

Die „Beckenkammspan-Interpositionsarthrodese“ des oberen Sprunggelenks

Interposition Arthrodesis of the Ankle

Patrick Vienne¹

Zusammenfassung

Operationsziel

Stabile und korrekt positionierte Arthrodesis des oberen Sprunggelenks (OSG) zur Wiederherstellung einer schmerzfreien Belastbarkeit der Gliedmaße.

Indikationen

Invalidisierende, schmerzhafte OSG-Arthrose mit umfangreichem Knochendefekt bei Status nach Trauma, Infekt oder bei schweren Deformitäten wie z.B. kongenitalen Fehlbildungen oder diabetischen Osteoarthropathien.

Kontraindikationen

Akuter Gelenkinfekt.
Schwere arterielle Verschlusskrankheit der betroffenen unteren Extremität.

Operationstechnik

Lateraler Zugang zur distalen Fibula. Fibulaosteotomie 7 cm proximal der Fibulaspitze. Zurückklappen der distalen Fibula nach dorsal und Darstellen des OSG. Vollständige Entknorpelung der Gelenkflächen und Débridement des Knochendefekts. Bestimmung der Defektgröße. Entnahme eines entsprechenden trikortikalen Beckenkammspans. Entnahme von autogener Spongiosa am Beckenkamm oder an der proximalen lateralen Tibia. Einbringen der trikortikalen Späne und Ausfüllen des Defekts mit abstützender Wirkung. Fixation mit 6,5-mm- und 3,5-mm-Titan-AO-Zugschrauben. Je nach Ausdehnung des Defekts zusätzliche Stabilisierung des Spans mit einer Titanplatte. Laterale Stabilisierung durch direkte Verschraubung der distalen Fibula an Talus und Tibia. Schichtweiser Wundverschluss. Gespaltener Unterschenkel- liegegipsverband in Neutralstellung des OSG.

Weiterbehandlung

Erster Wechsel des Gipsverbands nach 48 h. Mobilisation im abnehmbaren Unterschenkel liegegipsverband mit Vollentlastung für 6 Wochen. Teilbelastung mit 15 kg für weitere 6 Wochen. Erste klinische und radiologische Verlaufskontrolle 6 Wochen postoperativ.

Ergebnisse

Zwischen Januar 2002 und Januar 2004 wurden fünf Patienten (vier Frauen, ein Mann, Durchschnittsalter 57 Jahre

Abstract

Objective

Bony fusion of the ankle in a functionally favorable position for restitution of a painless weight bearing while avoiding a leg length discrepancy.

Indications

Disabling, painful osteoarthritis of the ankle with extensive bone defect secondary to trauma, infection, or serious deformities such as congenital malformations or diabetic osteoarthropathies.

Contraindications

Acute joint infection.
Severe arterial occlusive disease of the involved limb.

Surgical Technique

Lateral approach to the distal fibula. Fibular osteotomy 7 cm proximal to the tip of the lateral malleolus and posterior flipping of the distal fibula. Exposure of the ankle. Removal of all articular cartilage and debridement of the bone defect. Determination of the size of the defect and harvesting of a corresponding tricortical bone graft from the iliac crest. Also harvesting of autogenous cancellous bone either from the iliac crest or from the lateral part of the proximal tibia. Insertion of the tricortical bone graft and filling of the remaining defect with cancellous bone. Fixation with three 6.5-mm titanium lag screws. Depending on the extent of the defect additional stabilization of the bone graft with a titanium plate. Fixation of the lateral fibula on talus and tibia with two 3.5-mm titanium screws for additional support. Wound closure in layers. Split below-knee cast with the ankle in neutral position.

Results

Between January 2002 and January 2004 this technique was used in five patients with extensive bone defects (four women, one man, average age 57 years [42–77 years]). No intra- or early postoperative complications.

Oper Orthop Traumatol 2005;17:502–17

DOI 10.1007/s00064-005-1141-y

¹Fuß-/Sprunggelenkschirurgie, Uniklinik Balgrist, Zürich, Schweiz.

[42–77 Jahre]) mit schweren Knochendefekten im OSG behandelt. Keine intra- oder frühen postoperativen Komplikationen. Der AOFAS-Score (American Orthopedic Foot and Ankle Society) konnte von 23 Punkten präoperativ auf 76 Punkte (Maximum 86 Punkte) postoperativ verbessert werden (Durchschnittsverlauf 25 Monate). Zwei Patienten entwickelten eine Pseudarthrose und mussten sich einer erneuten Operation mit einem Sprunggelenkarthrodese-nagel unterziehen. Eine Valgusfehlstellung nach der Arthrodese wurde bei einer Patientin mit einer supramalleolären Korrekturosteotomie behandelt.

Schlüsselwörter

Arthrodese · Oberes Sprunggelenk · Beckenkammspan · Knochendefekt

Vorbemerkungen

Die Arthrodese des oberen Sprunggelenks (OSG) ist ein anerkanntes Behandlungsverfahren bei symptomatischen Arthrosen primärer, posttraumatischer oder postinfektiöser Art sowie bei schweren Deformitäten des Rückfußes oder als Rettungsmaßnahme bei gelockerten OSG-Totalendoprothesen [9, 16]. Verschiedene Techniken wurden bereits beschrieben [1, 2, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 19, 20]. Biomechanische Untersuchungen haben eine größere Stabilität der Schraubenarthrodese gezeigt [6, 14, 18]. Umfangreiche Knochendefekte stellen bei jeder Technik eine besondere Herausforderung für Operateur und Patienten dar, seien es freie vaskularisierte Verpflanzungen von Fibularansplantaten mit oder ohne Weichteilrekonstruktionen [4, 17] oder sog. Überbrückungsplastiken mit Beckenkammspanen.

Wir bevorzugen dabei eine Technik mit einem trikortikalen Beckenkammspan, eine sog. Beckenkammspan-Interpositionsarthrodese. Der Span dient sowohl der Defektfüllung als auch der strukturellen Abstützung. Durch eine schonende Entnahmetechnik am Beckenkamm können die Komplikationen an der Entnahmestelle minimiert werden. Die hohe Primärstabilität der Schraubenosteosynthese begünstigt die Integration des Knochenspanns und den Durchbau in korrekter Stellung.

The AOFAS (American Orthopedic Foot and Ankle Society) Score was improved from 23 points preoperatively to 76 points postoperatively (average follow-up time of 25 months). Two patients developed a nonunion and underwent a revision with an ankle arthrodesis nail. A valgus malposition after arthrodesis in one patient was corrected with a supramalleolar osteotomy.

Key Words

Arthrodesis · Ankle joint · Iliac crest graft · Bone defect

Introductory Remarks

Ankle arthrodesis is a universally accepted treatment for symptomatic primary, posttraumatic, or postinfectious osteoarthritis as well as for severe hindfoot deformities or for salvage procedures of a loosened total ankle arthroplasty [9, 16]. Various techniques have been described [1, 2, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 19, 20]. Biomechanical investigations have shown a greater stability of internal fixation with screws than with external fixation [6, 14, 18]. Extensive bone defects pose a challenge to surgeons and patients irrespective of the technique employed. Free pedicled fibular transplantations with or without soft-tissue reconstruction [4, 17] or so-called bridging plasties with iliac crest grafts have been recommended.

We prefer an interposition arthrodesis using a tricortical bone graft harvested from the iliac crest. The graft serves not only for filling of the defect, it acts also as a structural support between tibia and talus. Complications at the harvesting site can be minimized by a gentle harvesting technique. The initial high stability of the internal screw fixation favors the integration of the bone graft and consolidation in a perfect position.

Operationsprinzip und -ziel

Arthrodesis des OSG in funktionell günstiger Position unter Verwendung eines strukturellen trikortikalen autogenen Beckenkammspanns. Osteosynthese mit Zugschrauben oder zusätzlicher Titanplatte zur Wiedererlangung einer schmerzfreien Belastbarkeit der Gliedmaße.

Vorteile

- Minimaler Längenverlust der Gliedmaße.
- Erhöhung der Primärstabilität der Osteosynthese durch Abstützung mit strukturellem trikortikalem autogenen Knochenspan.
- Wiederherstellung der Konturen des OSG.

Nachteile

- Mögliche Beschwerden an der Entnahmestelle am Beckenkamm.
- Defekte > 5 cm nicht ohne Längenverlust korrigierbar.

