

Die supramalleoläre, subtraktive, valgisierende Tibiaosteotomie bei Varusarthrose des Sprunggelenks

Supramalleolar, Subtractive Valgus Osteotomy of the Tibia in the Management of Ankle Joint Degeneration with Varus Deformity

Hans Wolfram Neumann, Sebastian Lieske, Katja Schenk¹

Zusammenfassung

Operationsziel

Ziel der supramalleolären Tibiaosteotomie bei varischer Fehlstellung im oberen Sprunggelenk ist die Verlagerung der Belastung von dem schwer arthrotisch veränderten medialen Gelenkanteil auf den lateralen Abschnitt und somit die Wiederherstellung einer physiologischen Rückfußposition und eines plantigraden Fußauftritts. Damit sollen eine Schmerzreduktion erreicht sowie der Zeitpunkt einer totalendoprothetischen Versorgung bzw. Arthrodesis hinausgezögert werden.

Indikationen

Schmerzhafte, konservativ erfolglos behandelte Varusarthrosen im oberen Sprunggelenk mit $> 15^\circ$ Achsfehlstellung in der tibiotalaren Gelenkachse.

Kontraindikationen

Hochgradige, bewegungseinschränkende Arthrosen des oberen Sprunggelenks.
Floride Infektionen.
Ausgedehnte Knochen- und Weichteildefekte.
Osteonekrosen des Talus mit Nekrosebezirken $> 50\%$.

Operationstechnik

Ventraler Zugang über dem oberen Sprunggelenk und supramalleoläre keilförmige Resektion eines zuvor definierten Knochenkeils mit lateraler Basis. In der präoperativen Planung ist die gewünschte Korrektur genau zu berechnen. Nachfolgend lateraler Zugang über der distalen Fibula. Hier Entnahme eines weiter proximal gelegenen Segments aus der Fibula. Nun Schließen der Tibiaosteotomie („closed wedge“) und Osteosynthese der Fibula.

Ergebnisse

Bei 27 Patienten wurde zwischen 2002 und 2006 eine supramalleoläre, valgisierende Osteotomie („closed wedge“) durchgeführt. Präoperativ zeigte sich eine durchschnittliche Varusfehlstellung von 27° , welche postoperativ auf durchschnittlich 6° korrigiert werden konnte. 21 Patienten waren bei den Nachuntersuchungen sehr zu-

Abstract

Objective

The aim of supramalleolar osteotomy of the tibia in the management of varus deformity of the upper ankle joint is to shift load bearing away from the severely degenerated medial part of the joint to the lateral part and thus restore physiological alignment of the hindfoot and a plantigrade foot. The intention is to reduce pain and to postpone the need for total endoprosthesis or arthrodesis.

Indications

Painful degeneration of the ankle joint with varus deformity that has proven resistant to conservative treatment, i.e., $> 15^\circ$ axial malalignment of the tibiotalar joint axis.

Contraindications

Severe ankle joint degeneration that restricts movement.
Florid infections.
Extensive bone and soft-tissue defects.
Osteonecrosis of the talus with necrotic regions $> 50\%$.

Surgical Technique

Anterior approach to the upper ankle joint and supramalleolar wedge-shaped resection of a predetermined bone wedge with lateral base. The desired correction is precisely calculated during preoperative planning. Subsequently, lateral approach over the distal fibula. Resection of a more proximal segment from the fibula. Closure of the tibial osteotomy (closed wedge) and osteosynthesis of the fibula.

Results

A supramalleolar valgus osteotomy (closed wedge) was performed in 27 patients from 2002 to 2006. Preoperatively, there was an average varus deformity of 27° , which was corrected to 6° on average postoperatively.

Oper Orthop Traumatol 2007;19:511–26

DOI 10.1007/s00064-007-1025-7

¹Orthopädische Universitätsklinik, Universitätsklinikum Magdeburg A.ö.R.

frieden, drei Patienten wurden im weiteren Verlauf endoprothetisch und weitere drei Patienten mit einer Arthrodesis versorgt.

Schlüsselwörter

Arthrose · Korrekturosteotomie · Supramalleolär · Varusfehlstellung · Oberes Sprunggelenk

21 patients were very satisfied at follow-up, three patients required joint replacement during the later course, and another three patients needed arthrodesis.

Key Words

Joint degeneration · Correction osteotomy · Supramalleolar · Varus deformity · Upper ankle joint

Vorbemerkungen

In der Literatur werden supramalleoläre Osteotomien vorwiegend im Zusammenhang mit angeborenen oder erworbenen Deformitäten (Klumpfuß, Wachstumsstörungen etc.) im Kindesalter genannt [1, 4, 5, 7]. Selten kommen sie bei der Behandlung Erwachsener zum Einsatz, obschon sie häufig empfohlen werden [3, 6]. Hier ist die häufigste Indikation das posttraumatisch veränderte Sprunggelenk mit Frakturkonsolidierung in Fehlstellung oder Bandinstabilität und den bekannten resultierenden Problemen [8]. Tarr et al. [10] untersuchten die Auswirkungen von Achsabweichungen in verschiedenen Höhen des Unterschenkels an Leichenpräparaten. Sie zeigten, dass Abweichungen bis zu 15° im proximalen und mittleren Drittel des Unterschenkels nur geringe Auswirkungen auf die tibiotalare Kontaktfläche haben, während bereits geringe Abweichungen im distalen Drittel signifikante Veränderungen zeigen.

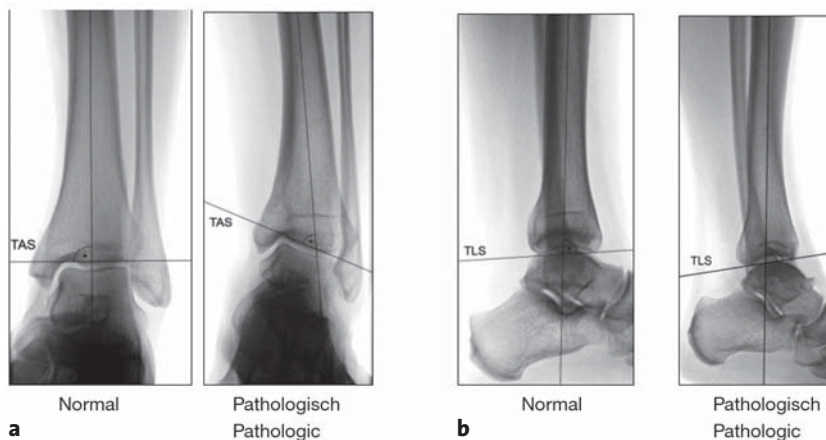
Bei Durchsicht der in der Orthopädischen Universitätsklinik Magdeburg im Rahmen einer prospektiven Studie der Sprunggelenkendoprothetik gesammelten Röntgenbilder fiel auf, dass bei ca. 20% der Patienten eine Fehlstellung der tibiotalaren Gelenkfläche zu finden ist (Abbildung 1).

Introductory Remarks

Supramalleolar osteotomies are mentioned in the literature primarily in connection with congenital or acquired deformities (clubfoot, growth disorders, etc.) in childhood [1, 4, 5, 7]. This method is rarely applied in the treatment of adults, although it is frequently recommended [3, 6]. The most frequent indication is post-traumatic alteration of the ankle joint with fracture consolidation in malalignment or ligament instabilities, and the well-known consequences thereof [8]. Tarr et al. [10] investigated the effects of axial deviation at different levels of the tibia in their test series on cadaveric specimens. They demonstrated that axial deviations of up to 15° in the proximal or mid thirds of the tibia only had a slight effect on the tibiotalar contact areas, whereas even the slightest deviations in the distal third produced significant changes.

When looking through radiographs collected at the University Hospital of Orthopedics in Magdeburg, Germany, as part of a prospective study of ankle prostheses, it became apparent that there was deformity of the tibiotalar articulating surfaces in 20% of patients (Figure 1).

In 36 of a total of 458 patients treated surgically to implant an ankle joint prosthesis, the deformity was



Abbildungen 1a und 1b

- a) TAS („tibial ankle surface“): normal und pathologisch.
- b) TLS („tibial lateral surface“): normal und pathologisch.

Figures 1a and 1b

- a) TAS (tibial ankle surface): normal and pathologic.
- b) TLS (tibial lateral surface): normal and pathologic.

