

Knöcherner Eingriffe am Rückfuß

2.1 OSG-Arthrodesen – 19

2.1.1 Stellung der Arthrodesen – 19

2.1.2 OP-Technik – 20

2.1.3 Nachbehandlung – 23

2.2 OSG-Endoprothese – 24

2.2.1 OP-Technik – 25

2.2.2 Nachbehandlung – 25

2.3 Tibiotalkalkaneare Arthrodesen – 25

2.3.1 OP-Technik – 26

2.3.2 Nachbehandlung – 27

2.4 Supramalleoläre Korrekturosteotomie – 27

2.4.1 OP-Technik – 28

2.4.2 Nachbehandlung – 31

2.5 Erweiterte Zugänge zum OSG – 31

2.5.1 OP-Technik – 32

2.5.2 Nachbehandlung – 34

2.6 Eingriffe bei osteochondralen Defekten im OSG – 34

2.6.1 OP-Technik – 34

2.6.2 Nachbehandlung – 36

2.7 Arthrodesen des Subtalargelenks – 36

2.7.1 OP-Technik – 37

2.7.2 Nachbehandlung – 38

2.8 Arthrodesen des Talonavikulargelenks – 38

2.8.1 OP-Technik – 38

2.8.2 Nachbehandlung – 40

| | |
|-------------|--|
| 2.9 | Arthrodesse des Kalkaneokuboidgelenks – 41 |
| 2.9.1 | OP-Technik – 41 |
| 2.9.2 | Nachbehandlung – 42 |
| 2.10 | Kombinierte Rückfußarthrodesen – 43 |
| 2.10.1 | Triple-Arthrodesse – 43 |
| 2.10.2 | Diple-Arthrodesse („Double“) über medialen Zugang – 44 |
| 2.10.3 | Triple-Arthrodesse nach Lambrinudi – 45 |
| 2.11 | Korrekturosteotomien an Rückfuß und OSG – 46 |
| 2.11.1 | Verlängerung der lateralen Kolumne (Evans-Osteotomie) – 46 |
| 2.11.2 | Kalkaneusosteotomien – 47 |
| 2.12 | Haglund-Exostose und Insertionstendinopathie – 50 |
| 2.12.1 | OP-Technik – 51 |
| 2.13 | Plantarfasziitis (Fersensporn) – 53 |
| 2.13.1 | OP-Technik – 53 |
| 2.13.2 | Nachbehandlung – 54 |
| 2.14 | Arthrorise – 54 |
| 2.14.1 | OP-Technik – 54 |
| 2.14.2 | Nachbehandlung – 55 |
| 2.15 | Resektion der Coalitio calcaneonavicularis – 56 |
| 2.15.1 | OP-Technik – 56 |
| 2.15.2 | Nachbehandlung – 57 |
| | Literatur – 58 |

2.1 OSG-Arthrodese

■ Prinzip

Versteifung des oberen Sprunggelenks (OSG) mit interner Fixation (Platte, Schrauben, Nagel) oder Fixateur externe. Die ossäre Fusion ist über Entknorpeln der Gelenkflächen bis an den spongiösen, subchondralen Knochen heran bzw. durch gelenknahe plane Osteotomieflächen mit Dorsalverschiebung des Fußes vorzunehmen.

■ Indikationen

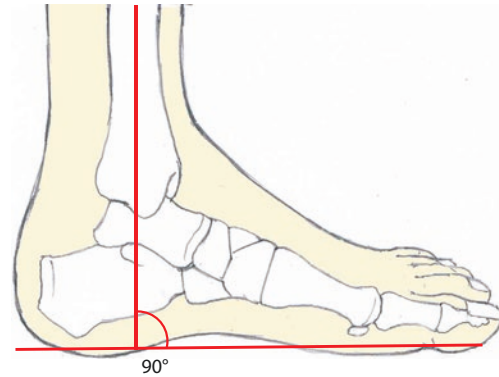
Osteoarthrosen diverser Ätiologie (posttraumatisch, bei chronischer Instabilität, primär etc.), avaskuläre Talusnekrose, rheumatoide Arthritis, hämophile Arthropathie, gelenknahe Tumorresektionen, schwere Osteochondrosis dissecans, pigmentierte villonoduläre Synovialitis, Charcot-Neuroosteoarthropathie, septische Arthritis, Revisionseingriff bei fehlgeschlagenem alloarthroplastischem Gelenkersatz. Die ursprünglich von Charnley (1951) als „compression arthrodesis“ angegebene Stabilisierung mit dem Fixateur externe empfiehlt sich heute nur noch bei postinfektiösen Zuständen bzw. bei schlechter Hautsituation, z. B. nach Spalthautdeckungen. Bei Talusnekrosen scheint die Arthrodese mit Defektauffüllung dem Kollaps des Talus entgegenzuwirken, da eine Revaskularisation des Talus über den Fusionsbereich zustande kommen kann.

■ Kommentar

Die Arthrodese des OSG stellt nach wie vor den Goldstandard in der Therapie der endgradigen Osteoarthrose dar. Konvexe oder konkave Arthrodeseflächen entsprechend der Anatomie des OSG erhöhen die Formschlüssigkeit und die Fusionsrate („Reshaping-Arthrodese“). Dies limitiert allerdings die Möglichkeit einer wesentlichen Fehlstellungskorrektur. Die Entknorpelung kann arthroskopisch erfolgen, sofern keine wesentliche intraartikuläre Deformität besteht. Die Endoprothese des oberen Sprunggelenks stellt eine vielversprechende Alternative bei ähnlichem Indikationsspektrum dar. Die Anschlussdegeneration der tarsalen Nachbargelenke wird bei der OSG-Arthrodese nicht einheitlich beurteilt. Eine dauerhafte Überlegenheit der erhaltenen Gelenkmobilität beim alloarthroplastischen Gelenkersatz konnte bislang im Rahmen von Level-I- oder -II-Studien nicht gezeigt werden.

2.1.1 Stellung der Arthrodese

Die Stellung der Arthrodese ist wesentlich hinsichtlich des funktionellen Outcomes. Eine Position von 90° in der Sagittalebene relativ zur Tibialängsachse (■ Abb. 2.1), 5°



■ Abb. 2.1 Fußskelettschema mit seitlicher Darstellung des angestrebten 90°-Winkels in der Sagittalebene



■ Abb. 2.2 Dorsaler Aspekt des Fußes mit Knochenkontur und physiologischem Fersenvalgus von 5°

Valgus in der Frontalebene (■ Abb. 2.2) und 5° Außenrotation (■ Abb. 2.3) werden angestrebt. Die Rotation orientiert sich dabei intraoperativ an der Fußinnenkante. Aktuelle biomechanische Studien haben gezeigt, dass durch eine korrekte Arthrodesestellung die plantare Druckverteilung vom kontralateralen gesunden Fuß wenig abweicht, wonach die Belastung der Anschlussgelenke kaum zunimmt. Um eine ungünstige Ventralisierung des Fußes in Relation zur Längsachse der Tibia zu vermeiden, müssen sämtliche dorsalen Osteophyten entfernt werden. Ferner ist es empfehlenswert, bei Operation in Rückenlage eine Rolle deutlich oberhalb der Ferse zu platzieren, um der versehentlichen Ventralisierung des Fußes entgegenzuwirken.

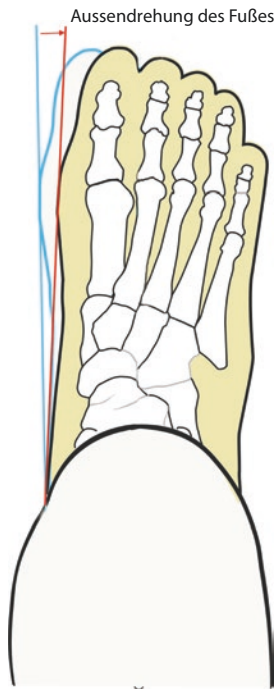


Abb. 2.3 Fuß von dorsal mit flektiertem Kniegelenk und erkennbarem Oberschenkel. Beachte die Auswärtsstellung des Fußes von 5°

Bei persistierendem Spitzfuß trotz ausreichender Osteophytenabtragung kann zum Erreichen der gewünschten 90°-Arthrodesestellung eine Achillessehnenverlängerung praktiziert werden (► Abschn. 3.2.2).

2.1.2 OP-Technik

Ventraler Zugang

■ Lagerung

Der Patient befindet sich in Rückenlage mit vertikal eingestellter Fußachse. Die planta pedis am unteren Rand des Operationstisches lokalisiert. Ein Kissen im Bereich der ipsilateralen Hüfte verhindert die Tendenz zu ungünstiger Außenrotation. Bei Verwendung einer Blutsperre ist diese bevorzugt am Oberschenkel anzulegen.

! Kein Lagerungskissen auf Höhe des Fibulaköpfchens wegen der Gefahr einer N.-peroneus-Schädigung!

■ Zugang

Der ca. 10 cm lange Hautschnitt wird im Intervall zwischen der Sehne des M. tibialis anterior (TA) und des M. extensor hallucis longus (EHL) 1 cm lateral des Margo anterior tibiae gesetzt (► Abb. 2.4). Übermäßiger Zug auf die Wundränder durch Rechenhaken und Hohmann-Hebel ist aufgrund der fast immer vorgeschädigten Weichteile zu vermeiden. Schonung der Äste des N. peroneus superficialis, die im Weichteilverbund nach lateral weggehalten werden. Nach Darstellung des Retinaculum extensorum wird dieses direkt über der EHL-Sehne längs inzidiert. Die Integrität der Sehnenscheide des TA sollte nicht beeinträchtigt werden. Zur Exposition der Gelenkkapsel werden der Weichteilverbund jeweils mit TA-Sehne nach medial und die EHL-Sehne sowie das Gefäß-Nerven-Bündel nach lateral weggehalten.

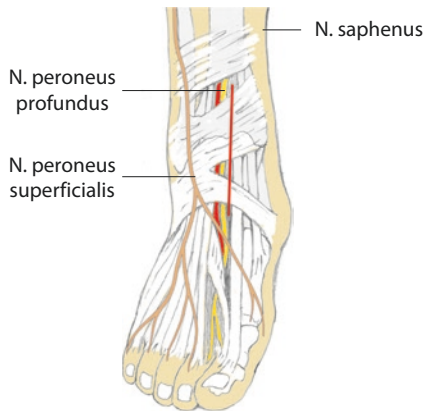
Die Kapsel wird 6–8 cm bis auf den Knochen längs inzidiert und das Periost im Bereich der distalen Tibia und des dorsalen Talusaspekts mit dem Skalpell bzw. Raspatorium abgehoben. Die Exposition wird seitlich bis zu den Malleolen fortgeführt. Ventrale Osteophyten (tibial, talar) werden mit dem Meißel abgetragen.

■ Gelenkexposition

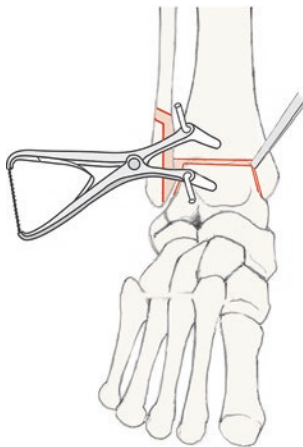
Zur besseren Einsicht kann jeweils medial oder lateral ein Hintermann-Distraktor oder Laminaspreizer zur Gelenkspalterweiterung eingesetzt werden. Unter Berücksichtigung der konkaven Tibiagelenkfläche und des konvexen Taluskörpers Entknorpeln mit scharfen Löffeln, kleinen Meißeln oder bei sehr sklerotischen Verhältnissen mittels Kugelfräse (► Abb. 2.5 und ► Abb. 2.6).

Der meist extrem sklerotische subchondrale Knochenanteil kann mit einem Klingenmeißel (5 mm) mit Längsrillen versetzt und multipel mit einem 2-mm-Bohrer perforiert werden. Die Malleolen bleiben erhalten, ihre Gelenkflächen werden entknorpelt.

Ist es bereits zu einem Längenverlust im Gelenkbereich gekommen, muss ein distales Impingement der Malleolarspitzen durch Resektion derselben verhindert werden – damit wird die Fusion der Arthrodesis unproblematischer (► Abb. 2.7).



■ **Abb. 2.4** Zugang zum oberen Sprunggelenk von ventral zwischen der Tibialis-anterior- und der Extensor-hallucis-longus-Sehne

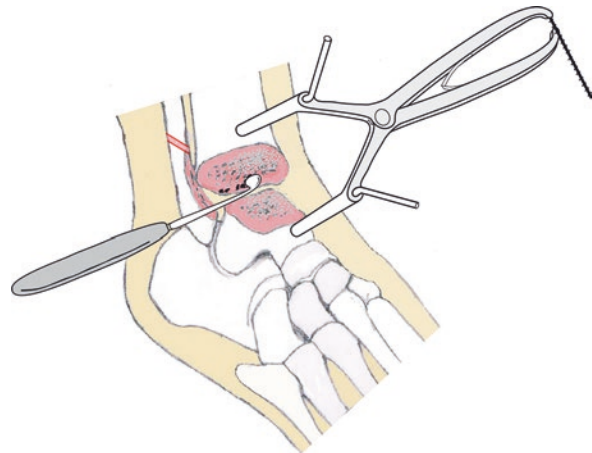


■ **Abb. 2.5** Ausmaß der Knochenresektion an Tibia, Talus und Fibula. Verwendung eines Gelenkdistraktors zur Gelenkexposition und Entknorpelung mit einem zarten Meißel

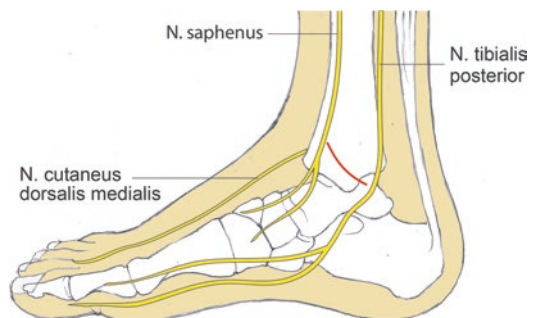
■ Fixation

Die Position der Arthrodese ist für das funktionelle Ergebnis entscheidend. Sie sollte wie oben beschrieben eingestellt und intraoperativ mittels Röntgenkontrolle verifiziert werden.

Die Stellung des Fußes kann durch das plantare Anlegen des Deckels eines Sterilisationsbehälters in Relation zur Tibia besser beurteilt werden.



■ **Abb. 2.6** Durch Distraction kann auch der dorsale Gelenkanteil gut exponiert und durch Verwendung einer Kürette und des Meißels können Knorpel und Osteophyten entfernt werden. Beachte, dass auch die Gelenkflächen der Fibula bzw. des Malleolus medialis entknorpelt werden müssen. Eine Fibulaosteotomie (proximal der Syndesmose) kann erforderlich sein, um ein Sperren der Arthrodese zu verhindern



■ **Abb. 2.7** Zusätzlicher medialer Zugang zur Malleolusspitzenresektion bei lateralem Zugang oder limitierender Narbensituation

Als Osteosynthesematerial stehen Schrauben, Plattensysteme (konventionell, winkelstabil, präformiert) und externe Fixationsmethoden zur Wahl. Plattenosteosynthesen erweisen sich als biomechanisch stabilste Methode.

■ Schraubenfixation

Nach achsengerechter Ausrichtung der Gelenkposition erfolgt eine temporäre Fixation mittels Führungsdrähten. Die Möglichkeiten der Schraubenpositionierung sind vielfältig. Exemplarisch wird die Arthrodese mit 3 kanülierten 6,5-mm- oder 7,3-mm-Kompressionsschrauben dargestellt. Die Führungsdrahtpositionierung erfolgt perkutan, für die mediale Schraube vom medialen Aspekt der distalen Tibia in Richtung Taluskörper. Nach Bildwandlerkontrolle in 2

Ebenen erfolgt kanüliertes Vorbohren. Im Anschluss wird die Schraube eingedreht. Der Führungsdraht der zweiten anterolateralen Schraube wird nahezu vertikal über den ventralen Zugang eingebracht. Setzen der Schraube wie beschrieben.

Die dritte zentrale Schraube wird über ihren positionierten Führungsdraht von posterolateral nach antero-medial vorgetrieben (Abb. 2.8). Das Einbringen dieser Schraube von dorsal ist kritisch in der dreidimensionalen Positionierung, da bereits 2 Schrauben die Arthrodeseflächen kreuzen. Das vorrangige retrograde Einbringen des Führungsdrahtes für die posterolaterale Schraube ermöglicht eine leichter kontrollierbare Schraubenpositionierung. (Abb. 2.9).

■ Plattenfixation

Aufgrund der angebotenen Vielfalt von Plattenimplantaten wird auf die Empfehlungen der jeweiligen Hersteller verwiesen.

Transfibulärer Zugang

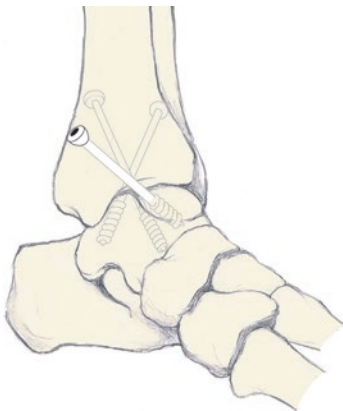
Dieser Zugang wird bei ausgeprägten Deformitäten, welche einer In-situ-Arthrodesese entgegenstehen, angewendet.

■ Lagerung

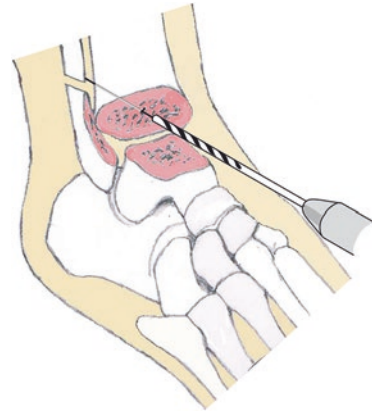
Operation in Seitenlage. Optional Oberschenkelblutsperr.

■ Zugang

Die Hautinzision wird am dorsalen Aspekt der Fibula beginnend 8–10 cm proximal der Fibulaspitze bis zu dieser gesetzt. Im Bereich der Fibulaspitze folgt eine bogenförmige, ca. 6–8 cm lange Verlängerung über den Sinus tarsi bis an die Basis des Os metatarsale IV, etwas oberhalb der

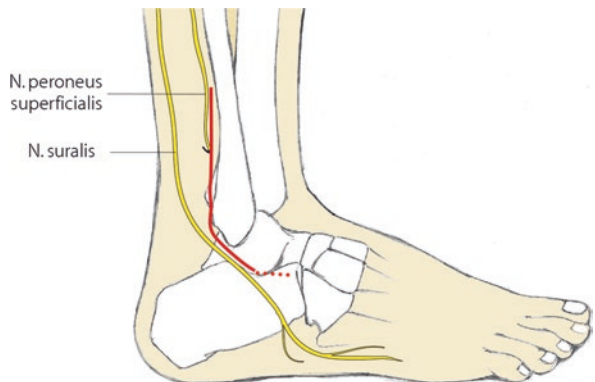


■ Abb. 2.8 Schraubenlage bei In-situ-Fusion vom vorderen Zugang aus



■ Abb. 2.9 Zur Positionierung der dritten von proximal-dorsolateral nach distal-ventromedial orientierten Schraube kann ein Führungsdraht durch das aufgespreizte OSG von distal in die Tibia nach proximal-dorsolateral vorgetrieben werden. Dieser erreicht lateral der Achillessehne die Haut auf Höhe der Gastrocnemiusaponeurose. Stichinzision mit dem Skalpell und weiteres Vortreiben des Führungsdrahtes. Jetzt Umstecken der Bohrmaschine und schräges Absetzen des Drahtes mit dem Seitenschneider auf Arthrodeseniveau. Adaptation der Arthrodeseflächen in der gewählten Stellung. Vortreiben des Führungsdrahtes bis in den Talus unter Bildwandlerkontrolle in 2 Ebenen. Dann Überbohren des Führungsdrahtes unter Verwendung einer Bohrhülse zum Weichteilschutz und Einbringen der Schraube. Bei der Messung der Tiefenlänge zur Schraubenauswahl muss der zuvor abgetrennte Drahtanteil berücksichtigt werden

Metatarsale-V-Basis (Abb. 2.10). Der Zugang befindet sich im Intervall zwischen N. suralis dorsal und N. peroneus superficialis ventral. Präparation der Subkutis und Darstellung des Periosts. Die ventrale Syndesmose und der laterale OSG-Bandapparat werden dargestellt und von anterolateral kommend gelöst. Der dorsale Bandanteil (Lig. talofibulare posterius) wird geschont. Im Bereich des Talushalses wird ein extensives Ablösen der Weichteile vermieden.



■ Abb. 2.10 Transfibulärer Zugang

■ Gelenkexposition

Die Fibulaosteotomie wird 3–5 cm proximal der OSG-Gelenklinie durchgeführt. Die Osteotomie wird schräg mit der oszillierenden Säge unter Schutz der Weichteile mittels Hohmann-Retraktoren von proximal lateral nach distal medial durchgeführt (■ Abb. 2.11). Mit einem zweiten parallelen Osteotomieschnitt wird eine etwa 10 mm starke Knochenscheibe herausgelöst, um ein Impingement bei der späteren Kompression der tibiotalaren Arthrodese mit Verkürzungseffekt zu vermeiden. Die distale Fibula wird unter Schutz der Peronealsehnen aus ihrem Weichteilbett gelöst. Ausdünnung der Fibula durch eine sagittale Fibulaosteotomie mittels Resektion der Gelenkfläche. Bei kritischen Weichteilverhältnissen im Bereich des lateralen distalen Unterschenkels (post-traumatisch, lange bestehende Valgusdeformität) wird die distale Fibula reseziert.

Nach Abschieben des Periosts und der Gelenkkapsel im Bereich der distalen Tibia werden die ventralen Osteophyten abgetragen. Gleiches Vorgehen im Talusbereich, wobei hier die Osteophyten mittels Luer oder Rongeur entfernt werden. Hohmann-Retraktoren werden am ventralen und dorsalen Aspekt der distalen Tibia platziert, und ein Hintermann-Distraktor bzw. Laminaspreizer wird eingesetzt. Entknorpeln der Gelenkflächen, sodass im Sinne des „reshaping“ die konkav-konvexen Gelenkkörper größtmöglichen Kontakt haben. Bei massiver Deformität kann eine transversale Resektion der Gelenkflächen mit der oszillierenden Säge erfolgen.

❗ **Die Richtung der planen Osteotomieschnitte definiert die spätere Arthrodesestellung.**

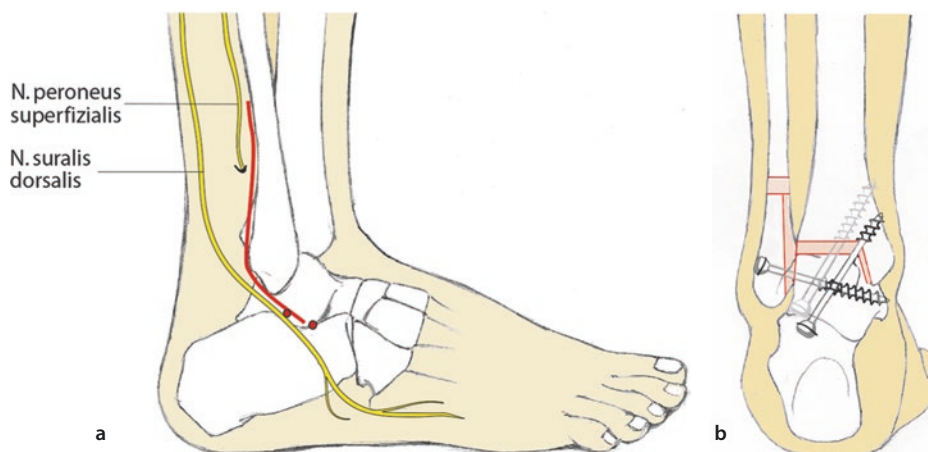
■ Fixation

Nach Entknorpelung erfolgen die Positionierung der Arthrodese und die Insertion der Führungsdrähte für die kanülierten 7,3-mm-Kompressionsschrauben. Diese werden parallel von der lateralen Talusbasis nach posterior kranial, in Richtung des medialen Kortex der distalen Tibia aligniert. Nach fluoroskopischer Kontrolle in 2 Ebenen und kanüliertem Vorbohren erfolgt das Einbringen der Kompressionsschrauben (■ Abb. 2.11). Individuell können abweichende Schraubenpositionierungen notwendig werden. Zuletzt wird das Fibulafragment mittels zweier Schrauben an den lateralen Talusaspekt adaptiert oder als spongiöses Spanmaterial integriert (■ Abb. 2.12).

Bei Verwendung der Fibula als biologische Platte von der Tibia zum Talus muss darauf geachtet werden, dass diese Osteosynthese keinen Sperreffekt erzeugt, d. h. eine divergierende Schraubenlage ist vorzusehen.

2.1.3 Nachbehandlung

Unterschenkelgips bis zur Nahtentfernung, dann geschlossener Unterschenkelgips. Die Mobilisation erfolgt im 3-Punktengang mit Bodenkontakt für 6 Wochen. Bei paralleler Schraubenlage und lateralem Zugang kann eine frühzeitige Teilbelastung erlaubt werden. Sollte sich im



■ **Abb. 2.11** a Eintrittspunkte der Schrauben für die talotibiale Arthrodese am Processus lateralis tali. Die Fibula wird zuvor osteotomiert, und eine scheibenförmige Resektion ausgeführt, um bei Refixation ein Sperren zu vermeiden. Auch die fibuläre Gelenkfläche wird entknorpelt bzw. die Fibula hälftig innenseitig reseziert. b Die parallele Lage der Schrauben sowie die Fixation der Fibula sind erkennbar

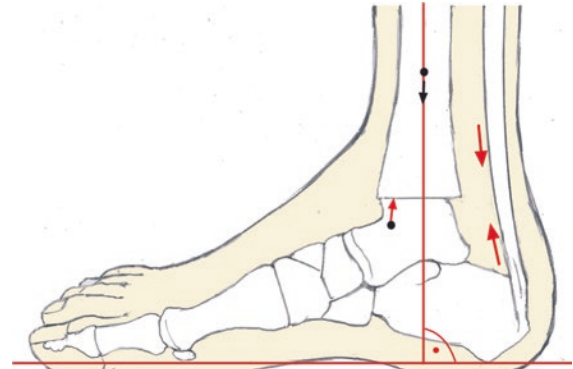


■ **Abb. 2.12** Postoperatives Röntgenbild nach Arthrodesese des OSG mit transfibulärem Zugang und 2 Zugschrauben vom Sinus tarsi. In diesem Fall mit Reposition der Fibula

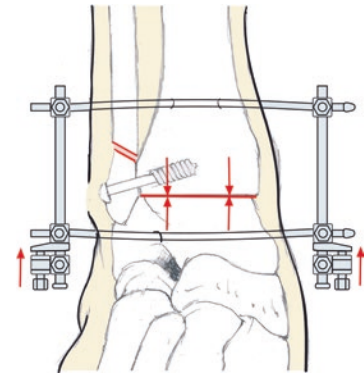
radiologischen Verlauf keine ossäre Fusion zeigen, wird unter Teilbelastung die Gipsfixation weitergeführt, oder es kommt langfristig eine Orthese zum Einsatz.

■ Fixateur externe

Der Fixateur externe wird bei speziellen Indikationen (septische Arthritis, Arthropathie) eingesetzt. Die Prinzipien der Arthrodesierung sind identisch mit den vorgenannten Methoden. Neben dem geringeren Gewebetrauma beim Fixateur externe können extreme Fehlstellungen schrittweise in die Idealposition korrigiert werden (■ **Abb. 2.13**). Dafür eignet sich auch der Ilizarov-Fixateur.



a



b

■ **Abb. 2.13** a Pineintrittspunkte für einen Rohrfixateur in der seitlichen Ansicht. Beachte den Erhalt der Achillessehne für die dorsale Zuggurtung. b In der a.-p.-Darstellung sind die Fibulaosteotomie und die Scheibenentnahme zu erkennen. Beachte die schräge Schnittführung proximal, um eine Kantenbildung zu vermeiden

2.2 OSG-Endoprothese

■ Prinzip

Der alloarthroplastische Gelenkersatz des oberen Sprunggelenks stellt eine Alternative zur Fusion bei fortgeschrittener Osteoarthritis dar. Seit den 1970er-Jahren angewandt, sind die Ergebnisse durch Fortschritte in Design und Verankerungstechnik verbessert worden. An die Erfolge der Endoprothetik an Knie- und Hüftgelenken reichen sie nicht heran.

