

Fehlgeschlagene Osteosynthesen an Talus, Fußwurzel und Vorfuß

■ Stefan Rammelt, Thomas Mittlmeier, Hans Zwipp

Zusammenfassung

Für fehlgeschlagene Osteosynthesen am Fuß können einerseits primär inadäquate Versorgungskonzepte, aber auch komplizierte postoperative Verläufe ursächlich sein. Nur die frühzeitige und vollständige Analyse der Problematik und die Erarbeitung eines entsprechenden Salvagekonzepts erlaubt günstigenfalls die gelenkerhal-

tende und die Anatomie wiederherstellende Rekonstruktion. Sind relevante sekundäre Schäden eingetreten, sind Korrekturarthrosen zur Wiedererlangung einer plantigraden achsengerechten Fußstellung sowie der Gehfunktion oftmals unvermeidlich, wobei danach getrachtet werden sollte, jene für die Gehfunktion essenziellen Gelenke möglichst von der Arthroese auszunehmen.

Einleitung

Fehlgeschlagene Osteosynthesen am Fuß, die Revisionen nach sich ziehen, können sicherlich zum einen auf technischen Fehlern beruhen, deren Grundlage eine ungenügende präoperative Diagnostik und Planung, eine falsche Indikationsstellung, eine inadäquate Implantatwahl oder OP-Technik ist – dies sind sicherlich Ursachen, die vermeidbar sind. Zum anderen aber lassen sich nicht alle Fehlschläge hierunter subsummieren, da es auch zahlreiche Ursachen für ein ungünstiges oder komplikationsbehaftetes Resultat einer primären Frakturversorgung gibt, die trotz korrektem Vorgehen für den Operateur schwer vorhersehbar sind. Somit bedarf es einer differenzierten Betrachtung des manifesten Korrekturverlusts, der verzögerten Durchbauung oder der Pseudarthrose, der posttraumatischen Knochennekrose, der Ausheilung in Fehlstellung mit entsprechender Funktionseinbuße [21]. Die differenzierte Analyse beschränkt sich nicht nur auf die bildgebenden Verfahren, sondern beinhaltet eine sorgfältige klinische funktionelle Untersuchung. Bei chronischen Verläufen ist die Betrachtung und Analyse

des belasteten Fußes sowie des Abrollmusters beim Gehen unabdingbar [18]. Ein Schlüssel einer erfolgreichen Rekonstruktion ist eine plantigrade Fußstellung; gelingt es nach einem Trauma nicht, eine plantigrade und achsengerechte Fußposition zu erzielen, sind die Aussichten auf einen funktionsfähigen Fuß gering. Grundsätzlich ist eine frühzeitige Korrektur anzustreben, da hier im günstigen Fall eine anatomiegerechte Rekonstruktion unter Gelenkerhalt möglich ist. Sind bereits erhebliche sekundäre Veränderungen im Gelenkbereich eingetreten, bleibt oftmals nur die Korrekturarthrose als Ausweg. Arthrosen werden allerdings so sparsam wie möglich angewandt (keine „prophylaktische“ routinemäßige Einbeziehung von Gelenken), insbesondere wenn für die Gehfunktion essenzieller Gelenke (z.B. OSG, Talonavikulargelenk) betroffen sind [9].

Talus

Dem Talus kommt als „Schaltknochen“ zwischen oberem Sprunggelenk und Fuß eine Schlüsselrolle für die normale Funktion des Fußes zu. Aufgrund des 60%igen Knorpelüberzuges und der Beteiligung an drei essenziellen Fußgelenken: dem oberen sowie hinteren und vorderen unteren Sprunggelenk, führen selbst geringe residuelle Fehlstellungen und Inkongruenzen nach zentralen oder

peripheren Talusfrakturen zu schmerzhaften funktionellen Einschränkungen. Neben Achsenabweichungen und Gelenkverwerfungen kompromittieren nicht korrekt reponierte Fragmente die Weichteile im Sinne eines Impingements (z.B. der Tibialis-posterior-Sehne) oder eines posttraumatischen Sinus-tarsi- bzw. Tarsaltunnelsyndroms. Eine gefürchtete Komplikation nach zentralen Talusfrakturen ist der Kollaps des Taluskorpus durch eine avaskuläre Nekrose [21].

Fehlschläge bei Osteosynthesen von Talusfrakturen sind zu erwarten, wenn die exakt anatomische Rekonstruktion der anatomischen Form und Gelenkfacetten nicht gelingt. Mögliche Ursachen sind übersehene periphere Frakturen, Defektzonen oder Subluxationen, weswegen vor der Versorgung von Talusfrakturen regelhaft ein CT durchgeführt werden sollte.

