

# Subtalare Arthrodesese mit Calcaneus-Osteotomie

## Problematik

Regelmäßig auftretende Spätfolgen nach ungenügender Reposition einer intraartikulären Fersenbeinfraktur bestehen in einer Inkongruenz des Subtalargelenks, einer Höhenminderung und Verkürzung des Rückfußes, einer Verbreiterung der Ferse mit Rückfußvarus- oder -valgusfehlstellung sowie einer zusätzlichen inklinatorischen talometatarsalen Achse (Abb. 1). Sie führen zu einer schmerzhaften posttraumatischen Arthrose im Subtalargelenk und/oder Kalkaneo-Kuboid-Gelenk, einer Verkürzung des Hebelarms der Achillessehne und einem kalkaneofibularem Abutment, insbesondere bei translatorischer Fehlverheilung des Tuberfragments mit posteriorer Facette unter den Außenknöchel (Abb. 2). Letztere Fehlverheilung kann isoliert oder kombiniert mit einem zusätzlich fehlverheilten lateralen Bulgefragment zum Impingement der Peronealsehnen führen.

Durch das häufige Einsinken des Taluskörpers in den Kalkaneus (Typ III) kommt es zur Retrokipfung des Taluskörpers im oberen Sprunggelenk mit permanenter Einstellung der breiteren Trochlea tali und einer damit verbundenen Präarthrose des oberen Sprunggelenks mit frühen Zeichen eines tibiotalaren Impingements. Die wiederherstellende Operation muss daher neben der subtalaren Fusion nicht nur die Reorientierung des Talus in Bezug zum oberen Sprunggelenk und zum Talo-Navikular-Gelenk im Sinne der talometatarsalen Achse beinhalten, sondern auch die Fehlstellung des Kalkaneus selbst in der Rückfußachse beseitigen, was bei translatorischer Fehlver-

heilung (Typ IV) oder Typ V (Abb. 3) in der Regel nur durch eine additive Osteotomie im Bereich der ehemaligen Frakturflächen über einen beidseitigen Zugang zum Kalkaneus sichergestellt werden kann (Tab. 1).

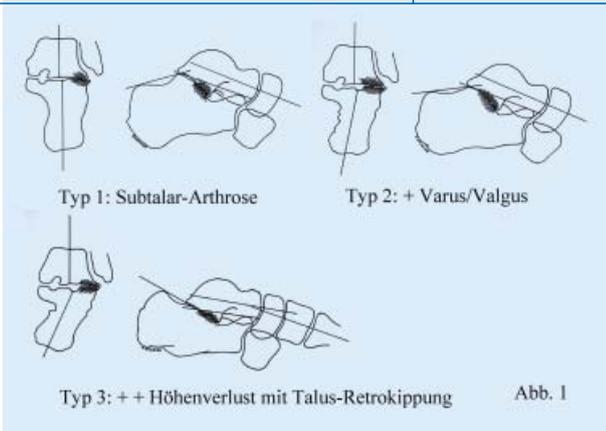
Typ-IV- und Typ-V-Fehlverheilungen gehen im Allgemeinen auf Luxationsfrakturen des Kalkaneus (Fallbeispiel 1; Abb. 4) zurück, die nach der neuen AO-Klassifikation [9] als C-Frakturen beschrieben werden. Da diese Frakturen in manchen Fällen einer einfachen 2-Teile-Fraktur entsprechen, welche initial nur gering disloziert erscheinen, aber von der Pathomechanik hochgradig instabil sind, werden sie gelegentlich initial übersehen (Fallbeispiel 2; Abb. 5). Bei konservativer Behandlung im Gipsverband (Fallbeispiel 3; Abb. 6) oder perkutaner Spickdrahtosteosynthese (Fallbeispiel 4; Abb. 7) besteht bei starker Dehiszenz eine hohe Inzidenz zur Fehlverheilung im Sinne der Pseudarthrose. Allerdings werden auch bei operativer Therapie im Sinne der offenen Reposition und internen Stabilisation (ORIF) diese Luxationsfrakturen im Ausmaß ihrer Dislokation nicht selten unterschätzt und verbleiben in einer translatorischen Fehlposition (Fallbeispiel 5; Abb. 8).

Besteht ein unzureichender Knochenkontakt des sustentakulären Fragments durch mangelnde anatomische Reposition des luxierten Tuberfragments, entsteht die seltene Pseudarthrose des Kalkaneus, die regelhaft im Frakturbereich des vorausgegangenen Scherbruchs zu finden ist. In diesen Fällen ist weniger die Pseudarthrose als solche das pathomechanische Problem, sondern die damit verbundene erhebliche Fehlstellung des Kalkaneus mit Translation des Kalkaneuskörpers gegenüber dem Sustentaculum von 10 mm oder mehr. Der dadurch verursachte relative Rückfußvalgus ist kompliziert durch die am Tuberfragment verbliebene posteriore Facette, die unter den Außenknöchel disloziert, diesen gelegentlich zertümmert und zum äußerst schmerzhaften Abutment führt. Zur Vermeidung solcher schwer zu korrigierenden Fehlverheilungen wurde unlängst zur zielführenden Operationstechnik dieser schwierigen operierenden akuten C-Frakturen des Kalkaneus ein bilaterales Vorgehen vorgeschlagen [10].

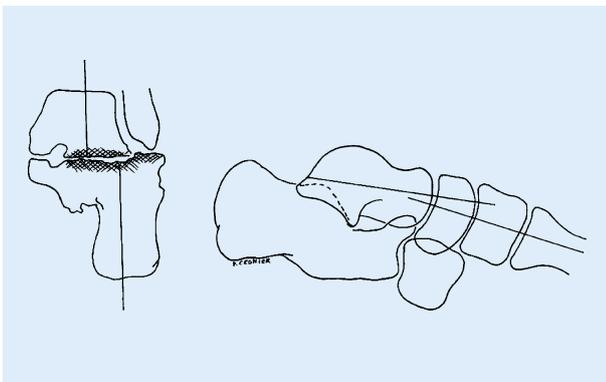
Eine Besonderheit stellt der Typ V der Fehlverheilung dar (Fallbeispiel 6; Abb. 9). Dabei kommt es aufgrund der Luxationsfraktur des Kalkaneus bei erheblicher Gewalteinwirkung zur zusätzlichen Zerreißung der fibulotalaren Bän-

Tab. 1 Typenrelevante Operationstechnik

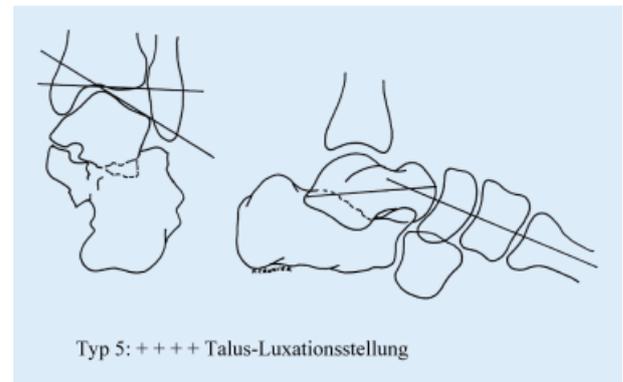
Gruppe	Typ	Therapie
A: Fehlverheilung	I Gelenkinkongruenz	In-situ-Arthrodesese
	II + Varus/Valgus	+ Rückfußkorrektur
B: Pseudarthrose	III ++ Höhenminderung	++ talometatarsale Achsenkorrektur
	IV +++ Translation	+++ Osteotomie
C: Nekrose	V ++++ Talusluxation	++++ Talusreposition



**Abb. 1** ◀ Zeichnerische Darstellung der posttraumatischen Fehlverheilungen nach Kalkaneusfraktur Typ I bis III. Beim Typ I sind alle Achsen korrekt einschließlich Böhler-Winkel, sodass lediglich eine Subtalararthrose nach minimaler Gelenkinkongruenz der posterioren Facette resultiert. Beim Typ II kommt zur Subtalararthrose eine Rückfußvarus- oder -valgusfehlstellung hinzu. Beim Typ III verstärkt sich die Pathologie zusätzlich durch den Rückfußhöhenverlust mit Retrokippung des Talus, negativem Böhler-Winkel und Verlust der talometatarsalen Achse (mit Genehmigung des Zeichners Dr. Patrick Cronier, Angers, France).



**Abb. 2** ▲ Der Typ IV ist charakterisiert durch die Pathologie Typ I–III plus translatorische Fehlstellung des Corpus calcanei mit anhängender posteriorer Facette bis unter den Außenknöchel. Dadurch resultiert ein in der Regel erheblicher Rückfußvalgus mit Abutment der posterioren Facette zum Außenknöchel (mit Genehmigung des Zeichners Dr. Patrick Cronier, Angers, France)



**Abb. 3** ▲ Der Typ V stellt die folgenschwerste Fehlverheilung nach Kalkaneusfraktur dar, die zusätzlich zu den Pathologien aus Typ I bis IV eine fixierte Varuskippung des Talus aus der Sprunggelenkgabel beinhaltet (mit Genehmigung des Zeichners Dr. Patrick Cronier, Angers, France)

der mit fixierter Varuskippung des Taluskörpers aus der Sprunggelenkgabel in den geborstenen Kalkaneus hinein. Wird diese Varuskippung des Talus mit Impaktion im Kalkaneus nicht frühzeitig durch Ligamentotaxis mittels Anlegen eines medialen triangulären Fixateurs korrigiert oder im Rahmen einer offenen Reposition und internen Osteosynthese beseitigt, erfordern spätere Korrekturoperationen neben der Rückfußosteotomie und subtalaren Arthrodesese eine zusätzliche anteromediane OSG-Exposition zur anatomischen Rückführung des Talus in die Sprunggelenkgabel.

