

Leitthema

Orthopäde 2013 · 42:309–321
 DOI 10.1007/s00132-012-2007-7
 Online publiziert: 27. April 2013
 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

A. Barg^{1,2} · G. Pagenstert¹ · A. Leumann¹ · V. Valderrabano¹

¹ Orthopädische Universitätsklinik Basel, Universitätsspital Basel

² Harold K. Dunn Forschungslabor, Orthopädische Universitätsklinik, Universität von Utah, Salt Lake City

Knöchelosteotomie – Die Osteotomie als Zugang

Die Innenknöchel- sowie die distale Fibulaosteotomie gehören neben den anteromedialen, anterolateralen, posteromedialen und posterolateralen Weichteilzugängen zu den Standardverfahren der chirurgischen Behandlungen osteochondraler Läsionen am oberen Sprunggelenk (OSG). Auch wenn die anteriore und posteriore Arthroskopie des OSG sich in den letzten Jahren in der orthopädischen Chirurgie etabliert hat, gibt es offene Therapieverfahren, welche sowohl bei der primären Behandlung als auch bei Revisionseingriffen mit Erfolg eingesetzt werden. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Anatomie und die Biomechanik des OSG unter dem Gesichtspunkt des Zugangs zur talaren Oberfläche zu beschreiben. Außerdem werden die Indikationen für Osteotomien am Innenknöchel und an der Fibula diskutiert und die

chirurgischen Operationstechniken der Innenknöchelosteotomie, der distalen Fibulaosteotomie sowie der anterioren distalen Tibiaosteotomie beschrieben.

Anatomie des oberen Sprunggelenks

Das obere Sprunggelenk (OSG) ist ein Gelenk mit einer dynamischen Bewegungsachse – ein so genanntes Kardangelenke. Das Gelenk zeichnet sich durch eine sehr hohe Kongruenz der artikulierenden Gelenkoberflächen: die „konkave“ Gelenkfläche wird von den distalen Enden der Tibia und Fibula, die korrespondierende „konvexe“ Gelenkfläche von der superioren Oberflächen des Talus gebildet (Abb. 1; [48, 69]).

Das Pilon tibiale und der mediale Malleolus sind die beiden distalen artikulierenden Flächen der Tibia. In der sagittalen Ebene hat das Pilon eine konkave

Form mit einem mittleren medialen Winkel von $22 \pm 4^\circ$ [28]. In der frontalen Ebene weist das Pilon eine geringfügige Varusstellung von ca. 92° auf, was sowohl in Kadaverstudien [28] als auch in radiologischen Studien [30, 39] festgestellt wurde. Der dorsale Rand des Pilon ist etwas tiefer als der ventrale. Die Dicke des Knorpels am tibialen Pilon variiert leicht mit einer mittleren Knorpeldicke von ca. 1,2 mm [1, 43, 45]. Die höchsten Werte werden im Zentrum des vorderen Pilon sowie im medialen horizontalen Bereich gemessen (Abb. 2; [44]). In einer anatomischen Kadaverstudie wurde nachgewiesen, dass der Knorpel am Übergang des tibialen Pilon zum medialen Malleolus größtenteils fehlt (Abb. 3). Die extraossäre Versorgung des Pilon erfolgt aus den Ästen der Aa. tibialis posterior und anterior [7, 50].

Der Talus hat eine konisch geformte obere Oberfläche mit einem medial kleiner ausgebildeten Radius als lateral. Des-



Abb. 1 ▲ Anatomisches Präparat des oberen Sprunggelenks, frontaler Querschnitt durch das obere Sprunggelenk. Man beachte die hohe Kongruenz der artikulierenden Gelenkoberflächen. (Aus [5])

Tab. 1 Zugang zur talaren Oberfläche mit und ohne Osteotomien. (Nach Muir et al. [46])

Zugang	Prozentualer talarer Zugang in sagittaler Ebene ^a	Prozentualer talarer Zugang in koronarer Ebene ^a	Prozentuale talare Oberfläche ^a
Arthrotomie			
Anteromedial	42 (38–54)	45 (43–48)	24 (22–30)
Posteromedial	35 (27–45)	40 (30–47)	13 (10–17)
Anterolateral	36 (30–40)	54 (50–57)	28 (23–31)
Posterolateral	37 (30–40)	37 (30–43)	12 (10–14)
Osteotomie			
Medialer Malleolus	100 (100)	51 (47–52)	42 (39–43)
Distale Fibula	100 (100)	52 (52–54)	43 (43–44)
Anterolateral (Chaput ^b)	62 (49–70)	36 (33–40)	35 (32–39)

^aAngaben als Mittelwert mit Range. ^bAnterolaterale Osteotomie, beschrieben von Tochigi et al. [76]

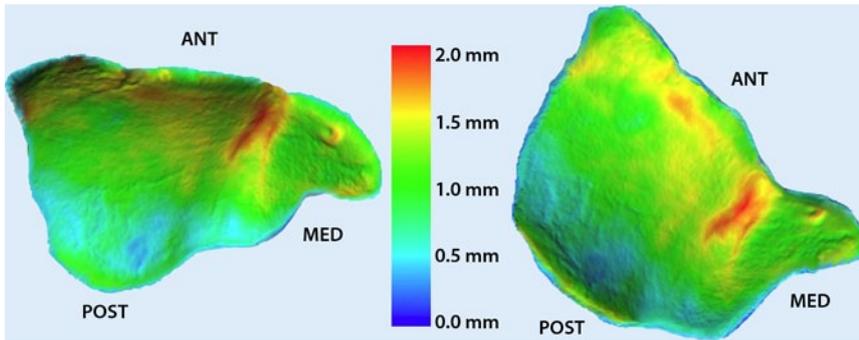


Abb. 2 ▲ Verteilung der Knorpeldicke im oberen Sprunggelenk. Dreidimensionale Darstellung der Dicke des Knorpelüberzugs der distalen tibialen Gelenkoberfläche bei einer Ansicht von unten. (ANT anterior, POST posterior, MED medial). (Aus [44], mit freundl. Genehmigung des Elsevier-Verlags)

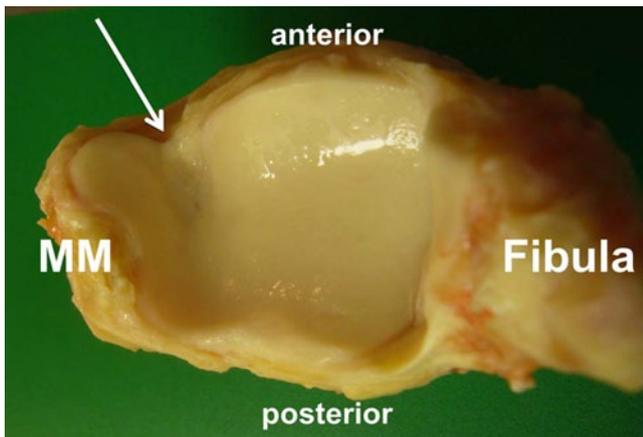


Abb. 3 ◀ Knorpelüberzug am Übergang des tibialen Pilon zum medialen Malleolus. Ansicht des anatomischen Präparats der Malleolengabel von kaudal (plantar). Der Pfeil markiert den Übergang vom tibialen Pilon zum Innenknöchel, welcher nur im posterioren Anteil mit Knorpel bedeckt ist. MM medialer Malleolus

wegen hat der Talus keine reine zylindrische Form, sondern ist Teil eines Konus, mit Ausrichtung der Spitze nach medial. Das durchschnittliche Verhältnis des ventralen Trochleadurchmessers zum dorsalen Durchmesser beträgt ca. 1:0,8, somit ist die Trochlea tali ventral einige Millimeter breiter als dorsal und weist eine trapezförmige Form auf [8]. Die durchschnittliche Breite der Talusrolle beträgt vent-

ral $29,9 \pm 2,6$ cm, in der Mitte $27,9 \pm 3,0$ cm und dorsal $25,2 \pm 3,7$ cm [26]. Die komplexe Morphologie des Talus erlaubt einen zusätzlichen Bewegungsfreiheitsgrad in der Sagittalebene [28]. Leumann et al. [36] haben in einer radiographischen Studie mit 81 Patienten die Konfiguration des Talus gemessen. Der mittlere talare Kantenwinkel betrug lateral $91,8^\circ$ und medial $110,0^\circ$. Der mittlere frontale Talusradius

betrug lateral 3,5 mm und medial 4,8 mm. Die unterschiedliche mediale und laterale talare Konfiguration sollte bei Rekonstruktionsverfahren berücksichtigt werden [36].

Der Talus gehört zu den wenigen Knochen des menschlichen Skeletts mit einer besonderen Eigenschaft – er besitzt keine Sehneninsertionen und nur wenige Ansätze verschiedener Band- und Kapselstrukturen. Mehrere anatomische Studien haben die arterielle Blutversorgung des Talus untersucht, was eine hohe praktische Bedeutung hat [15, 19, 24, 29, 42, 47, 57, 58]. Die arterielle Blutversorgung des Talus erfolgt hauptsächlich über die arteriellen Gefäße des Sinus tarsi. Die versorgenden Gefäße des Lig. deltoideum und des Sinus tarsi spielen die zweitwichtigste Rolle bei der talaren Blutversorgung (Abb. 4; [47, 58]). Die neuesten anatomischen und radiologischen (basierend auf MRT-Untersuchungen) Studien haben folgende quantitative Aufteilung der Blutversorgung gezeigt [42, 58]:

- A. fibularis (16,9%),
- A. tibialis anterior (36,2%) und
- A. tibialis posterior (47,0%).

