

Oper Orthop Traumatol 2013 · 25:554–568
 DOI 10.1007/s00064-013-0246-3
 Eingegangen: 8. Juli 2013
 Angenommen: 20. August 2013
 Online publiziert: 8. Dezember 2013
 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Redaktion

T. Mittlmeier, Rostock

Zeichner

R. Himmelhan, Heidelberg

H. Zwipp¹ · S. Rammelt¹ · M. Amlang¹ · M. Pompach² · C. Dürr¹

¹ Klinik und Poliklinik für Unfall- und Wiederherstellungsschirurgie,
 Universitätsklinikum Carl Gustav Carus der TU Dresden

² Unfallchirurgische Abteilung der Chirurgischen Klinik, Krankenhaus Pardubice

Osteosynthese dislozierter intraartikulärer Kalkaneusfrakturen

Vorbemerkungen

Wie exemplarisch an der Schule Lorenz Böhlers zu beobachten [2], hat kaum eine andere Fraktur des menschlichen Körpers zu einem vergleichbar häufigen Wechsel therapeutischer Konzepte geführt wie der Gelenkbruch des Fersenbeins [24]. Trotz solider operativer Prinzipien, die in den letzten 25 Jahren etabliert wurden [1, 19, 23], stellen auch heute die schwere intraartikuläre Trümmerfraktur, die Luxationsfraktur und insbesondere der zweit- und drittgradig offene Bruch des Kalkaneus ein noch teilweise ungelöstes Problem dar [7, 14]. Kaum eine andere Verletzung zeigte in der Entwicklung der Therapie so deutlich, wie unabdingbar eng unser chirurgisches Handeln einerseits mit dem Erkennen, d. h. unseren diagnostischen Möglichkeiten mit Einführung der Computertomographie (CT) in den 1980er Jahren, verknüpft ist und wie stark andererseits das Schicksal der Fraktur von der Beherrschung des begleitenden Weichteilschadens abhängt [3, 24].

Kalkaneusfrakturen entstehen typischerweise durch axiale Stauchung beim Sturz aus der Höhe oder durch Dezelerationstraumata wie z. B. beim Verkehrsunfall. Aufgrund der seitlich zueinander versetzten Vertikalachsen von Talus und Kalkaneus kommt es bei axialer Einstauchung des Processus fibularis tali zu einer Scherfraktur zwischen dem Sustentaculum tali und der Tuberositas (Abb. 1). Bei fortdauernder Gewalteinwirkung entstehen sekundäre und tertiäre Fraktur-

linien, welche bis in den Proc. anterior reichen, sowie eine Abspaltung der dünnwandigen lateralen Kortikalis („lateral bulge“). Zusätzlich werden das tuberositäre Fragment durch den Zug der Achillessehne sowie das Proc.-anterior-Fragment durch das Lig. bifurcatum und Lig. interosseum nach kranial disloziert. Über drei Viertel aller Kalkaneusfrakturen sind intraartikulär, davon weisen 97% intraartikuläre Verwerfungen der posterioren Facette, 59% zusätzlich des Kalkaneokuboidgelenks und 8% der anterioren Facette auf [24]. In der CT lassen sich bis zu 5 relativ konstante Hauptfragmente nachweisen. In der eigenen Analyse von über 200 Frakturen wurden in 36% 4 und in 58% 5 Hauptfragmente gesehen [24]. Diese bilden die Grundlage der 12-Punkte-Frakturkala, welche zusätzlich die Anzahl der beteiligten Gelenkfacetten (maximal 3), den Weichteilschaden bei offenen und geschlossenen Frakturen (1–3 Punkte) sowie regionale Zusatzfrakturen oder Trümmerfrakturen eines der Hauptfragmente (Zusatzpunkt) mit einbezieht (Abb. 2).

Für die genaue Analyse der Fraktur und Operationsplanung ist eine CT erforderlich, welche auch die Grundlage für die wesentlichen Frakturklassifikationen bildet. Die international am häufigsten angewandte Klassifikation ist die von Sanders [19], welche die Anzahl der Frakturlinien in der posterioren Gelenkfacette im koronaren CT-Schnitt zugrunde legt:

- Typ I: undisloziert
- Typ II: eine Frakturlinie

- Typ III: zwei Frakturlinien
- Typ IV: drei und mehr Frakturlinien

Die AO/ICI-Frakturklassifikation (Abb. 2b) unterteilt in

- extraartikuläre,
- intraartikuläre,
- Luxationsfrakturen und
- reine Luxationsformen [25].

Untergruppen von 1–3 bezeichnen die Frakturschwere, so z. B. bei den B-Frakturen die Anzahl der betroffenen Gelenkfacetten. Die Belegung der einzelnen Gelenkfacetten mit kleinen lateinischen Lettern, die exakte Beschreibung der Frakturform und des Dislokationsgrads in weiteren Subgruppen sowie der Dislokationsrichtung mit griechischen Buchstaben dient der exakten Verschlüsselung der Fraktur für wissenschaftliche Zwecke.

Operationsprinzip und -ziel

Ziel der operativen Versorgung dislozierter Kalkaneusfrakturen ist die exakte anatomische Wiederherstellung der korrekten Höhen- und Achsenverhältnisse des Rückfußes sowie der Gelenkkongruenz.

Vorteile

- Wiederherstellung des Rückfußhebels und der äußeren Form der Ferse durch die Reposition des Tuber calcanei

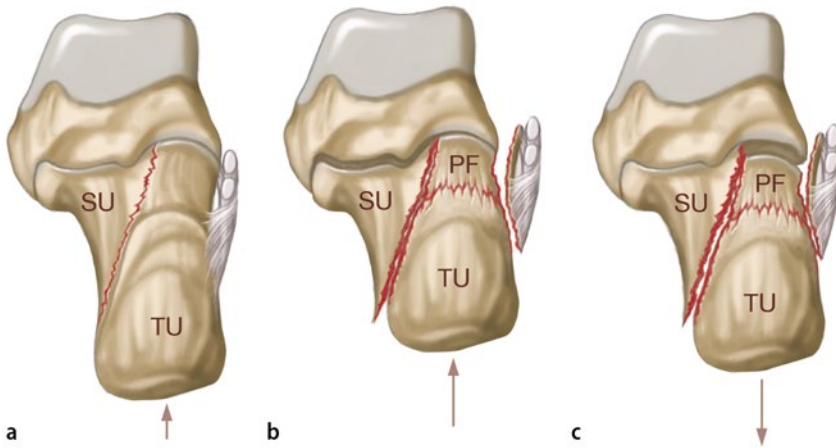


Abb. 1 ▲ a–c Typischer Entstehungsmechanismus der intraartikulären Kalkaneusfrakturen durch axiale Gewalteinwirkung. (Adaptiert nach Palmer [12], modifiziert nach [28]). *SU* Sustentakulum, *TU* Tuber calcanei, *PF* posteriore Facette

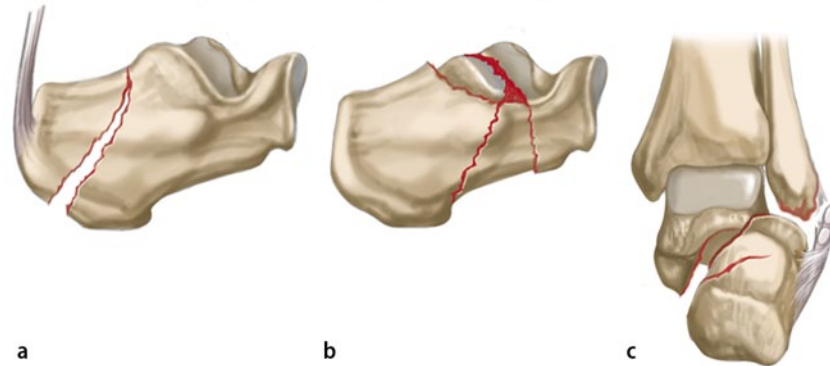
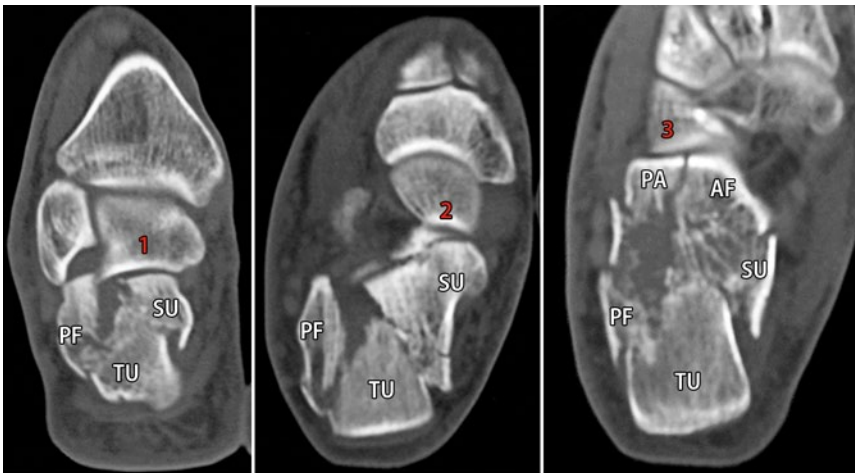


Abb. 2 ▲ oben Darstellung der reproduzierbaren 5 Hauptfragmente und 3 Gelenkfacetten im koronaren, semikoronalen und axialen CT-Schnitt als Grundlage der 12-Punkte-Frakturenkala nach Zwipp [24]. Fragmente: *SU* Sustentakulum, *TU* Tuber calcanei, *PF* posteriore Facette, *PA* Processus anterior, *AF* anteromediale Facette. Gelenke: 1 posteriore Facette des Subtalargelenks 2 (antero-)mediale Facette des Subtalargelenks 3 Kalakaneokuboidgelenk. unten In der AO/ICI-Klassifikation wird in extraartikuläre (A), intraartikuläre (B) und Luxationsfrakturen (C) unterschieden. (Modifiziert aus [28])

- Aufrichtung des Talus und Vermeidung eines vorderen tibiotalen Impingements durch Korrektur der Höhenminderung und Achsenabweichung des Kalkaneus
- Vermeidung eines fibulokalkanearen Anstoßens („Abutment“) durch die Korrektur der lateralen Fersenbeinwand

