

# Operative Versorgung des Charcot-Fußes am Rückfuß

## Langzeitergebnisse und systematischer Überblick

**Gelenkveränderungen als Folge einer neuropathischen Erkrankung wurden erstmals von Musgrave 1703 beschrieben. In der Literatur wird die destruktive Knochenveränderung bedingt durch eine neuropathische Erkrankung mit Jean Martin Charcot (1825–1893), einem französischen Neurologen in Verbindung gebracht. Nach seiner 1868 durchgeführten Analyse der neuropathischen Osteoarthropathie bei Patienten mit Tabes dorsalis wurde diese Erscheinung nach ihm benannt. Während im 19. Jahrhundert die primäre Ursache des Beschwerdebildes durch die Polyneuropathie bei Syphilis verursacht wurde, so ist heute Diabetes mellitus die vorherrschende Ursache [4].**

**Wenn man besonders die westliche Welt betrachtet, lag die Prävalenz im Jahr 2000 für Diabetes mellitus bei 2,8% und diese Rate wird Schätzungen zufolge 2030 bereits auf 4,4% steigen. In absoluten Zahlen der WHO muss man 2030 bereits mit 334 Mio. Diabetikern rechnen, womit sich der Charcot-Fuß immer mehr zu einem volkswirtschaftlichen Problem entwickeln wird [53].**

Als Charcot-Fuß oder Neuroosteoarthropathie (NOAP) ist eine Rötung, Schwellung und Überwärmung des Fußes zu verstehen, die nicht bis mäßig schmerzhaft ist und einen akuten Notfall darstellt. In diesem Zustand liegt eine aseptische Destruktion der einzelnen Fußknochen zugrunde, welche auf unterschiedliche Mechanismen zurückzuführen ist [29]. Diese sind bis heute nur unzureichend

geklärt, wobei die Ursachen von Diabetes über Alkoholismus, hereditäre Neuropathien, Syringomelien, Lepra, Syphilis, Rückenmarkverletzungen sowie Amyloidose reichen [4, 5, 7]. Heute ist v. a. in der westlichen Welt Diabetes mellitus zu 95% die Hauptursache dieser schwerwiegenden Erkrankung.

Der Erkrankung liegt eine Polyneuropathie zugrunde, die zu einer Destruktion des Fußes führt und den Patienten für Verletzungen besonders susceptibel macht [31]. Diesem anästhetischen Zustand ist es auch zuzuschreiben, dass es folglich zu kleineren Traumatata oder Deformierungen bis hin zu Frakturen kommt, die vom Betroffenen unbemerkt bleiben. Es kann bis zu einem vollständigen Zusammenbruch des Fußgewölbes bzw. des Rückfußes kommen, wodurch knöcherne Prominenzen und Druckstellen v. a. an der Fußsohle entstehen. Schließlich entwickeln sich Ulzerationen, welche Eintrittspforten für Infektionen darstellen [21].

### » Ulzerationen stellen Eintrittspforten für Infektionen dar

Nur sehr wenige Arbeiten nehmen Bezug auf die Erhebung von Prävalenz und Inzidenz, wobei aus Studien hervorgeht, dass die Prävalenz etwa bei 0,1–0,4% liegt [13]. Neueren Studien zufolge schätzt man die Inzidenzrate jedoch höher ein, sodass auch die Prävalenz höher ausfallen würde [35]. Es sei jedoch angemerkt, dass der Charcot-Fuß oftmals fehlinterpretiert respektive fehldiagnostiziert wird und des-

halb mit einer beachtlichen Dunkelziffer zu rechnen ist [40].

Es gibt mehrere Ätiopathogenesen, die nachweislich für den Charcot-Fuß verantwortlich sind. Wie bereits erwähnt kann Diabetes mellitus als Hauptursache genannt werden, aber auch hereditäre Neuropathien und chronischer Alkoholabusus werden häufig festgestellt [5, 45].

Die Pathogenese ist jedoch keineswegs eindeutig geklärt. In der Literatur werden zwei Theorien diskutiert. Zum einen die „neurovaskuläre/französische Theorie“, welche davon ausgeht, dass durch Schädigung autonomer Nerven die Innervation der Blutgefäßversorgung des Knochens gestört ist und in weiterer Folge eine Minderperfusion besteht. Diese führt zu einer Erweichung der Knochenmatrix und einer Suszeptibilität für traumatische und Insuffizienzfrakturen [10]. Zum Anderen besteht die „neurotraumatische/deutsche Theorie“, welche die Annahme vertritt, dass repetitive Traumatata eine Fragmentierung und Frakturierung der betroffenen Extremität zur Folge haben, die durch die vorhandene Insensibilität des denervierten Fußes entsteht und aus denselben Gründen nicht bemerkt wird [28].

Beide Theorien gehen von der Polyneuropathie aus und betrachtet man die Patienten genauer, so kommt man zu dem Schluss, dass sie auch gleichzeitig Vorliegen können [10].

## Diagnose und Einteilung

Die Diagnose des Charcot-Fußes kann und sollte bereits bei der Erstvorstellung des Patienten erfolgen [4]. Eine detaillierte Anamnese, besonders das Erfragen von



**Abb. 1** ▲ 72-jähriger Patient mit Sanders-Stadium 3 und Eichenholtz-Stadium 2: **a** klinisches Bild seitlich, **b** seitliches Röntgenbild, **c** dorsoplantares Röntgenbild

Risikofaktoren und möglicherweise nicht rezenter Traumata, ist für das weitere Procedere ausschlaggebend. Bei der klinischen Untersuchung zeigt sich (je nach Schweregrad) das typische Bild einer geschwollenen, geröteten, überwärmten und nicht oder nur wenig schmerzhaften unteren Extremität (► **Abb. 1**). In der Akutphase der Erkrankung können am betroffenen Fuß sogar Temperaturunterschiede von bis zu +8 °C im Vergleich zum kontralateralen gesunden Fuß gemessen werden [18].

Im Anschluss an die klinische Untersuchung sollte ein Röntgenbild dorso-plantar und seitlich im Stehen sowie eine Salzmann-Aufnahme angefertigt werden. Im Labor ist v. a. auf Leukozyten und C-reaktives Protein zu achten. Für eine optimale Operationsplanung wird in der Literatur über eine mögliche Magnetresonanztomographie (MRT) zur exakteren Beurteilung des Ausmaßes der Knochendestruktion und der anatomischen Gege-

benheiten debattiert. Bei der nicht obligaten aber hilfreichen MRT-Untersuchung ist auf ein Knochenmarködem zu achten, das hinweisend für eine übermäßige Durchblutung sein kann, wobei eine Osteomyelitis als Differentialdiagnose ausgeschlossen werden sollte [35].

► **Ein großes Problem stellen die häufigen Fehldiagnosen unter mangelnder Betreuung dar.**

In vielen Fällen wird die Diagnose verkannt und dem Patienten durch Verzögerung der Therapieeinleitung ein Stück Lebensqualität genommen [27, 28, 52].

Um eine optimale Therapie zu ermöglichen, ist nach Diagnosestellung eine korrekte Einteilung und Beurteilung des Schweregrades wichtig. Trotz der noch nicht restlos geklärten Ätiopathogenese gibt es verschiedene Klassifikationen [21]. Diese folgen verschiedenen Gesichtspunkten, wobei die Einteilung anhand der Ana-

tomie die meisten Vertreter hat. Sanders u. Frykberg [20] entwickelten hierzu 1993 eine Klassifikation und unterteilten den Fuß in fünf Untergruppen (► **Tab. 1**).

Ein weiterer Ansatz ist die Erkrankung in Stadien zu unterteilen, die den jeweiligen Verlaufsphasen entsprechen. Ein Beispiel dafür ist die Klassifikation nach Eichenholtz, die in den 1960er Jahren eingeführt wurde. Eichenholtz teilte die Erkrankung je nach klinischer und radiologischer Ausprägung in 3 Stadien ein (► **Tab. 2**; [4, 10, 16, 27, 40]). In den 1990er Jahren wurde von Shibata [50] ein Stadium 0 zur Eichenholtz-Klassifikation hinzugefügt. Diese unterscheidet sich durch minimal bis nicht vorhandene radiologische Veränderungen vom Stadium I.