Die arterielle Blutversorgung des Talus sollte bei jeglichen Eingriffen am Rückfluss berücksichtigt werden, um eine iatrogene avaskuläre Talusnekrose zu vermeiden.

Biomechanik des oberen Sprunggelenks

Aufgrund der komplexen Morphologie der artikulierenden Flächen im OSG

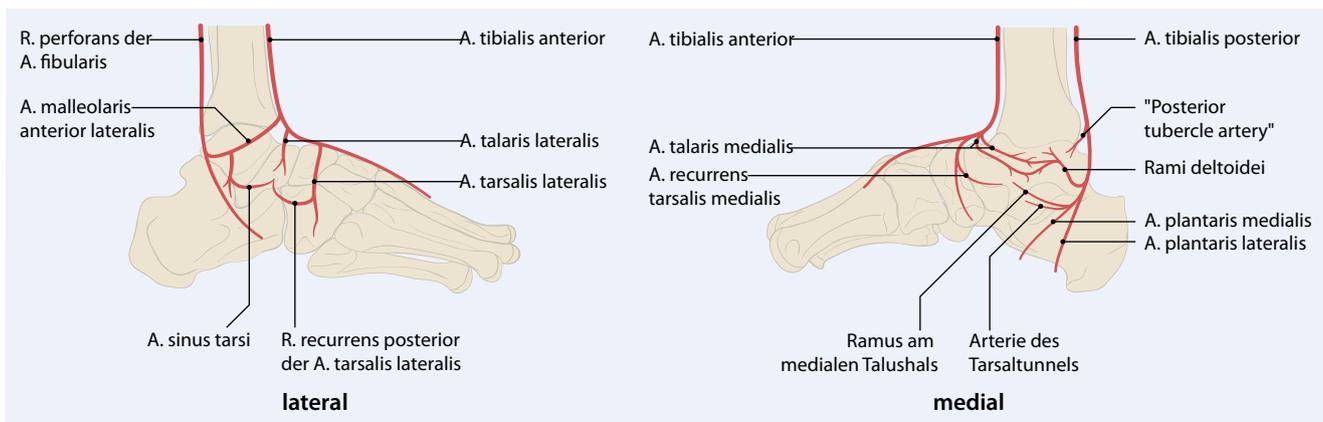


Abb. 4 ▲ Schematische Darstellung der arteriellen Blutversorgung des Talus. Links Ansicht von lateral, rechts von medial

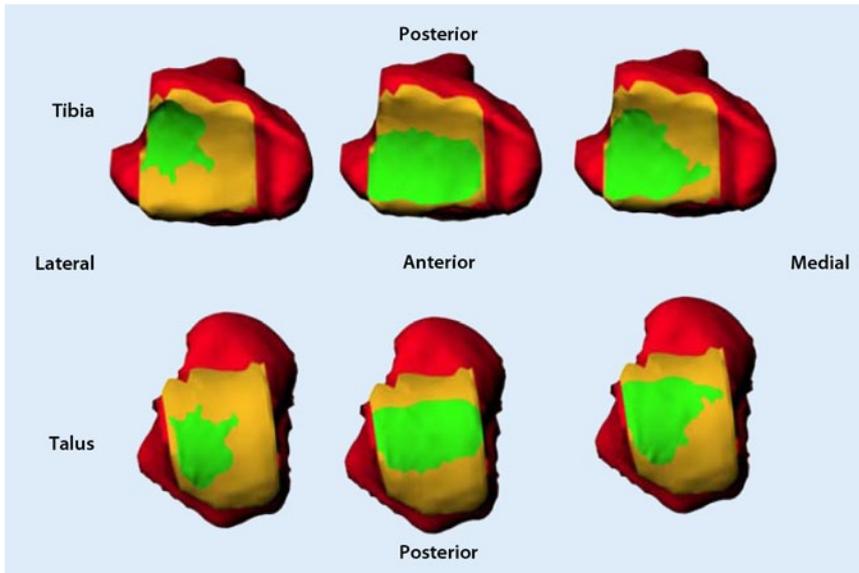


Abb. 5 ▲ Die tibiotalare Kontaktfläche in Abhängigkeit von der Standphase. *Links* Initialkontakt, *Mitte* Mittelstand, *rechts* Zehenabstoß. (Aus [80], mit freundl. Genehmigung des Elsevier-Verlags)

gibt es keine einheitliche Bewegungsachse. Sie ändert sich dynamisch in Abhängigkeit von der Fußstellung, v. a. der Dorsal- und Plantarflexion, und weist außerdem deutliche individuelle Unterschiede auf [37]. Bei der Kraftübertragung während des Gangzyklus übernimmt die Fibula ca. 17% der gesamten Last [81]. Es wurde gezeigt, dass die tibiotalare Kontaktfläche im OSG sich in Abhängigkeit von der jeweiligen Phase des Gangzyklus ändert [80]. Die mittlere Kontaktfläche beträgt zum Zeitpunkt der Standphase ca. 270 mm² und erreicht ihr Maximum beim Mittelstand mit ca. 415 mm². Zum Ende der Standphase verringert sie sich bis auf Werte von ca. 335 mm² [80]. Auch Form und Lokalisation der Kontaktfläche innerhalb des OSG ändern sich im Verlauf des Gangzyklus (■ **Abb. 5**; [80]).

Genauere Kenntnisse über Anatomie und Biomechanik des OSG sind unabdingbar bei der Durchführung periartikulärer Osteotomien. Die arterielle Versorgung der einzelnen Strukturen und der Verlauf der neurovaskulären Bündel sollten bei der Wahl des chirurgischen Zugangs berücksichtigt werden. Die Durchführung einer Osteotomie stellt einen invasiven Teil eines chirurgischen Eingriffs dar. Aus diesem Grund sollte eine Osteotomie idealerweise so geplant werden, dass die anatomischen Strukturen möglichst wenig verletzt werden.

Zugang zur talaren Oberfläche

Anatomische Untersuchungen haben gezeigt, dass bis zu 90% der medialen Talusschulter [46, 83] und bis zu 85% der lateralen Talusschulter [46] ohne eine Osteotomie instrumentell angegangen werden können (■ **Tab. 1**, ■ **Abb. 6**). Dafür müssen allerdings sowohl die anteriore als auch posteriore Arthrotomie kombiniert werden. Instrumentell eine Taluszone ohne Osteotomie zu erreichen, bedeutet jedoch nicht, mit guter Übersicht, komplett und voller Präzision die osteochondralen Läsionen der jeweiligen Talusschulter débridieren und rekonstruieren zu können. Die Osteotomie des medialen Malleolus sowie die der distalen Fibula erlauben jeweils den kompletten Zugang zur medialen bzw. lateralen Talusschulter (■ **Tab. 1**, ■ **Abb. 7**). Die anterolaterale Chaput-Osteotomie mit einem 1×1,5 cm großen anterolateralen Fragment [76] erhöht den Zugang zur lateralen Talusschulter um ca. 20% [46].

Indikationen für Knöchelosteotomien

Auch wenn es in letzter Zeit große Fortschritte bzgl. der anterioren und posterioren arthroskopischen Techniken gegeben hat [12, 20, 51, 71], haben die Knöchelosteotomien einen festen Platz als

Orthopäde 2013 · 42:309–321
DOI 10.1007/s00132-012-2007-7
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

A. Barg · G. Pagenstert · A. Leumann · V. Valderrabano

Knöchelosteotomie – Die Osteotomie als Zugang

Zusammenfassung

Bei der Behandlung osteochondraler Läsionen am oberen Sprunggelenk stehen sowohl arthroskopische als auch offene Therapieverfahren zur Verfügung. Die Osteotomien rund um das obere Sprunggelenk haben sich als Zugangsweiterung bei der Behandlung weiter posterior gelegener osteochondraler Läsionen fest etabliert. Bei den relativ häufig anzutreffenden osteochondralen Läsionen im Bereich der medialen Talusschulter wird die mediale, schräge, monoplanare Knöchelosteotomie durchgeführt. Bei den weniger häufigen posterolateralen osteochondralen Läsionen kann die distale Fibulaosteotomie erfolgen. In der vorliegenden Arbeit werden die Indikationen für einzelne Osteotomieverfahren diskutiert und deren chirurgische Techniken beschrieben.

Schlüsselwörter

Oberes Sprunggelenk · Anatomie · Biomechanik · Distale Fibulaosteotomie · Anteriore distale Tibiaosteotomie

Malleolar osteotomy – Osteotomy as approach

Abstract

Both arthroscopic and open surgical techniques may be used for treatment of osteochondral lesions of the ankle joint. Osteotomy around the ankle joint is a well established technique to extend the approach in cases where the osteochondral lesions are located more posteriorly. Medial, oblique, monoplanar malleolar osteotomy should be used in patients with lesions of the medial talus shoulder. The posterolateral osteochondral lesions are less frequent and in such cases distal fibular osteotomy is recommended. In this study the indications for different forms of osteotomy are discussed and the surgical techniques are described.