Die seltene aseptische oder septische Osteonekrose bei Typ IV-/Typ-V-Fehlverheilungen erfordert die zusätzliche radikale Nekrektomie und den ein- oder meist besser zweizeitigen Ersatz mit körpereigenem Knochen (Fallbeispiel 7; **Abb. 10**).

### Problemlösung

Die vermutlich erste Osteotomie des Kalkaneus zur Korrektur eines extrem fehlverheilten Kalkaneus mit erheblicher Dislokation nach kranial und lateral, 4 Monate nach Fraktur, führte Frederic Cotton bereits im Jahre 1903 [2] durch. Er beschreibt genau eine Osteotomie dorsal des Subtalargelenks mit notwendiger Verschiebung des dislozierten Tuberfragments um 13/4 inch sowohl nach plantar als auch nach medial, dies kombiniert mit einer Achillessehnenentomie.

Verlässliche Korrekturoperationen für erheblich fehlverheilte Kalkaneusfrakturen wurden allerdings erst gegen Ende des 20. Jahrhunderts mit der „subtalar distraction bone block arthrodesis“ [1] bekannt sowie die „two plane osteotomy“ nach Hansen [4]. Romash [6] berichtete 1993 als Erster über die „reconstructive osteotomy with subtalar arthrodesis“, d. h. Osteotomie entlang der ehemaligen

Frakturflächen. Während dieser Autor die Osteotomie ausschließlich über einen lateralen Zugang vornimmt, wurde im eigenen Vorgehen [8] auf die Vorteile des bilateralen Vorgehens zur Osteotomie im Falle einer 1994 erstmalig beschriebenen Typ-V-Fehlverheilung hingewiesen.

Neuere Berichte zur Kalkaneusosteotomie wie von Huang et al. [5] beziehen sich auf achsenkorrigierende Maßnahmen, aber nicht auf eine Osteotomie zur Auflösung der alten Frakturflächen.

### Diagnostik

Die präoperative Diagnostik beinhaltet neben der klinischen Untersuchung die radiologische Abklärung mit Belastungsaufnahmen beider Füße in vier standardisierten Projektionen:

- Die OSG a.-p.-Projektion mit 20° Innenrotation beider Füße (**Abb. 6c, 7a, 8j, 10d**) zeigt in der Regel sehr eindrucksvoll die klassische Laterali-

H. Zwipp · S. Rammelt

### Subtalare Arthrodesis mit Calcaneus-Osteotomie

#### Zusammenfassung

Das Ausmaß fehlerheilter Kalkaneusfrakturen wird in 5 therapierelevante Typen (I–V) unterteilt. Die knöcherne Situation für die Korrektur entspricht in der einfachen Gruppe A einer fehlerheilten Fraktur (malunion), in der schwierigen Gruppe B einer Pseudarthrose und in der schwierigsten Gruppe C einer zusätzlichen aseptischen / septischen Osteonekrose. Während beim Typ I ohne nennenswerte Fehlstellung eine posttraumatische Arthrose des Subtalargelenkes vorliegt und eine In-Situ-Arthrodesis in der Regel ausreicht, erfordern der Typ II mit zusätzlicher Varus- oder Valgusrückfußfehlstellung, insbesondere aber der Typ III mit additiver Höherminderung die reorientierende Subtalararthrodesis mit zu interponierenden kortikospongiösen Spänen. Dagegen benötigt der Typ IV mit zusätzlicher translatorischer Fehlerheilung und der Typ V mit additiver varischer Kippung des Talus aus dem oberen Sprung-

gelenk die zusätzliche Osteotomie entlang der ehemaligen Frakturflächen. Dies, um den nach lateral subluxierten/luxierten Kalkaneuskörper mit Anteilen der posterioren Facette anatomisch zu reorientieren und das zerstörte Subtalargelenk zu fusionieren. Dies gilt operationstechnisch in gleichem Maße für die Gruppe A der Fehlerheilung („malunion“) wie auch für die Gruppe B der Nichtverheilung („nonunion“). Osteonekrotische Kalkaneusanteile in der Gruppe C müssen de principe zusätzlich radikal reseziert und ein- oder besser zweizeitig durch autologen Knochen ersetzt werden.

#### Schlüsselwörter

Kalkaneusfehlerheilung · Kalkaneuspseudarthrose · Kalkaneusosteotomie · Subtalare Arthrodesis · Autologe kortikospongiöse Transplantation

### Subtalar arthrodesis with calcaneal osteotomy

#### Summary

The amount of posttraumatic deformities of the calcaneus after fracture is classified in 5 types (Type I–V). The bony situation includes in the simple group A malunions, in group B the more demanding nonunions and in Group C the worst cases with additional aseptic or septic necrosis of parts of the calcaneus. For type I with posttraumatic arthritis of the subtalar joint and without malalignment, an in situ-arthrodesis is suitable. Type II, with an additional varus- or valgus hind foot deformity, but especially in type III with additional loss of height and dorsal tilting of the talus a bone block distraction arthrodesis is required. Type IV includes, additionally to the pathology of type I to type III, a lateral translation of the calcaneus. This indirectly causes a severe hind foot valgus and an abutment of the posterior facet towards the lateral malleolus.

This type needs osteotomy of the calcaneus through the old fracture surfaces, performed using a bilateral approach. Type V is very rare but the most difficult one for reconstructive surgery because the talus is additionally tilted out of the ankle joint. Therefore, in addition to the bilateral approach and calcaneal osteotomy, an anteromedian approach to the ankle joint is necessary. The surgical procedure in group A (malunion) is more or less the same like in group B (nonunion). Group C (aseptic / septic osteonecrosis) needs a preliminary radical necrectomy in a two stage reconstructive procedure.

#### Keywords

Calcaneal malunion · Calcaneal nonunion · Calcaneal osteotomy · Subtalar fusion · Autogenous bone block transplantation

sierung des Tuberfragments mit anhängender posteriorer Facette beim Typ IV und Typ V im Sinne des Außenknöchelabutments (s. *weißer Pfeil* in **Abb. 6c, 7a**).

- Die seitliche Belastungsaufnahme beider Füße mit oberem Sprunggelenk (**Abb. 4a, 6c, d, 7b, 9a, 10b**) lässt sehr anschaulich die pathologische Verwerfung der talometatarsalen Achse durch die Retrokippung des Talus erkennen. Darüber hinaus wird meist auch der deutliche Höhenverlust des Rückfußes erkennbar (**Abb. 7b**).
- Die beidseitige dorsoplantare Fußaufnahme mit 20°kaudal gekippter Röntgenröhre unter Körperlast (**Abb. 6e, 7c, 10e**) zeigt die oftmals zusätzliche Verwerfung des Kalkaneo-Kuboid-Gelenks bei Typ VI und V (s. *schwarzer Pfeil* in **Abb. 6e**) mit konsekutiver Abduktionsfehlstellung des Mitt- und Vorfußes, was durch die talometatarsale Achse in der Aufsicht deutlich zutage tritt (s. gepunktete Linie in **Abb. 6e**).
- Die Rückfußaufnahme nach Saltzman [7] im Stehen zeigt sehr eindrucksvoll nicht nur die resultierende Rückfußvalgusfehlstellung durch Lateralversetzung des Fersenbeins nach außen, sondern auch die direkte Stufenbildung des Calcaneuskörpers gegenüber der inneren Sustentaculumlinie (s. *weißer Blockpfeil* in **Abb. 7d**).

Neben diesen standardisierten Belastungsaufnahmen kann die *Brodén-Projektion* (**Abb. 6f**, *schwarzer Pfeil*) die erhebliche Lateralisierung der posterioren Facette bis unter den Außenknöchel deutlich machen, der in vielen Fällen durch die Impaktion im Rahmen der axialen Stauchung deformiert zur Darstellung kommt.

Die *Computertomographie* (zweidimensional) mit Darstellung der Fehlerheilung in der koronaren Schicht zeigt noch eindrucksvoller als die *Brodén-Projektion* die verhakte Verrenkung beim Typ IV und V mit Fehlerheilung der posterioren Facette bis unter den Außenknöchel im Sinne einer „malunion“ (**Abb. 5d**), einer nur punktförmigen knöchernen Verschweißung des Calca-

neuskörpers zum sustentakulären Hauptfragment (■ **Abb. 7f, g**) oder die vollständige Pseudarthrose (■ **Abb. 6g**). Die transversale Schichtung lässt ebenfalls die knöcherne Situation des Tuberhauptfragments mit posteriorer Facette in Relation zum sustentakulären Fragment und eine mögliche zusätzliche Verwerfung des Kalkaneo-Kuboid-Gelenks mit Luxation der kuboidalen Gelenkfacette nach lateral erkennen (■ **Abb. 6g**). Die sagittale Schichtung zeigt in der Regel die Retrokipfung des Talus, die Verwerfung des Subtalargelenks einschließlich arthrotischer zystischer Veränderungen sowie die Kranialverschiebung des Tuberfragments mit Höhenverlust des Rückfußes (■ **Abb. 7g**).