Bei 36 von insgesamt 458 operierten Patienten, bei denen eine Sprunggelenkendoprothese implantiert wurde, betrug diese Fehlstellung $> 15^\circ$. In unserer Studie konnten wir nachweisen, dass mit zunehmender Fehlstellung das Risiko für Komplikationen und Revisionsoperationen nach Totalendoprothesenimplantation deutlich ansteigt. So fanden wir bei Patienten mit einer Fehlstellung von $> 15^\circ$ eine Revisions- bzw. Komplikationsrate von 33%, während diese bei achsengerechten Verhältnissen $< 10\%$ lag. Doets (2005) berichtete, dass die Erfolgchancen nach Endoprothesenimplantation hinsichtlich der Patientenzufriedenheit bei einer ausgeprägten Varusfehlstellung des oberen Sprunggelenks nur bei 50% liegen, wohingegen 90% der Patienten bei achsengerechter Ausgangssituation mit einer Endoprothese ein zufriedenstellendes Ergebnis erlangen. Laut Coester et al. [2] sind Arthrodesen im oberen Sprunggelenk ein signifikanter Risikofaktor für Anschlussarthrosen im Bereich des Mittel- und Rückfußes (als Spätkomplikationen), so dass die Indikation zur Arthrodesese des oberen Sprunggelenks streng zu stellen ist.

Bei einer Arthrose im Sprunggelenk erscheint es daher besonders wichtig, auch alternative, gelenkerhaltende Verfahren zu erwägen.

Bei der Varusarthrose des Sprunggelenks ist häufig der laterale Teil des Gelenks noch mit intaktem Knorpelgewebe versehen. Eine vorgeschaltete Arthroskopie zur Indikationsstellung ist selten indiziert. Mikrofrakturierungen oder Pridie-Bohrungen an der sklerosierten Gelenkfläche können auch während der Osteotomie durchgeführt werden.

Durch eine Korrekturosteotomie wird die Belastung von dem schwer arthrotisch veränderten medialen Teil auf den lateralen Gelenkanteil verlagert, so dass im Idealfall durch eine Achsenkorrektur des oberen Sprunggelenks eine relative Entlastung des geschädigten medialen Gelenkanteils bei plantigradem Fußauftritt erreicht wird. Durch eine Korrektur der Achse des oberen Sprunggelenks kann sowohl eine Schmerzreduktion als auch eine deutliche Minderung der Beschwerden im Abroll- und Belastungsvorgang erwartet werden. Wie Takakura et al. [9] ausführten, lassen sich diese Ziele am besten mit einer Überkorrektur in eine Valgusposition von 3° erreichen („open wedge“).

$> 15^\circ$. In our study, we were able to prove that the risk of complications and revisions after total endoprosthesis implantation clearly increases with increasing deformity. We found a revision and complication rate of 33% in patients with a deformity $> 15^\circ$, and an incidence of $< 10\%$ for those with physiological axes. Doets (2005) reported that the chance of a successful outcome after prosthesis implantation in terms of patient satisfaction was only 50% in cases of obvious varus deformity of the upper ankle joint, whereas satisfactory outcomes were achieved in 90% of patients with physiological axes prior to surgery. According to Coester et al. [2], arthrodesis at the upper ankle joint represents a significant risk factor in later joint degeneration in the region of the mid- and hindfoot (as late complications), therefore, strict consideration must be given to defining indications for arthrodesis of the upper ankle joint.

It appears to be especially important in cases of ankle joint degeneration to consider alternative, joint-preserving procedures.

In cases of ankle degeneration with varus deformity, the lateral part of the joint has often retained its intact cartilaginous tissue. It is rarely necessary to perform preoperative arthroscopy to identify the indication. Microfracturing or Pridie drilling into the sclerotic joint surface can be carried out during osteotomy.

Correction osteotomy shifts loading from the severely degenerated medial part of the joint to the lateral part so that, ideally, axial correction of the upper ankle joint leads to relative unloading of the damaged medial part of the joint and a plantigrade foot. Correction of the axes of the upper ankle joint should lead to pain reduction and to a distinct remission of symptoms during the heel strike and stance phases. Takakura et al. [9] state that the best way to achieve these objectives is to perform overcorrection to a valgus position of 3° (open wedge).

Operationsprinzip und -ziel

Die valgusierende supramalleoläre Korrekturosteotomie wird durch ventrale Entnahme eines zuvor definierten Knochenkeils mit lateraler Basis aus der Tibia („closed wedge“) sowie einer lateralen Fibulaosteotomie und Segmententnahme mit anschließender Osteosynthese erreicht. Dadurch wird eine hohe primäre Beübnungsstabilität erlangt.

Ziel der Operation ist es demzufolge, den normalen Winkel der Gelenkfläche sowohl in der frontalen („tibial ankle surface“ [TAS]) als auch in der sagittalen Ebene („tibial lateral surface“ [TLS]) wiederherzustellen (Abbildung 1).

Surgical Principles and Objective

Supramalleolar valgus correction osteotomy involves anterior extraction of a previously defined bone wedge with lateral base from the tibia (closed wedge), as well as osteotomy of the lateral fibula with segment extraction and subsequent osteosynthesis. A high level of primary stability for exercises is achieved by this technique.

The aim of the operation is thus to restore the normal angle of the joint surfaces in both the frontal (tibial ankle surface [TAS]) and sagittal planes (tibial lateral surface [TLS], Figure 1).

Vorteile

- Vorteil der Osteotomie ist, dass der Patient nach Reorientierung der tibialen Gelenkfläche bei Erhalt der Gelenkfunktion wieder in der Lage ist, den Fuß plantigrad aufzusetzen und nicht auf dem lateralen Fußrand zu laufen.
- Gegenüber einer Endoprothese besteht der Vorteil darin, dass die Osteotomie auch jüngeren Patienten in Berufen mit schwerer bis mittelschwerer körperlicher Arbeit empfohlen werden kann. Obwohl sich die Achsenkorrektur mit einer Endoprothese und einer additiven Rückfußosteotomie prinzipiell ebenfalls erreichen lässt, ist dieses Vorgehen technisch anspruchsvoller. Zudem besteht bei der Endoprothese die Schwierigkeit, dass implantationsbedingte Achsabweichungen die Biomechanik stören und für erhebliche Impingementbeschwerden sorgen können. Wenn die Endoprothese nach einer Osteotomie eingesetzt wird, ist eine achsengerechte Implantation möglich, und die Gefahr eines Impingements verringert sich.
- Gegenüber der Arthrodesese besteht der Hauptvorteil der Korrekturosteotomie in einem Erhalt der Funktion des oberen Sprunggelenks. Eine Arthrodesese ist, wenn dieser Vorschlag überhaupt vom Patienten akzeptiert wird, zwar eine endgültige Lösung, funktionell aber die deutlich problematischere Variante (eingeschränkte Beweglichkeit, Anschlussarthrosen etc.).
- Eine additive Osteotomie hat gegenüber dem beschriebenen subtraktiven Vorgehen den Nachteil, dass der knöcherne Durchbau und damit die Vollbelastung wesentlich später erreicht werden. Bei korrekt aufeinandergestellten Osteotomieebenen

Advantages

- The advantages of osteotomy and reorientation of the joint surfaces of the tibia are that joint function is preserved and the patient is again able to walk on a plantigrade foot rather than walking on the lateral margin.
- Compared with joint replacement, osteotomy offers the advantage that it can be recommended to younger patients in jobs that require heavy to moderately heavy physical work. Although axial correction can, in theory, also be achieved by joint replacement combined with additive hindfoot osteotomy, the procedure is technically more demanding. Furthermore, joint replacement is associated with the problem that implant-related axial deformities can interfere with the biomechanics and cause significant symptoms of impingement. If a prosthesis is implanted after osteotomy, axially correct placement is possible and the risk of impingement is diminished.
- Compared with arthrodesis, the main advantage of correction osteotomy is preservation of function at the upper ankle joint. Arthrodesis, provided it is accepted by the patient in the first place, is a definitive solution, but is clearly a more problematic one in terms of function (limited movement, arthrosis of adjacent structures, etc.).
- Compared with the subtractive procedure described here, additive osteotomy has the disadvantage that bony consolidation and, consequently, full weight bearing are achieved far later. In subtractive osteotomy, bony consolidation can generally be expected within 4–6 weeks, if the osteotomized surfaces have been correctly reduced. This period is consid-

ist in der Regel innerhalb von 4–6 Wochen mit einer knöchernen Konsolidierung zu rechnen. Bei der additiven Osteotomie ist dieser Zeitraum mitunter deutlich länger, und das Risiko der Entstehung einer Pseudarthrose ist höher.