- Verringerung des Arthroserisikos durch anatomische Reposition der Gelenkflächen
- Möglichkeit der funktionellen Nachbehandlung bei stabiler, nicht gelenkübergreifender Osteosynthese

Nachteile

- Technisch anspruchsvolle Operation mit flacher Lernkurve
- Vulnerable Weichteilbedeckung über der lateralen Fersenbeinwand mit dem Risiko der Entstehung von Wundheilungsstörungen
- Primärer Knorpelschaden durch die axiale Gewalteinwirkung und somit Gefahr der posttraumatischen Arthrose trotz anatomischer Reposition
- Evtl. prominentes Osteosynthesematerial mit der Notwendigkeit einer Implantatentfernung und Arthrolyse sowie Tenolyse der Peronealsehnen

Indikationen

- Intraartikuläre Frakturen mit einer Gelenkverwerfung von mehr als 1 mm der posterioren oder medialen Facette, von mehr als 2 mm der kuboidalen Gelenkfacetten

Notfallmäßige Indikation zum offen Vorgehen und interner Stabilisierung:

- Isolierte, 2–3°-ig offene Kalkaneusfraktur
- Akutes assoziiertes Kompartmentsyndrom
- Frakturen, die aufgrund dislozierter Fragmente einen erheblichen Druck von innen gegenüber der Haut bedingen

Beim polytraumatisierten Patienten besteht die notfallmäßige Operation bei offener Fraktur im Débridement, beim assoziierten akuten Kompartmentsyndrom in der medialen oder dorsomedianen Fasziotomie kombiniert jeweils mit temporärer Kunsthautdeckung und Anlage eines medialen 3-Punkt-Fixateur-externe [14]. Dislozierte extraartikuläre Frakturen (Typ A, Sanders I und IIC), einfache intraartikuläre Frakturen (Typ B, Sanders IIA und IIB) können mittels perkutaner Repositionstechniken unter Bild-

H. Zwipp · S. Rammelt · M. Amlang · M. Pompach · C. Dürr

Osteosynthese dislozierter intraartikulärer Kalkaneusfrakturen**Zusammenfassung**

Operationsziel. Anatomische Reposition dislozierter intraartikulärer Kalkaneusfrakturen mit Wiederherstellung der Höhe, Achse und Gelenkflächen des Kalkaneus.

Indikationen. Intraartikuläre Kalkaneusfrakturen mit Höhenminderung, Achsenabweichung und Verwerfung der posterioren Gelenkfacette des Subtalgelenks.

Kontraindikationen. Fehlende Operations- bzw. Narkosefähigkeit, infizierte Weichteile, schwere periphere Durchblutungsstörung (pAVK ab Stadium III), neurogene Osteoarthropathie, fehlende Compliance (z. B. Drogenabhängigkeit).

Operationstechnik. Erweitert-lateraler Zugang in Seitenlage des Patienten, Reposition der anatomischen Form und der Gelenkflächen entsprechend der präoperativen CT-Planung. Reposition der medialen Wand und schrittweise Rekonstruktion der Gelenkfläche von medial nach lateral. Reposition von Tuber und Processus anterior gegen den Gelenkblock und temporäre Kirschner-Draht-Fixierung. Osteosynthese mit anatomischer lateraler Platte in konventioneller oder winkel-

stabiler Ausführung. Alternativ weniger invasive Osteosynthese mit Kalkaneusnagel und Sinus-tarsi-Zugang für einfachere Bruchformen.

Weiterbehandlung. Ruhigstellung in einer Unterschenkelschiene bis zur Wundheilung. Bewegungsübungen des oberen und unteren Sprunggelenks ab dem 2. postoperativen Tag. Mobilisation im eigenen Schuh unter Teilbelastung des betroffenen Beins mit 20 kg für 6–12 Wochen je nach Frakturschwere und Knochenqualität.

Ergebnisse. In einem Zeitraum von 4 Jahren wurden 163 Patienten mit 184 dislozierten intraartikulären Kalkaneusfrakturen mittels lateraler Plattenosteosynthese behandelt. Insgesamt 102 Patienten mit 116 Frakturen wurden durchschnittlich 8 Jahre nachuntersucht. Eine Revision wurde in 4 Fällen (3,4%) aufgrund eines postoperativen Hämatoms, in 2 Fällen (1,7%) aufgrund eines oberflächlichen Infekts und in 5 Fällen (4,3%) aufgrund eines tiefen Infekts durchgeführt. Bei Letzteren wurde in 2 Fällen eine freie Lappendeckung erforderlich. Eine Kalkanektomie

oder Amputation war in keinem Fall notwendig. Im Verlauf wurden aufgrund symptomatischer posttraumatischer Arthrosen 9 sekundäre subtalare Arthrodesen (7,8%) durchgeführt. Bei der Nachuntersuchung betrug der durchschnittliche AOFAS Hindfoot Score 70,2, der Foot Function Index 32,8, der 200-Punkte-Zwipp-Score 76,0 und die deutsche Version des SF-36 auf der körperlichen Skala 42,2. Signifikant schlechtere Ergebnisse mit einem oder mehreren Scores fanden sich bei zunehmender Verletzungsschwere gemessen mit den Sanders- und Zwipp-Frakturklassifikationen bei bilateralen Frakturen, offenen Frakturen und beim Vorliegen von Arbeitsunfällen. Bei weniger invasiver Osteosynthese mit Kalkaneusnagel wurden in 2 von 75 Fällen oberflächliche Wundrandnekrosen gesehen (2,7%).

Schlüsselwörter

Kalkaneus · Subtalgelenk · Osteosynthese · Winkelstabile Platte · Intramedulläre Nagelung

Operative treatment of central talar fractures**Abstract**

Objective. Anatomic reduction of displaced intra-articular calcaneal fractures with restoration of height, length, and axial alignment and reconstruction of the subtalar and calcaneocuboid joints.

Indications. Displaced intra-articular calcaneal fractures with incongruity of the posterior facet of the subtalar joint, loss of height, and axial malalignment.

Contraindications. High perioperative risk, soft tissue infection, advanced peripheral arterial disease (stage III), neurogenic osteoarthropathy, poor patient compliance (e. g., substance abuse).

Surgical technique. Extended lateral approach with the patient placed on the uninjured side. Reduction of the anatomic shape and joint surfaces according to the preoperative CT-based planning. Reduction of the medial wall and step-wise reconstruction of the posterior facet from medial to lateral. Reduction of the tuberosity and anterior process

fragments to the posterior joint block and temporary fixation with Kirschner wires. Internal fixation with an anatomic lateral plate in a locking or nonlocking mode. Alternatively less invasive internal fixation with a calcaneus nail over a sinus tarsi approach for less severe fracture types.

Postoperative management. The lower leg is immobilized in a brace until the wound is healed. Range of motion exercises of the ankle and subtalar joints are initiated on the second postoperative day. Patients are mobilized in their own shoe with partial weight bearing of 20 kg for 6–12 weeks depending on fracture severity and bone quality.

Results. Over a 4-year period, 163 patients with 184 displaced, intra-articular calcaneal fractures were treated with a lateral plate via an extended approach. In all, 102 patients with 116 fractures were followed for a mean of 8 years. A surgical revision was necessary in 4 cases (3.4%) of postoperative hemato-

ma, 2 (1.7%) superficial and 5 (4.3%) deep infections. Of the latter, 2 patients needed a free flap for definite wound coverage, no calcaneectomy or amputation was needed. Secondary subtalar fusion for symptomatic post-traumatic arthritis was performed in 9 cases (7.8%). At follow-up, the AOFAS Ankle/Hindfoot Score averaged 70.2, the Zwipp Score averaged 76.0, the German versions of the Foot Function Index and SF-36 physical component averaged 32.8 and 42.2, respectively. Scores were significantly lower with increasing fracture severity according to the Sanders and Zwipp classifications, bilateral fractures, open fractures, and with work-related injuries. With less invasive fixation using a calcaneal nail, superficial wound edge necrosis was seen in 2 of 75 cases (2.7%).

Keywords

Calcaneus · Subtalar joint · Internal fixators · Interlocking plate · Intramedullary nailing

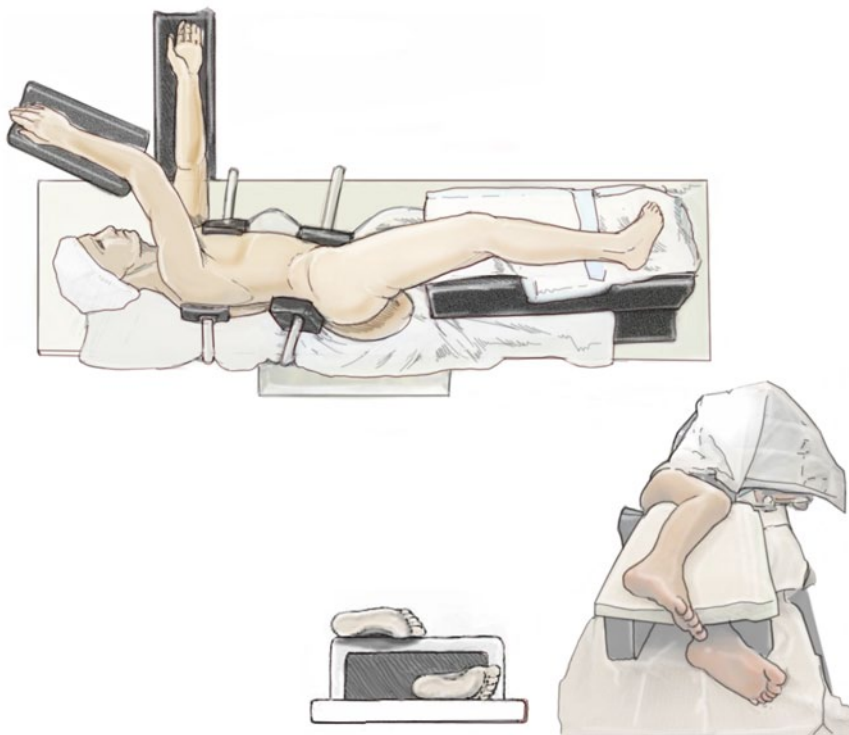


Abb. 3 ▲ Seitenlagerung des Patienten für den ausgedehnt-lateralen Zugang. Der zu operierende Rückfuß wird auf einem großvolumigen Schaumstoff- bzw. einem Tunnelkissen gelagert, um intraoperativ eine störungsfreie Durchleuchtung gegebenenfalls im 3-D-Modus zu ermöglichen. Bei Letzterem ist auf die Verwendung eines Karbontischs und auf eine exakte Positionierung des C-Bogens im Probelauf zu achten. Falls die Kombination mit einem medialen Sustentakulumzugang [24] erforderlich wird, empfiehlt sich die Rückenlage mit Anhebung der betreffenden Beckenhälfte durch einen Gesäßkeil. Zusätzlich sollten auf beiden Seiten Beckenstützen angebracht werden, um eine wechselseitige Seitneigung des Operationstischs zu gestatten. Bei beidseitigen B-Frakturen und möglicher Versorgung beider Seiten konsekutiv oder simultan durch 2 Operationsteams ist auch die Bauchlage des Patienten mit beidseitigem Abwaschen eine Option, jedoch nur, wenn der Operateur Erfahrung mit diesem inversen Zugehen hat.