Indikationen

- Schmerzhafte und invalidisierende Arthrose des OSG mit schwerem Knochendefekt bei posttraumatischen oder postinfektiösen Zuständen.
- Schwere, schmerzhafte Deformitäten des OSG bei kongenitalen Fehlbildungen und diabetischen oder neuropathischen Osteoarthropathien.
- Gelockerte OSG-Endoprothesen mit gleichzeitigen, umfangreichen Knochendefekten.

Kontraindikationen

- Akute Gelenkinfektion.

Relativ

- Periphere arterielle Verschlusskrankheit.
- Knochendefekte > 6 cm Länge.
- Schlechte Weichteilsituationen und dann nur in Kombination mit freier muskulokutaner Deckung.

Patientenaufklärung

- Allgemeine Operationsrisiken.
- Intraoperative Komplikationen wie Gefäß-, Nerven- oder Sehnenverletzungen. Besonders gefährdet sind Arteria tibialis anterior, Nervi peronei profundus und superficialis, Nervus suralis sowie die Sehnen der Musculi peronei longus und brevis.

Surgical Principles and Objective

Ankle fusion in a functionally favorable position using autogenous tricortical iliac crest grafts for structural support and filling of the remaining defect with cancellous bone. Internal fixation with lag screws and, if necessary, additional titanium plate. The goal is a return to a pain-free weight bearing.

Advantages

- Minimal leg length discrepancy.
- Increase of primary stability of the internal fixation with a tricortical autogenous bone graft.
- Restoration of ankle contours.

Disadvantages

- Possible discomfort at the harvesting site.
- Defects > 5 cm cannot be corrected without resulting in a leg length discrepancy.

Indications

- Painful and disabling osteoarthritis of the ankle accompanied by major bone defects secondary to trauma or infection.
- Severe painful ankle deformities secondary to congenital malformations or to diabetic or neuropathic osteoarthropathies.
- Loosened total ankle arthroplasty components accompanied by extensive bone defects.

Contraindications

- Acute joint infections.

Relative

- Peripheral arterial occlusive disease.
- Bone defects measuring > 6 cm in length.
- Poor soft-tissue coverage which requires a simultaneous free musculocutaneous transplantation.

Patient Information

- Usual surgical risks.
- Risk of intraoperative vessel, nerve, or tendon injuries. Particularly exposed are anterior tibial artery, deep and superficial peroneal nerve, sural nerve, long and short peroneal tendons.
- Risk of postoperative wound healing disturbances, infections or reflex sympathetic dystrophy.

- Postoperative Komplikationen wie Wundheilungsstörungen, Infektion oder Dystrophie.
- Knochenheilungsstörung, besonders häufig bei Diabetikern, Rauchern und Patienten mit bestehenden Durchblutungsstörungen.
- Mögliche Komplikationen im Entnahmegebiet des Beckenkammspans: Verletzung des Nervus cutaneus femoris lateralis, Nachblutung, Infektion, sog. Insuffizienzfraktur.
- Restbeschwerden.
- Korrekturverlust durch verzögerte oder ausbleibende Heilung: Sekundäre Korrekturosteotomien können erforderlich werden.
- Pseudarthrose und Möglichkeit der Revisionsoperation.
- Implantatbruch oder Implantatlockerung mit Notwendigkeit der Implantatentfernung.
- Mögliche Unterschenkelamputation bei sehr schweren, nicht beherrschbaren Komplikationen, wie z.B. Infektionen.
- Bei Erfolg der Arthrodese: Verbesserung der Gehfunktion und Schmerzfreiheit.
- Ausführliche Informationen über die Position des Fußes und die Folgen für den Schuhkomfort.
- Ruhigstellung im Liegegipsverband ohne Belastung für mindestens 6 Wochen notwendig, dann 6 Wochen Teilbelastung im Gehgipsverband bis zum vollständigen Knochendurchbau.
- Volle Belastung frühestens nach 3 Monaten möglich.
- Notwendigkeit einer optimalen Schuhversorgung zur Verbesserung der Gehfähigkeit.

Operationsvorbereitungen

- Konventionelle Röntgenaufnahmen des OSG anteroposterior (a.p.) und lateral im Stehen.
- Bei komplexen Deformitäten dreidimensionale Computertomographie des OSG.
- Photographische Dokumentation.
- Bei Diabetikern und Patienten mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit ausführliche angiologische Abklärungen, einschließlich Angiographie und evtl. präoperativer PTA (perkutane transluminale Angioplastie) zur Verbesserung der Gefäßsituation.
- Enthaarung, Desinfektion und steriles Einpacken des Unterschenkels am Abend vor dem Eingriff.
- Antibiotische Prophylaxe mit einmaliger Gabe eines Cephalosporins der zweiten Generation 30 min präoperativ.

- Delayed consolidation, particularly in diabetic patients, smokers and patients with impaired peripheral circulation.
- Possible complications at the harvesting site at the iliac crest: injury to the lateral femorocutaneous nerve, hemorrhage, infection, and fractured iliac crest.
- Persisting symptoms.
- Loss of correction due to delayed union or non-union: revision surgery may become necessary.
- Nonunion possibly requiring revision.
- Implant breakage or loosening necessitating implant removal.
- Risk of below-knee amputation in extremely serious, uncontrollable complications such as infections.
- Successful arthrodesis will result in improved gait and freedom from pain.
- Detailed explanation of the postoperative foot position and its influence on shoe selection.
- Immobilization in a below-knee non-walking cast for at least 6 weeks followed by 6 weeks partial weight bearing in a walking cast until complete bony fusion.
- Full weight bearing at the earliest after 3 months.
- Need for specially adapted shoes to improve gait.

Preoperative Work Up

- Anteroposterior (AP) and lateral weight bearing radiographs.
- For complex deformities: three-dimensional computed tomography.
- Photographic documentation.
- For diabetic patients and those with peripheral arterial occlusive disease: detailed vascular investigations including angiography and possibly percutaneous transluminal angioplasty to improve circulation.
- Epilation, disinfection, and sterile wrapping of lower leg at the evening before surgery.
- A single shot of second-generation cephalosporin 30 min before surgery.

Surgical Instruments and Implants

- Basic orthopedic set.
- Oscillating saw.
- Bone spreader, straight and slightly curved chisels (Lambotte chisels), curettes.
- Set for bone graft harvesting from iliac crest.
- Drill, 4.5-mm and 3.2-mm drill bits for 6.5-mm lag screws, 3.5-mm and 2.5-mm drill bits for 3.5-mm

Instrumentarium und Implantate

- Orthopädisches Grundsieb.
- Oszillierende Säge.
- Knochenspreizer, gerade und leicht gebogene Meißel (Lambotte-Meißel), scharfe Löffel.
- Set für Knochenspanentnahme am Beckenkamm.
- Universalbohrer (4,5-mm- und 3,2-mm-Bohrer für 6,5-mm-Zugschrauben, 3,5-mm- und 2,5-mm-Bohrer für 3,5-mm-Schrauben).
- 6,5-mm- und 3,5-mm-AO-Titanschrauben, Drittelrohr-AO-Titanplatten.
- Steril abgedeckter Bildwandler.

Anästhesie und Lagerung

- Allgemeinnarkose oder Regionalanästhesie (Spinalanästhesie).
- Poplitealkatheter zur postoperativen Analgesie [5]. Der Poplitealblock wird mit 50 ml Ropivacain 0,5% durchgeführt. Der Block wird für 48 h durch patientenkontrollierte Anästhesie mit Ropivacain 0,2% oder 0,3% 5 ml/h erhalten.
- Rückenlage, sterile Abdeckung des ipsi- oder kontralateralen Beckenkamms.
- Sterile Abdeckung bis auf Höhe des Kniegelenks: Klinische Beurteilung der Beinachse einschließlich der Rotation des Unterschenkels (Abbildung 1).
- Pneumatische Oberschenkelblutsperre.

screws, 2.0-mm drill bit for freshening of resection surfaces.

- 6.5-mm and 3.5-mm AO titanium screws, third tubular titanium AO plates.
- Sterile-draped image intensifier.