### Stadium I – Knochendichteminderung

Das Stadium I ist durch klassische Entzündungszeichen gekennzeichnet. Hier sei nochmals darauf hingewiesen, dass es sich um eine aseptische Knochendestruktion handelt. Rötung, Schwellung und Überwärmung sind die ersten Anzeichen, die durch eine übermäßige Durchblutung hervorgerufen werden. Die Hyperämie „wäscht“ den Knochen richtiggehend aus, was zu einer Osteomalazie und in weiterer Folge zur Fragmentierung und Subluxation der kleinen Fußgelenke führt [4, 10, 27, 40].

### Stadium II – Remineralisierung

Hier kommt es durch die Erweichung des Knochens zu Luxationen der kleinen Fußgelenke, wodurch auch Frakturen entstehen können. Das Verheerende an dieser Erkrankung ist die Polyneuropathie. Durch Verlust der Oberflächen- sowie Tiefensensibilität ist der Patient trotz der schwerwiegenden Umbauprozesse beschwerdefrei [4, 10, 27, 40].

### Stadium III – Kondensationsstadium

In der Regenerationsphase, bei der es zur Konsolidierung des nun deformierten Knochens kommt, wird die Fehlstellung durch Umbauprozesse fixiert. Dies geht mit einer starken Beeinträchtigung

N. Hartig · S. Krenn · H.-J. Trnka

## Operative Versorgung des Charcot-Fußes am Rückfuß. Langzeitergebnisse und systematischer Überblick

### Zusammenfassung

**Hintergrund.** Die Charcot-Arthropathie oder Neuroosteoarthropathie stellt aufgrund des ausgedehnten Knochenverlusts und der damit verbundenen komplexen Instabilität und Fußfehlstellung eine Herausforderung für den Orthopäden dar. Vorbestehende Ulzerationen erhöhen das Infektrisiko, da diese eine Eintrittspforte für diverse Keime darstellen können. Die Wahl der Behandlungsmethode ist also nicht nur für die korrekte Positionierung und die Endbelastbarkeit des Fußes entscheidend, sie trägt auch maßgeblich zur Vorbeugung von Hautirritationen bzw. der Sanierung von Ulzerationen bei. Vor allem plantare, durch prominente Exostosen oder Achsfehlstellungen hervorgerufene chronische Ulzerationen sind ohne operativen Eingriff nahezu nicht therapierbar. Die Diagnose verlangt eine individuelle Vorgehensweise, weshalb bisher noch kein strenges Therapieregime etabliert werden konnte.

**Fragestellung.** Zielsetzung war es, durch Senkung der Ulzerationsrate die Anzahl an Infektionen und damit auch der Gefahr einer Amputation zu minimieren. Zusätzlich wurden Komplikationen sowie Begleiterkrankungen ermittelt. Neben verschiedensten Os-

teosyntheseverfahren ist die tibiokalkaneare Arthrodesis eine häufig angewandte Operationstechnik, auf die im Folgenden das Hauptaugenmerk gerichtet wurde.

**Material und Methoden.** Im Zeitraum von 12 Jahren (1999–2011) wurden 43 Patienten mit Charcot-Fuß (46 Füße) operativ versorgt. Zur Anwendung kamen Triple-, Talonavikular-, subtalare und tibiokalkaneare Arthrodesen sowie „Midfoot Fusion Bolts“. Die Versteifungen betrafen also den Rückfuß und Tarsus, wobei am häufigsten die tibiokalkaneare Arthrodesis angewandt wurde. Essentieller Bestandteil der Behandlung war die sowohl prä- als auch postoperative Entlastung der betroffenen Extremität durch Unterschenkelgips, Aircast®-Walker-Stiefel oder Orthese. Nach Beendigung des postoperativen Procederes ist der orthopädische Maßschuh zur langfristigen Beschwerdefreiheit unverzichtbar.

**Ergebnisse.** Durch die operative Therapie konnten 16 präoperativ bestehende Ulzerationen auf verringert werden. Leider traten bei diesem Patientenstamm auch gehäuft Komplikationen, wie Infektionen, Pseudoarthrosen, Talusnekrosen und Wundheilungsstörungen auf. Es kam in Folge gehäuft zu Re-

visionsoperationen, wodurch der Großteil an Komplikationen behandelt werden konnte. Leider mussten in diesem Kollektiv dennoch 3 Amputationen durchgeführt werden.

**Schlussfolgerung.** Selbst durch striktes aseptisches Vorgehen und langjähriger Erfahrung kann es immer wieder zu Komplikationen kommen, die bis zum Verlust einer Extremität führen. Die Früherkennung ist der wichtigste Faktor beim Charcot-Fuß. Dadurch können Komplikationen vermieden und die Morbidität gesenkt werden. Begleiterkrankungen, wie Diabetes mellitus, bedürfen spezieller Betreuung und optimaler Therapie, da diese für ein schlechtes Outcome der chirurgischen Intervention wesentlich mitverantwortlich sind. Durch einen zeitnahen operativen Eingriff kann ein plantigrader, voll belastbarer Fuß rekonstruiert und Komplikationen vermieden werden. Langfristig erfordert der progrediente Krankheitsverlauf jedoch vielfach Folgeoperationen.

### Schlüsselwörter

Neuroosteoarthropathie · Ulzera · Arthrodesis · Diabetes · Polyneuropathie

## Surgical treatment of the Charcot foot. Long-term results and systematic review

### Abstract

**Background.** Because of extensive bone loss and the associated complex instability and deformity of the feet, Charcot arthropathy or neuroosteoarthropathy is a challenge for the orthopedic surgeon. Ulcerations offer entry of various bacteria; thus, infections are a frequent serious issue and complication. The careful choice of treatment is not only very important for the correct alignment of the foot and the loading capacity, but also contributes significantly to the prevention of skin irritation or the healing of existing ulcers. Above all, chronic plantar ulcerations, caused by prominent exostoses or axial malalignments are almost untreatable without surgery. Because diagnosis requires an individual approach, no strict regimen of therapy has become established.

**Objectives.** The major objective was to reduce the number of ulcerations and infections, and to minimize the risk of amputation. In addition, complications and comorbidities were determined. Tibio-calcaneal arthrodesis

is a very frequently used surgical treatment option. Therefore, a special focus in the following article is on this method.

**Materials and methods.** In a 12-year period (1999–2011), 43 patients (46 feet) suffering from Charcot foot were treated surgically. The following were used: triple, talo-navicular, subtalar, tibio-calcaneal arthrodesis and midfoot fusion bolts. The arthrodesis related to the hindfoot and tarsus and most commonly the tibio-calcaneal arthrodesis was applied. The reduction of load on the affected foot preoperatively and postoperatively by white-cast, Aircast walker shoe or other orthosis is essential in the treatment. For a long-term satisfactory outcome, an orthopedic custom-made shoe is indispensable after surgical treatment.

**Results.** After surgical treatment of 16 feet with ulcerations, 14 could be healed and only 2 suffered from complications, such as infections, nonunions, talus necrosis, and wound healing disorder. Revision was frequently

necessary, although the majority of complications could be treated. In this population, three amputations could not be prevented.

**Conclusion.** Even with strict aseptic techniques and years of experience in Charcot arthropathy, complications can occur, which can even lead to amputation. The early detection of the Charcot foot is the most important factor and helps to reduce morbidity and further complications. Co-morbid diseases (e.g., diabetes mellitus) need special care and optimal treatment, because they are often responsible for the poor surgical outcome. Finally, the ulceration rate and related complications, such as amputation, can be reduced by timely surgical treatment. Unfortunately, the progressive course of the disease often requires follow-up operations.