Die *Computertomographie in dreidimensionaler Darstellung* (■ **Abb. 4b, 8l, 8h, 10**) zeigt den Luxationscharakter bei Typ IV und V auf einen Blick und kann für die komplexe Operationsplanung bereits behilflich sein.

Die *MRT* (■ **Abb. 8c, 10l**) wird weniger zur Beurteilung einer Fehlverheilung, sondern vielmehr zur Beurteilung der Vitalität von Talus und Kalkaneus eingesetzt, um das Risiko eines komplexen Korrekturingriffs besser einzuschätzen und um aseptische oder septische Knochennekrosen für die notwendige resektive Maßnahme besser lokalisieren zu können.

Nur selten ist, wie in ■ **Abb. 10k** dargestellt, eine präoperative DSA notwendig, um nach Komplextraumen auszuschließen, dass ggf. der Rückfuß nur noch von einem der drei Gefäße durchblutet wird, was einem komplexen rekonstruktiven Eingriff entgegensteht.

Im eigenen Vorgehen werden zusätzlich zu einer pedobarographischen Analyse grundsätzlich Spiegeltischaufnahmen durchgeführt, die die plantare Lastverteilung im Vergleich zum gesunden Fuß (■ **Abb. 8k**) deutlich erkennen lassen und bei beidseitiger Fehlverheilung (■ **Abb. 10c**) die unterschiedlichen Belastungszonen veranschaulichen.

## Operationsplanung

Neben den oben erwähnten präoperativen Untersuchungen wie Klinik, Belastungsaufnahmen, CT etc. ist bei den komplexen Fehlverheilungen von Typ IV

und V eine Visualisierung in dreidimensionaler Form äußerst hilfreich. Während früher anhand von CT-Feinschichtdaten zur präoperativen Planung Polymerschäumstoffmodelle (■ **Abb. 9d**) gefräst wurden, die aufgrund des Materials ein „Voroperieren“ mit Osteotomie, Reposition und Stabilisierung erlauben, dienen hingegen Kunstharzmodelle (■ **Abb. 4c**) nur der dreidimensionalen Anschauung. Aufgrund einer weniger kostenintensiven Entwicklung mit einer 3D-Software [3] kann heute aufgrund eines CT-Feinschichtdatensatzes eine dreidimensionale virtuelle Operationsplanung (■ **Abb. 5**) durchgeführt werden.

## Operationstechnik

Bei Typ-IV- und V-Fehlverheilungen des Kalkaneus sind in der Regel mindestens zwei Zugänge notwendig. Eine mehrstündige Operationszeit ist einzuplanen. Ein „single shot“ eines Zephalosporins der dritten Generation sollte im Minimum verabreicht werden. In der Gruppe C (Nekrose) ist eine längerfristige antibiotische Therapie, eventuell ein zweizeitiges Vorgehen notwendig.

## Lagerung des Patienten

Da in der Regel für den Typ IV immer ein medialer und lateraler Zugang, für den Typ V zusätzlich ein anteromedianer OSG-Zugang erforderlich ist, wird der Patient grundsätzlich in Rückenlage operiert. Das Becken wird links und rechts abgestützt, um den Tisch ausreichend weit in beide Richtungen kippen zu können.

## Operative Zugänge

**Medialer Zugang** Je nach Größe des verbliebenen sustentakulären Hauptfragments kann ein klassischer McReynolds-Zugang mit Darstellung und sichernder Anzügelung des Gefäßnervenbündels notwendig werden. Bei weiter nach plantar reichendem sustentakulärem Hauptfragment muss gelegentlich die waagerechte Inzision mehr plantarwärts liegen, sodass nicht in allen Fällen das Gefäßnervenbündel dargestellt und angeschlungen werden muss. Der mediale Zugang dient zur Osteotomie mit dem Meißel entlang der alten Frakturflächen, um an der Gren-

ze im subtalaren Gelenkbereich mit dem Meißel dort anzukommen, wo die posteriore Facette nach kranial unter den Außenknöchel disloziert fehlverheilt ist. In Bezug zum Calcaneo-Cuboid-Gelenk soll der Meißel bei intakt gebliebenem CC-Gelenk dicht proximal des Gelenks bis nach lateral vordringen, bei zerstörtem Gelenk im Bereich der alten Frakturfläche.

## Epimalleolärer modifizierter Palmer-Zugang [10]

Ist kein ausgedehnt lateraler Zugang durch eine frühere Operation vorgegeben, sollte beim Typ IV und V der Kalkaneusfehlverheilung nach Möglichkeit immer ein epimalleolärer modifizierter Palmer-Zugang gewählt werden. Über diesen Zugang kann die dislozierte posteriore Facette unterhalb des Außenknöchels gut dargestellt, luxierte Peronealsehnen reponiert, das Subtalargelenk nach Osteotomie gut kontrolliert und der vordere Anteil des Kalkaneus zum Calcaneo-Cuboid-Gelenk hin ebenfalls gut eingesehen und korrigiert werden.

**Anteromedianer OSG-Zugang** Dieser ist nur beim Typ V notwendig, um allenfalls vorhandenes fibröses Gewebe aus dem anterolateralen OSG-Kompartiment zu entfernen und die anatomische Reposition des Talus zurück in die Sprunggelenkgabel exakt zu kontrollieren.

## Operationstaktik

Bei gegebener Fehlverheilung („malunion“) vom Typ IV und V ist prinzipiell ein Zugehen mit zwei bzw. drei Zugängen erforderlich. In der Gruppe B (Pseudarthrose) kann beim Typ IV gelegentlich ein alleiniger lateraler Zugang ausreichend sein, da eine Osteotomie mit möglicher Verletzung des medialen Gefäßnervenbündels in der Regel nicht notwendig ist. Entscheidend für eine erfolgreiche Rekonstruktion ist allerdings immer eine sehr gute Übersicht mit geeigneter Repositionstechnik, die fast zwangsläufig ein bilaterales Vorgehen notwendig erscheinen lässt.

Bei der Fehlverheilung („malunion“) sollte grundsätzlich mit dem medialen Zugang begonnen werden, um den Ort der translatorischen Fehlverheilung im ersten Schritt darzustellen. Im zweiten Schritt wird über den lateralen Zugang die fehlverheilte posteriore Facette unter dem

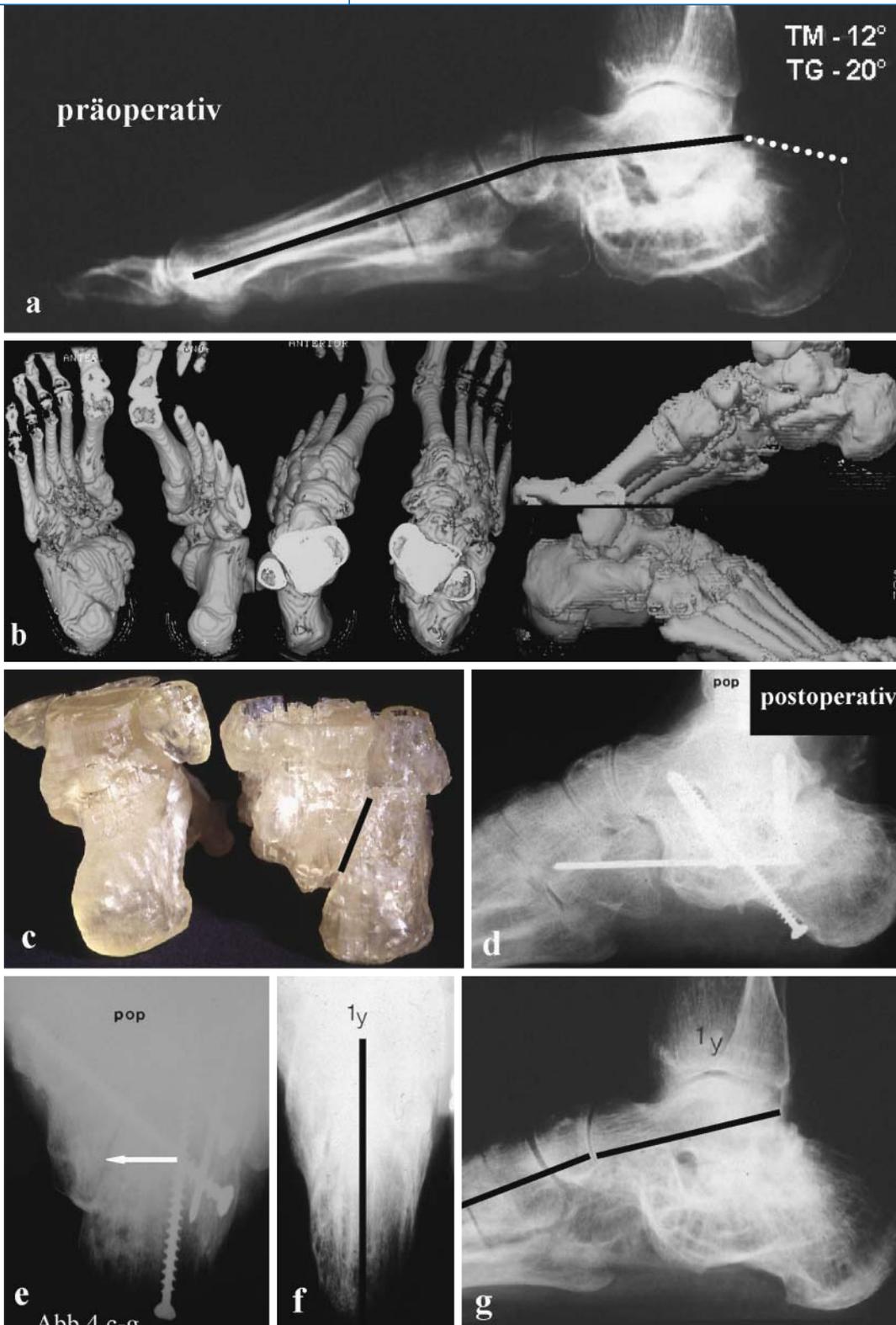
Außenknöchel dargestellt sowie die Situation am Calcaneo-Cuboid-Gelenk exponiert.