Moderne Prothesen sind durch das Dreikomponentendesign, das Prinzip des „mobile bearing“ und der zementfreien Verankerung charakterisiert. Die Indikation für diesen Eingriff ist zurückhaltend zu stellen. Bevorzugt betrifft sie ältere Patienten mit geringem funktionellen Anspruch (■ **Abb. 2.14**). Dem Patienten ist zu vermitteln, dass die Haltbarkeit begrenzt ist. Es ist mit



■ **Abb. 2.14** Röntgenaufnahme einer OSG-Endoprothese (STAR) mit 9 Jahren Standzeit bei einer 64-jährigen Frau. Beginnende Lysen vor allem im Malleolusbereich

Folgeoperationen zu rechnen. Bei Versagen des Implantats ist eine sekundäre Arthrodeese des oberen Sprunggelenks mit hohem technischen Schwierigkeitsgrad möglich (► Abschn. 2.3).

■ Indikation

Konservativ therapieresistente, fortgeschrittene Osteoarthrose des OSG, rheumatoide Arthritis, posttraumatische Arthrose ohne massive Achsenabweichung. Kontraindikationen sind: Infekte, neurogene Osteoarthropathien, neuromuskuläre Grunderkrankungen und avaskuläre Talusnekrose.

2.2.1 OP-Technik

■ Lagerung

Der Patient befindet sich in Rückenlage mit vertikal eingestellter Fußachse, die Planta pedis befindet sich am unteren Rand des Operationstisches. Ein Kissen im Bereich der ipsilateralen Hüfte verhindert stärkere Außenrotation des Fußes. Bei Verwendung einer Blutsperre ist diese bevorzugt am Oberschenkel anzulegen.

❗ **Kein Lagerungskissen auf Höhe des Fibulaköpfchens wegen der Gefahr einer N.-peroneus-Schädigung!**

■ Zugang

Entspricht dem ventralen Zugang bei OSG-Arthrodeese (► Abb. 2.4). Der ca. 10 cm lange Hautschnitt wird im Intervall zwischen den Sehnen von M. tibialis anterior (TA) und M. extensor hallucis longus (EHL) gesetzt, wobei er sich 1 cm lateral des Margo anterior tibiae befinden sollte. Besondere Aufmerksamkeit gilt einer geringen Weichteiltraumatisierung, speziell der Wundränder. Es erfolgt die Identifizierung von Ästen des N. peroneus superficialis, welche nach lateral weggehalten werden. Nun wird das Retinaculum extensorum dargestellt und direkt über der EHL-Sehne inzidiert. Die Integrität der Sehnenscheide des TA sollte nicht beeinträchtigt werden. Darstellen der Gelenkkapsel, wobei die TA-Sehne nach medial, die EHL-Sehne sowie das Gefäß-Nerven-Bündel nach lateral weggehalten werden.

Die Kapsel wird longitudinal über eine Länge von 6–8 cm inzidiert und das Periost im Bereich der distalen Tibia und des dorsalen Talusaspekts mit dem Raspatorium bzw. Skalpell abgehoben. Dies wird nach dorsal bis zur Darstellung der Malleolen fortgeführt. Ventrale Osteophyten (tibial, talar) werden mit dem Klingenmeißel entfernt.

■ Gelenkpräparation

Aufgrund des implantatspezifischen Vorgehens sei auf die jeweiligen Anleitungen der Implantathersteller verwiesen. Die derzeit in Europa gebräuchlichsten Implantate sind (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- HINTEGRA Total Ankle Prosthesis, Integra, Plainsboro (USA)
- BOX TAA (Bologna Oxford Total Ankle Arthroplasty), Finsbury Orthopaedics, Leatherhead (UK)
- Salto TAA, Tornier SA, Saint-Ismier (France)
- STAR Ankle (Scandinavian Total Ankle Replacement), Small Bone Innovations, Link (Hamburg)/Morrisville (USA)

2.2.2 Nachbehandlung

Unterschenkelgips bis zur Nahtentfernung, dann geschlossener Unterschenkelgips oder Walker-Stiefel. Die Mobilisation erfolgt im 3-Punktengang mit Bodenkontakt für 6 Wochen. Bei unveränderter Implantatlage ohne Zeichen etwaiger Stressfrakturen im Malleolarbereich 6 Wochen postoperativ erfolgt der schrittweise Belastungsaufbau.

❗ **Frühzeitige Belastung erhöht das Risiko für Wundheilungsstörungen und beeinträchtigt möglicherweise die Osteointegration des Implantats.**

2.3 Tibiototalokalkaneare Arthrodeese

■ Prinzip

Bei der tibiototalokalkanearen Arthrodeese (TTK-Arthrodeese) wird die Fusion des OSG und des Subtalargelenks angestrebt. Das Chopart-Gelenk wird dabei nicht adressiert. Ziel ist ein belastungsfähiger stabiler Rückfuß in plantigrader Stellung (OSG rechtwinkelig, 5° Außenrotation und 5–7° Fersenvalgus). Davon abweichend wird bei der pantalaren Arthrodeese die Fusion sämtlicher mit dem Talus artikulierender Knochen (Tibia, Kalkaneus, Navikulare und Kuboid) beabsichtigt. Eine Kombination aus OSG-Arthrodeese und Triple-Arthrodeese definiert den Eingriff dieser umfassenden Arthrodeese.

■ Indikation

Die Indikationen umfassen posttraumatische oder neuropathische Veränderungen mit Knochenverlust im Bereich

des Talus, ausgeprägten Deformitäten des Rückfußes, Revisionseingriffe bei fehlgeschlagener Alloarthroplastik des OSG, avaskuläre Talusnekrose mit Kollaps, Revision bei Pseudarthrose und Malunion nach OSG-Arthrodeese sowie kombinierte primäre oder sekundäre Osteoarthrosen des OSG und Subtalgelenks. Bei florider Entzündung sowie massiver vaskulärer Kompromittierung der Extremität ist der Eingriff kontraindiziert.

■ Kommentar

Die axiale Schienung von Kalkaneus und Talus mittels intramedullärem Verriegelungsnagel stellt eine biomechanisch sehr stabile Fixationsmethode dar. Neuerdings ist auch ein vorgebogenes Implantat auf dem Markt. Alternativ kann eine Klingenplatte bzw. winkelstabile Platte von lateral angebracht werden. Das Ziel des Eingriffs ist das Erreichen von Schmerzfreiheit bei plantigrader Fußstellung. Ausgeprägte Knochenverluste können durch autologen Knochen (Beckenkammspan, resezierte Fibula) oder homologe Allografts behandelt werden. Eine weitere Methode stellt die Verwendung von „Trabecular-metal-Blöcken“ dar. Die Zukunft wird weisen, ob diese Technik Vorteile bietet.

2.3.1 OP-Technik

■ Lagerung

Der Patient wird in Seitenlagerung gebracht, knöcherne Prominenzen werden gepolstert. Fakultativ wird eine Oberschenkelblutsperrle angelegt.

■ Zugang

Die Inzision erfolgt wie bei der transfibulären OSG-Arthrodeese (► Abschn. 2.1.2), allerdings wird zusätzlich das Subtalgelenk dargestellt.

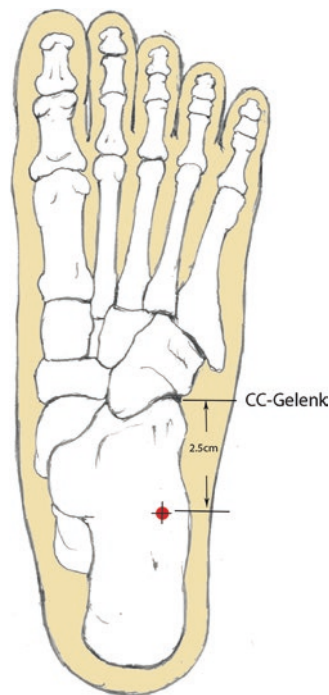
■ Gelenkpräparation

Wie in ► Abschn. 2.1.2 beschrieben. Kleine Knochenfragmente können reseziert werden, um eine plantigrade Stellung zu erreichen.

■ Fixation

Das Prinzip der Fixation mittels intramedullärem Verriegelungsnagel wird nachfolgend dargestellt; für weitere Methoden wird auf die Operationsanleitung der Hersteller verwiesen.

Der Eintrittspunkt orientiert sich an der Achse der Malleolargabel, ventral des Fersenfettpolsters und 2,5 cm dorsal des Kalkaneokuboidal-(CC-)Gelenks, etwas nach lateral versetzt. Dieser „key point“ des Eingriffs wird unter permanenter Bildverstärker-(BV-)Kontrolle festgelegt (■ Abb. 2.15). Es wird ein 2 cm messender longitudinaler

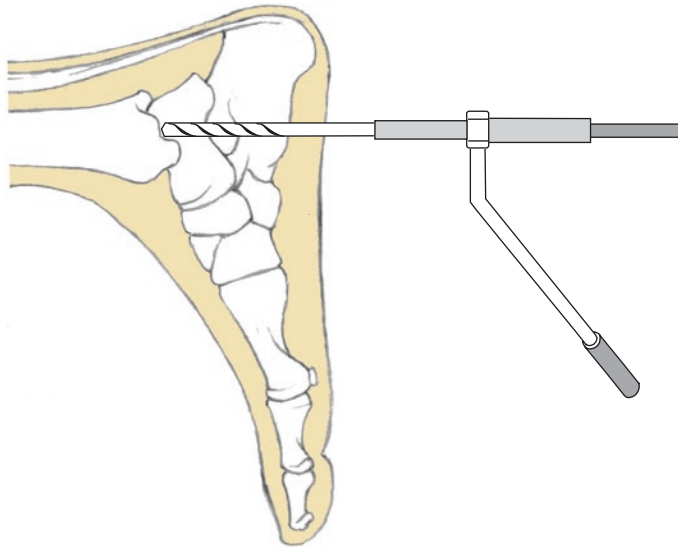


■ Abb. 2.15 Der Eintrittspunkt für die Bohrung liegt nicht mittig im Kalkaneus, sondern lateral etwa 2 cm dorsal des CC-Gelenks und quert die Achse der Malleolen

Hautschnitt an der Planta pedis gesetzt. Der Zugang wird durch Aufspreizen der Subkutis in longitudinaler Richtung und Längsspaltung der Plantarfaszie fortgesetzt. Die intrinsischen Flexoren und die Weichteilanteile werden mit einer Führungshülse geschützt. Platzieren des Führungsdrahtes.

Nun wird mit einem kanülierten Bohrer durch den plantaren Kortex des Kalkaneus und durch das Subtalgelenk der Talus eröffnet. Das in die geplante Position eingestellte OSG wird unter BV-Kontrolle in 2 Ebenen bis in die Tibia überbohrt. Je nach Hersteller werden valgisch vorgebogene Nägel angeboten, die den anatomischen Rückfußvalgus respektieren. Nach Entfernung des Bohrers wird der Führungsdraht zentral in den Markraum vorgeschoben und die Markhöhle mit Markraumfräsen erweitert (■ Abb. 2.16). Die abschließende Fräse sollte im Durchmesser 0,5–1 mm größer als das geplante Implantat sein, meist 11 mm. Die am häufigsten verwendete Nagellänge beträgt 15–18 cm. Ein größerer Durchmesser würde zwar höhere Rigidität herstellen, erhöht aber das Frakturrisiko.

Der Nagel wird über das entsprechende Zielinstrumentarium eingebracht, die Arthrodeese wird komprimiert und dann nach herstellenspezifischer Art und Weise verriegelt (■ Abb. 2.17). Dabei sind die Herstellerangaben zu beachten, um einen immer sehr störenden Überstand des kalkanearen Nagelendes zu vermeiden.



■ **Abb. 2.16** Verwendung eines Bohrers, der die Stärke des geplanten Implantats hat, bis über Höhe des OSG. Mit Fräsen wird über einen Führungsdraht schrittweise die Tibiamarkhöhle bis zur vorgesehenen Nagelstärke erweitert. Wesentlich ist, dass beim Bohren die Bohrhülse zum Weichteilschutz bis an den Knochen vorgeschoben wird

Bei Patienten mit Charcot-Fuß (NOAP, neuropathische Osteoarthropathie) sollten immer sämtliche Verriegelungslöcher mit Schrauben oder, so im System vorhanden, Spiralklingen besetzt werden.

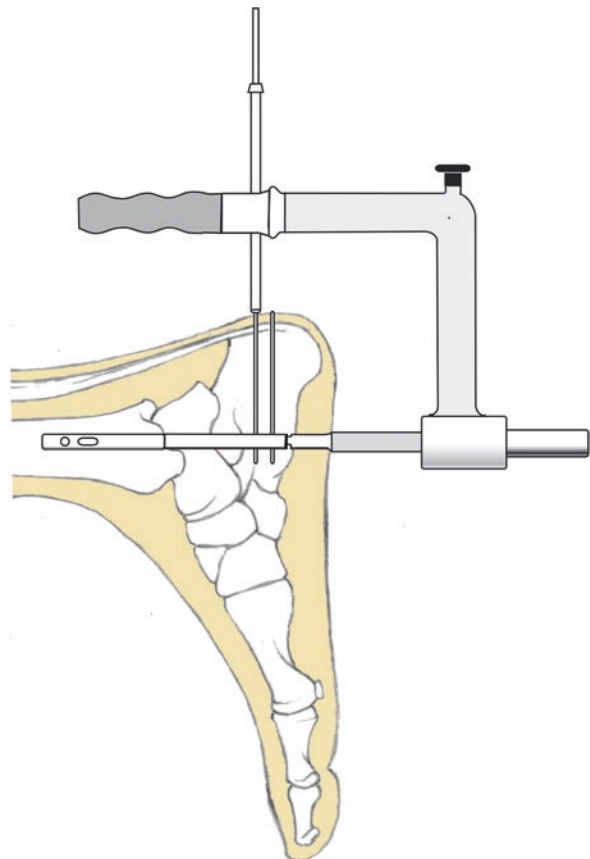
2.3.2 Nachbehandlung

Die postoperative Mobilisation erfolgt bis zur Nahtenfernung mit Unterschenkelgips. Nach Gipsschluss Mobilisation für weitere 4 Wochen unter Entlastung. Im Anschluss kann auf teilbelastete Mobilisation für 4–6 Wochen im Unterschenkelgips konvertiert werden. Entsprechende Compliance vorausgesetzt, kann auch gipsfrei nachbehandelt werden. Bei nach 12 Wochen zu erwartender knöcherner Konsolidierung im Röntgenbild erfolgt eine orthopädische Schuhzurichtung.

2.4 Supramalleoläre Korrekturosteotomie

■ Prinzip

Korrektur einer sprunggelenknahen Fehlstellung durch Osteotomie der Tibia und fakultativ der Fibula. Wie bei allen Osteotomien sind Korrekturen in verschiedenen Ebenen möglich, wobei immer ein verkürzender oder verlängernder Effekt zu berücksichtigen ist.



■ **Abb. 2.17** Bei liegendem Nagel wird die Arthrodeese manuell komprimiert und der Nagel unter Verwendung eines Zielgeräts mehrfach in Kalkaneus und Tibia durch Schrauben verriegelt

■ Indikation

Posttraumatische Fehlstellungen nach fehlverheilten Frakturen oder Fehlwachstum nach Schädigung der Epiphysenfugen am distalen Unterschenkel. Gelegentlich kann eine Alignmentkorrektur bei extraartikulärer Deformität vor Implantation einer Sprunggelenkprothese notwendig sein.

■ Kommentar

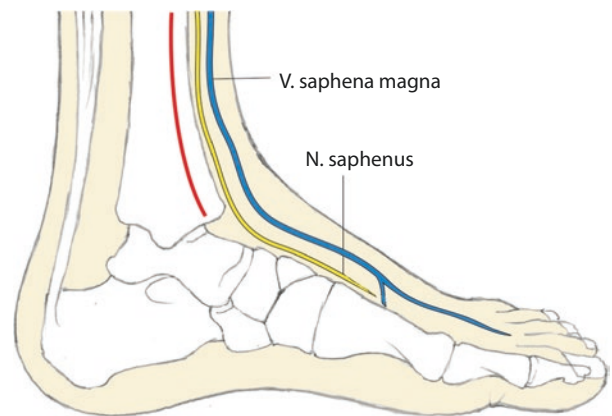
Fehlstellungen in der Frontalebene werden nur zu einem kleinen Teil durch das untere Sprunggelenk (USG) kompensiert. Fehlstellungen in der Sagittalebene sind seltener korrekturbedürftig, da sie in der Hauptbewegungsrichtung des OSG liegen. Eine fehlerhafte Torsion des Unterschenkels kann nicht supramalleolär ausgeglichen werden. Die besonderen Risiken dieser Osteotomie sind die unmittelbare Nähe zum oberen Sprunggelenk und die oftmals ungünstigen Weichteilverhältnisse, die operativen Maßnahmen einen engen Spielraum setzen.

Die distale Tibiaumstellungsosteotomie kann mit verkürzender Keilentnahme oder bei Fehlstellungen unter 12–15° in der verlängernden Methode „opening wedge“ ausgeführt werden. Zweckmäßig ist es, die Planung der Operation mit einer zeichnerischen Darstellung der Verhältnisse im Vergleich mit der (gesunden) Gegenseite zu referenzieren. Dafür sind Röntgenaufnahmen der beiden Sprunggelenke in a.-p.-Projektion im Stehen anzufertigen. Auch die Fersenbeinstellung ist zu berücksichtigen und ggf. eine additive Kalkaneusosteotomie anzuschließen (► Abschn. 2.14).

nach dorsal und ventral umfahren, und es werden 2 Hohmann-Re Retraktoren gesetzt. Der Schutz der häufig vorgeschädigten Weichteile ist essenziell. Zur indirekten Visualisierung der OSG-Gelenklinie kann ein dünner, ventral in das Gelenk eingeschobener Kirschner-Draht dienen.

■ Osteotomie

Zur Orientierung Einbringen zweier Kirschner-Drähte (2-0) bis zur gegenseitigen Kortikalis in einem nach medial offenen Winkel entsprechend des geplanten Korrekturausmaßes (► Abb. 2.19). Ob die Osteotomie genau quer oder leicht nach lateral absteigend verläuft, ist entsprechend der präoperativen Planung zu bestimmen. Bei Entnahme eines



■ Abb. 2.18 Medialer Zugang zur Tibiaumstellungsosteotomie

2.4.1 OP-Technik

Medialer Zugang zur Tibiaumstellungsosteotomie

Dieser Zugang ist für die Korrektur einer Valgusfehlstellung mit Keilentnahme oder die Korrektur einer Varusfehlstellung mit aufklappende Technik geeignet.

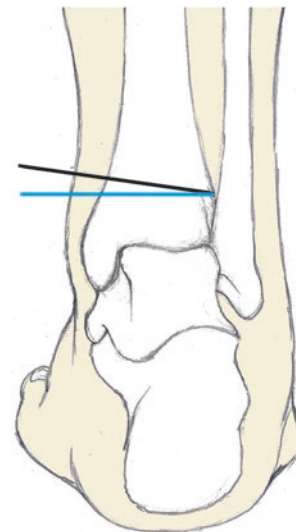
■ Lagerung

Rückenlage mit Blutsperre im Oberschenkelbereich. Der gesamte Unterschenkel inklusive Kniegelenk sollten zur besseren Übersicht und Beurteilung der diversen Achsen steril vorbereitet werden.

Closing-wedge-Methode

■ Zugang

Die oftmals von früheren Eingriffen herrührenden Inzisionen und Narben sind zu respektieren; idealerweise sind sie in die neue Inzision zu integrieren. Etwa 10 cm langer Hautschnitt in Längsrichtung medial über der Tibia proximal der Spitze des Malleolus medialis beginnend (► Abb. 2.18). Im Osteotomiebereich wird die Tibia mit dem Raspatorium



■ Abb. 2.19 Positionierung des ersten Kirschner-Drahtes – klar proximal der Syndesmose und etwa 15° absteigend zur lateralen Kortikalis. Die blaue Linie repräsentiert die Lage des zweiten Kirschner-Drahtes parallel zur Gelenkfläche

Knochenkeils mit medialer Basis ist auf die Integrität der lateralen Kortikalis zu achten. Durch langsames Schließen der Osteotomie werden die Osteotomieflächen genähert und unter Infraktion der lateralen Kortikalis adaptiert. Gelingt dies nicht, muss mit einem schmalen Osteotom die laterale Kortikalis gering geschwächt werden. Die beiden K-Drähte sollten am Ende parallel ausgerichtet sein. Die Fibula bedarf bei nur geringfügigen Achsenkorrekturen keiner besonderen Maßnahmen. Der Drehpunkt der Abwinkelung liegt nahe an der Fibula. Bei größeren Korrekturwinkeln ist häufig eine Osteoklasie der Fibula oberhalb der Syndesmose ohne Osteosynthese ausreichend.

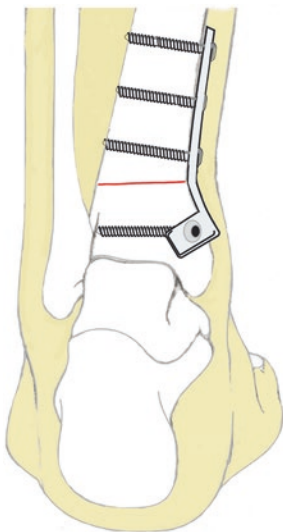
■ Osteosynthese

Aufbringen einer winkelstabilen T-Platte mit 3 distalen Schrauben und Kompression nach proximal – wobei 1–2 weitere Schrauben ausreichen (■ Abb. 2.20). Bei wenig invasivem Zugang kann die proximale Schraube auch perkutan gesetzt werden. Naht der Sehnenscheide der Tibialis-posterior-Sehne, Naht des Periosts und schichtweiser Wundverschluss mit subkutaner Wunddrainage.

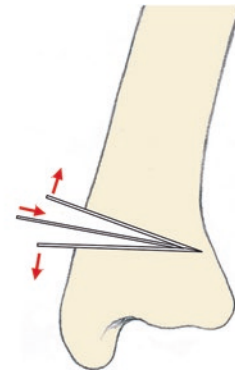
Opening-wedge-Methode

■ Osteotomie

Abweichend von der zuvor genannten Keilentnahme wird nur ein K-Draht etwa 15° absteigend bis zur gegenseitigen lateralen Kortikalis eingebracht. Die Osteotomielinie wird mit dem Skalpell und dem Raspatorium freigelegt, anschließend wird die Osteotomie unter fluoroskopischer Kontrolle subtotal ausgeführt. Langsames und vorsichtiges Aufspreizen mit aufeinanderliegenden Osteotomen (■ Abb. 2.21)



■ Abb. 2.20 Versorgung der Closing-wedge-Osteotomie mit medial positionierter winkelstabiler Platte



■ Abb. 2.21 Durch Einbringen zweier Osteotome und einem weiteren zentral kann die Osteotomie vorsichtig unter Erhalt der lateralen Kortikalis aufgespreizt werden

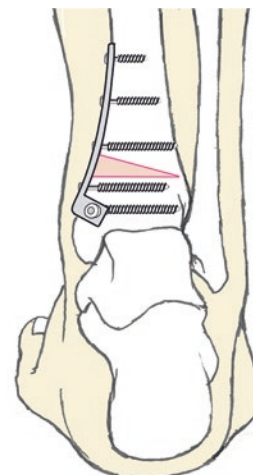
oder einem Osteotomiespreizer führt zu einem Öffnen des Osteotomiespalts. Strukturelles homologes Knochenmaterial oder Knochenersatzmaterial wird in den Osteotomiespalt eingebracht. Auch bei der aufspreizenden Osteotomie muss die Fibula nicht zwingend osteotomiert werden.

■ Osteosynthese

Aufbringen einer angeformten winkelstabilen T- oder L-Platte (■ Abb. 2.22). Schichtweiser Wundverschluss über einer Redon-Drainage ohne Sog.

Lateraler Zugang zur Tibiaumstellungsosteotomie

Dieser ist für die Korrektur einer Varusfehlstellung mit Keilentnahme oder einer Valgusfehlstellung mit aufklappenden Technik geeignet.



■ Abb. 2.22 Aufklappende valgusierende mediale Osteotomie mit interponiertem Knochenkeil. Fixation durch winkelstabile T-Platte

■ Lagerung

Seitenlage mit Blutsperre im Oberschenkelbereich. Der gesamte Unterschenkel inklusive Kniegelenk sollte zur besseren Übersicht und Beurteilung der diversen Achsen steril vorbereitet werden.

Closing-wedge-Methode

■ Zugang

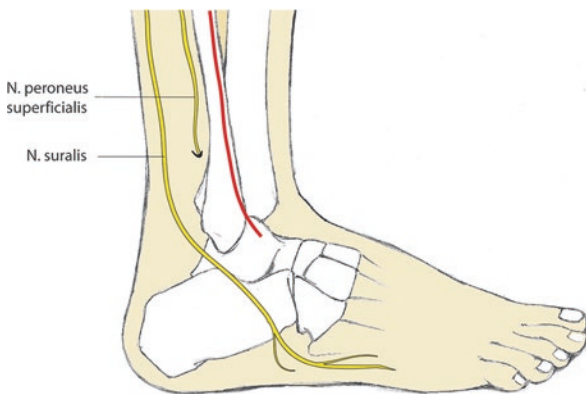
10 cm langer Hautschnitt am Vorderrand der Fibula (■ Abb. 2.23). Exposition der Fibula und Tibia ohne Deperiostierung. Die Fibula wird proximal der Syndesmose mit einem Hohmann-Retraktor umfahren.

■ Osteotomie der Fibula

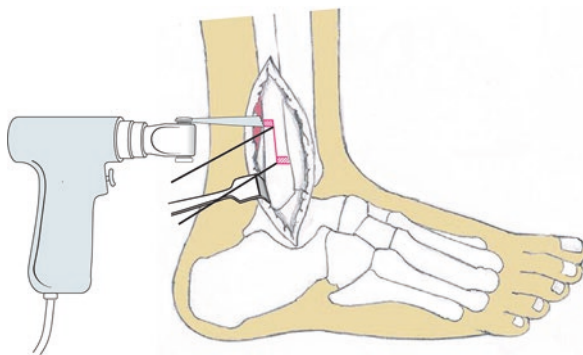
Die Fibula ist im Hinblick auf ihre korrekte intraartikuläre Länge zu kürzen: Dazu wird eine z-förmige Osteotomie empfohlen. Setzen zweier K-Drähte in die Mitte der Fibula, der distale liegt proximal der Syndesmose, der zweite etwa 8 cm proximal. Die Stufenosteotomie mit den K-Drähten als Eckpunkten wird ausgeführt. Nach beidseitiger Segmententnahme können die Fibulaanteile mobilisiert werden (■ Abb. 2.24).