### Keywords

Neuroosteoarthropathy · Foot ulcer · Arthrodesis · Diabetes mellitus · Polyneuropathies

Kategorie	Beschreibung
I	Vorfuß
II	Tarsometatarsalgelenke (Lisfranc-Gelenklinie)
III	Talonavikulares, kalkaneokuboides und navikulocuneiformes Gelenk (Chopart-Gelenklinie)
IV	Oberes Sprunggelenk und Subtalargelenk
V	Kalkaneus

Verlaufsstadien	Radiologische Zeichen	Klinische Zeichen
0 Initialstadium	Röntgen, MRT unauffällig	Beschwerdefrei
I Destruktion	Demineralisierung	Entzündungszeichen
a) Fragmentationsphase	Fragmentation, Osteolyse	Gelenkinstabilität, -deformität
b) Luxationsphase	Gelenkdestruktion, Remineralisierung	Zunehmende Deformität
II Reparatur	Knochenneubildung	Rückläufige Entzündungszeichen
III Konsolidierung	Knöcherne Fusion	Bleibende Deformität
IV Ulkusstadium	Deformiertes Fußskelett	Erhöhter Ulkus und Infektgefahr

der Mobilität einher und führt durch die schwere Deformierung zusätzlich zu einer erhöhten Ulzerationsgefahr [4, 10, 27, 40].

## Therapie

Für die Patienten bedeutet die Diagnose Charcot-Fuß nicht nur eine komplexe Umstellung der Lebensgewohnheiten, sondern auch eine langfristige Therapie. Als Therapiemöglichkeiten bestehen einerseits ein konservatives Vorgehen [35] in Form von Gipsruhigstellung, orthopädischem Schuhwerk und Orthesen, andererseits durch operative Eingriffe wie Arthrodesen [22] oder Fixateur externe [11, 13, 48]. Zu beiden Therapieregimen zählt natürlich auch die Behandlung der möglicherweise vorliegenden Ulzerationen. Ob chirurgisch oder konservativ vorgegangen wird, ist im Einzelfall abzuklären. Ein konkretes Behandlungskonzept liegt nach dem derzeitigen Stand der Wissenschaft noch nicht vor. Die Druckentlastung sollte aber in jedem Fall der erste Schritt zur Behandlung eines Charcot-Fußes sein, um weitere Ulzerationen oder andere unerwünschte Komplikationen (wie etwa eine Osteomyelitis) zu verhindern [55].

## Konservative Therapie

Der Literatur ist zu entnehmen, dass erste Anzeichen eines Charcot-Fußes sowie das Stadium I und II nach Eichenholtz zunächst umgehend konservativ behandelt werden sollen.

Die Entlastung und Ruhigstellung der betroffenen Extremität kann mittels „Total Contact Cast“ sowie pneumatischen abnehmbaren Orthesen erfolgen [55]. Um mögliche Ulzera regelmäßig zu kontrollieren und dem Patienten eine bessere Hygiene zu ermöglichen, bietet eine ab-

nehmbare Fixation Vorteile. In der Literatur befassten sich Hartsell et al. [25] und Baumhauer et al. [3] mit den Methoden der Ruhigstellung und konnten weder den klassischen Gips noch die pneumatischen abnehmbare Orthesen signifikant bevorzugen. Letztlich ist es wohl auch eine Frage der Compliance des Patienten, wie strikt er sich an die Vorgaben des behandelnden Spezialisten hält. Mit beiden Varianten der Ruhigstellung treten trotzdem als Komplikation Ulzerationen auf. Hierzu finden sich unterschiedliche Zahlen, wobei Guyton et al. [24] bei ihren Nachuntersuchungen von 398 Gipsbehandlungen eine Rate von 5,5% und Mittlmeier et al. [36] sogar 30% angeben. Langfristig ist auch das Anpassen von Maßschuhen möglich.

Im Mittel benötigt ein betroffener Fuß zum Abklingen der Beschwerden durch Gipsentlastung 10 (8–12) Wochen [4, 20]. Im Verlauf sollten möglichst kurzfristige Kontrollen erfolgen, um den Progress zu überprüfen und etwaige Komplikationen (wie Wundheilungsstörungen) umgehend therapieren zu können. Durch das Konzept der Ruhigstellung konnte in einigen Studien eine hohe Heilungsrate von bis zu 90% erreicht werden [39]. Die Idee der konservativen Therapie ist es, Deformierungen durch Druckentlastung, trotz des unaufhaltsamen Krankheitsprozesses, vorzubeugen [20]. Sobald Subluxationen, Fragmentierungen und schließlich Luxationen und Frakturen auftreten, sollte ein operatives Vorgehen in Betracht gezogen werden [27].

Sowohl in einem konservativen als auch in einigen operativen Therapieregimen konnte eine positive Wirkung durch die Gabe von Bisphosphonaten gezeigt werden. Allerdings muss betont werden, dass es immer noch keine signifikante

Evidenz gibt, weshalb Pinzur et al. [43] keine Empfehlung hierzu aussprechen können.

## Operative Therapie

Im Stadium II und III nach Eichenholtz ist die Literatur noch uneins, wann die Indikation zur Operation definitiv zu stellen ist [40]. Spätestens aber bei schweren Deformationen oder Komplikationen, wie etwa Ulzerationen, sollte an ein chirurgisches Vorgehen gedacht werden.

Grundsätzlich muss klar sein, welche Ziele ein operatives Vorgehen beansprucht. Zum einen soll durch ein Realignment und Gelenkversteifung eine Schuhversorgbarkeit erreicht werden und zum anderen soll eine Amputation der betroffenen Extremität verhindert werden. Dies ist allerdings im Anbetracht des Umstands, dass der typische Patient mit Charcot-Fuß zumeist kein gesunder Operationskandidat ist, nicht ganz einfach. Zumeist leiden die Patienten auch unter beträchtlichen Komorbiditäten, wie Neuropathie, Diabetes, Hypertonie oder Übergewicht [43].

» Ein besonderes Augenmerk ist auf die Differenzierung in Eichenholtz-Stadium II und III zu legen

Ein besonderes Augenmerk ist auf die Differenzierung in Stadium II und III zu legen, da es hier zu Knochenumbauprozessen kommt, die das operative Ergebnis nachhaltig beeinflussen können. Da der Fuß während Stadium II noch im Umbau begriffen ist, kann eine frühzeitige Operation das Entstehen oder Vorschreiten von Knochennekrosen för-

dern, was in Folge zur Instabilität, Schraubenlockerungen oder Schraubenbrüchen führt. Zudem ist die Gefahr in dieser Umbauphase Pseudoarthrosen zu provozieren höher als in Stadium III. Es sollte daher darauf geachtet werden, dass das Stadium II nach Eichenholtz abgeschlossen ist, um die knöchernen Umbauprozesse nicht zu triggern [42].

Nach erfolgter ausführlicher Diagnostik und Operationsplanung sollten möglicherweise bestehende Ulzera nicht außer Acht gelassen werden. Bei manifesten Hautdefekten sollten bereits Wundabstriche abgenommen werden und ein Antibiogramm erstellt werden, um eine keimspezifische Therapie zu ermöglichen. Sind bereits präoperative Abstriche vorhanden, können erregerspezifische antibiotikahaltige Knochenchips eingebracht werden, um direkt in der betroffenen Region eine Antibiose zu schaffen.

Unterschiedlichste Techniken werden angewendet, um den Patienten ein anatomisch-physiologisch korrektes Gangbild wiederzugeben. Die eine Methode der Wahl gibt es nicht, und jede Methode muss den natürlichen Gegebenheiten des Krankheitsbildes angepasst werden [43].

## » Die Entlastung etwaiger Druckspitzen steht im Vordergrund

Die betroffenen Patienten müssen grundsätzlich frühestmöglich einer Therapie zugeführt werden. Durch eine passive, abwartende Haltung können schwere Stadien des Charcot-Fußes mit abenteuerlichen Umbauprozessen entstehen. Ein Korrigieren des Alignements ist hier nicht mehr möglich, da es mit erheblichen Komplikationen verbunden ist. Daher ist in diesen Fällen von komplexen invasiven Methoden sogar abzuraten. Die Entlastung etwaiger Druckspitzen durch schwere Fehlstellungen und Deformitäten steht hier im Vordergrund, um die Ulzerationsgefahr zu reduzieren. In einigen schweren Fällen ist letztlich eine Amputation die Methode der Wahl. Eckardt et al. [15] beschreiben hierzu gute Ergebnisse und kaum Wundheilungsstörungen, wobei hierzu eine durchgängige A. tibialis posterior notwendig ist.