Nachteile

- Die Tatsache, dass bei einer varischen Fehlstellung der mediale Anteil der Gelenkoberfläche von Talus und Tibia hochgradig arthrotisch ist, kann postoperativ zu Gelenkschmerzen durch die vorbestehende Arthrose führen. Allerdings ist der weitgehend normale laterale Anteil der Gelenkflächen, der nach der Osteotomie im Hauptbelastungsbereich liegt, erhalten. Somit wird die Lastenverteilung günstiger.
- Die Segmentresektion der Fibula führt zu einer leichten Valgisierung. Durch eine schräge Osteotomie ist der knöcherne Durchbau sicher zu erreichen.

Indikationen

- Varusarthrosen im oberen Sprunggelenk von $> 15^\circ$.
- Achsenkorrektur in Vorbereitung auf eine Sprunggelenkendoprothese.
- Patientenalter bis ca. 65 Jahre. Darüber hinaus nur in seltenen, ausgewählten Fällen.
- Patienten mit einem hohen Body-Mass-Index, da sich die Endoprothesenimplantation problematisch gestalten kann.

Kontraindikationen

- Allgemeine Operations- und Narkoserisiken.
- Klinisch bedeutsame arterielle Durchblutungsstörungen.
- Hochgradige, bewegungseinschränkende Arthrosen des oberen Sprunggelenks.
- Ausgedehnte Knochen- und Weichteildefekte nach Voroperationen.
- Patienten, die das Nachbehandlungsprogramm nicht verstehen oder einhalten können.
- Floride Infektionen im Operationsgebiet.
- Charcot-Fuß und relevante neurologische Erkrankungen.
- Dreidimensionale posttraumatische Fehlstellungen (durch Rotationsfehlstellungen).
- Partielle Osteonekrosen des Talus sind tolerierbar. Bei Nekrosebezirken $> 50\%$ ist die Operation kontraindiziert.
- Arthrosen im unteren Sprunggelenk können mit der Osteotomie besser toleriert werden als bei einer

erably longer for additive osteotomy and there is a greater risk of pseudarthrosis.

Disadvantages

- The fact that the medial part of the joint surfaces of talus and tibia is severely arthrotic in cases of varus deformity means that postoperative pain may be felt at the joint due to the preexisting joint degeneration. However, the lateral part of the joint surfaces is largely intact and these are the areas that will be the primary load carriers after surgery involving osteotomy. The distribution of load is thus improved.
- Segment resection of the fibula leads to slight valgus deformity. Transverse osteotomy ensures subsequent bony consolidation.

Indications

- Ankle joint degeneration with varus deformity $> 15^\circ$.
- Axial correction in preparation for total ankle joint replacement.
- Patient age of up to about 65 years. Rarely applicable to older patients and only in exceptional cases.
- Patients with a high body mass index, because implantation of a prosthesis might be difficult.

Contraindications

- General risks of surgery and anesthesia.
- Clinically relevant arterial circulation disorders.
- Severe ankle joint degeneration that is restricting movement.
- Extensive bone and soft-tissue defects following previous operations.
- Patients who do not understand the rehabilitation program and cannot comply with it.
- Florid infections in the surgical field.
- Charcot's foot and relevant neurologic disorders.
- Three-dimensional posttraumatic deformities (due to rotational deformities).
- Partial osteonecrosis of the talus can be tolerated. If the necrotic region exceeds 50%, then the procedure is contraindicated.
- Arthrotic changes at the talocrural joint are better tolerated in the context of osteotomy than arthrodesis. If changes are severe and management includes additional subtalar arthrodesis, treatment combined with joint replacement should be preferred.

Arthrodesis. Bei ausgeprägten Veränderungen mit der zusätzlichen Notwendigkeit einer subtalaren Arthrodesis sollte die Kombination mit einer Endoprothese bevorzugt werden.

Patientenaufklärung

- Allgemeine Operationsrisiken.
- Intraoperative Komplikationen wie Gefäß-, Nerven- oder Sehnenverletzungen.
- Wundheilungsstörungen, Wundinfektionen.
- Verzögerte oder fehlende Konsolidierung der Osteotomie mit möglichem sekundärem Korrekturverlust.
- Unter- oder Überkorrektur.
- Implantatlockerung, -bruch und -dislokation.
- Nachbehandlung einschließlich temporärer Teilbelastung/Entlastung.
- Physiotherapeutisches Nachbehandlungsprogramm.
- Eventuell Restbeschwerden mit der Option eines sekundären Verfahrenswechsels (Endoprothese, Arthrodesis).
- Gegebenenfalls Notwendigkeit einer Materialentfernung.

Operationsvorbereitungen

- Sorgfältige präoperative klinische und röntgenologische Befunderhebung (Röntgenuntersuchung: Sprunggelenk anteroposterior und lateral unter Belastung im Stand, Abbildung 2a). Hierbei ist zu beachten, dass ein größerer Teil des Unterschenkels zur Abbildung kommt, um eine korrekte Planung durchführen zu können.
- Im Normalfall liegen der TAS zwischen 91° und 93° und der TLS zwischen 80° und 81° [3].

Präoperativ können die für den Patienten physiologischen Winkel in der Regel am kontralateralen Fuß bestimmt werden, sofern hier keine Deformitäten vorliegen. Um das Ausmaß der Osteotomie präoperativ zu bestimmen, ist eine strikte Planung notwendig [11].

Es zeigt sich die Abhängigkeit der Osteotomiehöhe (H) vom Tibiadurchmesser (W) und vom zuvor bestimmten Osteotomiewinkel (X; Abbildung 2b). Sie lässt sich in der Formel $\tan X = H/W$ zusammenfassen. Folglich kann die notwendige Höhe der Osteotomiebasis mit $H = W \cdot \tan X$ berechnet werden. An dieser Stelle ist zu bemerken, dass der Durchmesser der Tibia genauer betrachtet werden muss. Warnock et al. [11] stellten bei Untersuchungen fest, dass ein Anstieg des Tibiadurchmessers den Betrag der Winkelkorrektur pro Millimeter Osteotomiehöhe

Patient Information

- General surgical risks.
- Intraoperative complications such as vessel, nerve and tendon injuries.
- Disorders of wound healing, wound infection.
- Delayed healing or nonunion at the osteotomy site, possibly with secondary correction loss.
- Under- or overcorrection.
- Implant loosening, failure, or displacement.
- Postoperative management including temporary relief of the leg or partial weight bearing.
- Rehabilitative physiotherapy program.
- Possibility of residual symptoms with the option of a secondary change of management (joint replacement, arthrodesis).
- Possible need to remove implants.

Preoperative Work Up

- Thorough preoperative clinical and radiologic evaluation (radiologic examination: ankle anteroposterior and lateral weight-bearing views, Figure 2a). A fairly large part of the lower leg should be included in the view to facilitate correct planning.
- Normally, TAS is between 91° and 93° and TLS is between 80° and 81° [3].

The physiological angles for each individual patient can usually be determined with reference to the contralateral foot, provided it is not affected by deformities. Meticulous preoperative planning is required to determine the extent of the osteotomy [11].

The height of the osteotomy (H) depends on the tibial diameter (W) and the previously determined osteotomy angle (X; Figure 2b) and can be summarized by the formula $\tan X = H/W$. Therefore, the required height of the osteotomy base can be calculated by $H = W \cdot \tan X$. It should be mentioned here that the tibial diameter needs closer examination. Warnock et al. [11] conducted tests and found that an increase in tibial diameter reduced the amount of angular correction per millimeter osteotomy height. This must be taken into account at the planning stage in order to avoid over- or undercorrection.

The exact height of the fibular osteotomy depends on the presence of structural changes at the distal tibia and should generally be placed 1.5–2.5 cm above the tibiotalar joint surface in order to obtain the largest possible area of cancellous bone.

- In borderline cases, computed tomography or magnetic resonance imaging should be performed for the purpose of exact validation of the affected joint areas.