■ Osteotomie der Tibia

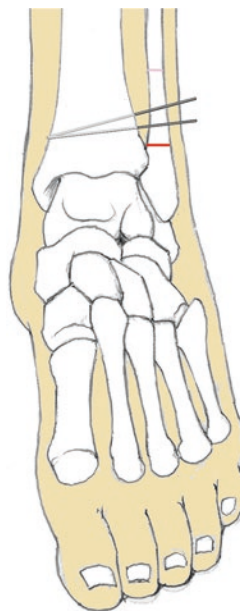
Anteriores Umfahren der Tibia mit einem Hohmann-Retraktor. Setzen eines etwa 15° nach distal absteigenden K-Drahtes von lateral, knapp proximal der Syndesmose, nach distal und medial. Entsprechend der geplanten Korrektur wird der zweite K-Draht proximal davon so eingebracht, dass seine Spitze den zuvor eingebrachten K-Draht an der medialen Kortikalis trifft (■ Abb. 2.25). Das Einbringen sowie die nachfolgende Osteotomie erfolgen unter fluoroskopischer Kontrolle. Die Osteotomieschnitte schließen den beabsichtigten Korrekturwinkel ein. Entnahme des Knochenkeils und unter schrittweiser Valgisierung Adaptation



■ Abb. 2.23 Ein lateraler Zugang an der Vorderkante der Fibula ermöglicht die Osteotomie der Fibula und Tibia



■ Abb. 2.24 Zur Markierung werden mittig in die Fibula 2 parallele K-Drähte eingebracht. Entsprechend der geplanten Korrektur ist an beiden Osteotomieschenkeln eine Segmentresektion auszuführen, um ein Sperren durch die Fibula zu verhindern

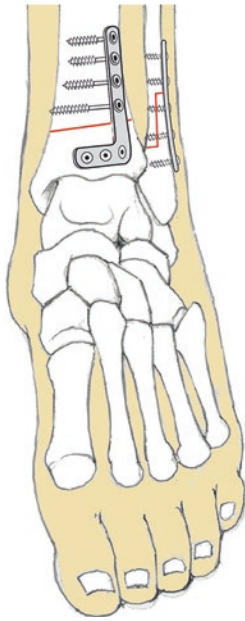


■ Abb. 2.25 K-Draht-Positionierung für die Keilentnahme von lateral. Beachte auch die Berücksichtigung der Fibula (■ Abb. 2.24)

der Osteotomieflächen. Kontrolle der Fibulaosteotomie: Die Osteotomieflächen müssen sich im Sinne der Verkürzung verschoben haben, bei Sperrwirkung ist ggf. eine Nachresektion notwendig.

■ Osteosynthese

Aufbringen einer winkelstabilen L-Platte. Diese wird mit 3 Schrauben distal fixiert, und die proximal der Osteotomie liegenden Schrauben werden unter Kompression der



■ **Abb. 2.26** Nach lateraler valgusierender Keilentnahme Fixation mit L-Kompressionsplatte winkelstabil und Verplattung der durch Z-Osteotomie und Segmentresektion verkürzten Fibula

Tibiaosteotomie eingebracht. Abschließend wird auch die Fibula mit einer Platte versorgt (■ **Abb. 2.26**). Naht des Periosts und schichtweiser Wundverschluss mit subkutaner Wunddrainage.

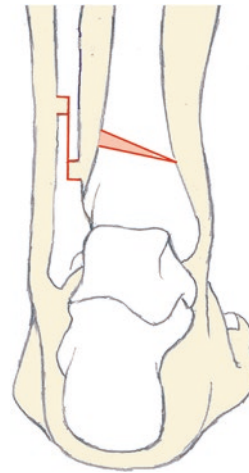
Opening-wedge-Methode

■ Osteotomie der Fibula

Die Fibula muss zur Herstellung der Gelenkkongruenz verlängert werden. Um nach der Tibiaosteotomie in jedem Fall eine knöcherne Fusion zu erreichen, wird eine Z-förmige Fibulaosteotomie durchgeführt. Setzen zweier K-Drähte in die Mitte der Fibula, der distale proximal der Syndesmose, der zweite etwa 8 cm proximal. Die Stufenosteotomie mit den K-Drähten als Eckpunkten wird ausgeführt, und die Fibulateile werden mobilisiert.

■ Osteotomie der Tibia

Anteriores Umfahren der Tibia mit einem Hohmann-Retraktor. Setzen eines etwa 15° nach distal absteigenden K-Drahtes von lateral, knapp proximal der Syndesmose, nach distal und medial. Das Setzen sowie die nachfolgende Osteotomie erfolgen unter fluoroskopischer Kontrolle. Subtotale Osteotomie unter Erhalt der medialen Kortikalis. Unter dosierter Varisierung wird die Osteotomie geöffnet. Durch Einbringen



■ **Abb. 2.27** Die selten gepflegte varisierend aufklappende Osteotomie vom lateralen Zugang erfordert eine Fibulaverlängerung. Diese wird ebenfalls Z-förmig ausgeführt, und die Schenkel werden entsprechend dem Bedarf parallel verschoben. Die Fixation erfolgt nach Aufspreizung der Osteotomie und Spaninterposition wie in ■ **Abb. 2.22**

mehrerer Osteotome kann dosiert gespreizt werden. Auch ein Hintermann-Distraktor eignet sich dafür. Dabei verlängert sich die Fibula entsprechend des Korrekturbetrags (■ **Abb. 2.27**). Aufbringen einer L-Platte winkelstabil. Diese wird mit 3 Schrauben distal fixiert, und die proximal der Osteotomie liegenden Schraubenlöcher werden sämtlich besetzt (■ **Abb. 2.26**). Abschließend wird auch die Fibula mit einer Platte versorgt. Naht des Periosts und schichtweiser Wundverschluss mit subkutaner Wunddrainage.

2.4.2 Nachbehandlung

Unterschenkeliegegips bis zur Nahtentfernung und nachfolgende Walker-Versorgung (zur Gelenkmobilisation) mit Mobilisation für insgesamt 6 Wochen unter vollständiger Entlastung. Bei radiologisch zufriedenstellendem Verlauf Teilbelastung für weitere 2 Wochen. Krankengymnastik und Rehabilitation mit Muskelaufbau.

2.5 Erweiterte Zugänge zum OSG

■ Prinzip

Durch Osteotomie des Malleolus medialis werden die im Rahmen einer Arthrotomie von ventral nicht erreichbaren Zonen des oberen Sprunggelenks zugänglich.

■ Indikation

Pathologien im dorsalen Bereich des oberen Sprunggelenks, chirurgische Therapie osteochondraler Defekte.

■ Kommentar

Es werden verschiedene Varianten der Osteotomie (kastenförmig und nach Chevron) beschrieben, die die Qualität der Reposition und der Fixation verbessern sollen. Es handelt sich dabei um Osteotomien, die komplikationsbehaftet sind und Expertise in der Sprunggelenkchirurgie voraussetzen.

2.5.1 OP-Technik

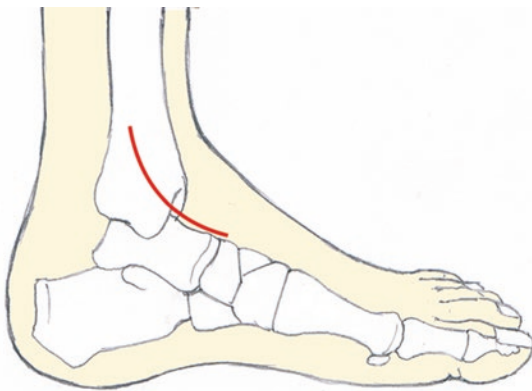
Osteotomie des Malleolus medialis

■ Lagerung

Rückenlagerung mit geringer Außenrotation des Beins. Blutsperre im Oberschenkelbereich. Der gesamte Unterschenkel inklusive des Kniegelenks sollte für den Fall einer osteochondralen Entnahme aus dem Kniegelenk vorbereitet werden.

■ Zugang

8–10 cm langer Hautschnitt vertikal über den Malleolus medialis und an seiner Spitze nach ventral schwenkend (Abb. 2.28). Der Malleolus wird am Periost mit dem Raspatorium nach dorsal bis in den Tibiaschaftbereich umfahren, um ein Lager für einen spitzen Hohmann-Haken zu schaffen, der neben der Tibialis-posterior-Sehne auch das Gefäß-Nerven-Bündel schützen soll. Nach ventral werden mit einem Langenbeck-Haken Haut- und Unterhautgewebe inklusive der Tibialis-anterior-Sehne und des N. saphenus weggehalten.

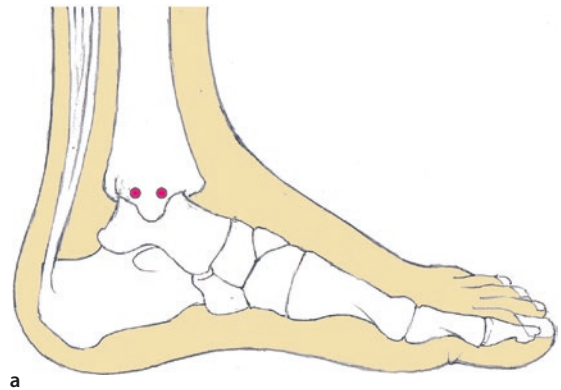


■ Abb. 2.28 Zugang zur medialen Malleolotomie

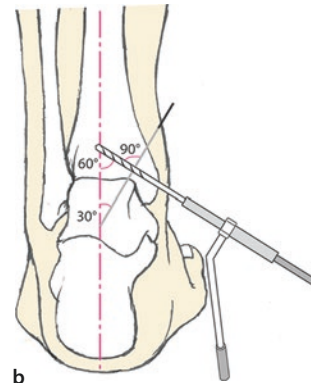
■ Osteotomie

Vor Durchführung der Osteotomie werden entsprechend der geplanten Osteosynthese von der Malleolarspitze kommend 2 parallele Bohrungen gesetzt, die die spätere anatomisch korrekte Reposition des Malleolus sicherstellen (Abb. 2.29). Die Bohrungen erfolgen im 60°-Winkel zur Tibialängsachse und deutlich in das Pilon tibiale hinein. Die Richtung der Osteotomie sollte gering absteigend verlaufen, genau auf die OSG-Nische zu. Die optimale Osteotomierichtung liegt 30° zur Tibialängsachse.

Ein 1-mm-Kirschner-Draht kann zur Orientierung vorgelegt werden, dessen Lage im Bildwandler überprüft wird (Abb. 2.29).



a



b

■ Abb. 2.29 a Bohrungen vor Durchführung der Osteotomie, b Schema der optimalen Bohr- und Osteotomierichtung. Markierung der Osteotomie mit K-Draht

Das Periost wird im Osteotomiebereich mit dem Raspatorium bis zur oberen medialen Nische des OSG abgeschoben. An dieser Stelle kann ein stumpfes Elevatorium in das Gelenk eingeschoben werden: Es dient der Orientierung bei der Schnittführung in Bezug auf die Richtung und Tiefe. Die Osteotomie wird mit der Säge begonnen und kurz vor der Komplettierung gestoppt. Die letzten Millimeter werden mit dem Klingenmeißel vollendet, um einen versehentlichen Gelenkknorpelschaden durch die oszillierende Säge zu vermeiden und um die anatomische Kongruenz des OSG auf Knorpelniveau zu erhalten.

Vor der vollständigen Osteotomie wird mit dem Kauter eine Markierung auf Höhe der Osteotomie gesetzt, um die korrekte Reposition bei der Osteosynthese zu erleichtern.

■ Exposition

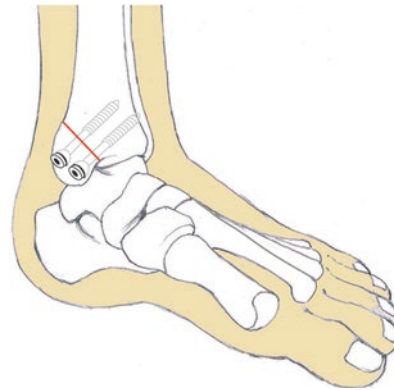
Der Malleolus wird nun nach distal geklappt und verbleibt dabei an seinen Bändern. Die weite Exposition des Talus und der distalen Tibiagelenkfläche ermöglicht eine Knorpeltherapie im medialen und zentralen Talusanteil.

Zur leichteren Manipulation des Malleolus medialis können Haltefäden durch die 2 Bohrlöcher geführt werden.

■ Osteosynthese

Der Malleolus wird in seine Ursprungsposition gebracht. Ein Kirschner-Draht wird in den dorsalen Bohrkanal eingebracht, dann werden die beiden Kleinfragmentzugschrauben eingedreht (■ Abb. 2.30). Wundverschluss.

! Die sehr kräftigen Ligamentfasern am Malleolus medialis können einen tiefen Sitz des Schraubenkopfes vortäuschen. Die Schraubenköpfe sind gut zu versenken, andernfalls verursachen sie Störungen und machen eine frühzeitige Metallentfernung notwendig.



■ Abb. 2.30 Kleinfragmentkompressionsschrauben werden parallel in die vorbereiteten Bohrkanäle eingesetzt

Lateraler Zugang und Fibulaosteotomie

■ Kommentar

Der laterale Zugang mit Durchführung einer Fibulaosteotomie erfordert auch eine Dissektion und nachfolgende Rekonstruktion der tibiofibulären Bänder (► Abschn. 3.7.1, ► Abb. 3.32). Alternativ kann für den rein lateral liegenden Defekt ein anterolateraler Zugang unter Subluxation des Talus und damit Exposition der lateralen Talusrolle erfolgen – dies ohne Osteotomie der Fibula und unter Erhalt der Bandintegrität.

■ Lagerung

Angehobene Rückenlage bis Seitenlage mit Blutsperrung im Oberschenkelbereich. Der gesamte Unterschenkel inklusive des Kniegelenks sollte für den Fall einer osteochondralen Entnahme aus dem Kniegelenk vorbereitet werden.

■ Zugang

Laterale, distal leicht bogenförmige Hautinzision über der Fibula. Subkutane Präparation unter Schonung des N. suralis dorsal und Ästen des N. peroneus superficialis ventral. Identifikation des Retinaculum musculorum extensorum inferius, dieses kann zur Augmentation der Bandrefixation nach stattgehabtem Knorpelmanagement dienen. Die Peronealsehnen werden stumpf nach dorsal weggehalten. Ablösen des Lig. talofibulare anterius und Lig. calcaneofibulare an der distalen Fibula im Rahmen der lateralen Kapsulotomie. Nach Kapseleröffnung ist bereits ein guter Teil der talaren Gelenkfläche erkennbar. Ist der osteochondrale Herd auch bei maximaler Plantarflexion nicht darstellbar, wird eine Fibulaosteotomie angeschlossen.

■ Fibulaosteotomie

Es bietet sich eine schräge Osteotomie entsprechend des Musters einer Weber-Typ-B-Fraktur an. Vor Durchführung der Osteotomie wird eine Kleinfragmentplatte betont dorsolateral angelegt, und die Löcher werden vorgebohrt, um eine anatomische Reposition zu erlauben. Nach Einsetzen von Hohmann-Haken kann die Osteotomie mittels oszillierender Säge schräg von distal-ventral nach proximal-dorsal erfolgen.

■ Osteosynthese

Reposition der Fibula, Anlegen der Kleinfragmentplatte und Fixation durch Einbringen der Schrauben in die bereits vorgebohrten Schraubenlöcher. Anschließend Rekonstruktion des lateralen Bandapparats mit Augmentation mittels Retinakulum musculorum extensorum inferius oder eines Periostlappens. Schichtweiser Wundverschluss.

2.5.2 Nachbehandlung

Die Phase der Entlastung richtet sich nach der Art der chirurgischen Knorpeltherapie. Ohne Knorpeltransplantation ist eine Teilbelastung bis zu 15 kg im Spaltgips oder Walker möglich. Frühmobilisation des Gelenks nach Nahtentfernung. Vollbelastung nach 6–8 Wochen Krankengymnastik, Gehtraining ab Vollbelastung.

2.6 Eingriffe bei osteochondralen Defekten im OSG

■ Prinzip

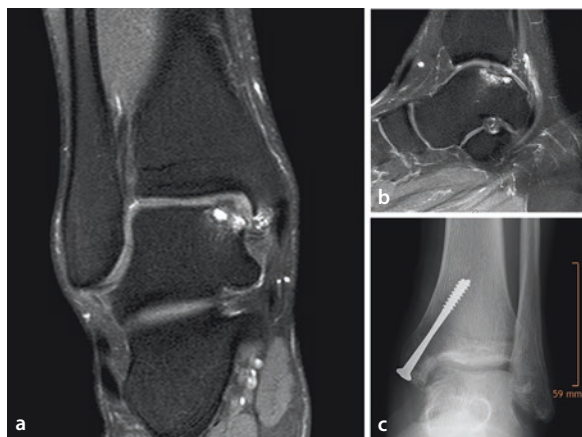
Reparatur eines osteochondralen Defekts mittels zylindrischer osteochondraler Autografts.

■ Indikation

Es muss sich um einen „contained“ Defekt handeln, d. h. die Defektzone muss von intaktem Knorpelgewebe umgeben sein. Geeignet sind osteochondrale Defekte mittlerer Größe (1,5–4,0 cm², ■ Abb. 2.31). Der Eingriff kann bei subchondralen Zystenbildungen auch bei kleinerer Defektgröße angezeigt sein. Ferner stellt eine fehlgeschlagene chondroinduktive Technik eine Indikation dar.

■ Kommentar

Läsionen unter 1,5 cm² stellen eine Indikation zum arthroskopischen Vorgehen dar. Größere Defekte erfordern osteochondrale Transplantation und Chondrozytentransplantation (ggf. matrixgestützt), allenfalls Allografts und Oberflächenersatz. Ist die Läsion mit einer Zystenbildung assoziiert, so ist die retrograde Bohrung und Auffüllung mittels Knochen angezeigt.



■ Abb. 2.31a–c Osteochondraler Defekt im Bereich der medialen Talusschulter. Eine mediale Malleolotomie ist zur Defektsanierung erforderlich. a MRT a.-p., b MRT seitlich, c postoperatives Nativröntgenbild, die Schraubenlage nach regelrechtem Durchbau der Osteotomie ist erkennbar

2.6.1 OP-Technik

Im Folgenden wird die autologe osteochondrale Transplantation besprochen. Der Vorteil dieser biologischen Rekonstruktion besteht darin, dass es sich um einen einzeitigen Eingriff handelt und kein allogen Material implantiert wird. Nachteilig ist die Entnahmemorbidität am gesunden Kniegelenk.

■ Lagerung

Je nach gewähltem Zugang. Steriles Vorbereiten auch des Kniegelenks.

■ Zugang

Dieser ist von der Lokalisation der osteochondralen Läsion abhängig. Defekte an der medialen Talusschulter werden über einen medialen Zugang erreicht, optional mit Osteotomie des Malleolus medialis. Defekte an der lateralen Talusschulter können entweder einen ligamentären Release (Lig. talofibulare anterius, Lig. calcaneofibulare) oder eine Osteotomie der distalen Fibula erforderlich machen. Der Zugang muss in jedem Fall das problemlose Platzieren von Instrumenten senkrecht auf den Defekt (d. h. Talus) erlauben.

■ ■ Medialer Zugang

Bei sicher gut erreichbarer Läsion ohne Osteotomie des Malleolus medialis erfolgt eine Längsinzision am Malleolus medial bzw. etwas ventral, aber medial der Strecksehnen. Die anteriore Arthrotomie der Kapsel des OSG wird häufig mit einer „kleinen“ Synovektomie kombiniert. Nun kann die Gelenklinie eingesehen werden. Durch kräftige Plantarflexion kommt der osteochondrotische Bezirk zur Ansicht.

Ein stumpfes Elevatorium im Gelenkspalt hilft zur Visualisierung der Pathologie. Im Fall einer notwendigen Zugangserweiterung schließt sich die Osteotomie des medialen Malleolus an (► Abschn. 2.5.1).

■ ■ Lateraler Zugang

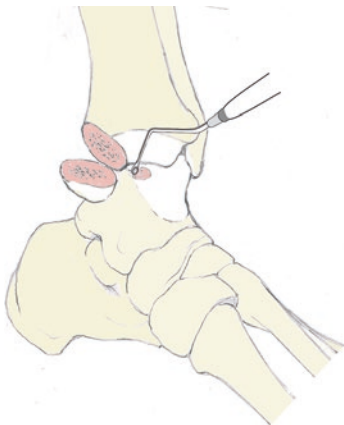
Laterale, distal leicht bogenförmige Hautinzision über der Fibula. Subkutan sind dorsal der N. suralis und ventral Äste des N. peroneus superficialis zu schonen. Identifikation des Retinaculum musculorum extensorum inferioris. Die Peronealsehnen werden nach dorsal weggehalten. Release des Lig. talofibulare anterius und des Lig. calcaneofibulare von der distalen Fibula im Rahmen der lateralen Kapsulotomie.

Meist kann durch forcierte Plantarflexion und Inversion, d. h. Subluxation des Talus aus der Malleolengabel, die Läsion dargestellt werden. In Ausnahmen muss eine Fibulaosteotomie durchgeführt werden.

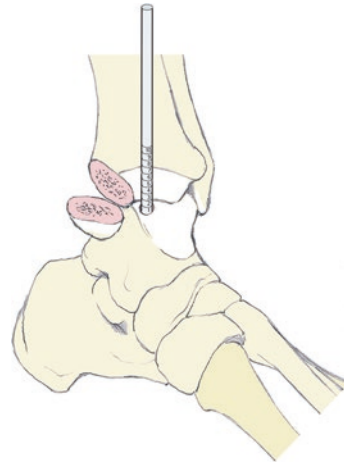
■ Osteochondraler Transfer

■ ■ Präparation der Defektzone

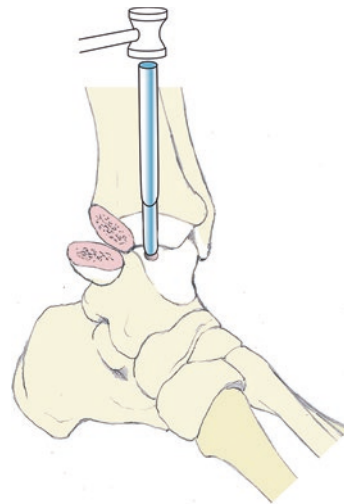
Es erfolgt ein Débridement der osteochondralen Defektzone. Nur bei einem „contained“ Defekt (► Abb. 2.32) kann die tatsächliche Defektgröße mithilfe des entsprechenden Instrumentariums evaluiert werden (► Abb. 2.33). Große Defekte können mehrere Zylinder erforderlich machen. Der Recipient-Hohlmeißel (z. B. osteochondrales Transfersystem OATS, Fa. Arthrex) wird rechtwinklig auf den Defekt gesetzt und 10–12 mm eingeschlagen, ohne ihn zu verkippen. Nach Erreichen der gewünschten Tiefe erfolgen 2 Drehungen des Hohlmeißels um jeweils 90°. Unter leichten Rüttelbewegungen wird dieser nun entfernt und der Stanzzylinder mit dem pathologischen Knorpel extrahiert (► Abb. 2.34).



■ Abb. 2.32 Auskürretieren, Bohren oder Fräsen des Defekts, bis blutende Spongiosa mit zirkulär gesundem Knorpel vorliegt



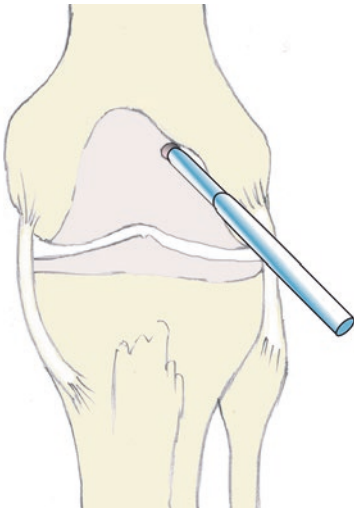
■ Abb. 2.33 Größenbestimmung nach Defektdébridement



■ Abb. 2.34 Der Hohlmeißel wird rechtwinklig auf den Defekt bis in eine Tiefe von 10–12 mm eingeschlagen

■ ■ Entnahme des Transplantats

Zur Transplantatentnahme am lateralen Femurkondylus wird am leicht gebeugten Kniegelenk der obere Teil eines lateralen parapatellären Zugangs benutzt. Die Entnahme des osteochondralen Zylinders sollte so peripher wie möglich erfolgen, um artikulierenden Knorpel nicht zu beschädigen. Die Krümmungsradien von Donor und Recipient sollten identisch sein. Der Innendurchmesser des Donorhohlmeißels entspricht dabei dem Außendurchmesser des Recipienthohlmeißels. Dies sichert eine Press-fit-Verankerung des Konstruktes. Der Donorhohlmeißel wird rechtwinklig auf den ausgewählten Bezirk am Femurkondylus aufgesetzt (► Abb. 2.35) und bis zu einer Tiefe von 10 mm in den subchondralen Knochen eingeschlagen. Zweimalige Rotation des Hohlmeißels um 90°



■ **Abb. 2.35** Gewinnung eines Knorpel-Knochen-Zylinders aus einem unbelasteten Kniegelenksareal mit dem Hohlmeißel. Dessen Innendurchmesser entspricht dem Außendurchmesser der Entnahme am Talus

und diskretes Rütteln, dann Extraktion des Stanzzyllinders. Sollten mehrere Stanzzyylinderentnahmen geplant sein, muss auf ausreichend Abstand zwischen den Entnahmestellen geachtet werden, um eine Fraktur der Knorpel-Knochen-Brücken zu vermeiden.

■ ■ Implantation des osteochondralen Autografts

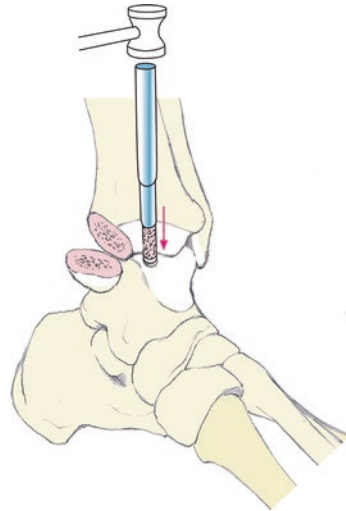
Press-fit-Vorgehen: Mit dem Donorhohlmeißel und der Führungshilfe wird der Stanzzyylinder in die talare Defektzone eingebracht. Der Hohlmeißel wird entfernt, sobald der Knorpel-Knochen-Zylinder das Niveau des umgebenden gesunden Knorpels noch knapp überragt. Mit einem passenden Stößel wird der Knorpel-Knochen-Zylinder vorgetrieben, bis er exakt das Niveau des umgebenden Knorpels erreicht (■ **Abb. 2.36**).

■ Wundverschluss

Die evtl. notwendig gewordene Osteotomie des Innen- oder Außenknöchels wird osteosynthetisch versorgt (► **Abschn. 2.5.1**). Bei lateralem Zugang ohne Osteotomie wird die Rekonstruktion des lateralen Bandapparats mit Augmentation mittels Retinaculum musculorum extensorum inferius durchgeführt.

2.6.2 Nachbehandlung

Die Nachbehandlung erfolgt mit gespaltenem Unterschenkelgips für 2 Wochen. Im Anschluss Mobilisation im Walker-Stiefel unter entlastender Mobilisation für 6 Wochen. Bewegungsübungen in Dorsalextension/Plantarflexion



■ **Abb. 2.36** Der Knorpel-Knochen-Zylinder wird mit einem Stößel bis auf das Niveau des umgebenden Knorpels eingeschlagen

passiv geführt nach Nahtentfernung. Auf eine Bandrekonstruktion bzw. Malleolarosteotomie ist dabei besonders Rücksicht zu nehmen. Ab der 7. postoperativen Woche schrittweiser Belastungsaufbau.

2.7 Arthrodesse des Subtalargelenks

■ Prinzip

Die Fusion des Subtalargelenks kann isoliert oder in Kombination mit weiteren Rückfußarthrodesen erfolgen. „Subtalar“ bezieht sich auf die Artikulationen der plantaren Talusteilgelenke, der posterioren, mittleren und anterioren Facette und die korrespondierenden Gelenkflächen des Kalkaneus.

■ Indikation

Primäre Osteoarthritis des Subtalargelenks, posttraumatische Arthrose vorwiegend nach Kalkaneusfrakturen, rheumatoide Arthritis, talonavikuläre Koalition, Instabilität bei neuromuskulären Krankheitsbildern und Tibialis-posterior-Insuffizienz Grad III (► **Abschn. 3.1**).