## Postoperatives Regime

Nach erfolgtem operativem Realignment und Arthrodesen erhalten die Patienten üblicherweise einen Gips, welcher für eine komplette Entlastung der betroffenen Extremität in den ersten 6–8 Wochen sorgen sollte. Die Patienten müssen hierbei wirklich dazu angehalten werden, den operierten Fuß auch im Gips nicht zu belasten, um eine Fusion der jeweiligen Arthrodesen zu ermöglichen. Nach 8 Wochen kann mit Teilbelastung begonnen werden. Durchschnittlich waren die Patienten in diesem Kollektiv insgesamt 12–16 Wochen mittels Gips versorgt.

Ein genaues postoperatives Regime ist in der Literatur kaum zu finden, da die Dauer einer Entlastung und Ruhigstellung stark mit dem Stadium und der Methode der operativen Versorgung variiert. Somit obliegt diese Entscheidung dem erfahrenen Operateur und wird meist intraoperativ getroffen. Regelmäßige engmaschige postoperative Kontrollen sollen den Therapieerfolg nachweisen und gegebenenfalls Komplikationen frühzeitig aufdecken. Nach erfolgreicher Rehabilitation muss schließlich ein orthopädischer Maßschuh angepasst werden.

## Ulkusanierung

Überschaubare Ulzerationen können im ambulanten Setting mit dem Skalpell debridiert werden. Es sollte ein Abstrich entnommen und die Wunde sondiert werden, um das Ausmaß der Wundtiefe und etwaiger Fistulierungen zu erheben. Die Wundreinigung kann mittels Lavage erfolgen, um den Erregern in der Tiefe entgegenzuwirken und sowohl Granulation als auch Kollagensynthese anzuregen [17, 26, 49, 51]. Die Wundränder sollten nach der Behandlung gut durchblutet und frei von Eiter und Detritus sein. Dem Behandler obliegt die Entscheidung, den Verband entweder trocken oder feucht anzulegen.

Ist die Ulkusanierung konservativ nicht Erfolg versprechend, kann eine chirurgische Intervention erfolgen. Im Rahmen der ossären Rekonstruktion wird dann eine Wundsanierung durchgeführt, wobei die lokale Therapie zeitweise auf größere Vorgehensweisen wie Minoramputationen, Strahlresektionen, bis hin zu Majoramputationen ausgedehnt werden

muss, um aufsteigende Infektionen einzudämmen.

Arthrodesen und der Fixateur externe ermöglichen neben der Rekonstruktion des Fußes eine gute Therapie chronischer Ulzera [13].

**Achillessehnenverlängerung.** Die Achillessehnenverlängerung ist einer der Eckpfeiler der rekonstruktiven Therapie eines Charcot-Fußes. Durch die Verkürzung der Sehne kommt es zu einer übermäßigen Druckbelastung im Bereich der Ferse, was unweigerlich zu erneuten Ulzerationen in diesem Bereich führt.

Heute stehen mehrere operative Möglichkeiten wie etwa die „offene Achillessehnenverlängerung“ oder die „perkutane Z-Plastik“ zur Verfügung, um die Achillessehne auf die gewünschte Länge zu bringen.

**Exostosenabtragungen.** Beim isolierten prominenten Knochen kann man bei stabiler Situation im Eichenholtz-Stadium III an eine isolierte Abtragung denken. Hier ist v. a. an die Region um das Os cuboideum zu denken. Dieser Knochen luxiert im Eichenholtz-Stadium II oft nach plantar. Dies wiederum führt nach erfolgter Konsolidierung oft zur Überlastung an der Fußsohle mit der Gefahr zur Ulzeration. Auch nach erfolgreichen Operationen kommt es oftmals, v. a. plantar im Bereich des Os cuboideum, zu knöchernen Prominenz. Catanzariti et al. [9] beschreiben hierzu in ihrer Arbeit eine Erfolgsrate von 74%.

Diese Eingriffe sind von enormer Bedeutung für den Erhalt der betroffenen Extremität. Die erwähnten Exostosen sind Prädilektionsstellen für Ulzerationen, welche wiederum für den Eintritt von Keimen und Infektionen verantwortlich sein können, was durch konsequente Abtragung verhindert werden kann.

**Isolierte subtalare Arthrodesen.** Eine isolierte Subtalararthrodesen bei Charcot-Arthropathie ist äußerst selten. Hierzu ist auch kaum Literatur zu finden, nicht zuletzt, da lediglich die isolierte subtalare Luxation eine Indikation für diesen Eingriff darstellt und daher außerordentlich selten vorkommt.



**Abb. 2** ◀ Status nach Triplearthrodese



**Abb. 3** ▲ Tibiokalkaneare Arthrodese mit Plattenosteosynthese

Der Patient wird in Seitenlage operiert, wobei der erste Hautschnitt sinusförmig über dem Außenknöchel erfolgt. Der Sinus tarsi wird dargestellt und die evtl. vorhandenen intertarsalen Bänder durchtrennt. Mit einem Laminaspreizer wird die dorsale Facette des Subtalgelenks aufgespreizt und diese dann entknorpelt. Meist ist zusätzlich eine Knochenentnahme notwendig, um das Gelenk zu reponieren. In weiterer Folge wird auch die ventrale Facette des Subtalgelenks mobilisiert und entknorpelt [34]. Die Fixation erfolgt schließlich mit 2 kanülierten Schrauben. Eine Gipsversorgung mit einem nicht belasteten Gips für 6 Wochen und anschließend einem Gehgips für 6–10 Wochen ist notwendig.

lenks mobilisiert und entknorpelt [34]. Die Fixation erfolgt schließlich mit 2 kanülierten Schrauben. Eine Gipsversorgung mit einem nicht belasteten Gips für 6 Wochen und anschließend einem Gehgips für 6–10 Wochen ist notwendig.

**Triplearthrodese.** Bei dieser Therapieform werden drei knöcherne Fusionen angestrebt (▣ **Abb. 2**). Eine subtalare, eine talonavikulare und eine kalkaneokuboidale Fusion [54].

Bereits in einer Arbeit von Papa et al. von 1993 [41] konnten zu dieser Variante einer Versteifung bei der Nachuntersuchung von 29 Patienten gute Ergebnisse erzielt werden. Das Prinzip war auch damals schon, den Fuß wieder in eine annähernd plantigrade Stellung zu korrigieren, was in 26 Fällen gelang. Radiologisch waren 10 Versteifungen nicht gänzlich knöchern durchgebaut, wobei 7 davon sowohl funktionell als auch klinisch beschwerdefrei und steif waren. Nur eine drohende Amputation konnte nicht verhindert werden [42]. Diese Methode zeigt auch in der weiteren Literatur durchwegs gute Ergebnisse, wobei immer eine hohe Rate an Pseudoarthrosen und Folgeoperationen besteht. Trotzdem stellt sie durchaus eine gängige und gut Alternativen zu einer externen Fixation dar.

Der Patient wird in Seitenlage gelagert. Der Beckenkamm sollte ebenso steril gewaschen werden, da im Falle einer notwendigen Beckenkammspannanlagerung in den Fuß ein Stück des Knochens entnommen werden muss.

Eine meist notwendige Achillessehnenverlängerung kann bereits zu Beginn

der Operation durchgeführt werden, um ein besseres Handling des Fußes während der Operation zu ermöglichen. Es muss jedoch im Einzelfall entschieden werden, da eine Verlängerung nicht immer erforderlich ist. Nun erfolgt ein Hautschnitt, etwas proximal dorsal der Außenknöchelspitze beginnend, bogenförmig nach distal in Richtung Kalkaneokuboidgelenk. Die Gelenkflächen des Subtalar- und Kalkaneokuboidgelenks werden möglichst sparsam reseziert. In Rückenlage wird weiters ein dorsomedialer Hautschnitt parallel zur Tibialis-anteriorsehne durchgeführt. Das Talonavikulargelenk wird entweder unter Verwendung eines Spreizers mit Fräsen oder mit einem Klingenmeißel entknorpelt.