Anesthesia and Positioning

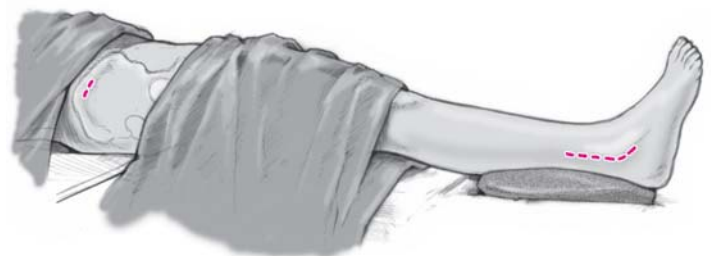
- General or regional (spinal) anesthesia.
- Popliteal catheter for postoperative analgesia [5]. The popliteal block is performed with ropivacaine 0.5%, 50 ml through a perineural catheter. The block is maintained for 48 h and patient-controlled anesthesia with ropivacaine 0.2% or 0.3% 5 ml/h.
- Supine, sterile draping of the ipsi- or contralateral iliac crest.
- Sterile draping up to the level of the knee: clinical assessment of the leg axis including rotation of the lower leg (Figure 1).
- Tourniquet at thigh.

Abbildung 1

Rückenlage, sterile Abdeckung des ipsi- oder kontralateralen Beckenkamms, sterile Abdeckung bis auf Höhe des Kniegelenks.

Figure 1

Supine, sterile draping of the ipsi- or contralateral iliac crest, sterile draping up to the level of the knee.



Operationstechnik

Abbildungen 2 bis 13

Abbildung 2

Ventrolateraler Hautschnitt entlang der distalen Fibula, distal leicht nach ventral bis auf Höhe des Sinus tarsi laufend.

Figure 2

Anterolateral skin incision overlying the distal fibula, distally turning slightly anterior up to the level of the sinus tarsi.

Surgical Technique

Figures 2 to 13

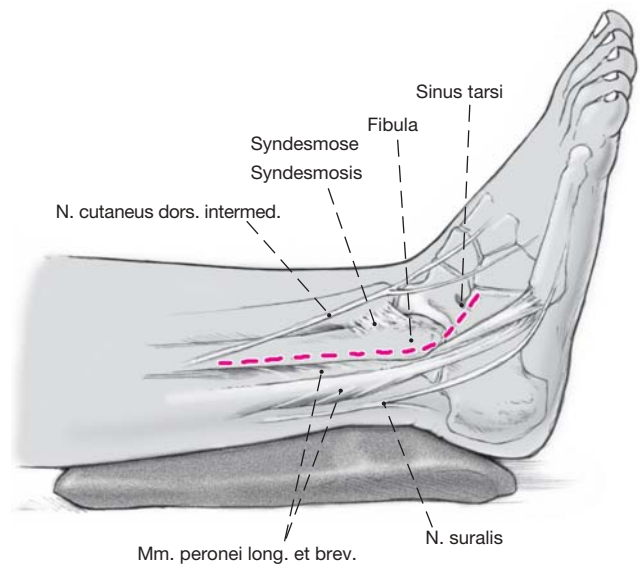


Abbildung 3

Längsspalten des subkutanen Gewebes und Darstellen der ventralen Syndesmose. Die ventrale Syndesmose wird durchtrennt und mit dem Luer reseziert.

Figure 3

Longitudinal division of the subcutaneous tissues and exposure of the anterior syndesmosis. The anterior part of the syndesmosis is divided and resected with a rongeur.

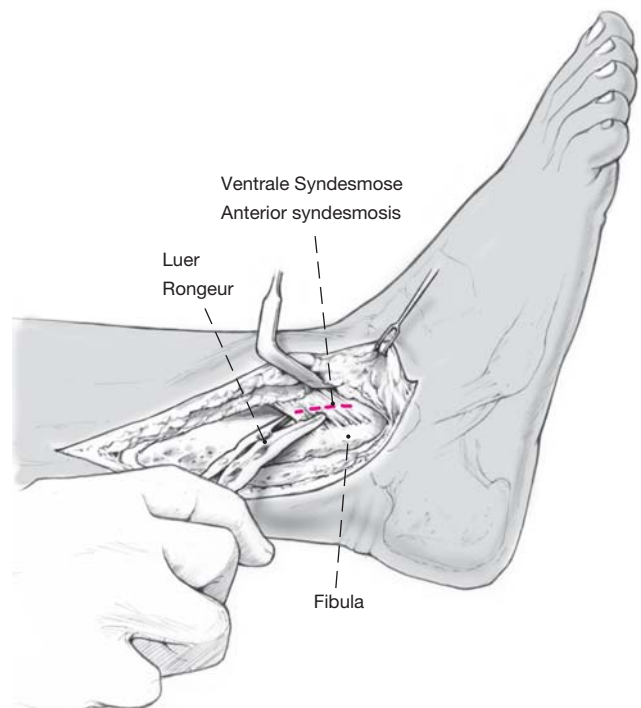


Abbildung 4

Darstellen der Fibula bis ca. 10 cm proximal der Außenknöchelspitze. Schräge Fibulaosteotomie mit der oszillierenden Säge 7 cm proximal der Fibulaspitze. Resektion eines 1 cm breiten Fibulafragments.

Figure 4

Exposure of the fibula up to 10 cm proximal to the tip of the lateral malleolus. Oblique fibular osteotomy with an oscillating saw 7 cm proximal to the tip of the lateral malleolus. Resection of a 1 cm broad segment of the fibula.

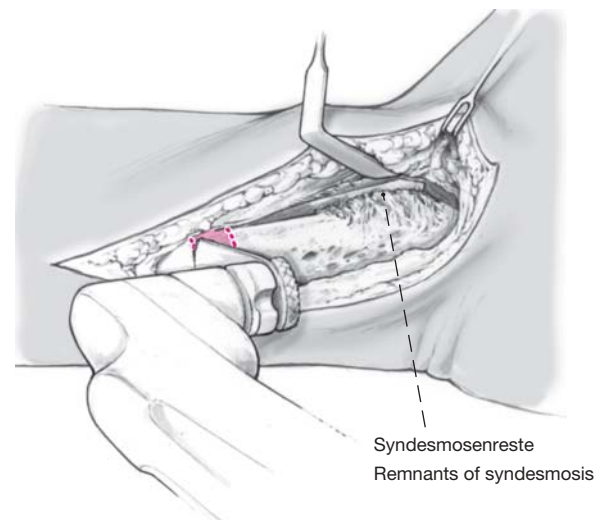
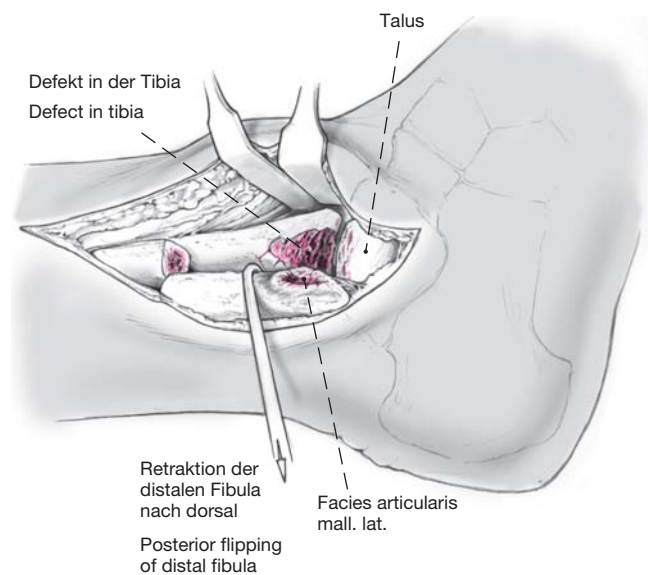