Abbildungen 2a und 2b

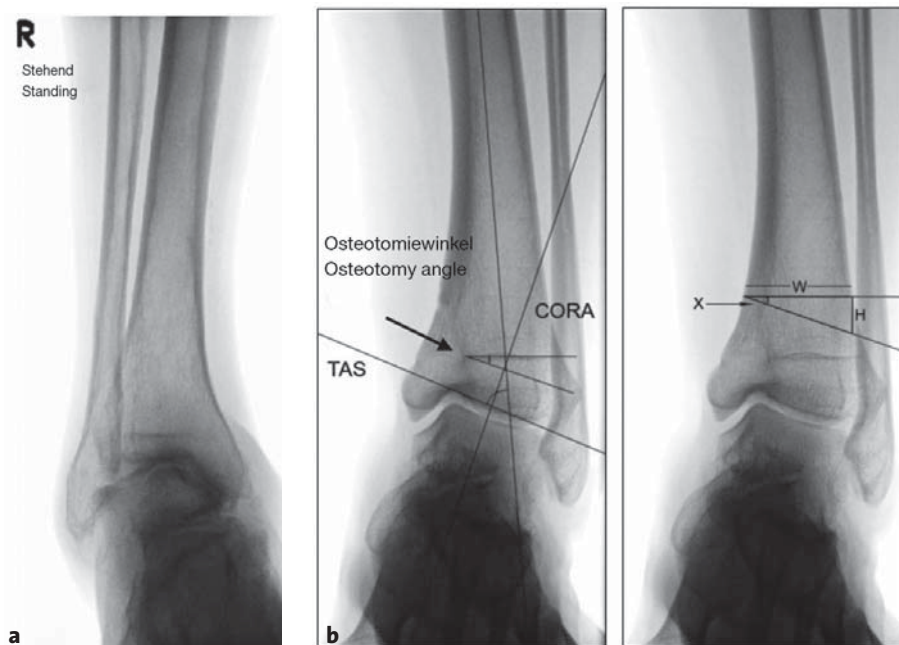
a) Präoperatives Röntgenbild, das die deutliche Fehlstellung der Tibiagelenkfläche zeigt.

b) Zeichnerische Planung der Korrekturosteotomie. CORA: „center of rotation and angulation“.

Figures 2a and 2b

a) Preoperative radiograph showing obvious deformity of the tibial joint surfaces.

b) Planning sketch for correction osteotomy. CORA: center of rotation and angulation.



verringert. Dies ist bei der Planung zu berücksichtigen, um Über- oder Unterkorrekturen zu vermeiden.

Die konkrete Höhe der Fibulaosteotomie richtet sich nach möglichen strukturellen Veränderungen in der distalen Tibia und sollte sich im Allgemeinen zwischen 1,5 und 2,5 cm oberhalb der tibiotalaren Gelenkfläche bewegen, um eine möglichst gute, durchgehende Spongiosafläche zur Verfügung zu haben.

- Bei grenzwertigen Befunden kann in Einzelfällen eine Computertomographie oder Magnetresonanztomographie zur genauen Validierung der betroffenen Gelenkanteile erfolgen.
- Intensive Fußreinigung inklusive Nagelpflege.
- Thromboembolieprophylaxe.
- Präoperative Einmalgabe eines Antibiotikums zur Infektionsprophylaxe.

Instrumentarium und Implantate

- Grundsieb.
- Oszillierende Säge, Bohrmaschine, Gewindeschneider, Hohmann-Hebel, Raspatorien, Repositionszangen, Flachmeißel.
- 2,5-mm-Kirschner-Drähte.
- 2,5- und 3,5-mm-Bohrer.
- T-Platte, Halb- oder Drittelrohrplatte (je nach Fibulagröße).
- 3,5-mm-Kortikalisschrauben
- Staples.

- Intensive foot cleansing including nail care.
- Thromboembolism prophylaxis.
- Preoperative single-shot antibiotics for infection prophylaxis.

Surgical Instruments and Implants

- Basic instrument set.
- Oscillating saw, drill, tap, Hohmann elevator, bone rasps, reduction forceps, flat chisel.
- 2.5-mm Kirschner wires.
- 2.5- and 3.5-mm drill bits.
- T-plate, half or one-third tubular plate (depending on the size of the fibula).
- 3.5-mm cortex screws.
- Staples.

Anesthesia and Positioning

- General or local anesthesia.
- Supine position on a radiolucent operating table (Figure 3).
- Sterile-draped image intensifier (adjustable for lateral fluoroscopy).
- Disinfection and sterile draping to the level of the knee joint for evaluation of leg axis and rotation of the lower leg.
- Pneumatic thigh tourniquet (approximately 350 mmHg).
- Sterile towel roll to support the lower leg for the lateral approach to the fibula.

Anästhesie und Lagerung

- Allgemeinnarkose oder Regionalanästhesie.
- Rückenlagerung auf röntgendurchlässigem Operationstisch (Abbildung 3).
- Steril abgedeckter Bildwandler (schwenkbar zur seitlichen Durchleuchtung).
- Desinfektion und sterile Abdeckung bis auf Höhe des Kniegelenks zur Beurteilung der Beinachse und der Rotation des Unterschenkels.
- Pneumatische Oberschenkelblutsperre (ca. 350 mmHg).
- Sterile Rolle zur Lagerung des Unterschenkels bei lateralem Zugang zur Fibula.

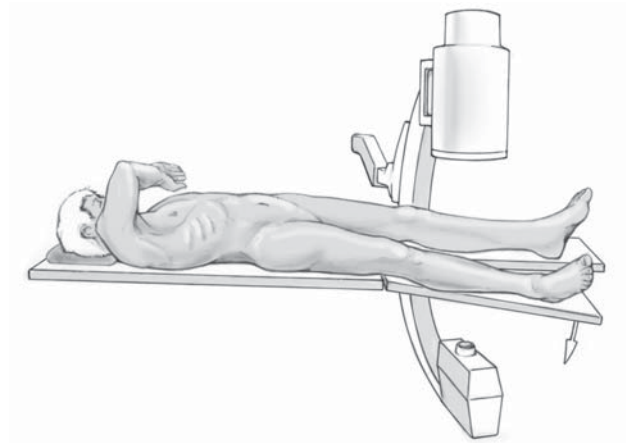


Abbildung 3
Rückenlagerung auf röntgendurchlässigem Operationstisch.

Figure 3
Supine position on a radiolucent operating table.

Operationstechnik

Abbildungen 4 bis 12

Surgical Technique

Figures 4 to 12

Abbildung 4

Medialer, ventraler, gerader, dem Verlauf der Sehne des Musculus tibialis anterior folgender Hautschnitt (identisch mit dem Zugang für die Sprunggelenkendoprothetik) im Bereich des distalen ventralen Unterschenkels. Subkutane Präparation bis auf das Retinaculum musculorum extensorum unter Schonung des Nervus peroneus superficialis und seiner Endäste.

Figure 4

Medial, anterior, straight incision in the line of the tendon of tibialis anterior (identical to the approach for ankle joint replacement) in the region of the distal anterior lower leg. Subcutaneous dissection to the extensor retinaculum with preservation of the superficial peroneal nerve and its end branches.

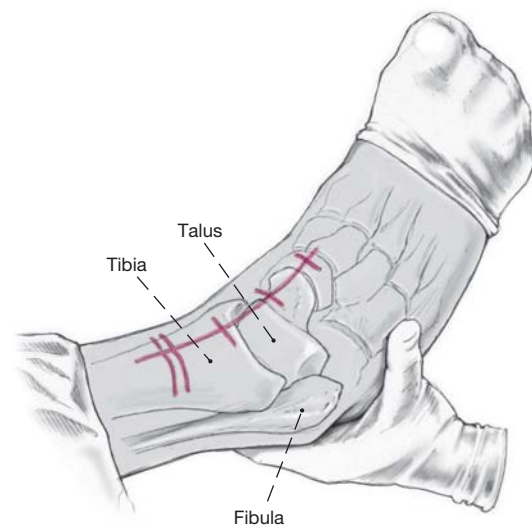


Abbildung 5

Spaltung des Retinaculum musculorum extensorum in Längsrichtung und scharfe Präparation bis auf das Periost. Hierbei ist auf eine Schonung der Arteria dorsalis pedis und ihrer Begleitvenen sowie des Nervus peroneus profundus zu achten. Epiperiostales Abschieben mit dem Raspatorium und Einsetzen von Hohmann-Hebeln.

Figure 5

Division of the extensor retinaculum longitudinally and sharp dissection to the periosteum. Attention must be paid to the deep peroneal nerve and to preservation of the dorsalis pedis artery and its accompanying veins. Epiperiosteal retraction with the bone rasp and insertion of Hohmann elevators.

