrodese bei Deformitäten oder Fehlstellungen im Bereich des Mittelfußes (zwischen Chopart- und Lisfranc-Gelenk) und/oder Lisfranc-Gelenks mit gleichzeitigen degenerativen Veränderungen mit Platten- und Schraubenfixation ist die Wiederherstellung eines plantigraden belastbaren Fußes.**

## Vorteile

- Durch Korrektur und Arthrodese wird die Deformität/Fehlstellung des Mittelfußes/Lisfranc-Gelenks korrigiert, was bei Arthrosen ohne Korrektur nicht der Fall ist
- Die Fixation mit Platten und Schrauben erhöht die Stabilität im Vergleich zur alleinigen Verwendung einer externen Fixierung [2]
- Durch Navigation wird die Genauigkeit der Korrektur im Vergleich zum nicht navigierten Verfahren verbessert [7]

## Nachteile

- Die Korrekturarthrodese des Mittelfußes/Lisfranc-Gelenks ist ein ausge-

dehnterer Eingriff als die Arthrodese ohne Korrektur

- Fixation mittels Schrauben und/oder Platten birgt das Risiko der Fehlstellung am Mittelfuß/Lisfranc-Gelenk und/oder der Penetration angrenzender Gelenke bei nicht exakter Platzierung
- Einsatz der Navigation erfordert teure Navigationsgeräte und verlängert die Operationszeit zu Beginn der Anwendung

## Indikationen

- Arthrose im Mittelfuß/Lisfranc-Gelenk
- Deformität im Mittelfuß/Lisfranc-Gelenk

## Kontraindikationen

- Lokale floride Infektion
- Schwere periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK)

## Patientenaufklärung

- Übliche allgemeine Operationsrisiken
- Entnahme von kortikalem und/oder spongiösem Knochen an ventralem Beckenkamm oder proximaler Tibia mit entsprechenden lokalen Beschwerden an der Entnahmestelle
- Risiko einer persistierenden oder anderen Fehlstellung
- Risiko einer verzögerten oder fehlenden Durchbauung des Arthrodesebereichs
- Hinweis auf notwendige mindestens 6-wöchige Teilbelastung

Oper Orthop Traumatol 2011 · 23:318–327 DOI 10.1007/s00064-010-8080-3  
© Springer-Verlag 2011

M. Richter

### CAS-basierte Korrekturarthrodese des Lisfranc-Gelenks und Mittelfußes

#### Zusammenfassung

**Operationsziel.** Wiederherstellung eines plantigraden belastbaren Fußes bei Deformitäten oder Fehlstellungen im Bereich des Mittelfußes (zwischen Chopart- und Lisfranc-Gelenk) und/oder des Lisfranc-Gelenks mit gleichzeitigen degenerativen Veränderungen.

**Indikationen.** Arthrose, Deformitäten oder Fehlstellungen im Mittelfuß/Lisfranc-Gelenk.

**Kontraindikationen.** Floride Infektionen an Mittel- oder Vorfuß oder schwere Durchblutungsstörung.

**Operationstechnik.** Rückenlage und dorso-medianer und lateraler Zugang zum Mittelfuß und Lisfranc-Gelenk. Platzierung der dynamischen Referenzbasen (DRB) in Talus und distalen Metatarsale-I-Schaft. Zweidimensionale (2-D-) Bildaquisition zur Navigation. Festlegung der Achsen der beiden Knochen Talus und Metatarsale I, die im Verhältnis zu-

einander navigiert werden. Darstellen der zu versteifenden Gelenke (meist Lisfranc-Gelenk und interne Mittelfußgelenke) und wenn nötig Entknorpelung. Transplantation von autologer Spongiosa und wenn nötig kortikalem Kochen. Navigationsgestützte Korrektur und interne Fixation mit 3,5-mm-Schrauben (z. B. Kortikalisschraube, Synthes, Umkirch) und ggf. 3,5-mm-Platten (z. B. LCDCP, Synthes, Umkirch). Dreidimensionale (3-D-) Bildaquisition zur Analyse der Genauigkeit von Korrektur und Implantatlage. Bei korrekter Position Einlage von Drainagen und schichtweiser Wundverschluss.

**Weiterbehandlung.** Für 6 Wochen 15 kg Teilbelastung im Gips Schuh. Danach Übergang zur Vollbelastung im festen Konfektionsschuh. Nach 12 Wochen Pedographie und Anpassung von Einlagen für Konfek-

tionsschuhe anhand der pedographischen Daten.

**Ergebnisse.** Vom 1. September 2006 bis 30. September 2008 wurden 32 Korrekturarthrodese am Mittelfuß/Lisfranc-Gelenk durchgeführt. Die Analyse der Genauigkeit durch den Vergleich der im präoperativen CT geplanten Korrektur und der im intraoperativen ARCADIS-3D-Scan gemessenen, erreichten Korrektur zeigen eine Abweichung von maximal 2°. Navigationsassoziierte Komplikationen wurden nicht beobachtet. In den 31 Fällen ohne Navigationsfehlfunktion trat eine zeitgerechte Durchbauung ein.

#### Schlüsselwörter

Arthrodese · Fußdeformitäten · Mittelfußknochen · Lisfranc-Gelenk · Computerassistierte Chirurgie

### CAS-guided correction arthrodesis of the tarsometatarsal and midfoot joints

#### Abstract

**Objective.** Restoration of a stable and plantigrade foot in deformities at the midfoot (between the Chopart and tarsometatarsal (TMT) joint) and/or the TMT joint and concomitant degenerative changes.