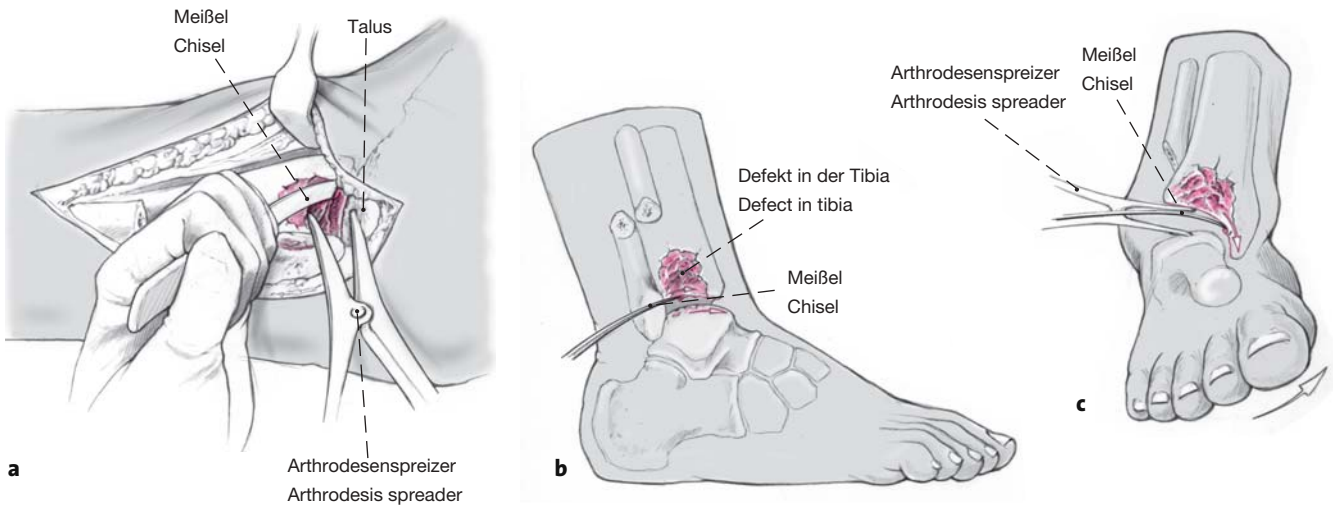
Abbildung 5

Retraktion der distalen Fibula nach dorsal. Darstellen des OSG.

Figure 5

Posterior flipping of the distal fibular fragment and exposure of the ankle.





Abbildungen 6a bis 6c

Vollständiges Entknorpeln der Gelenkflächen mit dem geraden und leicht gebogenen Meißel von lateral nach medial (a). Bei diesem Schritt sollten die Konkavität der distalen Tibiafläche und die Konvexität der Talusoberfläche möglichst erhalten bleiben. Vollständiges Débridement des Knochendefekts bis in gesunde Spongiosabezirke (b). Durch maximale Innendrehung des Fußes darstellen und Entknorpeln der medialen Gelenkfläche zwischen medialem Malleolus und medialer Talusfläche (c). Abmessen der Größe des Knochendefekts.

Figures 6a to 6c

Complete removal of cartilage of all articular surfaces with straight and slightly curved chisels proceeding from lateral to medial (a). In doing so the concavity of the remaining distal tibial joint surface and the convexity of the talar dome should be preserved as much as possible. Complete debridement of the bone defect down to healthy cancellous bone (b). With the foot in maximal internal rotation exposure of the joint surfaces between medial malleolus and medial talar surface and removal of articular cartilage (c). Assessment of the size of the bone defect.

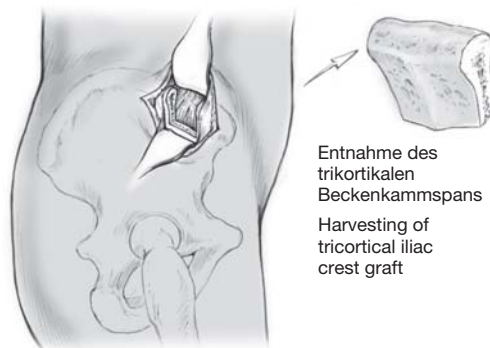


Abbildung 7

Gerader Hautschnitt von ca. 6 cm Länge 1 cm unterhalb der Crista iliaca anterior. Längsspalten der Subkutis und subperiostale Darstellung der Crista. Entnahme eines trikortikalen Beckenkammspanns, der in Länge und Höhe dem OSG-Defekt entspricht. Entnahme von autogener Spongiosa mit dem scharfen Löffel.

Einbringen von hämostatischem Material (z.B. Spongostan®, Johnson & Johnson) in den Beckenkammdefekt. Legen eines Schmerzkatheters. Fortlaufender Verschluss des Periosts mit Vicryl-Faden 1.0. Schichtweiser Wundverschluss, Einlegen einer subkutanen Redon-Drainage.

Figure 7

Straight, 6 cm long skin incision, 1 cm below the anterior part of the iliac crest. Longitudinal division of the subcutaneous tissues and subperiosteal exposure of the crest. Harvesting of a tricortical iliac crest graft corresponding in length and height to the defect in the distal tibia. Also harvesting of cancellous bone with a curette.

Packing of the defect with hemostatic material such as Spongostan® (Johnson & Johnson). Placement of a catheter for analgesia. Running suture of the periosteum with Vicryl 1.0. Wound closure in layers, subcutaneous suction drain.



Abbildung 8

Vorbereitung des trikortikalen Beckenkammspans: Entfernung der Weichteile und Schnitt des Spans auf die gewünschte Länge.

Figure 8

Preparation of the tricortical bone graft: freeing from soft tissues and tailoring of the graft to the desired length.

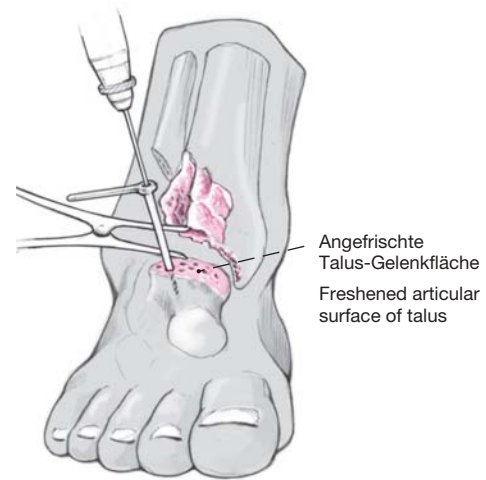
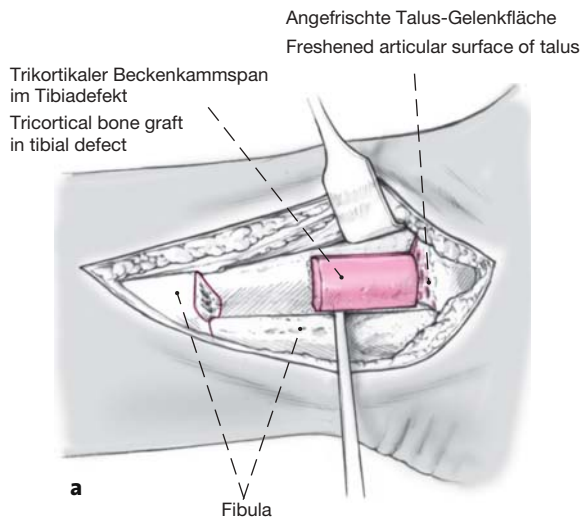


Abbildung 9

„Anfrischung“ der Resektionsflächen im OSG mit dem 2,0-mm-Bohrer.

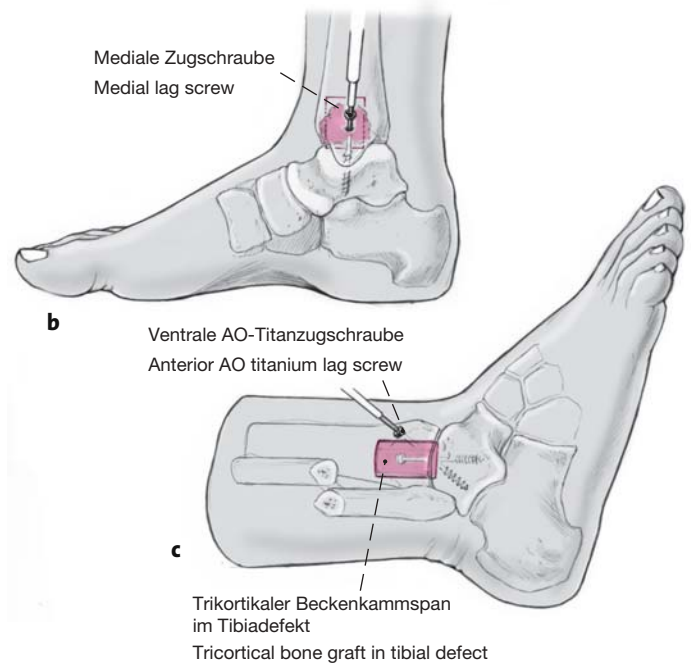
Figure 9

Freshening of the resection surfaces of the ankle with a 2.0-mm drill bit.