wandlerkontrolle, bei Gelenkbeteiligung unter arthroskopischer Sicht, einer perkutanen Schraubenosteosynthese zugeführt werden [15], alternativ auch mit minimal-invasiver Nagelung des Kalkaneus [6]. Zur Osteosynthese der Frakturen des Sustentaculum tali und des Proc. anterior calcanei wird auf die speziellen Artikel in diesem Themenheft verwiesen.

Kontraindikationen

- Schwere Allgemeinerkrankungen mit erhöhtem Narkoserisiko
- Schlecht geführter insulinpflichtiger Diabetes mellitus, insbesondere bei Neuropathie
- Immundefiziente Patienten (manifeste HIV-Infektion, Chemotherapie, hohe Steroidgaben)
- Fehlende Compliance (chronischer Alkohol- oder Drogenabusus)

- Periphere arterielle Verschlusskrankheit mit relevanter Ischämie (>IIa)
- Sekundär superinfizierte und infektfördernde Weichteilsituationen

Patientenaufklärung

- Allgemeine Operationsrisiken: Thrombose, Embolie, Infektion, Schwellneigung, Gefäß-, Nerven- und Sehnenverletzung, Lagerungsschäden
- Risiko der Wundheilungsstörung bei ausgedehntem Zugang
- Hohe Wahrscheinlichkeit einer posttraumatischen Arthrose aufgrund des primären Knorpelschadens (diese wird nicht immer symptomatisch)
- Avaskuläre Nekrose oder Pseudarthrose (selten)
- Notwendigkeit der Implantatentfernung bei Prominenz/Irritation der Peronealsehnen

- Implantatversagen, Repositionsverlust (insbesondere Nachsinterung der posterioren Gelenkfacette mit sekundärer Inkongruenz und Höhenminderung)
- Funktionseinschränkung (Bewegungseinschränkung, verminderte Belastbarkeit, Beschwerden auf unebenem Gelände)
- Dauer bis zur vollständigen Rehabilitation 4–6 Monate

Operationsvorbereitungen

- Klinische Evaluierung der Weichteilverhältnisse (Hautfältelung)
- Röntgenaufnahmen (Kalkaneus seitlich, ggf. auch axial, dorsoplantare Aufnahme des Fußes mit 30° nach kaudal gekippter Röhre)
- CT mit multiplanaren Rekonstruktionen (■ **Abb. 2b**)
- Dopplersonographie bei kritischer Durchblutung
- Präoperative Fußreinigung (Fußbad bzw. Lavage bei starker Kontamination)

Instrumentarium

- Grundinstrumentarium für die Knochen- und Weichteilchirurgie
- Raspatorium, Elevatorium, Stößel
- Schanz-Schraube (6,5 mm) mit T-Griff
- Kirschner-Drähte, ggf. resorbierbare Stifte
- Kalkaneusplatte (ggf. winkelstabil) oder Kalkaneusnagel mit entsprechendem Zubehör
- Fixateur externe zur temporären Transfixation bei schwerem Weichteilschaden

Anästhesie und Lagerung

- Intubationsnarkose oder Spinalanästhesie
- Lagerung auf der unverletzten Seite (■ **Abb. 3**), verletztes Bein auf einem (Tunnel-)Kissen
- Unterfütterung der verletzten Ferse mit einem flachen Polsterkeil oder nach steriler Abdeckung mit einem sterilen Polster

- Blutsperre am Oberschenkel mit 100–150 mmHg über dem systolischen Blutdruck (nur für den Zugang und die Gelenkrekonstruktion)
- Bewegliche Abdeckung des Fußes und Unterschenkels

Operationstechnik

(▣ Abb. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)

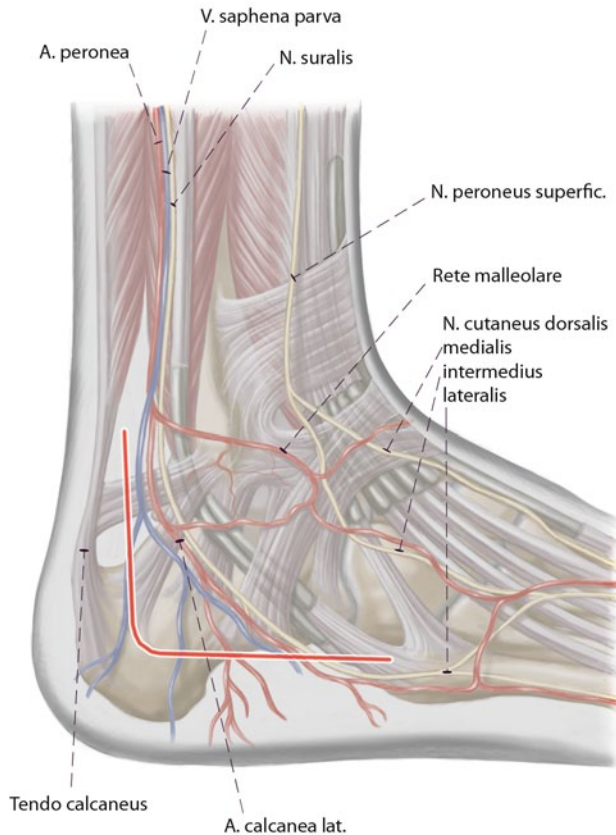


Abb. 4 ▲ Ein Anzeichnen des Zugangs mit Markierung der Landmarken distale Fibula, Metatarsale-V-Basis und Achillessehne wird empfohlen. Der senkrechte Schenkel beginnt etwa 3 Querfinger oberhalb der Außenknöchelspitze nahe dem lateralen Achillessehnenrand und verläuft senkrecht bis ins untere Drittel der Kalkaneushöhe. Die Inzision geht hier leicht bogenförmig in den waagerechten Schenkel über, der parallel zur Planta pedis bis auf Höhe des Oberrands der Metatarsale-V-Basis verläuft. Eine gute Orientierung für die Schnitthöhe bietet die Grenze zwischen Leisten- und Felderhaut, an welcher sich die Haut unter digitalem Druck auf die laterale Fußsohle leicht einzieht. Die Inzision liegt somit auf zwei Drittel der Strecke zwischen Außenknöchelhinterkante und Hinterrand der Achillessehne bzw. Außenknöchelspitze und Planta pedis. (Modifiziert nach [28])