Die Stabilisierung erfolgt beginnend mit dem Subtalgelenk. Dieses wird in orthograde Stellung gebracht und mit 2 großen Schrauben fixiert. Als nächster Schritt wird die Arthrodese des Talonavikulargelenks durchgeführt. Hier muss auf die Einstellung der Pronation und Supination geachtet werden. Die abschließende Arthrodese des Kalkaneokuboidgelenks erfolgt entweder mit einer Schraube oder mit Klammern. Die Schrauben werden jeweils unter Bildwandlerkontrolle und mit Hilfe eines Führungsdrahtes eingebracht. Nach abschließender Röntgenkontrolle werden Redon-Drains in das Operationsgebiet eingebracht. Eine Gipsversorgung mit einem nicht belasteten Gips für 6 Wochen und anschließend einem Gehgips für 6–10 Wochen ist notwendig.

**Tibiotalkaneare bzw. tibiokalkaneare Arthrodese.** Bei massiver Instabilität des Rückfußes mit teilweiser Zerstörung des Talus kommt die „tibiotalkaneare Arthrodese“ bzw. die „tibiokalkaneare Arthrodese“ zur Anwendung (▣ **Abb. 3**). Hierbei handelt es sich um die Versteifung des Rückfußes mit dem Unterschenkel, wobei eine Fusion von Tibia sowie Talus und Kalkaneus erfolgt [41].

Ahmad et al. [1] untersuchten postoperativ 18 Patienten unter Verwendung einer Humerus-Locking-Platte, DiDomenico u. Wargo-Dorsey [14] verwendeten hingegen Femur-Locking-Platten. Aikawa et al. [2] berichten über die Verwendung von Humerus-Locking-Platten zur tibiokalkanearen Fixierung. Bei 3 ta-



**Abb. 4** ◀ Tibiotalokalkaneare Arthrodese mit retrograder Nageleosteosynthese

lokalkanearen Arthrodesen, 2 Patienten davon mit Diabetes mellitus, konnte ein knöcherner Durchbau der Arthrodese in weitestgehend plantigrader Fußstellung erzielt werden. Nach lateralem Zugang wurden die distale Fibula und der nekrotische Talus reseziert. Nach Entknorpeln von Tibia und Kalkaneus wurde die Fibula interponiert und die Platte invers angebracht. Postoperativ wurden 8 Wochen Gips unter Vollentlastung mit anschließender Patellastabilisierungsschiene angelegt [2].

Der Patient wird nach dem sterilen Waschen und Abdecken seitlich gelagert. Es erfolgt ein Hautschnitt etwa 20 cm proximal der Fibulaspitze bis hin zum Os cuboideum. Anschließend wird die Fibula dargestellt. Die A. interossea wird präpariert, um diese zu schützen und anschließend wird die Fibula entfernt.

Als nächster Schritt wird eine subchondrale Osteotomie der distalen Tibia durchgeführt. Bei Vorliegen eines zerstörten Talus wurde dieser hier entfernt, entknorpelt und für eine möglicherweise später notwendige autologe Knorpelspende aufbewahrt. Die Tibia wird so präpariert, dass bei leichter Außenrotation des Fußes eine gute Verbindung zum Kalkaneus besteht. Der Kalkaneus selbst wird entknorpelt, meist wird zur Aufnahme der Tibia in den Kalkaneus eine Stufe gemeißelt. Die Fixation erfolgt mittels Schrauben in Kombination mit einer lateral angelegten Platte (◻ Abb. 4). Die Gipsruhigstellung erfolgt mit anfänglich 6 Wochen unbelastetem und für weitere 6–10 Wochen mit belastetem Gips.

**Der retrograde intramedulläre Nagel.** Bei fortgeschrittener Talusnekrose und Achsdeviation im oberen und/oder unteren Sprunggelenk (Sanders-Stadium III–V) ist der intramedulläre Nagel eine weitere suffiziente Therapiemöglichkeit (◻ Abb. 4). Der Vorteil des retrograden Nagels ist die vorgegebene Konfiguration mit 5° Valgus und neutraler Dorsalexension.

Mueckley et al. [37] beschreiben diese Methode einer Fixation als am stabilsten, wobei dadurch ein gänzlich rigider Rückfuß erzeugt wird. Des Weiteren besteht ein Risiko für Stressfrakturen an der Tibiadiaphyse [32]. Um diesen vorzubeugen wurde von Pinzur et al. [44] bei 9 Patienten ein Femurnagel eingebracht. In allen 9 Fällen zeigte sich nach 10,5 Wochen eine gute Ossifikation ohne Fraktur nach 32 Monaten Follow-up. Fraglich ist, ob die kalkaneare Schraube im Langzeitverlauf zur Fixierung ausreicht. Schon im Jahr 2000 waren Myerson et al. [38] vom intramedullären Nagel nicht gänzlich überzeugt, da der kalkaneare Teil des Nagels für nur eine Schraube Platz hat.

Generell wird bei der Verriegelungsarthrodese von sehr hohen Ossifikationsraten berichtet. Bei Bussewitz et al. [6], Pinzur et al. [44], Mendicino et al. [34], Caravaggi et al. [8] und Dalla et al. [12] werden Fusionsraten von 71–100%, Amputationsraten bis 7% und einer perioperativen Mortalität bis zu 5% beschrieben.

In Bauchlage erfolgt eine 10 cm lange, gerade, dorsolaterale Inzision in der Mitte zwischen Hinterkante der Fibula und lateraler Begrenzung der Achillessehne. Das subtalare Gelenk wird lokali-

siert und eröffnet. Nach Darstellung des Gelenkspalts des unteren Sprunggelenks (USG) wird der vorhandene restliche Knorpel der hinteren Gelenkfacette mit einem Meißel, scharfen Löffel und/oder der Kugelfräse entfernt, nachdem die Gelenkflächen mit einem Arthrodesenspreizer auseinander gedrängt worden sind. Anschließend wird auch das OSG dargestellt und reseziert. Weiters erfolgt in vielen Fällen eine Entnahme von autologem Knochenmaterial aus dem Beckenkamm.

Die Bestimmung des Nageleintrittspunkts im Kalkaneus erfolgt unter Zuhilfenahme eines Bildwandlers. Der Punkt sollte a.-p. mittig, seitlich zwischen Spina tuberos calcanei und hinterer Begrenzung der Trochlea peronealis (fibularis), liegen. Die Eintrittsstelle an der Fußsohle kann mit einem sterilen Hautstift markiert werden. Nach einer Stichinzision in die Fußsohle wird ein 3,2 mm dicker Kirschner-Draht in die Belastungsachse der Tibia eingebohrt. Anschließend erfolgt ein schrittweises Überbohren des Kirschner-Drahtes entsprechend dem gewählten Nageldurchmesser und der Femurnagel kann eingeschlagen werden. Wichtig ist, dass die Längsachse nicht genau von dorsal nach ventral verläuft, sondern leicht von dorsomedial in Richtung Os cuboideum. Mit dem entsprechenden Zielbügel wird der Bohrkanaal gelegt und die distale Verriegelungsschraube eingedreht. Die proximale Verriegelung erfolgt mittels zweier Bolzen unter Röntgenkontrolle in Freihandtechnik. Abschließend erfolgt die Einlage einer Redon-Drainage und der schichtweise Wundverschluss [23].

Postoperativ werden die Patienten mit 12–16 Wochen Unterschenkelgips (6 Wochen Teilentlastung, 6–10 Wochen Vollbelastung) versorgt.