Abbildungen 10a bis 10c

Nach Einstellen des Gelenks in der gewünschten Stellung (90° Dorsal-/Plantarflexion, 10° Außenrotation, Fuß plantigrad) Einbringen des Spans in den Defekt (a). In dieser Stellung Einbringen einer 6,5-mm-AO-Titanzugschraube (Bohren: 4,5 mm und 3,2 mm!) vom medialen Malleolus in Richtung Talus in einem Winkel von 60° (b). Eine zweite 6,5-mm-AO-Titanzugschraube wird von der ventralen Tibia in Richtung des dorsalen Taluskörpers eingebracht (c). Die Stellung der Arthrodesis ist jetzt gegeben.



Figures 10a to 10c

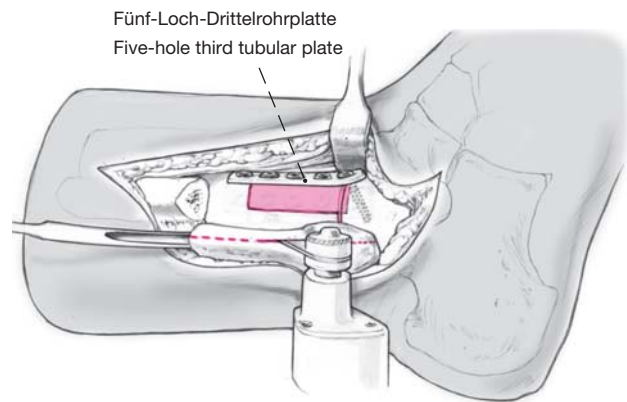
After positioning of the ankle in the determined neutral null position (90° dorsiplantar flexion, 10° external rotation, foot plantigrade), placing of the bone graft into the defect (a). With the foot in the determined position insertion of a 6.5-mm AO titanium lag screw (drilling: 4.5 mm and 3.2 mm) from the medial malleolus in direction of the talus at an angle of 60° (b). A second 6.5-mm AO titanium lag screw is inserted into the anterior tibia in direction of the posterior part of the talar body (c). The definite position of the arthrodesis has now been obtained.

Abbildung 11

Stabilisierung des Spans mit einer ventral gelegenen Drittelrohrplatte; sie überbrückt den Span und wird in Talus und Tibia verschraubt. Eine dritte 6,5-mm-AO-Titanzugschraube wird von der dorsalen Tibia in Richtung Taluskopf eingebracht.

Figure 11

Stabilization of the bone graft with a third tubular plate placed anteriorly. The plate bridges the bone graft and is attached with screws to talus and tibia. A third 6.5-mm AO titanium lag screw is introduced from the posterolateral aspect of the tibia into the talar head.



Abbildungen 12a und 12b

Vorbereitung der distalen Fibula mit horizontalem Absägen der Knorpeloberfläche (a). Fixation der distalen Fibula lateral am Talus und an der Tibia mit zwei 3,5-mm-AO-Titanzugschrauben (b).

Figures 12a and 12b

Preparation of the distal fibular fragment: horizontal resection of the articular cartilage with a saw (a), fixation of the fragment to talus and tibia with two 3.5-mm AO titanium lag screws (b).

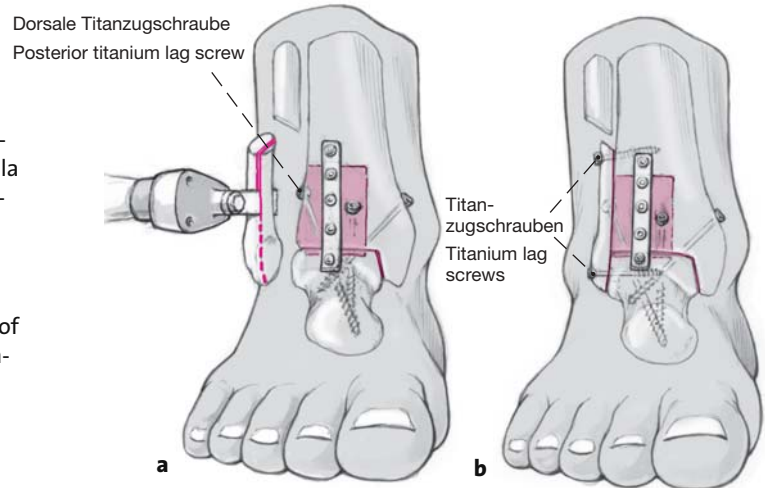
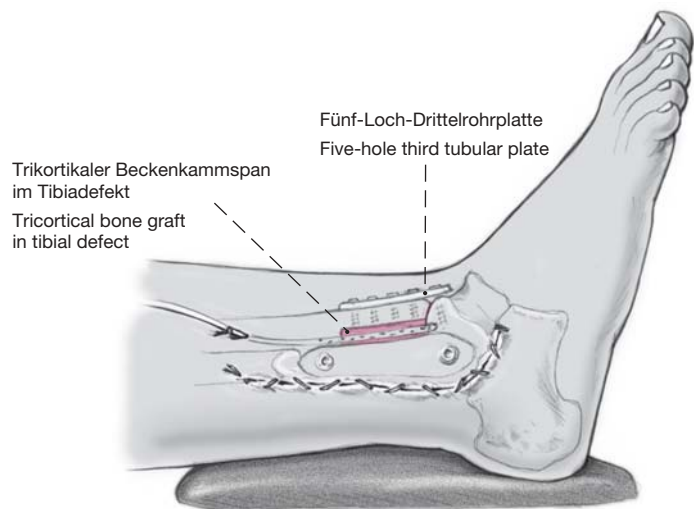


Abbildung 13

Einlegen einer subkutanen Redon-Drainage und schichtweiser Wundverschluss mit subkutanen Einzelnähten (Monocryl 4.0) und fortlaufender Hautnaht (Ethicrin 4.0).

Figure 13

Subcutaneous suction drain. Wound closure in layers with subcutaneous interrupted 4.0 sutures and running 4.0 skin suture.



Postoperative Behandlung

- Steriler Verband. Gespaltener Unterschenkelgipsverband in Neutralstellung des OSG.
- Antibiotische Kurzprophylaxe mit Cefuroxim (Zinacef®) 3 × 1,5 g intravenös für 24 h.
- Rückenlage, operiertes Bein auf Sandkissen.
- Erster Verbands- und Gipsverbandwechsel 48 h postoperativ, Applikation eines gespaltenen Gipsverbandes aus Kunststoff (Scotch-Cast®, 3M, 3M Center, St. Paul, MN, USA).
- Entfernung der Redon-Drainage und des Poplitealkatheters 48 h postoperativ.
- Mobilisation am Gehwagen mit voller Entlastung des operierten Beins ab dem 1. postoperativen Tag.
- Mobilisation an zwei Unterarmstöcken ab dem 2. postoperativen Tag im Unterschenkelgipsverband mit voller Entlastung für 6 Wochen.
- Thrombose-/Embolieprophylaxe mit niedermolekularem Heparin (z.B. Fraxiparin®-Fertigspritzen einmal täglich) gemäß Körpergewicht für die Zeit der Ruhigstellung im Gipsverband.
- Steriler Verbandswechsel alle 48 h bis zur Fadenentfernung 14 Tage postoperativ.
- Erste klinische und radiologische Verlaufskontrolle 6 Wochen postoperativ.
- Bei beginnender Konsolidierung Teilbelastung mit 15 kg im Unterschenkelgipsverband für weitere 6 Wochen.
- Physiotherapie zur allgemeinen Kräftigung, Gehschule und Lymphdrainage ab der 7. postoperativen Woche.
- Zweite klinische und radiologische Verlaufskontrolle 12 Wochen postoperativ.
- Beim regelrechten Durchbau der Arthrodesis volle Belastung im stabilen hohen Schuh (z.B. Künzli Schuh®, Künzli AG, Hauserstraße 47, 5310 Windisch, Schweiz) erlaubt. Beenden der Antikoagulation.
- Bei vorwiegend sitzender Tätigkeit Wiederaufnahme der Arbeit mit 50%igem Pensum ab der 13. Woche für 4 Wochen und 100%igem Pensum ab der 17. Woche erlaubt.
- Bei vorwiegend stehender Tätigkeit Beginn mit 50%igem Pensum ab der 17. Woche bis Ende des 6. Monats. Steigerung auf 100% ab dem 7. postoperativen Monat.
- Optimale Schuhversorgung mit orthopädischem Serienschuh mit Pufferabsatz, rückversetzter Abrollhilfe und Fußbettung nach Maß.
- Nächste klinische und radiologische Verlaufskontrolle 6 Monate und 1 Jahr postoperativ.