■ Kommentar

Das Gelenk wird von einer schwachen fibrotischen Kapsel umgeben und von den talokalkanearen Bändern sowie dem Lig. interosseum geführt. Eine isolierte Arthrodesse des Subtalargelenks führt zu einer Einschränkung der Beweglichkeit („range of motion“, ROM) bei Inversion/Eversion im Talonavikulargelenk (TN) um 74 % und im Kalkaneokuboidgelenk (CC) um 44 %. Eine isolierte Subtalararthrodesse ist bei degenerativen Veränderungen im Rückfußbereich

ausreichend, wenn die Rückfußgelenke (OSG) asymptomatisch sind bzw. wenn bei der Korrektur von Deformitäten ein korrektes Alignment erreicht werden kann. Ein posttraumatischer Höhenverlust des Kalkaneus kann durch einen trikortikalen Knochenkeil mit dorsaler Basis rekonstruiert werden (Normalisierung des Böhler-Winkels).

2.7.1 OP-Technik

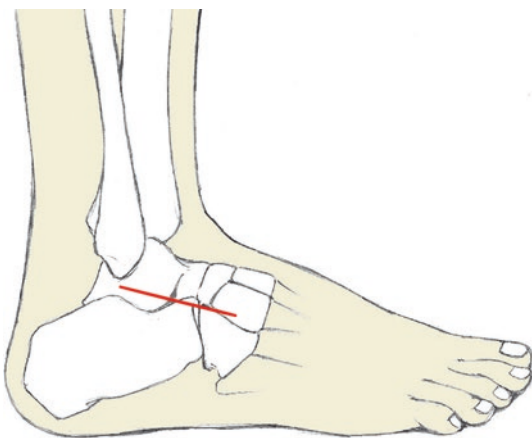
■ Lagerung

Der Patient befindet sich in Rückenlage mit vertikal eingestellter Fußachse, die Planta pedis auf Höhe des unteren Randes des Operationstisches. Ein Kissen im Bereich der ipsilateralen Hüfte verhindert zu starke Außenrotation. Zweckmäßig ist ein Beinhalter, der das Kniegelenk nahezu rechtwinklig gebeugt hält. Bei Verwendung einer Blutsperrre ist diese bevorzugt am Oberschenkel anzulegen. Der Bildverstärker befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite.

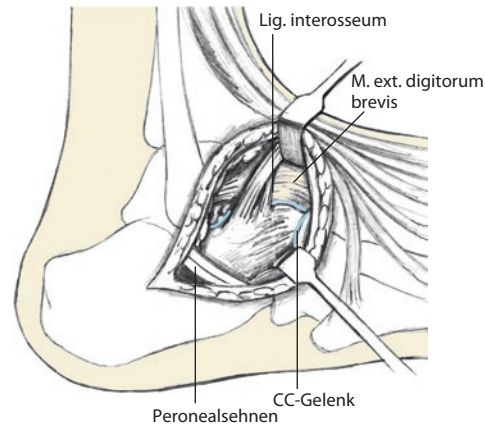
❗ **Kein Lagerungskissen auf Höhe des Fibulaköpfchens wegen der Gefahr einer N.-peroneus-Schädigung!**

■ Zugang

Die Hautinzision beginnt 1 cm kaudal der Spitze des Malleolus lateralis und wird über den Sinus tarsi an die Basis des Os metatarsale IV herangeführt (Abb. 2.37). Bei der subkutanen Präparation sind das Operationsfeld kreuzende Äste des N. peroneus superficialis zu schonen. Der Ursprung des M. extensor digitorum brevis wird dargestellt und gemeinsam mit dem „fat pad“ des Sinus tarsi distal gestielt abgehoben (Abb. 2.38). Die Peronealsehnen werden in Richtung Tuber calcanei weggehalten.



■ **Abb. 2.37** Lagerung in Rückenlage. Der Hautschnitt beginnt 1 cm unterhalb der Malleolusspitze und zieht leicht bogenförmig Richtung Basis des Metatarsale IV. Darunter finden sich der M. extensor digitorum brevis und das Lig. talofibulare anterior



■ **Abb. 2.38** Der Ursprung des M. extensor digitorum brevis wird vom Kalkaneus scharf abgelöst und nach distal-dorsal weggehalten. Jetzt kann das Subtalargelenk gut eingesehen werden. Im unteren Operationsfeldbereich erscheint die Kapsel des CC-Gelenks

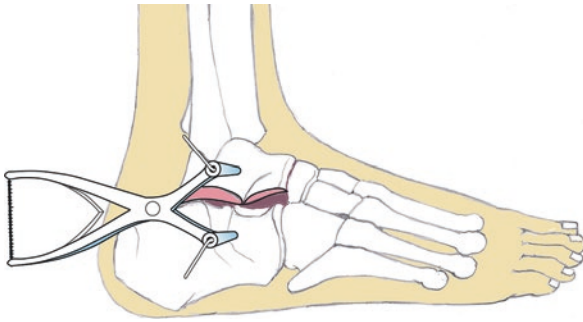
■ Gelenkpräparation

Nach gesicherter Identifikation des Sinus tarsi werden Fett und ligamentäre Strukturen im Sinus-tarsi-Bereich ausgeräumt, und ein Hintermann-Distraktor (Abb. 2.39) oder Laminaspreizer wird zwischen Talus und Kalkaneus positioniert. Es werden die 3 subtalaren Teilgelenkflächen identifiziert und entknorpelt. Der hintere Anteil des Subtalargelenks ist dabei schwierig zu erreichen, besonders weil dort auch das Gefäß-Nerven-Bündel und die Flexor-hallucis-longus-Sehne geschützt werden müssen. Mit Meißeln und scharfen Küretten wird nur der Gelenkknorpel entfernt. Bei sklerotischen Verhältnissen kann eine Kugelfräse verwendet werden und eine Perforation der subchondralen Gelenkflächen mittels Meißel und Bohrer der Stärke 2 mm erfolgen.

Autologe Spongiosa vom nicht gelenktragenden Aspekt des Kalkaneus (zwischen CC-Gelenk und Trochlea peronealis) wird zur Auffüllung des Sinus tarsi verwendet, um die Fusion zu begünstigen.

Bei ausgeprägter Varusdeformität kann vermehrt Knochen von der lateralen kalkanearen Gelenkfläche entfernt werden, um die gewünschte valgusierende Korrektur zu gewährleisten. Eine persistierende Varuspositionierung ist ungünstig. Bei Valgusdeformität ist der Einsatz eines soliden trikortikalen Spans im Bereich des Sinus tarsi zur Aufrichtung ideal.

❗ **Bei intensiver Valguskorrektur sind Hautschäden zu befürchten! Individuell kann zur Risikominderung ein medialer Zugang in Kombination mit einer TN-Arthrodese (Diple-Arthrodese) gewählt werden (► Abschn. 2.10.2).**

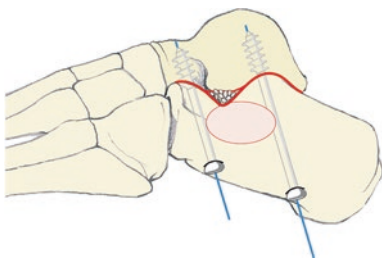


■ **Abb. 2.39** Zwei Bohrdrähte werden gelenkfern eingebohrt, und mit einem Hintermann-Spreizer wird das Gelenk exponiert. Der Knorpel wird entfernt und die Oberfläche angeraut. Gewonnene Knochenspongiosa wird angelagert

■ Fixation

Bei erworbenem Plattfuß muss der abgesunkene Taluskopf unter manuellem Druck reponiert werden. Dabei wird das Subtalgelenk in 5° Valgus positioniert und der Führungsdraht für die kanülierte 6,5- oder 7,3-mm-Kompressionsschraube nach Stichinzision an der unteren Begrenzung des Tuber calcanei eingesetzt und in den Talus vorgetrieben. Ein paralleler Führungsdraht adressiert die vordere Tuber-calcanei-Region (■ **Abb. 2.40**). Nach BV-Kontrolle in 2 Ebenen, Längenmessung und kanüliertem Aufbohren erfolgt das Einbringen der Kompressionsschrauben.

Alternativ können die Schrauben anterograd vom Talushals in den Kalkaneus eingebracht werden. Das Gefäß-Nerven-Bündel mit dem N. peroneus profundus ist bei diesem Zugang gefährdet. Abschließend erfolgt die Reinsertion des M.-flexor-digitorum-brevis-Ursprungs zur Deckung des Fusionsbereichs.



■ **Abb. 2.40** Schraubenlage bei Subtalararthrodese unter Berücksichtigung von hinteren und vorderen Gelenkanteilen. Der Sinus tarsi wurde bereits mit Knochenspänen aus der markierten Kalkaneusregion aufgefüllt

2.7.2 Nachbehandlung

Unterschenkelgips bis zur Nahtentfernung, dann geschlossener Unterschenkelgips mit Mobilisation unter Entlastung mit Bodenkontakt für 6 Wochen. Bei regelrechtem Verlauf zunehmende Mobilisation für weitere 2 Wochen im Gehgips. Der Eintritt der Fusion ist radiologisch selten bereits nach 6 Wochen erkennbar (■ **Abb. 2.41**). Unveränderte Stellungsverhältnisse erlauben in der Regel eine schrittweise zunehmende Belastung ab der 7. postoperativen Woche bis zur Vollbelastung nach 8 Wochen. Eine Einlagenversorgung ist zu diesem Zeitpunkt fakultativ möglich.

2.8 Arthrodesese des Talonavikulargelenks

■ Prinzip

Aufhebung der Pro-/Supinationsbewegungen; häufig in Kombination mit anderen Eingriffen an der Fußwurzel, insbesondere der Subtalararthrodese (vgl. Diple-Arthrodesese, ► **Abschn. 2.10.2**).

■ Indikation

Erworbenes Plattfuß (Grad III), rheumatoide Arthritis mit Fußbeteiligung, posttraumatische und primäre Arthrose, Zustand nach Morbus Köhler I.

■ Kommentar

Das Talonavikulargelenk (TN-)Gelenk wird als Schlüsselgelenk des Fußes bezeichnet. Die Form und Funktion des Gelenks ermöglicht das Auftreten von Instabilitäten mit Rotations- und Plantarisationsfolge. Die Fusion dieses Gelenks kann die Progression einer Plattfußdeformität verhindern (■ **Abb. 2.42**).

2.8.1 OP-Technik

■ Lagerung

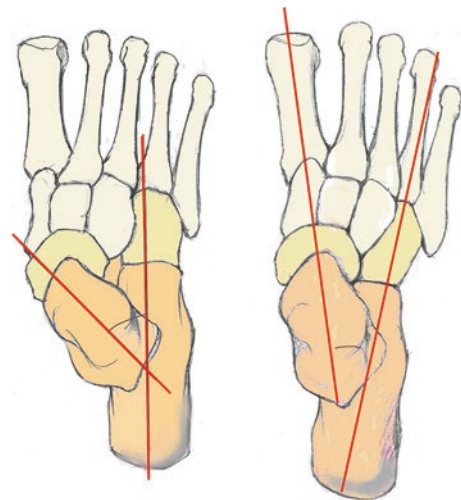
Der Patient befindet sich in Rückenlage mit optional rechtwinklig aufgestelltem Bein unter Verwendung einer Positionierungshilfe (► **Abb. 1.3**). Eine Oberschenkelblutsperre kann verwendet werden. Der Bildverstärker befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite des Operateurs.

■ **Abb. 2.41** Radiologische Darstellung nach subtalarer Arthrodese



■ Zugang

Zwei Zugänge sind gebräuchlich, der dorsomediale und der dorsale Zugang. Beim dorsomedialen Zugang erfolgt eine 7–8 cm lange Hautinzision beginnend am anterioren Aspekt des Malleolus medialis in Richtung der dorsomedialen Basis des Os metatarsale I (► [Abb. 1.12](#)). Präparation der Subkutis und Verödung von Ästen der V. saphena magna. Unter Schonung der Sehne des M. tibialis anterior erfolgt die Kap-sulotomie longitudinal. Bei kontrakter Fehlstellung können die Spaltung des Lig. calcaneonavicular plantare (Spring-Ligament) und ein Release der Sehne des M. tibialis posterior die Exposition und Korrektur erleichtern. Der alternative dorsale Zugang ist in [Abb. 2.43](#) beschrieben. Er ermöglicht einen besseren Überblick bei Fehlstellungskorrekturen.



Vor Setzen der Hautinzision kann eine Kanüle in den Gelenkspalt eingebracht und ihre Lage im TN-Gelenk mit Bildverstärker verifiziert werden, um den operativen Zugang ideal zu platzieren.

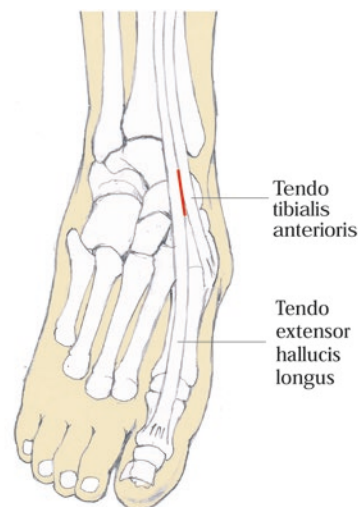
■ **Abb. 2.42** Nach erfolgter Reposition orientiert sich der Talus für eine anatomisch korrekte Stellung am Kalkaneus. Dadurch kommt es auch zu einer Überdeckung des zuvor medial prominenten Taluskopfes

■ Gelenkpräparation

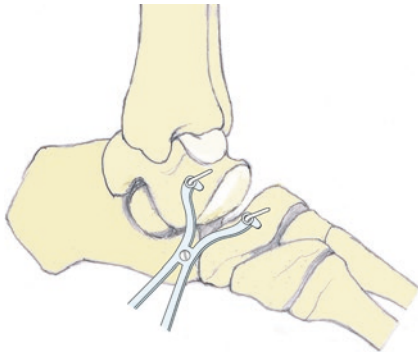
Nach Einsetzen eines Hintermann-Distraktors oder Laminaspreizers werden die Gelenkflächen entknorpelt ([Abb. 2.44](#)). Bei schlechter Knochenqualität ist besonders der Taluskopf durch den Spreizer gefährdet. Die Präparation der Gelenkflächen kann mit gebogenem Lexer- oder Klingenmeißel, scharfem Löffel und Kugelfräse und Luer erfolgen. Nach Abtragen des Gelenkknorpels kann die subchondrale Zone von Talus und Os naviculare mit einem Bohrer der Stärke 2,0 mm mehrfach angebohrt werden.

■ Fixation

Die Korrektur von Deformitäten, vor allem im Fall ossärer Defekte, ist eine komplexe Maßnahme. Mit einer forcierten Pronation des Vorfußes wird die immer eintretende Supinationstendenz des Vorfußes korrigiert. Sobald korrekte Stellungsverhältnisse erzielt sind, kann vor Applikation von



■ **Abb. 2.43** Dorsaler Zugang zur TN-Arthrodese, begrenzt durch die Tibialis-anterior-Sehne medial und die Extensor-hallucis-longus-Sehne lateral

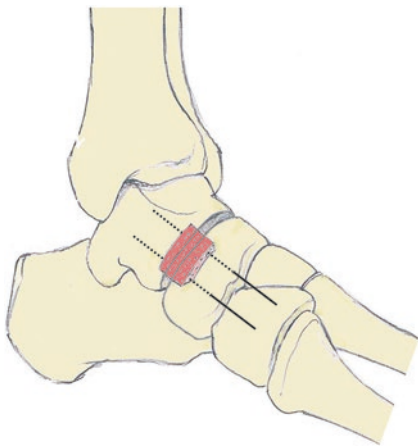


■ **Abb. 2.44** Durch Einbringen eines Hintermann-Spreizers können die Gelenkflächen gut exponiert und unter Sicht entknorpelt werden

Führungsdrähten für die kanülierten Schrauben autologer Knochen eingepasst werden. Die Schraubenfixation erfolgt unter BV-Kontrolle. Es können 2 oder 3 kanülierte Schrauben verwendet werden (■ **Abb. 2.45**). Die dritte Schraube kann über eine dorsolaterale Stichinzision unter Schonung des N. peroneus superficialis und der Extensorensehnen vom Os naviculare in den Taluskörper eingedreht werden.

Auch bei selbstbohrenden und -schneidenden Schrauben sollte am Os naviculare vorgebohrt werden, um einen Schraubenausbruch zu vermeiden.

Der Schraubendurchmesser soll etwa 4,0–4,5 mm betragen. In jedem Fall abschließende BV-Kontrolle in mehreren Ebenen, um eine Schraubenpenetration ins

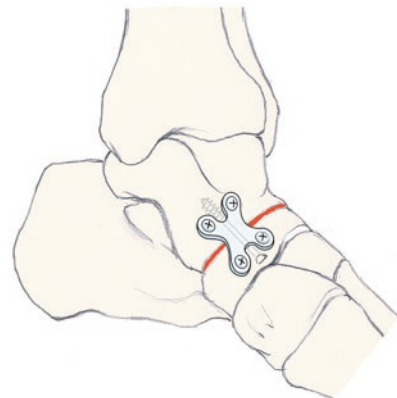
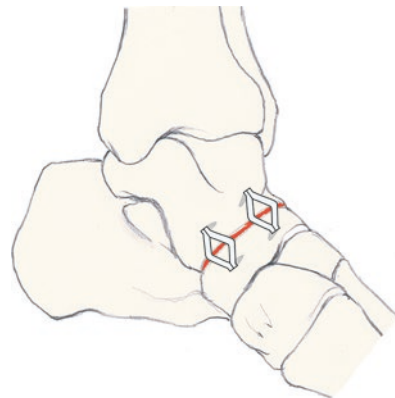


■ **Abb. 2.45** Position der Führungsdrähte zum Einbringen der Kompressionsschrauben, optional mit Knochenspaninterposition wie hier dargestellt

Subtalargelenk auszuschließen. Die Fixation kann alternativ durch eine winkelstabile Platte erfolgen, wobei zunächst immer eine Kompressionsschraube gesetzt werden sollte. Es werden auch Kompressionsklammern angeboten, bislang ohne biomechanische und klinische Evidenz (■ **Abb. 2.46**).

2.8.2 Nachbehandlung

Unterschenkelgips bis zur Nahtentfernung, dann geschlossener Unterschenkelgips. Die besonderen Belastungsverhältnisse am TN-Gelenk erfordern eine prolongierte Entlastung. Entlastende Mobilisation somit für 8 Wochen. Bei regelrechtem Verlauf zunehmende Mobilisation für weitere 2 Wochen im Gehgips. Der Eintritt der Fusion ist radiologisch selten vor der 8. Woche erkennbar (■ **Abb. 2.47**). Unveränderte Stellungsverhältnisse rechtfertigen in der Regel eine schrittweise zunehmende Belastung ab der 8. postoperativen Woche bis zur Vollbelastung nach 10 Wochen.



■ **Abb. 2.46** Alternative Fixation mit Kompressionsklammern oder Platte und Kompressionsschraube



■ **Abb. 2.47a,b** Röntgenaufnahme einer TN-Arthrodese mit Schrauben d.-p. (a) und seitlich (b) unter Belastung bei einer 30-jährigen Patientin mit residuellem Klumpfuß

2.9 Arthrodese des Kalkaneokuboidgelenks

■ Prinzip

Isolierte Arthrodese zwischen dem Processus anterior calcanei und dem Os cuboideum. Diese Arthrodese ist in der Regel Teil kombinierter tarsaler Arthrodesen. Spezielle Bedeutung hat sie beim erworbenen Plattfuß mit beabsichtigtem Verlängerungseffekt auf die laterale Kolumne. Hierbei wird durch eine Knochenkeilinterposition die Valgus-Abduktus-Fehlstellung in eine korrekte Ausrichtung geschwenkt.

■ Indikation

Meistens im Rahmen von Korrektureingriffen beim erworbenen Plattfuß, selten bei posttraumatischen Zuständen oder rheumatoider Arthritis.

■ Kommentar

Die regelmäßig auftretende Degeneration des Kalkaneokuboid-(CC-)Gelenks nach verlängernder Osteotomie des Kalkaneus lässt alternativ eine primäre Interpositionsarthrodese als zweckmäßige OP-Technik erscheinen.

2.9.1 OP-Technik

■ Lagerung

Der Patient befindet sich in angehobener Rückenlage. Ein Kissen im Bereich der gleichseitigen Hüfte verhindert störende Außenrotation des Beins. Bei Verwendung einer Blutsperrle ist diese bevorzugt am Oberschenkel anzulegen. Der Bildverstärker befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite.

! **Kein Lagerungskissen auf Höhe des Fibulaköpfchens wegen der Gefahr einer N.-peroneus-Schädigung.**

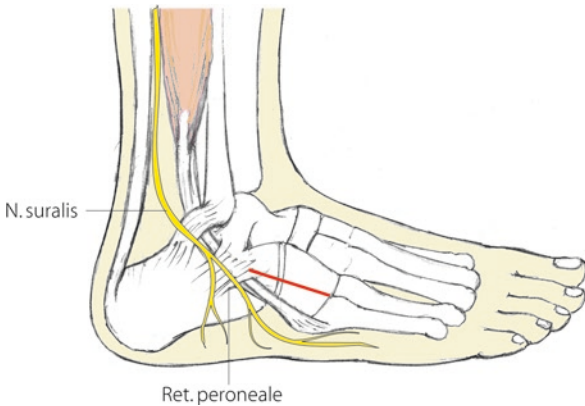
■ Zugang

Die ca. 4 cm lange Hautinzision wird in Form eines seitlichen Zugangs kranial der Peronealsehnen gesetzt. Bei der subkutanen Präparation ist auf den N. suralis zu achten (■ **Abb. 2.48**). Bei Kombinationsarthrodesen ist der Zugang wie zur subtalaren Arthrodese zu erweitern (► **Abschn. 2.7.1**). Der Ursprung des M. extensor digitorum brevis wird dargestellt und distal gestielt abgehoben. In der Folge Release des Lig. bifurcatum und Durchtrennen der Gelenkkapsel. Mittels Osteotomiespreizer wird das Gelenk distrahiert.

Vor Setzen der Hautinzision kann eine Kanüle in den Gelenkspalt eingebracht und die korrekte Lage mit Bildverstärker verifiziert werden.

■ Gelenkpräparation

Abtragen der Knorpelreste mittels Meißel und scharfem Löffel. Die mechanische Stabilität des Knochens darf nicht durch zu großzügiges Abtragen von Knochen gefährdet werden. Dabei müssen die anatomischen Gegebenheiten des Kalkaneokuboidgelenks insofern berücksichtigt werden, als dieses wesentlich tiefer in Richtung Planta pedis ausgedehnt ist als angenommen wird. Komplettieren der Knochenpräparation durch Perforation des subchondralen Knochens mittels Bohrer der Stärke 2 mm. Bei beabsichtigter Verlängerung werden plane Flächen durch Entnahme von 2 mm starken Knorpel-Knochen-Scheiben auf beiden Seiten geschaffen. Der wie geplant dimensionierte autologe



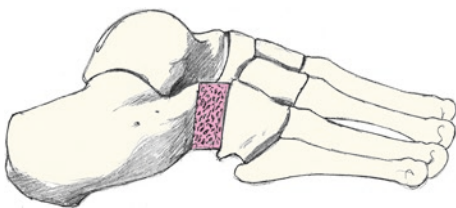
■ **Abb. 2.48** Zugang bei isolierter CC-Gelenkarthrodese. Der zu schonende N. suralis ist dargestellt

oder homologe Knochenblock kann nun eingepasst werden (■ **Abb. 2.49**).

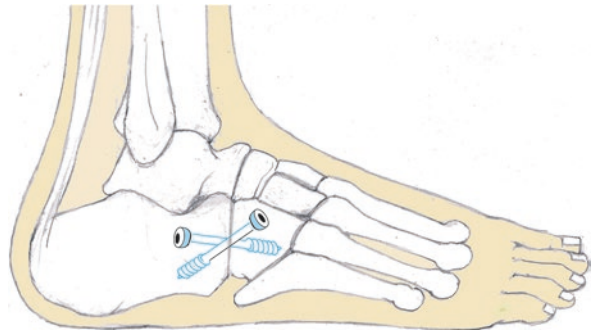
■ Fixation

Der Führungsdraht für die kanülierte Kompressionschraube kann in der Richtung anterior-posterior oder posterior-anterior eingebracht werden. Ohne Verlängerungseffekt wird das Os cuboideum nun an den Processus anterior calcanei adaptiert. Um den Führungsdraht zu positionieren, ist bei dorsoventraler Schraubenlage eine Stichinzision dorsal der Peronealsehnen vorteilhaft. Einfacher stellt sich die Fixation mittels Kompressionschraube von den Zehen fersenwärts dar. Nach Vorbohren können nun 1–2 kanülierte Kompressionschrauben eingedreht werden (■ **Abb. 2.50**). Das Konstrukt kann ggf. auch mit Platte oder Klammer augmentiert werden (■ **Abb. 2.51**).

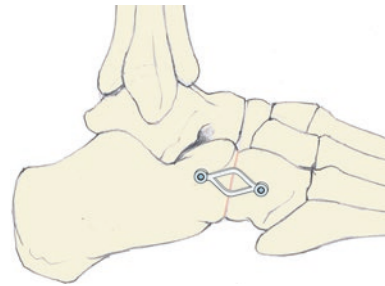
Zur Führungsdrahtapplikation ist eine Knochenrinne anzulegen, die mindestens 5 mm Abstand zum CC-Gelenk hält und als Auflage für den Schraubenkopf dient (■ **Abb. 2.52**).



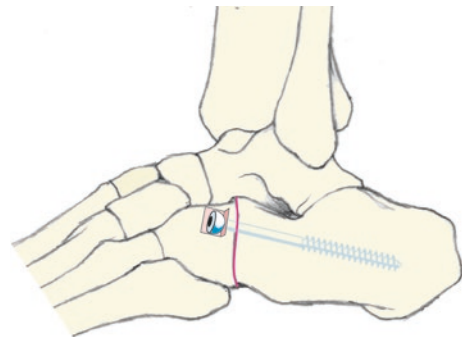
■ **Abb. 2.49** Spaninterposition zur Verlängerungsarthrodese des CC-Gelenks



■ **Abb. 2.50** Verwendung zweier gekreuzter Schrauben zur CC-Gelenkfixation. Alternativ kann mit Platte augmentiert werden



■ **Abb. 2.51** Bei der In-situ-Arthrodese des CC-Gelenks kann eine Klammerfixation auch ohne Kompressionschraube erfolgen, da bei diesem Gelenk eine primär hohe Eigenstabilität vorliegt



■ **Abb. 2.52** Bei Verwendung einer Kompressionschraube Präparation einer Knochenrinne als Widerlager für die Schraubenköpfe bei spitzwinkliger Schraubenplatzierung

2.9.2 Nachbehandlung

Unterschenkelspaltgips bis zur Nahtentfernung, dann geschlossener Unterschenkelgips. Die Mobilisation erfolgt mit Bodenkontakt für 6 Wochen. Bei beginnender knöcherner Konsolidierung im Röntgenbild kann eine schrittweise zunehmende Mobilisation mit Gips oder Orthese für weitere 4 Wochen erfolgen.

2.10 Kombinierte Rückfußarthrodesen

2.10.1 Triple-Arthrodesese

■ Prinzip

Die Triple-Arthrodesese kombiniert Arthrodesen des Subtalar- und des Chopart-Gelenks (Talokalkaneal-, Talonavikular- und Kalkaneokuboidarthrodesese). Ziel ist das Erreichen eines plantigraden, belastbaren Rückfußes bei erhaltener OSG-Beweglichkeit und Mittelfußfunktion.

■ Indikation

Die Triple-Arthrodesese stellt einen universellen Eingriff für eine Vielzahl von Indikationen dar: erworbener Plattfuß Grad III, residuelle Klumpfußfehlstellungen, rheumatoide Arthritis, Osteoarthritis der entsprechenden Gelenke und neuropathische Erkrankungen.

■ Kommentar

Die Triple-Arthrodesese ist ein komplexer Eingriff. Für die präoperative Planung des Korrekturausmaßes können eine 3D-Beurteilung der Achsenverhältnisse im CT und Aligmentaufnahmen nach Salzman von Nutzen sein. MRT-Bilder zeigen Ödeme und knöcherne Nekrosen und geben Informationen über den zu erwartenden Schwierigkeitsgrad des Eingriffs (z. B. Knochenersatz). Die Achillessehne ist ggf. bei kontrakten Verhältnissen zu verlängern.