**Indications.** Deformities and concomitant degenerative changes at the midfoot and/or TMT joint.

**Contraindications.** Active local infection or relevant arterial insufficiency.

**Surgical technique.** Supine position and dorsomedian and dorsolateral approach to the midfoot and TMT joint. Placement of dynamic reference bases (DRB) in the talus and distal shaft of the 1<sup>st</sup> metatarsal. Two-dimensional (2D) image acquisition for navigation. Definition of axes of the talus and 1<sup>st</sup> meta-

tarsal, and of the extent of correction. Exposition of midfoot and TMT joints and removal of remaining cartilage. Transplantation of autologous, cancellous, and cortical bone if necessary. Computer-assisted surgery (CAS)-guided correction and internal fixation with 3.5 mm screws (e.g. 3.5 mm cortical screw, Synthes, Umkirch, Germany) and plates (e.g. 3.5 mm LCDCP, Synthes, Umkirch, Germany). Three-dimensional (3D) image acquisition for analysis of the accuracy of the correction and implant position. Insertion of drains and layerwise closure.

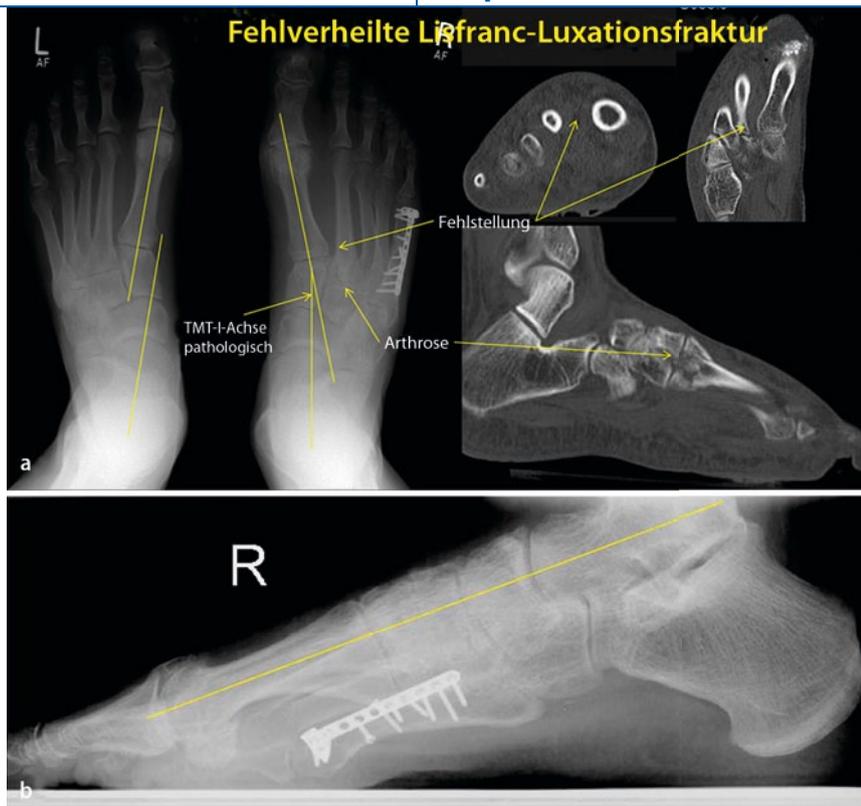
**Postoperative management.** Partial weight bearing (15 kg) in cast shoe for 6 weeks, followed by full weight bearing in a stable standard shoe. After 12 weeks, pedography and

production of insole orthoses based on the pedographic data.

**Results.** From September, 1<sup>st</sup> 2006 to September, 30<sup>th</sup> 2008, 32 correction arthrodeses at the midfoot/TMT joint were performed. The accuracy was assessed by intraoperative 3D imaging. All achieved angles/translations were within a maximum deviation of 2° when compared to the planned correction. Complications associated with CAS were not observed. In all 31 cases without navigation failure, a timely fusion was observed.

#### Keywords

Arthrodesis · Foot deformities · Metatarsal bones · Lisfranc joint · Computer-assisted surgery



**Abb. 1** ▲ Analyse und Planung anhand Belastungsaufnahmen im dorsoplantaren Strahlengang und CT. Abweichung der Talo-Metatarsale-I-Achse (TMT) im dorsoplantaren Strahlengang im Adduktionsinne. Pathologische Vergrößerung des Abstandes zwischen Metatarsale-I- und -II-Basis im CT. Im dorsoplantaren Strahlengang (a) beträgt der TMT-Winkel  $+15^\circ$  (Vorfußadduktion), im seitlichen Strahlengang (b)  $0^\circ$ . Daraus ergibt sich ein TMT-Index von  $+15^\circ$  [4]

### Anästhesie und Lagerung

- Allgemeinanästhesie oder Spinal-/Periduralanästhesie
- Rückenlagerung
- Oberschenkelblutleere
- Abkleben und Vorreinigen des ipsilateralen ventralen Beckenkamms und des kompletten Unterschenkels

### Operationsvorbereitungen

- Sorgfältige anamnestische und klinische Evaluation von Beschwerden und Fehlstellung
- Überprüfung der Hautverhältnisse, Durchblutung und Neurologie
- Genaue Analyse der Fehlstellung anhand folgender Röntgenaufnahmen: Beinachsenaufnahme, oberes Sprunggelenk (OSG) beidseits in 2 Ebenen mit Belastung, Saltzman-Aufnahme beidseits, Füße beidseits in 2 Ebenen unter Belastung (■ **Abb. 1**), Belastungsaufnahme des Metatarsaleköpfchens. Besonders bedeutsam ist hierbei die Talo-Metatarsale-I-Achse im dorsoplantaren und seitlichen Strahlengang unter Belastung [4]. Daraus wird dann der TMT-Index berechnet. Dieser ist im Normalfall  $0^\circ$  und wird bei Vorfußabduktion und „Dorsalexension“ des Metatarsale I im Verhältnis zum Talus negativ [4]
- Computertomographie (■ **Abb. 1**)