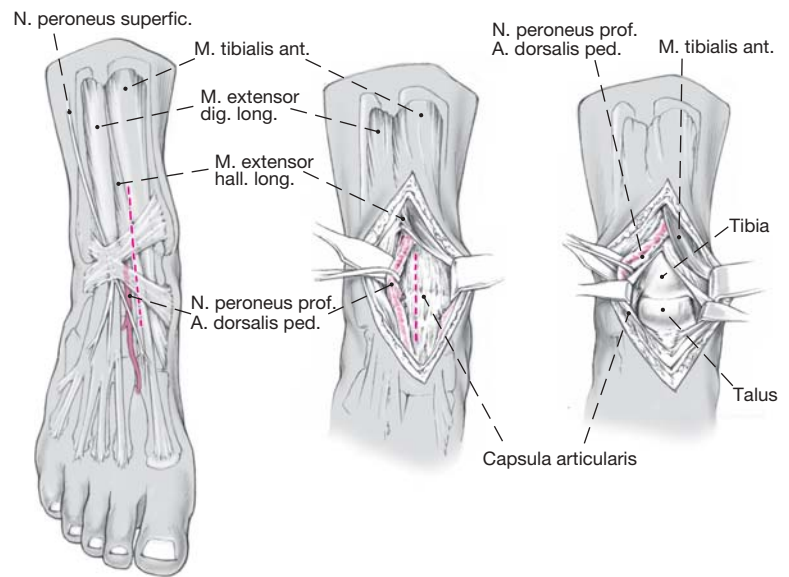


Abbildung 6

Bei fortgeschrittener Arthrose nun Eröffnung des Gelenks durch quere Inzision und Resektion der ventralen Osteophyten mit dem Luer und ggf. Synovialektomie. Eine Mikrofrakturierung kann je nach Befund durchgeführt werden.

Figure 6

In cases of advanced joint degeneration, the joint is opened by transverse incision and resection of anterior osteophytes with the rongeur; synovialectomy as required. Microfracturing can be performed depending on the findings.

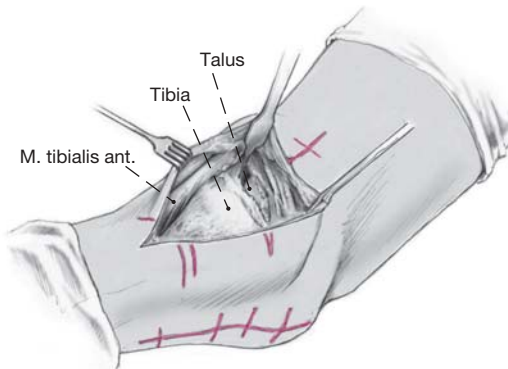


Abbildung 7

Festlegung der geplanten Osteotomiehöhe unter Zuhilfenahme des Bildwandlers entsprechend der präoperativen Planung. Um Fehlkorrekturen zu vermeiden, müssen die zuvor ermittelten Resektionshöhen und -winkel exakt eingehalten werden. Mit einem Kirschner-Draht wird parallel zum Gelenkspalt eine distale Hilfsmarkierung angebracht. Diese sollte sich im Regelfall 1–2 cm proximal des Gelenkspalts befinden bzw. der Höhe des zeichnerisch festgelegten „center of rotation and angulation“ (CORA) entsprechen. Anschließend wird der ermittelte Osteotomiewinkel als weitere Hilfslinie mittels Kirschner-Draht proximal angelegt (Kontrolle unter Bildverstärker).

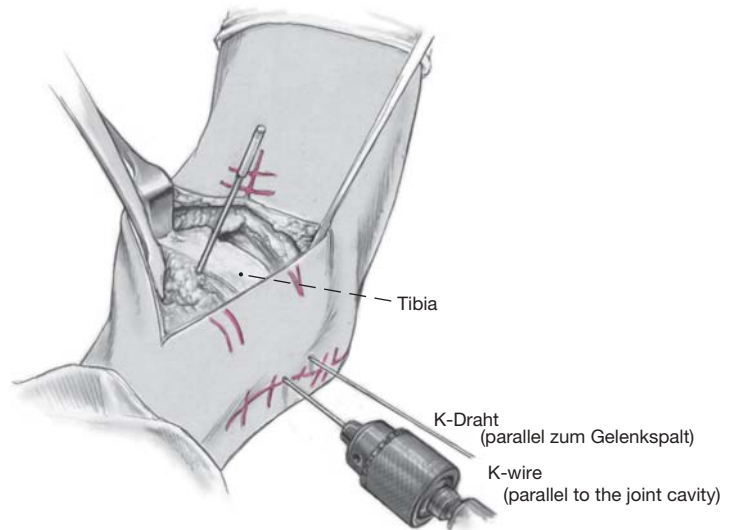


Figure 7

The height of the osteotomy is determined in accordance with preoperative planning and with reference to the image intensifier. To avoid inaccurate correction, it is important to adhere precisely to the previously defined resection heights and angles. A Kirschner wire is inserted distally parallel to the joint cavity as a provisional line marker. As a rule, this should be 1–2 cm proximal to the joint cavity and should correspond to the previously sketched center of rotation and angulation (CORA). Next, the line of the defined osteotomy angle is temporarily marked by insertion of a Kirschner wire proximally (verification by image intensification).

Abbildung 8

Im Bereich des medialen Schnittpunkts beider Hilfslinien wird nun 5–10 mm von der medialen Tibiakante entfernt ein 3,5-mm-Bohrer eingebracht, welcher in der Bohrung belassen wird (CORA). Dieser dient auch zum Schutz der medialen Tibiakante, die nicht mit osteotomiert werden soll. Entnahme eines Keils mit lateraler Basis unter Verwendung der oszillierenden Säge (entsprechend der präoperativen Planung). Dabei muss streng auf Parallelität in der anteroposterioren Ebene geachtet werden. Die Korrektur in der sagittalen Ebene bietet – wenn auch nur in geringem Umfang – die Möglichkeit, bestehende Dorsalextensionsdefizite zu vermindern.

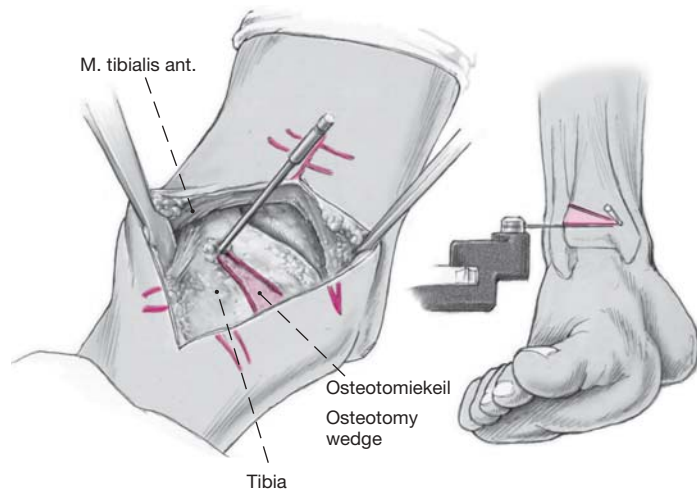


Figure 8

A 3.5-mm drill bit is inserted at the medial intersection of the two provisional lines 5–10 mm from the medial tibial border and is left in place (CORA). This serves to protect the medial tibial border and ensures that it is not osteotomized. Extraction of a wedge with a lateral base using the oscillating saw (in accordance with preoperative planning). Strict attention must be paid to parallelism in the anteroposterior plane. Correction in the sagittal plane offers the possibility, if only slight, to reduce deficits of dorsal extension.

Abbildung 9

Laterale Hautinzision über dem distalen Fibuladrittel. Scharfe Durchtrennung der Subkutis bis auf die Fibula. Dabei Schonung des ventral verlaufenden Nervus cutaneus dorsalis intermedius und des Nervus suralis. Streng epiperiostale Darstellung der Fibula mit dem Raspatorium.

Figure 9

Lateral skin incision over the distal third of the fibula. Sharp dissection of the subcutis to the fibula. Preservation of the intermediate dorsal cutaneous nerve anteriorly and the sural nerve. Thorough epiperiosteal exposure of the fibula with the bone rasp.