Keywords

Tibiotalar joint · Anatomy · Biomechanics · Distal fibular osteotomy · Anterior distal tibial osteotomy

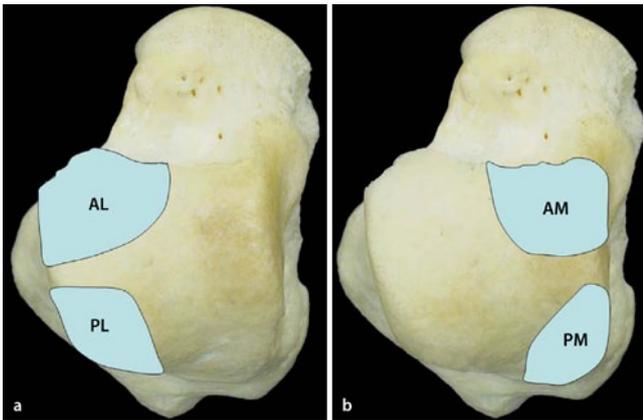


Abb. 6 ▲ Anteil der talaren Oberfläche, welche durch Arthrotomie erreicht werden kann. **a** Laterale Arthrotomie. *AL* anterolateraler, *PL* posterolateraler Zugang. **b** Mediale Arthrotomie. *AM* anteromedialer, *PM* posteromedialer Zugang

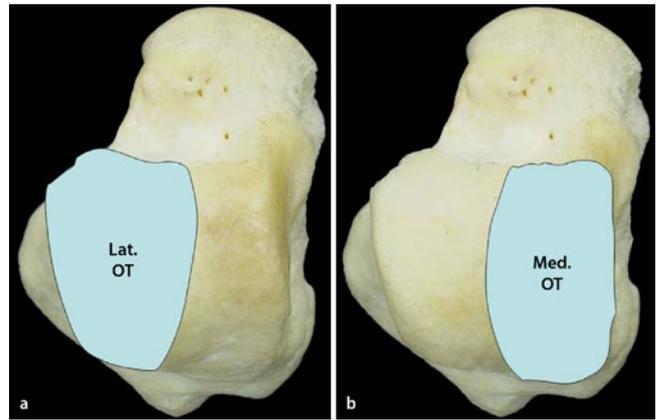


Abb. 7 ▲ Anteil der talaren Oberfläche, welche durch Osteotomie erreicht werden kann. **a** Osteotomie der distalen Fibula. *Lat. OT* laterale Osteotomie. **b** Osteotomie des medialen Malleolus. *Med. OT* mediale Osteotomie

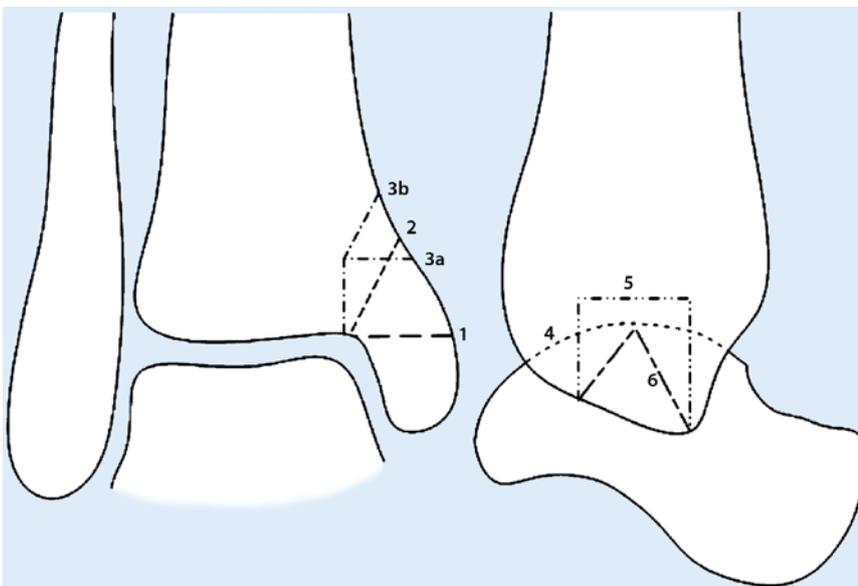


Abb. 8 ▲ Unterschiedliche Typen der Innenknöchelosteotomie. 1 Horizontal, 2 schräg, 3a treppenförmig, 3b modifiziert treppenförmig, 4 halbmondförmig, 5 invertiert U-förmig, 6 invertiert V-förmig

operativer Zugang in der orthopädischen Fuß- und Sprunggelenkchirurgie. Die wichtigsten Indikationen für eine Knöchelosteotomie sind primäre große und zystische osteochondrale Läsionen des Talus und Revisionseingriffe [3, 10, 41, 49, 67] sowie Frakturen des Talus [59, 73, 85]. Eine eher seltene Indikation für Knöchelosteotomien stellen Eingriffe bei Talustumoren dar [64]. Zu den offenen Therapieverfahren bei osteochondralen Läsionen des Talus, bei denen eine Osteotomie notwendig sein kann, um die Läsion erreichen zu können, gehören [18, 41, 78, 82, 84]:

- autologe Knorpel-Knochen-Transplantation,
- offenes Débridement mit/ohne Mikrofrakturierung,
- Ausfüllen des Defekts mit autologer Spongiosa,
- autologe Chondrozytentransplantation sowie
- autologe matrixinduzierte Chondrogenese mit/ohne Spongiosaplastik.

Innenknöchelosteotomie

Die Innenknöchelosteotomie wurde zum ersten Mal von Ray u. Coughlin [60] im

Jahre 1947 zur Behandlung osteochondraler Läsionen des Talus beschrieben: die Autoren verwendeten eine horizontale Innenknöchelosteotomie. Seitdem wurden mehrere unterschiedliche chirurgische Techniken zur Innenknöchelosteotomie genannt (■ **Abb. 8**), u. a. schräge Osteotomie [70], halbmondförmige Osteotomie [79], invertierte V-förmige Osteotomie [52], invertierte U-förmige Osteotomie [54] und treppenartige Osteotomie [68, 74] mit ihrer Modifikation (■ **Tab. 2**; [34]). Viele Autoren sind sich einig, dass die Osteotomie am Übergang zwischen dem tibialen Plafond und der artikulierende Oberfläche des medialen Malleolus auslaufen sollte, um den Knorpelschaden möglichst gering zu halten. Wird die Osteotomie lateral von diesem Übergang durchgeführt, kommt es zur Schädigung des Gelenkknorpels in der horizontalen tibialen Gelenkbelastungszone. Wird die Osteotomie zu sehr medial durchgeführt, bleibt der Zugang zur talaren Oberfläche limitiert.

Eine sekundäre Arthrosebildung im OSG wird zwar als eine mögliche langzeitige Komplikation der Innenknöchelosteotomie diskutiert [13, 33, 49, 61, 67, 68, 77], in der aktuellen Literatur fehlen jedoch genaue Angaben, wie häufig und nach welcher Zeit es zu einer sekundären Arthrose kommen kann. Eine sorgfältige Reposition der Osteotomie ohne Stufenbildung der tibialen Gelenkoberfläche und eine sichere osteosynthetische Fixierung der Osteotomie verhindern die sekundäre Dislokation der Osteotomie, was

Tab. 2 Literaturübersicht klinischer Studien mit Patienten, bei denen eine Innenknöchelstudie durchgeführt wurde

Studie	Chirurgische Technik	Innenknöchelosteotomie		Komplikationen	OSME
		Technik	Fixierung		
Anders et al. [4]	Matrixinduzierte autologe Chondrozytenimplantation (22)	Schräge OT (3)	2 parallele kanülierte 4,5-mm-Schrauben	Keine	n=2
Berlet et al. [6]	Frische osteochondrale Allografttransplantation bei OCL (12)	Schräge OT (10)	2 parallele kanülierte 4,0-mm-Schrauben	Keine	Keine
Emre et al. [11]	Osteochondrale Auto-grafttransplantation bei OCL (32)	Schräge OT (32)	1 Schraube	Keine	Keine
Gautier et al. [14]	Osteochondrale Auto-grafttransplantation bei OCL (11)	Schräge OT (10)	2 oder 3 Titanschrauben	Keine	k. A.
Giannini et al. [17]	Autologe Chondrozytentransplantation bei OCL (8)	Schräge OT (4)	1 oder zwei 3,5-mm-Schrauben	Keine	n=4
Giannini et al. [16]	Autologe Chondrozytentransplantation bei OCL (10)	Schräge OT (7)	1 Schraube	Keine	n=7
Gross et al. [21]	Frische osteochondrale Allografttransplantation bei OCL (9)	Schräge OT (9)	1 oder zwei 3,5-mm-Schrauben	Keine	n=4
Haasper et al. [22]	Osteochondrale Auto-grafttransplantation bei OCL (14)	Schräge OT (10)	2 parallele 3,5-mm-Schrauben	Keine	Keine
Hahn et al. [23]	Frische osteochondrale Allografttransplantation bei OCL (18)	Schräge OT (8)	k. A.	Keine	Keine
Hangody et al. [25]	Osteochondrale Auto-graft Transplantation bei OCL (36)	Schräge OT (36)	2 parallele kanülierte 4,0-mm-Schrauben	Keine	k. A.
Kolker et al. [31]	Autologes Knochen-grafting bei OCL (13)	Schräge OT (10)	2 parallele 3,5-mm-Schrauben	Verzögerte ossäre Konsolidierung (1), gebrochene Schraube (1), schmerzhaftes Osteosynthesematerial (1)	n=1
Kreuz et al. [33]	Osteochondrale Auto-grafttransplantation bei OCL (35)	Schräge OT (7)	2 parallele Schrauben, oder 1 Schraube und 1 K-Draht	Keine	k. A.
Lee et al. [34]	Osteochondrale Auto-graft Transplantation bei OCL (11)	Modifizierte treppenartige OT (11)	2 parallele 4,0-mm Spongiosa-Schrauben	Keine	Keine
Lee et al. [35]	Fibrinmatrixgelartige autologe Chondrozytenimplantation (38)	Schräge OT (32)	2 parallele kanülierte 4,0-mm-Schrauben	Non-Union (1), verzögerte ossäre Konsolidierung (2), Knorpelläsionen im Bereich der OT (9)	n=31
Mendicino et al. [40]	Débridement von OCL an medialer Talus-schulter (14)	Schräge OT (14)	2 parallele kanülierte 4,0-mm-Schrauben	Keine	Keine
Schneider et al. [63]	Matrixinduzierte autologe Chondrozytenimplantation (20)	Schräge OT (11)	k. A.	Keine	n=5
Schöttle et al. [65]	Osteochondrale Auto-grafttransplantation bei OCL (39)	V-förmige OT (24)	2 parallele Schrauben	Schmerzen im Bereich der OT (3)	n=3
Scranton Jr et al. [66]	Osteochondrale Auto-grafttransplantation bei OCL (50)	Schräge OT (26)	2 parallele kanülierte 2,7-mm-Schrauben	Keine	n=4