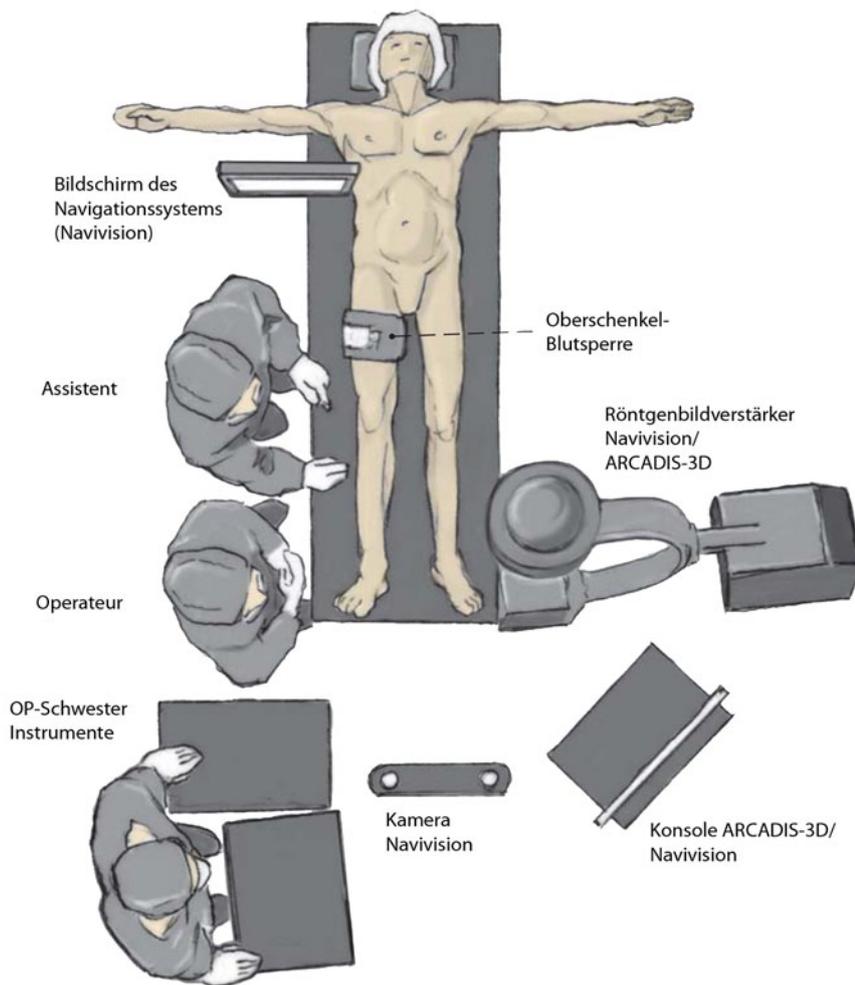
- Bei nicht eindeutig tastbaren Fußpulsen Dopplersonographie und ggf. Angiographie (DSA)

### Instrumentarium

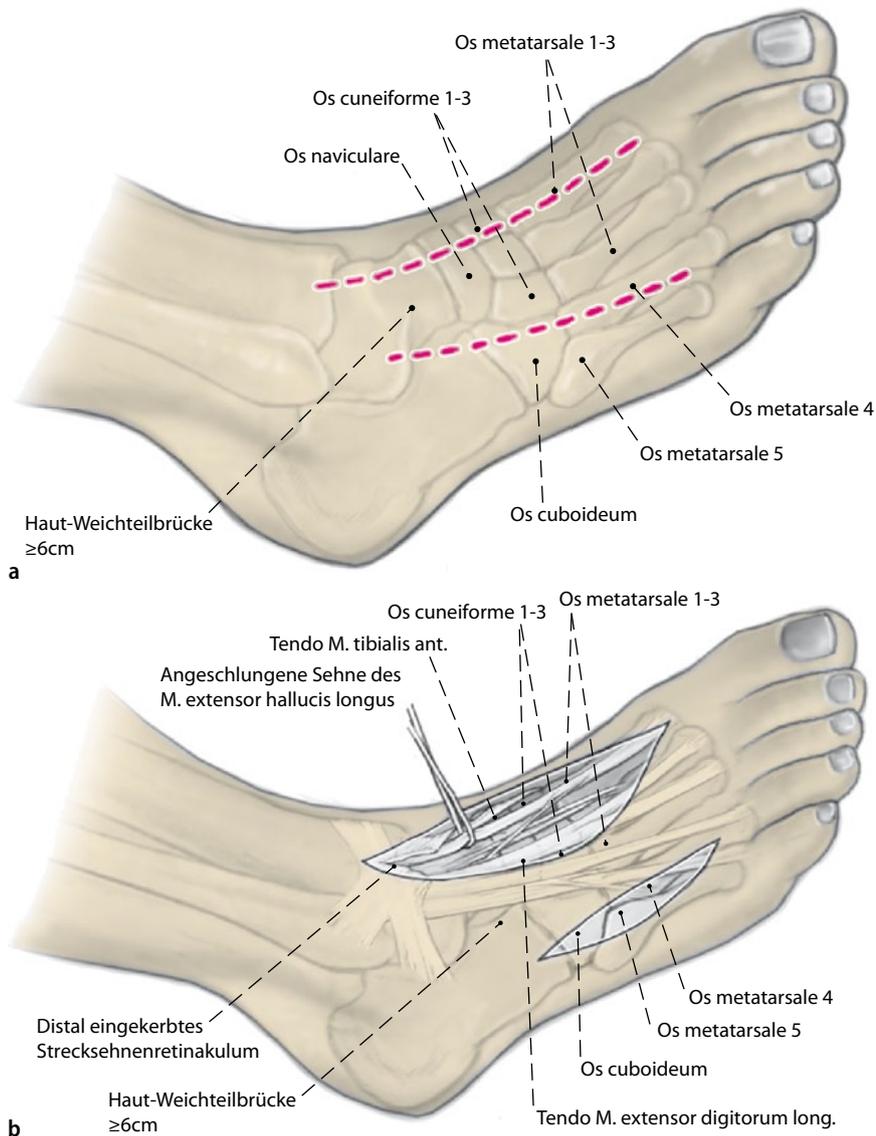
- Knochensieb nach Standard
- Schrauben (z. B. 3,5-mm-Kortikalschrauben, Synthes, Umkirch).
- Platten (z. B. 3,5 mm Limited Contact Dynamic Compression Plate, LCDCP, Synthes, Umkirch)
- Kirschner-Drähte mit 1,6–2,0 mm Durchmesser
- Sieb mit Navigationsinstrumenten
- Navigationssystem (hier Navivision, Brainlab, Heimstetten in Kombination mit ARCADIS-3D, Siemens, München)
- Gerade und gekrümmte Meisel
- Arthrodesenspreizer
- Ggf. Fräse zum Entknorpeln (z. B. Epen, Synthes, Umkirch)