**Osteotomie** Da aufgrund der Fehlverheilung eine Osteotomie von lateral her in der Regel nicht möglich ist, wird die Osteotomie vom medialen Zugang aus durchgeführt. Dazu ist es notwendig, 1 bis 2 Kirschner-Drähte der Stärke 2,0 mm zu setzen, die entlang der alten Frakturfläche zum Subtalargelenk und in Richtung Calcaneo-Cuboid-Gelenk verlaufen. Entlang dieser Kirschner-Drähte, die unter BV-Kontrolle auf ihre korrekte Lage hin kontrolliert werden, wird mit einer oszillierenden Säge oder einem scharfen Meißel vorsichtig osteotomiert. Durch dieses Vorgehen wird mehr oder weniger die ursprüngliche 2-Teile-Fraktur artifiziiell wiederholt, damit anschließend die translatorische Verschiebung nach medial und plantar erfolgen kann. Zur Mobilisation des Tuberhauptfragments ist es ratsam eine 6,5er Spongiosa-Schanz-Schraube mit Handgriff in das Tuberfragment perkutan einzubringen, um damit die Plantarisierung und den Shift nach medial zu erleichtern.

**Reposition** Für die Repositionstechnik ist es oftmals essenziell, dass neben der Mobilisation der zwei Hauptfragmente, dem Einbringen der Schanz-Schraube mit Handgriff in das Tuberfragment zusätzlich ein großes Raspatorium als Repositionshilfe gleichzeitig eingesetzt wird. Mit diesem Raspatorium hebt man beispielsweise mit der rechten Hand zwischen Talusunterrand und der posterioren Facette wie mit einem Schuhlöffel, um das laterale Fragment nach plantar zu drücken und gleichzeitig nach medial zu verschieben. Dieses Manöver wird unterstützt mit der linken Hand des Operateurs, der mit dem Handgriff an der Schanz-Schraube zusätzlich das Tuberfragment nach plantar hebt und nach medial shiftet. Ist unter großer Kraftanstrengung die Reposition zwischen den beiden Hauptfragmenten gelungen, muss der Assistent zügig die große runde Beckenzange (■ **Abb. 6h**) zwischen Außenfläche des Sustentaculum und der subthalamischen lateralen Kalkaneuswand setzen und mit maximaler Kompression beide Hauptfragmente in

Hier steht eine Anzeige.





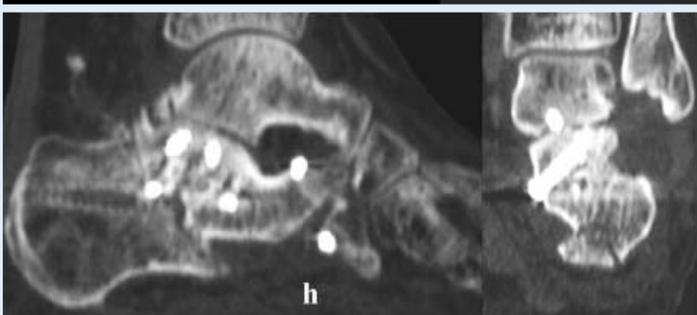
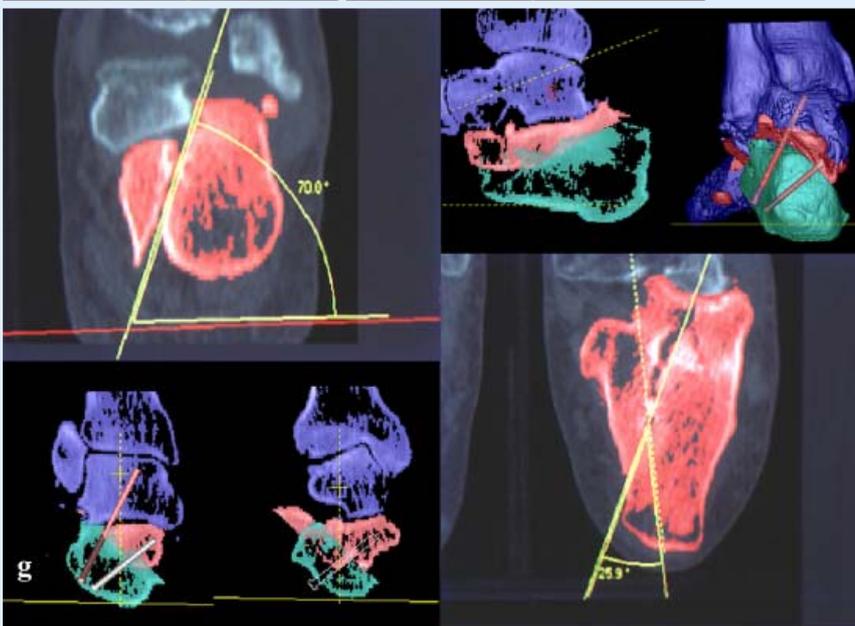
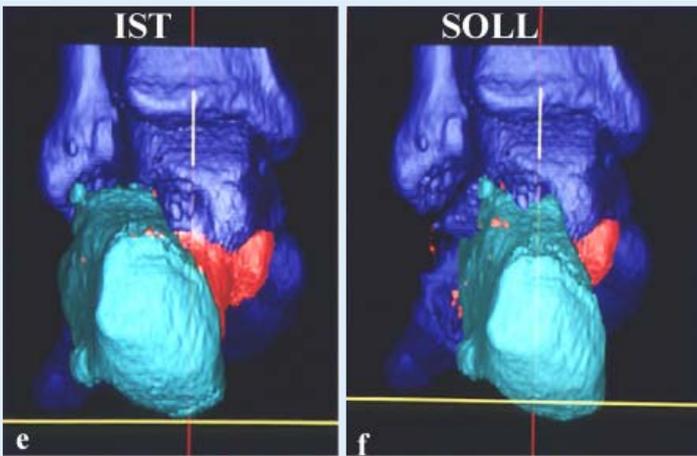
**Abb. 4** ◀ Fallbeispiel 1: Gruppe A (Fehlverheilung/ "malunion") Typ IV (Erläuterungen siehe im Text)

reponierter Stellung halten, um vor Verschraubung mindestens noch zwei 2.0-mm-Kirschner-Drähte zu setzen. Dabei sollte einer, vom Tuber plantarseitig eingebracht, bis in den hinteren Taluskörper reichen und ein zweiter vom Sustentacu-

lum medialseitig bis nach subthalamisch lateralseitig.

**Retention** Ist die Reposition unter BV-Kontrolle jetzt korrekt nachweisbar, kann die bilaterale Verschraubung (3,5/4,0 mm) nach ausreichender Defektfüllung mit au-

tologen kortikospongiösen Spänen erfolgen. Die Hauptstabilisationsrichtung bezieht sich dabei vom plantaren Tuber bis in den hinteren Taluskörper (auch 6,5 mm), vom Sustentaculum zur subthalamischen lateralen Wand und zusätzlich vom calcaneo-cuboid-gelenknahen lateralen Kalka-