Tab. 2 Literaturübersicht klinischer Studien mit Patienten, bei denen eine Innenknöchelstudie durchgeführt wurde (Fortsetzung)

Studie	Chirurgische Technik	Innenknöchelosteotomie		Komplikationen	OSME
		Technik	Fixierung		
Siegel u. Mount [68]	Talusfraktur (1), All-ograft bei OCL (1)	Treppenartige OT (2)	2 parallele kanülierte 4,0-mm-Schrauben	Keine	Keine
Tanaka et al. [72]	Vaskularisierter Knochenspan vom Kalkaneus bei OCL (4)	V-förmige OT (4)	k. A.	Keine	Keine
Thordarson u. Kaku [74]	Talusfraktur (11), osteochondrales Grafting bei OCL (3)	Treppenartige OT (14)	2 parallele kanülierte 4,0-mm-Schrauben	Keine	Keine

OT Osteotomie, OSME Osteosynthesematerialentfernung, OCL osteochondrale Läsion, k.A. keine Angabe.

sicherlich hilft, das Risiko einer sekundären Arthrosebildung zu minimieren [13, 49, 77].

Indikation

Die Indikation besteht bei primären zystischen und großen osteochondralen Läsionen sowie Revisionseingriffen bei osteochondralen Läsionen an der medialen Talusschulter, die nicht mit einer anteromedialen Arthrotomie und Plantarflexion in toto erreicht werden können (insbesondere mit posteromedialer Lokalisation).

Die Innenknöchelosteotomie kann nicht nur ausschließlich für die bessere Darstellung der osteochondralen Läsionen an der medialen Talusschulter eingesetzt werden. Bei Patienten mit einer Varusfehlstellung des Rückfußes und konsekutiver Inkongruenz der Malleolengabel kann über den gleichen Zugang eine aufklappende Korrekturosteotomie des Innenknöchels durchgeführt werden (■ **Abb. 9**).

Operationstechnik: Schräge monoplanare Osteotomie

Der Eingriff erfolgt in Rückenlage. Unterschenkel und Fuß werden frei beweglich steril abgedeckt. Der etwa 8 cm lange Schnitt verläuft bogenförmig mittig vom Innenknöchel geschwungen nach distal und proximal. Das OSG wird anteromedial arthrotomiert, die Sehnenscheide des M. tibialis posterior wird eröffnet und die Sehne inspiziert und zurückgehalten. Der ventrale und dorsale Rand des Innenknöchels werden identifiziert und mit einem Hohmann-Haken freigehalten. Nach der Inzision des Periosts werden bereits zu

diesem Zeitpunkt der Operation 2 parallele Bohrkanäle (2,5er Bohrer) ausgehend vom Innenknöchel gebohrt. Dies gewährleistet später die korrekte Reposition und Fixierung der Osteotomie mittels 3,5er AO-Schrauben (AO Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen). Höhe und Verlauf der Osteotomie werden mit Hilfe des Bildwandlers bestimmt. Die Ebene der Osteotomie sollte dabei ca. 45° zur tibialen Gelenklinie betragen und exakt am Übergang medialer Malleolus und Pilon tibiale enden (schräge monoplanare Osteotomie). Die Osteotomie wird mit der oszillierenden Säge durchgeführt. Ein Osteotom kann verwendet werden, um die Osteotomie zu vervollständigen, was wiederum hilft, die Knorpelschädigung so gering wie möglich zu halten [32, 67]. Es wird außerdem empfohlen, während der Durchführung der Osteotomie die Talusrolle mit einem unscharfen (Raspatorium oder Fischer) Instrument zu schützen, um Knorpelschäden zu vermeiden [9, 67]. Nachdem die Osteotomie durchgeführt wurde, kann das distale Knöchelfragment weggeklappt werden, was eine maximale Übersicht über die mediale Talusschulter ermöglicht (■ **Abb. 10**). Nach der Versorgung der osteochondralen Läsion wird das distale Knöchelfragment genau reponiert und mit 2 Schrauben (z. B. 3,5er AO-Schrauben) durch die bereits vorhandenen Bohrkanäle fixiert. Die Fixierung mit 2 Schrauben bietet eine gute Rotationsstabilität. Sie ist weit verbreitet und wurde auch in der Literatur häufig beschrieben (■ **Abb. 11**). In der letzten Zeit empfehlen wir jedoch eine zusätzliche Fixierung mit einer dritten horizontalen Schraube, welche die Rolle eines Antiglietstabilisators übernimmt (■ **Abb. 12**). Dies kann insbesondere die sekundäre

Dislokation mit konsekutiver Stufenbildung der tibiotalaren Gelenkoberfläche verhindern [53].

Die Innenknöchelosteotomie kann nicht nur ausschließlich für die bessere Darstellung der osteochondralen Läsionen an der medialen Talusschulter verwendet werden. Bei den Patienten mit einer Varusfehlstellung des Rückfußes und konsekutiver Inkongruenz der Malleolengabel kann über den gleichen Zugang die Korrekturosteotomie des Innenknöchels durchgeführt werden (■ **Abb. 9**).

Distale Fibulaosteotomie

In der bereits erwähnten Arbeit von Ray u. Coughlin [60] aus dem Jahre 1947 wurde auch der erste Einsatz der distalen Fibulaosteotomie beschrieben, wobei unterschiedliche Methoden bzgl. Höhe und Verlauf der Fibulaosteotomie in der Literatur eingesetzt wurden [9, 32, 38, 49, 67]. Insgesamt wird die distale Fibulaosteotomie viel seltener zur Behandlung osteochondraler Läsionen im OSG verwendet [49]. Auch bei diesem Osteotomietyp gibt es keine Literaturangaben bzgl. des Risikos einer sekundären Arthrosebildung. Eine In-vitro-Kadaverstudie hat jedoch ergeben, dass nach einer Reposition einer Fibulafraktur bereits geringfügige Änderungen der Länge (z. B. Verkürzung ab 2 mm) und der Position (laterale Verschiebung ab 2 mm oder Außenrotation ab 5°) zu einer pathologischen Veränderung der intraartikulären Druckverteilung im OSG führen können [75]. Aus diesem Grund sollte die Fibulaosteotomie genau reponiert werden, unter Berücksichtigung der anatomischen Länge und Rotation der Fibula.