## Operationstechnik

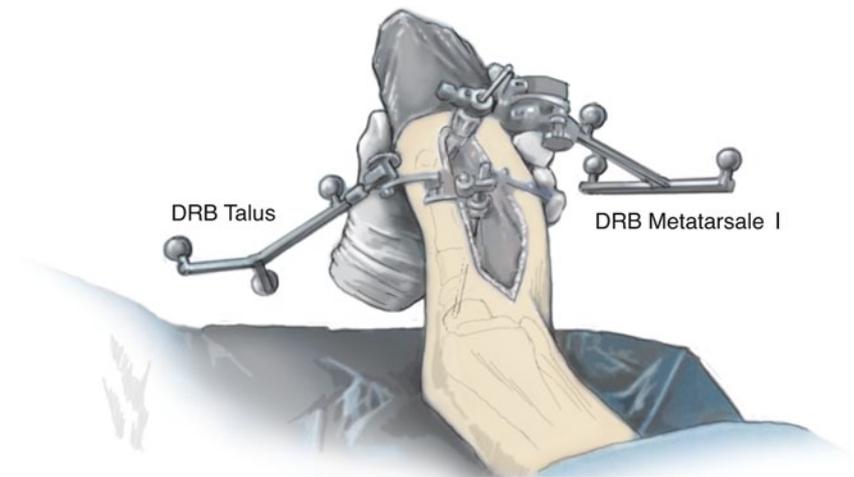
(■ Abb. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)



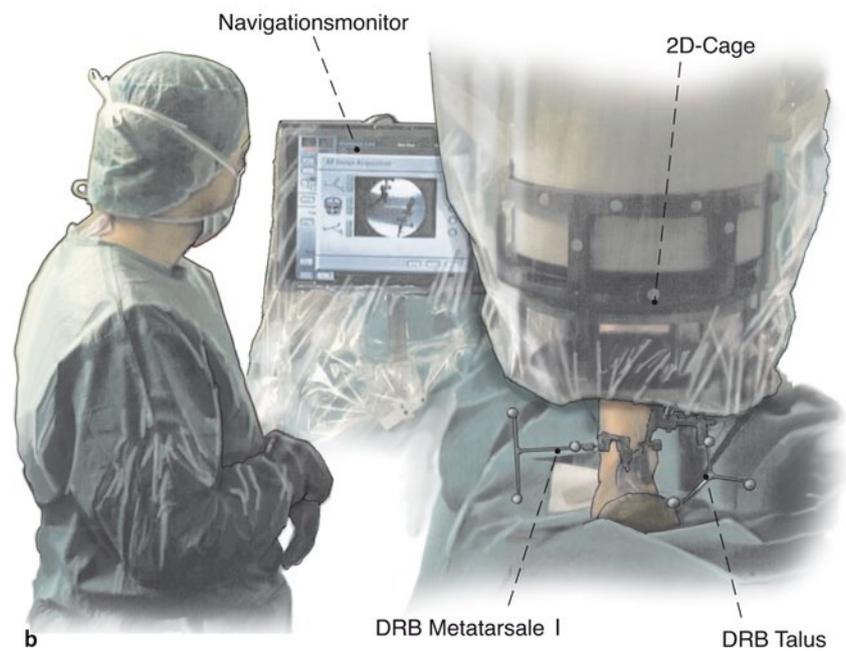
**Abb. 2** ▲ Lagerung des Patienten und Positionierung von Navigationssystem (Navivision) inkl. Röntgenbildverstärker (ARCADIS-3D) und Personal. Der Navigationsmonitor wird im Idealfall direkt am Operationstisch befestigt und steril bezogen. Die Positionierung aller Geräte und des kompletten Personals muss so erfolgen, dass von der Kamera „freie Sicht“ auf die dynamischen Referenzbasen (DRB) und den ARCADIS-3D-Strahlendetektor besteht



**Abb. 3** ▲ Dorsaler medianer und lateraler Zugang zum Mittelfuß/Lisfranc-Gelenk nach Auswickeln mit Esmarch-Binde und Insufflation der Blulleere (Insufflationsdruck optional nach Standard, z. B. 350 mmHg). Die beiden Hautschnitte sollten eine Distanz von mindestens 6 cm zueinander haben, damit eine ausreichende Perfusion der Haut- und Weichteilbrücke gewährleistet ist (**a**). Das Gefäßnervenbündel mit der A. dorsalis pedis befindet sich in der Haut- und Weichteilbrücke. Die Sehne des M. tibialis anterior liegt medial und die des M. extensor digitorum longus lateral im dorsalen medianen Zugang. Die Sehne des M. extensor hallucis longus verläuft zentral durch diesen Zugang (**b**). Die Sehne wird angeschlungen und kann damit im Wechsel nach medial oder lateral gehalten werden. Muskel und Sehne des M. extensor hallucis brevis liegen ebenso regelhaft mitten im Situs und sollten ebenfalls angeschlungen und geschont werden. Das Strecksehnenretinakulum kann im proximalen Anteil des Zugangs von distal hälftig eingekerbt werden, um eine bessere Mobilisation der Sehnen zu erreichen. Es sollte jedoch nicht komplett durchtrennt werden, da es dann nur sehr schwierig wieder verschlossen werden kann. Falls eine komplette Durchtrennung nötig ist, sollte diese Z-förmig erfolgen, um einen Wiederverschluss zu ermöglichen