Eine ungenügende visuelle Darstellung während des Eingriffes birgt ebenfalls die Gefahr der unzureichenden Reposition von Frakturen oder Luxationen. Zur korrekten Einstellung des Subtalargelenkes und Versorgung des Processus fibularis tali ist neben dem anteromedialen ein zusätzlicher lateraler Zugang erforderlich. Der Versuch der geschlossenen Reposition wird selten von Erfolg gekrönt sein. Beim regelmäßigen Vorliegen von zentralen Kompressionszonen kann die Zugschraubenosteosynthese von Talushalsfrakturen eine Achsenfehlstellung des Talus provozieren.

Zudem ist eine übungstabile Osteosynthese Voraussetzung für eine ungestörte Knochenheilung bei gleichzeitiger Möglichkeit der Beübung der Sprunggelenke zur Nutrition des Knorpels. Die frühzeitige Reposition und Osteosynthese (möglichst innerhalb 6h) dislozierter Hals- und Korpusfrakturen sollte aufgrund der prekären Blutversorgung des Talus angestrebt werden [11,16,18]. Ursache für die insgesamt recht seltenen Pseudar-

throsen sind mangelnde Stabilität der Versorgung oder kritische Defektzonen, welche nicht mit Spongiosa aufgefüllt wurden.

Die Indikation zur Korrektur ist bei allen symptomatischen Fehlstellungen gegeben. Sie sollte prinzipiell frühzeitig erfolgen, um möglichst gelenkerhaltend vorgehen zu können oder zumindest die Entstehung von Anschlussarthrosen bei länger bestehenden Fehlstellungen zu vermeiden.

Zur präoperativen Planung werden Belastungsaufnahmen beider Füße in 2 Ebenen und beider OSG a.-p. sowie ein CT angefertigt. Sind bei der primären Osteosynthese Titanimplantate verwendet worden, gibt die MRT wichtige Zusatzinformationen zur Vitalität des Taluskorpus und Beschaffenheit des Gelenkknorpels.

Für die Planung der notwendigen Korrekturmaßnahmen hat sich – unabhängig von der Genese der Fehlstellung – die in **Tab. 1** dargestellte Einteilung von Talusfehlverheilungen als nützlich erwiesen [21]. Dabei ist nach eigener Erfahrung insbesondere die Unterscheidung in partielle und totale avaskuläre Nekrosen des Taluskorpus für die Prognoseabschätzung von Bedeutung.

Prinzipiell sollte bei Fehlstellungen vom Typ I–III beim Fehlen von arthrotischen Veränderungen eine anatomische Korrektur unter Erhalt der essenziellen Gelenke angestrebt werden, da die Versteifung der Gelenke des Talus (oberes Sprunggelenk, Subtalargelenk und Talonavikulargelenk) mit einer deutlichen Funktionseinschränkung und Affektion der Nachbargelenke einhergeht. Bei bereits manifester Arthrose ist die (korrigierende) Arthrodesis Mittel der Wahl. Am oberen Sprunggelenk kann, falls kein erheblicher Substanzverlust vorliegt, zum Erhalt einer gewissen Beweglichkeit alternativ die endoprothetische Versorgung erfolgen. Bei Typ IV–V Fehlheilun-

gen ist neben der Arthrodesis die Auffüllung der zumeist erheblichen Defekte mit – gegebenenfalls vaskularisierten – Knochentransplantaten erforderlich.

Spezielle Therapieoptionen

Liegt zum Zeitpunkt der Korrektur keine manifeste Arthrose, vollständige Nekrose des Taluskorpus und kein Infekt vor, so kann der Versuch einer anatomischen Rekonstruktion mittels Korrekturosteotomie bzw. Arthrodesenausräumung bei insgesamt guter Knochenqualität unter Erhalt der Gelenke unternommen werden [19, 21].

Zur anatomischen Gelenkrekonstruktion ist eine ausreichende Übersicht von einem bilateralen Zugang (anteromedial + Ollier) aus erforderlich. Eine streng atraumatische Präparationstechnik ist bei den kritischen Durchblutungsverhältnissen obligat. Bei pseudarthrotischer Fehlheilung wird die bindegewebige Defektzone zunächst ausgeräumt, eventuell vorhandene Sklerosezonen werden abgefräst und mittels Pridie-Bohrungen wird die Durchblutung der angrenzenden Knochenbezirke angeregt. Der entstandene Defekt wird mit autologer Spongiosa bzw. einem kortikospongiösen Span aufgefüllt. Nach Wiederherstellung der Gelenkflächenbeziehungen erfolgt die Schraubenosteosynthese unter Beachtung der Achsen- und Längenverhältnisse (**Abb. 1**). In bislang 6 Fällen mit residuellen Achsenfehlstellungen und Gelenkverwerfungen zwischen 4 und 49 Wochen nach dislozierten Talusfrakturen konnten mit einer gelenkerhaltenden Korrektur gute funktionelle 2-Jahres-Ergebnisse mit einer erheblichen Beschwerdereduktion erzielt werden [13].