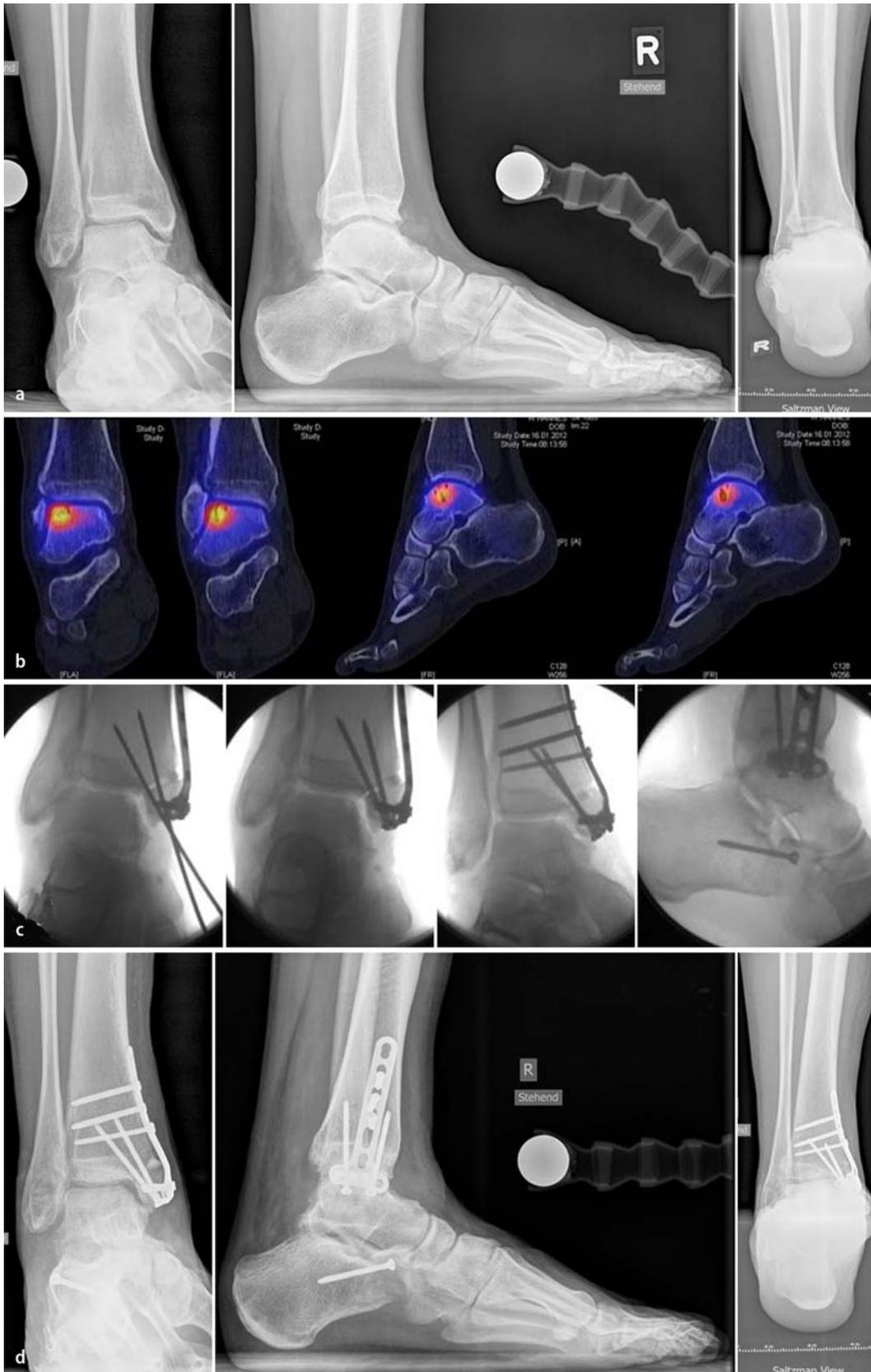


Abb. 9 ◀ Korrekturosteotomie des medialen Malleolus. **a** Konventionelle Röntgenaufnahmen im Stehen einer 34-jährigen Patientin mit einer osteochondralen Läsion an der medialen Talusschulter. Die Saltzman-Aufnahme [62] zeigt außerdem eine varische Fehlstellung der Malleolengabel sowie leichte valgische Fehlstellung der Ferse. **b** Die SPECT-CT („single photon emission CT“-CT [55]) zeigt Ausmaß und Aktivität der osteochondralen Läsion. **c** Es wurde das Autologous-matrix-induced-chondrogenesis (AMIC)-Verfahren über die Osteotomie des medialen Malleolus durchgeführt. Gleichzeitig wurde die Stellung des Innenknöchels mit Hilfe eines Beckenkammspanns korrigiert. Zusätzlich wurde eine laterale Verlängerungsosteotomie des Kalkaneus [27] durchgeführt, um die Pes-planovalgus- et-abductus-Deformität zu korrigieren. **d** Die postoperativen Röntgenaufnahmen im Stehen zeigen die komplette ossäre Konsolidierung im Bereich der Osteotomien sowie die physiologische Ausrichtung des Rückfußes

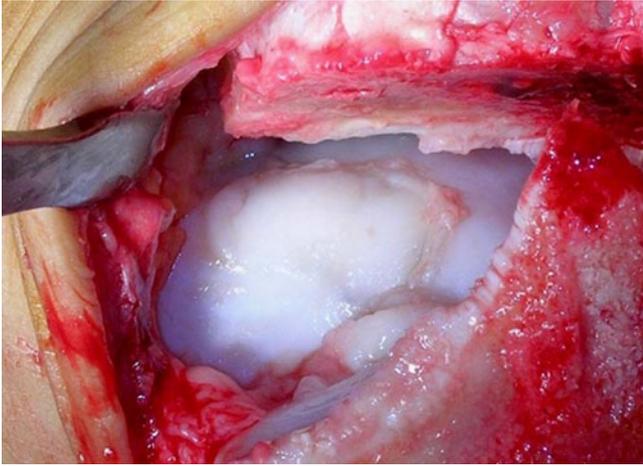


Abb. 10 ◀ Operati-
onssitus einer osteo-
chondralen Läsion
an der medialen Tal-
luschulter, dargestellt
mit Hilfe einer Osteo-
tomie des medialen
Malleolus

Indikation

Indikationen sind primäre große und zystische osteochondrale Läsionen sowie Revisionseingriffe bei osteochondralen Läsionen an der lateralen Talusschulter (insbesondere mit posterolateraler Lokalisation).

Operationstechnik

Es handelt sich um eine z-förmige Fibulaosteotomie mit Osteotomie des fibulären Ansatzes des Lig. tibiofibulare anterius (*Valderrabano's Fibulaosteotomie*).

Der Eingriff erfolgt in der Rückenlage. Unterschenkel und Fuß werden frei beweglich steril abgedeckt. Der etwa 8 cm lange Schnitt verläuft in der Mitte der Fibula von der Spitze der Fibula ausgehend nach proximal. Um nach der Osteotomie eine perfekte Fibulaeinstellung zu garantieren und Syndesmose- und Knorpel-schaden zu verhindern, führen wir eine z-förmige Osteotomie mit doppeltem ventralem Ausläufer (vor und nach fibulärem Ansatz des Lig. tibiofibulare anterius) durch (▣ **Abb. 13**). Diese wird mit einer feinen oszillierenden Säge und Osteotomen durchgeführt. Das distale Fibulafragment und das Lig.-tibiofibulare-anterius-Fragment können frei nach außen weggeklappt werden. Nun kann die laterale talare Chirurgie durchgeführt werden. Die Fixierung der Osteotomie erfolgt mit Zugschrauben sowie einer neutralisierenden Platte (z. B. Drittelrohr oder winkelstabil, ▣ **Abb. 14**).

Anteriore distale Tibiaosteotomie

Die anteriore distale Tibiaosteotomie stellt eine Alternative zur Innenknöchelosteotomie dar, insbesondere bei den eher zentral gelegenen osteochondralen Läsionen. In einer anatomischen Kadaverstudie wurde nachgewiesen, dass mit Hilfe der anterioren distalen Tibiaosteotomie die einsehbare talare Oberfläche deutlich vergrößert werden kann [56]. Es wurden der alleinige Weichteilzugang und die anteriore distale Tibiaosteotomie miteinander verglichen. In der sagittalen Ebene erhöhte sich der Zugang der talaren Oberfläche medial von 54,4 auf 81,3% und lateral von 53,3 auf 80,9%. Nur die hinteren 10,6% der talaren Oberflächen konnten nicht erreicht werden [56].

Indikation

Indikationen stellen die primäre Behandlung sowie Revisionseingriffe bei osteochondralen Läsionen im zentralen sowie hinteren Bereich der Talusoberfläche dar.

Operationstechnik: Anteriore distale Tibiaosteotomie

Der Eingriff erfolgt in Rückenlage. Unterschenkel und Fuß werden frei beweglich steril abgedeckt. Das OSG wird durch einen regulären anterioren Zugang dargestellt. Es folgen Arthrotomie und Darstellung der tibialen Vorderkante. Die distale Tibiaosteotomie wird im anterolateralen Bereich mit der oszillierenden Säge oder

dem Osteotom durchgeführt. Die anteriore Syndesmose bleibt dabei unversehrt. Etwa 1 cm breites Fragment der anterioren Tibiavorderkante kann dann weggeklappt werden. Die Fixierung der Osteotomie erfolgt mit einer Platte (z. B. 2,4-/2,7er Platte, ▣ **Abb. 15**).

Fazit für die Praxis

Bei der Behandlung osteochondraler Läsionen werden sowohl die arthroskopischen als auch offenen Therapieverfahren angewandt. Während die kleinen osteochondralen Läsionen mit Erfolg arthroskopisch behandelt werden können (z. B. durch Débridement, Mikrofrakturierung, anterograde Anbohrung etc.), werden bei größeren und zystischen osteochondralen Läsionen sowie bei Rezi-dividen die offenen rekonstruktiven Therapieverfahren eingesetzt, z. B. AMIC (autologous matrix-induced chondrogenesis) Verfahren. Bei günstiger Lokalisation, d. h. anteromedial und -lateral, werden solche komplexen osteochondralen Läsionen über eine anteromediale oder -laterale Arthrotomie des OSG ohne Osteotomie angegangen. Liegt jedoch die osteochondrale Läsion weiter posterior, so reicht der Weichteilzugang inklusive der Arthrotomie nicht aus, um die Läsion adäquat darstellen und behandeln zu können. Der Zugangsweg sollte dann sorgfältig analysiert werden und mit Hilfe einer Osteotomie erweitert werden. Die meisten osteochondralen Läsionen befinden sich im Bereich der medialen Talusschulter (zentro- und posteromedial). In solchen Fällen hat sich die mediale, schräge, monoplanare Knöchelosteotomie als Standardzugang bewährt. Bei den weniger häufigen posterolateralen osteochondralen Läsionen kann die distale Valderrabano's Fibulaosteotomie erfolgen. Die Notwendigkeit einer Knöchelosteotomie – sei es auf der medialen oder lateralen Seite – sollte jedoch gut überlegt werden und nicht routinemäßig eingesetzt werden. Die Knöchelosteotomie stellt einen invasiven Teil der Behandlung von osteochondralen Läsionen dar und ist mit möglichen postoperativen Komplikationen (z. B. Non-Union der Osteotomie) behaftet. Auch sei bis heute die mögli-