**Abb. 5** ◀ Fallbeispiel 2: Gruppe A (Fehlverheilung/"malunion") Typ IV (Erläuterungen siehe im Text)



**Abb. 6 ▲** Fallbeispiel 3: Gruppe B (Pseudarthrose/"nonunion") Typ IV (Erläuterungen siehe im Text)



**Abb. 7 ▲** Fallbeispiel 4: Gruppe B (Pseudarthrose/ "nonunion") Typ IV (Erläuterungen siehe im Text)

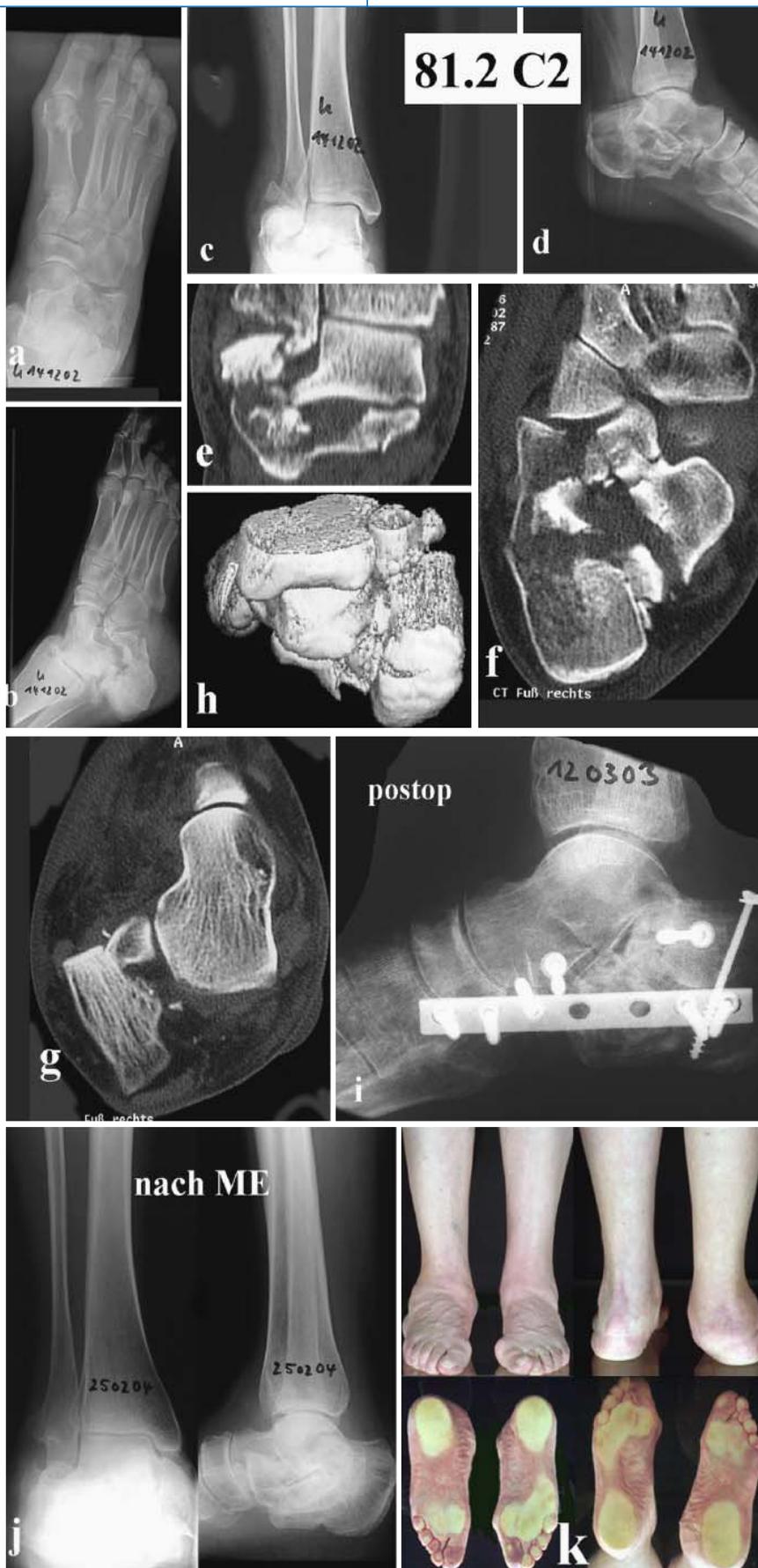


Abb. 8 ▲ Fallbeispiel 5: Gruppe A/B (Typ IV) (Erläuterungen siehe im Text)

neusanteil zur medialen distalen Osteotomiefläche. Nur bei Zerstörung des Calcaneo-Cuboid-Gelenks wird dieses mit fusioniert.

Die Prinzipien der Reorientierung werden in den folgenden Fallbeispielen 1 bis 7 dargestellt.

### Fallbeispiele

Die folgenden Fallbeispiele sollen veranschaulichen, dass Fehlverheilungen nach Kalkaneusluxationsfrakturen nicht nur bei konservativer Behandlung, sondern auch bei perkutaner Spickdrahtosteosynthese und sogar nach offener Reposition mit interner Osteosynthese beobachtbar sind und regelhaft zu einem schmerzbedingt nicht belastbaren Fuß führen.

#### Fallbeispiel 1: Gruppe A (Fehlverheilung/"malunion") Typ IV (Abb. 4)

Eine 43-jährige Patientin kommt 11/2 Jahre nach konservativer Behandlung mit einer Typ-IV-Fraktur zur Korrekturoperation. Die seitliche Fußbelastungsaufnahme zeigt die Abweichung der talometatarsalen Achse (Abb. 4a) mit Retrokipung des Talus um 12°. Der Tubergelenkwinkel ist gegenüber der gesunden Seite um 20° vermindert. Das Subtalargelenk erscheint verworfen, das Calcaneo-Cuboid-Gelenk teilweise auch. Die dreidimensionale CT-Analyse (Abb. 4b) zeigt sehr anschaulich die erhebliche Verbreiterung des Rückfußes mit Versetzung des Kalkaneuskörpers nach lateral um mehr als Fibulabreite. Ein präoperativ durchgeführtes Kunstharzmodell (Abb. 4c) zeigt links im Bild die gespiegelte gesunde linke Seite, rechts im Bild die erhebliche Fehlverheilung mit Versetzung des Kalkaneuskörpers und anhängender posteriorer Facette direkt unter der teilzerstörten Fibula. Die ehemalige Frakturfläche ist mit schwarzem Balken gekennzeichnet und entspricht der Osteotomieebene. Das unmittelbar postoperative Röntgenbild (Abb. 4d, e) zeigt die annähernd anatomische Reposition und Retention mit Schrauben. Der weiße Pfeil weist auf die osteotomierte ehemalige Frakturfläche. Die 1-Jahres-Kontrollaufnahme (Abb. 4f, g) zeigt die nahezu anatomisch wiederhergestellte Trigonome-

trie des Fußes mit fast ausgeglichener talometatarsaler Achse, annähernd normaler Rückgewinnung der Rückfußhöhe, korrekter Rückfußachse und Verschmälerung der gesamten Rückfußbreite. AO-FAS-Score präoperativ 38 Punkte, 1 Jahr postoperativ 78 Punkte.

**Fallbeispiel 2: Gruppe A (Fehlverheilung/"malunion") Typ IV** (Abb. 5)

Bei einer 27-jährigen Patientin nach Treppensturz zeigt die Unfallaufnahme (Abb. 5a) ein nicht frei projiziertes fibulotales Gelenk. Entsprechend der Röntgenaufnahme im Gipsverband (Abb. 5b) wird die Patientin unter der Diagnose einer Weber-A-Fraktur (weißer Pfeil) konservativ behandelt, wenngleich trotz Gipsverband die Luxation der posterioren Facette (schwarzer Stern) unter die Fibula erkennbar ist und ein weit klaffender Spalt (schwarze Pfeile) sichtbar ist. Da die Patientin nach 6 Monaten immer noch über heftige belastungsabhängige Beschwerden klagt, wird eine MRT-Untersuchung veranlasst (Abb. 5c), die die erlittene 2-Teile-Fraktur mit Spaltung bis in das Calcaneo-Cuboid-Gelenk hin erkennbar werden lässt. Die koronare Computertomographie (Abb. 5d) zeigt den enormen Höhenversatz des tuberositären Fragments mit anhängender posteriorer Facette um ca. 2 cm mit vollständigem translatorischen Shift lateral zum Talus bis unter den Außenknöchel. Die präoperative dreidimensionale Operationsplanung (Abb. 5e-g) zeigt die Pathologie sehr anschaulich und lässt die Osteotomieebene exakt vorplanen einschließlich virtueller Verschraubung. Das postoperative CT axial und koronar (Abb. 5h) zeigt die jetzt normale Rückfußhöhe und Achsenausrichtung mit Korrektur des Abutments bei jetzt frei projizierter Fibula mit Fusion des Subtalar- und Calcaneo-Cuboid-Gelenks.

**Fallbeispiel 3: Gruppe B (Pseudarthrose/"nonunion") Typ IV** (Abb. 6)

61-jährige Patientin, die beim Baumbe-schneiden aus 2 m Höhe abstürzte und unter der Diagnose einer nicht dislozierten Außenknöchelfraktur konservativ im Gipsverband behandelt wur-

**2 Jahre nach 1.OP**



Abb. 8 ▲ Fallbeispiel 5: Gruppe A/B (Typ IV) (Erläuterungen siehe im Text) – Fortsetzung



Abb. 9 ▲ Fallbeispiel 6: Gruppe A, Typ V (Erläuterungen s. Text)

de (■ Abb. 6a, b), wenngleich selbst im Lightcastverband die Luxation des Tuberculi calcanei mit anhängender posteriorer Facette bis unter den Außenknöchel bei weit klaffendem Gelenkspalt in der a.-p.-Aufnahme, in der seitlichen Projektion der fehlende subtalare Gelenkspalt und die Verwerfung des Calcaneo-Cuboid-Gelenks erkennbar sind. Wegen anhaltender Beschwerden mit Gehfähigkeit nur unter Zuhilfenahme von zwei Unterarmgehstützen wird die Patientin 6 Monate nach dem Unfall vorstellig.