Die Arthrodesese eines Rückfußgelenks beeinflusst prozentual den Bewegungsumfang der anderen Gelenke. Dies sollte im Rahmen der Indikationsstellung zur Triple-Arthrodesese bedacht werden. Die Arthrodesese des TN-Gelenks reduziert die Restbeweglichkeit des Talokalkaneal-(TC-) und des CC-Gelenks auf 2 %, die TC-Arthrodesese lässt 26 % Restbeweglichkeit am TN-Gelenk zu, während die CC-Arthrodesese die geringsten Einbußen an Beweglichkeit der Restgelenke bewirkt. Dabei bleiben das TC-Gelenk mit 92 % und das TN-Gelenk mit 67 % nahezu „voll mobil“ erhalten.

Reihenfolge der Arthrodesen

Sämtliche in die Arthrodesese einbezogenen Gelenke sollen mit minimalem Substanzverlust bis auf die subchondrale Sklerose entknorpelt werden. Die subchondrale Skleroseschicht ist mit dem 2-mm-Bohrer und Meißeleinsatz zu durchbrechen. Beginnend mit dem Subtalgelenk wird in korrigierter Position von plantar der erste K-Draht vom Kalkaneus kommend über das TC-Gelenk in den Talus vorgeschoben. Im Bildverstärker wird seine Lage in 2 Ebenen kontrolliert. Anschließend wird nahezu parallel und ventral davon ein zweiter K-Draht eingebracht. Das TN-Gelenk wird nun ebenfalls in Korrekturstellung mit einem Führungsdraht für eine kanülierte Schraube stabilisiert.

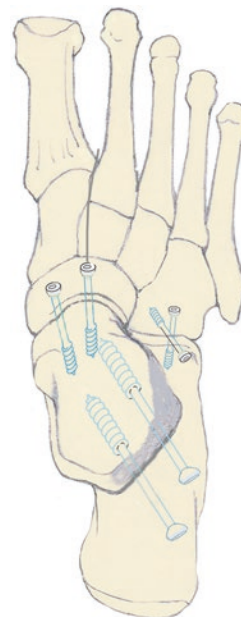
Durch Plantarflexion und maximale Pronation des Vorfußes gelingt die TN-Gelenk-Reposition leichter.

Nun kann das CC-Gelenk beurteilt werden. Meist schließt sich dieses durch die nahezu planen Gelenkflächen spontan. Bei hohem Druck im Arthrodesespalt (ein Meißel lässt sich kaum einschieben) und verbliebener Adduktusstellung des Vorfußes muss knöchern nachreseziert werden. Bei gegenteiliger Fußstellung und offenem Arthrodesespalt sollte Knochen interponiert werden. Die Fixation erfolgt entsprechend der CC-Gelenkarthrodesese (► Abschn. 2.9.1). Die Arthrodesen werden nun in der angegebenen Reihenfolge definitiv mit Implantaten stabilisiert (■ Abb. 2.53)

❗ **Fehlstellungen des ersten Strahls können nicht am Rückfuß korrigiert werden; sie werden an ihrem Entstehungsort korrigiert, d. h. weiter distal.**

Nachbehandlung

Die Nachbehandlung orientiert sich am TN-Gelenk, welches die höchste Pseudarthrosenrate aufweist. Unterschenkel-spaltgips bis zur Nahtentfernung, dann geschlossener Unterschenkelgips. Mobilisation ohne Belastung für 8 Wochen. Bei regelrechtem Verlauf zunehmende Mobilisation für weitere 2 Wochen im Gehgips. Der Eintritt der Fusion ist radiologisch selten vor 8 Wochen erkennbar (■ Abb. 2.54). Unveränderte Stellungenverhältnisse rechtfertigen in der Regel eine



■ **Abb. 2.53** Position der Schrauben bei Triple-Arthrodesese

schrittweise zunehmende Belastung ab der 8. postoperativen Woche bis zur Vollbelastung nach 10 Wochen. Eine Einlagenversorgung ist zu diesem Zeitpunkt optional.

2.10.2 Diple-Arthrodesen („Double“) über medialen Zugang

■ Prinzip

Kombinierte Arthrodesen des Subtalar- und Talonavikulargelenks über einen medialen Zugang. Dieses Verfahren wurde aus der traditionellen Triple-Arthrodesen entwickelt, insbesondere für die Korrektur des drittgradigen erworbenen Plattfußes. Studien zeigen vergleichbares Korrekturpotenzial zur Triple-Arthrodesen. Vorteil: Der bei Valguskorrektur durch laterale Weichteilspannung risikohafte Wundverschluss entfällt. Der im deutschsprachigen Raum verwendete Terminus „Double Arthrodesen“(*) bezieht sich im angloam. Sprachgebrauch traditionell auf die Fusion der Chopart'schen Gelenke (TN/CC) und sollte daher immer unter Definition der betroffenen Gelenke verwendet werden.

■ Indikation

Identisch zur Triple-Arthrodesen, sofern sich keine degenerativen Veränderungen des CC-Gelenks oder eine Überlänge der lateralen Kolumne finden.

OP-Technik

■ Lagerung

Der Patient befindet sich in Rückenlage bei neutraler Stellung des Rückfußes, die Planta pedis befindet sich am Ende

des Operationstisches. Eine Oberschenkelblutsperrung kann verwendet werden. Der Bildverstärker befindet sich auf der Seite des operierten Beins.

■ Zugang

Ein 6 cm langer Hautschnitt erfolgt vom distalen Aspekt des Malleolus medialis bis zur Tuberositas ossis navicularis, ca. 5 mm dorsal der palpablen Tibialis-posterior-Sehne. Deren Sehnenscheide wird eröffnet und die Sehne inspiziert. Bei Läsion der Sehne kann diese reseziert werden. Bei intakter Sehne wird der Ansatz gekerbt. Das Lig. deltoideum ist in allen Anteilen zu schonen. Im Anschluss erfolgt die Inzision der Kapsel des Talonavikulargelenks.

■ Gelenkpräparation

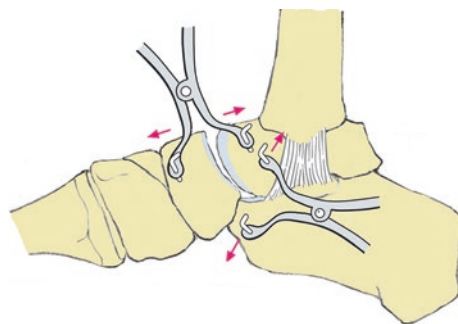
Positionieren eines Laminaspreizers oder Hintermann-Distraktors am dorsalen TN-Gelenkaspekt und Entknorpeln des Gelenks. Im Anschluss wird der dorsale Aspekt des TN-Gelenks durch Umsetzen des Spreizers dargestellt und präpariert. Nun wird zum plantaren Aspekt des Taluskopfes vorgegangen und ein Spreizer zwischen diesem und dem Kalkaneus auf Höhe des Sustentaculum tali platziert. Die anterioren Anteile des Lig. deltoideum sind vor allem in dieser Phase zu respektieren (Abb. 2.55). Das Subtalargelenk wird mit Kürette und Meißel ohne knöchernen Substanzverlust entknorpelt. Die TN-Gelenkflächen werden mit einem 2-mm-Bohrer perforiert.

■ Fixation

Der Rückfuß wird in plantigrade Position mit 5°Fersenvalgus gebracht. Führungsdrähte für die kanülierten Kompressionschrauben werden von plantar durch den Kalkaneus in den Talus dirigiert. Jetzt kann Knochen (autolog) im Bereich der Arthrodesenflächen des TN-Gelenks interponiert werden. Das Talonavikulargelenk wird mit 2–3 Kompressionschrauben (4,0 oder 4,5 mm) und das Subtalargelenk mit



■ **Abb. 2.54** Postoperative Röntgenaufnahme Triple-Arthrodesen bei rheumatischem Plattfuß einer 40-jährigen Patientin. Das CC-Gelenk wurde bei korrekter Länge der lateralen Kolumne und ausreichender Eigenstabilität nicht verschraubt. Das TN-Gelenk wurde mit Zugschraube und winkelstabiler Platte arthrodesiert



■ **Abb. 2.55** Zugang zum Subtalargelenk von medial zur Ausführung einer Diple-Arthrodesen. Nach Präparation des TN-Gelenks kann am Unterrand des Taluskopfes direkt zum subtalaren Gelenk vorgegangen werden. Die Exposition erfordert einen Distraktionspreizer. Das Lig. deltoideum ist am Expositionsrand erkennbar und wird über den gesamten OP-Verlauf geschont

2 kanülierten Kompressionsschrauben (6,5 oder 7,3 mm) fixiert (► Abschn. 2.7.1). Optional kann die dritte Schraube vom Os naviculare in den Kalkaneus gesetzt werden, wodurch sich die Stabilität erhöht.

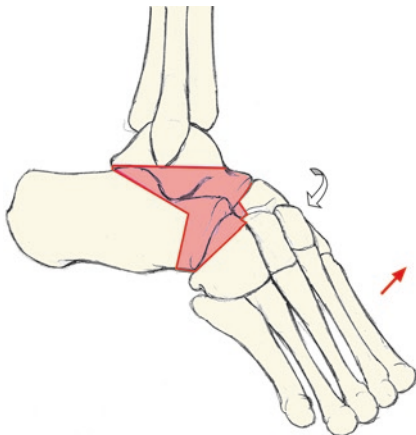
Nachbehandlung

Die Nachbehandlung orientiert sich am TN-Gelenk, welches die höchste Pseudarthrosenrate aufweist. Unterschenkelspaltgips bis zur Nahtentfernung, dann geschlossener Unterschenkelgips. Entlastende Mobilisation für 8 Wochen. Bei unauffälligem Verlauf zunehmende Mobilisation für weitere 2 Wochen im Gehgips. Der Eintritt der Fusion ist radiologisch selten vor 8 Wochen erkennbar. Unveränderte Stellungsverhältnisse rechtfertigen in der Regel eine schrittweise zunehmende Belastung ab der 8. postoperativen Woche bis zur Vollbelastung nach 10 Wochen. Eine Einlagenversorgung ist zu diesem Zeitpunkt optional.

2.10.3 Triple-Arthrodesen nach Lambrinudi

■ Prinzip und Indikation

Korrektur eines neuropathischen Spitzfußes durch keilförmige Resektion aus dem Talus. Die Größe des Keils entspricht dem Ausmaß der Spitzfußkomponente. Es wird ein plantigrader Fuß angestrebt. Eine Verlängerung der Achillessehne sollte nicht vorgenommen werden, da sie eine Art dorsale Zuggurtung darstellt. Das Verfahren hat sich zur Korrektur von Residualdeformitäten bei Klumpfuß und Spitzfuß und beim adoleszenten Postpoliofuß etabliert. Der Winkel der keilförmigen Talusresektion entspricht dem Korrekturwinkel für den Spitzfuß (► Abb. 2.56). Oftmals sind additive Eingriffe angezeigt.



■ Abb. 2.56 Dreidimensionale Knochenresektion bei der Operation nach Lambrinudi. Der Pfeil demonstriert die Hauptkorrekturrichtung

OP-Technik

■ Zugang

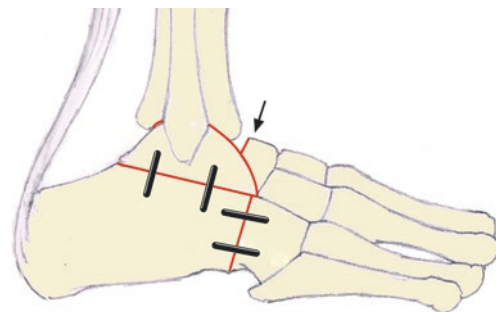
Lateraler Zugang wie zum Subtalargelenk unter großzügiger Exposition des Sinus tarsi und des CC-Gelenks. Die Peronealsehnen werden nach plantar weggehalten und die kurzen Zehenextensoren nach distal abgeschoben. Präparation nach medial, bis der Talushals dargestellt ist und mit einem Hohmann-Hebel umfahren werden kann.

■ Gelenkpräparation

Das TN-Gelenk wird visualisiert. Die nun folgende keilförmige Resektion am Talus ist der entscheidende Operationsschritt und erfolgt entsprechend der geplanten Korrektur. Die Osteotomie am Talus kann mit Säge oder Meißel schrittweise vorgenommen werden. Der Taluskopf kann deformitätsabhängig reseziert werden bzw. vollständig weggelassen. Die kalkaneare Gelenkfläche wird nur sparsam abgetragen. Die Dosierung der Korrektur wird durch wiederholte Adaptation der Arthrodesenflächen abgeschätzt, bis die gewünschte plantigrade Einstellung des Fußes erzielt ist. Liegt neben der Spitzfuß- noch eine Varuskomponente des Rückfußes vor, erfolgt eine dreidimensionale Keilentnahme mit lateralseits weiterer Knochenresektion. Der resultierende Knochenspieß des Talus wird in das angefrischte spongiöse Os naviculare eingedübelt. Resultiert eine störende dorsale Prominenz des Os naviculare, sollte diese flächig im Sinne einer Exostosektomie abgetragen werden.

■ Fixation

Die durch eine Operation nach Lambrinudi zu versorgenden Krankheitsbilder gehen in der Regel mit einer beträchtlichen Osteopenie einher. Die mechanischen Eigenschaften des Knochens erlauben selten eine Schraubenfixation. Zur Osteosynthese bietet sich daher eine Kombination aus Kirschner-Drähten (min. 2,5 mm) mit Klammer an (► Abb. 2.57).



■ Abb. 2.57 Korrektur des Spitzfußes und der Varus-Supinatus-Komponente durch Schluss der Osteotomie. Osteosynthese mit Klammern an der Konvexseite der Deformität, das TC- und CC-Gelenk überbrückend. Die resultierende Prominenz des Os naviculare (Pfeil) sollte abgetragen werden

Nachbehandlung

Unterschenkelspaltgips bis zur Nahtentfernung, dann geschlossener Unterschenkelgips. Entlastende Mobilisation für 8 Wochen. Zu diesem Zeitpunkt können perkutan eingebrachte K-Drähte meistens entfernt werden. Bei regelrechtem Verlauf zunehmende Mobilisation für weitere 2 Wochen im Gehgips. Unveränderte Stellungsverhältnisse rechtfertigen in der Regel eine schrittweise zunehmende Belastung ab der 8. postoperativen Woche bis zur Vollbelastung nach 10 Wochen. Eine Schuhversorgung empfiehlt sich je nach vorliegendem Krankheitsbild mit Bettungseinlage und Abrollwiege.

2.11 Korrekturosteotomien an Rückfuß und OSG

2.11.1 Verlängerung der lateralen Kolumne (Evans-Osteotomie)

■ Prinzip

Durch Verlängerung der lateralen Säule erfolgt eine Korrektur der Abduktuskomponente, wie sie typischerweise beim erworbenen Plattfuß eingesetzt wird. Der Eingriff kann isoliert oder in Kombination mit anderen ossären oder Weichteilprozeduren Anwendung finden.

■ Indikation

Erworbener Plattfuß aufgrund einer Tibialis-posterior-Insuffizienz (Grad II, in Ausnahmefällen auch bei Grad I und III).

■ Kommentar

Diese Osteotomie stellt ein Operationsverfahren zur Korrektur von Fußfehlstellungen unter Erhalt der Funktion des Chopart-Gelenks dar. Alternativ kann eine Interpositionsarthrodese des CC-Gelenks erfolgen. Bei zweitgradiger Tibialis-posterior-Insuffizienz findet dieses Verfahren in Kombination mit einem Flexor-digitorum-Sehnen-Transfer Anwendung. Durch den Eingriff erhöht sich der Druck im CC-Gelenk mit dem Risiko einer nachfolgenden Gelenkproblematik. Alternativ ist die medialisierende Kalkaneusosteotomie ebenfalls in der Lage, den Fuß zu balancieren. Derzeit existieren (noch) keine klinischen Vergleichsstudien der beiden Osteotomieformen.

OP-Technik

■ Lagerung

Der Patient befindet sich in Rückenlage bei vertikaler Stellung des Fußes, die Planta pedis am Ende des Operationstisches. Ein Kissen im Bereich der ipsilateralen

Hüfte verhindert die störende Außendrehung des Beins. Ein Beinhalter wird von manchen Operateuren bevorzugt; er bringt den Fuß parallel zum Operationstisch. Eine Oberschenkelblutsperre kann verwendet werden. Der Bildverstärker befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite.

■ Zugang

6–8 cm lange laterale Hautinzision parallel zur Planta pedis vom Sinus tarsi bis knapp über das CC-Gelenk hinaus. Identifikation des CC-Gelenks mittels Bildverstärker und Markieren mit einer Injektionskanüle. Im Rahmen der subkutanen Präparation werden die Peronealsehnen und der N. suralis identifiziert und nach plantar oder ggf. dorsal weggehalten. Der M. extensor digitorum brevis wird vom Kalkaneus abgehoben. Ein Hohmann-Hebel wird in den Sinus tarsi platziert, ein weiterer wird plantar um den Kalkaneus herumgeführt.

■ Osteotomie

Die geplante Osteotomieebene liegt 1,2–1,5 cm proximal des CC-Gelenks und senkrecht zur Kalkaneusachse. Die Osteotomie wird zunächst subtotal mit der oszillierenden Säge durchgeführt, wobei die mediale Kortikalis erhalten bleibt. Unter BV-Kontrolle wird die Osteotomie mit dem Meißel vervollständigt und aufgespreizt.

■ Verlängerung

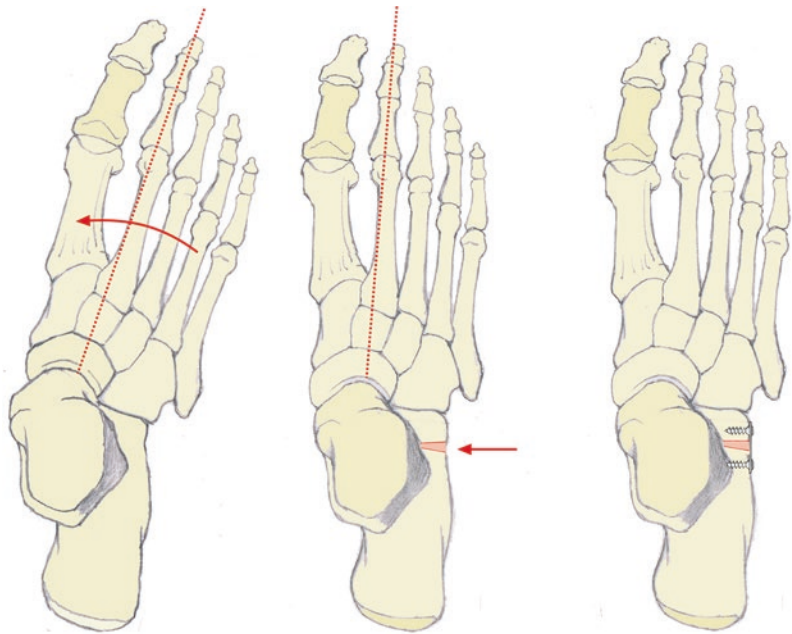
Anbringen eines Distraktionsspreizers (z. B. Hintermann), der etwa 7 mm beidseits der Osteotomie zu liegen kommt. Dadurch werden die weiteren Operationsschritte nicht beeinträchtigt. Die nächsten Schritte werden vorteilhaft unter BV-Kontrolle durchgeführt. Das dosierte Aufspreizen des Osteotomiespaltes führt zu einer Normalisierung des TN-Gelenks („talonavicular coverage“) mit zunehmender Korrektur der Abduktuskomponente (■ Abb. 2.58). Dabei ist eine Subluxationsstellung im CC-Gelenk zu vermeiden. Maßnahmen für die Dimension des trapezförmigen Knocheninterponats, das an der Basis in der Regel 1 cm misst. Es können sowohl autologe als auch homologe Knocheninterponate verwendet werden (■ Abb. 2.59). Der Knochenblock wird nach Zurichtung eingebracht, und der Spreizer wird entfernt. Es sollte sich ein Press-fit im Verlängerungsbereich ergeben.

■ Fixation

Meist besteht eine erstaunliche Eigenstabilität des Konstruktes. Verschiedene Arten der Fixation werden praktiziert. Die Autoren empfehlen eine winkelstabile Überbrückungsplatte. Alternativ finden Platten mit Steg als Platzhalter Anwendung. Dabei wird statt eines strukturellen Knocheninterponates eine Hinterfüllung mit spongiösem Knochen empfohlen.

■ Abb. 2.58 Abduktuskorrektur.

Die Pfeile zeigen die angestrebte Korrekturrichtung am Vorfuß und im Bereich des TN-Gelenks an. Die Spaninterposition führt neben der Verlängerung auch zu einer Winkelbildung, deren Ausmaß durch die Keilform bestimmt ist. Beispielhaft ist eine Osteosynthese mit einer winkelstabilen Platte gezeigt. Alternativ kann auch eine Schraubenfixation zur Stabilisierung erfolgen



Die Korrektur der Abduktionsfehlstellung durch eine Verlängerung der lateralen Fußsäule zieht oft eine Spitzfußstellung nach sich, die durch eine Achillessehnenverlängerung korrigiert werden muss.

Nachbehandlung

Unterschenkelspaltgips bis zur Nahtentfernung, dann geschlossener Unterschenkelgips. Entlastende Mobilisation mit Bodenkontakt für 6 Wochen. Bei beginnender knöcherner Konsolidierung kann eine zunehmende Belastung mit Gips oder Orthese für weitere 4 Wochen erfolgen.

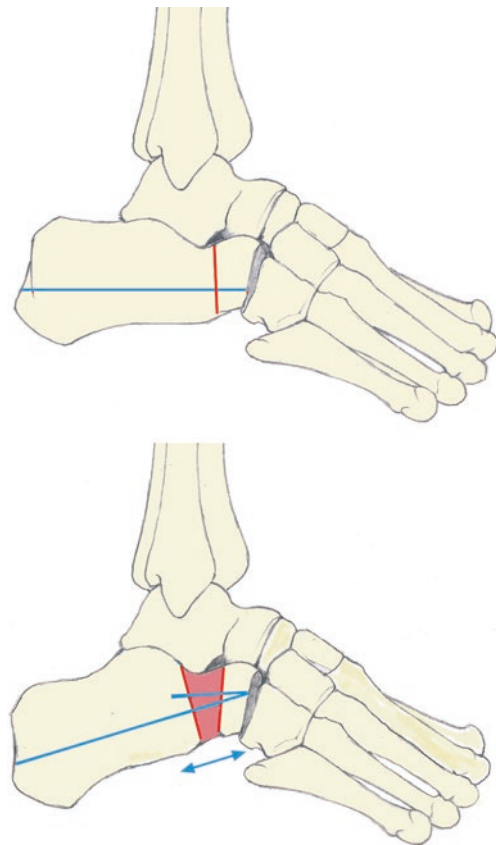
2.11.2 Kalkaneusosteotomien

■ Prinzip

Korrektur von Rückfußfehlstellungen durch Osteotomie mit Neuorientierung des Tuber calcanei. Vor Osteotomien am Rückfuß muss der gesamte Fuß im Hinblick auf Kontrakturen und Fehlstellungen beurteilt werden. Es sind die Dwyer-Osteotomie, die lateralisierende, medialisierende sowie die subtrahierende Osteotomie (nach Keck und Kelly) zu unterscheiden.

■ Indikationen

Dwyer-Osteotomie Die Hauptindikation ist die Varusdeformität des Rückfußes, wie sie sich beim Hohlfuß oder residuellen Klumpfuß findet.



■ Abb. 2.59 Prinzip der Evans-Osteotomie mit Verlängerung der lateralen Kolumne durch Interposition eines trapezförmigen Knochenspans (autolog oder homolog). Die Verlängerung beträgt selten mehr als 1 cm

! Eine ausgeprägte Pronationsstellung des Vorfußes geht mit einer Varusstellung des Rückfußes einher und ist eine Kontraindikation zur (valgisierenden) Dwyer-Osteotomie.

Lateralisierend Bei rezidivierenden Supinationstraumata wird die lateralisierende Kalkaneusosteotomie als additives Verfahren zur Bandplastik propagiert, sofern ein Rückfußvarus vorliegt.

Medialisierend Das mediale Verschieben des osteotomierten Tuber calcanei findet beim erworbenen Plattfuß Anwendung. Die Zugrichtung der Achillessehne wird nach medial verlagert.

Subtrahierend Bei knöcherner Prominenz am dorsalen Tuber calcanei (Haglund-Exostose) mit Irritation der Achillessehne kann eine subtrahierende Kalkaneusosteotomie Anwendung finden. Durch Entnahme eines Keils mit kranialer Basis rechtwinklig zur Längsachse des Tuber calcanei wird die Achillessehne ansatznah entlastet.

OP-Technik

■ Lagerung

Der Patient befindet sich in angehobener Rückenlage bei vertikaler Stellung des Fußes, die Planta pedis am Ende des Operationstisches. Ein Kissen im Bereich der gleichseitigen Hüfte verhindert die störende Außendrehung des Beins. Eine Oberschenkelblutsperrre kann verwendet werden. Der Bildverstärker befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite des zu operierenden Beins.

■ Zugang

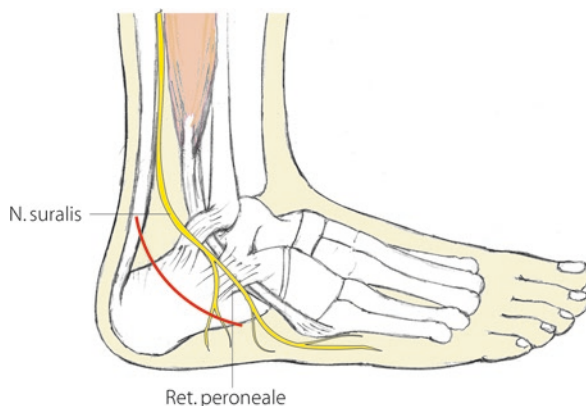
Die 4 cm lange Hautinzision erfolgt parallel zu den Peronealsehnen. Im Rahmen der subkutanen Präparation ist vor allem der N. suralis zu schonen (■ Abb. 2.60). Das Periost wird an der lateralen Kalkaneuswand abgeschoben, und Hohmann-Hebel werden dorsal und plantar am Tuber calcanei gesetzt (■ Abb. 2.61).

■ Osteotomie

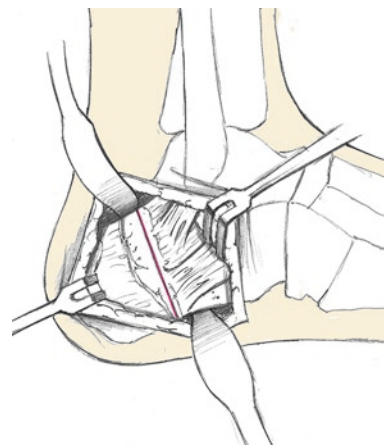
Je nach Pathologie wird leicht unterschiedlich vorgegangen.

Dwyer-Osteotomie Die Osteotomie erfolgt in 90° zur Längsachse des Kalkaneus mit der oszillierenden Säge unter Erhalt der Gegenkortikalis. Es wird ein Keil mit lateraler Basis entnommen. Die Breite der Basis ist vom Ausmaß der Deformität abhängig. Ziel des Eingriffs ist ein physiologischer Rückfußvalgus (■ Abb. 2.62).

Lateralisierend Die Osteotomie erfolgt mit oszillierender Säge in 90° zur Längsachse des Kalkaneus bis zur Gegenkortikalis. Durchosteotomieren mit dem Meißel.