Postoperative Management

- Sterile dressing. Split below-knee cast with the ankle in neutral position.
- Zinacef® (cefuroxime sodium) 3 × 1.5 g during first 24 h.
- Supine, operated leg on sand bag.
- First dressing and cast change after 48 h, split fiberglass (Scotch cast®, 3M, 3M Center, St. Paul, MN, USA).
- Removal of suction drain and of popliteal catheter on day 2.
- Mobilization with a walker without any weight bearing on the operated limb on day 1.
- Use of forearm crutches from day 2 on without any weight bearing on the below-knee walking cast for 6 weeks.
- Prevention of thrombophlebitis with low molecular heparin (such as fragmin in prefilled syringes according to body weight, once daily) during time of cast immobilization.
- Sterile dressing change every 2 days up to the moment of suture removal at day 14.
- First clinical and radiologic control at 6 weeks.
- Once consolidation has begun, partial weight bearing (15 kg) in below-knee walking cast for an additional 6 weeks.
- Strengthening and gait exercises as well as lymph drainage starting at week 7.
- Second clinical and radiologic control at 12th week.
- Once consolidation is complete, full weight bearing in a solid boot (such as Künzli Shoe®, Künzli AG, Hauserstraße 47, 5310 Windisch, Switzerland). Discontinuation of anticoagulation.
- For sedentary workers 50% resumption of work at week 13 for the duration of 4 weeks and full-time work at week 17.
- For work requiring standing resumption of 50% activities at week 17 until the end of 6th month, increase to 100% starting the 7th postoperative month.
- Provision of proper orthopedic shoes with elastic heel, rocker-bottom sole and made to measure insoles.
- Clinical and radiologic control after 6 and 12 months.

Errors, Hazards, Complications

- Incomplete removal of articular cartilage, inadequate freshening of contact surfaces, improper screw positioning, and insufficient compression: absent consolidation, nonunion, malalignment: revision.
- Faulty position of tricortical bone graft: subsidence into resection surfaces, inadequate support, healing

Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Unvollständige Entknorpelung der Gelenkflächen und unvollständige Anfrischung der Gelenk- und Knochenflächen, nicht optimale Schraubenlage und ungenügende Kompression: Fehlender Durchbau, Pseudarthrose, Fehlstellung: Revisionsoperation.
- Fehlerhafte Platzierung des trikortikalen Spans: Einsinken der Resektionsflächen, ungenügende Abstützung, Heilung in Fehlstellung: Revisionsoperation evtl. erforderlich.
- Intraoperative Verletzung wichtiger anatomischer Strukturen wie Sehnen, Nerven und Gefäße: Naht, ggf. unter mikrochirurgischen Bedingungen. Besonders gefährdet sind die Peronealsehnen direkt dorsal des distalen Fibulafragments und der Nervus peroneus superficialis bei seinem Austritt aus der Peronealloge am ventrolateralen Unterschenkel. Die anderen wichtigen anatomischen Strukturen wie Arteria tibialis anterior und Nervus peroneus profundus sind besser geschützt und daher bei dem beschriebenen Zugang nicht unmittelbar gefährdet.
- Frühe postoperative Infektion: Sofortige Revision mit Débridement, Drainage und Gewebebiopsien zur bakteriologischen Untersuchung. Gezielte intravenöse antibiotische Therapie gemäß Antibiotogramm.
- Fehlender radiologischer Durchbau und anhaltende belastungsabhängige Schmerzen nach 6 Monaten: Computertomographie. Revisionsoperation erwägen.
- Arthrodese in Fehlstellung: Sekundäre Korrekturosteotomie.
- Störende Schrauben bei gesichertem Durchbau der Arthrodese: Entfernung der Schrauben, frühestens nach 6 Monaten.

Ergebnisse

Zwischen Januar 2002 und Januar 2004 wurden fünf Patienten (vier Frauen, ein Mann, Durchschnittsalter 58 Jahre [42–77 Jahre]) mit schweren Knochendefekten im OSG mit einer Beckenkammspan-Interpositionsarthrodese behandelt. Ursache des Knochendefekts war in einem Fall (Patientin D.D.) ein Zustand nach schwerer, offen reponierter und verschraubter Pilon-tibiale-Fraktur mit konsekutivem devaskularisierten Knochenfragment im Bereich der distalen Tibia. Der Patient S.S. litt an den Folgen einer offen reponierten und verschraubten multifragmentären intraartikulären Pilon-tibiale-Fraktur mit konsekutiver Infektion, ausgeprägtem Débridement und Implantation eines Zementspacers. Die Patientin R.E. wies einen Zustand nach offener Reposition und Schrauben-/Plattenosteosynthese einer bimalle-

with malalignment: revision may become necessary.

- Intraoperative injury to important anatomic structures such as tendons, nerves, and vessels: suture, if necessary using microsurgical techniques. Particularly prone to injury are the peroneal tendons that lie directly posterior to the distal fibular fragment and the superficial peroneal nerve at its exit point from the peroneal compartment at the anterolateral aspect of the lower limb. Other important structures such as the anterior tibial artery and deep peroneal nerve are better protected and not exposed to injury by the described approach.
- Early postoperative infection: immediate revision with debridement, drainage, and tissue biopsies for culture and sensitivity test. Specific intravenous antibiotic therapy based on result of sensitivity test.
- Radiologically proven absent consolidation and persistent pain on weight bearing after 6 months: computed tomography, consider revision.
- Malunion of arthrodesis: corrective osteotomy.
- Screws giving rise to symptoms after complete consolidation: screw removal at the earliest after 6 months.

Results

Between January 2002 and January 2004 we operated five patients (four women and one man, average age 57 years [42–77 years]) who presented with a severe bone defect of the ankle and were treated with an interposition arthrodesis. A tibial plafond fracture openly reduced and fixed by screws leading subsequently to a devitalized bone fragment at the level of the distal tibia was the cause of the defect in one patient (D.D.). Patient S.S. suffered from a comminuted intraarticular tibial plafond fracture, that was treated by open reduction and internal screw fixation. An infection ensued necessitating an extensive debridement and implantation of a cement spacer. The third patient (R.E.) presented with a fracture dislocation of the ankle treated with open reduction and internal fixation with subsequent infection and malalignment in valgus and external rotation. The fourth patient (F.U.) had a congenital nonunion of the tibia treated by repeated attempts at stabilization resulting in a marked valgus malalignment of the hindfoot and nonunion of the distal fibula. The last patient (S.A.) consulted for a rupture of the deltoid ligament and valgus instability of the hindfoot after total ankle arthroplasty.

All patients had an average of four previous interventions (three to seven; Table 1). In none of the ar-

olären Luxationsfraktur mit nachfolgender Infektion und Fehlheilung in Valgus- und Außenrotationsfehlstellung auf. Die Patientin F.U. zeigte nach mehrmaligen Stabilisierungsoperationen bei kongenitaler Tibiapseudarthrose eine massive Valgusfehlstellung des Rückfußes und Pseudarthrose der distalen Fibula. Die Patientin S.A. wies einen Zustand nach Implantation einer OSG-Totalprothese mit konsekutiver Ruptur des Ligamentum deltoideum und instabiler Valgusfehlstellung des Rückfußes auf.

Alle Patienten waren im Durchschnitt viermal (drei- bis siebenmal) voroperiert worden (Tabelle 1). Bei keiner Arthrodesis traten intra- oder frühe postoperative Komplikationen auf.

Alle Patienten wurden klinisch und radiologisch nach durchschnittlich 25 Monaten (12–36 Monate) nachkontrolliert. Bei drei Patienten war die Arthrodesis durchgebaut. Eine Patientin wies eine Valgusfehlstellung auf, und zwei Patienten litten an einer Pseudarthrose (Tabelle 2).

Abbildung 14 zeigt den radiologischen Verlauf bei der 71-jährigen Patientin R.E. (Abbildung 14a: Zustand vor der Arthrodesis; Abbildung 14b: 16 Monate postoperativ). Die Patientin weist einen vollständigen

throdeses intra- oder early postoperative complications were encountered.