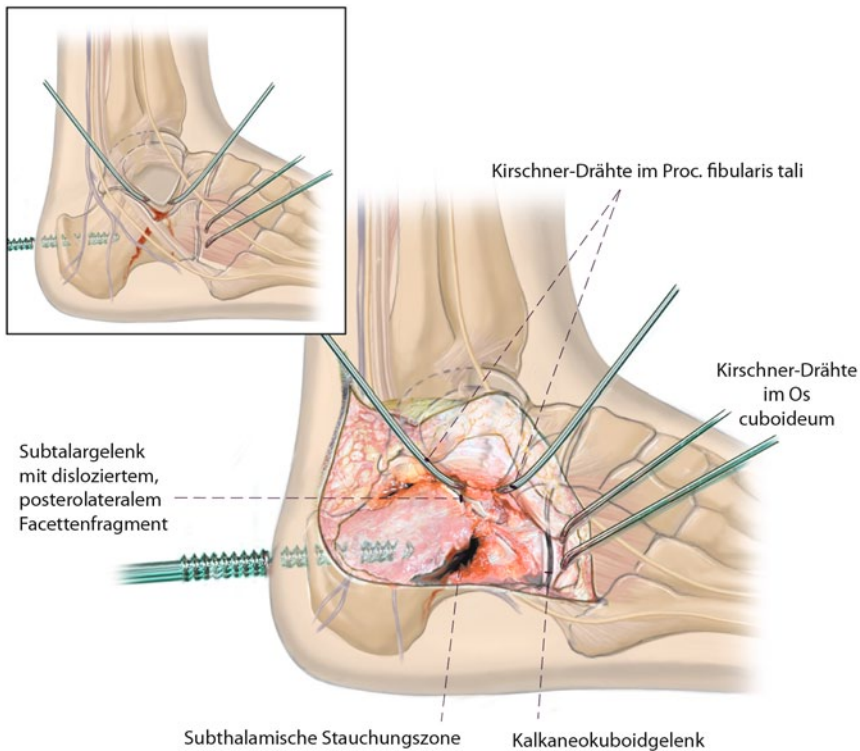


Abb. 5 ▲ Im Wundwinkel wird mit einem Schnitt senkrecht bis auf das Periost vorgegangen. Bei epi-periostaler Präparation am Fersenbein entsteht ein Haut-Weichteil-Faszienlappen, welcher dem Versorgungsgebiet der A. calcanea lateralis entspricht und den Verlauf des N. suralis berücksichtigt [5]. Dennoch sollte bei der Präparation im proximalen Inzisionsdrittel auf abnormale Verläufe abgehender Äste des N. suralis und im distalen Bereich auf die Peronealsehnen mit dem dorsal anliegenden N. cutaneus dorsalis lateralis geachtet werden. Durch Legen von 2–3 Haltefäden unter Fassen von Subkutis und Faszie wird die Präparation nach kranial Richtung Subtalargelenk erleichtert, ohne die Durchblutung des Hautlappens zu kompromittieren. Das Einsetzen scharfer Haken sollte hingegen unterbleiben. Das Ligamentum fibulocalcaneare wird scharf am Periost abgelöst, ebenso das Retinaculum distale am Tuberculum peroneale. Lediglich an dieser Stelle kommen die Peronealsehnen zum Vorschein, da der knorpelartige Überzug am Tuberculum peroneale der Hinterwand der Peronealsehnnenscheide entspricht. Bei notwendiger Exposition des Kalkaneokuboidgelenks müssen die Sehnen sehr sorgfältig ohne Eröffnung der Sehnnenscheide weit nach distal mobilisiert werden. Nach plantar ist der M. abductor digiti minimi mit seiner Faszie sicher zu schonen. Die Präparation am Oberrand des Tuberculi calcanei soll unter senkrechter Schnitfführung in das paraachilläre Fettgewebe nur soweit erfolgen, als es zur Exposition unbedingt notwendig ist, um nicht unnötig zuführende Gefäße aus dem Rete malleolare bzw. peroneale zu durchtrennen. Für Ruhe im Operationsfeld und schonende Exposition des Subtalargelenks wird der gehobene Weichteillappen mittels 2,0-mm-Spickdrähten fußrückenwärts gehalten, welche gelenknah in den Proc. fibularis tali gesetzt werden, um sie dann manuell nach kranial umzubiegen. Für die Exposition des Kalkaneokuboidgelenks werden optional 1–2 Spickdrähte in das Kuboid gesetzt

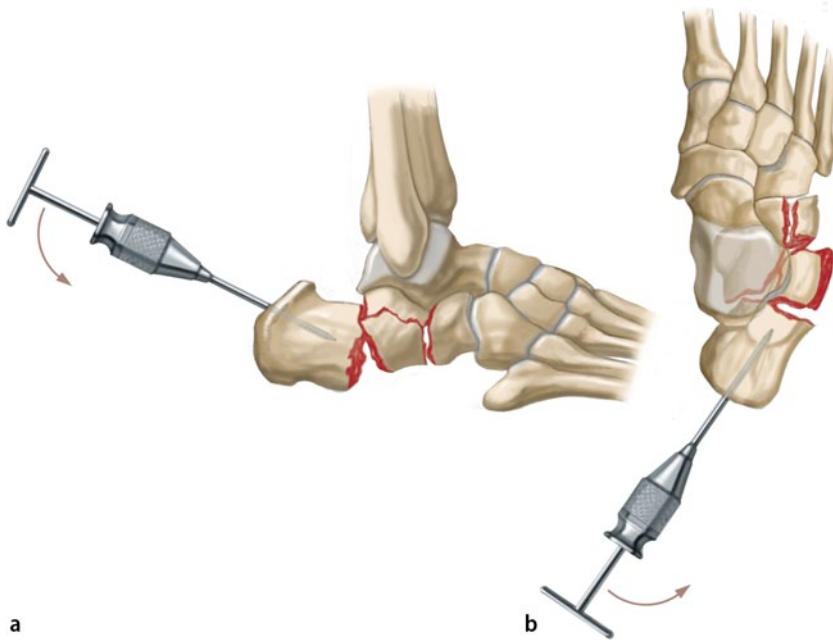


Abb. 6 ▲ a, b Gelegentlich wird die Lappenhebung bis zur Darstellung des Subtalargelenks erleichtert, indem bereits jetzt über eine dorsale Stichinzision eine 6,5-mm-Spongiosa-Schanz-Schraube mit Handgriff (nach Vorbohren mit dem 3,2-mm-Bohrer) in das Tuber calcanei auf mittlerer Höhe eingebracht wird. Durch Hebeln im Sinne der Aufrichtung des Tubers und mittels Varus-/Valgusmanipulation lässt sich der Rand der meist eingestauchten posterioren Facette leichter lösen. (Modifiziert nach [28])

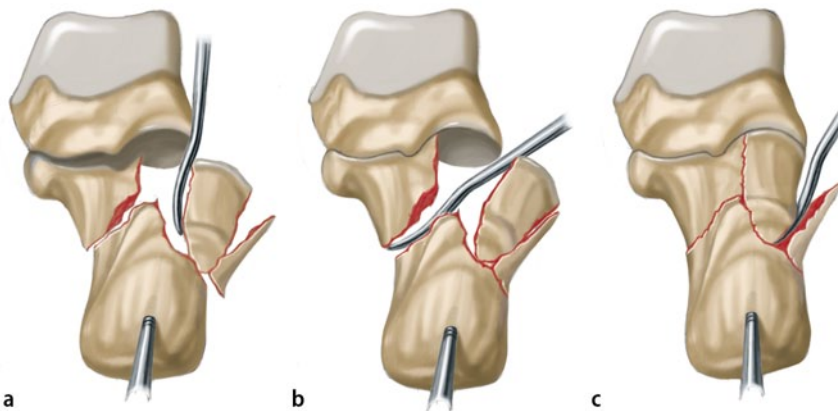


Abb. 7 ▲ Die Fragmente im Bereich der posterioren Facette werden identifiziert und von organisiertem Hämatom, kleinsten Fragmenten und Kapselresten befreit. Zur Darstellung der medial gelegenen Fragmente wird das laterale posteriore Facettenfragment vorsichtig beiseite geklappt (**a**) und ggf. mit einem Haltefaden zur Haut gesichert, um ein Abstürzen aus dem Situs zu verhindern. Regelmäßig ist für die exakte Rekonstruktion der Gelenkfragmente zunächst die Reposition des Tuberfragments nach plantar-medial mit einem Elevatorium („Palmer-Manöver“) erforderlich (**b**), damit dieses die Reposition der Gelenkfragmente nicht blockiert. Durch dieses Manöver wird die mediale Kontur des Kalkaneus wieder hergestellt (**c**). (Modifiziert nach [28])

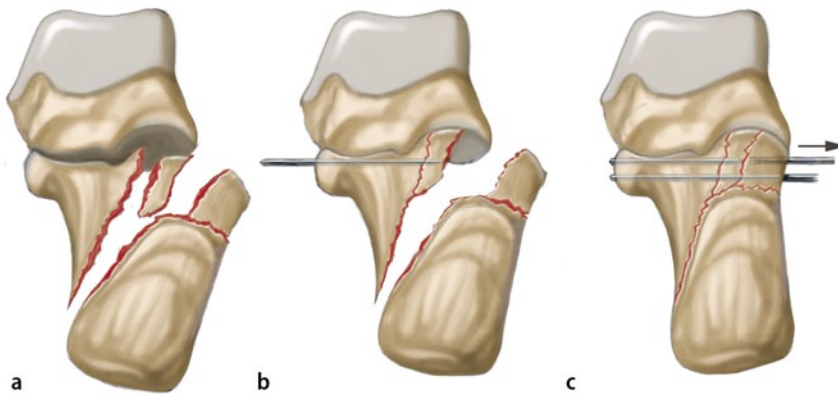


Abb. 8 ▲ Die Gelenkrekonstruktion erfolgt immer von medial nach lateral, wobei in einem ersten Schritt die Stellung des gelenktragenden Anteils des medialen, sustentakulumtragenden Fragments („Schlüsselfragment“) zur Talusunterfläche überprüft wird (**a**). Eine gegebenenfalls vorhandene Varuskippung wird ausgeglichen und das Fragment bei hochgradiger Instabilität mit einem von plantar eingebrachten 1,8-mm- bis 2,0-mm-Spickdraht temporär in reponierter Stellung zum Talus gehalten. In einem zweiten Schritt werden variabel vorhandene und meist verkippte bzw. impaktierte intermediäre posteriore Facettenfragmente kongruent zum medialen Fragment und zur unteren Talusgelenkfläche reponiert. Die Fixation erfolgt von lateral mit 1–2 Spickdrähten zum medialen Fragment der posterioren Facette, welche nach medial durch die Haut perforiert werden, um sie von dort retrograd bis auf Knochenniveau zurückziehen zu können (**b**). Zuvor wird jedoch eine Spitze angeschnitten, damit sie unter Rückführung das im dritten Schritt zu reponierende laterale posteriore Facettenfragment ebenfalls fixieren können, wodurch der gesamte posteriore Facettengelenkblock temporär rekonstruiert ist (**c**). Findet sich – wie bei der „Tongue-type“-Fraktur – ein weit nach hinten auslaufendes Tuberfragment, welches einen Großteil der posterioren Facette trägt, ist zur exakten Gelenkreposition gelegentlich eine Osteotomie dieses Fragments hinter der posterioren Facette erforderlich [20]. In schwierigen Fällen ist es mitunter ratsam, das große posterolaterale Facettenfragment mittels einer übergreifenden Repositionszange zum sustentakulären Fragment zu reponieren. Hierzu wird eine Stichinzision auf Höhe des Sustentakulums gesetzt und ein vollständiger anatomischer Schluss des medialen und lateralen posterioren Facettenanteils unter gleichzeitiger Plantarisierung des Tuberfragments über die eingebrachte Schanz-Schraube erzielt