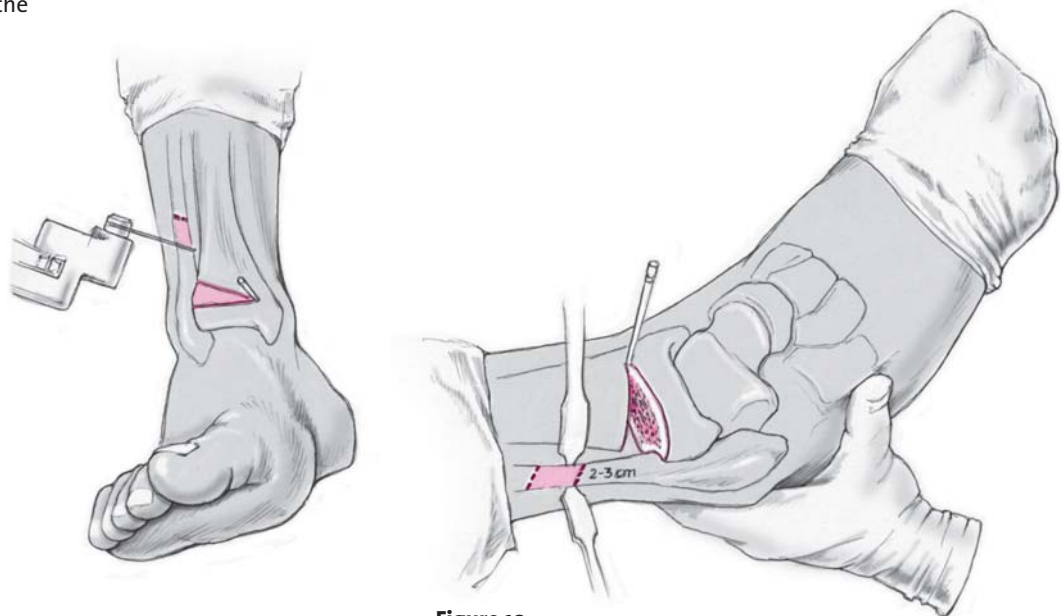
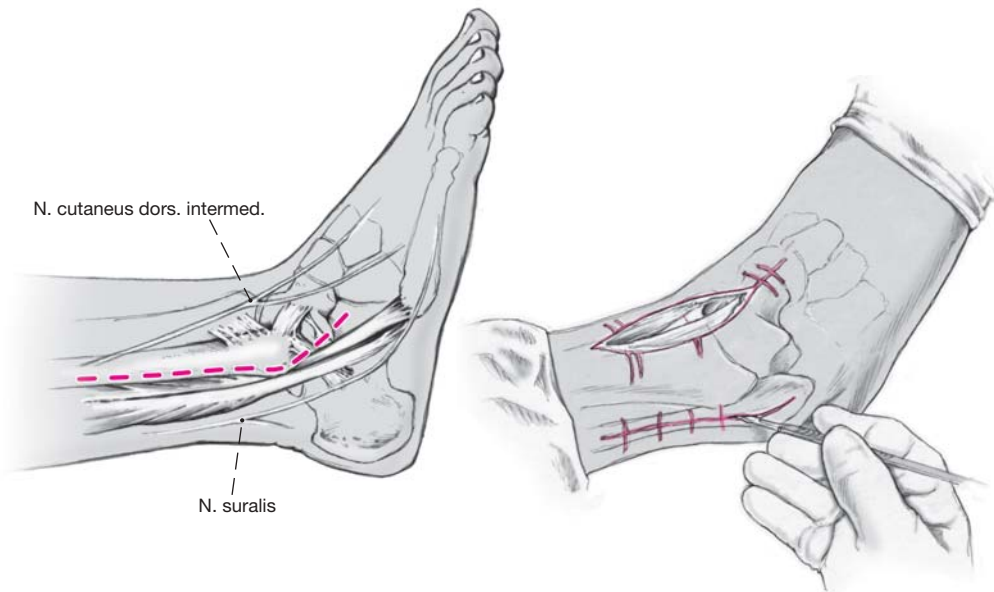


Abbildung 10

Einsetzen von Hohmann-Hebeln. Mit dem Monopolararkauter Markierung der Resektionslinien für die Osteotomie entsprechend der präoperativen Planung sowie einer der Längsachse folgenden Markierung für die spätere Einstellung der Fibula ohne Rotationsfehler. Schräge Osteotomie ca. 2–3 cm proximal der Tibiaosteotomie über der Syndesmose, um die spätere Osteosynthese in festem Fibulaknochen durchführen zu können. Anschließend streng paralleles Setzen der zweiten Osteotomie. Entnahme des Resektats entsprechend der Planungsskizze. Im Fall einer zu erwartenden Insuffizienz der peronealen Muskulatur (insbesondere des Musculus peroneus brevis) sollte die Eversionskraft durch einen Transfer des Musculus peroneus longus auf den Musculus peroneus brevis verbessert werden.

Figure 10

Insertion of Hohmann elevators. The resection lines for the osteotomy are marked using the monopolar cautery in accordance with preoperative planning as is the longitudinal axis of the fibula to ensure correct alignment later. Transverse osteotomy about 2–3 cm proximal to the tibial osteotomy over the syndesmosis so that subsequent fixation implants can be anchored in firm fibular bone. Next, precise parallel placement of the second osteotomy. Extraction of the resected material in accordance with the planning sketch. If insufficiency of the peroneal muscles is to be expected (especially of peroneus brevis), eversion strength should be improved by transfer of peroneus longus onto peroneus brevis.

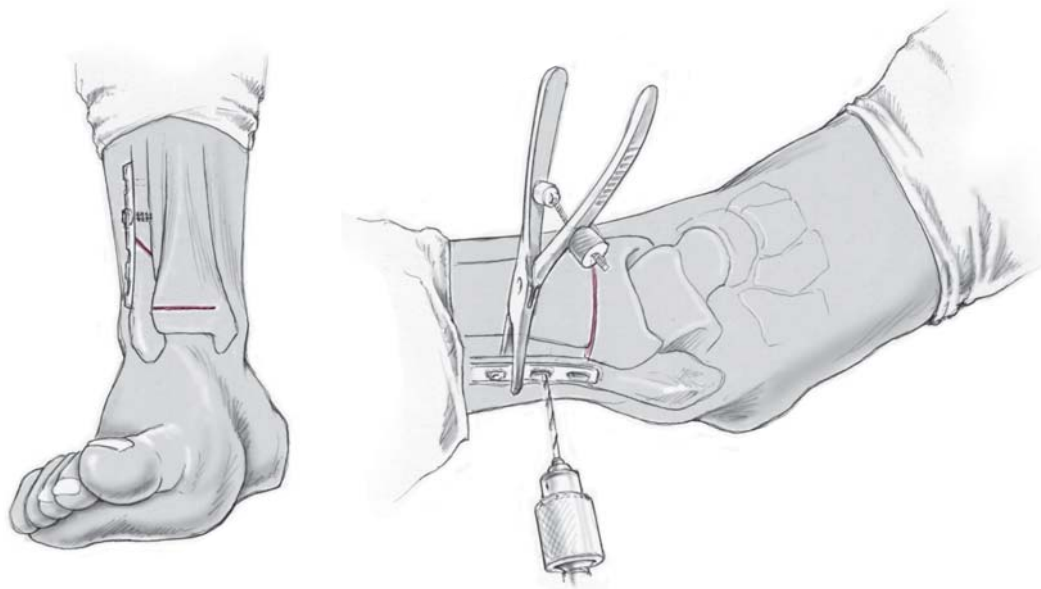
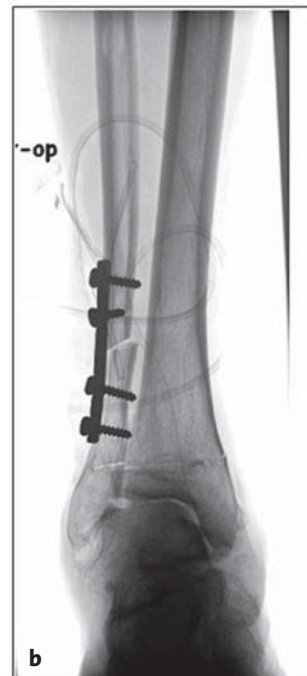
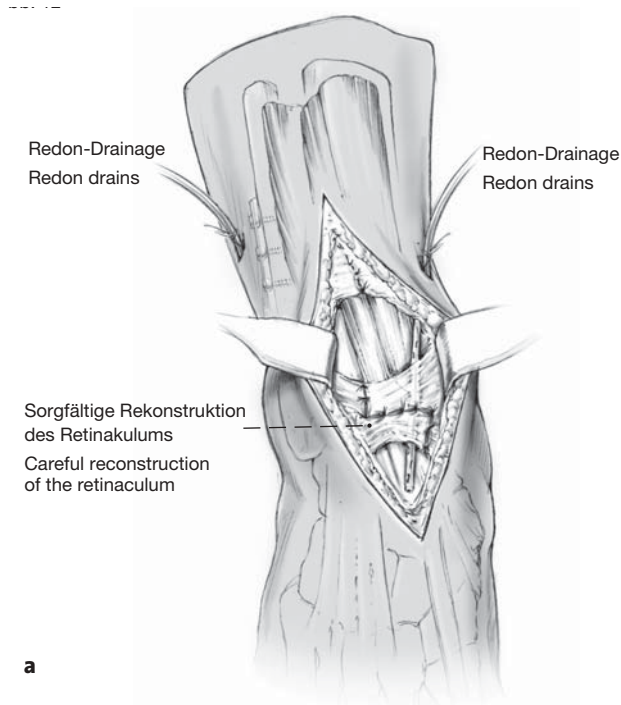