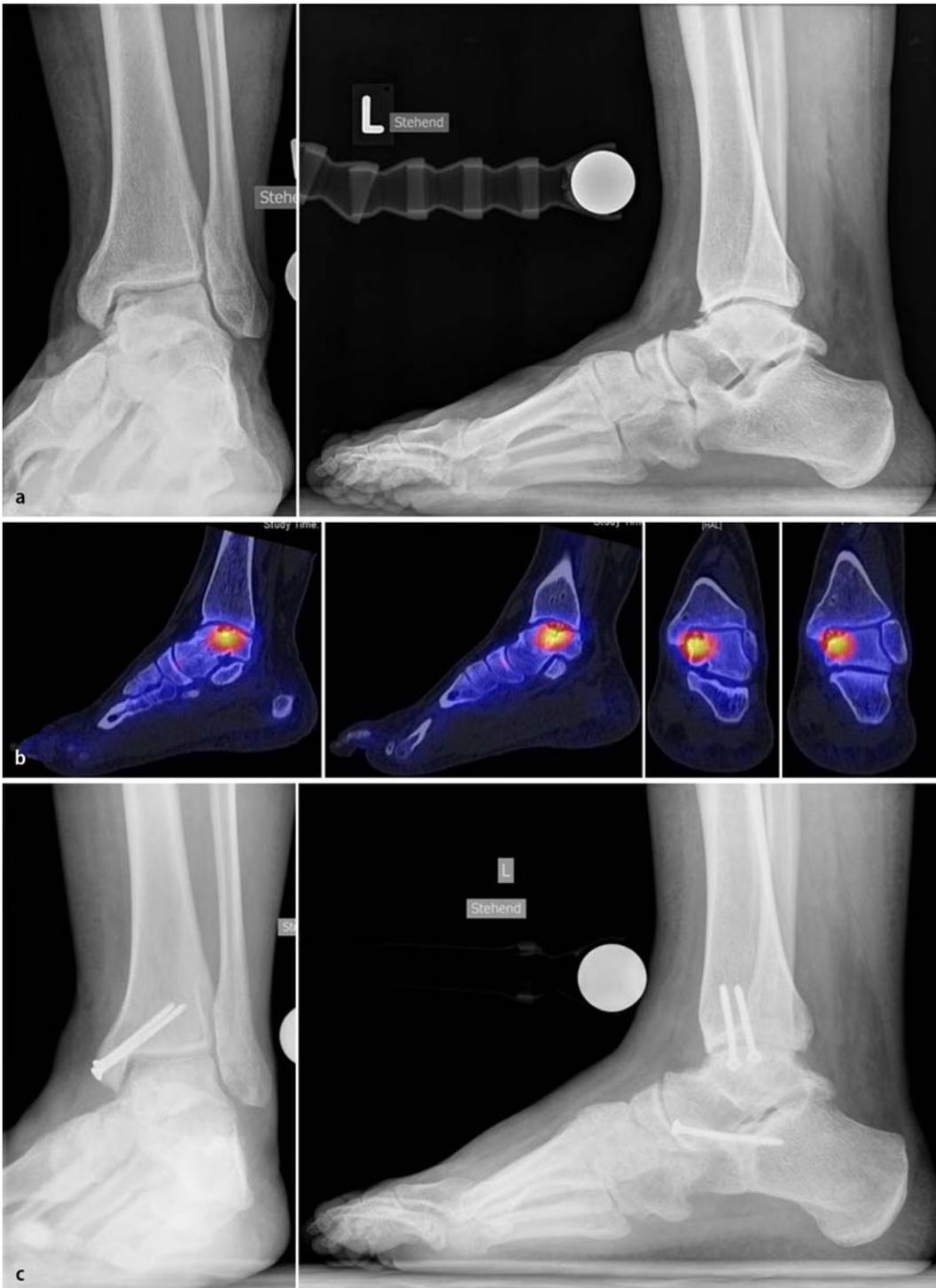


Abb. 11 ◀ Mediale, schräge, monoplanare Knöchelosteotomie (Fixierung mit 2 Schrauben). **a** Konventionelle Röntgenaufnahmen im Stehen eines 27-jährigen Patienten mit einer osteochondralen Läsion an der medialen Talusschulter. **b** Die SPECT-CT („single photon emission CT“-CT [55]) zeigt Ausmaß und die Aktivität der osteochondralen Läsion. **c** Es wurde das Autologous-matrix-induced-chondrogenesis (AMIC)-Verfahren über die Osteotomie des medialen Malleolus durchgeführt. Fixierung der Osteotomie mit 2 Schrauben. Zusätzlich wurde eine laterale Verlängerungsosteotomie des Kalkaneus [27] durchgeführt, um die Pes-planovalgus-et-abductus-Deformität zu korrigieren

cherweise vorhandene Auswirkung der Knöchelosteotomie (insbesondere bei fehlerhafter Technik mit Verletzung der Knorpelschicht) auf die Entwicklung der späteren arthrotischen Veränderungen des OSG nicht genau geklärt. Werden jedoch die anatomischen Gegebenheiten des OSG berücksichtigt – das bedeutet die genaue Planung der Osteotomie mit

einer minutiösen Reposition der Gelenkoberfläche – und wird eine sichere Methode der osteosynthetischen Fixierung gewählt, so können die periartikulären Osteotomien am OSG sicher und mit einer geringen Komplikationsrate durchgeführt werden.

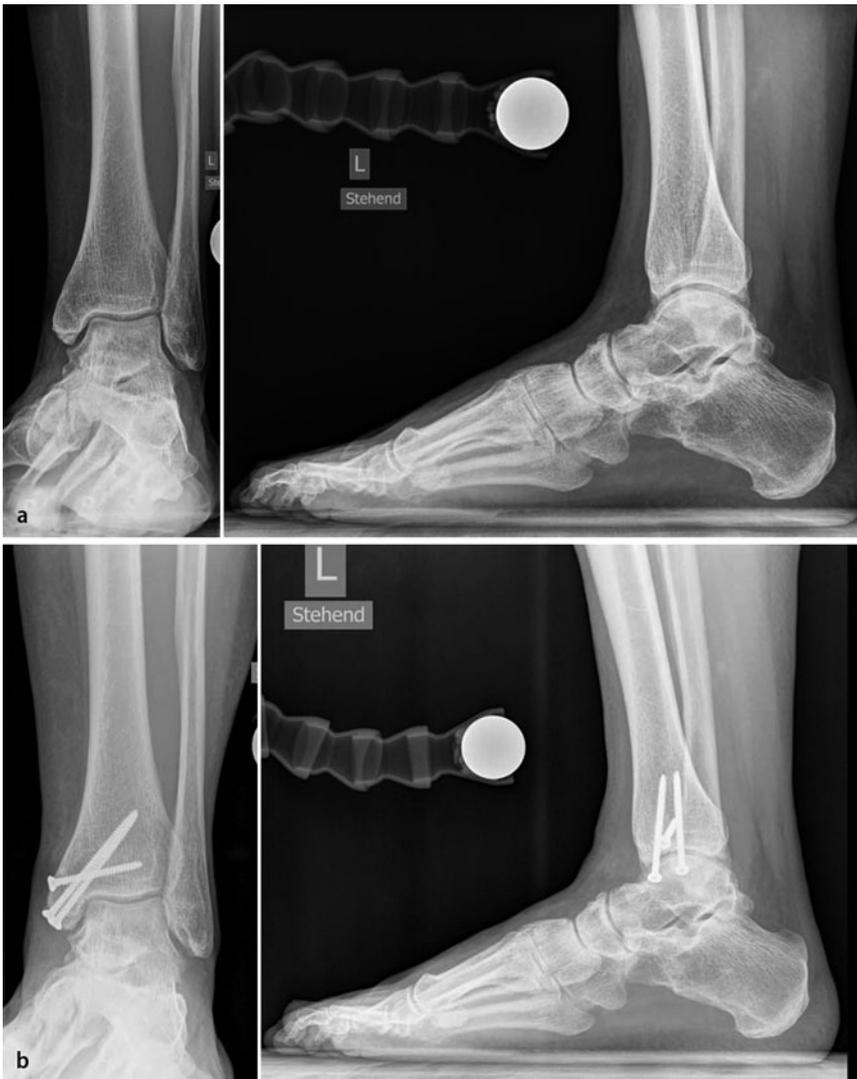


Abb. 12 ▲ Mediale, schräge, monoplanare Knöchelosteotomie (Fixierung mit 3 Schrauben). **a** Konventionelle Röntgenaufnahmen im Stehen einer 45-jährigen Patientin mit einer osteochondralen Läsion an der medialen Talusschulter. **b** Es wurde das Autologous-matrix-induced-chondrogenesis (AMIC)-Verfahren über die Osteotomie des medialen Malleolus durchgeführt. Fixierung der Osteotomie mit 3 Schrauben



Abb. 13 ▲ Valderrabano's distale Fibulaosteotomie. **a** Es handelt sich hierbei um eine z-förmige Fibulaosteotomie mit zusätzlicher Osteotomie des fibulären Ansatzes des Lig. tibiofibulare anterius. Der proximale Osteotomieausläufer verläuft nach posterior und 2 distale Ausläufer nach ventral, einer vor und der andere nach dem Ansatz des Lig. tibiofibulare anterius. **b** Danach erlaubt das Wegklappen der Fragmente eine großzügige und schonende Übersicht der ganzen lateralen Talusschulter. **c** Die Fixation erfolgt mit einer oder mehreren Zugschrauben und einer neutralisierenden Platte (Drittelrohr oder winkelstabil)



Abb. 14 ▲ Valderrabano's distale Fibulaosteotomie. **a** Konventionelle Röntgenaufnahmen im Stehen einer 47-jährigen Patientin mit einer osteochondralen Läsion an der lateralen Talussehle. **b** Es wurde das Autologous-matrix-induced-chondrogenesis (AMIC)-Verfahren über die distale Fibulaosteotomie durchgeführt

Korrespondenzadresse



Prof. Dr. Dr. V. Valderrabano
 Orthopädische Universitäts-
 klinik Basel, Universitätsspital
 Basel
 Spitalstr. 21, CH-4031 Basel
 Schweiz
 vvalderrabano@uhbs.ch