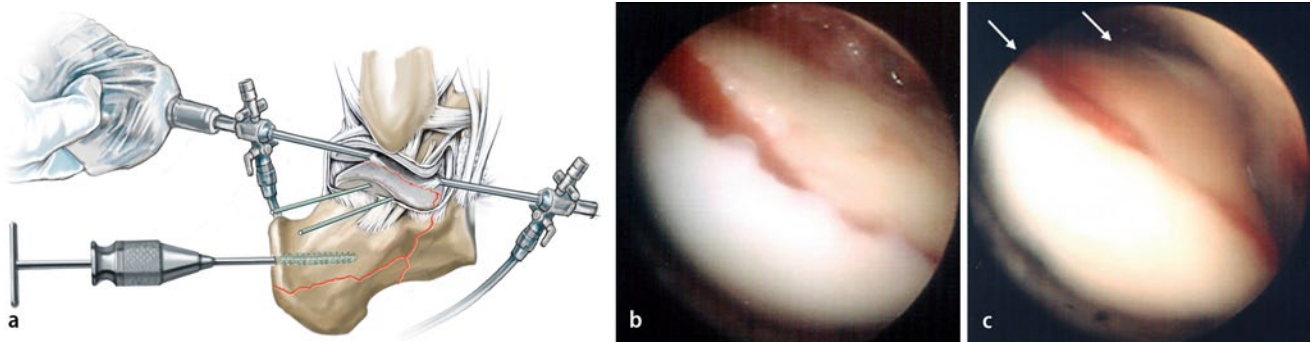


Abb. 9 ▲ **a** Die sichere Kontrolle der anatomischen Gelenkrekonstruktion sollte an dieser Stelle mittels offener subtalärer Arthroskopie erfolgen [13], vorzugsweise mit einer kleinkalibrigen (1,9–3,2 mm) Winkeloptik unter manueller Spülung. Der Zugang zum Gelenk wird durch dosierten Varusstress über die im Tuber liegende Schanz-Schraube erleichtert. **b, c** Findet sich eine erkennbare Stufe, so muss die Reposition der posterioren Gelenkfacette wiederholt werden. Besteht eine sehr instabile Situation, so erfolgt die arthroskopische Kontrolle vorzugsweise nach Durchführung der Plattenosteosynthese, um nicht eine Redislokation der nur temporär fixierten Fragmente zu provozieren. Findet sich in diesen Fällen eine korrekturbedürftige Inkongruenz, so werden die subthalamischen Schrauben entfernt, das posteriore Facettenfragment nachreponiert und erneut in korrekter Position verschraubt sowie das Ergebnis arthroskopisch überprüft. Alternativ lässt der Einsatz von 3-D-Bildwandlern eine fast an die CT heranreichende Auflösung zu, um Gelenkstufen oder eine intraartikuläre Implantatlage aufzudecken [18]. Zur Erhöhung der Stabilität kann der Gelenkblock nach Sicherung der anatomischen Reposition mit einer separaten (Zug-)Schraube, welche im Sustentaculum tali verankert wird, sicher fixiert werden (Abb. 9a modifiziert nach [28])

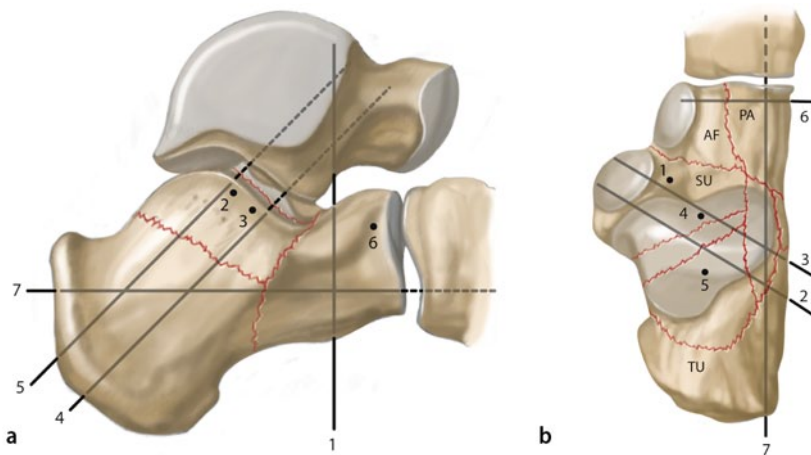


Abb. 10 ▲ **a, b** Nach vollständiger Rekonstruktion des subtalären Gelenkblocks erfolgt die Feinreposition des Tuberfragments. Bei der klassischen Depressionsfraktur wird dieses wiederum mit 2 Kirschner-Drähten zum Gelenkblock hin temporär gehalten. Bei starker Redislokationstendenz durch den Zug der Achillessehne müssen die Drähte ausnahmsweise bis in den Talus vorgetrieben werden. Im letzten Schritt der Rekonstruktion wird das Proc.-anterior-Fragment dargestellt und reponiert. Gelegentlich ist es notwendig, das Lig. talocalcaneare interosseum einzukerben und die Weichteile nach kranial in Richtung Lig. bifurcatum zu lösen, um es bei der regelhaft vorhandenen Dislokation nach dorsal kongruent zum Gissane-Winkel hin zu reponieren. Es wird mit einem in Längsrichtung eingebrachten Spickdraht vom Os cuboideum oder Tuber calcanei aus in reponierter Stellung gehalten. Durch dieses Repositionsmanöver kommt es bei Abspaltung des anteromedialen Facettenfragments (5. Hauptfragment) indirekt zur Reposition des Kalkaneokuboidgelenks. Nach visueller Kontrolle der Gelenkkongruenz wird dieses nur bei erheblicher Instabilität mit 2 weiteren Spickdrähten parallel zur Gelenkfläche von lateral nach medial hin fixiert. Ein guter Anhaltspunkt für die anatomische Rekonstruktion der äußeren Form des Kalkaneus ist die genaue Einpassung des zu Beginn der Operation weggeklappten und ggf. mittels Haltenaht fixierten lateralen Wandfragments. 1–6 Reihenfolge der temporär eingebrachten Kirschner-Drähte, *SU* Sustentaculum, *TU* Tuber calcanei, *PA* Processus anterior, *AF* anteromediale Facette. (Modifiziert nach [28])

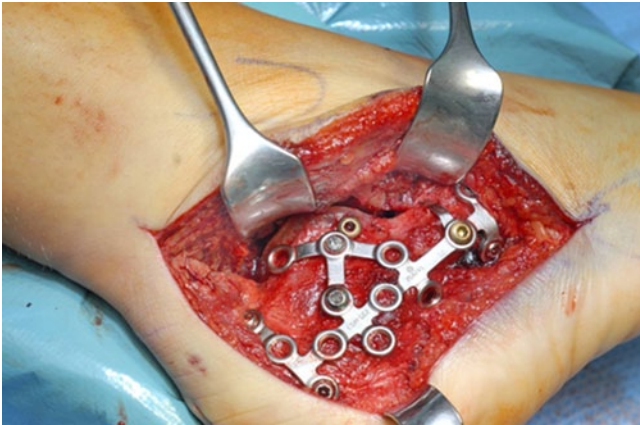


Abb. 11 ▲ Besteht keine Multifraktureurung oder Osteoporose/-penie genügt eine nichtwinkelstabile Kalkaneusplatte (z. B. AO-Platte nach Sanders, [19]), welche im eigenen Vorgehen in über 300 Fällen ohne erkennbare implantatbedingte Komplikationen eingesetzt wurde [26]. Andernfalls werden winkelstabile Platten – im eigenen Vorgehen die von der AO/ASIF Foot and Ankle Expert Group entwickelte winkelstabile, anatomische Kalkaneusplatte – benutzt [26]. Wegen selbstbeobachteter Kaltverschweißung bei Benutzung der Titan-Molybdän-Platte, wird bei fehlender Allergie gegen Chrom-Kobalt-Nickel die Stahlplatte in den 3 unterschiedlichen Größen bevorzugt. Unabhängig vom Plattendesign muss prinzipiell eine Verankerung zum Sustentakulum, Tuber und Proc. anterior erfolgen, um die wiederhergestellte Trigonometrie des Kalkaneus zu fixieren. Keinesfalls darf eine Plattenbiegung in der Längsachse erfolgen, um keine Varus- oder Valgusfehlstellung der Kalkaneuslängsachse zu fixieren. Lediglich die hinter der posterioren Facette um das Fersenbein greifenden Schenkel und die peripheren Enden im Bereich des Kalkaneokuboidgelenks bzw. des Tubers können umgebogen und der anatomischen Form der lateralen Fersenbeinwand angepasst werden. Die winkelstabile Platte weist zudem distal des Gissane-Winkels einen kranialen und kaudalen Arm zur Fixation des Processus-anterior-Fragments sowie eines häufig entstehenden triangulären plantaren Fragments auf. Das kraniale kuboidnahe Plattenloch wird in den seltenen Fällen besetzt, bei denen ein weit kraniales Proc.-anterior-Fragment durch Umbiegen in situ gehalten oder mit einer zusätzlichen Schraube fixiert werden muss. Im Regelfall bieten 6–8 Schrauben ausreichenden Halt zur triangulären Verspannung des Fersenbeins. Von diesen werden 2 leicht zehenwärts in Richtung auf das medial zu palpierende Sustentaculum tali, 2 gelenknah zum Kalkaneokuboidgelenk in des Proc.-anterior-Fragment sowie 2 in den kräftigen dorsalen Bezirk des Tuber gesetzt. Bei zusätzlicher Fragmentierung des Tuberfragments sollte eine weitere Schraube vom retrothalamischen Arm aus nach kaudal platziert werden. Beim Einsatz der winkelstabilen Kalkaneusplatte sollte die erste Schraube als Zugschraube platziert werden, um einen Kompressionseffekt über die rekonstruierte posteriore Facette zu erzielen und eine höhere Friktion der Platte zu erreichen [8]. Auch eine freie Positionierung der subthalamischen Schrauben ist optional mit nichtverriegelnden 2,7- oder 3,5-mm-Schrauben möglich. Prinzipiell erscheint die Auffüllung auch größerer subthalamischer Knochendefekte bei sachgerechter Verwendung winkelstabiler Implantate entbehrlich