Die Indikation zur Korrekturarthrose besteht bei manifesten, schmerzhaften Arthrosen, irreparabler Zerstörung der Gelenkfläche, wobei die Arthrodesis stets auf das betroffene Gelenk beschränkt bleiben sollte, um weitere Funktionseinbußen zu vermeiden.

Situationsabhängig stehen somit die OSG-Arthrodesis, subtalare Arthrodesis (**Abb. 1**), talonavikulare Arthrodesis, Double- oder Triple-Arthrodesis zur Disposition. Das Talonavikulargelenk als Bestandteil der Coxa pedis sollte, wann immer möglich, erhalten werden [9, 21]. Liegt eine Totalnekrose des Taluskorpus vor, so ist nach vollständiger Nekrektomie zumeist die tibiokalkaneare Arthrodesis mit Achsenkorrektur und weit ge-

hender Defektauffüllung zum Längenerhalt erforderlich. Hierfür bietet die retrograde Marknagelung eine ausreichende Stabilität [3]. Nicht unproblematisch ist jedoch die unphysiologische Belastung der distalen Tibia mit dem erhöhten Risiko von Stressfrakturen [17].

Entsprechend den Prinzipien der septischen Chirurgie muss beim – glücklicherweise seltenen – Auftreten einer septischen Talusnekrose durch wiederholte, radikale Nekrektomien und Weichteildébridements zunächst der Infektherd saniert werden [10]. Sämtliches Osteosynthesematerial wird entfernt. Die entstehende Defekthöhle wird vorläufig mit Gentamicin-Ketten als Platzhalter und Antibiotikaträger aufgefüllt, die Haut unter Umständen mit einem Vacuseal-Verband verschlossen und ein tibiotarsaler Fixateur externe zur Transfixation angelegt. Die Auffüllung des knöchernen Defektes nach Infektsanierung erfolgt mit einer ausreichend dimensionierten autologen oder homologen Knochenspaneinbolzung [10]. Bei Folgezuständen nach schweren Infekten können nach primärer Sanierung und tibiokalkaneare Fusion durch sekundären Längenausgleich mittels Ilizarov-Distraktion auch akzeptable Ergebnisse erzielt werden [5]. Insgesamt ist der komplette Verlust des Taluskorpus insbesondere nach Infektverlauf jedoch mit einer ungünstigen Prognose behaftet, weshalb der Infektvermeidung durch aggressives initiales Weichteilmanagement vor allem bei offenen Frakturen oberste Priorität zukommt.

Chopart-Gelenk

Auch in der heutigen Zeit werden Verletzungen des Chopart-Gelenkes häufig initial übersehen bzw. unterschätzt und als „Zerrungen“ bzw. „isolierte“ Navikulare- oder Kuboidfrakturen fehlinterpretiert [4, 21].

Wichtig für das Verständnis von Chopart-Gelenksverletzungen ist die Kenntnis des typischen Frakturmechanismus: eine forcierte Adduktion bzw. Abduktion des Vorfußes zumeist mit gleichzeitiger axialer Gewalteinwirkung. Es resultieren Kompressionskräfte auf der einen Seite („Nussknackermechanismus“) mit Stauchungsfrakturen sowie Distraktionskräften auf der Gegenseite des Gelenkes mit häufig übersehenen Bandverletzungen und Subluxationen [6].

Klassische Fehler bei der operativen Versorgung von Chopart-Luxationsfrakturen sind zum einen die ungenügende Auf-

Tab. 1 Einteilung posttraumatischer Fehlverheilungen des Talus [21]

Typ	Pathologie
I	Gelenkfehlstellung
II	Gelenkfehlstellung mit Pseudarthrose
III	I/II mit partieller Talusnekrose
IV	I/II mit totaler Talusnekrose
V	I/II mit septischer Talusnekrose