**Stabilisierung der medialen Kolumne.** Instabilität und Einbruch der gesamten medialen Kolumne erfordern eine stabile Versorgung. Dies kann wahlweise mit einer Plattenosteosynthese oder mit einer inneren Auffädung der Knochen beginnend vom Metatarsale 1 bis zum Talus. Diese Versorgungen erfolgen jeweils in Kombination mit einer zusätzlichen Schraubenversorgung. Der Zugang erfolgt über einen ausgedehnten media-

Tab. 3 „Der Durchschnittspatient“	
Durchschnittsalter	62,26 Jahre
Follow-up	41 Patienten
Mittlere Follow-up-Zeit	32,52 Monate
Durchschnittlicher BMI	29,81 kg/m <sup>2</sup>
Diabetes mellitus	73,68% (21 Typ-II-Diabetiker, 7 Typ-I-Diabetiker)
Insgesamt	16 insulinpflichtige Patienten

len Hautschnitt beginnend am Metatarsale 1 und reicht nach proximal bis zum Talushals. Das Tarsometatarsale-1-, das Navikulocuneiforme- und das Talonavikulargelenk werden jeweils entknorpelt. Bei massiven Abduktionsfehlstellungen erfolgt zusätzlich noch eine Keilexzision. Auch die Rekonstruktion des medialen Gewölbes kann mit einer Keilexzision unterstützt werden. Für die Plattenosteosynthese werden unzählige winkelstabile Implantate angeboten. Der „Midfoot Fusion Bolt“ (Synthes®) wurde als Alternative zur Plattenosteosynthese entwickelt. Durch diese Operationstechnik wird der Mittelfuß sozusagen auf diesen Bolzen aufgefädelt und mit dem Rückfuß versteift [47]. Für diese Technik kommen Patienten mit gemeinsamer Beteiligung des Mittelfußes und des Rückfußes infrage, da die eingebrachte Schraube über das jeweilige Metatarsale bis in den Talus reicht und damit der Rückfuß oder auch der Tarsus mit betroffen ist.

Lamm et al. [30] beschreiben in ihrer Arbeit über die intramedulläre Versteifung und Realignment der gesamten medialen Kolumne sehr gute kurzfristige Ergebnisse. Sie betonen die enorme Rolle eines postoperativ wieder annähernd plantigraden Fußes. Auch in der Arbeit von Sammarco et al. [46] wird diese Theorie vertreten. Ein Weiterbestehen von Fehlstellungen soll vermieden werden, um neuerliche Druckspitzen und so weitere Ulzera zu verhindern. In ihrer Arbeit wurden 22 Patienten ebenfalls mit einer intramedullären Versteifung der medialen Kolumne nachuntersucht. Sie stellten in den postoperativen Röntgenaufnahmen wieder annähernd anatomische Verhältnisse fest. Als Komplikation traten allerdings eine Pseudoarthrose und 5 teilweise nicht vollständig durchgebaute Arthrodesen auf. Bei 3 Patienten bestanden

die Ulzera weiterhin und in 8 Fällen gab es Materialfehler oder sogar Materialbruch.

Auch bei dieser Technik inkludiert die Nachbehandlung etwa 16 Wochen Gipsversorgung bei kompletter Entlastung für die ersten 6–8 Wochen.

**Der Fixateur externe.** Diese Operationstechnik soll lediglich in Ausnahmefällen eine zusätzliche Methode bieten. Die Art der Fixierung kann bei Patienten mit prekären Wundverhältnissen angewandt werden, um mit dem betroffenen Wundgebiet so schonend wie möglich zu verfahren. Auch die Compliance des Patienten spielt in der Therapie des Charcot-Fußes eine wesentliche Rolle. Ist von dem Patienten nicht zu erwarten, dass er die vorgegebenen Fristen der Entlastung und Teilbelastung einhält, so kann eine externe Fixierung zur Anwendung kommen.

Anhand der Literatur kann aufgezeigt werden, dass es durch eine externe Fixation häufiger zu einem nicht vollständigen knöchernen Durchbau der Arthrodesese kommt, allerdings ereignet sich im Vergleich zu einer internen Fixierung seltener ein Materialbruch [19, 43].

### Komplikationen

Ein Großteil der Komplikationen (wie Amputation, Infektionen, Osteomyelitis, Pseudoarthrosen, Revisionsoperation, Schraubenbruch/-lockerung, Talusnekrose, Ulzeration, Wiederauftreten der Erkrankung, Wundheilungsstörung) kann durch gute Compliance der Patienten eindeutig verringert oder sogar vermieden werden [7]. Aufgrund der Sensibilitätsstörung ist es wichtig, die Patienten eingehend auf die Dringlichkeit der Entlastung aufzuklären und eventuelle Folgen bei Nichteinhalten aufzuzeigen.

Bei den aufgetretenen Wundheilungsstörungen in unserem Patientengut vermutete man die Ursache in einem schlecht eingestellten Diabetes mellitus. Die Auswertung der vorhandenen Daten zeigte jedoch, dass lediglich 2 Patienten mit einer Wundheilungsstörung auch an Diabetes mellitus litten. Die restlichen Wundheilungsstörungen wurden auf andere Ursachen wie etwa eine periphere arterielle Verschlusskrankheit (PAVK) zurückgeführt. Bei nur einer Patientin konnte ei-

ne Osteomyelitis infolge einer Wundheilungsstörung festgestellt werden.

Aufgrund von Infektionen mussten bei den Patienten aus unserer Klinik insgesamt 3 Amputationen durchgeführt werden. Dabei kamen neben der Hauptursache einer Polyneuropathie vielfach noch koronare Herzkrankheit und durch chronischen Nikotinabusus bedingte Gefäßinsuffizienz im Sinne einer PAVK hinzu.

Mittlmeier et al. [36] gaben bei ihren Nachuntersuchungen an, dass beinahe die Hälfte aller Patienten einen weiteren Eingriff benötigen. Somit ist es äußerst wichtig, einen betroffenen Patienten dahingehend ausführlich aufzuklären.

### Patienten und Methode

Insgesamt wurden bei 43 Patienten (46 Füße) 50 Arthrodesen im Eichenholz-Stadium III und Sanders-Stadium III, IV und V durchgeführt. Davon 16 Triplearthrodesen (37,20%), 21 tibiokalkaneare Arthrodesen (34,88%), 3 Subtalararthrodesen (6,97%) und 4 talonavikuläre Arthrodesen und 6 „Midfoot Fusion Bolts“. Während 3 Patienten bereits im Stadium II operiert wurden, konnten die restlichen 40 Füße im abgeschlossenen Eichenholz-Stadium III versorgt werden. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation war 62,26 Jahre, der durchschnittliche „Body Mass Index“ (BMI) betrug 29,81 kg/m<sup>2</sup> (nur 4 Patienten lagen < 25 kg/m<sup>2</sup>), die mittlere Follow-up-Zeit lag bei 32,52 Monaten (■ Tab. 3).

Die häufigste Ursache des Charcot-Fußes war auch in unserem Patientengut mit 68,42% Diabetes mellitus, gefolgt von Polyneuropathien unbekannter Ursache (15,78%). Weiters die alkoholbedingte Polyneuropathie (5,26%) sowie hereditäre Neuropathien (5,26%) und Neuropathien unbekannter Ursache (5,26%).

Nach den oben genannten Operationstechniken kam es zu folgenden Komplikationen: 6 Schraubenlockerungen bei progredienter Talusnekrose, 2 Schraubenbrüche, 3 Infekte, 3 Reulzerationen und 3 Pseudoarthrosen. Somit waren im Verlauf 24 Folgeoperationen (88,88%) notwendig, wenn man 2 Materialentfernungen und die Fixateur-externe-Abnahme subtrahiert.

## Diskussion

Hauptziel ist das Vermeiden progredienter Deformierungen, die Stabilisierung, Rekonstruktion und Belastungsfähigkeit des Fußes, sowie die Sanierung vorbestehender Ulzerationen bzw. das Vorbeugen neuerlicher Hautdefekte. Durch gute Operationsergebnisse kann Infekten und den damit verbundenen Komplikationen vorgebeugt werden. Aktuell gibt es jedoch keinen Goldstandard zur Sanierung der Charcot-Arthropathie bei einem Sanders-Stadium III–V.

Die aufgetretenen Komplikationen unter Einschluss aller oben genannten Operationstechniken waren in alphabetischer Reihenfolge: Amputationen, Infektionen, Pseudoarthrosen, Talusnekrosen, Ulzerationen und Wundheilungsstörungen.