Abbildung 11

Aufeinandersetzen der Osteotomieflächen und Anmodellieren einer Halbrohr- oder Drittelrohrplatte im Bereich der Fibula. Temporäres Fixieren mit stumpfen Repositionszangen. Hierbei kommt es zu einem Schließen der Tibiaosteotomie (im Idealfall ohne Fraktur der belassenen medialen Knochenbrücke). Dann kann mit der Osteosynthese im Bereich der Fibula fortgefahren werden. Optionales Besetzen des ersten osteotomienahen Plattenlochs als Zugschraube und nachfolgendes Besetzen der übrigen Plattenlöcher. Hier kann wahlweise auch mit einem Plattenspanner gearbeitet werden. Kam es nach der Osteotomie im Bereich der Fibula zu einer Fraktur der belassenen medialen Tibiakante mit resultierender Instabilität, wird nun die tibiale Platte (z.B. AO-T-Platte) ventral anmodelliert und mit 3,5-mm-Schrauben besetzt oder eine Fixation mittels Staples durchgeführt (Abbildung 13).

Figure 11

Reduction of the osteotomy surfaces and contouring of a half or one-third tubular plate to the fibula. Temporary fixation with blunt reduction forceps. These procedures lead to closure of the tibial osteotomy (ideally without fracture of the intact medial bone bridge). Osteosynthesis can then proceed in the region of the fibula. Optional lag screw insertion into the first plate hole adjacent to the osteotomy followed by screw insertion into the other plate holes. A plate tensioning device may be used. If the medial tibial border fractured and became unstable after osteotomy of the fibula, the tibial plate (e.g., AO-T-plate) can be contoured to the anterior border and stabilized with 3.5-mm screws or, alternatively, staples can be inserted (Figure 13).



Abbildungen 12a und 12b

Abschließende Bewegungsprüfung im oberen Sprunggelenk und klinische Kontrolle der Rückfußposition sowie Bildverstärkerkontrolle und Bilddokumentation. Ausgiebige Wundspülung und Einlage einer Redon-Drainage ventral und lateral. Subkutan- und Hautnähte lateral. Nach Gelenkkapselverschluss sorgfältige Rekonstruktion des Retinaculum musculorum extensorum ventral (a), ebenfalls gefolgt von Subkutan- und Hautnähten. Steriler Verband und dorsale Unterschenkelgipslonguette. Postoperative Röntgenkontrolle (b).

Figures 12a and 12b

Final evaluation of range of motion at the upper ankle joint and clinical assessment of hindfoot position by image intensification and image documentation. Thorough wound irrigation and insertion of Redon drains anteriorly and laterally. Subcutaneous and skin sutures laterally. After closing the joint capsule, careful reconstruction of the extensor retinaculum anteriorly (a), likewise followed by subcutaneous and skin sutures. Sterile bandage and posterior cast longuette on the lower leg. Postoperative radiologic assessment (b).

Postoperative Behandlung

- Vorsichtige passive und aktive Beübung des Sprunggelenks ohne Belastung für die ersten 10 Tage.
- Entfernung des Nahtmaterials am 10. postoperativen Tag und nachfolgende Anlage eines Unterschenkelgipsverbands oder alternativ – bei Patienten mit hoher Compliance – einer Orthese (z.B. Vario-Stabil®, (Vacuped®).
- Mobilisierung unter Vollbelastung.
- Thromboseprophylaxe mit einem niedermolekularen Heparin.
- Entfernung des Gipsverbands nach 4–6 Wochen (vorbehaltlich einer radiologisch gesicherten Konsolidierung).

Postoperative Management

- Careful passive and active exercising of the ankle without weight bearing for the first 10 days.
- Removal of suture material on postoperative day 10 and subsequent application of a walking cast or, alternatively, a brace for compliant patients (e.g., Vario-Stabil®, (Vacuped®).
- Mobilization with full weight bearing.
- Thrombosis prophylaxis with a low-molecular-weight heparin.
- Removal of the cast after 4–6 weeks (given that consolidation has been verified radiologically).
- Subsequent intensive physiotherapy.

- Anschließend intensive physiotherapeutische Nachbehandlung.
- Arbeits- und Sportfähigkeit nach 8–12 Wochen, nach 6 Monaten Freigabe von Kontaktsportarten.

Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Intraoperative Fraktur der medialen Tibia: Plattenosteosynthese oder Staples (Abbildung 13).
- Gefäß- und Nervenläsionen: Intraoperative Rekonstruktion.
- Oberflächliche und tiefe Wundinfektionen: operative Revision und Débridement, Wundabstrich und Antibiotikatherapie nach Antibiogramm, ggf. Entfernung des Osteosynthesematerials.
- Varus-, Valgus-, Flexions- oder Extensionsfehlstellungen durch ungenügende Keilentnahme oder falsche Osteotomieplanung bzw. -durchführung: Erneute Korrekturosteotomie, Endoprothese (mit Achsenkorrektur des Rückfußes) oder Arthrodesese.
- Verzögerte oder fehlende knöcherne Konsolidierung (Pseudarthrose): operative Revision mit erneutem Anfrischen der Osteotomieflächen, Beseitigung von Skleroseflächen, Einbringen von Spongiosa und Revisionsosteosynthese.
- Sekundärer Korrekturverlust: Erneute Korrekturosteotomie, Endoprothese (mit Achsenkorrektur des Rückfußes) oder Arthrodesese.
- Störende Implantate: Materialentfernung nach Konsolidierung, frühestens nach 4 Monaten.

Ergebnisse

Zwischen 2002 und 2006 wurden 27 Patienten (20 Männer, sieben Frauen, Diagnoseverteilung s. Tabelle 1) mit einer supramalleolären, valgusierenden Korrekturosteotomie in „closed-wedge“-Technik versorgt. Allerdings führten wir in der Anfangsphase an der Tibia eine andere Osteosynthese entsprechend der Weber’schen Fixationsart (am Tibiakopf) mit einer Drittelrohrplatte und einer proximalen Zugschraube durch.

Präoperativ zeigte sich bei unserem Patientengut eine durchschnittliche Varusfehlstellung von 27°

Tabelle 1

Diagnoseverteilung.

Diagnose	Patienten (n)
Primäre mediale Arthrose	18
Posttraumatische Fehlstellung	7
Klumpfuß	2

Abbildung 13

Postoperatives röntgenologisches Ergebnis nach Staple-Fixierung im medialen Bereich bei Infraktion der medialen Tibia.

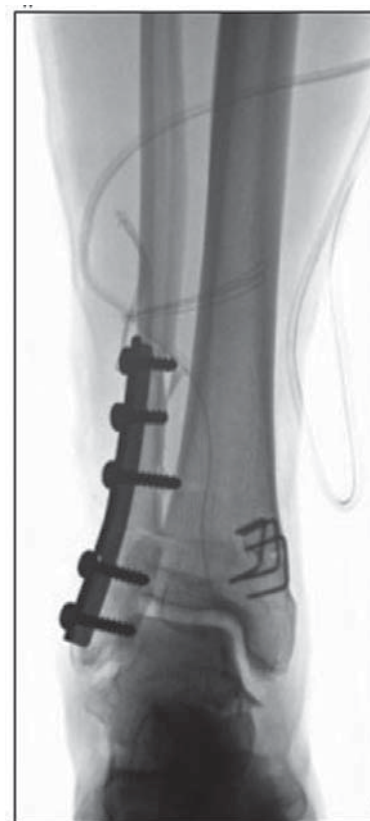


Figure 13

Postoperative radiologic outcome after staple fixation medially to manage infracture of the medial tibia.