Abb. 1

richtung und Auffüllung der häufigen Impressionszonen an Taluskopf/Os naviculare oder Proc. anterior calcanei/Kuboid und zum anderen das Übersehen von begleitenden Bandverletzungen bei bloßer Konzentration auf die knöchernen Läsionen. Bei ungenügender Aufrichtung und Stabilisierung von Stauchungsdefekten mit autologer Spongiosa resultiert eine Verkürzung der medialen bzw. lateralen Fußsäule mit der zwangsläufigen Ausbildung eines Pes adductus bzw. abductus. Werden ligamentäre Verletzungen nicht adäquat therapiert (anatomische Reposition und temporäre Kirschner-Drahttransfixation für 6 Wochen), können schmerzhafte sagittale Instabilitäten bis hin zur Entstehung eines posttraumatischen Plattfußes oder chronische kalkaneokuboidale Instabilitäten in der Horizontalebene resultieren [12,18]. Schicksalhaft – auch nach korrekter Versorgung einer transnavikulären Chopart-Luxationsfraktur – ist das Auftreten einer posttraumatischen avaskulären Nekrose des Os naviculare insbesondere beim älteren Patienten [15].

Korrekturbedürftige Fehlstellungen nach Chopart-Luxationsfrakturen weisen demnach eine oder mehrere der folgenden Charakteristika auf (vgl. **Abb. 2**, [21]):

1. Gelenkverwerfung
2. Horizontale Fehlstellung (Pes adductus/Pes abductus)
3. Sagittale Fehlstellung (Pes planus/Pes cavus)
4. Bandinstabilität

Zur präoperativen Planung sind möglichst Belastungsaufnahmen beider Füße in 2 Ebenen, Achsaufnahmen nach Saltzman sowie Schrägaufnahmen der Fußwurzel im Seitenvergleich erforderlich. Ein CT wird empfohlen. Als Therapieoption nach fehlgeschlagenen Osteosynthesen am Chopart-Gelenk verbleibt mehrheitlich nur die korrigierende Arthrorese (vgl. **Abb. 2**, [7,21]). Isolierte Bandinstabilitäten des Kalkaneokuboidgelenkes können bei fehlenden arthrotischen Veränderungen mittels anatomischer Peroneus-brevis-Bandplastik stabilisiert werden [9].

Im Falle einer isolierten Kalkaneokuboid-Arthrose erfolgt nach Ausräumung des Gelenkes über einen geraden lateralen Zugang die isolierte Kalkaneokuboid-Arthrorese. Bei der häufigen Verkürzung der lateralen Fußsäule mit resultierender Vorfuß-Abduktion wird diese als Distractions-Arthrorese des Kalkaneokuboidgelenkes mit zusätzlicher Einbolzung eines trikortikalen Spanes durchgeführt. Die Fixation erfolgt jeweils mit gekreuzten oder parallelen 3,5 mm (oder 4,5 mm) Kortikalisschrauben. Bei Verkürzungen der medialen Fußsäule und isolierter talonavikulärer Arthrose erbringt die Talonavikuläre-Arthrorese zwar eine ausreichende Schmerzreduktion, zieht jedoch eine substantielle Bewegungseinschränkung im Subtalargelenk sowie eine verminderte Plantarflektion in der Abstoßphase nach sich [2]. Die komplette Chopart-Arthrorese über einen bilateralen Zugang ist bei einer kombinierten Arthrose des Kalkaneokuboid- und Talonavikulärgelenkes sowie bei einer sagittalen Fehlstellung auf Höhe des Chopart-Gelenkes indiziert. In letzteren Fällen ist zur Korrektur eine keilförmige Subtraktions-Osteotomie, welche zum Scheitelpunkt der Achsenabweichung hin offen ist, erforderlich. Beim fortgeschrittenen Pes planovalgus mit chronischer Instabilität infolge übersehener Bandverletzungen oder Ruptur bzw. Ausriss der Tibialis-posterior-Sehne am Os naviculare bietet die Triple-Arthrorese auch für posttraumatische Fehlstellungen im Chopart-Gelenk eine Alternative [1,6].

Lisfranc-Gelenk

Ein häufiger Fehler bei der Versorgung von Lisfranc-Luxationsfrakturen ist der unkritische Versuch der geschlossenen Reposition und Gipsretention. Die perkutane Kirschner-Draht-Spickung nach Aufsetzen einer spitzen Repositionszange ist in Einzelfällen sicherlich möglich, insbesondere bei isolierten Verletzungen des 1. oder 5. Strahles [8]. Das Repositionsergebnis sollte in jedem Falle kritisch, idealerweise auch mittels CT, überprüft werden. Aufgrund der häufigen Interposition

von dorsalen Kapsel- und Bandanteilen sowie von kleineren Abschlagfragmenten der Metatarsale-Basen (insbesondere des in ca. 90% frakturierten zweiten Metatarsalstrahles) bzw. der Cuneiformia, ist eine anatomische Reposition von Lisfranc-Luxationsfrakturen jedoch geschlossen nur selten möglich, eine Retention im Gips ist auch dann in keinem Fall ausreichend.