### ➤ Als Hauptkomplikation ist die Talusnekrose zu nennen.

Die damit verbundene Instabilität birgt die Gefahr, neuerliche Fehlstellungen inklusive Wundheilungsstörungen zu provozieren. In unserer Nachuntersuchung mussten aufgrund der fortschreitenden Knochendestruktion und den damit verbundenen Komplikationen bei > 80 % der Patienten Folgeeingriffe durchgeführt werden. Als Komplikation steht die Talusnekrose im Vordergrund, welche in weiterer Folge neben Schraubenlockerungen die Stabilität des Fußes und somit das gesamte Operationsergebnis negativ beeinflussen kann. In einigen Fällen konnte erkannt werden, dass der Talus tatsächlich bereits präoperativ nekrotisch war. Warum es bereits vor der Operation zu diesen Talusnekrosen kam, kann nur gemutmaßt werden. Hier erhärtet sich die Vermutung, dass Umbauprozesse und eine damit gekoppelte Fehlbelastung zur Talusnekrose führen.

Eine rasche Diagnosestellung und somit frühzeitige Behandlung ist wesentlich für das Outcome. Sowohl Mittlmeier et al. [36] als auch Pakarinen et al. [40] stellen fest, dass Patienten mit frühzeitigen operativen Eingriffen bessere Ergebnisse zeigen.

Die exakte Differenzierung der vorhandenen Stadien nach Eichenholtz ist ein bedeutsamer Punkt, der in Zukunft

strenger berücksichtigt werden sollte. Ein operativer Eingriff sollte ehestmöglich in Stadium III nach Eichenholtz stattfinden.

Ob ein Eichenholtz-Stadium II noch nicht komplett abgeschlossen war, vaskuläre Probleme oder Infektionen die Ursache für etwaige Komplikationen wie Schraubenlockerungen waren, konnte jedoch nicht restlos geklärt werden.

Neben dem intramedullären Nagel wurden verschiedenste Zusatzmethoden der tibiokalkanearen Arthrodesen durchgeführt. Lui et al. [33] beschrieben die tibiokalkaneare Arthrodesen mit zusätzlicher L-Platte. Da die distale Stabilisierung hauptsächlich von der talaren Schraube der L-Platte getragen wird, ist die Therapie in Anbetracht der vielbeschriebenen Nekroserate am Talus zu diskutieren. Wichtig ist eine möglichst stabile Versteifung, wobei hierzu Pakarinen et al. [40] betonen, dass einfache Kirschner-Drähte und Staples keine ausreichend feste Arthrodesen ermöglichen. Bei den diversen Methoden der Versteifung müssen Schrauben und Platten eingesetzt werden, um einen ausreichenden knöchernen Durchbau zu ermöglichen und eine schwere Komplikation zu vermeiden. Auch das Interponieren eines Femuskopfes wurde bei großen Nekrosedefekten vielfach versucht.

Ein großes Problem stellt, wie so oft beschrieben, die postoperative Mobilisation und Entlastung der Extremität mit Zuhilfenahme von Gehhilfen trotz physiotherapeutischer Anweisung dar. Zudem ist eine Umstellung der Lebensgewohnheiten für die Patienten unumgänglich.

Bei fortgeschrittener Talusnekrose und Achsdeviation im OSG und/oder USG (Sanders-Stadium III–V) ist der intramedulläre Nagel eine suffiziente Therapiemöglichkeit. Der Rückfuß kann plantigrad und voll belastungsfähig rekonstruiert werden.

Aufgrund der schlechten Knochenqualität, der meist starken Fußfehlstellung und dem ausgedehnten postoperativen Procedere ist neben einer langjährigen Erfahrung des Operateurs auch eine hohe Compliance der Patienten erforderlich.

### Fazit für die Praxis

- Die neuropathische Osteoarthropathie ist ein progressives Krankheits-

bild, das durch Gelenkluxationen, pathologische Frakturen und ausgiebige Destruktionen der Fußarchitektur gekennzeichnet ist. Die Erkrankung bedarf eines komplexen Behandlungsregimes mit dem Ziel Ulzerationen vorzubeugen, den Fuß orthograd zu positionieren und unter Vollbelastung schuhversorgbar zu machen. Im Rahmen des konservativen Vorgehens ist die Compliance der Patienten in Hinblick auf die konsequente Entlastung der Extremität besonders gefragt.

- Fortschreitende Skelettdestruktionen mit rezidivierenden Weichteildefekten erschweren die Therapie und verschlechtern die Prognose.
- Je nach physischen, gesundheitlichen und sozialen Voraussetzungen sowie der lokalen Wundsituation können verschiedene Operationstechniken angewendet werden.
- Eine eindeutige Indikationsstellung für ein spezifisches Arthrodeseverfahren kann aus den Klassifikationssystemen zur Einteilungen in den Grad der Osteodestruktion nicht abgeleitet werden. In Zusammenschau mit der internationalen Literatur bietet eine Operation nach Abschluss des Stadium II nach Eichenholtz vielversprechenden Erfolg.
- Eine adäquate Therapie besteht aus einer umfassenden Diagnostik, einem sorgfältigen Operationsmanagement und der individuellen Nachsorge. Auch bei verspätet eingeleiteter Therapie sind rekonstruktive Maßnahmen praktikabel und führen in der überwiegenden Zahl der Fälle zu guten funktionellen Ergebnissen, sodass ein hoher Anteil amputationsgefährdeter Extremitäten erhalten werden kann.
- Durch Kompetenz und Erfahrung kann im Rahmen einer langfristigen Patientenbetreuung durch individuelles Vorgehen ein guter Therapieerfolg in Kombination von konservativen und operativen Maßnahmen erzielt werden.

Hier steht eine Anzeige.



## Korrespondenzadresse

**Prof. Dr. H.-J. Trnka**

Abteilung für Kinderorthopädie und  
Fußchirurgie  
Orthopädisches Krankenhaus Speising,  
Speisingerstraße 109, 1130 Wien  
trnka@fusszentrum.at

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** N. Hartig, S. Krenn und H.-J. Trnka geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