- Return to work and sports activities after 8–12 weeks; contact sports permitted after 6 months.

Errors, Hazards, Complications

- Intraoperative fracture of the medial tibia: plate osteosynthesis or staples (Figure 13).
- Vessel and nerve lesions: intraoperative reconstruction.
- Superficial and deep wound infections: revision and debridement, wound smear and antibiotic treatment according to antibiogram, possibly implant removal.
- Varus, valgus, flexion or extension deformities due to extraction of an insufficient wedge or incorrect osteotomy planning and/or implementation: renewed correction osteotomy, joint replacement (with axial correction of the hindfoot) or arthrodesis.

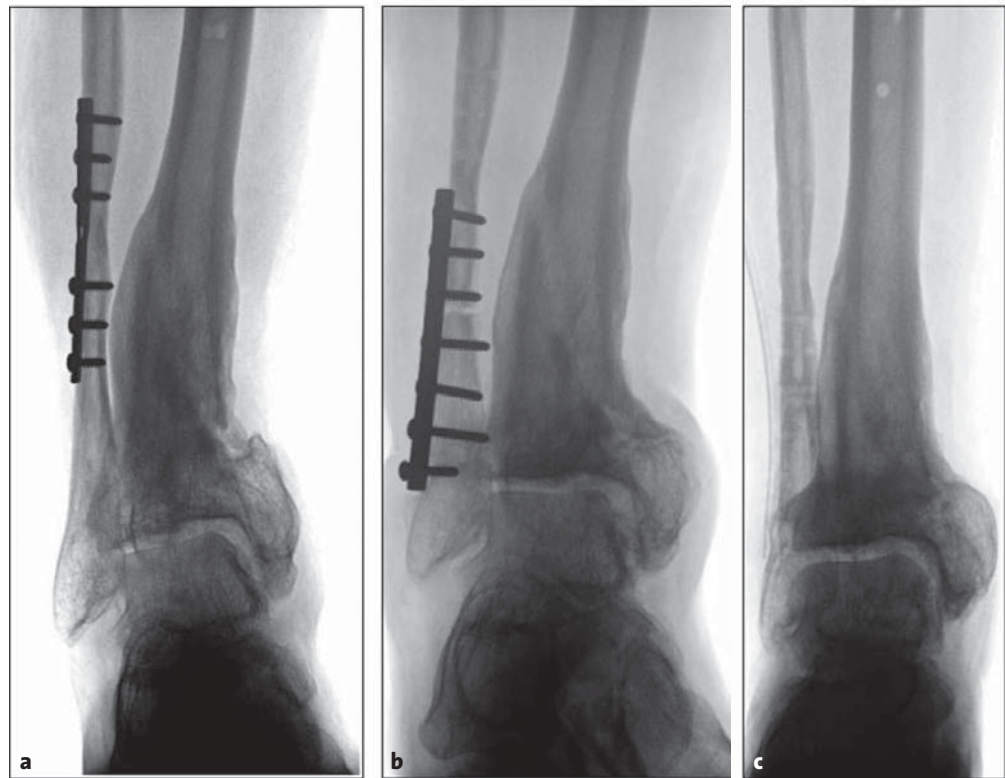
Table 1

Distribution of diagnoses.

Diagnosis	Patients (n)
Primary medial joint degeneration	18
Posttraumatic deformity	7
Clubfoot	2

Abbildungen 14a bis 14c
Radiologischer Verlauf einer posttraumatischen Varusfehlstellung des rechten Sprunggelenks (männlicher Patient, 50 Jahre).
a) Februar 2004.
b) Nach Korrektur.
c) Nach Materialentfernung.

Figures 14a to 14c
Radiologic series of posttraumatic varus deformity of the right ankle joint (male patient, 50 years).
a) February 2004.
b) After correction.
c) After implant removal.



(17–46°). Eine Verlaufsuntersuchung (2003–2006) ergab, dass diese auf durchschnittlich 6° (0–13°) postoperativ korrigiert werden konnte (Abbildung 14).

21 Patienten waren bei den klinischen Nachuntersuchungen (postoperative Kontrolle nach 6 Monaten) subjektiv sehr zufrieden. Bei drei unserer Patienten haben wir 2 Jahre nach der Korrekturosteotomie eine Sprunggelenkprothese implantiert, weil sie noch erhebliche Restbeschwerden hatten und eine endoprothetische Versorgung wünschten. Weitere drei Patienten wurden nach Auftreten von Komplikationen (Infektion, Pseudarthrose) mit einer Arthrodesis versorgt.

Literatur – References

1. Charki E, Pilliard D, Taussig G. L'ostéotomie supra-malléolaire de dérotation du squelette jambier chez l'enfant et l'adolescent. Techniques et résultats: à propos de vingt-deux patients (32 jambes). *Ann Chir* 1992;46:501–6.
2. Coester LM, Saltzman CL, Leupold J, et al. Long-term results following ankle arthrodesis for post-traumatic arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83:219–28.
3. Mangone PG. Distal tibial osteotomies for the treatment of foot and ankle disorders. *Foot Ankle Clin* 2001;6:583–97.
4. McNicol D, Leong JC, Hsu LC. Supramalleolar derotation osteotomy for lateral tibial torsion and associated equinovarus deformity of the foot. *J Bone Joint Surg Br* 1983;65:166–70.

- Delayed healing or nonunion (pseudarthrosis): revision with renewed revitalization of the osteotomy surfaces, eradication of sclerotic areas, insertion of cancellous bone, and reosteosynthesis.
- Secondary loss of correction: repeat correction osteotomy, joint replacement (with axial correction of the hindfoot) or arthrodesis.
- Disruptive implants: implant removal after consolidation, after 4 months at the earliest.

Results

From 2002 to 2006, supramalleolar valgus correction osteotomy was performed in closed-wedge technique in 27 patients (20 men, seven women, distribution of diagnoses see Table 1). In the initial phase, we were working with a different osteosynthesis technique at the tibia, namely fixation according to Weber (at the tibial head) with a one-third tubular plate and a proximal lag screw.

Preoperatively, we found an average varus deformity of 27° (17–46°) in our patient sample. Follow-up evaluations (2003–2006) showed that this was corrected to a postoperative average of 6° (0–13°; Figure 14).

At clinical follow-up (6 months postoperatively), 21 patients were subjectively very satisfied with the

5. Napiontek M, Nazar J. Tibial osteotomy as a salvage procedure in the treatment of congenital talipes equinovarus. *J Pediatr Orthop* 1994; 14:763-7.
6. Paley D, Herzenberg JE, Tetsworth K, et al. Deformity planning for frontal and sagittal plane corrective osteotomies. *Orthop Clin North Am* 1994;25:425-65.
7. Stevens PM, Otis S. Ankle valgus and clubfeet. *J Pediatr Orthop* 1999; 19:515-7.
8. Takakura Y, Takaoka T, Tanaka Y, et al. Results of opening-wedge osteotomy for the treatment of a post-traumatic varus deformity of the ankle. *J Bone Joint Surg Am* 1998;80:213-8.
9. Takakura Y, Tanaka Y, Kumai T, et al. Low tibial osteotomy for osteoarthritis of the ankle. Results of a new operation in 18 patients. *J Bone Joint Surg Br* 1995;77:50-4.
10. Tarr RR, Resnick CT, Wagner KS, et al. Changes in tibiotalar joint contact areas following experimentally induced tibial angular deformities. *Clin Orthop* 1985;199:72-80.
11. Warnock KM, Johnson BD, Wright JB, et al. Calculation of the opening wedge for a low tibial osteotomy. *Foot Ankle Int* 2004;25:778-82.

Korrespondenzanschrift – Address for Correspondence

Prof. Dr. Hans Wolfram Neumann
Orthopädische Universitätsklinik Magdeburg
Leipziger Straße 44
D-39120 Magdeburg
Telefon (+49/391) 67-14001, Fax -14006
E-Mail: wolfram.neumann@med.ovgu.de

outcome. In three of our patients, we replaced the ankle joint 2 years after correction osteotomy. These patients had considerable residual symptoms and requested prosthesis. Another three patients were treated by arthrodesis after manifestation of complications (infection, pseudarthrosis).