Bei der Analyse des eigenen Krankengutes fanden sich bei Patienten, die sich mit symptomatischen Fehlstellungen nach Lisfranc-Luxationsfrakturen vorstellten, in einem reichlichen Drittel der Fälle initial übersehene Verletzungen, in einem weiteren Drittel primär fehlgeschlagene Versuche einer geschlossenen Reposition und Gips- bzw. perkutanen Kirschner-Drahtfixation [20].

Die klassische Fehlstellung nach inadäquater Versorgung der häufigen homolateralen Lisfranc-Luxationsfrakturen, besteht in einer Achsenabweichung des Vorfußes (Pes abductus) mit einer Fehlbelastung des Vorfußes und einem gestörten Abrollverhalten.

Bei persistierender Fehlstellung besteht im Verlauf die Gefahr einer Subluxation im Talonavikulärgelenk und einer Rotation im Subtalargelenk im Sinne eines Rückfuß-Valgus. Durch die Gefügestörung des Fußlängsgewölbes auf Höhe der tarsometatarsalen Gelenke kommt es bei chronischen Verläufen zur Ausbildung eines Plattfußes [20]. Bei erheblicher dorsaler Dislokation der Metatarsale-Basen besteht die Gefahr der Ausbildung eines kontrakten Hohlfußes. Unbehandelte isolierte Lisfranc-Luxationsfrakturen führen zu einer Instabilität und Fehlstellung des entsprechenden Strahles mit begleitender Zehenfehlstellung. Für die betroffenen Patienten sind diese Fehlstellungen regelhaft mit erheblichen Beschwerden und einer zum Teil invalidisierenden Funktionseinschränkung verbunden. Die Therapie der Wahl nach fehlgeschlagener Osteosynthese ist die korrigierende Arthrorese der betroffenen Strahlen.

◀ **Abb. 1** Fehlgeschlagene Schraubenosteosynthese bei dislozierter Talushalsfraktur vom Typ Hawkins 2 (a) mit deutlicher Gelenkverwerfung sowohl im vorderen Anteil des oberen Sprunggelenkes und Subluxationsstellung im hinteren unteren Sprunggelenk (b). Die Patientin stellt sich mit einer schmerzhaften Fehlstellung (c) und einer erheblichen Funktionseinschränkung 3 Monate nach der Erstversorgung vor. Aufgrund fehlender Anzeichen einer Taluskorpusnekrose und des Alters der Patientin wird eine Korrekturosteotomie und erneute Schraubenosteosynthese unter Erhalt des oberen Sprunggelenkes durchgeführt

(d). Das Subtalargelenk war durch die persistierende Fehlstellung bereits arthrotisch verändert und musste mittels Schraubenarthrorese fusioniert werden (e). Knapp 2 Jahre postoperativ finden sich keine Arthrosezeichen im oberen oder vorderen unteren Sprunggelenk bei solider Fusion des hinteren unteren Sprunggelenkes (d,e). Die Rückfußachse ist korrigiert (f). Es besteht eine freie Funktion im oberen Sprunggelenk (g,h) sowie eine kompensatorische Beweglichkeit in der Frontalebene im vorderen unteren Sprunggelenk nach subtalärer Fusion (i,j).



Abb. 2 Mediale subtalare Luxation und Chopart-Gelenkluxation. Initiale Röntgendiagnostik OSG a.-p. und seitlich (a, b) bzw. CT (c). Röntgenkontrolle nach (inkompletter) Reposition und Transfixation mittels Fixateur externe (d, e). Entwicklung einer progressiven und schließlich fixierten Fehlstellung nach Entfernung des Fixateurs (f, g). Korrektur mittels Triple-Arthrodesis des USG, Sehnenverlängerung im Bereich der medialen Fußsäule, Sehnenraffung im Bereich der lateralen Fußsäule, temporäre Anlage einer Transfixation mittels Fixateur externe (h, i).