## Literatur

- Ahmad J, Pour AE, Raikin SM (2007) The modified use of a proximal humeral locking plate for tibiototalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int* 28:977–983
- Aikawa T, Watanabe K, Matsubara H et al (2014) Tibiocalcaneal fusion for charcot ankle with severe talar body loss: case report and a review of the surgical literature. *J Foot Ankle Surg* doi:10.1053/j.jfas.2014.06.003
- Baumhauer JF, Wervy R, McWilliams J et al (1997) A comparison study of plantar foot pressure in a standardized shoe, total contact cast, and prefabricated pneumatic walking brace. *Foot Ankle Int* 18:26–33
- Botek G, Anderson MA, Taylor R (2010) Charcot neuroarthropathy: an often overlooked complication of diabetes. *Cleve Clin J Med* 77:593–599
- Brower AC, Allman RM (1981) Pathogenesis of the neurotrophic joint: neurotraumatic vs. neurovascular. *Radiology* 139:349–354
- Bussewitz B, Devries JG, Dujela M et al (2014) Retrograde intramedullary nail with femoral head allograft for large deficit tibiototalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int* 35:706–711
- Capobianco CM, Ramanujam L, Zgonis T (2010) Charcot foot reconstruction with combined internal and external fixation: case report. *J Orthop Surg Res* 5:7
- Caravaggi CM, Sganzeroli AB, Galenda P, Balardo M, Gherardi P, Simonetti D, Ferraresi R, Farnetti A, Morandi A (2012) Long-term follow-up of tibiototalcaneal arthrodesis in diabetic patients with early chronic Charcot osteoarthropathy. *J Foot Ankle Surg* 51(4):408–411. doi:10.1053/j.jfas.2012.04.007. Epub 2012 May 26
- Catanzariti AR, Mendicino R, Haverstock B (2000) Osteotomy for diabetic neuroarthropathy involving the midfoot. *J Foot Ankle Surg*: 39:291–300
- Chantelau E, Onvlee GJ (2006) Charcot foot in diabetes: farewell to the neurotrophic theory. *Horm Metab Res* 38:361–367
- Conway JD (2008) Charcot salvage of the foot and ankle using external fixation. *Foot Ankle Clin* 13:157–173, vii
- Dalla Paola L, Volpe A, Varotto D, Postorino A, Brocco E, Senesi A, Merico M, De Vido D, Da Ros R, Assaloni R (2007) Use of a retrograde nail for ankle arthrodesis in Charcot neuroarthropathy: a limb salvage procedure. *Foot Ankle Int* 28(9):967–970
- Delhey P, Burklein D, Kessler S et al (2010) [Closed reposition of an acute midfoot luxation fracture in Charcot arthropathy with the ring fixator]. *Unfallchirurg* 113:594–597
- Didomenico LA, Wargo-Dorsey M (2012) Tibiotalcaneal arthrodesis using a femoral locking plate. *J Foot Ankle Surg* 51:128–132
- Eckardt A, Schollner C, Decking J et al (2004) The impact of Syme amputation in surgical treatment of patients with diabetic foot syndrome and Charcot-neuro-osteoarthropathy. *Arch Orthop Trauma Surg* 124:145–150
- Eichenholtz S (1966) Charcot joints. C. C. Thomas, Springfield
- Ennis WJ, Lee C, Plummer M et al (2011) Current status of the use of modalities in wound care: electrical stimulation and ultrasound therapy. *Plast Reconstr Surg* 127(Suppl 1):93S–102S
- Fabrin J, Larsen K, Holstein PE (2000) Long-term follow-up in diabetic Charcot feet with spontaneous onset. *Diabetes Care* 23:796–800
- Farber DC, Juliano PJ, Cavanagh PR et al (2002) Single stage correction with external fixation of the ulcerated foot in individuals with Charcot neuroarthropathy. *Foot Ankle Int* 23:130–134
- Frykberg RG, Mendezsoo E (2000) Management of the diabetic Charcot foot. *Diabetes Metab Res Rev* 16(Suppl 1):S 59–65
- Garapati R, Weinfeld SB (2004) Complex reconstruction of the diabetic foot and ankle. *Am J Surg* 187:815–865
- Grant WP, Garcia-Lavin SE, Sabo RT et al (2009) A retrospective analysis of 50 consecutive Charcot diabetic salvage reconstructions. *J Foot Ankle Surg* 48:30–38
- Grass R (2005) [Tibiotalcaneal arthrodesis using a distally introduced femoral nail (DFN)]. *Oper Orthop Traumatol* 17:426–441
- Guyton GP (2005) An analysis of iatrogenic complications from the total contact cast. *Foot Ankle Int* 26:903–907
- Hartsell HD, Fellner C, Saltzman CL (2001) Pneumatic bracing and total contact casting have equivocal effects on plantar pressure relief. *Foot Ankle Int* 22:502–506
- Herberger K, Franze N, Blome C et al (2011) Efficacy, tolerability and patient benefit of ultrasound-assisted wound treatment versus surgical debridement: a randomized clinical study. *Dermatology* 222:244–249
- Illgner U, Podella M, Rummler M et al (2009) [Reconstructive surgery for Charcot foot. Long-term 5-year outcome]. *Orthopade* 38:1180–1186
- Johnsen B (2007) Acute Charcot's arthropathy: a difficult diagnosis. *JAAPA* 20:22–26
- Kessler SB, Kalteis TA, Botzlar A (1999) [Principles of surgical treatment of diabetic neuropathic osteoarthropathy]. *Internist (Berl)* 40:1029–1035
- Lamm BM, Siddiqui NA, Nair AK et al (2012) Intramedullary foot fixation for midfoot Charcot neuroarthropathy. *J Foot Ankle Surg* 51:531–536
- Bowker JH, Pfeifer MA (Hrsg) (2008) Levin and O'Neal's the diabetic foot. Mosby, Philadelphia
- Lidor C, Ferris LR, Hall R et al (1997) Stress fracture of the tibia after arthrodesis of the ankle or the hindfoot. *J Bone Joint Surg Am* 79:558–564
- Lui TH (2012) Tibiocalcaneal arthrodesis with combined retrograde intramedullary nail and lateral L-plate. *J Foot Ankle Surg* 51:693–695
- Mendicino RW, Catanzariti AR, Saltrick KR et al (2004) Tibiotalcaneal arthrodesis with retrograde intramedullary nailing. *J Foot Ankle Surg* 43:82–86
- Mittlmeier T, Klauke K, Haar P et al (2008) [Charcot foot. Current situation and outlook]. *Unfallchirurg* 111:218–231
- Mittlmeier T, Klauke K, Haar P et al (2010) Should one consider primary surgical reconstruction in charcot arthropathy of the foot? *Clin Orthop Related Res* 468:1002–1011
- Mueckley TM, Eichorn S, Von Oldenburg G et al (2006) Biomechanical evaluation of primary stiffness of tibiotalar arthrodesis with an intramedullary compression nail and four other fixation devices. *Foot Ankle Int* 27:814–820
- Myerson MS, Alvarez RG, Lam PW (2000) Tibiocalcaneal arthrodesis for the management of severe ankle and hindfoot deformities. *Foot Ankle Int* 21:643–650
- Nabuurs-Franssen MH, Slegers R, Huijberts MS et al (2005) Total contact casting of the diabetic foot in daily practice: a prospective follow-up study. *Diabetes Care* 28:243–247
- Pakarinen TK, Laine HJ, Honkonen SE et al (2002) Charcot arthropathy of the diabetic foot. Current concepts and review of 36 cases. *Scand J Surg* 91:195–201
- Papa JA, Myerson MS (1992) Pantalar and tibiototalcaneal arthrodesis for post-traumatic osteoarthritis of the ankle and hindfoot. *J Bone Joint Surg Am* 74:1042–1049
- Papa J, Myerson M, Girard P (1993) Salvage, with arthrodesis, in intractable diabetic neuropathic arthropathy of the foot and ankle. *J Bone Joint Surg Am* 75:1056–1066
- Pinzur MS (2007) Current concepts review: Charcot arthropathy of the foot and ankle. *Foot Ankle Int* 28:952–959
- Pinzur MS, Noonan T (2005) Ankle arthrodesis with a retrograde femoral nail for Charcot ankle arthropathy. *Foot Ankle Int* 26:545–549
- Rumenapf G, Lang W (2003) [Diabetic neuropathic osteoarthropathy (Charcot foot)]. *Zentralbl Chir* 128:734–739
- Sammarco VJ, Sammarco GJ, Walker EW Jr et al (2009) Midtarsal arthrodesis in the treatment of Charcot midfoot arthropathy. *J Bone Joint Surg Am* 91:80–91
- Sammarco VJ, Sammarco GJ, Walker EW Jr et al (2010) Midtarsal arthrodesis in the treatment of Charcot midfoot arthropathy. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 92(Suppl 1 Pt 1):1–19
- Sayner LR, Rosenblum BI (2005) External fixation for Charcot foot reconstruction. *Curr Surg* 62:618–623
- Serena T, Lee SK, Lam K et al (2009) The impact of noncontact, nonthermal, low-frequency ultrasound on bacterial counts in experimental and chronic wounds. *Ostomy Wound Manage* 55:22–30
- Shibata T, Tada K, Hashizume C (1990) The results of arthrodesis of the ankle for leprotic neuroarthropathy. *J Bone Joint Surg Am* 72:749–756
- Tan J, Abisi S, Smith A et al (2007) A painless method of ultrasonically assisted debridement of chronic leg ulcers: a pilot study. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 33:234–238
- Van Der Ven A, Chapman CB, Bowker JH (2009) Charcot neuroarthropathy of the foot and ankle. *J Am Acad Orthop Surg* 17:562–571
- Wild S, Roglic G, Green A et al (2004) Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care* 27:1047–1053
- Wülker N (1998) *Operationsatlas Fuß und Sprunggelenk*. Enke, Stuttgart
- Zgonis T (2010) *Surgical reconstruction of the diabetic foot and ankle*. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia

Copyright of Der Orthopäde is the property of Springer Science & Business Media B.V. and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.