The patients were examined clinically and radiologically after an average of 25 months (12–36 months). A bony consolidation occurred in three patients, one patient showed a valgus malalignment, and two patients experienced a nonunion (Table 2).

Figure 14 documents the radiologic evolution in the 71-year-old patient R.E. (Figure 14a: state before arthrodesis; Figure 14b: findings 16 months postoperatively). The complete bony consolidation in perfect position is evident, and the patient is free of pain ever since.

Figure 15 shows the radiologic course of patient S.S. After treatment of a tibial plafond fracture (Figures 15a and 15b) he developed an infection that was treated with a temporarily implanted cement spacer (Figure 15c). An arthrodesis with interposition of a 5 cm long iliac crest graft was performed after the infection had healed (Figure 15d). Subsequently, a nonunion developed (Figure 15e). On account of the poor talar bone stock we resorted to an ankle arthrodesis nail. 6 months after this intervention a beginning consolidation was noted allowing full weight bearing (Figure 15f).

Tabelle 1

Patientendaten. M: männlich; OSG: oberes Sprunggelenk; W: weiblich.

| Patient | Geschlecht | Alter (Jahre) | Indikation zur OSG-Arthrodesis | Anzahl Voroperationen am OSG |
|---------|------------|---------------|---|------------------------------|
| FU | W | 48 | Schwere Valgusfehlstellung bei Zustand nach kongenitaler Tibiapseudarthrose | 7 |
| DD | W | 42 | Zustand nach Pilon-tibial-Fraktur, fehlende Heilung mit nekrotischem Knochenfragment distale Tibia | 3 |
| RE | W | 71 | Schwere Valgusfehlstellung bei Zustand nach Infekt und Fehlheilung nach Osteosynthese einer Bimalleolarluxationsfraktur | 5 |
| SA | W | 77 | Schwere Valgusfehlstellung bei Ruptur des Ligamentum deltoideum bei Zustand nach Implantation einer OSG-Totalprothese | 3 |
| SS | M | 54 | Zustand nach Pilon-tibial-Fraktur, Zustand nach Infekt distale Tibia, Débridement und Zementspacer-Implantation mit konsekutivem Defekt distale Tibia | 5 |

Table 1

Patient collective. F: female; M: male.

| Patient | Sex | Age (years) | Indication for ankle arthrodesis | Number of previous operations |
|---------|-----|-------------|---|-------------------------------|
| FU | F | 48 | Pronounced valgus malalignment, state after congenital nonunion of tibia | 7 |
| DD | F | 42 | State after tibial plafond fracture, absent consolidation, necrotic bone fragment distal tibia | 3 |
| RE | F | 71 | Pronounced valgus malalignment, state after infection and malunion after internal fixation of fracture-dislocation | 5 |
| SA | F | 77 | Pronounced valgus malalignment, rupture of the deltoid ligament, state after total ankle arthroplasty | 3 |
| SS | M | 54 | State after tibial plafond fracture, infection of distal tibia treated with debridement and implantation of cement spacer resulting in defect of distal tibia | 5 |

Tabelle 2

Ergebnisse. AOFAS: American Orthopedic Foot and Ankle Society; M: männlich; W: weiblich.

| Patient | Geschlecht | Alter (Jahre) | Länge Beckenkammspan (cm) | AOFAS-Score präop. | AOFAS-Score postop. (max. 86 Punkte) | Komplikationen | Revisionsoperationen |
|---------|------------|---------------|---------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| FU | W | 48 | 2,5 | 31 | 82 | Keine | Keine |
| DD | W | 42 | 3,5 | 27 | 42 | Pseudarthrose | Revisionsarthrodese mit Nagel |
| RE | W | 71 | 4,0 | 4 | 82 | Keine | Keine |
| SA | W | 77 | 5,0 | 34 | 64 | Valgusfehlstellung | Korrekturosteotomie |
| SS | M | 54 | 5,0 | 27 | 52 | Pseudarthrose | Revisionsarthrodese mit Nagel |

Table 2

Results. AOFAS: American Orthopedic Foot and Ankle Society; F: female; M: male.

| Patient | Sex | Age (years) | Length of bone graft (cm) | AOFAS Score preop. | AOFAS Score postop. (max. 86 points) | Complications | Revision surgery |
|---------|-----|-------------|---------------------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| FU | F | 48 | 2.5 | 31 | 82 | None | None |
| DD | F | 42 | 3.5 | 27 | 42 | Nonunion | Revision arthrodesis with nail |
| RE | F | 71 | 4.0 | 4 | 82 | None | None |
| SA | F | 77 | 5.0 | 34 | 64 | Valgus malalignment | Corrective osteotomy |
| SS | M | 54 | 5.0 | 27 | 52 | Nonunion | Revision arthrodesis with nail |

Durchbau der Arthrodese in korrekter Stellung auf und ist völlig beschwerdefrei.

In Abbildung 15 ist die Rekonstruktion bei dem Patienten S.S. dargestellt. Nach Versorgung einer Pilon-tibiale-Fraktur (Abbildungen 15a und 15b) kam es zu einer Infektion, welche vorübergehend mit einem Zement-

Patient D.D., a heavy smoker and alcoholic with paralysis of the ipsilateral upper limb, also suffered from a nonunion necessitating a revision consisting of implantation of cancellous bone harvested from the proximal ipsilateral tibia. In spite of the intervention the nonunion persisted leading to the insertion of an

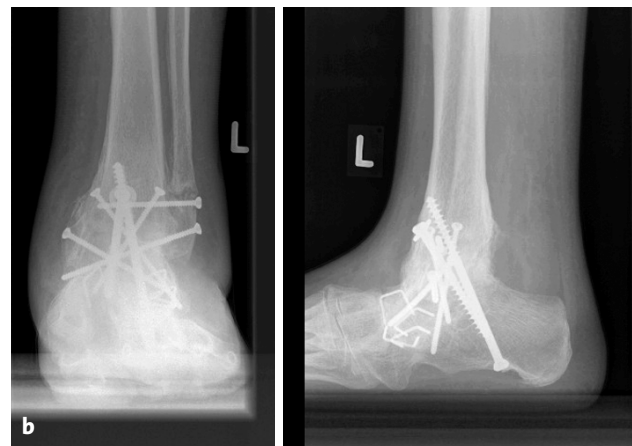


Abbildungen 14a und 14b

Patientin R.E., 71 Jahre alt.

a) Präoperative Röntgenbilder (OSG a.p. und seitlich). Zustand nach Versorgung einer bimalleolären Fraktur und anschließender Infektion. Vollständige Destruktion des OSG und groteske Valgusdeformität mit lateralem Knochendefekt.

b) Postoperative Röntgenbilder (OSG a.p. und seitlich) 16 Monate nach Beckenkammspan-Interpositionsarthrodese. Physiologische Stellung des Rückfußes, Wiederherstellung der Länge und vollständige Integration des Spans.



Figures 14a and 14b

Patient R.E., 71 years old.

a) Preoperative AP and lateral radiographs. State after bimalleolar fracture-dislocation, infected subsequently. Note the complete destruction of the ankle joint, the impressive valgus deformity as well as the lateral bone defect.

b) AP and lateral radiographs taken 16 months postoperatively. Optimal hindfoot position, restoration of length, and complete integration of bone graft.

spacer behandelt wurde (Abbildung 15c). Nach Abheilung der Infektion wurde die Arthrodesis mit Interposition eines 5 cm langen Beckenkammspans durchgeführt (Abbildung 15d). Im Verlauf entwickelte sich eine Pseudarthrose (Abbildung 15e). Aufgrund der schlechten Knochenqualität im Bereich des Talus entschieden wir uns bei diesem Patienten für einen Verfahrenswechsel auf einen Sprunggelenkarthrodesennagel. 6 Monate nach diesem Eingriff zeigt der Patient eine beginnende Konsolidierung im Bereich der Arthrodesis und belastet seinen Fuß voll (Abbildung 15f).

Die 42-jährige Patientin D.D., eine starke Raucherin und Alkoholikerin, mit einer Lähmung des ipsilateralen Arms zeigte ebenfalls eine Pseudarthrose und musste erneut operiert werden. Es wurde eine Revisionsarthrodesis mit Spongiosaplastik aus der proximalen ipsilateralen Tibia durchgeführt. Trotz dieses erneuten Eingriffs kam es nicht zum Durchbau der Ar-

ankle arthrodesis nail. Early signs of consolidation were observed after 6 months at the time when the patient was able to bear full weight.