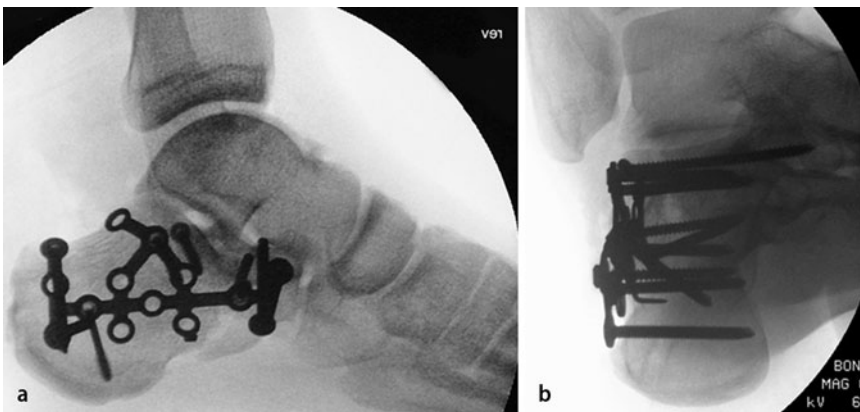


Abb. 12 ◀ a, b Das Ergebnis der Osteosynthese wird intraoperativ mit einer seitlichen und ggf. dorsoplantaren Aufnahme des Fußes, einer axialen Aufnahme des Fersenbeins und einer 20°-Brodén-Aufnahme dokumentiert bzw. mittels 3-D-Bildwandlerkontrolle bei vorbereitetem Karbontisch und Justierung des Bildwandlers. Wegen der damit verbundenen, nicht unerheblichen Strahlenbelastung wird im eigenen Vorgehen die intraoperative, offene Arthroskopie bevorzugt. Vor dem schichtweisen Wundverschluss muss eine subtile Blutstillung erfolgen, um insbesondere Nachblutungen aus Ästen der A. calcanea lateralis oder der V. saphena parva zu vermeiden. Bei stärkerer Blutung aus dem spongösen Knochen ist es empfehlenswert, ein Kollagenvlies einzulegen, um die zwangsläufige Hämatombildung zu minimieren. Eine Redon-drainage sollte für 2–3 Tage belassen werden

Besonderheiten

Weniger invasive Osteosynthese mit Kalkaneusnagel (C-Nail)

(■ Abb. 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20)

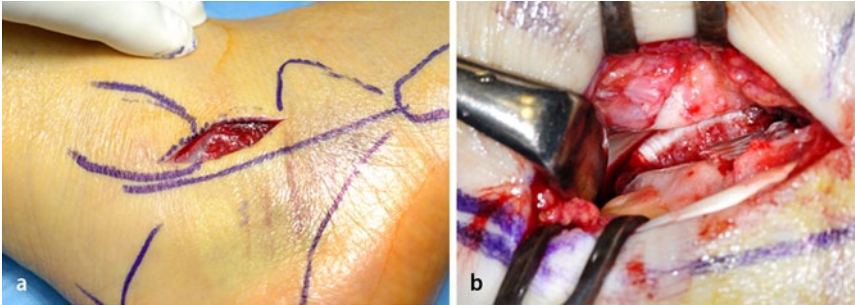


Abb. 13 ▲ Seit einem Jahr steht für einfachere Frakturformen mit ausreichender Fragmentgröße ein Kalkaneusverriegelungsnagel (C-Nail, Fa. Medin, Nové Město na Moravě, Tschechische Republik) für die weniger invasive Osteosynthese zur Verfügung, der in bislang 75 Fällen zum Einsatz kam. Der Nagel hat eine Länge von 65 mm und einen Durchmesser von 8 mm sowie 7 Verriegelungsoptionen und Verschlusskappen von 0–20 mm in 5-mm-Schritten. Die Operation erfolgt in Seitenlage des Patienten (vgl. Abb. 3). **a** Eine ca. 3 cm lange Hautinzision direkt unterhalb des Außenknöchels in Richtung Basis des MFKV dient der initialen Darstellung der posterioren Facette. Alternativ kann die Reposition der posterioren Facette unter arthroskopischer und Bildwandlerkontrolle erfolgen. **b** Zur Exposition des Subtalgelenks erfolgt die Präparation dicht oberhalb der Peronealsehnen, welche ohne Eröffnung der Sehnenscheide mit einem Langenbeck-Haken nach kaudal gehalten werden. Die Korrektur der Verkürzung und die Fehlstellung des Tuber calcanei erfolgt in Analogie zum offenen oder perkutanen Verfahren [15] mit dem Westhues-Manöver (vgl. ■ Abb. 6)

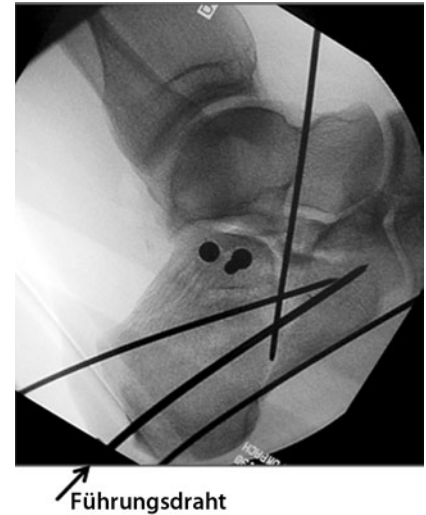


Abb. 15 ▲ Der Führungsdraht für den Nagel wird vom Tuber unterhalb des Ansatzes der Achillessehne parallel zur Unterfläche des Kalkaneus mittig in Projektion auf die kuboidale Facette eingebracht, endet aber ca. 5 mm proximal davon. Nur bei hochgradiger Instabilität des Proc. anterior calcanei muss er ausnahmsweise das Kalkaneokuboidgelenk überbrücken. Wichtig in der seitlichen und dorsoplantaren Bildwandlerkontrolle ist, dass der Kirschner-Draht mittig bzw. im Übergang zum lateralen Drittel platziert ist. Bei korrekter Lage wird eine gut 1 cm lange, längs verlaufende Hautinzision auf Höhe des Drahts vorgenommen und die Gewebeschutzhülse für den kanülierten 8-mm-Bohrer eingebracht, der fest bis an das Tuber zu pressen ist. Auch die anschließende Aufbohrung soll nicht mehr als 5 mm an das Kalkaneokuboidgelenk heranreichen

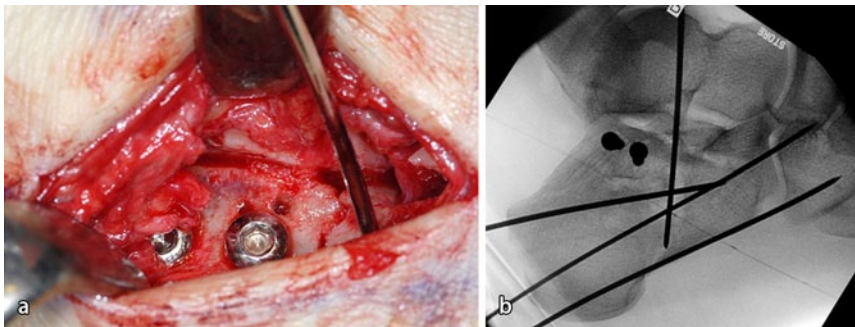


Abb. 14 ▲ a, b Der Aufbau des Gelenkblocks erfolgt wie beim offenen Vorgehen (vgl. ■ Abb. 7, 8, 9). Die Hauptfragmente werden mit Kirschner-Drähten gegeneinander fixiert. Bei gegebener Kongruenz unter 20°-Brodén-Bildwandlerkontrolle können jetzt zwei 3,5- oder 2,7-mm-Kortikalisschrauben im Wechsel zu den vorgegebenen Kirschner-Drähten eingebracht werden. Für die Ausrichtung der temporären Fixation für das Tuberfragment werden 1–2 Kirschner-Drähte von dorsal bis in das gelenknahe posteriore Facettenfragment sowie 1–2 Kirschner-Drähte bis in den Proc. anterior bzw. das Oc cuboideum vorgetrieben. Diese Kirschner-Drähte sollen weit lateral und medial sowie weit plantar zu liegen kommen, um das anschließende Vorbohren und Einbringen des Nagels nicht zu behindern

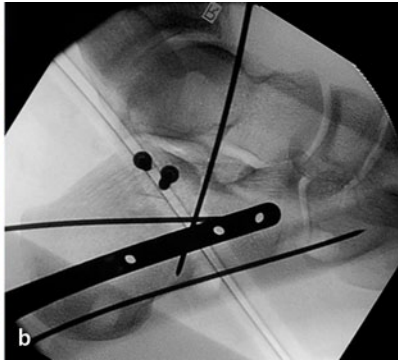


Abb. 16 ▲ a, b Nach Entfernung des Kirschner-Drahts und Montage des Nagels auf den Zielbügel kann dieser problemlos in den Kalkaneus eingeführt werden, wobei der korrekte Abstand zum Kalkaneokuboidgelenk im Bildwandler kontrolliert wird

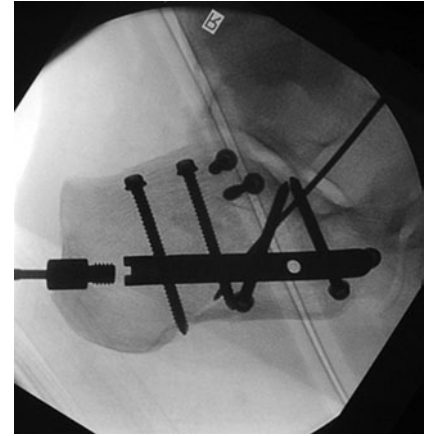


Abb. 18 ▲ Nach abgeschlossener Schraubenverriegelung wird der Zielbügel entfernt und die Verschlusskappe entsprechend der Bildwandlerkontrolle in der notwendigen Länge eingesetzt