Die Standard-OSG-Belastungsaufnahme im Stehen (■ Abb. 6c) zeigt rechts das Abutment der posterioren Facette zum Außenknöchel (weißer Blockpfeil). Die seitliche Fußbelastungsaufnahme (■ Abb. 6d) lässt die Retrokippung des Talus mit Doppelkonturierung des Subtalargelenks (schwarzer Blockpfeil) erkennen. Die dorsoplantare Fußbelastungsaufnahme (■ Abb. 6e) lässt neben der Inaktivitätsatrophie des linken Fußes die Abduktionsfehlstellung im Chopart-Gelenk mit nicht einsichtbarem Calcaneo-Cuboid-Gelenk nachweisen. Die Brodén-Projektion (■ Abb. 6f) zeigt die posteriore Facette direkt unter dem zerstörten Außenknöchel mit Versatz des gesamten Tuberculi im Sinne der lateralen Translation und Rückfußhöhenminderung. Die präoperative CT-Untersuchung (■ Abb. 6g) veranschaulicht die vorliegende Pseudarthrose der 2-Teile-Fraktur mit Verhakung des Tuberculi-Fragments mit anhängender posteriorer Facette lateral zum Talus bis dicht unter den Außenknöchel, zusätzlich die Zerstörung der cuboidalen Gelenkfacette mit Impaktion durch das Cuboid.

Aufgrund des weit klaffenden Spalts ist eine Knochenheilung nicht möglich („no chance union“). Die intraoperativen Röntgenaufnahmen (■ Abb. 6h-j) zeigen die Reposition der alten 2-Teile-Fraktur mit Kompression durch die große runde Beckenzange (■ Abb. 6h), die über den bilateralen Zugang eingebracht und das mobilisierte tuberositäre Fragment nach Reposition zum Sustentaculum hin festhält. Anschließend erfolgt die Verschraubung mit 3,5er Kleinfragmentschrauben zwischen restentknorpeltem Subtalar- und Calcaneo-Cuboid-Gelenk. Die radiologische und klinische 4-Monats-Kontrolle (■ Abb. 6k-n) zeigt die gute Reorientie-

Hier steht eine Anzeige.



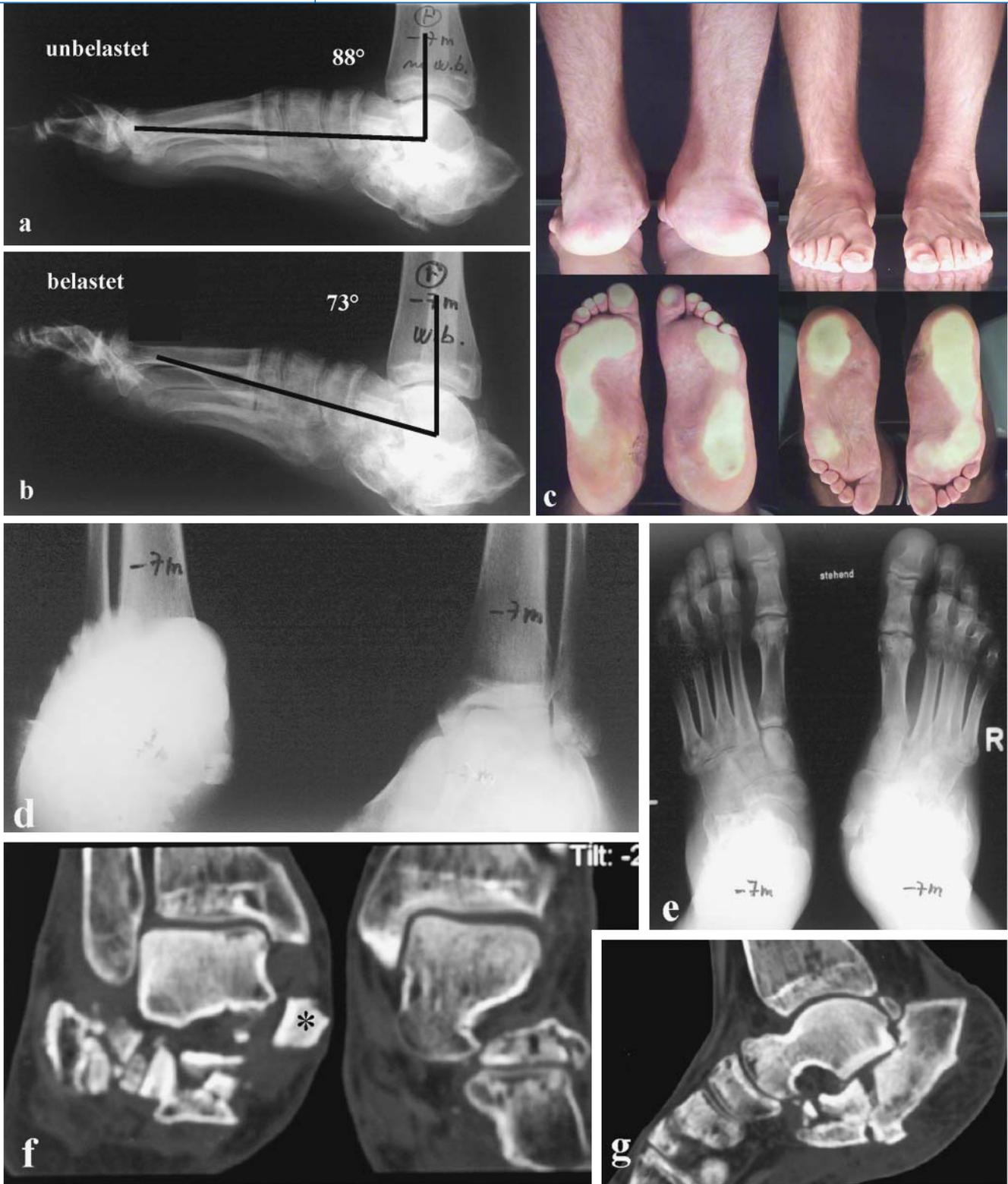


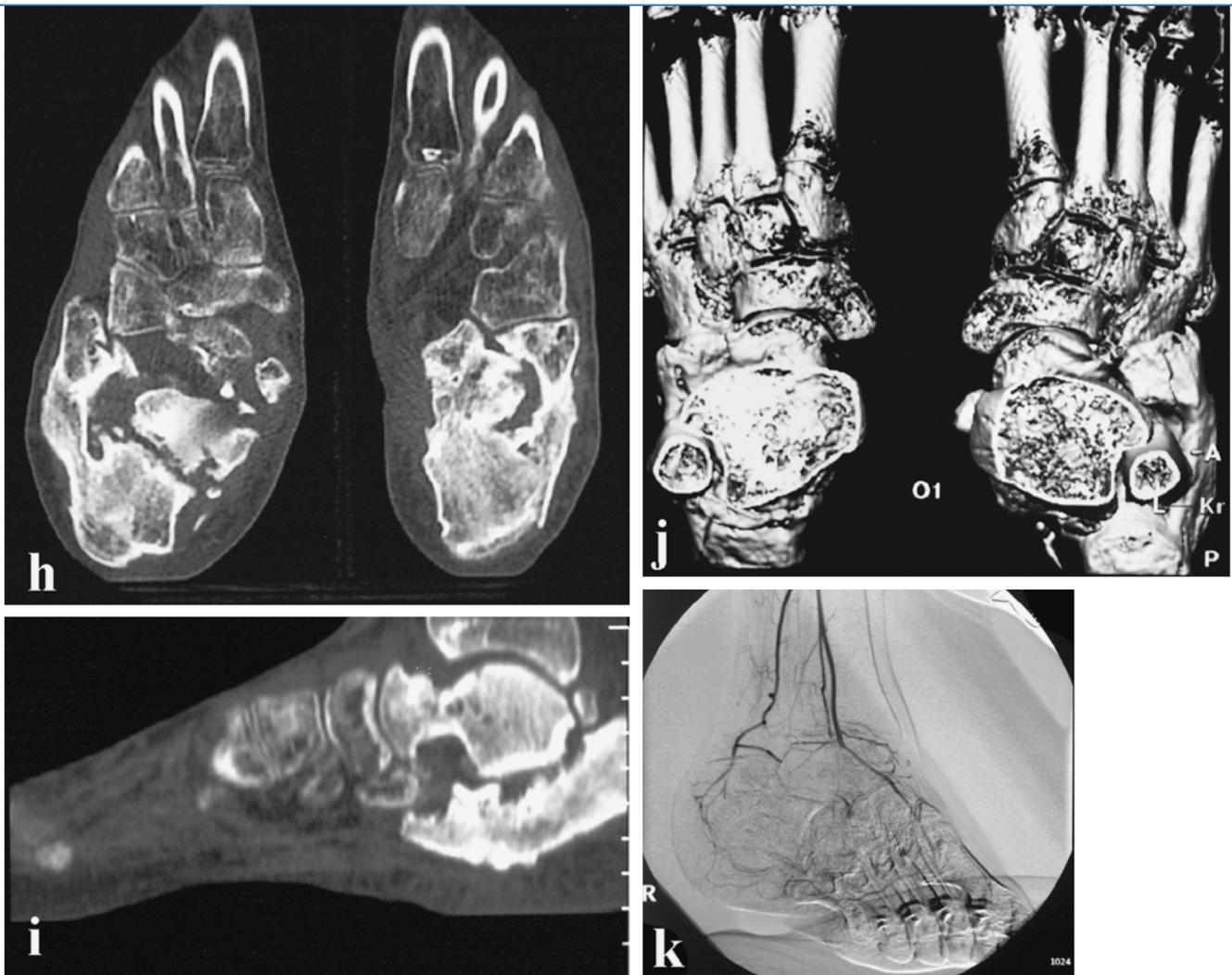
Abb. 10 ▲ Fallbeispiel 7: Gruppe C (Fehlverheilung plus Nekrose) Typ IV (Erläuterungen s. Text)

rung des Rückfußes mit jetzt annähernd schmerzfrei belastbarem Fuß und guter Funktion für Streckung und Beugung im oberen Sprunggelenk (■ Abb. 6m) sowie einer verminderten Funktion für die Pro-

und Supination (■ Abb. 6n). Der präoperative AOFAS-Score von 34 Punkten ist auf 81 Punkte signifikant erhöht.