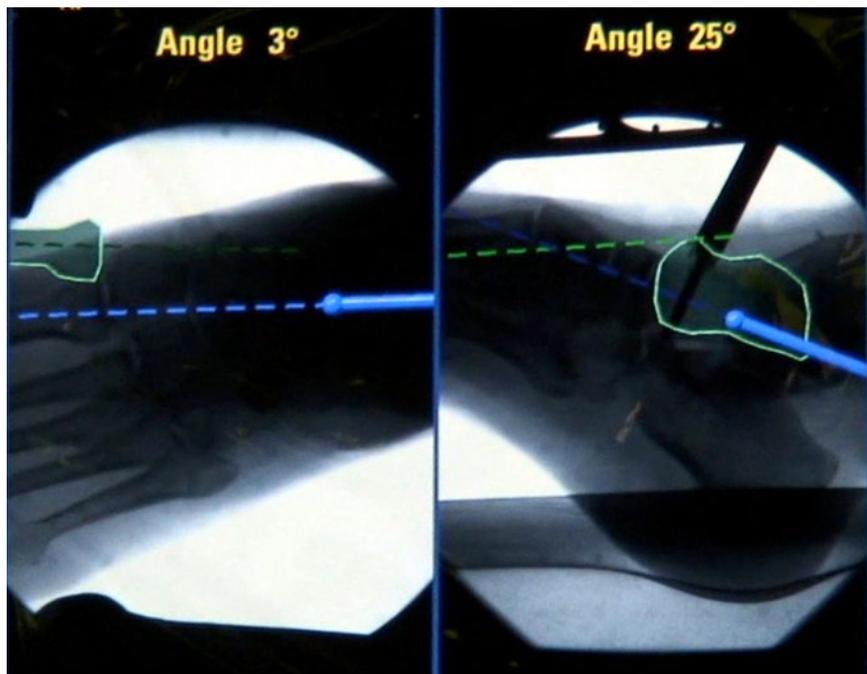


a

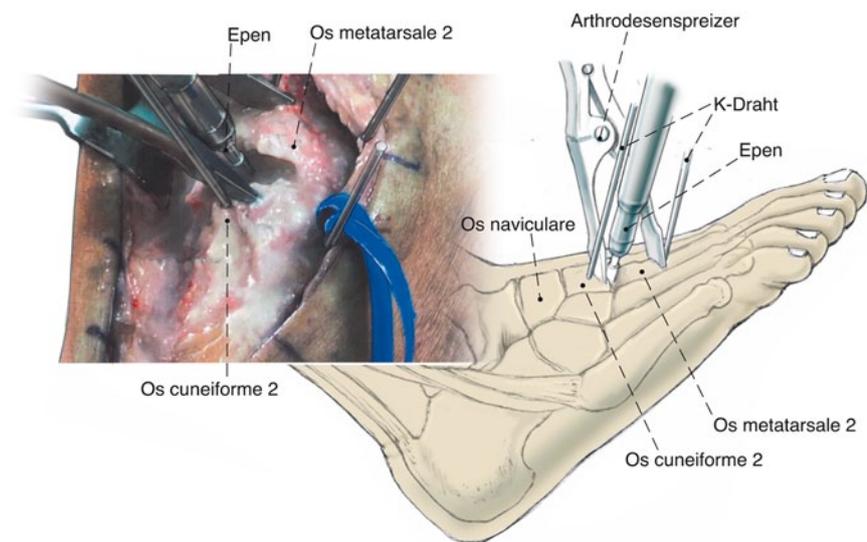


b

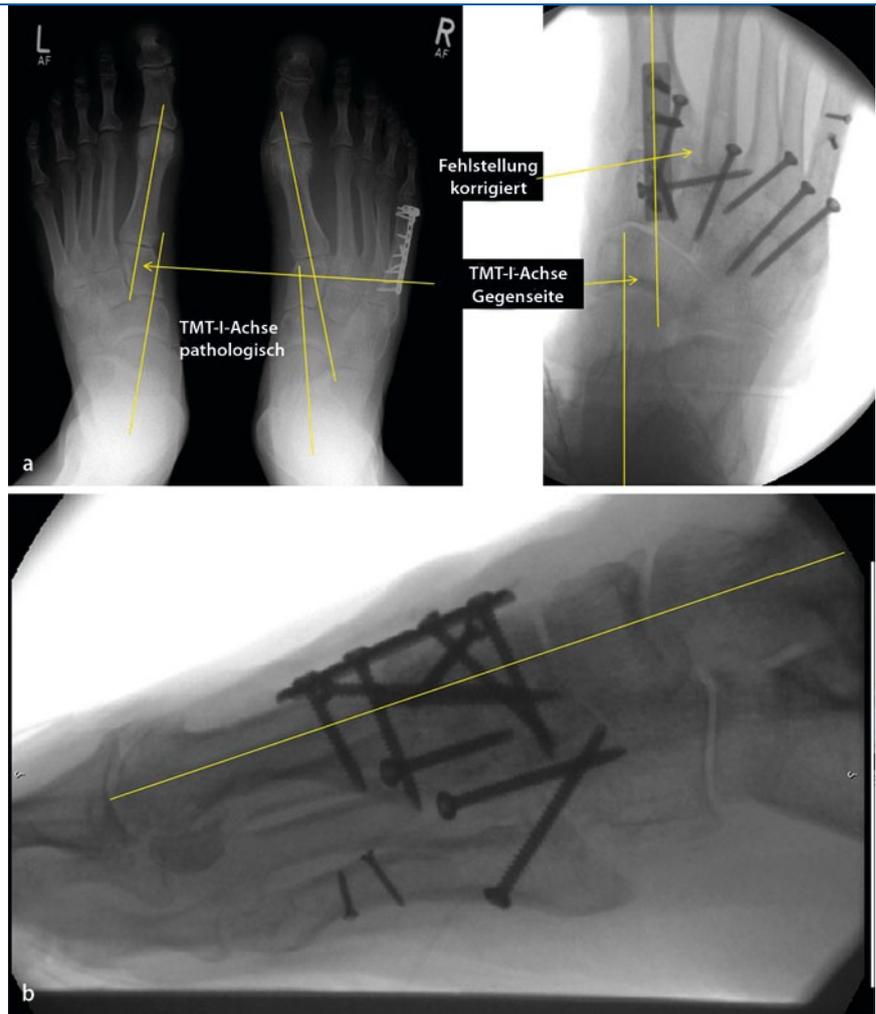
**Abb. 4 ▲** Platzierung der dynamischen Referenzbasen (DRB) in den Talushals und Metatarsale-I-Schaft (a). Zur Fixation der DRB werden 5 mm- (Talus) bzw. 4 mm- (Metatarsale I) Schanzschrauben verwendet. Nach Platzierung der DRBs erfolgt die 2-D-Bildaquisition zur Navigation. Dafür muss der sog. 2-D-Navigationskäfig an den Detektor des ARCADIS-3D angebracht werden (b). Es wird ein Bild im dorsoplantaren und eines im seitlichen Strahlengang aquiriert. Danach erfolgt die Verifikation mit dem Pointer