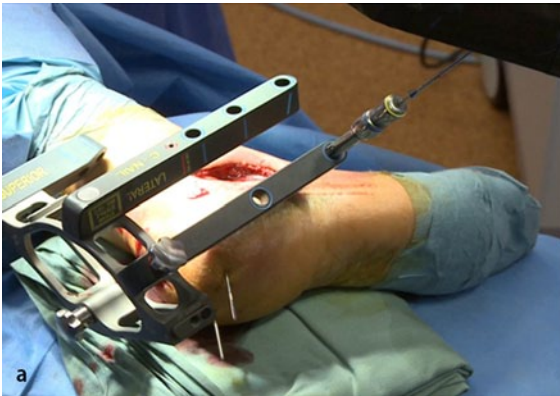


Abb. 17 ▲ a Die Stabilität der Osteosynthese und die korrekte Rotation des Nagels werden durch die exakte Platzierung der sustentakulären Verriegelungsschrauben bestimmt. Nach Einbringen beider Zielldrähte über den sustentakulären Zielbügel muss unter axialer Bildwandlerkontrolle überprüft werden, ob beide Kirschner-Drähte exakt im Sustentakulum platziert sind, ohne die mediale Facette zu tangieren. **b** Die Kirschner-Drähte werden bei korrekter Position schrittweise durch 2 Schrauben ersetzt. Dabei ist sehr darauf zu achten, dass die Bohrhülse am Knochen anliegt, um die Weichteile zu schonen und eine exakte Schraubenlänge bestimmen zu lassen. Die lateralen Verriegelungsschrauben werden mit dem lateralen Zielbügel nahe des Kalkaneokuboidgelenks und des Tuber calcanei, die beiden Tuberschrauben über den als „superior“ ausgewiesenen Zielarm mittels Stichinzision von proximal nach distal in das Tuber eingebracht. Das mittlere Schraubenloch ist optional über Stichinzision zu besetzen. Da diese optionale Besetzung leicht mit den Peronealsehnen kollidieren kann, muss nach Inzision die Wunde grundsätzlich mit der Schere gespreizt und der Trokar sorgfältig zum Knochen geführt werden, um eine Sehnenverletzung zu vermeiden. Die korrekte Lage und Schraubenlänge wird erneut mit dem C-Bogen kontrolliert

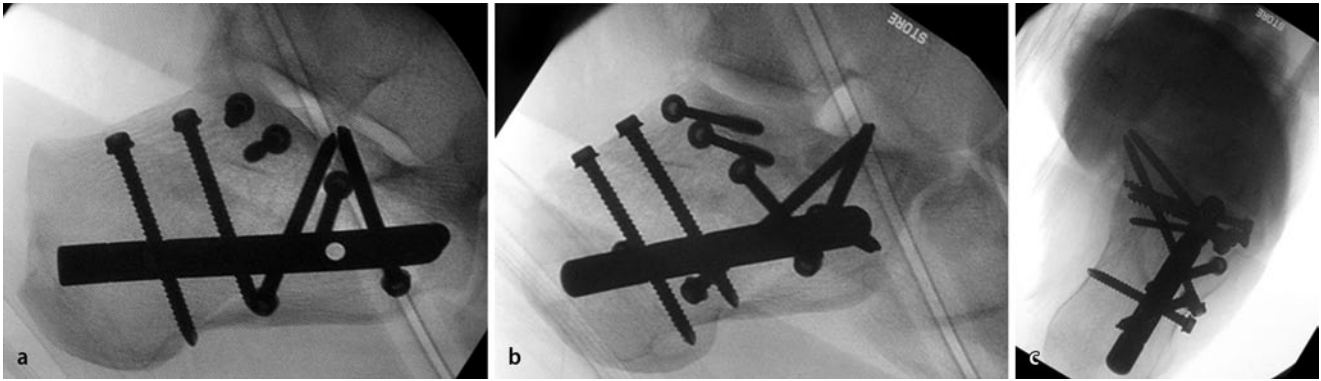


Abb. 19 ▲ a–c Die abschließende Bildwandlerkontrolle benötigt die seitliche, axiale, 20°-Brodén- und dorsoplantare Projektion bzw. eine 3-D-Darstellung, um zu kontrollieren, dass die posteriore Facette korrekt reponiert ist, alle Fragmente ausreichend retiniert sind und die Schraubenlängen stimmen



Abb. 20 ▲ Eine Redondrainingage kann nach Spülung der Wunde fakultativ über dem Subtalar-gelenk eingelegt werden. Die Stichinzisionen werden mittels Hautnaht verschlossen

Postoperative Behandlung

- Unterschenkelschiene (oder Unterschenkelspaltgips) in Neutralstellung des Fußes bis zur Wundheilung; der Patient presst ab dem 1. postoperativen Tag den Fuß aktiv gegen die Sohle von Schiene oder Gips
- Bei erheblichem Weichteiltrauma, z. B. nach notwendiger Fasziotomie bei Kompartmentsyndrom, temporäre Ruhigstellung im tibiometatarsalen Fixateur externe bis zur Weichteilkonsolidierung
- Hochlagerung des Beins in einer Braun-Schiene
- Verbandwechsel und Entfernung der eingebrachten Drainage am 2. postoperativen Tag
- Ab dem 2. postoperativen Tag passive Durchbewegung auf der Motorschiene beginnend mit Streckung und Beugung im oberem Sprunggelenk von 0/0/30° sowie Pro- und Supina-

- tion im unterem Sprunggelenk von 10/0/10° unter schrittweiser Steigerung zum normalen Bewegungsumfang innerhalb von 10 Tagen
- Ab dem 3. postoperativen Tag aktive Beübung von oberem und unterem Sprunggelenk (z. B. Kreisellübung mit der Großzehe bei fixiertem Unterschenkel, [24])
- Nach Wundheilung Mobilisation im eigenen Schuh, ambulante Gangschulung, aktive Bewegungsübungen und manuelle Mobilisation der Fußwurzelgelenke
- Teilbelastung des verletzten Fußes mit 20 kg an 2 Unterarmgehstützen für 6–12 Wochen je nach Verletzungsschwere und Knochenqualität
- Sportfähigkeit und körperlich schwere Tätigkeiten nach 4–6 Monaten
- Implantatentfernung nur bei prominentem Osteosynthesematerial oder erheblicher Bewegungseinschränkung im Subtalar-gelenk, dann in Kombination mit einer offenen und arthroskopischen Arthrolyse des Subtalar-gelenks [13]

Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Ungenügende Reposition: Beim Verdacht im postoperativen Röntgenbild und unvollständiger intraoperativer Kontrolle großzügige Durchführung einer postoperativen CT und bei relevanter Fehlstellung oder Implantatfehl-lage operative Revision
- Hämatom, Nachblutung: Operative Entlastung, Lavage

- Wundheilungsstörung, Wundrandnekrose: Lokale antiseptische Wundbehandlung
- Infekt: Revision, Lavage, Débridement, ggf. Entfernung der Osteosyntheseplatte und Verfahrenswechsel auf Schrauben
- Bewegungseinschränkung, Arthrofibrose: Implantatentfernung, extra- und intraartikuläres Débridement mit Arthrolyse, ggf. arthroskopisch gestützt [13], Osteophytenabtragung, Tenolyse der Peronealsehnen
- Manifeste knöcherner Fehlleilung: Nach CT-Analyse Korrekturarthrodese [14, 27], bei früher Diagnosestellung und fehlenden Arthrosezeichen alternativ gelenkerhaltende Korrekturosteotomie [16]
- Posttraumatische Arthrose: Implantatentfernung, Arthrodesse zumeist des Subtalar-gelenks
- Pseudarthrose: Operative Resektion der fibrösen Pseudarthrose, Spongiosaplastik, Reosteosynthese oder Arthrodesse [27]
- Osteonekrose (selten): Nekrektomie, Implantatentfernung, Defektauffüllung bei Infektfreiheit mit kortikospongiosmem Span, bei Gelenkbefall Arthrodesse
- Chronische Osteitis: Radikales Débridement, temporäre Einlage von Antibiotikaketten, Transfixierung im Fixateur externe, bei Infektfreiheit nach ggf. mehrfachen Débridements Arthrodesse mit Defektauffüllung (Beckenkamm-späne oder allogenes Material, z. B. Hüftkopf); bei Unmöglichkeit

der Infektsanierung (sub-)totale Kalkaneektomie

Ergebnisse

Vom 1. Januar 2000 bis zum 31. Dezember 2003 wurden 163 Patienten mit 184 dislozierten intraartikulären Kalkaneusfrakturen mit einer Plattenosteosynthese über einen ausgedehnt lateralen Zugang versorgt. 102 Patienten (63%) mit 116 Frakturen konnten klinisch und radiologisch im Mittel 8 Jahre postoperativ untersucht werden. Diese Patienten sind Teil einer Studie von 127 Patienten mit 149 Kalkaneusfrakturen, deren funktionelle Langzeitergebnisse in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere und der Repositionsqualität ausführlich an anderer Stelle dargestellt sind [17]. Die folgenden Zahlen beziehen sich ausschließlich auf die 116 mit lateraler Plattenosteosynthese versorgten und nachuntersuchten Frakturen.

In 53 Fällen war zur Stabilisierung der Fraktur eine nichtwinkelstabile AO-Platte (Sanders-Platte oder „Tampa plate“) verwendet worden, in 63 Fällen eine winkelstabile AO-Platte (beide Fa. Synthes, Bettlach, Schweiz). An postoperativen Komplikationen wurden 22 oberflächliche Wundrandnekrosen (18,9%) gesehen, die mit lokaler Wundpflege ohne jegliche Revision sekundär verheilten. In 4 Fällen (3,4%) musste wegen eines postoperativen Hämatoms operativ revidiert werden. In 2 Fällen (1,7%) ereignete sich eine oberflächliche Infektion und in 5 Fällen (4,3%) ein tiefer Infekt. Letztere erforderten ein aggressives Débridement mit Plattenentfernung und Wechsel auf Schrauben. In 2 Fällen führte die freie Lappendeckung zur definitiven Abheilung. Eine Kalkaneektomie oder Amputation wurde in keinem der Fälle notwendig. Im 8-Jahres-Verlauf wurden aufgrund schmerzhafter posttraumatischer Arthrosen im Subtalar-gelenk 9 sekundäre subtalare Arthrodesen (7,8%) durchgeführt.

Im Rahmen der klinischen und radiologischen Nachuntersuchung fanden sich folgende Durchschnittswerte:

- AOFAS Hindfoot Score [9]: 70,2 (Standardabweichung 22,0; Spanne 17–100), Median 72,0
- Deutsche Version des FFI (Foot Function Index, [10]): 32,8 (Stan-

dardabweichung 23,8; Spanne 88,3–0), Median 30,2, wobei 0 Punkte das bestmögliche und 100 Punkte das schlechteste mögliche Ergebnis darstellen

- Zwipp-Score (± 200 Punkte, [24]): Durchschnittswert 76,0 (Standardabweichung 80,0; Spanne 178 – –100), Median 60,2
- Deutsche Version des SF-36 [4] körperliche Skala: 42,2 (Standardabweichung 11,3; Spanne 20,7–62,9), Median 44,0
- Deutsche Version des SF-36 [4] mentale Skala: 52,7 (Standardabweichung 8,7; Spanne 26,5–69,7), Median 54,6

Für alle Patienten zeigte sich eine deutliche negative Korrelation der Ergebnisse mit zunehmender Frakturschwere anhand der Frakturklassifikation von Sanders [19] sowie der 12-Punkte-Frakturkala nach Zwipp [24]. Hinsichtlich des verwendeten Implantats fanden sich keine signifikanten Unterschiede im funktionellen Ergebnis bei Verwendung einer nichtwinkelstabilen oder winkelstabilen Plattenosteosynthese.