**Fallbeispiel 4: Gruppe B (Pseudarthrose/"nonunion") Typ IV (■ Abb. 7)**

45-jährige Patientin, 1 Jahr nach Polytrauma unter anderem mit Kalkaneusfraktur



**Abb. 10** ▲ Fallbeispiel 7: Gruppe C (Fehlverheilung plus Nekrose) Typ IV (Erläuterungen s. Text) – Fortsetzung

links, die seinerzeit mit einer perkutanen Spickdrahtosteosynthese versorgt wurde. Die OSG-a.-p.-Aufnahme beidseits mit 20° Innenrotation (■ **Abb. 7a**) zeigt den nach lateral luxierten Kalknaneusanteil bis unter den Außenknöchel mit Teilzerstörung desselben (*weißer Blockpfeil*). Die seitliche Fußbelastungsaufnahme (■ **Abb. 7b**) demonstriert im Seitenvergleich die erhebliche Minderung der Rückfußhöhe (*weiß gepunktete Linie*), die enorme Verwerfung der talometatarsalen Achse mit Retrokipfung des Talus, die Doppelkonturierung des Fersenbeinunterrandes als Ausdruck der translatorischen Versetzung beider Hauptfragmente sowie den fehlenden Böhler-Winkel.

Die dorsoplantare Fußbelastungsaufnahme (■ **Abb. 7c**) lässt die schmerzbedingte Inaktivitätsatrophie mit Abdukti-

onsfehlstellung in Höhe des Chopart-Gelenks erkennen. Die Rückaufnahme nach Saltzman (■ **Abb. 7d**) zeigt den erheblichen Versatz des Tuberhauptfragments gegenüber dem Sustentaculum von etwa 15 mm im Sinne der translatorischen Fehlstellung, was indirekt zum Rückfußvalgus führt.

Das präoperative CT koronar (■ **Abb. 7e**) veranschaulicht den fehlenden Kontakt zum Sustentaculum mit Zerstörung des Subtalgelenks und Osteolysen im Talus. Die sagittale Rekonstruktion (■ **Abb. 7f**) zeigt die subthalamische Fragmentierung mit nur punktförmigen Frakturverheilungsstellen mit arthritischen Osteolysen im Talus und subthalamisch. Die transversale Schicht (■ **Abb. 7g**) weist die Pseudarthrose zum Sustentaculum und den nur punktförmigen Kontakt zwischen Tuberhaupt-

fragment zum Processus-anterior-Fragment nach.

Die intraoperative seitliche Fußröntgenaufnahme (■ **Abb. 7h**) zeigt nach Ausräumung der Geröllzysten die notwendige Wiederherstellung der Rückfußhöhe bei noch liegendem Arthrodeseinspreizer im Subtalgelenk. Die zweite intraoperative seitliche Röntgenaufnahme (■ **Abb. 7i**) verdeutlicht die noch unzureichende Aufrichtung des Talus. Nach Spankorrektur zeigt erst die dritte intraoperative Aufnahme des Fußes (■ **Abb. 7i**) seitlich und axial die anatomische Reorientierung bei Verschraubung des Tuberhauptfragments zum Sustentaculum, zum Processus-anterior-Fragment und zum Talus, der durch den interponierten Span annähernd achsengerecht ausgerichtet ist.



**Abb. 10** ◀  
 Fallbeispiel 7:  
 Gruppe C  
 (Fehlverheilung plus Nekrose) Typ IV  
 (Erläuterungen s. Text)  
 – Fortsetzung

Die postoperativen Halbjahresaufnahmen (■ **Abb. 7j–l**) illustrieren die jetzt freie Fibula (s. *weißer Blockpfeil* in ■ **Abb. 7j**), die Reorientierung des Rückfußes in der Projektion nach Saltzman (■ **Abb. 7k**) sowie die annähernd normale Trigonometrie des Fußes in der seitlichen Projektion mit Wiederherstellung der talometatarsalen Achse und vollzogener Fusion im Subtalargelenk.

#### **Fallbeispiel 5: Gruppe A/B, Typ IV (■ **Abb. 8**)**

Eine 56-jährige Patientin erleidet bei einem „offset crash“ unter anderem eine Luxationsfraktur des Kalkaneus mit Verrenkung in zwei Gelenkebenen, weshalb die Fraktur nach der neuen AO-Klassifikation [8] als 81.2 C2 beschrieben wird (■ **Abb. 8a–h**). Die Röntgenübersichtsaufnahmen (■ **Abb. 8a–c**) zeigen bereits das Vollbild der Luxationsfraktur mit Zerstörung des Außenknöchels. Die zweidimensionale CT-Schichtung (■ **Abb. 8e–g**) illustriert in der koronaren Ebene die Luxation der posterioren Facette mit Tuberkelfragment unter den Außenknöchel mit Impaktion desselben (■ **Abb. 8e**).

Die transversale Schicht (■ **Abb. 8f**) macht die weite Separation des Tuberkelhauptfragments und des Processus-anterior-Fragmentes zum Sustentaculum- und anterioren Facettenfragment unter weit klaffender Spaltbildung bis in das Calcaneo-Cuboid-Gelenk hinein deutlich. Die transversale Ebene auf Höhe des Talus (■ **Abb. 8g**) veranschaulicht die regelrechte Verhakung der posterioren Facette lateral zum Außenknöchel. Die postoperative seitliche Röntgenaufnahme (■ **Abb. 8i**) zeigt die das CC-Gelenk überbrückende Drittelrohrplatte mit kaum erkennbarem CC-Gelenk und Inkongruenz des Subtalargelenks.

Die Röntgenkontrolle nach Implantatentfernung knapp 1 Jahr später (■ **Abb. 8j**) belegt die persistierende Luxation des Tuberkelhauptfragments mit posteriorer Facette unter den zerstörten Außenknöchel, die Rückfußhöhenminderung, Retrokippung des Talus und den aufgehobenen Böhler-Winkel. Die klinische Spiegelschtaufnahme 2 Jahre nach Erstoperation (■ **Abb. 8k**) illustriert die groteske Rückfußvalgusfehlstellung rechts mit Verplumpung der gesamten Ferse und pro-

nierter Abduktionsfehlstellung des Mitt- und Vorfußes. Die präoperative dreidimensionale CT-Darstellung (■ **Abb. 8l**) macht die translatorische Fehlverheilung in annähernd ursprünglichem Ausmaß wie unmittelbar nach Unfall (■ **Abb. 8h**) anschaulich.

Die zweidimensionale Darstellung (■ **Abb. 8m**) zeigt die schwerste Destruktion mit großen arthritischen Zysten im Taluskörper und subthalamischen Kalkaneus. Die intraoperativen Röntgen- und Durchleuchtungsaufnahmen (■ **Abb. 8n–q**) demonstrieren die schrittweise Reorientierung nach Ausräumung der großen Zysten sowie sklerosierter Herde mit anschließender Auffüllung der großen Defekte durch autologe kortikospongiöse Späne und Verschraubung des Subtalar- und CC-Gelenks. Die Rückfußachse ist jetzt korrekt ausgerichtet, der deformierte Außenknöchel frei (*weißer Blockpfeil*), wobei sich intraoperativ gezeigt hat, dass mehr eine Pseudarthrose als eine Fehlverheilung vorlag. Das heißt, es bestanden nur punktförmige knöcherne Verschweißungen zwischen den Hauptfragmenten, weshalb die Gruppenzuordnung mit A/B klassifiziert wird. Bereits bei der postoperativen 2-Monatskontrolle (■ **Abb. 8r**) ist die Patientin erheblich schmerzgemindert.

#### **Fallbeispiel 6: Gruppe A, Typ V (■ **Abb. 9**)**

Ein 27-jähriger Patient kommt 4 Monate nach konservativer Behandlung einer Kalkaneusluxationsfraktur zur Korrektur, wobei die Talusluxation bei nicht durchgeführter OSG-a.-p.-Röntgenaufnahme zu spät erkannt wurde (■ **Abb. 9a, b**). Zur präoperativen Planung wird nicht nur ein CT (■ **Abb. 9c**), sondern auch ein dreidimensionales Modell (■ **Abb. 9d**) gefertigt. Dieses zeigt die 45° varische Kippung des Talus aus der Sprunggelenkgabel mit tiefem Einsinken desselben in die nach lateral luxierten Kalkaneusanteile. Nach Lösung des Talus am schneidbaren Kunststoffmodell kann die notwendige Osteotomie des Kalkaneus unmittelbar präoperativ simuliert werden.

Über einen bilateralen Zugang zum Fersebein mit zusätzlich anteromedianem Zugang zum Talus kann in einer 6-stündigen Operation der Talus aus seiner tie-

fen Versenkung in den Kalkaneus schrittweise gehoben werden. In der intraoperativen Aufsicht von lateral (■ **Abb. 9e**) erweist sich der Knorpel der Facies malleolaris lateralis tali (f in ■ **Abb. 9e**) noch erhalten, sodass die Wiederherstellung des oberen Sprunggelenks sinnvoll erscheint. Der Talus kann nach Ausräumung von fibrotischem Gewebe im lateralen Kompartiment des oberen Sprunggelenks über den anteromedianen Zugang anatomisch in die Sprunggelenkgabel zurückgeführt und mittels Kalkaneusosteotomie, Reposition und subtalarer Arthrodese in der Sprunggelenkgabel gehalten werden.