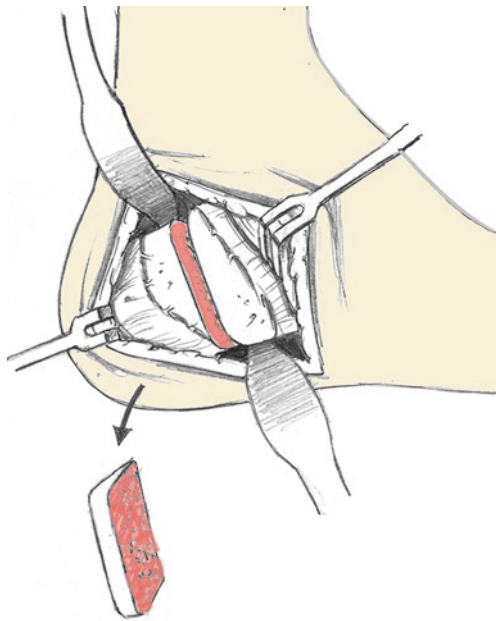
■ Abb. 2.60 Lateraler Zugang zur Kalkaneusosteotomie. Der N. suralis ist dargestellt und muss beim Zugang geschont werden



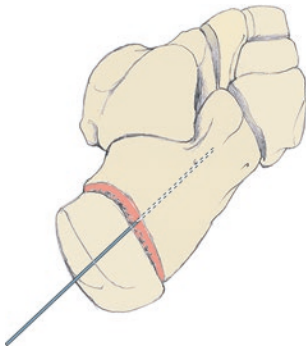
■ Abb. 2.61 Exposition des Kalkaneus mit Hohmann-Hebeln und Markieren der Osteotomie. Die Osteotomie sollte in einem Winkel von 90° zur Längsachse des Kalkaneus ausgerichtet werden, um ein Höherentreten der Ferse zu verhindern

Das nun freie Fragment des Tuber calcanei wird manuell nach lateral verschoben. Für einen physiologischen Rückfußvalgus von 5° sind üblicherweise 8–10 mm Translation erforderlich.

Sperrt sich die Osteotomie gegen ein Verschieben, erleichtert das Interponieren eines dünnen Sägeblatts in den Osteotomiespalt die gewünschte Translation. Nach erzielter Verschiebung kann ein K-Draht im prominenten Kalkaneusanteil am Rand der Osteotomie positioniert werden, um das Zurückgleiten zu verhindern (■ Abb. 2.63).

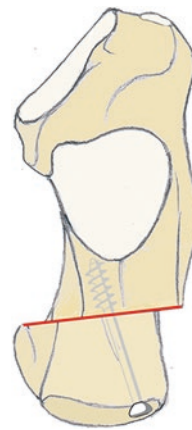


■ **Abb. 2.62** Kalkaneusosteotomie mit lateraler Keilentnahme nach Dwyer mit Valgisation der Ferse

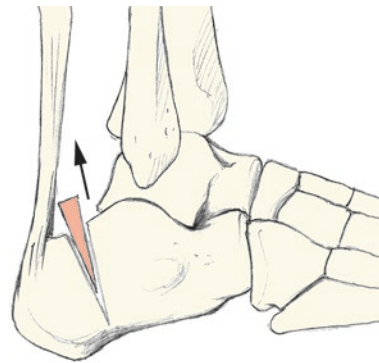


■ **Abb. 2.63** Nach Korrektur einer medialisierenden oder lateralisierenden Kalkaneusosteotomie besteht eine knöcherne Stufe, die bei ausreichender Korrektur etwa 1 cm aufweist. Zur Sicherung des Korrekturausmaßes bis zur definitiven Osteosynthese kann ein K-Draht an die Kante des tiefer liegenden Kalkaneusanteils eingebracht und nach Osteosynthese leicht wieder gezogen werden

Medialisierend Die Osteotomie erfolgt mit oszillierender Säge in 90° zur Längsachse des Kalkaneus bis zur Gegenkortikalis. Durchosteotomieren mit dem Meißel. Ein Wirbelspreizer wird in den Osteotomiespalt eingeführt, um das Tuberositasfragment zu mobilisieren. Das Tuberositasfragment wird nun ca. 10 mm nach medial verschoben (■ **Abb. 2.64**).



■ **Abb. 2.64** Medialisierende Kalkaneusosteotomie mit Fixation des Tub. calcanei mit einer singulären Kompressionsschraube oder optional einer Stufenplatte



■ **Abb. 2.65** Entfernung eines Keils mit kranialer Basis zur nachfolgenden Dekompression des retrokalkanearen Raums

Subtrahierend Die Osteotomie erfolgt in 90° zur Längsachse des Kalkaneus. In diesem Fall solle die Osteotomie im plantaren Aspekt subtotal bleiben, sodass das Periost intakt bleibt. Je nach Stellungskorrektur wird ein Keil (15–20°) mit einer nach kranial gerichteten Basis entnommen (■ **Abb. 2.65**). Die Dekompression des retrokalkanearen Raums wird digital überprüft.

■ Fixation

Die Fixation erfolgt in allen Fällen nach Stichinzision am Tub. calcanei plantarseits und nach Einbringen von ein oder 2 Führungsdrähten zur Fixation mittels 7,3-mm- oder 6,5-mm-Kompressionsschrauben. Prinzipiell

können rotationsstabile Verhältnisse nur mit 2 Schrauben erreicht werden. Allerdings finden sich in der Literatur keine Berichte über Probleme der Heilung bei Verwendung nur einer Schraube – vermutlich aufgrund der hohen Kompressionskräfte mit großer knöcherner Auflagefläche (■ Abb. 2.66). Überstehende Kanten werden mit dem Luer abgetragen oder mit einem Stößel impaktiert. Die korrekte Führungsdraht- und Schraubenlage wird jeweils im Bildverstärker kontrolliert.

Nachbehandlung

Unterschenkelgips bis zur Nahtentfernung ohne Belastung für 2 Wochen, dann geschlossener Unterschenkelgips. Die weitere Mobilisation erfolgt im 4-Punktengang für weitere 4 Wochen.



■ **Abb. 2.66a–c** Röntgenaufnahmen eines 43-jährigen Patienten mit erworbenem Plattfuß Grad II. **a** Präoperative Salzmann-Aufnahme (a.-p., 45° geneigter Zentralstrahl), **b** nach mit einer Schraube fixierten Kalkaneusosteotomie, seitlich, **c** postoperative Salzmann-Aufnahme, die Kalkaneusmedialisierung ist im Vergleich zur präoperativen Aufnahme gut erkennbar

2.12 Haglund-Exostose und Insertionstendinopathie

■ Prinzip

Reduktion der knöchernen Prominenz im Bereich des Tuber calcanei. In der Regel wird die Bursa subachillea mit entfernt, da sie meist entzündlich verändert ist. Bei der Operation gilt die Regel, ausreichend Knochen abzutragen, ohne den Achillessehnenansatz zu gefährden. Die offene Abtragung der Haglund-Exostose kann über einen medialen, lateralen oder zentralen Zugang erfolgen. Letzterer eignet sich bei begleitender Insertionstendinopathie mit Kalzifikation der Achillessehne (dorsaler Fersensporn). Dabei sollte bei mehr als 50 % Ablösung der Ansatzfläche („footprint“) der Achillessehne eine Refixation mit Nahtankern erfolgen.

■ Indikation

Lang dauernde Schmerzen im Bereich der Ferse, meist nach Druckbelastung durch Schuhwerk oder/und chronische Überlastung bei Lauf- oder Sprungsportarten, können eine OP-Indikation nach sich ziehen. Die akute Symptomatik wird durch die Reizung der Bursa subachillea verursacht (■ Abb. 2.67). Auch massive knöchernen Pseudoexostosen können über Jahrzehnte symptomlos sein und erst durch Druck oder Wechsel der Absatzhöhe symptomatisch werden. Eine Hohlfußkomponente liegt gehäuft vor. Die



■ **Abb. 2.67** MRT der Ferse mit Haglund-Exostose. Erkennbar sind die symptomatische Bursitis subachillea und die Kompression der Achillessehne

Indikation wird neben der klinischen Untersuchung durch den radiologischen Nachweis der knöchernen Prominenz oder Spornbildung am Kalkaneus gestellt – dies dient auch zur Abgrenzung von anderen Pathologien (z. B. Kalkaneuszyste, Umbauzone). Das operative Vorgehen ist erst nach konsequent ausgeführten, aber frustrierten konservativen Therapiemaßnahmen indiziert.

■ Kommentar

Beim Fersenschmerz des Jugendlichen liegt selten eine frühe Manifestation einer Haglund-Exostose vor, sondern meist eine Apophysitis des Tuber calcanei (M. Sever). Aufgrund der offenen Wachstumsfuge verbietet sich ein operatives Vorgehen. Im Röntgenbild erkennbare knöchernen Spornbildung oder schollige Verkalkungen im Achillessehnenbereich sollten durch weitere Bildgebung mit Ultraschall oder MRT abgeklärt werden. Hierbei sind Pathologien der Achillessehne in das therapeutische Konzept einzubeziehen.

Im Fall einer Achillessehnenansatzpathologie (Nekrose, dorsaler Fersensporn) und/oder einer Haglund-Exostose mit Kompromittierung der Sehne sind umfangreichere Maßnahmen erforderlich. Die Sehne kann partiell oder vollständig an ihrem Ansatz abgelöst werden mit Ausschälen nekrotischer oder knöcherner Sehnenanteile und anschließender Refixation. In Rezidivfällen oder bei ausgeprägter knöcherner Spornbildung kann eine Kalkaneusosteotomie mit Keilentnahme und damit Druckentlastung der Achillessehne ausgeführt werden (► Abschn. 2.11.2).

Verschiedene Zugänge werden in der Literatur beschrieben. Der laterale Zugang stellt den Standard dar. (► Abb. 2.68). Der mittig zentrale Zugang eignet sich als direkter Zugang bei Insertionstendinopathien der Achillessehne. Das Resektionsausmaß ist individuell zu wählen. Am Achillessehnenansatz soll der Knochen möglichst radikal bis an die unmittelbare Sehneninsertion abgetragen werden. Die Resektion muss so weit erfolgen, dass der retroachilläre Raum sicher ausreichend entlastet wird.

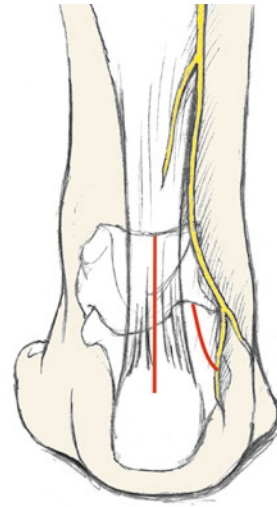
Die einfache Haglund-Exostosen-Abtragung eignet sich auch zur perkutanen Knochenabrasion, die unter endoskopischer Kontrolle ausgeführt wird. Bei unsachgemäßer Anwendung steigt dadurch allerdings das Risiko einer Achillessehnenläsion oder einer inkompletten Abtragung. Es gibt derzeit jedoch keine Level-I- oder Level-II-Studien, welche die Überlegenheit der einen oder anderen Technik belegen.

2.12.1 OP-Technik

Vorgehen bei lateralem Zugang

■ Lagerung

Bauchlage mit Verwendung einer Rolle unter dem distalen Unterschenkel. Dies ermöglicht, den Fuß frei in Extension oder Flexion des Sprunggelenks zu bringen und somit



■ Abb. 2.68 Zugang zum Calcaneus altus et latus. Lateral der Standardzugang, zentral über der Achillessehne der transachilläre Zugang

den Achillessehnenansatz gut darzustellen. Diese Lagerung ergibt Flexibilität für alle beschriebenen Zugänge. Blutsperrung im Bereich des Oberschenkels. Optional kann der Eingriff auch in Seitenlage mit innenrotiertem Bein erfolgen.

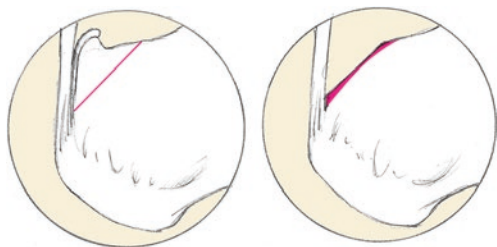
■ Zugang

Der Standardzugang erfolgt paratendinös lateral der Achillessehne und wird nach distal bis auf den Knochen des Kalkaneus vertieft. Damit ist eine Verletzung des N. suralis, der sich ventral des etwa 3 cm langen Zugangs befindet, unwahrscheinlich. Trotzdem sollte der Nerv dargestellt und unter Sicht mit einem stumpfen Rechenhaken oder einem Lidhaken zuverlässig geschützt werden. Entlang der Achillessehne – ohne deren Sehnnenscheide zu öffnen – wird nach distal präpariert, und unter maximaler Plantarflexion des Fußes wird der Kalkaneus mit einem Raspatorium nach dorsomedial freigelegt und mit einem Hohmann-Hebel umfahren. Die Achillessehne wird mit einem Langenbeck-Haken, der auch die Sicht erleichtert, geschützt.

■ Knochenresektion

Die Achillessehne wird im Ansatzbereich sorgfältig dargestellt. Die Exostose ist nun erkennbar und wird mit einem breiten Meißel plan abgetragen (► Abb. 2.69). Ein eventuell vorliegender Calcaneus latus wird zusätzlich mit einem Hohlmeißel reduziert, die Ränder werden mit dem Luer geglättet. Digitales Nachtasten auf knöchernen Reste oder Kanten. Die noch verbliebenen Bursaanteile werden reseziert. Versiegeln der spongiösen Osteotomiefläche mit Knochenwachs. Bei Verwendung einer Redon-Drainage (ohne Sog) ist der Verlauf des N. suralis zu beachten. Schichtweiser Wundverschluss mit Weichteilkompressionsverband.

Nach Exostosenabtragung darf bei maximaler Dorsalextension des OSG kein Impingement (Kontakt) der Achillessehne mit ossären Strukturen mehr vorliegen.



■ **Abb. 2.69** Komplette Abtragung der Exostose bis an den Ansatz der Achillessehne

■ Nachbehandlung

Diese ist in Abhängigkeit vom Ausmaß der Teilablösung des Achillessehnenansatzes zu wählen. In der Regel ist bei kompletter Exostosenabtragung eine dorsale Gipsschiene oder ein gespaltener Unterschenkelgips bis zur Nahtentfernung sinnvoll, auch um Wundheilungsstörungen in dieser sensiblen Region zu verhindern. Ohne Ablösung des Achillessehnenansatzes kann eine plantigrade Fußstellung gewählt werden, ansonsten leichte Plantarflexion.

Nach Nahtentfernung wird ein Walker-Stiefel für weitere 2–4 Wochen (je nach Ausmaß der Achillessehnenbeeinträchtigung) getragen. Ab der 4. Woche kann mit einer passiven Bewegungstherapie des OSG begonnen werden. Moderate sportliche Aktivitäten (z. B. Wandern, Schwimmen, Radfahren) sind nach 6 Wochen möglich; Impaktsportarten (z. B. Ballspiele, Laufen, Sprung, Klettern) erst nach 3 Monaten.

Vorgehen bei zentralem Zugang

■ Zugang

Zentraler mittlerer Zugang über der Achillessehne in Bauchlage. Es sollte eine Schichtpräparation unterbleiben und der direkte Zugang gewählt werden. Spalten der Achillessehne ansatznah bis auf die Haglund-Exostose. Es wird somit transtendinös ein direkter Zugang auf den Sporn praktiziert. Mobilisation des medialen und lateralen Schenkels der Achillessehne. Sofern notwendig kann der Ansatz der Achillessehne gekerbt oder komplett abgelöst werden. Es können bis zu 50 % desinseriert werden ohne Notwendigkeit einer

Rekonstruktion des Ansatzes. Die Mobilisation der beiden Sehnenchen soll so ausgedehnt erfolgen, dass sämtliche nekrotischen Areale und Ansatzverknöcherungen für die Exzision zugänglich sind.

■ Débridement

Beim Débridement werden alle degenerativen Anteile und Kalzifikationen bis auf vitale Sehnenanteile entfernt. Gesunde Sehnenanteile sind durch eine longitudinal organisierte Textur charakterisiert.

■ Knöcherne Resektion

Zum Schutz der Achillessehne werden medial und lateral der Exostose schlanke spitze Hohmann-Hebel positioniert. Der Kalkaneusvorsprung sollte großzügig reduziert und modelliert werden. Die Osteotomie-Enden werden mit dem Luer geglättet, und die spongiöse Resektionsfläche wird mit Knochenwachs versiegelt. Zur gesicherten Einheilung sollte das Reinsertionsareal der Achillessehne nicht abgedichtet werden. Bei Erhalt der Achillessehnenansätze werden nach Exostosenabtragung die Sehnenhülle und die gespaltene Achillessehne wieder vernäht.

■ Rekonstruktion des Achillessehnenansatzes

Der partiell oder komplett abgelöste Achillessehnenansatz wird in die Ursprungslage reponiert (wofür eine leichte Plantarflexion des Fußes erforderlich ist). Der Bereich des Achillessehnenansatzes wird spongiös angefrischt. Durch 2 sich kreuzende Bohrkanäle mit 1,5–2 mm Durchmesser können 2 gedoppelte FibreWire-Fäden eingebracht werden, die zur Readaptation der Achillessehnenanteile dienen.

Aufwendiger stellt sich die Verwendung von Ankerschrauben dar, die im Abstand von 1,5 cm gesetzt werden. Die Fäden erfassen die Achillessehnenanteile und werden mit Interferenzschrauben (BioComposite SwiveLock, Fa. Athrex) gerade distal der Achillessehnenansatzes kreuzweise fixiert. Dadurch wird die Achillessehne extratendinös von dorsal augmentiert und an das knöcherne Lager angepresst (■ **Abb. 2.70**).

Seit-zu-Seit-Naht der vertikalen Achillessehnenlücke. Redon-Drainage unter Rücksichtnahme auf den N. suralis. Wundverschluss schichtweise, Kompressionsverband.

■ Nachbehandlung

Für 2 Wochen entlastende Mobilisation im Unterschenkelgips in 20° Plantarflexion. Nach Nahtentfernung für weitere 2 Wochen Unterschenkelgips in auf 5–10° reduzierter Plantarflexion. Beginn mit Teilbelastung. Ab der 6. postoperativen Woche Mobilisation im Walker-Stiefel und Beginn mit physiotherapeutisch assistierter Bewegungstherapie. Ab der 8. Woche sind das Tragen von



■ **Abb. 2.70** Aufwendige Refixation der abgelösten Achillessehne in Doppelreihentechnik („suture bridge“)

Konfektionsschuhen und der Beginn von exzentrischen Kräftigungsübungen möglich. Zwischen 3 und 6 Monaten postoperativ wird das präoperative Aktivitätsniveau wieder erreicht.

Kalkaneuskeilentnahme

Die Technik der Kalkaneuskeilentnahme ist in ► Abschn. 2.11.2 beschrieben.

2.13 Plantarfasziitis (Fersensporn)

■ Prinzip

Abtrennen der Plantarfaszie am Tuber calcanei mit oder ohne Resektion des spornartig herausragenden knöchernen Ursprungs; auch einer Denervierung entsprechend.

■ Indikation

Plantarer Fersenschmerz mit Druckdolenz am Ursprung und im Plantarfaszienvverlauf. Gelegentlich auch bei nervalem Kompressionssyndrom des hier verlaufenden N. plantaris lateralis (Baxter-Neuralgie, ► Abschn. 8.1.1).

■ Kommentar

Die anatomischen Strukturen im Bereich des Tuber calcanei plantaris werden auch als „Wetterwinkel“ der Ferse bezeichnet. Die Ätiologie der Plantarfasziitis wird mit Mikrotraumata am Ursprung der Plantarfaszie erklärt. Oft liegt zusätzlich ein Senkfuß vor. Beim Läufer wird eine Plantarfasziitis beim „Over-use-Syndrom“ diagnostiziert. Dies erklärt auch, warum diese Erkrankung eine Domäne der konservativen

Behandlung ist und nur in seltenen Fällen ein operatives Vorgehen erforderlich ist. Der Ast des N. plantaris lateralis (Ramus calcaneus inferior), der zum M. abductor digiti minimi zieht, unterkreuzt die Plantarfaszie und kann durch Zug- und Druckbelastung symptomatisch werden. Die Spaltung oder Ablösung der Plantarfaszie bedeutet eine Dekompression dieses Nerven (■ Abb. 2.71).

Der Nachweis eines knöchernen Fersensorns auf dem Röntgenbild stellt isoliert gesehen einen radiologischen Befund ohne Krankheitswert dar. Vergleichsstudien zur Plantarfasziitis mit und ohne Entfernung des Knochensorns haben keinen Vorteil einer knöchernen Resektion erkennen lassen. Die endoskopische Technik wird, allerdings mit gering erhöhtem Risiko einer Nervenläsion, erfolgreich angewandt. Zur sicheren Dekompression des Nervenasts empfiehlt sich allerdings der offene Zugang.

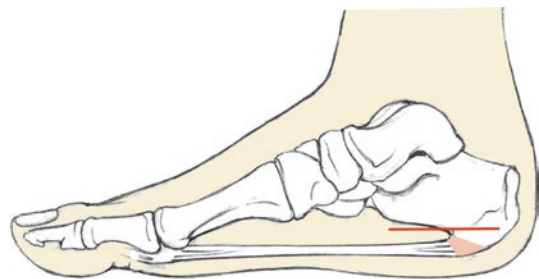
2.13.1 OP-Technik

■ Lagerung

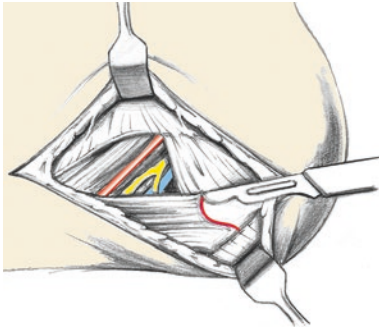
Rückenlage und Außenrotation des Beins. Blutsperre auch am Unterschenkel möglich. Um eine gute Darstellung der Nervenäste bei offenem Vorgehen zu ermöglichen, ist eine Oberschenkelblutsperre zu bevorzugen.

■ Perkutane Technik

Von medial wird am Übergang der Sohlenhaut zur unbelasteten Haut in Höhe des Tuber calcanei mit einer Injektionskanüle die Plantarfasziensinsertion aufgesucht und mit einem Skalpell inzidiert (■ Abb. 2.72). Die Skalpellklinge wird hierbei parallel zur Auftrittsfläche (Faserverlauf der Plantarfaszie) an die Plantarfaszie herangeführt und anschließend um jeweils 90° in beide Richtungen knochenah gedreht. Das Prozedere wird unter maximaler



■ **Abb. 2.71** Der Zugang zur Plantaraponeurose erfolgt am medialen Sohlenübergang zur unbelasteten Haut



■ **Abb. 2.72** Offene Diszision der Plantarfaszie nach Darstellung und Schonung des N. plantaris

Dorsalextension des Fußes durchgeführt. Das Skalpell spaltet die Fasern unter spürbarer Lockerung.

■ Offene Technik

■ ■ Zugang

Hautschnitt von 4 cm Länge an der Innenseite der Ferse am Übergang der Sohlenhaut zur unbelasteten Haut. Die Palpation ermöglicht eine direkte Identifikation des Tuber calcanei. Direkter Zugang auf den medialen Kalkaneusan- teil und die Plantarfaszieninsertion. Mit dem Raspatorium Darstellen des proximalen Plantarfaszienanteils und seiner plantaren und kranialen Ränder. Mit suffizienter Blutsperre können die Nervenäste identifiziert werden.

■ ■ Abtragung

Mit dem Skalpell wird von kranial kommend nach plantar diszidiert. Der Sporn selbst wird mit einem schmalen Osteotom abgeschlagen, Knochenkanten werden mit dem Luer geglättet. Digitales Nachtasten und optional radiologische Kontrolle. Die spongiöse Resektionsfläche kann mit Knochenwachs versiegelt werden. Schichtweiser Wundverschluss und wirksamer Kompressionsverband.

! **Nachblutungen können schmerzhafte Hämatome nach sich ziehen. Eine ärztliche Nachkontrolle am ersten postoperativen Tag ist zu empfehlen.**

2.13.2 Nachbehandlung

Mobilisation ohne Belastung bis zur Nahtentfernung. Anschließend Versorgung mit Maßeinlage mit retrokapitaler Abstützung, Fersenpolster und Hohl- bzw. Weichbettung des Plantarfaszienursprungs.

2.14 Arthrorise

■ Prinzip

Durch Platzieren einer Schraube oder Interposition eines Implantats im Bereich des Sinus tarsi erfolgt eine reversible Aufrichtung des flexiblen kindlichen Knick-Platt-Fußes.

■ Indikation

Die Indikation umfasst den flexiblen sowie den neuroge- nen Plattfuß beim Kind, sofern hypotone Verhältnisse vor- liegen. Für fixierte oder neurogene Plattfüße bei Spastik ist das Verfahren nicht geeignet. Das untere Alterslimit liegt bei 8 Jahren.

■ Kommentar

Genau genommen handelt es sich dabei nicht um eine Arthrorise; der Begriff wurde in Anlehnung an die Ope- ration nach Grice übernommen. Die Stellungskorrektur kann auf 2 Wegen erfolgen. Durch das Einbringen einer Schraube in den Kalkaneus und Stellung des Schrauben- kopfes unter den Talusrand in maximaler Korrekturstellung wird gleichzeitig ein propriozeptiver Effekt für die Musku- latur ausgeübt. Alternativ kann mit dem Einbringen eines Implantats in den Sinus tarsi dieser erweitert und damit eine Stellungskorrektur erzielt werden. Sowohl die Talus-Stopp- Schraube als auch ein Sinus-tarsi-Implantat muss bei Auf- treten von Beschwerden bzw. nach Wachstumsabschluss entfernt werden.

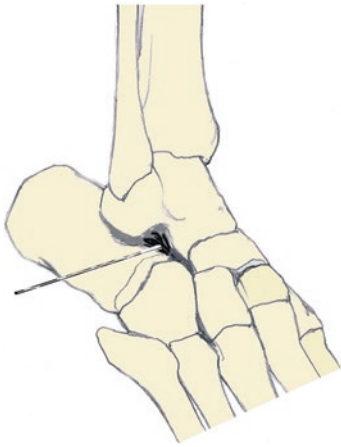
2.14.1 OP-Technik

■ Lagerung

Rückenlage mit Keilpolster im Gesäßbereich. Blutsperre am distalen Unterschenkel. Alternativ kann auch die Seitlage gewählt werden, welche die intraoperative radiologische Kontrolle erleichtert.

■ Zugang

Palpatorisches Aufsuchen des Sinus tarsi und des Proces- sus lateralis tali. Unter Bildwandlerkontrolle Einbringen eines Drahtes in den Sinus tarsi (■ **Abb. 2.73**). Bei maxi- maler Fersen-(Kalkaneus-)Varisierung wird ein etwa 1 cm langer längs verlaufender Hautschnitt gering proximal und etwas dorsal der Bohrdrahteintrittsstelle gesetzt. Stumpfes Präparieren in die Tiefe mit Schere und Raspatorium, bis der zum Processus lateralis tali gegenüberliegende Kalkan- eusaspekt erreicht ist.



■ **Abb. 2.73** Positionierung des Bohrdrachts im Sinus tarsi. Über diesen wird der Sinus tarsi bougiert und dann das Implantat eingebracht. Zu beachten ist, dass der Hautschnitt unter Berücksichtigung der zu erwartenden Rückfußkorrektur gering oberhalb des Sinus tarsi bei varisierter Position der Ferse gesetzt wird

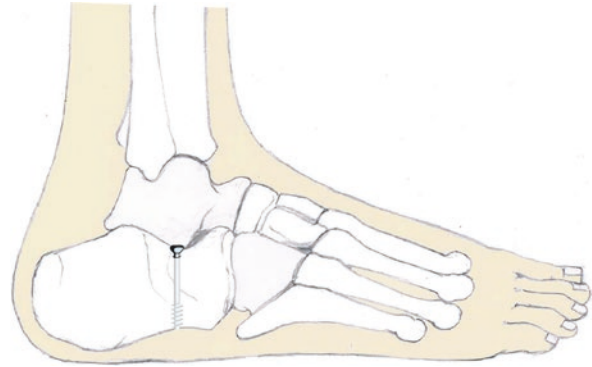
■ Talus-Stopp-Schraube

Nun neuerlich unter maximaler Fersenvarisierung Einbohren eines Kirschner-Drahts exakt in Projektion des Processus lateralis tali in den Kalkaneus. Bildwandlerkontrolle der Drahtlage.