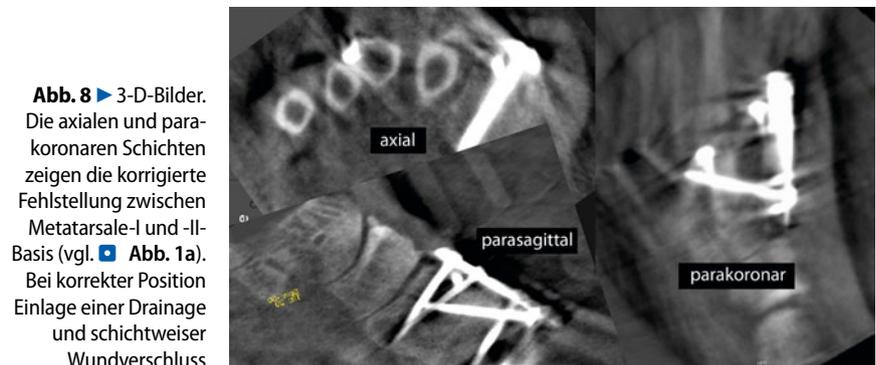
**Abb. 5** ◀ Festlegung der Achsen der beiden Knochen Talus (blau) und Metatarsale I (grün), die im Verhältnis zueinander navigiert werden (links: dorsoplantarer Strahlengang; rechts: seitlicher Strahlengang). Die Festlegung der Knochenachsen ist ein nicht standardisierter subjektiver Vorgang, den der Operateur durchführt. Wie genau die Achsen festgelegt werden, ist dabei nicht so wichtig, da die Veränderung der Achsen navigiert wird, die anhand der präoperativen Planung berechnet wurde. Allerdings ist die möglichst genaue Festlegung und somit die Bildschirmdarstellung der Achsen anschaulicher für den Operateur und daher zu favorisieren



**Abb. 6** ◀ Darstellen der Gelenke des Mittelfußes/Lisfranc-Gelenks und wenn nötig Entknorpelung. Vor allem bei den typischerweise vorliegenden arthrotischen Veränderungen kann die Identifikation der Knochengrenzen und Gelenke sehr schwierig sein. Beim Einsetzen eines Arthrodesenspreizers (hier zwischen Metatarsale II und Cuneiforme II, die schematisch umrandet sind) haben sich 2,0-mm-Kirschner-Drähte als Widerlager in dem benachbarten Knochen bewährt. So kann das ganze Gelenk exponiert werden, ohne dass der Arthrodesenspreizer im Gelenk selbst liegt und die Entknorpelung u. Ä. behindert. Für die Entknorpelung hat sich vor allem eine Fräse mit Spülung bewährt (z. B. Epen, Synthes, Umkirch). Nach der Entknorpelung kann eine mehrfache Durchbrechung des subchondralen Knochens mit einem 2,0-mm-Bohrer die Durchblutung verbessern. Dabei sollte jedoch entweder mit geringer Umdrehungszahl und/oder mit Kühlspülung gearbeitet werden, um Hitznekrosen zu vermeiden. Dann erfolgt die navigationsgestützte Korrektur und Fixation des Korrekturergebnisses mit transfixierenden Kirschner-Drähten (1,8–2,0 mm). Definitive Fixation mit Platten (3,5-mm-LCDP) am 1. Strahl und mittels Schrauben (3,5-mm-Kortikalschrauben) am 1.–5. Strahl



**Abb. 7** ▶ 2-D-Bildaquisition. Stellungskontrolle mit im Vergleich zur Gegenseite normalisierter Talo-Metatarsale-I-Achse (TMT) im dorsoplantaren (a) und seitlichen Strahlengang (b). Die Einzeichnung der Talusachse ist prinzipiell sehr viel problematischer als bei einem Röhrenknochen wie dem Metatarsale I. Deshalb sollte die radiologische Darstellung des Talus möglichst optimal sein. Die Korrektur orientiert sich primär am TMT-Index, der optimalerweise 0° wird [4]. Im dorsoplantaren Strahlengang (a) beträgt der TMT-Winkel +1° (Vorfußadduktion) und im seitlichen Strahlengang (b) 0°. Daraus ergibt sich ein TMT-Index von +1° [4]



**Abb. 8** ▶ 3-D-Bilder. Die axialen und parakoronaren Schichten zeigen die korrigierte Fehlstellung zwischen Metatarsale-I und -II-Basis (vgl. ▣ Abb. 1a). Bei korrekter Position Einlage einer Drainage und schichtweiser Wundverschluss