The patients R.E., S.A., and F.U. having the longest follow-up (32 months [28–38 months]) were submitted to the hindfoot score of the American Orthopedic Foot and Ankle Society (AOFAS) [11]. The score improved from 23 points (4–34 points) preoperatively to 76 points (64–82 points) postoperatively (maximum 86 points). A symptomatic valgus malalignment of the hindfoot in patient S.A. necessitated a supramalleolar varus osteotomy. None of the three patients showed evidence of degenerative arthritis. The follow-up of our series is rather short, and longer clinical and radiologic follow-up examinations are needed to find out whether this tendency will persist.

Only a few publications in regard to the technique of iliac crest bone graft interposition into the ankle are



Abbildungen 15a bis 15f

Patient S.S., 54 Jahre alt.

- a) Schwere Pilon-tibiale-Fraktur.
- b) Platten- und Schraubenosteosynthese.
- c) Infektisanierung nach Entfernung des Osteosynthesematerials und Implantation eines Zementspacers. Stabilisierung mit Fixateur externe.
- d) Beckenkammspan-Interpositionsarthrodesis. Ein 5 cm langer Span wurde lateral eingebracht und mit einer AO-Drittrohrplatte stabilisiert.
- e) Entwicklung einer Pseudarthrose mit Kollaps des Spans und Bruch des Osteosynthesematerials.
- f) Situation 6 Monate nach definitiver Versorgung mit Sprunggelenkarthrodesennagel.

Figures 15a to 15f

Patient S.S., 54 years old.

- a) Severe tibial plafond fracture.
- b) Internal fixation with plate and screws.
- c) Removal of implants, treatment of infection, and insertion of cement spacer. Stabilization with external fixator.
- d) Interposition arthrodesis with iliac bone graft. The 5 cm long graft had been inserted from lateral and stabilized with an AO third tubular plate.
- e) Development of a nonunion, subsidence of the bone graft, and breakage of the implants.
- f) Status 6 months after revision and internal fixation with an ankle arthrodesis nail.

throdese, und es wurde auf einen Sprunggelenkarthrodeseennagel gewechselt. 6 Monate nach diesem Eingriff zeigt die Patientin eine beginnende Konsolidierung und belastet ihren Fuß voll.

Bei den drei Patientinnen R.E., S.A. und F.U. mit der längsten Verlaufsbeobachtung (durchschnittlich 32 Monate [28–38 Monate]) konnte der Rückfußscore der American Orthopedic Foot and Ankle Society (AO-FAS-Score [11]) von 23 Punkten (4–34 Punkte) präoperativ auf 76 Punkte (64–82 Punkte; Maximum 86 Punkte) postoperativ verbessert werden. Bei der 77-jährigen Patientin S.A. war die Arthrodese in einer störenden Valgusstellung konsolidiert und musste durch eine zusätzliche supramalleoläre Varisationsosteotomie korrigiert werden. Keine der drei Patientinnen entwickelte weitere degenerative Veränderungen der Nachbargelenke. Der Nachuntersuchungszeitraum der gesamten Serie ist sehr kurz, und weitere klinische und radiologische Kontrollen werden nötig sein, um diese Tendenz zu beurteilen.

In der Literatur findet man wenige Publikationen, die spezifisch über die Technik der Beckenkammspan-Interpositionsarthrodese des OSG referieren. Bei den konventionellen Arthrodesetechniken ohne Interposition eines Beckenkammspanns werden Pseudarthrosenraten bei OSG-Arthrodese bis zu 35% und Infekthäufigkeiten zwischen 3% und 25% berichtet [3]. In einer Serie von elf Patienten mit Beckenkammspan-Interpositionsarthrodese nach gelockerten OSG-Totalprothesen berichten Groth & Fitch über eine erfolgreiche Fusion in „fast allen Fällen“ ohne weitere Angaben zu Komplikationen oder Ergebnissen [9].

Die beschriebene Technik ist anspruchsvoll. Sie kann aber bei ausreichender Knochenqualität und optimaler Mitarbeit des Patienten zu einer stabilen Arthrodese ohne wesentlichen Längenverlust führen. Größere Fallserien sind sicher nötig, um die Erfolgs- und Misserfolgskriterien noch besser zu definieren.

Literatur – References

1. Adams JC. Arthrodesis of the ankle joint. *J Bone Joint Surg Br* 1948;30:506–11.
2. Albert E. Zur Resektion des Kniegelenkes. *Wien Med Press* 1879; 20:705.
3. Bauer G, Kinzl L. Arthrodesen des oberen Sprunggelenkes. *Orthopäde* 1996;25:158–65.
4. Bishop AT, Wood MD, Sheetz KK. Arthrodesis of the ankle with free vascularized autogenous graft. Reconstruction of segmental loss of bone secondary to osteomyelitis, tumor, or trauma. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77:1867–75.
5. Borgeat A, Blumenthal S, Karovic D, et al. Clinical evaluation of a modified anatomical approach to performing the popliteal block. *Reg Anesth Pain Med* 2004;29:290–6.

to be found. Conventional methods without bone graft interposition are said to result in an incidence of non-union of up to 35% and of infection varying between 3% and 25% [3]. Groth & Fitch [9] reported on a series of eleven patients treated with bone graft interposition for loosened ankle prosthesis; the fusion was successful in “nearly all patients”, however, this report did not mention any complication.

The surgical technique is demanding. An arthrodesis without loss of limb length can only be expected in the presence of adequate bone quality and optimal patient compliance. A greater number of patients is definitively needed to document the incidence of results and failures.

6. Breitfuss H, Muhr G, Mönning B. Fixateur oder Schraube bei Arthrodesen am OSG. *Unfallchirurg* 1989;92:245–53.
7. Charnley J. Compression arthrodesis of the ankle and shoulder. *J Bone Joint Surg Br* 1951;33:180–91.
8. Dennis DA, Clayton M, Wong DA, et al. Internal fixation compression arthrodesis of the ankle. *Clin Orthop* 1990;253:212–20.
9. Groth HE, Fitch HF. Salvage procedures for complications of total ankle arthroplasty. *Clin Orthop* 1987;224:244–50.
10. Holt ES, Hansen ST, Mayo KA, et al. Ankle arthrodesis using internal screw fixation. *Clin Orthop* 1991;268:1–28.
11. Kitaoka HB, Alexander JJ, Adelaar RS, et al. Clinical rating system for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux and lesser toes. *Foot Ankle* 1994;7:349–53.
12. Marcus R, Balourdas GM, Heiple KG. Ankle arthrodesis by chevron fusion with internal fixation and bone grafting. *J Bone Joint Surg Am* 1988;65:833–8.
13. Morgan CD. Arthroskopische Arthrodesen des OSG. *Orthopäde* 1991; 20:99–103.
14. Pommer A, David A, Hahn MP, et al. Biomechanische Untersuchung zur initialen Stabilität verschiedener Arthrodesentechniken des OSG. *Unfallchirurg* 1995;957:1–5.
15. Scranon PE. An overview of ankle arthrodesis. *Clin Orthop* 1991; 268:96–101.
16. Stauffer RN. Salvage of painful total ankle arthroplasty. *Clin Orthop* 1982;170:184–8.
17. Thodarson DB, Markolf K, Cracchialo A. Arthrodesis of the ankle with cancellous-bone screws and fibular strut graft. *J Bone Joint Surg Am* 1990;72:1359–63.
18. Thodarson DB, Markolf K, Cracchialo A. Stability of an ankle arthrodesis fixed by cancellous-bone screws compared with that fixed by an external fixator. *J Bone Joint Surg Am* 1992;74:1050–5.
19. Thodarson DB, Markolf K, Cracchialo A. External fixation in arthrodesis of the ankle. *J Bone Joint Surg Am* 1994;76:1541–4.
20. Willms R, Gotzen L. Monolaterale externe Kompressionsarthrodese des OSG. *Unfallchirurg* 1990;93:115–9.

Korrespondenzanschrift – Address for Correspondence

Dr. Patrick Vienne
 Leiter Fuß-/Sprunggelenkschirurgie
 Uniklinik Balgrist
 Forchstraße 340
 CH-8008 Zürich
 Telefon (+41/1) 386-1277, Fax -1279
 E-Mail: patrick.vienne@balgrist.ch