Signifikant schlechtere Ergebnisse mit einem oder mehreren Scores fanden sich bei bilateralen Frakturen, offenen Frakturen und beim Vorliegen von Arbeitsunfällen. Bezüglich der Repositionsqualität ergab sich eine nichtsignifikante Tendenz zu besseren funktionellen Resultaten bei fehlender postoperativer Gelenkstufe und guter Wiederherstellung des Böhler-Winkels. Die Ergebnisse finden sich insgesamt in Übereinstimmung mit der aktuellen Literatur und zeigen, dass sich im Durchschnitt gute funktionelle Langzeitergebnisse nach anatomischer Reposition und stabiler, nicht gelenkübergreifender Plattenosteosynthese mit frühfunktioneller Nachbehandlung erzielen lassen. Die Scores legen jedoch auch nahe, dass bei der Mehrzahl der Patienten, insbesondere bei schweren Frakturformen, funktionelle Einschränkungen und residuelle Beschwerden verbleiben, was präoperativ besprochen und in die Überlegungen zur Indikationsstellung und Verfahrenswahl einfließen muss.

Da der erweiterte-laterale Zugang an sich auch mit einer gewissen Zugangsmorbidität belastet ist, wurden zahlrei-

che minimal-invasive und weniger invasive Verfahren propagiert. Der hohe Stellenwert der perkutanen Osteosynthese ist insbesondere bei leichten Frakturformen unbestritten [15]. Inwieweit eine weniger invasive Osteosynthese mit dem C-Nail auch bei etwas schwereren Frakturformen einen Vorteil bei den funktionellen Resultaten erbringt, bleibt abzuwarten. Bei den 75 bislang mit dieser Methode operierten Patienten ist bislang in 2 Fällen (2,7%) eine oberflächliche Wundrandnekrose aufgetreten. In der Literatur finden sich mehrere Berichte zu Osteosynthesen (inklusive eines Kalkaneusnagels mit anderem Design, [6]) mit weniger invasiven Zugängen auf Höhe des Sinus tarsi [11, 21, 22]; belastbare Langzeitergebnisse liegen jedoch noch nicht vor.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. H. Zwipp

Klinik und Poliklinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus der TU Dresden
Fetscherstr. 74, 01307 Dresden
stefan.rammelt@uniklinikum-dresden.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. H. Zwipp, M. Amlang und M. Pompach haben an der Entwicklung des Kalkaneusnagels (C-Nail, Fa. Medin, Nové Město na Moravě, Tschechische Republik) mitgewirkt. S. Rammelt und C. Dürr geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle im vorliegenden Manuskript beschriebenen Untersuchungen am Menschen wurden mit Zustimmung der zuständigen Ethik-Kommission, im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Von allen beteiligten Patienten liegt eine Einverständniserklärung vor.

Literatur

1. Benirschke SK, Sangeorzan BJ (1993) Extensive intraarticular fractures of the foot. Surgical management of calcaneal fractures. Clin Orthop 292:128–134
2. Böhler L (1957) Fersenbeinfrakturen. In: Böhler L (Hrsg) Die Technik der Knochenbruchbehandlung, 12./13. Aufl., Bd 2. Maudrich, Wien, S 2148–2217
3. Brenner P, Rammelt S, Gavlik JM, Zwipp H (2001) Early soft tissue coverage after complex foot trauma. World J Surg 25:603–609
4. Bullinger M (1995) German translation and psychometric testing of the SF-36 Health Survey: preliminary results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment. Soc Sci Med 41:1359–1366

5. Freeman B, Duff S, Allen P et al (1998) The extended lateral approach to the hindfoot. Anatomical basis and surgical implications. *J Bone Joint Surg Br* 80:139–142
6. Goldzak M, Mittlmeier T, Simon P (2012) Locked nailing for the treatment of displaced articular fractures of the calcaneus: description of a new procedure with calcanail®. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 22:345–349
7. Heier KA, Infante AF, Walling AK, Sanders RW (2003) Open fractures of the calcaneus: soft-tissue injury determines outcome. *J Bone Joint Surg Am* 85-A:2276–2282
8. Illert T, Rammelt S, Drewes T et al (2011) Stability of locking and non-locking plates in an osteoporotic calcaneal fracture model. *Foot Ankle Int* 32:307–313
9. Kitaoka H, Alexander I, Adelaar R et al (1994) Clinical rating systems for the ankle, hindfoot, midfoot, hallux and lesser toes. *Foot Ankle Int* 15:349–353
10. Naal FD, Impellizzeri FM, Huber M, Rippstein PF (2008) Cross-cultural adaptation and validation of the Foot Function Index for use in German-speaking patients with foot complaints. *Foot Ankle Int* 29:1222–1228
11. Nosewicz T, Knupp M, Barg A et al (2012) Mini-open sinus tarsi approach with percutaneous screw fixation of displaced calcaneal fractures: a prospective computed tomography-based study. *Foot Ankle Int* 33:925–933
12. Palmer I (1948) The mechanism and treatment of fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am* 30:2–8
13. Rammelt S, Gavlik JM, Barthel S, Zwipp H (2002) The value of subtalar arthroscopy in the management of intra-articular calcaneus fractures. *Foot Ankle Int* 23:906–916
14. Rammelt S, Zwipp H (2004) Calcaneus fractures: facts, controversies and recent developments. *Injury* 35:443–461
15. Rammelt S, Dürr C, Schneiders W, Zwipp H (2012) Minimal-invasive Osteosynthese von Kalkaneusfrakturen. *Oper Orthop Traumatol* 24:383–395
16. Rammelt S, Grass R, Zwipp H (2013) Joint-preserving osteotomy for malunited intra-articular calcaneal fractures. *J Orthop Trauma* 27:e234–238
17. Rammelt S, Zwipp H, Schneiders W, Dürr C (2013) Severity of injury predicts subsequent function in surgically treated displaced intra-articular calcaneal fractures. *Clin Orthop Relat Res* 471:2885–2898
18. Rübberdt A, Feil R, Stengel D et al (2006) Die klinische Wertigkeit des ISO-C(3D) bei der Osteosynthese des Fersenbeins. *Unfallchirurg* 109:112–118
19. Sanders R (1992) Intra-articular fractures of the calcaneus: present state of the art. *J Orthop Trauma* 6:252–265
20. Sanders R (2012) Turning tongues into joint depressions: a new calcaneal osteotomy. *J Orthop Trauma* 26:193–196
21. Wang Q, Chen W, Su Y et al (2012) Minimally invasive treatment of calcaneal fracture by percutaneous leverage, anatomical plate, and compression bolts—the clinical evaluation of cohort of 156 patients. *J Trauma* 69:1515–1522
22. Weber M, Lehmann O, Sagesser D, Krause F (2008) Limited open reduction and internal fixation of displaced intra-articular fractures of the calcaneum. *J Bone Joint Surg Br* 90:1608–1616
23. Zwipp H, Tscherne H, Wülker N (1988) Osteosynthese dislozierter intraartikulärer Calcaneusfrakturen. *Unfallchirurg* 91:507–515
24. Zwipp H (1994) *Chirurgie des Fußes*. Springer, Wien
25. 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):SB3–SB9
26. Zwipp H, Rammelt S, Barthel S (2005) Kalkaneusfraktur. *Unfallchirurg* 108:737–760
27. Zwipp H, Rammelt S (2006) Subtalar Arthrodeuse mit Calcaneus-Osteotomie. *Orthopäde* 35:387–404
28. Zwipp H, Rammelt S (2013) *Tscherne Unfallchirurgie: Fuß*. Springer-Verlag (im Druck)



Kommentieren Sie diesen Beitrag auf springermedizin.de

► Geben Sie hierzu den Beitragstitel in die Suche ein und nutzen Sie anschließend die Kommentarfunktion am Beitragsende.

Vordere Kreuzbandrekonstruktion

Die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands bedeutet nicht zwangsläufig nur



eine einzige Technik zu beherrschen und durchzuführen. Voraussetzung für eine erfolgreiche Operation ist vielmehr die Erfahrung in der Entnahme

der verschiedenen autologen Transplantate, der Anlage der Bohrkanaäle und den verschiedenen Fixationstechniken des Transplantats. In Heft 1/2013 der Zeitschrift *Arthroskopie* vermitteln namhafte Operateure ihre persönliche Erfahrung auf diesem Gebiet und stellen ihre bevorzugte Operationstechnik im Detail vor:

- Anatomische Einzelbündelrekonstruktion mit autologer Semitendinosusehne
- Anatomische Doppelbündelrekonstruktion mit autologer Semitendinosusehne
- Einzelbündeltechnik
- Arthroskopische VKB-Ersatzplastik mit BPTB-Transplantat in Press-fit-Technik
- Symptomatische Partialrupturen des vorderen Kreuzbands
- Präzisierung der vorderen Kreuzbandrekonstruktion
- Vordere Kreuzbandrekonstruktion

Bestellen Sie diese Ausgabe zum Preis von 63 € bei

Springer Customer Service Center
Kundenservice Zeitschriften
Haberstr. 7, 69126 Heidelberg

Tel.: +49 6221-345-4303
Fax: +49 6221-345-4229
E-Mail: leserservice@springer.com

Suchen Sie noch mehr zum Thema? Mit e.Med, dem Online-Paket von Springer Medizin, können Sie schnell und komfortabel in über 500 medizinischen Fachzeitschriften recherchieren.

Weitere Infos unter springermedizin.de/eMed.