**Abb. 9** ▶ Röntgenbilder 3 Monate postoperativ unter Belastung. Im dorsoplantaren Strahlengang (a) beträgt der TMT-Winkel 0° und im seitlichen Strahlengang (b) 0°. Daraus ergibt sich ein TMT-Index von 0° [4]

**Tab. 1** Stellung vor Korrektur, geplante Korrektur, erreichte Stellung und Abweichung von geplanter Korrektur

Fall	Stellung vor Korrektur	Geplante Korrektur	Erreichte Stellung	Abweichung
1	S -35°	S +35°	S 0°	0°
	D -35°	D +35°	D 0°	0°
2	S -45°	S +45°	S +2°	2°
	D -40°	D +40°	D 0°	0°
3	S -25°	S +25°	S 0°	0°
	D -25°	D +25°	D -2°	2°
4	S -15°	S +15°	S -1°	0°
	D -45°	D +45°	D +1°	1°
5+	S -35°	S +35°	S -4°	4°
	D -35°	D +35°	D -5°	5°
6	S -5°	S +5°	S 0°	0°
	D -35°	D +35°	D 0°	0°
7	S -15°	S +15°	S -2°	2°
	D -35°	D +35°	D 0°	0°
8	S -55°	S +55°	S 0°	0°
	D -60°	D +60°	D -2°	2°
9	S -40°	S +40°	S 0°	0°
10	S -28°	S +28°	S +2°	2°
	D -3°	D +3°	D 0°	0°
11	S -25°	S +25°	S 0°	0°
	D -35°	D +35°	D 0°	0°
12	S -33°	S +33°	S +2°	2°
	D -5°	D +5°	D 0°	0°
13	S -25°	S +25°	S 0°	0°
	D -35°	D +35°	D 0°	0°
14	S -5°	S +5°	S 0°	0°
	D -15°	D +15°	D 0°	0°
15	S -25°	S +25°	S 0°	0°
	D -25°	D +25°	D -2°	2°
16	S -15°	S +15°	S -1°	1°
	D -55°	D +55°	D +1°	1°
17	S -25°	S +25°	S 0°	0°
	D -28°	D +28°	D 0°	0°
18	S -35°	S +35°	S 0°	0°
	D -35°	D +35°	D -2°	2°
19	S -15°	S +15°	S -2°	2°
	D -34°	D +34°	D 0°	0°
20	S -35°	S +35°	S 0°	0°
	D -5°	D +5°	D 0°	0°
21	S +25°	S -25°	S +1°	1°
	D +5°	D -5°	D +1°	1°
22	S +15°	S -15°	S 0°	0°
	D +5°	D -5°	D +1°	1°
23	S +32°	S -32°	S +2°	2°
	D +25°	D -25°	D +1°	1°
24	S +15°	S -15°	S +1°	1°
25	D +15°	D -15°	D +2°	2°
26	S +5°	S -5°	S +1°	1°
	D +5°	D -5°	D 0°	0°
27	S +25°	S -25°	S -1°	1°

## Postoperative Behandlung

- Anlage einer Orthese noch im Operationsraum (z. B. Vacuped, Oped, Valley), optional Gipsschuh
- Hochlagerung
- Ab dem 1. postoperativen Tag Mobilisation mit Orthese/Gips mit 15 kg Teilbelastung möglich
- Postoperative Röntgenkontrolle am 1. oder 2. Tag
- Entfernung der Drainage am 2. postoperativen Tag
- Entfernung von Hautnahtmaterial am 12. postoperativen Tag
- Für 6 Wochen 15 kg Teilbelastung an Unterarmgehstützen in Orthese/Gips
- Nach 6 Wochen in Abhängigkeit des radiologischen Verlaufs Weglassen von Orthese/Gips und Übergang zur Vollbelastung im festen Konfektionsschuh
- Nach 12 Wochen Pedographie und Anpassung von Einlagen für Konfektionsschuhe anhand der pedographischen Daten
- Nach einem Jahr Röntgenkontrolle und Pedographie

## Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Verbleibende Deformität oder andere Deformität, so dass kein plantigrader Fuß erreicht wurde: Eine nicht operative Therapie (z. B. mit Einlagenversorgung und/oder Schuhanpassung) oder auch eine erneute operative Therapie (erneute Korrekturoperation) kann erforderlich werden
- Verletzung der A. dorsalis pedis und/oder von Strecksehnen: Ligatur der Arterie und/oder eine Strecksehnennaht
- Fehlende Durchbauung im Arthrodesebereich (vgl. Pseudarthrose): Dadurch kann eine erneute operative Therapie (erneute Arthrodesese) nötig werden
- Infektion: Entsprechende nicht operative und operative Maßnahmen
- Prominente Schraubenköpfe und/oder Platten mit konsultierenden Schmerzen und/oder Sehnenirritationen in diesen Bereichen: Kann eine Implantatentfernung erfordern. Eine

Implantatentfernung ist ansonsten prinzipiell nicht nötig

- Implantatbruch: Kann auch in Verbindung mit fehlender Durchbauung (s. o.) eintreten. Auch hier sind ggf. erneute individuelle operative Maßnahmen nötig
- Externe Fixierung [2]