Schraubenposition Nach Entfernung des Kirschner-Drahts wird in dessen Kanal mit dem 3,2-mm-Bohrer vorgebohrt und eine Spongiaschraube mit kurzem Gewinde

Der Kirschner-Draht sollte nicht mit seinem Ende nach lateral weisen, sondern nach plantar bei maximal eingestelltem Fersenvarus. Zur Prüfung der späteren Funktion kann nun der Draht an der geplanten Höhe für den Schraubenkopf mit dem Biegerohr um 90° geknickt und mit 5 mm Überstand abgetrennt werden. Dadurch können die Lage und Wirkung des Schraubenkopfes simuliert werden.

soweit eingedreht, dass bei Beendigung der Manipulationen am Fuß der Schraubenkopf am Unterrand des Processus lateralis tali in Fußneutralstellung reitet (■ **Abb. 2.74**). Eine Überkorrektur ist nicht erwünscht!



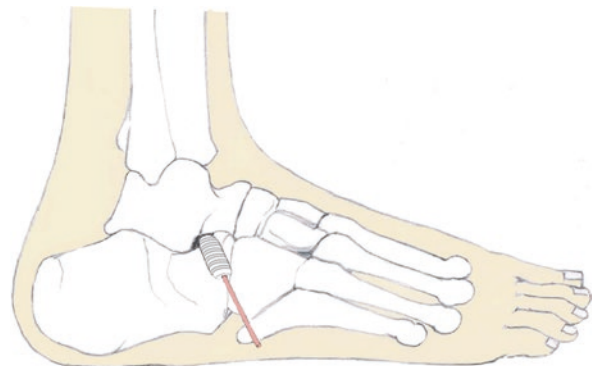
■ **Abb. 2.74** Schraubenpositionierung: Der Kopf wird exakt unter den Processus lateralis tali positioniert

■ Sinus-tarsi-Implantat

Über den im Sinus tarsi eingebrachten Bohrdracht werden schrittweise Spreizhülsen aufgeschoben, bis der Sinus tarsi im Röntgenbild kreisrund imponiert. Entsprechend der erreichten Dimension wird der Spacer nun über den Führungsdraht eingeschoben und eingepresst (■ **Abb. 2.75**). Das eingebrachte Implantat kann noch variabel expandiert werden. Wundverschluss und Kompressionsverband.

2.14.2 Nachbehandlung

Ruhigstellung im Walker-Stiefel für 2–3 Wochen unter Teilbelastung. Funktionelle Gymnastik nach Nahtentfernung ab der 3. Woche.



■ **Abb. 2.75** Über einen Führungsdraht werden das Dehninstrument und dann das Implantat in den Sinus tarsi vorgeschoben. Korrekt reponiert ermöglicht dies eine Erweiterung desselben mit Korrektur des talokalkanearen Winkels

2.15 Resektion der Coalitio calcaneonavicularis

■ Prinzip

Entfernung einer knöchernen Verbindung zwischen Processus anterior des Kalkaneus und Os naviculare. Durch die Resektion werden eine freie Pro- und Supination angestrebt.

■ Indikation

Symptomatische Coalitio im Adoleszenten- und jüngeren Erwachsenenalter.

■ Kommentar

Die knöcherne Verbindung des Kalkaneus mit dem Os naviculare resultiert aus einer fehlenden Segmentierung dieses Skelettabschnitts. Die schräge Knochenbrücke ist oft im Nativröntgenbild nicht klar erkennbar. Bei klinischem Eindruck eines kontrakten Fußes mit Störung der Pro- und Supination und Schmerzen sollte an das Vorliegen einer Coalitio gedacht und evtl. eine Computertomographie zur Diagnosesicherung angefertigt werden (Abb. 2.76), wenn nicht schon das Nativröntgenbild in der schrägen Projektion überzeugt.

2.15.1 OP-Technik

■ Lagerung

Rückenlage mit Keilpolster gluteal zur Exposition des Fußaußenrands. Blutsperrung im Bereich des distalen Unterschenkels.



■ **Abb. 2.76** Nativradiologische Darstellung einer Coalitio calcaneonavicularis bei einer 21-jährigen Patientin mit präoperativ 2 Jahre bestehender Symptomatik

■ Zugang

Der Zugang orientiert sich am subtalaren Gelenk und ist etwas nach distal ventral versetzt. Die Hautinzision beginnt 1 cm kaudal der Spitze des Malleolus fibularis und wird über den Sinus tarsi an die Basis des Os metatarsale IV herangeführt. Subkutane Präparation und Verödung subkutaner Venenäste. Der Ursprung des M. extensor digitorum brevis wird dargestellt und unter Freilegung des Sinus tarsi distal gestielt abgehoben.

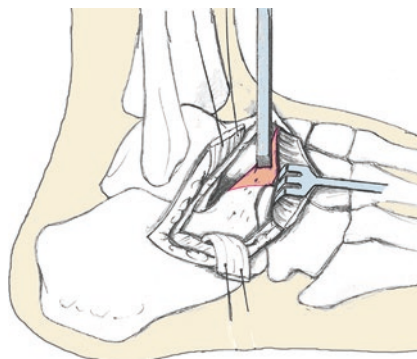
! **Zu beachten sind der dorsoplantar gelegene N. suralis und ventralseits der N. peroneus superficialis.**

■ Resektion

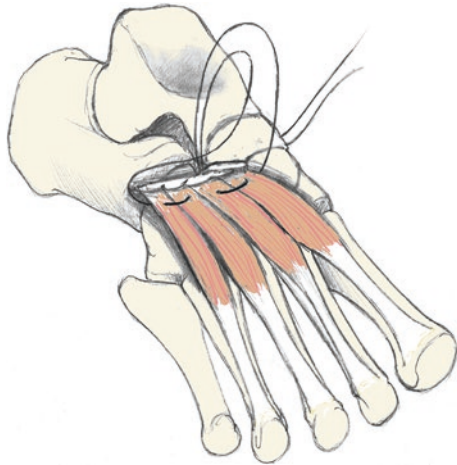
Nach der Abpräparation der kurzen Zehenstrecker sollten der Processus anterior calcanei und die Brücke zum Os naviculare exponiert sein. Mit einem schmalen Meißel (10 mm) wird die Brücke durch Entnahme eines mindestens 10 mm breiten Knochenblocks aufgelöst (Abb. 2.77). Die Ränder werden mit dem Luer geglättet. Prüfung auf Resektionsvollständigkeit mit dem Raspatorium und Testung der freien Pro- und Supination. Verschluss der spongiösen Resektionsstellen mit Knochenwachs.

■ Wundverschluss

Neben der Reinsertion der kurzen Zehenextensoren wird deren Ursprung auch als Interponat für den neu geschaffenen kalkaneonavikularen Spalt verwendet. Dazu wird der mediale Anteil mit einem Faden gefasst, und die beiden Fadenhälften werden mit einer geraden Nadel oder einem Kirschner-Draht mit Loch durch den Spalt nach plantar



■ **Abb. 2.77** Auflösung der Coalitio talocalcaneare durch Knochenresektion mit Schaffung eines kalkaneotalonavikularen Raums



■ **Abb. 2.78** Interposition des Ursprungs der kurzen Zehenextensoren in das neu geschaffene Spatium zur Spalterhaltung der resezierten Coalitio calcaneonavicularis

geführt und über einen Knopf an der Fußsohle verknüpft (■ [Abb. 2.78](#)). Alternativ kann ein Fadenanker direkt lateral am Os naviculare für die Annaht platziert werden (JuggerKnot, Fa. Biomet). Redon-Drainage fakultativ und schichtweiser Wundverschluss.

2.15.2 Nachbehandlung

Ruhigstellung mit Gipsschiene für etwa eine Woche bis zur Abschwellung, dann geführte Mobilisation des unteren Sprunggelenks (Pro-/Supination).

Literatur

Literatur zu ► Abschn. 2.1

- Abdo R, Wasilewski, SA (1992) Ankle arthrodesis: a long-term study. *Foot Ankle Int* 13 (6): 307–312
- Abidi N, Gruen GS, Conti SF (2000) Ankle arthrodesis: indications and techniques. *J Am Acad Orthop Surg* 8: 200–209
- Crevoisier X (2009) Ankle arthritis. In: Bentley G (ed) European instructional course lectures 9: 227–236
- Grass R, Rammelt S, Endres T, Zwipp H (2005) Reorientational arthrodesis of the ankle joint using four screws. *Orthopäde* 34 (12): 1209–15
- Mazur JM, Schwartz E, Simon SR (1979) Ankle arthrodesis. Long-term follow-up with gait analysis. *J Bone Joint Surg* 61-A (7): 964–975
- McGarvey WC, Trevino SG, Baxter DE, Noble PC, Schon LC (1998) Tibiotalocalcaneal arthrodesis: anatomic and technical considerations. *Foot Ankle Int* 19 (6): 363–369
- Moeckel BH, Patterson BM, Inglis AE, Sculco TP (1991) Ankle arthrodesis. A comparison of internal and external fixation. *Clin Orthop Relat Res* 268: 78–83
- Mohamedean A, Said, HG, El-Sharkawi, M, El-Adly, W, Said, GZ (2009) Technique and short-term results of ankle arthrodesis using anterior plating. *Int Orthop* 34 (6): 833–837
- Piriou PC, Mullins P, Cardon M, Pozzi JN, Judet DT (2008) Ankle replacement versus arthrodesis: a comparative gait analysis study. *Foot Ankle Int* 29 (1): 3–9
- Plaass C, Knupp M, Barg A, Hintermann B (2009) Anterior double plating for rigid fixation of isolated tibiotalar arthrodesis. *Foot Ankle Int* 30 (7): 631–639
- Savory KM, Wulker N, Stukenborg C, Alfke D (1998) Biomechanics of the hindfoot joints in response to degenerative hindfoot arthrodeses. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 13 (1): 62–70
- Schuh R, Hofstaetter J, Krismer M, Bevon R, Windhager R, Trnka HJ (2012) Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis. Comparison of sports, recreational activities and functional outcome. *Int Orthop* 36 (6): 1207–1214
- Schuh R, Hofstaetter JG, Hofstaetter SG, Adams SB Jr, Kristen KH, Trnka HJ (2011) Plantar pressure distribution after tibiotalar arthrodesis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 26 (6): 620–625
- Sheridan B, Robinson DE, Hubble MJ, Winson IG (2006) Ankle arthrodesis and its relationship to ipsilateral arthritis of the hind- and mid-foot. *J Bone Joint Surg* 88-B: 206–207
- Smith R, Wood PL (2007) Arthrodesis of the ankle in the presence of a large deformity in the coronal plane. *J Bone Joint Surg* 89-B (5): 615–619
- Thomas R, Daniels TR, Parker K (2006) Gait analysis and functional outcomes following ankle arthrodesis for isolated ankle arthritis. *J Bone Joint Surg* 88-A (3): 526–535
- Thordarson D (2004) Fusion in posttraumatic foot and ankle reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg* 12: 322–333
- Winson IG, Robinson DE, Allen PE (2005) Arthroscopic ankle arthrodesis. *J Bone Joint Surg Br* 87-B: 343–347
- Wu WLS, Cheng FC, Huang YM, Chou PJ, Chou YL (2000) Gait analysis after ankle arthrodesis. *Gait Posture* 11 (1): 54–61
- Zwipp H, Rammelt S, Endres T, Heineck J (2010) High union rates and function scores at midterm follow up with ankle arthrodesis using a four screw technique. *Clin Orthop Relat Res* 468 (4): 958–68
- Barg A, Zwicky L, Knupp M, Henninger HB, Hintermann B (2013) HINTEGRA total ankle replacement: survivorship analysis in 684 patients. *J Bone Joint Surg Am* 95 (13): 1175–83
- Cheng YM, Huang PJ, Hung SH, Chen TB, Lin SY (2000) The surgical treatment for degenerative disease of the ankle. *Int Orthop* 24 (1): 36–39
- Crevoisier X (2009) Ankle arthritis. In: Bentley G (ed) European instructional course lectures, 9: 227–236
- Demetriades L, Strauss E, Gallina J (1998) Osteoarthritis of the ankle. *Clin Orthop* 348: 28–42
- Demottaz J, et al. (1979) Clinical study of total ankle replacement with gait analysis. A preliminary report. *J Bone Joint Surg* 61A: 976–988
- Gougoulias N, Khanna A, Maffuli N (2010) How successful are current ankle replacements? *Clin Orthop Relat Res* 468: 199–208
- Haddad SLC, Estok R, Fahrback K, Banel D, Nalysnyk L (2007) Intermediate and long-term outcomes of total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis. A systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg* 89A (9): 1899–1905
- Hintermann B, Zwicky L, Knupp M, Henninger HB, Barg A (2013) HINTEGRA revision arthroplasty for failed total ankle prostheses. *J Bone Joint Surg Am* 95 (13): 1166–74
- Knecht SI, Estin M, Callaghan JJ, Zimmerman MB, Alliman KJ, Alvine FG, Saltzman CL (2004) The Agility total ankle arthroplasty. Seven to sixteen-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 86-A (6): 1161–1171
- Kofoed H, Lundberg-Jensen A (1999) Ankle arthroplasty in patients younger and older than 50 years: a prospective series with long-term follow-up. *Foot Ankle Int* 48 (20): 501–506
- Kwon D, Chung, CY, Park, MS, Sung, KH, Kim, TW, Lee, KM (2011) Arthroplasty versus arthrodesis for end-stage ankle arthritis: decision analysis using Markov model. *Int Orthop* 35 (11): 1647–1653
- Labek G, Klaus H, Schlichtherle R, Williams A, Agreiter M (2011) Revision rates after total ankle arthroplasty in sample-based clinical studies and national registries. *Foot Ankle Int* 32 (8): 740–745
- Labek G, Stoica CI, Bohler N (2008) Comparison of the information in arthroplasty registers from different countries. *J Bone Joint Surg* 90B (3): 288–291
- Labek G, Todorov S, Iovanescu L, Stoica CI, Bohler N (2013) Outcome after total ankle arthroplasty-results and findings from worldwide arthroplasty registers. *Int Orthop* 37 (9): 1677–1682
- Muir D, McEntee L (2009) A cautionary tale: the New Zealand experience of the scandinavian total ankle replacement. Presented at the 25th Annual Summer Meeting of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society 2009, Vancouver
- Naal FD, Impellizzeri FM, Loibl M, Huber M, Rippstein PF (2009) Habitual physical activity and sports participation after total ankle arthroplasty. *Am J Sports Med* 37 (1): 95–102
- Nishikawa M, Tomita T, Fujii M, Watanabe T, Hashimoto J, Sugamoto K, Ochi T, Yoshikawa H (2004) Total ankle replacement in rheumatoid arthritis. *Int Orthop* 28 (2): 123–126
- Piriou P, Mullins M, Cardon JN, Pozzi D, Judet T (2008) Ankle replacement versus arthrodesis: a comparative gait analysis study. *Foot Ankle Int* 29 (1): 3–9
- Schuh R, Hofstaetter J, Krismer M, Bevon R, Windhager R, Trnka HJ (2012) Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis. Comparison of sports, recreational activities and functional outcome. *Int Orthop* 36 (6): 1207–1214
- Stengel D, Bauwens K, Ekkernkamp A, Cramer J (2005) Efficacy of total ankle replacement with meniscal-bearing devices: a systematic review and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 125 (2): 109–119
- Valderrabano V, Hintermann B, Nigg BM, Stefanyshyn D, Stergiou P (2003) Kinematic changes after fusion and total replacement of the ankle. Part 1: Range of motion. *Foot Ankle Int* 24 (12): 881–887

Literatur zu ► Abschn. 2.2

- Anderson T, Montgomery F, Carlsson A (2003) Uncemented STAR total ankle prostheses. Three to eight-year follow-up of fifty-one consecutive ankles. *J Bone Joint Surg* 85-A (7): 1321–1329

- Valderrabano V, Hintermann B, Nigg BM, Stefanyshyn D, Stergiou P (2003) Kinematic changes after fusion and total replacement of the ankle. Part 2: Movement transfer. *Foot Ankle Int* 24 (12): 888–896
- Valderrabano V, Hintermann B, Nigg BM, Stefanyshyn D, Stergiou P (2003) Kinematic changes after fusion and total replacement of the ankle. Part 3: Talar movement. *Foot Ankle Int* 24 (12): 897–900
- Valderrabano V, Pagenstert G, Horisberger M, Knupp M, Hintermann B (2006) Sports and recreation activity of ankle arthritis patients before and after total ankle replacement. *Am J Sports Med* 34 (6): 993–999
- Wood S (2003) Total ankle replacement. The results in 200 ankles. *J Bone Joint Surg* 85-B (3): 334–341

Literatur zu ► Abschn. 2.3

- Ajis A, Tan KJ, Myerson MS (2013) Ankle arthrodesis vs TTC arthrodesis: patient outcomes, satisfaction, and return to activity. *Foot Ankle Int* 34 (5): 657–665
- Alvarez RG, Barbour TM, Perkins TD (1994) Tibiocalcaneal arthrodesis for nonbraceable neuropathic ankle deformity. *Foot Ankle Int* 15 (7): 354–359
- Chiodo CP, Acevedo JI, Sammarco VJ, Parks BG, Boucher HR, Myerson MS, Schon LC (2003) Intramedullary rod fixation compared with blade-plate-and-screw fixation for tibiototalcalcaneal arthrodesis: a biomechanical investigation. *J Bone Joint Surg* 85-A (12): 2425–2428
- Chou LB, Mann RA, Yaszay B, Graves SC, McPeake WT, 3rd, Dreeben SM, Horton GA, Katcherian DA, Clanton TO, Miller RA, Van Manen JW (2000) Tibiototalcalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int* 21 (10): 804–808
- Cooper PS (2001) Complications of ankle and tibiototalcalcaneal arthrodesis. *Clin Orthop Relat Res* (391): 33–44
- Raikin SM, Myerson MS (2000) A technique for harvesting bone graft for arthrodeses around the ankle. *Foot Ankle Int* 21 (9): 778–779
- Rammelt S, Pyrc J, Agren PH, Hartsock LA, Cronier P, Friscia DA, Hansen ST, Schaser K, Ljungqvist J, Sands AK (2013) Tibiototalcalcaneal fusion using the hindfoot arthrodesis nail: a multicenter study. *Foot Ankle Int* 34 (9): 1245–55

Literatur zu ► Abschn. 2.4

- Barg A, Pagenstert GI, Horisberger M, Paul J, Gloyer M, Henninger HB, Valderrabano V (2013) Supramalleolar osteotomies for degenerative joint disease of the ankle joint: indication, technique and results. *Int Orthop* 37 (9): 1683–95
- Colin F, Gaudot F, Odri G, Judet T (2014) Supramalleolar osteotomy: techniques, indications and outcomes in a series of 83 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 4: 413–418
- Gloyer M, Barg A, Horisberger M, Paul J, Pagenstert G, Valderrabano (2013) Sprunggelenksnahe Osteotomien bei Valgus- und Varusarthrose. *Fuß & Sprunggelenk* 11 (4): 186–195
- Hintermann B, Barg A, Knupp M (2011) Corrective supramalleolar osteotomy for malunited pronation-external rotation fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg Br* 93 (10): 1367–72
- Kim YS, Park EH, Koh YG, Lee JW (2014) Supramalleolar osteotomy with bone marrow stimulation for varus ankle osteoarthritis. Clinical results and second-look arthroscopic evaluation. *Am J Sports Med* 42: 1558–1566
- Knupp M, Pagenstert GI, Valderrabano V, Hintermann B (2009) Osteotomies for the correction of varus ankle. In: Pfeffer GB, Easley ME, Frey C, Hintermann B, Sands AK (eds) *Operative techniques – foot and ankle surgery*. Saunders, p 590–602
- Lee WC, Moon JS, Lee HS, Lee K (2011) Alignment of ankle and hind-foot in early stage ankle osteoarthritis. *Foot Ankle Int* 32 (7): 693–9

- Pagenstert GI, Knupp M, Valderrabano V, Hintermann B (2009) Realignment surgery for valgus ankle osteoarthritis. In: Pfeffer GB, Easley ME, Frey C, Hintermann B, Sands AK (eds) *Operative techniques – foot and ankle surgery*. Saunders, p 408–429
- Walther M, Dorfer B, Ishak B, Dreyer F, Mayer B, Röser A (2011) Reconstruction of extended defects of the Achilles tendon using a flexor hallucis longus tendon transfer. *Oper Orthop Traumatol* [Epub ahead of print]

Literatur zu ► Abschn. 2.5

- Barg A, Pagenstert G, Leumann A, Valderrabano V (2013) Knöchelosteotomie. Die Osteotomie als Zugang. *Orthopäde* 42 (5): 309–21
- Walther M, Altenberger S, Kriegelstein S, Volkerling C, Röser A (2014) Reconstruction of focal cartilage defects in the talus with miniarthrotomy and collagen matrix. *Oper Orthop Traumatol* 26 (6): 603–10
- Granata JD, DeCarbo WT, Hyer CF, Granata AM, Berlet GC (2013) Exposure of the medial talar dome: bi-plane chevron medial malleolus osteotomy. *Foot Ankle Spec* 6 (1): 12–4
- Preiss A, Heitmann M, Frosch KH (2012) Operative treatment of osteochondritis dissecans of the talus: medial malleolus osteotomy with curettage, cancellous bone graft, and refixation. *Unfallchirurg* 115 (12): 1111–5
- Siegel SJ, Mount AC (2012) Step-cut medial malleolar osteotomy: literature review and case reports. *J Foot Ankle Surg* 51 (2): 226–33
- van Bergen CJ, Tuijthof GJ, Sierevelt IN, van Dijk CN (2011) Direction of the oblique medial malleolar osteotomy for exposure of the talus. *Arch Orthop Trauma Surg* 131 (7): 893–901

Literatur zu ► Abschn. 2.6

- Becher C, Zühlke D, Plaas C, Ewig M, Calliess T, Stukenborg-Colsman C, Thermann H (2014) T2-mapping at 3 T after microfracture in the treatment of osteochondral defects of the talus at an average follow-up of 8 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Epub ahead of print]
- Domayer SE, Apprich S, Stelzeneder D, Hirschfeld C, Sokolowski M, Kronnerwetter C, Chiari C, Windhager R, Trattnig S (2012) Cartilage repair of the ankle: first results of T2 mapping at 7.0 T after microfracture and matrix associated autologous cartilage transplantation. *Osteoarthritis Cartilage* 20 (8): 829–36
- Easley ME, Scranton PE Jr (2003) Osteochondral autologous transfer system. *Foot Ankle Clin* 8 (2): 275–90
- Elias I, Zoga AC, Morrison WB, Besser MP, Schweitzer ME, Raikin SM (2007) Osteochondral lesions of the talus: localization and morphologic data from 424 patients using a novel anatomical grid scheme. *Foot Ankle Int* 28(2): 154–61
- Giannini S, Vannini F (2004) Operative treatment of osteochondral lesions of the talar dome: current concepts review. *Foot Ankle Int* 25 (3): 168–75
- Myerson MS, Neufeld SK, Uribe J (2005) Fresh-frozen structural allografts in the foot and ankle. *J Bone Joint Surg Am* 87 (1): 113–20
- Scranton PE Jr, Frey CC, Feder KS (2006) Outcome of osteochondral autograft transplantation for type-V cystic osteochondral lesions of the talus. *J Bone Joint Surg Br* 88 (5): 614–9
- van Dijk CN, Reilingh ML, Zengerink M, van Bergen CJ (2010) The natural history of osteochondral lesions in the ankle. *Instr Course Lect* 59: 375–86
- van Dijk CN, Reilingh ML, Zengerink M, van Bergen CJ (2010) Osteochondral defects in the ankle: why painful? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18 (5): 570–80
- Walther M, Becher Ch, Volkerling Ch, Röser A, Süzer F, Thermann H (2012) Therapie chondraler und osteochondraler Defekte am

Talus durch Autologe Matrix induzierte Chondrogenese. Fuß und Sprungg 10 (2): 121–29

Wiewiorski M, Barg A, Valderrabano V (2013) Autologous matrix-induced chondrogenesis in osteochondral lesions of the talus. *Foot Ankle Clin N Am* 18: 151–158

Whittaker JP, Smith G, Makwana N, Roberts S, Harrison PE, Laing P, Richardson JB (2005) Early results of autologous chondrocyte implantation in the talus. *J Bone Joint Surg Br* 87 (2): 179–83

Zengerink M, Struijs PA, Tol JL, van Dijk CN (2010) Treatment of osteochondral lesions of the talus: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18 (2): 238–46

Zheng MH, Willers C, Kirilak L, Yates P, Xu J, Wood D, Shimmin A (2007) Matrix-induced autologous chondrocyte implantation (MACI): biological and histological assessment. *Tissue Eng* 13 (4): 737–46

Literatur zu ► Abschn. 2.7

Angus PD, Cowell HR. Triple arthrodesis. A critical long-term review. *J Bone Joint Surg Br* 1986; 68 (2): 260–265

Buckley R, Tough S, McCormack R, Pate G, Leighton R, Petrie D, Galpin R. Operative compared with nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures: a prospective, randomized, controlled multicenter trial. *J Bone Joint Surg* 2002; 84-A (10): 1733–1744

Diezi C, Favre P, Vienne P (2008) Primary isolated subtalar arthrodesis: outcome after 2 to 5 years followup. *Foot Ankle Int* 29 (12): 1195–1202

Easley ME, Trnka HJ, Schon LC, Myerson MS (2000) Isolated subtalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 82 (5): 613–24

Figgie MP, O'Malley MJ, Ranawat C, Inglis AE, Sculco TP (1993) Triple arthrodesis in rheumatoid arthritis. *Clin Orthop Relat Res* 292: 250–254

Johnson KA, Strom DE (1989) Tibialis posterior tendon dysfunction. *Clin Orthop Relat Res* 239: 196–206

Radnay CS, Clare MP, Sanders RW (2009) Subtalar fusion after displaced intra-articular calcaneal fractures: does initial operative treatment matter? *J Bone Joint Surg* 91A (3): 541–546

Raikin SM, Myerson MS (2000) A technique for harvesting bone graft for arthrodeses around the ankle. *Foot Ankle Int* 21 (9): 778–779

Rammelt S, Grass R, Zawadzki T, Biewener A, Zwipp H (2004) Foot function after subtalar distraction bone-block arthrodesis. A prospective study. *J Bone Joint Surg Br* 86 (5): 659–68

Suckel A, Muller O, Langenstein P, Herberts T, Reize P, Wulker N (2008) Chopart's joint load during gait. In vitro study of 10 cadaver specimens in a dynamic model. *Gait Posture* 27 (2): 216–222

Thelen S, Rutt J, Wild M, Logters T, Windolf J, Koebke J (2010) The influence of talonavicular versus double arthrodesis on load dependent motion of the midtarsal joint. *Arch Orthop Trauma Surg* 130 (1): 47–53

Trnka HJ, Easley ME, Lam PW, Anderson CD, Schon LC, Myerson MS (2001) Subtalar distraction bone block arthrodesis. *J Bone Joint Surg Br* 83 (6): 849–54

Zwipp H, Rammelt S (2006) Subtalar arthrodesis with calcaneal osteotomy. *Orthopäde* 35 (4): 387–98

Literatur zu ► Abschn. 2.8

Astion DJ, Deland JT, Otis JC, Kenneally S (1997) Motion of the hindfoot after simulated arthrodesis. *J Bone Joint Surg* 79A (2): 241–246

Chen CH, Huang PJ, Chen TB, Cheng YM, Lin SY, Chiang HC, Chen LC (2001) Isolated talonavicular arthrodesis for talonavicular arthritis. *Foot Ankle Int* 22 (8): 633–636