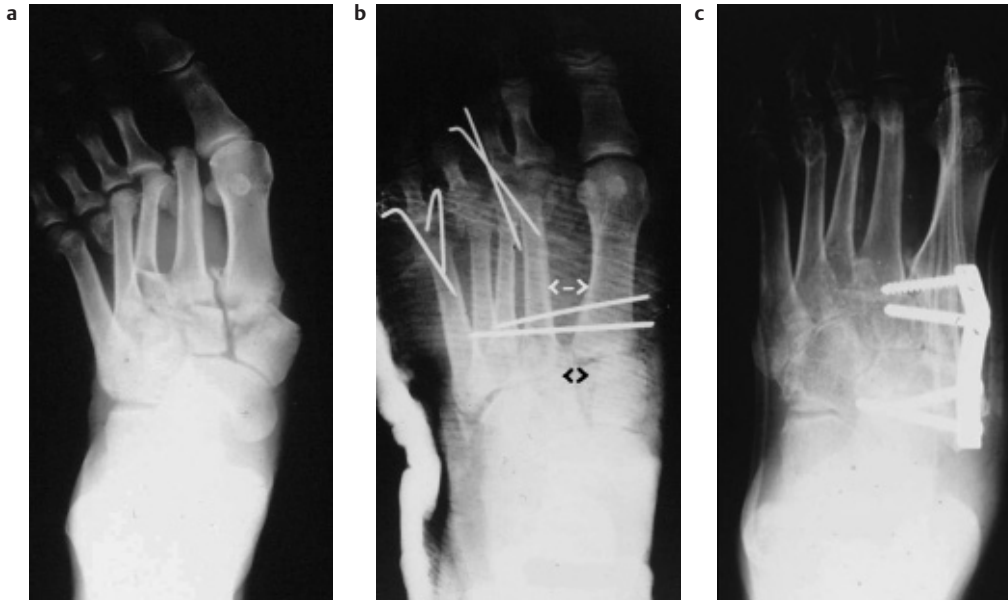


Abb. 3 Erfolgreicher Versuch einer geschlossenen Reposition und perkutanen Kirschner-Drahtosteosynthese bei homolateraler Lisfranc-Luxationsfraktur (a). Der Patient stellt sich mit erheblichen Schmerzen beim Versuch der Belastung vor. Im Röntgenbild (b) imponiert eine pathologische Diastase zwischen 1. und 2. Strahl (weißer Doppelpfeil) sowie ein deutlicher Versatz zwischen der Basis des Os metatarsale II und dem Os cuneiforme intermedium (schwarzer Doppelpfeil). Ein geringer Versatz findet sich auch zwischen der Basis des 1. Strahles und dem korrespondierendem Os cuneiforme mediale (b). Es erfolgt die offene Reposition, Gelenkauräumung und Arthrodesese des medialen Lisfranc-Gelenkes, worunter sich die lateralen Strahlen anatomisch ausrichten und nicht separat fusioniert werden müssen (c).

Ziel der Korrekturarthrodese des Lisfranc-Gelenkes ist die Rekonstruktion der normalen Achsen- und Längenverhältnisse des Fußes, um ein weit gehend schmerzfreies Gehen im eigenen Schuh zu ermöglichen.

Die präoperative Planung beinhaltet Belastungsaufnahmen beider Füße in zwei Ebenen sowie eine 45°-Schrägaufnahme mit angehobenem medialen Fußrand im Seitenvergleich [18,20]. Bei komplexen Fehlstellungen oder unübersichtlichen Knochengrenzen ist ein CT in 2 primären Schnittebenen bzw. ein Spiral-CT mit multiplanarer 2D-Rekonstruktion erforderlich. Als wichtigstes radiologisches Maß für die Fehlstellung bzw. Korrektur dient die Talometatarsale-Achse in beiden Ebenen. Das Winkelmaß der Bedeckung des Taluskopfes durch das Os naviculare in der dorsoplantaren Aufnahme zeigt das Ausmaß der subtalaren Subluxation [7].

Die Korrekturarthrodese des Lisfranc-Gelenkes erfolgt über 1–2 dorsale, längs verlaufende Zugänge, analog zur Versorgung frischer Verletzungen. Die betroffenen tarsometatarsalen Gelenke werden vom Gelenkknorpel und subchondralen sklerotisierten Knochenanteilen befreit. Bei er-

heblichem Substanzverlust ist die Einbringung eines kortikospongiösen Knochenspanes erforderlich, insbesondere dann, wenn die Verkürzung nicht alle Strahlen betrifft. Die Korrektur beginnt mit der Ausrichtung der Basis des 2. Metatarsale-Strahles als „Schlussstein“ des Fußgewölbes zwischen dem lateralen und medialen Würfelbein, wodurch die Einstellung des benachbarten 1. und 3. Strahles erleichtert wird. Bei isolierten Verletzungen der medialen Fußsäule oder relativ kurzfristig bestehenden Fehlstellungen kommt es nach Korrektur der drei medialen Strahlen gelegentlich zu einer spontanen Ausrichtung der lateralen Strahlen, welche in diesen Fällen nicht mit dem Os cuboideum fusioniert werden müssen [20]. Die Fusion erfolgt als Kompressionsarthrodese mit 2,7 oder 3,5 mm-Kortikalisschrauben. Bei schlechter Knochenqualität und größeren Längenverlusten von mehr als 2 cm kann alternativ eine Plattenosteosynthese (Abb. 3) durchgeführt werden [7]. Die Nachbehandlung erfolgt unter Vollbelastung im gut anmodellierten Gipschuh für 6–8 Wochen. Auf die Möglichkeit asymptomatischer Schraubenbrüche nach knöcherner Ausheilung sollte hingewiesen werden [21]