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt für sich und seine Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- Adam C, Eckstein F, Milz S, Putz R (1998) The distribution of cartilage thickness within the joints of the lower limb of elderly individuals. *J Anat* 193 (Pt 2):203–214
- Al Shaikh RA, Chou LB, Mann JA et al (2002) Autologous osteochondral grafting for talar cartilage defects. *Foot Ankle Int* 23(5):381–389
- Amendola A, Panarella L (2009) Osteochondral lesions: medial versus lateral, persistent pain, cartilage restoration options and indications. *Foot Ankle Clin* 14(2):215–227
- Anders S, Goetz J, Schubert T et al (2012) Treatment of deep articular talus lesions by matrix associated autologous chondrocyte implantation – results at five years. *Int Orthop* 36(11):2279–2285
- Barg A, Hintermann B (2012) Implantate und Biomechanik des oberen Sprunggelenks. In: Neumann W (Hrsg) *AE-Manual der Endoprothetik: Sprunggelenk und Fuss*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 29–45
- Berlet GC, Hyer CF, Philbin TM et al (2011) Does fresh osteochondral allograft transplantation of talar osteochondral defects improve function? *Clin Orthop Relat Res* 469(8):2356–2366
- Borrelli J Jr, Prickett WD, Ricci WM (2003) Treatment of nonunions and osseous defects with bone graft and calcium sulfate. *Clin Orthop Relat Res* 411:245–254
- Brenner E, Piegger J, Platzer W (2003) The trapezoid form of the trochlea tali. *Surg Radiol Anat* 25(3–4):216–225
- Draper SD, Fallat LM (2000) Autogenous bone grafting for the treatment of talar dome lesions. *J Foot Ankle Surg* 39(1):15–23
- Easley ME, Latt LD, Santangelo JR et al (2010) Osteochondral lesions of the talus. *J Am Acad Orthop Surg* 18(10):616–630
- Emre TY, Ege T, Cift HT et al (2012) Open mosaicplasty in osteochondral lesions of the talus: a prospective study. *J Foot Ankle Surg* 51(5):556–560
- Frank A (2001) Arthroskopische Behandlung osteochondraler Läsionen der Talusrolle. *Orthopäde* 30(1):37–46
- Gaulrapp H, Hagena FW, Wasmer G (1996) Die postoperative Bewertung der Osteochondrosis dissecans tali unter besonderer Berücksichtigung der Innenknöchelosteotomie. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 134(4):346–353
- Gautier E, Kolker D, Jakob RP (2002) Treatment of cartilage defects of the talus by autologous osteochondral grafts. *J Bone Joint Surg [Br]* 84(2):237–244
- Gelberman RH, Mortensen WW (1983) The arterial anatomy of the talus. *Foot Ankle* 4(2):64–72
- Giannini S, Battaglia M, Buda R et al (2009) Surgical treatment of osteochondral lesions of the talus by open-field autologous chondrocyte implantation: a 10-year follow-up clinical and magnetic resonance imaging T2-mapping evaluation. *Am J Sports Med* 37(Suppl 1):1125–1185
- Giannini S, Buda R, Grigolo B, Vannini F (2001) Autologous chondrocyte transplantation in osteochondral lesions of the ankle joint. *Foot Ankle Int* 22(6):513–517
- Giannini S, Vannini F (2004) Operative treatment of osteochondral lesions of the talar dome: current concepts review. *Foot Ankle Int* 25(3):168–175
- Giebel GD, Meyer C, Koebke J, Giebel G (1997) The arterial supply of the ankle joint and its importance for the operative fracture treatment. *Surg Radiol Anat* 19(4):231–235
- Glazebrook MA, Ganapathy V, Bridge MA et al (2009) Evidence-based indications for ankle arthroscopy. *Arthroscopy* 25(12):1478–1490
- Gross AE, Agnidas Z, Hutchison CR (2001) Osteochondral defects of the talus treated with fresh osteochondral allograft transplantation. *Foot Ankle Int* 22(5):385–391
- Haasper C, Zelle BA, Knobloch K et al (2008) No mid-term difference in mosaicplasty in previously treated versus previously untreated patients with osteochondral lesions of the talus. *Arch Orthop Trauma Surg* 128(5):499–504
- Hahn DB, Aanstoos ME, Wilkins RM (2010) Osteochondral lesions of the talus treated with fresh talar allografts. *Foot Ankle Int* 31(4):277–282
- Haliburton R, Sullivan CR, Kelly PJ, Peterson L (1958) The extra-osseous and intra-osseous blood supply of the talus. *J Bone Joint Surg [Am]* 40:1115–1120
- Hangody L, Kish G, Modis L et al (2001) Mosaicplasty for the treatment of osteochondritis dissecans of the talus: two to seven year results in 36 patients. *Foot Ankle Int* 22(7):552–558
- Hayes A, Tochigi Y, Saltzman CL (2006) Ankle morphometry on 3D-CT images. *Iowa Orthop J* 26:1–4
- Hintermann B, Valderrabano V, Kundert HP (1999) Lengthening of the lateral column and reconstruction of the medial soft tissue for treatment of acquired flatfoot deformity associated with insufficiency of the posterior tibial tendon. *Foot Ankle Int* 20(10):622–629

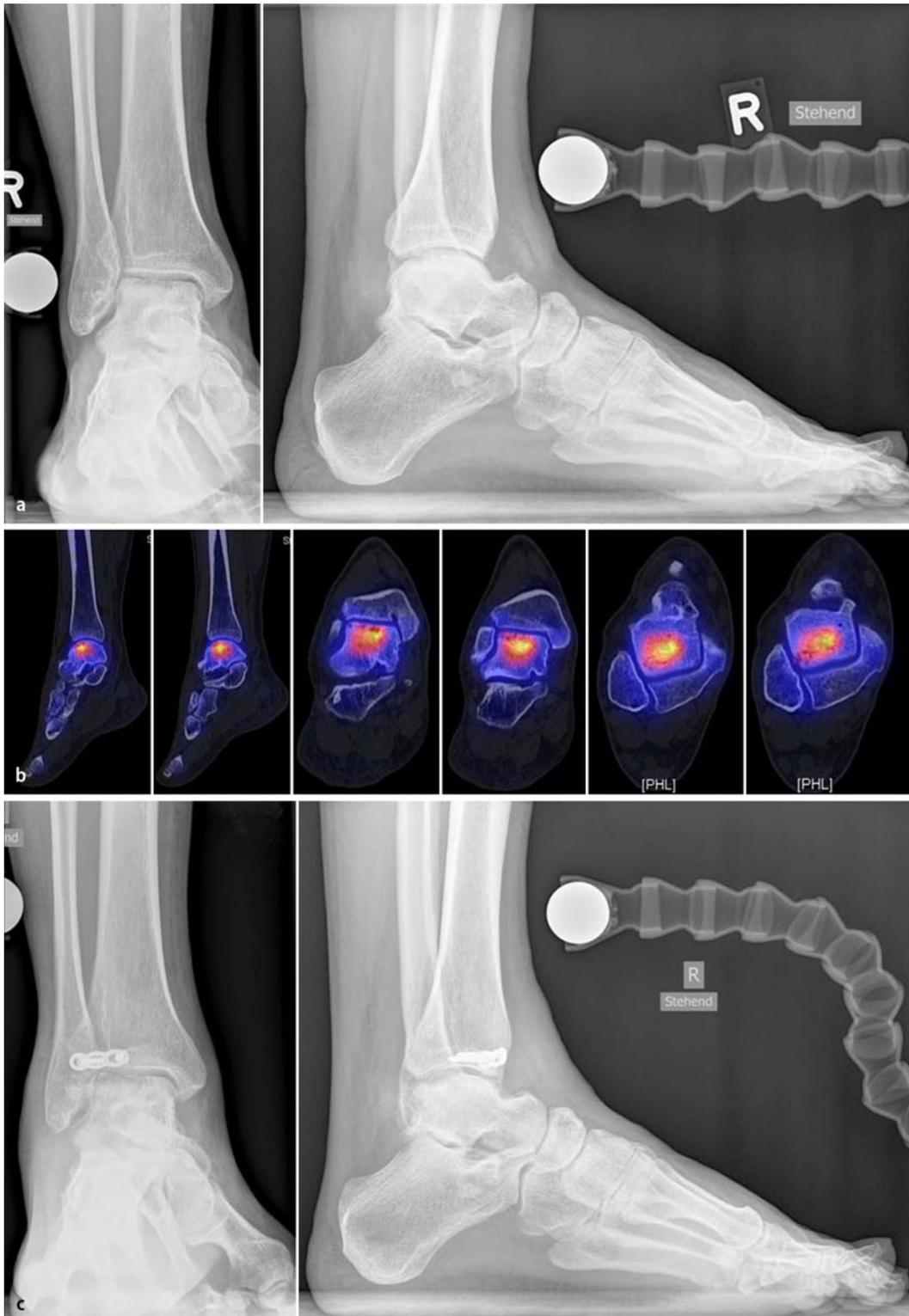


Abb. 15 ◀ Anteriore distale Tibiaosteotomie. **a** Konventionelle Röntgenaufnahmen im Stehen einer 40-jährigen Patientin mit einer zentralen osteochondralen Läsion der hinteren Talusoberfläche. **b** Die SPECT-CT („single photon emission CT“-CT [55]) zeigt Ausmaß und Aktivität der osteochondralen Läsion. **c** Es wurde das Autologous-matrix-induced-chondrogenesis (AMIC)-Verfahren über die anteriore distale Tibiaosteotomie durchgeführt