Chiodo CP, Martin T, Wilson MG (2000) A technique for isolated arthrodesis for inflammatory arthritis of the talonavicular joint. *Foot Ankle Int* 21 (4): 307–310

Elbar JE, Thomas WH, Weinfeld MS, Potter TA (1976) Talonavicular arthrodesis for rheumatoid arthritis of the hindfoot. *Orthopedic Clin North Am* 7 (4): 821–826

Fortin PT (2001) Posterior tibial tendon insufficiency. Isolated fusion of the talonavicular joint. *Foot Ankle Clin* 6 (1): 137–151

Gould N (1985) Technique tips: footings. *Foot Ankle Int* 5 (5): 264–266

Harper MC (1999) Talonavicular arthrodesis for the acquired flatfoot in the adult. *Clin Orthop Relat Res* 365: 65–68

Rammelt S, Marti RK, Zwipp H (2006) Arthrodesis of the talonavicular joint. *Orthopäde* 35 (4): 428–434

Suckel A, Muller O, Langenstein P, Herberts T, Reize P, Wulker N (2008) Chopart's joint load during gait. In vitro study of 10 cadaver specimens in a dynamic model. *Gait & Posture* 27 (2): 216–222

Literatur zu ► Abschn. 2.9

Astion DJ, Deland JT, Otis JC, Kenneally S (1997) Motion of the hindfoot after simulated arthrodesis. *J Bone Joint Surg* 79A (2): 241–246

Beischer AD, Brodsky JW, Pollo FE, Peereboom J (1999) Functional outcome and gait analysis after triple or double arthrodesis. *Foot Ankle Int* 20 (9): 545–553

Bluman EM, Title CI, Myerson MS (2007) Posterior tibial tendon rupture: a refined classification system. *Foot Ankle Clin* 12 (2): 233–249

Czurda T, Seidl A, Seiser A, Schuh R, Trnka HJ, Ritschl P (2009) Triple arthrodesis in the treatment of hindfoot deformities. Clinical, radiological and pedobarographic results. *Z Orthop Unfall* 147 (3): 356–361

Daglar B, Deveci A, Delialioglu OM, Kanatli U, Tasbas BA, Bayrakci K, Yetkin H, Gunel U (2008) Results of triple arthrodesis: effect of primary etiology. *J Orthop Sci* 13: 341–347

Knupp M, Stufkens SA, Hintermann B (2011) Triple arthrodesis. *Foot Ankle Clin* 16 (1): 61–67

Thomas RL, Wells BC, Garrison RL, Prada SA (2001) Preliminary results comparing two methods of lateral column lengthening. *Foot Ankle Int* 22 (2): 107–119

Literatur zu ► Abschn. 2.10

Literatur zu ► Abschn. 2.10.1

Angus PD, Cowell HR (1986) Triple arthrodesis. A critical long-term review. *JBJS Br* 68 (2): 260–265

Astion DJ, Deland JT, Otis JC, Kenneally S (1997) Motion of the hindfoot after simulated arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 79 (2): 241–246

Beischer AD, Brodsky JW, Pollo FE, Peereboom J (1999) Functional outcome and gait analysis after triple or double arthrodesis. *Foot Ankle Int* 20 (9): 545–553

Bluman EM, Title CI, Myerson MS (2007) Posterior tibial tendon rupture: a refined classification system. *Foot Ankle Clin* 12 (2): 233–249

Czurda T, Seidl A, Seiser A, Schuh R, Trnka HJ, Ritschl P (2009) Triple arthrodesis in the treatment of hindfoot deformities. Clinical, radiological and pedobarographic results. *Z Orthop Unfall* 147 (3): 356–361

Daglar B, Deveci A, Delialioglu OM, Kanatli U, Tasbas BA, Bayrakci K, Yetkin H, Gunel U (2008) Results of triple arthrodesis: effect of primary etiology. *J Orthop Sci* 13: 341–347

Figgie MP, O'Malley MJ, Ranawat C, Inglis AE, Sculco TP (1993) Triple arthrodesis in rheumatoid arthritis. *Clin Orthop Relat Res* 292: 250–254

Graves SC, Mann RA, Graves KO (1993) Triple arthrodesis in older adults. Results after long-term follow-up. *J Bone Joint Surg* 75 A (3): 355–362

- Knupp M, Skoog A, Tornkvist H, Ponzer S (2008) Triple arthrodesis in rheumatoid arthritis. *Foot Ankle Int* 29 (3): 293–297
- Knupp M, Stufkens SA, Hintermann B (2011) Triple arthrodesis. *Foot Ankle Clin* 16 (1): 61–67
- Pell RFT, Myerson MS, Schon LC (2000) Clinical outcome after primary triple arthrodesis. *J Bone Joint Surg* 82A (1): 47–57
- Rammelt S, Zwipp H (2013) Corrective arthrodeses and osteotomies for post-traumatic hindfoot malalignment: indications, techniques, results. *Int Orthop* 37 (9): 1707–17
- Saltzman CL, Fehrle MJ, Cooper RR, Spencer EC, Ponseti IV (1999) Triple arthrodesis: twenty-five and forty-four-year average follow-up of the same patients. *J Bone Joint Surg* 81A (10): 1391–1402
- Suckel A, Muller O, Herberts T, Langenstein P, Reize P, Wulker N (2007) Talonavicular arthrodesis or triple arthrodesis: peak pressure in the adjacent joints measured in 8 cadaver specimens. *Acta orthopaedica* 78 (5): 592–597
- Literatur zu ▶ Abschn. 2.10.2**
- Beischer AD, Brodsky JW, Pollo FE, Peereboom J (1999) Functional outcome and gait analysis after triple or double arthrodesis. *Foot Ankle Int* 20 (9): 545–553
- Jeng CL, Tankson CJ, Myerson MS (2006) The single medial approach to triple arthrodesis: a cadaver study. *Foot Ankle Int* 27 (12): 1122–1125
- Jeng CL, Vora AM, Myerson MS (2005) The medial approach to triple arthrodesis. Indications and technique for management of rigid valgus deformities in high-risk patients. *Foot Ankle Clin* 10 (3): 515–521
- Kiesau CD, LaRose CR, Glisson RR, Easley ME, DeOrio JK (2011) Talonavicular joint fixation using augmenting naviculocalcaneal screw in modified double hindfoot arthrodesis. *Foot Ankle Int* 32: 244–249
- Knupp M, Schuh R, Stufkens SA, Bolliger L, Hintermann B (2009) Subtalar and talonavicular arthrodesis through a single medial approach for the correction of severe planovalgus deformity. *J Bone Joint Surg* 91B (5): 612–615
- Philippot R, Wegrzyn J, Besse JL (2010) Arthrodesis of the subtalar and talonavicular joints through a medial surgical approach: a series of 15 cases. *Arch Orthop Trauma Surg* 130 (5): 599–603
- Savory KM, Wulker N, Stukenborg C, Alfke D (1998) Biomechanics of the hindfoot joints in response to degenerative hindfoot arthrodeses. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 13 (1): 62–70
- Schuh R, Salzberger F, Wanivenhaus AH, Funovics PT, Windhager R, Trnka HJ (2013) Kinematic changes in patients with double arthrodesis of the hindfoot for realignment of planovalgus deformity. *J Orthop Res* 31 (4): 517–524
- Suckel A, Muller O, Herberts T, Langenstein P, Reize P, Wulker N (2007) Talonavicular arthrodesis or triple arthrodesis: peak pressure in the adjacent joints measured in 8 cadaver specimens. *Acta Orthop* 78 (5): 592–597
- Thelen S, Rutt J, Wild M, Logters T, Windolf J, Koebke J (2010) The influence of talonavicular versus double arthrodesis on load dependent motion of the midtarsal joint. *Arch Orthop Trauma Surg* 130 (1): 47–53
- Literatur zu ▶ Abschn. 2.10.3**
- Bentzon PK, Agerholm-Christensen J (1949) Lambrinudi's operation for drop-foot. *Acta Orthop Scand* 19 (1): 112–116
- Benji P (1960) A modified Lambrinudi operation for drop foot. *JBJS* 42-B: 333–335
- Bernau A (1977) Long-term results following Lambrinudi arthrodesis. *JBJS* 59A (4): 473–479
- Dekelver L, Fabry G, Mulier JC (1980) Triple arthrodesis and Lambrinudi arthrodesis. Literature review and follow-up study. *Arch Orthop Trauma Surg* 96 (1): 23–30
- Elsner A, Barg A, Stufkens S, Hintermann B (2010) Lambrinudi arthrodesis with posterior tibialis transfer in adult drop-foot. *Foot Ankle Int* 31 (1): 30–37
- Elsner A, Barg A, Stufkens S, Knupp M, Hintermann B (2011) Modified Lambrinudi arthrodesis with additional posterior tibial tendon transfer in adult drop foot. *Oper Orthop Traumatol* 23 (2): 121–130
- Mackenzie IG (1959) Lambrinudi's arthrodesis. *J Bone Joint Surg* 41-B: 738–748
- Meary MR (1951) Lambrinudi's operation in the treatment of paralytic talipes equinus. *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur* 37 (1): 66–83
- Schwetlick G, Syre F (2006) Severe foot deformities in adolescents and adults – techniques after Imhauser, Lelievre und Lambrinudi. *Orthopäde* 35 (4): 422–427
- Tang SC, Leong JC, Hsu LC (1984) Lambrinudi triple arthrodesis for correction of severe rigid drop-foot. *J Bone Joint Surg* 66B (1): 66–70
- Wenz W, Bruckner T, Akbar M (2008) Complete tendon transfer and inverse Lambrinudi arthrodesis: preliminary results of a new technique for the treatment of paralytic pes calcaneus. *Foot Ankle Int* 29 (7): 683–689
- Literatur zu ▶ Abschn. 2.11**
- Literatur zu ▶ Abschn. 2.11.1**
- Brim SP, Hecker R (1994) The Evans calcaneal osteotomy: postoperative care and an evaluation on the metatarsus adductus angle. *J Foot Ankle Surg* 33 (1): 2–5
- Bussewitz BW, DeVries JG, Hyer CF (2013) Evans osteotomy and risk to subtalar joint articular facets and sustentaculum tali: a cadaver study. *J Foot Ankle Surg* (5): 594–597
- Dayton P, Prins DB, Smith DE, Feilmeier MJ (2013) Effectiveness of a locking plate in preserving midcalcaneal length and positional outcome after Evans calcaneal osteotomy: a retrospective pilot study. *J Foot Ankle Surg* 52 (6): 710–3
- Raines RA Jr, Brage ME (1998) Evans osteotomy in the adult foot: an anatomic study of structures at risk. *Foot Ankle Int* 19 (11): 743–747
- Saxena A (2000) Evans calcaneal osteotomy. *J Foot Ankle Surg* 39 (2): 136–137
- Shibuya N, Agarwal MR (2010) Evans calcaneal osteotomy using an anterior lumbar distractor-inserter. *J Foot Ankle Surg* 49 (4): 401–403
- Tien TR, Parks BG, Guyton GP (2005) Plantar pressures in the forefoot after lateral column lengthening: a cadaver study comparing the Evans osteotomy and calcaneocuboid fusion. *Foot Ankle Int* 26 (7): 520–525
- Trnka HJ, Easley ME, Myerson MS (1999) The role of calcaneal osteotomies for correction of adult flatfoot. *Clin Orthop Relat Res* (365): 50–64
- Zwipp H, Rammelt S (2006) Modified Evans osteotomy for the operative treatment of acquired pes planovalgus. *Operative Orthopädie und Traumatologie* 18 (2): 182–197
- Zwipp H, Rammelt S (2006) Subtalar arthrodesis with calcaneal osteotomy. *Orthopäde* 35 (4): 387–398, 400–384
- Literatur zu ▶ Abschn. 2.11.2**
- Arangio GA, Chopra V, Voloshin A, Salathe EP (2007) A biomechanical analysis of the effect of lateral column lengthening calcaneal osteotomy on the flat foot. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 22 (4): 472–477

- Barenfeld PA, Weseley MS, Munters M (1967) Dwyer calcaneal osteotomy. *Clin Orthop Relat Res* 53: 147–153
- Boffeli TJ, Peterson MC (2012) The Keck and Kelly wedge calcaneal osteotomy for Haglund's deformity: a technique for reproducible results. *J Foot Ankle Surg* 51(3): 398–401
- Boffeli TJ, Collier RC (2012) Surgical technique for combined Dwyer calcaneal osteotomy and peroneal tendon repair for correction of peroneal tendon pathology associated with cavus foot deformity. *J Foot Ankle Surg* 51(1): 135–140
- Didomenico LA, Anain J, Wargo-Dorsey M (2011) Assessment of medial and lateral neurovascular structures after percutaneous posterior calcaneal displacement osteotomy: a cadaver study. *J Foot Ankle Surg* 50(6): 668–671
- Green AH, Hass MI, Tubridy SP, Goldberg MM, Perry JB (1991) Calcaneal osteotomy for retrocalcaneal exostosis. *Clin Podiatr Med Surg* 8: 659–665
- Greene DL, Thompson MC, Gesink DS, Graves SC (2001) Anatomic study of the medial neurovascular structures in relation to calcaneal osteotomy. *Foot Ankle Int* 22(7): 569–571
- Kim JR, Shin SJ, Wang SI, Kang SM (2013) Comparison of lateral opening wedge calcaneal osteotomy and medial calcaneal sliding-opening wedge cuboid-closing wedge cuneiform osteotomy for correction of planovalgus foot deformity in children. *J Foot Ankle Surg* 52(2): 162–166
- Konan S, Meswania J, Blunn GW, Madhav RT, Oddy MJ (2012) Mechanical stability of a locked step-plate versus single compression screw fixation for medial displacement calcaneal osteotomy. *Foot Ankle Int* 33(8): 669–674
- Kumar PN, Laing PW, Klenerman L (1993) Medial calcaneal osteotomy for relapsed equinovarus deformity. Long-term study of the results of Frederick Dwyer. *J Bone Joint Surg* 75-B(6): 967–971
- Lamm BM, Gesheff MG, Salton HL, Dupuis TW, Zeni F (2012) Preoperative planning and intraoperative technique for accurate realignment of the Dwyer calcaneal osteotomy. *J Foot Ankle Surg* 51(6): 743–748
- Maynou C, Mestdagh H, Dubois HH, Petroff E, Elise S (1998) Is calcaneal osteotomy justified in Haglund's disease? *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 84: 734–738
- Miller AE, Vogel TA (1989) Haglund's deformity and the Keck and Kelly osteotomy: a retrospective analysis. *J Foot Surg* 28: 23–29
- Niki H, Hirano T, Okada H, Beppu M (2012) Outcome of medial displacement calcaneal osteotomy for correction of adult-acquired flatfoot. *Foot Ankle Int* 33(11): 940–946
- Pauker M, Katz K, Yosipovitch Z (1992) Calcaneal osteotomy for Haglund disease. *J Foot Surg* 31(6): 588–9
- Perlman MD (1992) Enlargement of the entire posterior aspect of the calcaneus: treatment with the Keck and Kelly calcaneal osteotomy. *J Foot Surg* 31: 424–433
- Rammelt S, Zwipp H (2013) Corrective arthrodeses and osteotomies for post-traumatic hindfoot malalignment: indications, techniques, results. *Int Orthop* 37(9): 1707–17
- Rodriguez RP (2001) Medial displacement calcaneal tuberosity osteotomy in the treatment of posterior tibial insufficiency. *Foot Ankle Clin* 6(3): 545–567, viii
- Schuh R, Gruber F, Wanivenhaus A, Hartig N, Windhager R, Trnka HJ (2013) Flexor digitorum longus transfer and medial displacement calcaneal osteotomy for the treatment of stage II posterior tibial tendon dysfunction: kinematic and functional results of fifty one feet. *Intern Orthop* 37(9): 1815–1820
- Trnka HJ, Easley ME, Myerson MS (1999) The role of calcaneal osteotomies for correction of adult flatfoot. *Clin Orthop Relat Res* (365): 50–64
- Weinfeld SB (2001) Medial slide calcaneal osteotomy. Technique, patient selection, and results. *Foot Ankle Clin* 6(1): 89–94
- Weseley MS, Barenfeld PA (1970) Mechanism of the Dwyer calcaneal osteotomy. *Clin Orthop Relat Res* 70: 137–140

Literatur zu ▶ Abschn. 2.12

- Chen CH, Huang PJ, Chen TB, Cheng YM, Lin SY, Chiang HC, Huang CY, Huang CK (2001) Surgical treatment for Haglund's deformity. *Kaohsiung J Med Sci* 17: 419–422
- Grossman AB (1997) Grand rounds: Haglund's deformity and retrocalcaneal intra-tendinous spurring. *J Foot Ankle Surg* 36: 70
- Jarde O, Quenot P, Trinquier-Lautard JL, Tran-Van F, Vives P (1997) Haglund disease treated by simple resection of calcaneus tuberosity. An angular and therapeutic study. Apropos of 74 cases with 2 years follow-up. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 83: 566–573
- Jerosch J, Schunck J, Sokkar SH (2007) Endoscopic calcaneoplasty (ECP) as a surgical treatment of Haglund's syndrome. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 15: 927–934
- Beitzel K, Mazzocca AD, Obopilwe E, Boyle JW, McWilliam J, Rincon L, Dhar Y, Arciero RA, Amendola A (2013) Biomechanical properties of double- and single-row suture anchor repair for surgical treatment of insertional Achilles tendinopathy. *Am J Sports Med* 41: 1642–1648
- Fanter NJ, Davis EW, Baker CL Jr (2012) Fixation of the Achilles tendon insertion using suture button technology. *Am J Sports Med* 40: 2085–2091
- Irwin TA (2010) Current concepts review: insertional Achilles tendinopathy. *Foot Ankle Int* 31: 933–939
- Kang S, Thordarson DB, Charlton TP (2012) Insertional Achilles tendinitis and Haglund's deformity. *Foot Ankle Int* 33(6): 487–91
- Leitze Z, Sella EJ, Aversa JM (2003) Endoscopic decompression of the retrocalcaneal space. *J Bone Joint Surg Am* 85-A(8): 1488–96
- Lohrer H, Nauck T, Dorn NV, Konerding MA (2006) Comparison of endoscopic and open resection for Haglund tuberosity in a cadaver study. *Foot Ankle Int* 27(6): 445–50
- Lyman J, Weinhold PS, Almekinders LC (2004) Strain behavior of the distal Achilles tendon: implications for insertional Achilles tendinopathy. *Am J Sports Med* 32: 457–461
- Maffulli N, Testa V, Capasso G, Sullo A (2004) Calcific insertional Achilles tendinopathy: reattachment with bone anchors. *Am J Sports Med* 32: 174–182
- Nesse E, Finsen V (1994) Poor results after resection for Haglund's heel. Analysis of 35 heels in 23 patients after 3 years. *Acta Orthop Scand* 65: 107–109
- Pilson H, Brown P, Stitzel J, Scott A (2012) Single-row versus double-row repair of the distal Achilles tendon: a biomechanical comparison. *J Foot Ankle Surg* 51: 762–766
- Rigby RB, Cottom JM, Vora A (2013) Early weightbearing using Achilles suture bridge technique for insertional Achilles tendinosis: a review of 43 patients. *J Foot Ankle Surg* 52(5): 575–9
- Rutherford RL (1958) Surgical correction of retrocalcaneal bursitis (Haglund's disease). *J Am Podiatry Assoc* 48: 538–539
- Sammarco GJ, Taylor AL (1998) Operative management of Haglund's deformity in the nonathlete: a retrospective study. *Foot Ankle Int* 19: 724–729
- Sella EJ, Caminear DS, McLarney EA (1998) Haglund's syndrome. *J Foot Ankle Surg* 37: 110–114, discussion 173
- Smith LS, Tillio TH (1988) Haglund's deformity in long distance runners. Nine surgical cases. *J Am Podiatr Med Assoc* 78: 419–422
- Stephens MM (1994) Haglund's deformity and retrocalcaneal bursitis. *Orthop Clin North Am* 25: 41–46

- Thomas JL, Christensen JC, Kravitz SR, Mendicino RW, Schuberth JM, Vanore JV, Weil LS Sr, Zlotoff HJ, Bouché R, Baker J (2010) The diagnosis and treatment of heel pain: a clinical practice guideline – revision 2010. *J Foot Ankle Surg* 49: 1–19
- van Dijk CN, van Sterkenburg MN, Wiegerinck JI, Karlsson J, Maffulli N (2011) Terminology for Achilles tendon related disorders. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19: 835–841
- Watson AD, Anderson RB, Davis WH (2000) Comparison of results of retrocalcaneal decompression for retrocalcaneal bursitis and insertional Achilles tendinosis with calcific spur. *Foot Ankle Int* 21: 638–642
- Wiegerinck JI, Kerkhoffs GM, van Sterkenburg MN, Sierevelt IN, van Dijk CN (2013) Treatment for insertional Achilles tendinopathy: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21: 1345–1355
- Wiegerinck JI, Kok AC, van Dijk CN (2012) Surgical treatment of chronic retrocalcaneal bursitis. *Arthroscopy* 28 (2): 283–93

Literatur zu ▶ Abschn. 2.13

- Fallat LM, Cox JT, Chahal R, Morrison P, Kish J (2013) A retrospective comparison of percutaneous plantar fasciotomy and open plantar fasciotomy with heel spur resection. *J Foot Ankle Surg* 52 (3): 288–90
- Kinley S, Frascione S, Calderone D, Wertheimer SJ, Squire MA, Wiseman FA (1993) Endoscopic plantar fasciotomy versus traditional heel spur surgery: a prospective study. *J Foot Ankle Surg* 32: 595–603
- Lane GD, London B (2004) Heel spur syndrome: a retrospective report on the percutaneous plantar transverse incisional approach. *J Foot Ankle Surg* 43: 389–394
- Lee HS, Choi YR, Kim SW, Lee JY, Seo JH, Jeong JJ (2013) Risk factors affecting chronic rupture of the plantar fascia. *Foot Ankle Int* [Epub ahead of print]
- Mook WR, Gay T, Parekh SG (2013) Extensile decompression of the proximal and distal tarsal tunnel combined with partial plantar fascia release in the treatment of chronic plantar heel pain. *Foot Ankle Spec* 6 (1): 27–35
- Morton TN, Zimmerman JP, Lee M, Schaber JD (2013) A review of 105 consecutive uniport endoscopic plantar fascial release procedures for the treatment of chronic plantar fasciitis. *J Foot Ankle Surg* 52 (1): 48–52
- Thomas JL, Christensen JC, Kravitz SR, Mendicino RW, Schuberth JM, Vanore JV, Weil LS Sr, Zlotoff HJ, Bouché R, Baker J (2010) The diagnosis and treatment of heel pain: a clinical practice guideline – revision 2010. *J Foot Ankle Surg* 49: 1–19
- Tomczak RL, Haverstock BD (1995) A retrospective comparison of endoscopic plantar fasciotomy to open plantar fasciotomy with heel spur resection for chronic plantar fasciitis/heel spur syndrome. *J Foot Ankle Surg* 34: 305–311
- Tountas AA, Fornasier VL (1996) Operative treatment of subcalcaneal pain. *Clin Orthop Relat Res* 332: 170–178
- Vohra PK, Giorgini RJ, Sobel E, Japour CJ, Villalba MA, Rostkowski T (1999) Long-term follow-up of heel spur surgery. A 10-year retrospective study. *J Am Podiatr Med Assoc* 89: 81–88
- Yamakado K (2013) Subcalcaneal bursitis with plantar fasciitis treated by arthroscopy. *Arthrosc Tech* 2 (2): e135–9

Literatur zu ▶ Abschn. 2.14

- Black PR, Betts RP, Duckworth T, Smith TW (2000) The Viladot implant in flatfooted children. *Foot Ankle Int* 21 (6): 478–81
- De Pellegrin M (2005) Die subtalare Schrauben-Arthrorise beim kindlichen Plattfuß. *Orthopäde* 34: 941–954

- Evans AM, Rome K (2011) A Cochrane review of the evidence for non-surgical interventions for flexible pediatric flat feet. *Eur J Phys Rehabil Med* 47: 69–89
- Hamel J (2010) Die Calcaneostop-Arthrorise – eine retrospektive klinische Studie mit Komplikations-Analyse. *Fuß & Sprunggelenk* 8: 35–41
- Koning PM, Heesterbeek PJ, de Visser E (2009) Subtalar arthroereisis for pediatric flexible pes planovalgus: fifteen years experience with the cone-shaped implant. *J Am Podiatr Med Assoc* 99 (5): 447–53
- Pavone V, Costarella L, Testa G, Conte G, Riccioli M, Sessa G (2013) Calcaneo-stop procedure in the treatment of the juvenile symptomatic flatfoot. *J Foot Ankle Surg* 52 (4): 444–7
- Roth S, Sestan B, Tudor A, Ostojic Z, Sasso A, Durbesic A (2007) Minimally invasive calcaneo-stop method for idiopathic, flexible pes planovalgus in children. *Foot Ankle Int* 28 (9): 991–5
- Scher DM, Bansal M, Handler-Matasar S, Bohné WH, Green DW (2007) Extensive implant reaction in failed subtalar joint arthroereisis: report of two cases. *HSS J* 3 (2): 177–81
- Schröder S, Ihme N, Kochs A, Niedhart C (2006) Subtalare Arthrorise mittels Kalix-Schraube beim Knick-Senkfuß. *Fuß & Sprunggelenk* 4 (4): 214–220
- Scialpi L, Mori C, Mori F, Sperti M, Solarino G (2008) Arthroereisis with Giannini's endo-orthotic implant and Pisani's talocalcaneal arthroereisis. A comparison of surgical methods. *Chir Organi Mov* 92 (1): 61–5
- Uselli FG, Montrasio UA (2012) The calcaneo-stop procedure. *Foot Ankle Clin* 17 (2): 183–94

Literatur zu ▶ Abschn. 2.15

- Brennan SA, Kiernan C, Maleki F, Bergin D, Kearns SR (2012) Talonavicular synostosis with lateral ankle instability. A case report and review of the literature. *Foot Ankle Surg* 18 (3): 34–6
- Guignand D, Journeau P, Mainard-Simard L, Popkov D, Haumont T, Lascombes P (2011) Child calcaneonavicular coalitions: MRI diagnostic value in a 19-case series. *Orthop Traumatol Surg Res* 97 (1): 67–72
- Hamel J (2009) Resection of talocalcaneal coalition in children and adolescents without and with osteotomy of the calcaneus. *Oper Orthop Traumatol* 21 (2): 180–92
- Kernbach KJ (2010) Tarsal coalitions: etiology, diagnosis, imaging, and stigmata. *Clin Podiatr Med Surg* 27 (1): 105–17
- Khoshbin A, Law PW, Caspi L, Wright JG (2013) Long-term functional outcomes of resected tarsal coalitions. *Foot Ankle Int* 34 (10): 1370–5
- Knörr J, Accadbled F, Abid A, Darodes P, Torres A, Cahuzac JP, Sales de Gauzy J (2011) Arthroscopic treatment of calcaneonavicular coalition in children. *Orthop Traumatol Surg Res* 97 (5): 565–8
- Okada M, Saito H (2013) Resection interposition arthroplasty of calcaneonavicular coalition using a lateral supramalleolar adipofascial flap: case report. *J Pediatr Orthop B* 22 (3): 252–4
- Singh AK, Parsons SW (2012) Arthroscopic resection of calcaneonavicular coalition/malunion via a modified sinus tarsi approach: an early case series. *Foot Ankle Surg* 18 (4): 266–9
- Upasani VV, Chambers RC, Mubarak SJ (2008) Analysis of calcaneonavicular coalitions using multi-planar three-dimensional computed tomography. *J Child Orthop* 2 (4): 301–7
- Van Renterghem D, De Ridder K (2011) Resection of calcaneonavicular bar with interposition of extensor digitorum brevis. A questionnaire review. *Acta Orthop Belg* 77 (1): 83–7

Orthopädische Fußchirurgie

Manual für Klinik und Praxis

Engelhardt, P.; Schuh, R.; Wanivenhaus, A.

2018, XII, 169 S. 263 Abb., 247 Abb. in Farbe.,

Hardcover

ISBN: 978-3-642-44992-5