## Ergebnisse

Vom 1. September 2006 bis 30. September 2008 wurden in unserer Klinik 32 Korrekturarthrodesen des Mittelfußes/Lisfranc-Gelenks wie beschrieben durchgeführt. 21 Patienten waren männlich und das mittlere Alter zum Zeitpunkt des Eingriffs betrug 48 Jahre (22–78 Jahre). **Tab. 1** zeigt das Ausmaß der Deformitäten. Der mittlere präoperative „American Orthopaedic Foot and Ankle Association Midfoot Score“ (AOFAS Midfoot) betrug 54 Punkte (29–76 Punkte bei maximal erreichbaren 100 Punkten) und der mittlere „Visual Analogue Scale Foot and Ankle“ (VAS FA) 50 Punkte (19–78 bei maximal möglichen 100 Punkten) [5, 8]. Der Zeitaufwand für den navigierten Korrekturvorgang, d. h. Platzieren der DRBs, Bildakquisition, Planung und navigationsgestützte Korrektur bis zur Transfixation zur Sicherung des Korrekturergebnisses lag bei durchschnittlich 8 min (6–16 min). Der Navigationsvorgang begann dabei definitionsgemäß erst nachdem alle Entknorpelungen und ggf. Osteotomien beendet waren. In allen Fällen wurde der 1. Strahl versteift. Die restlichen Strahlen wurden nicht immer versteift (2. Strahl 30/32; 3. Strahl 27/32; 4. Strahl 22/32; 5. Strahl 20/32). Navigationsassoziierte Probleme oder Komplikationen traten in dieser Serie bei 31 Fällen (97%) nicht auf. In einem Fall (3%, Fall 5, **Tab. 1**) kam es zu einer Fehlfunktion des Navigationssystems, so dass der Navigationsvorgang abgebrochen und der Eingriff ohne Navigation durchgeführt wurde. Die Analyse der Genauigkeit durch den Vergleich der im präoperativen CT geplanten und im intraoperativen ARCADIS-3D-Scan gemessenen, erreichten Korrektur zeigen für die Fälle ohne Navigationsfehlfunktion eine Abweichung von maximal 2° (**Tab. 1**). Mit Navigationsfehlfunktion (n=1) be-

**Tab. 1** Stellung vor Korrektur, geplante Korrektur, erreichte Stellung und Abweichung von geplanter Korrektur *Fortsetzung*

Fall	Stellung vor Korrektur	Geplante Korrektur	Erreichte Stellung	Abweichung
28	S +15°	S -15°	S +2°	2°
	D +25°	D -25°	D -2°	2°
29	S -15°	S +15°	S +2°	2°
	D -24°	D +24°	D -2°	2°
30	S -25°	S +25°	S 0°	0°
	D -15°	D +15°	D -2°	2°
31	S -23°	S +23°	S -2°	2°
	D -31°	D +31°	D -2°	2°
32	S -23°	S +23°	S 0°	0°
	D -5°	D +5°	D 0°	0°

Dargestellt werden die Werte des Talo-Metatarsale-I-Winkels. Die Werte sind positiv für Plantarflexion im seitlichen Strahlengang und Vorfußabduktion im dorsoplantaren Strahlengang und negativ für Dorsalextension im seitlichen Strahlengang und Vorfußadduktion im dorsoplantaren Strahlengang  
S seitlich, D dorsoplantar.

trug die Abweichung zwischen der erreichten und der geplanten Korrektur 4°. Bei 9% (n=3) trat eine Wundheilungsstörung auf, die jedoch ohne weitere chirurgische Intervention abheilte. Alle Patienten wurden nach zwei Jahren nachuntersucht. In allen 31 Fällen ohne Navigationsfehlfunktion war eine Durchbauung eingetreten und die mittleren Scores hatten sich im Vergleich zu den präoperativen Werten deutlich verbessert (mittlerer AOFAS Midfoot 80 Punkte, 62–100 Punkte bei maximal erreichbaren 100 Punkten; VAS FA 83 Punkte, 64–100 Punkte bei maximal erreichbaren 100 Punkten). Bei einem Fall mit Navigationsfehlfunktion war noch keine vollständige Durchbauung eingetreten (AOFAS Midfoot 42, VAS FA 49). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde die Genauigkeit der noch bestehenden Korrektur computertomographisch analysiert. Dabei konnten keine relevanten Abweichungen im Vergleich zur intraoperativen 3-D-Analyse mittels ARCADIS-3D festgestellt werden (maximale Abweichung von 2° für die Fälle mit erfolgreicher Navigation). Eine vergleichbare Genauigkeitsanalyse ist derzeit nicht publiziert. Die im aktuellen Schrifttum beschriebenen klinischen Nachuntersuchungsergebnisse weichen von unseren nicht relevant ab [10].

## Korrespondenzadresse

**Prof. Dr. M. Richter**  
Oberer Pelzhügel 12, 96450 Coburg  
info@martinusrichter.de

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

## Literatur

- Dahlen C, Zwipp H (2001) Computer-assistierte OP-Planung 3D-Software für den PC. Unfallchirurg 104:466–479
- Ferreira RC, Costa MT, Frizzo GG, Santin RA (2007) Correction of severe recurrent clubfoot using a simplified setting of the Ilizarov device. Foot Ankle Int 28:557–568
- Haaker RG, Stockheim M, Kamp M et al (2005) Computer-assisted navigation increases precision of component placement in total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res 433:152–159
- Hamel J, Kinast C (2006) Der TMT-Index zur radiologischen Quantifizierung von Planovalgus-Deformitäten. Fuss Sprungg 4:221–226
- Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS et al (1994) Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. Foot Ankle Int 15:349–353
- Richter M, Mattes T, Cakir B (2004) Computer-assisted posterior instrumentation of the cervical and cervico-thoracic spine. Eur Spine J 13:50–59
- Richter M, Zech S (2008) Computer Assisted Surgery (CAS) guided arthrodesis of the foot and ankle: an analysis of accuracy in 100 cases. Foot Ankle Int 29:1235–1242
- Richter M, Zech S, Geerling J et al (2006) A new foot and ankle outcome score: questionnaire based, subjective, Visual-Analogue-Scale, validated and computerized. Foot Ankle Surg 12:191–199
- Schon LC, Easley ME, Cohen I et al (2002) The acquired midtarsus deformity classification system – interobserver reliability and intraobserver reproducibility. Foot Ankle Int 23:30–36
- Zwipp H, Rammelt S, Holch M, Dahlen C (1999) Lisfrancarthrodesis bei fehlverheilten Fraktur. Unfallchirurg 102:918–923