Metatarsalia und Zehen

Geringe posttraumatische Ahasabweichungen der Metatarsalia und Phalangen sind häufig Röntgenzufallsbefunde und in vielen Fällen asymptomatisch. Fehlschläge nach Osteosynthesen sind am ehesten bei Nichtbeachten der biomechanischen Prinzipien zu erwarten. Das direkte Einbringen von Kirschner-Drähten in Längsrichtung der Metatarsalia in das entsprechende Köpfchen kann infolge der Hebelwirkung auf die Basis der Grundphalanx der korrespondierenden Zehe zu einer erzwungenen Fehlstellung des betreffenden Metatarsale-Strahles oder einer Cockup-Deformität der Zehe führen. Eine Transfixation der Basis der Grundphalanx wird daher prinzipiell empfohlen [18] bzw. ein antegrades Einbringen der intramedullären Drähte von der basisnahen Metaphyse der Metatarsalia. Verbliebene sagittale Abweichungen (Tiefer- oder Höhertreten der Metatarsale-Köpfchen) nach durchgeführter perkutaner Osteosynthese können zu hartnäckigen primär-mechanischen Metatarsalgien führen [21]. In diesen Fällen sind zur Abklärung der Beschwerden neben den Standard-Röntgenaufnahmen (Vorfuß seitlich, dorsoplantar und schräg) Belastungsaufnahmen der Mittel-



Abb. 4 Z.n. MTP-I-Gelenkarthrodese links mit autologer Beckenspaninterposition nach beidseitigen multiplen Vorfußeingriffen. Kombinierte Fehlstellung mit Plantarflexion, Varusfehlstellung, Überlänge des 1. Strahles und Rotationsfehlstellung der Großzehe. Der Kontakt der betroffenen Großzehe „funktioniert“ über das Endglied (a, b). Vergleichsaufnahmen der Gegenseite im Stehen (c, d). 3D Korrektur mit Verkürzung, Valgisierung, Derotation und Extension; Belastungsaufnahmen im Stehen (e, f) und klinisches Bild (g) 8 Wochen nach Korrektur.

fußköpfchen und eine pedographische Darstellung der Lastverteilung in diesem Bereich erforderlich. Korrekturbedürftig sind insbesondere das Tiefertreten der Mittelstrahlen (2–4) sowie das Höherentreten der Randstrahlen 1 und 5, um eine physiologische Lastabwicklung über den Vorfußballen zu gewährleisten. Die Korrektur tiefer tretender Mittelfußköpfchen erfolgt durch eine für sekundäre Metatarsalgien entwickelte subkapitale Schrägosteotomie und entsprechende Verschiebung von plantar nach dorsal unter funktioneller Nachbehandlung mit Vollbelastung [14], beim relevanten Höherentreten einzelner Strahlen erfolgt eine flektierende Closing-wedge-Osteotomie.

Bei horizontalen Fehlstellungen der Metatarsalia und Zehen ist eine Korrektur symptomatischer Fehlstellungen nur dann angezeigt, wenn auch bei nichttraumatischer Genese eine Korrekturoperation durchgeführt würde, also bei biome-

chanisch relevanten Fehlstellungen wie Metatarsus primus varus, subkapitalen Achsenabweichungen der Metatarsalia mit Subluxation im Zehengrundgelenk, Hallux valgus, Digitus quintus varus. Dies gilt auch für Krallen- und Hammerzehen, welche häufig als Folgezustände nach Kompartiment-Syndrom verbleiben [21].

Symptomatische Fehlstellungen nach Osteosynthesen am Vorfuß resultieren zudem häufig nach rekonstruktiven Eingriffen am Vorfuß, insbesondere im Bereich des ersten Strahles (Abb. 4). Neben der klinischen Untersuchung am entlasteten Fuß ist eine exakte Analyse der Lastverteilung über den gesamten Vorfuß beim Gehen und Stehen für die Korrekturplanung essenziell (Abb. 4). Fehlschläge in dieser Region können oftmals zur Folge haben, dass der Patient nicht mehr mit Konfektionsschuhwerk versorgt werden kann.