28. Inman VT (1976) The joints of the ankle. Williams & Wilkins, Baltimore
29. Kelly PJ, Sullivan CR (1963) Blood supply of the talus. *Clin Orthop Relat Res* 30:37–44
30. Knupp M, Ledermann H, Magerkurth O, Hintermann B (2005) The surgical tibiotalar angle: a radiologic study. *Foot Ankle Int* 26(9):713–716
31. Kolker D, Murray M, Wilson M (2004) Osteochondral defects of the talus treated with autologous bone grafting. *J Bone Joint Surg [Br]* 86(4):521–526
32. Kouvalchouk JF, Schneider-Maunoury G, Rodineau J et al (1990) Osteochondral lesions of the dome of the talus with partial necrosis. Surgical treatment by curettage and filling. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 76(7):480–489
33. Kreuz PC, Steinwachs M, Erggelet C et al (2006) Mosaicplasty with autogenous talar autograft for osteochondral lesions of the talus after failed primary arthroscopic management: a prospective study with a 4-year follow-up. *Am J Sports Med* 34(1):55–63
34. Lee KB, Yang HK, Moon ES, Song EK (2008) Modified step-cut medial malleolar osteotomy for osteochondral grafting of the talus. *Foot Ankle Int* 29(11):1107–1110
35. Lee KT, Kim JS, Young KW et al (2012) The use of fibrin matrix-mixed gel-type autologous chondrocyte implantation in the treatment for osteochondral lesions of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, in press
36. Leumann A, Wiewiorski M, Egelhof T et al (2009) Radiographic evaluation of frontal talar edge configuration for osteochondral plug transplantation. *Clin Anat* 22(2):261–266
37. Lundberg A, Svensson OK, Nemeth G, Selvik G (1989) The axis of rotation of the ankle joint. *J Bone Joint Surg [Br]* 71(1):94–99
38. Ly PN, Fallat LM (1993) Trans-chondral fractures of the talus: a review of 64 surgical cases. *J Foot Ankle Surg* 32(4):352–374
39. Magerkurth O, Knupp M, Ledermann H, Hintermann B (2006) Evaluation of hindfoot dimensions: a radiological study. *Foot Ankle Int* 27(8):612–616
40. Mendicino RW, Lee MS, Grossman JP, Shromoff PJ (1998) Oblique medial malleolar osteotomy for the management of talar dome lesions. *J Foot Ankle Surg* 37(6):516–523
41. Merian M, Easley M (2008) Diagnostik und Therapie osteochondraler Läsionen des Talus. *Orthopäde* 37(3):204–211
42. Miller AN, Prasarn ML, Dyke JP et al (2011) Quantitative assessment of the vascularity of the talus with gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging. *J Bone Joint Surg [Am]* 93(12):1116–1121
43. Millington S, Grabner M, Wozelka R et al (2007) A stereophotographic study of ankle joint contact area. *J Orthop Res* 25(11):1465–1473
44. Millington SA, Grabner M, Wozelka R et al (2007) Quantification of ankle articular cartilage topography and thickness using a high resolution stereophotography system. *Osteoarthritis Cartil* 15(2):205–211
45. Millington SA, Li B, Tang J et al (2007) Quantitative and topographical evaluation of ankle articular cartilage using high resolution MRI. *J Orthop Res* 25(2):143–151
46. Muir D, Saltzman CL, Tochigi Y, Amendola N (2006) Talar dome access for osteochondral lesions. *Am J Sports Med* 34(9):1457–1463
47. Mulfinger GL, Trueta J (1970) The blood supply of the talus. *J Bone Joint Surg [Br]* 52(1):160–167
48. Müller-Gerbl M (2001) Anatomie und Biomechanik des oberen Sprunggelenks. *Orthopäde* 30(1):3–11
49. Navid DO, Myerson MS (2002) Approach alternatives for treatment of osteochondral lesions of the talus. *Foot Ankle Clin* 7(3):635–649
50. Nelson GE, Kelly PJ, Peterson L, Janes JM (1960) Blood supply of the human tibia. *J Bone Joint Surg [Am]* 42(6):625–636
51. Nickisch F, Barg A, Saltzman CL et al (2012) Post-operative complications of posterior ankle and hindfoot arthroscopy. *J Bone Joint Surg [Am]* 94(5):439–446
52. O'Farrell TA, Costello BG (1982) Osteochondritis dissecans of the talus. The late results of surgical treatment. *J Bone Joint Surg [Br]* 64(4):494–497
53. O'Loughlin PF, Heyworth BE, Kennedy JG (2010) Current concepts in the diagnosis and treatment of osteochondral lesions of the ankle. *Am J Sports Med* 38(2):392–404
54. Oznur A (2001) Medial malleolar window approach for osteochondral lesions of the talus. *Foot Ankle Int* 22(10):841–842
55. Pagenstert GI, Barg A, Leumann AG et al (2009) SPECT-CT imaging in degenerative joint disease of the foot and ankle. *J Bone Joint Surg [Br]* 91(9):1191–1196
56. Peters PG, Parks BG, Schon LC (2012) Anterior distal tibia plafondplasty for exposure of the talar dome. *Foot Ankle Int* 33(3):231–235
57. Peterson L, Goldie IF (1975) The arterial supply of the talus. A study on the relationship to experimental talar fractures. *Acta Orthop Scand* 46(6):1026–1034
58. Prasarn ML, Miller AN, Dyke JP et al (2010) Arterial anatomy of the talus: a cadaver and gadolinium-enhanced MRI study. *Foot Ankle Int* 31(11):987–993
59. Rammelt S, Zwipp H (2009) Talar neck and body fractures. *Injury* 40(2):120–135
60. Ray RB, Coughlin EJ Jr (1947) Osteochondritis dissecans of the talus. *J Bone Joint Surg [Am]* 29(3):697–706
61. Rush JK, Kirk K, Kirby J, Hsu J (2010) Lateral talar dome access utilizing temporary invasive distraction. *Foot Ankle Int* 31(3):236–241
62. Saltzman CL, el Khoury GY (1995) The hindfoot alignment view. *Foot Ankle Int* 16(9):572–576
63. Schneider TE, Karakudi S (2009) Matrix-induced autologous chondrocyte implantation (MACI) grafting for osteochondral lesions of the talus. *Foot Ankle Int* 30(9):810–814
64. Schoenfeld AJ, Leeson MC, Grossman JP (2007) Fresh-frozen osteochondral allograft reconstruction of a giant cell tumor of the talus. *J Foot Ankle Surg* 46(3):144–148
65. Schöttle PB, Oetli GM, Agneskirchner JD, Imhoff AB (2001) Operative Therapie von osteochondralen Läsionen am Talus mit autologer Knorpel-Knochen-Transplantation. *Orthopäde* 30(1):53–58
66. 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):614–619
67. Seil R, Rupp S, Pape D et al (2001) Zugangswege zur offenen Behandlung osteochondraler Läsionen am Talus. *Orthopäde* 30(1):47–52
68. Siegel SJ, Mount AC (2012) Step-cut medial malleolar osteotomy: literature review and case reports. *J Foot Ankle Surg* 51(2):226–233
69. Snedeker JG, Wirth SH, Espinosa N (2012) Biomechanics of the normal and arthritic ankle joint. *Foot Ankle Clin* 17(4):517–528
70. Spatt JF, Frank NG, Fox IM (1986) Transchondral fractures of the dome of the talus. *J Foot Surg* 25(1):68–72
71. Stedtfeld HW, Attmanspacher W (2003) Arthroskopie des oberen Sprunggelenks. *Orthopäde* 32(4):667–681
72. Tanaka Y, Omokawa S, Fujii T et al (2006) Vascularized bone graft from the medial calcaneus for treatment of large osteochondral lesions of the medial talus. *Foot Ankle Int* 27(12):1143–1147
73. Thordarson DB (2001) Talar body fractures. *Orthop Clin North Am* 32(1):65–77
74. Thordarson DB, Kaku SK (2006) Results of step-cut medial malleolar osteotomy. *Foot Ankle Int* 27(12):1020–1023
75. Thordarson DB, Motamed S, Hedman T et al (1997) The effect of fibular malreduction on contact pressures in an ankle fracture malunion model. *J Bone Joint Surg [Am]* 79(12):1809–1815
76. Tochigi Y, Amendola A, Muir D, Saltzman C (2002) Surgical approach for centrolateral talar osteochondral lesions with an anterolateral osteotomy. *Foot Ankle Int* 23(11):1038–1039
77. Van Bergen CJ, Tuijthof GJ, Siersevelt IN, Dijk CN van (2011) Direction of the oblique medial malleolar osteotomy for exposure of the talus. *Arch Orthop Trauma Surg* 131(7):893–901
78. Verhagen RA, Fallat LM, Bossuyt PM, Dijk CN van (2003) Systematic review of treatment strategies for osteochondral defects of the talar dome. *Foot Ankle Clin* 8(2):233–242
79. Wallen EA, Fallat LM (1989) Crescentic transmalleolar osteotomy for optimal exposure of the medial talar dome. *J Foot Surg* 28(5):389–394
80. Wan L, Asla RJ de, Rubash HE, Li G (2006) Determination of in-vivo articular cartilage contact areas of human talocrural joint under weightbearing conditions. *Osteoarthritis Cartil* 14(12):1294–1301
81. Wang Q, Whittle M, Cunningham J, Kenwright J (1996) Fibula and its ligaments in load transmission and ankle joint stability. *Clin Orthop Relat Res* 330(330):261–270
82. Wiewiorski M, Barg A, Valderrabano V (2013) Autologous matrix-induced chondrogenesis in osteochondral lesions of the talus. *Foot Ankle Clin* 18(1):151–158
83. Young KW, Deland JT, Lee KT, Lee YK (2010) Medial approaches to osteochondral lesion of the talus without medial malleolar osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18(5):634–637
84. Zengerink M, Struijs PA, Tol JL, Dijk CN van (2010) Treatment of osteochondral lesions of the talus: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18(2):238–246
85. Ziran BH, Abidi NA, Scheel MJ (2001) Medial malleolar osteotomy for exposure of complex talar body fractures. *J Orthop Trauma* 15(7):513–518