Das 5-Jahres-Spätergebnis (■ **Abb. 9f, g**) zeigt einen gut erhaltenen allseitigen Gelenkspalt des oberen Sprunggelenks bei relativ guter Reorientierung des Rückfußes. Der präoperative AOFAS-Score von 28 Punkten ist auf 85 Punkte signifikant verbessert.

#### **Fallbeispiel 7: Gruppe C (Fehlverheilung plus Nekrose) Typ IV (■ **Abb. 10**)**

Nach Sturz aus der 5. Etage kommt es bei einem 25-jährigen Patienten im Rahmen einer Polytraumatisierung unter konservativer Behandlung bei durchgemachter lebensbedrohlicher Lungenembolie zur extremen Fehlverheilung beider Kalkaneusluxationsfrakturen. Klinisch besteht beidseits ein Schaukelfuß. Die seitlichen Röntgenaufnahmen des rechten Fußes (■ **Abb. 10a, b**) zeigen unbelastet einen Winkel des Gesamtfußes zur Unterschenkelachse von 88°, unter Körperlast einen Winkel von nur 73°, was bei gegebener hackenfußähnlicher Deformation ein normales, raumgreifendes Gehen weitestgehend verhindert.

Aufgrund eines ähnlichen, aber weniger ausgeprägten Befundes links kommen bei nur partiellem Bodenkontakt (■ **Abb. 10c**) Koordinationsstörungen beim Laufen zu den bestehenden Inkongruenzschmerzen hinzu. Ein Gehen ist nur mit zwei Unterarmgehstützen möglich. Die Standard-OSG-a.-p.-Aufnahmen im Stehen (■ **Abb. 10d**) lassen rechts eine Darstellung bei extremen Schaukelfuß nicht zu; links ist die translatorische Luxation unter den Außenknöchel erkennbar. Die dorsoplantare Fußaufnahme beidseits (■ **Abb. 10e**) verdeutlicht die Verbreiterung und Verkürzung des gesam-

ten Fußes mit Abduktionsfehlstellung. Das präoperative zweidimensionale CT (▣ **Abb. 10f–i**) offenbart die explosionsartige Zerstörung und Fehlerheilung des gesamten Kalkaneus unter Versprengung der medialen Facette nach medial mit Kippung um annähernd 90° (schwarze Sternmarkierung in ▣ **Abb. 10f**). Erheblicher Versatz des Tuberfragments nach kranial und lateral. Versprengung des Processus-anterior-Fragments komplett aus seiner Lagebeziehung zum Cuboid. Subluxation des Talus aus der talonavikulären Verbindung, gut erkennbar in der Transversalschichtung (▣ **Abb. 10h**) verbunden mit Fehlerheilung des Os naviculare, was auch in der sagittalen Rekonstruktion erkennbar ist (▣ **Abb. 10i**). Die dreidimensionale CT-Darstellung zeigt die Luxation in der Aufsicht von oben (▣ **Abb. 10j**) um doppelte Fibulabreite nach außen.

Die präoperative DSA des rechten Fußes (▣ **Abb. 10k**), angefertigt zur Risikobeurteilung einer komplexen Rückfußrekonstruktion, demonstriert eine ausreichende Blutzufuhr über die A. tibialis posterior und A. dorsalis pedis. Die präoperative zusätzliche MRT (▣ **Abb. 10l**) lässt ausgedehnte aseptische Nekrosen nicht nur im Kalkaneus, sondern auch im Taluskörper und -kopf erkennen.

Die intraoperative seitliche und axiale Fersenbeinaufnahme (▣ **Abb. 10m, n**) belegt die deutliche Verbesserung gegenüber dem präoperativen Befund (▣ **Abb. 10o**). Die seitliche Fußaufnahme 6 Monate postoperativ (▣ **Abb. 10p**) zeigt die zwischenzeitlich eingetretene subtalare Fusion mit nur mäßiger Rückfußhöhenminderung. Klinisch ist der Patient rechts annähernd beschwerdefrei und kann normales Schuhwerk mit Einlagen tragen. Die Koordination hat sich deutlich verbessert, sodass ein stützenfreies Gehen trotz noch unkorrigiertem Fersenbein links gegeben ist.

## Ergebnisse

In der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie am Universitätsklinikum „Carl Gustav Carus“ Dresden wurden in der Zeit von Oktober 1994 bis Juni 1998 insgesamt 50 Patienten mit einer fehlerheilten Kalkaneusfraktur wiederherstellend operiert. Das mittlere Alter

der Patienten betrug zum Zeitpunkt der Korrekturoperation 40 Jahre (22–60 Jahre). Die mittlere Zeitspanne von erlittener Fraktur bis zur Korrekturoperation umfasste im Mittel 33 Monate (5–354 Monate). In nur 2 Fällen reichte eine in-situ-Arthrodesis aus. In 38 Fällen wurde eine Bone-Block-Distraktion-Arthrodesis durchgeführt. In 6 Fällen wurde neben der reorientierenden Subtalararthrodesis eine zusätzliche Osteotomie im Bereich der ehemaligen Frakturfläche notwendig. Eine zusätzliche Fusion des Calcaneo-Cuboid-Gelenkes kam in 4 Fällen hinzu.

38 von 50 Patienten konnten im Minimum 2 Jahre nach Subtalararthrodesis nach dem AOFAS-Ankle/Hindfoot-Score nachkontrolliert werden. Danach zeigten 3 ein sehr gutes, 22 ein gutes, 12 ein befriedigendes und nur 2 ein schlechtes Ergebnis. Die mittlere Verbesserung nach dem AOFAS-Score betrug 54 Punkte.

Als Komplikationen wurden nur eine Transplantatdislokation und zwei oberflächliche Weichteilinfekte gesehen.

## Korrespondierender Autor

**Prof. Dr. H. Zwipp**

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Dresden  
Fetscherstraße 74, 01307 Dresden  
uwch@uniklinikum-dresden.de

**Interessenkonflikt.** Keine Angaben.

## Literatur

1. Carr J, Hansen S, Benirschke S (1988) Subtalar distraction bone block fusion for late complications of os calcis fractures. *Foot Ankle* 9: 81–86
2. Cotton F (1908) Gleich's Operation. *Boston Med Surg J* 160: 559
3. Dahlen C, Zwipp H (2001) Computer-assistierte OP-Planung. 3D-Software für den PC. *Unfallchirurg* 104: 466–479
4. Hansen ST (1992) Biomechanical considerations in the hindfoot. In: Tscherny H, Schatzker J (eds) *Major fractures of the pilon, the talus and the calcaneus. Current concepts of treatment*. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokio, pp 145–151
5. Huang PJ, Fu YC, Cheng YM, Lin SY (1999) Subtalararthrodesis for late sequelae of calcaneal fractures: fusion in situ versus fusion with sliding corrective osteotomy. *Foot Ankle Int* 20(3): 166–170
6. Romash MM (1993) Reconstructive osteotomy of the calcaneus with subtalar arthrodesis for malunited calcaneal fractures. *Clin Orthop* 290: 157–167
7. Saltzman ChL, El-Khoury GY (1995) The hindfoot alignment view. *Foot Ankle Int* 16: 572–576
8. Zwipp H (1994) *Chirurgie des Fußes*. Springer, Wien

9. Zwipp H, Baumgart F, Cronier P et al. (2004) Integral classification of injuries (ICI) to the bones, joints and ligaments – application to injuries of the foot. *Injury* 35 [Suppl 2]: 3–9
10. Zwipp H, Rammelt S, Barthel S (2005) Kalkaneusfraktur. *Operative Technik. Unfallchirurg* 108: 749–760

CME.springer.de

## Registrieren und Anmelden

CME-Punkte sammeln leicht gemacht: Um alle Vorteile der individuellen Fortbildung auf CME.springer.de nutzen zu können, bitten wir Sie, sich einmalig zu registrieren. Haben Sie bereits eine Springer Fachzeitschrift mit zertifizierter Fortbildung abonniert? Dann geben Sie bei der Registrierung bitte zunächst Ihre Abonnementnummer an.

In jedem Fall bitten wir Sie, Ihre persönlichen Daten wie Anschrift und E-Mail-Adresse anzugeben. Wir senden Ihnen umgehend per E-Mail Benutzernamen und Passwort für alle weiteren Teilnahmen (Login) zu.

Bitte achten Sie auf die korrekte Schreibweise – auch Groß-/Kleinschreibung – Ihrer E-Mail-Adresse.

Bei Fragen zu Ihrer Abonnementnummer wenden Sie sich bitte an den Kundenservice Zeitschriften beim Springer Distribution Center (SDC), Heidelberg unter Tel. +49 (0) 6221/345-4303 oder unter [sdj-journals@springer.com](mailto:sdj-journals@springer.com)

**Punkten Sie online!**

Weitere Informationen rund um die Registrierung und Anmeldung finden Sie auf [CME.springer.de](http://CME.springer.de) unter dem Begriff „FAQ“.