Literatur

- Canale ST, Kelly FB Jr. Fractures of the neck of the talus. *J. Bone Joint Surg [Am]* 1978; 60: 143–156
- Fogel GR, Katoh Y, Rand JA, Chao EY. Talonavicular arthrodesis for isolated arthrosis: 9.5-year results and gait analysis. *Foot Ankle* 1982; 3: 105–13
- Kile TA, Donnelly RE, Gehrke JC, Werner ME, Johnson KA. Tibiotalocalcaneal arthrodesis with an intramedullary device. *Foot Ankle Int* 1994; 15: 669–73
- Kotter A, Wieberneit J, Braun W, Rüter A. Die Chopart-Luxation. Eine häufig unterschätzte Verletzung und ihre Folgen. Eine klinische Studie. *Unfallchirurg* 1997; 100: 737–41
- Liener UC, Bauer G, Kinzl L, Suger G. Die tibiokalkaneare Arthrodesis. Eine Analyse von 21 Fällen. *Unfallchirurg* 1999; 102: 848–54
- Main BJ, Jowett RL. Injuries of the midtarsal joint. *J. Bone Joint Surg [Br]* 1975; 57: 89–97
- Mann RA, Prieskorn D, Sobel M. Mid-tarsal and tarsometatarsal arthrodesis for primary degenerative osteoarthritis or osteoarthritis after trauma. *J. Bone Joint Surg [Am]* 1996; 78: 1376–85

- ⁸ Myerson M. The diagnosis and treatment of injury to the tarsometatarsal joint complex. *J Bone Joint Surg [Br]* 1999; 81: 756–763
- ⁹ Pisani G. *Fußchirurgie*. Thieme, Stuttgart – New York, 1998
- ¹⁰ Rammelt S, Grass R, Brenner P, Zwipp H. Septische Talusnekrose nach Illig offener Talusfraktur im Rahmen eines komplexen Fußtraumas („Floating talus“). *Trauma Berufskrankh* 2001; 3 (Suppl 2): 230–235
- ¹¹ Rammelt S, Gavlik JM, Winkler J, Zwipp H. Medium term results after central talus fractures. *Proceedings of the 4th Congress of the European Foot and Ankle Society*, March 21–23, 2002, Sevilla, Spanien, p 24
- ¹² Rammelt S, Grass R, Schikore H, Zwipp H. Verletzungen des Chopart-Gelenks. *Unfallchirurg* 2002; 105: 371–385
- ¹³ Rammelt S, Winkler J, Zwipp H. Sekundäre anatomische Rekonstruktion fehlverheilte zentraler Talusfrakturen. *Z Orthop* 2003; 141 (Suppl 1): 48–49
- ¹⁴ Reikeras O. Metatarsal osteotomy for relief of metatarsalgia. *Arch Orthop Trauma Surg* 1983; 101: 177–178
- ¹⁵ Sangeorzan BJ, Benirschke SK, Mosca V, Mayo KA, Hansen ST Jr. Displaced intra-articular fractures of the tarsal navicular. *J Bone Joint Surg [Am]* 1989; 71: 1504–1510
- ¹⁶ Schulze W, Richter J, Klapperich T, Muhr G. Funktionsergebnisse nach operativer Therapie von Talusfrakturen. *Chirurg* 1998; 69: 1207–1213
- ¹⁷ Thordarson DB, Chang D. Stress fractures and tibial cortical hypertrophy after tibiotalar-occalcaneal arthrodesis with an intramedullary nail. *Foot Ankle Int* 1999; 20: 497–500
- ¹⁸ Zwipp H. *Chirurgie des Fußes*. Springer, Wien, New York, 1994
- ¹⁹ Zwipp H, Gavlik JM, Rammelt S, Dahlen C. Rekonstruktion fehlverheilte Talusfrakturen. In: Probst J, Zwipp H. (Hrsg.) *Posttraumatische Korrekturingriffe nach Fehlheilung an Becken und unterer Extremität. Bericht über die 2. Dresdner Unfalltagung am 4. April 1998*, Band. 101. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin, 1998, pp. 161–180
- ²⁰ Zwipp H, Rammelt S, Holch M, Dahlen C. Die Lisfranc-Arthrodese nach Fehlheilung. *Unfallchirurg* 1999; 102: 918–923
- ²¹ Zwipp H, Rammelt S. Posttraumatische Korrekturoperationen am Fuß. *Zentralbl Chir* 2003; 128: 218–226

Dr. med. Stefan Rammelt

Funktionsoberarzt

Prof. Dr. med. Hans Zwipp

Klinikdirektor

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie

Universitätsklinikum

„Carl Gustav Carus“ der TU Dresden

Fetscherstr. 74

D-01307 Dresden

Prof. Dr. med. Thomas Mittlmeier

Klinikdirektor

Chirurgische Klinik und Poliklinik der Universität Rostock

Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie

Schillingallee 35

D-18055 Rostock