

## Der „Midfoot Fusion Bolt“ – eine neue Perspektive?

### Abkürzungen

AOFAS American Orthopedic Foot and Ankle Society

FFI Foot Function Index

p.s. Heilung per „secundam intentionem“

**Bis zum heutigen Tag besteht kein Konsens bezüglich der optimalen operativen Versorgung von Charcot-Fußkrankungen. Dies ist mitunter auf die Diversität der Lokalisationen zurückzuführen, welche eine allgemeingültige Aussage schwer macht. Der „Midfoot Fusion Bolt“ ist eine neue Technik, welche sich bis zum Vorliegen von Langzeitergebnissen weiterhin auf dem Prüfstand befindet.**

### Der Charcot-Fuß

Jean Martin Charcot war im Paris des 19. Jahrhundert als Neurologe tätig [1]. Nicht nur der „Charcot-Fuß“ sondern viele weitere Erkrankungen tragen aufgrund seines Schaffens heute seinen Namen. Bei seinen Untersuchungen an verschiedenen Erkrankungen wie etwa Syringomyelien oder auch Leprakranken fielen ihm Deformitäten im Fußbereich auf.

Es ranken sich bis heute mehrere Theorien und Ansätze, weshalb es zu diesen Umbauprozessen und anschließenden Fehlstellungen kommt, jedoch ist die Ätiopathogenese bis heute ungeklärt. Zwei Theorien jedoch halten sich bis heute.

Zum ersten die neurotraumatische Theorie, in welcher die traumatische Genese als Ausgangspunkt für später auftre-

tende Deformitäten verantwortlich sein soll.

Die zweite, J.M. Charcot war ein Verfechter dieser, ist die neurovaskuläre Theorie – sie propagiert eine übermäßige Durchblutung aufgrund einer Schädigung autonomer Nerven. Diese Autosympathektomie führt im weiteren Verlauf zu einer vermehrten Durchblutung und damit einhergehend „Auswaschung“ der Knochenmatrix, was wiederum die konsekutiven Verformungen der betroffenen Extremität erklärt [2].

Als weitaus häufigste Ursache für den Charcot-Fuß gilt heutzutage der Diabetes mellitus (sowohl Typ I als auch II). Zu Zeiten Jean Martin Charcots waren dies jedoch Erkrankungen, die in der heutigen Zeit selten geworden sind, wie etwa Amyloidose, Lepra, Syringomyelien, die häufig beschrieben Tabes dorsalis sowie Tumoren.

### International formulierte Guidelines für den Charcot-Fuß fehlen bislang

Dies ist auf die noch ungeklärte Ätiologie zurückzuführen. Es bestehen jedoch Therapieansätze, welche ein Voranschreiten der Erkrankung eindämmen können, was bereits 1994 von M. Pinzur et al. beschrieben wurde [14]. Als wichtigsten Faktor ist hier die Früherkennung zu nennen. Oftmals wird die Erkrankung fehlerinterpretiert oder fehldiagnostiziert [3]. Ist es möglich, die Erkrankung möglichst im Stadium I nach Eichenholtz zu identifizieren, sind Deformierungen und daraus folgende Operationen oft zu verhindern [4]. Die Entlastung des betroffenen Fußes kann mittels verschiedener orthopädischer Devices erfolgen. Aircast®-Walker,

Gipsversorgungen oder Orthesen zählen zu den etablierten Methoden [5].

Bei weiter fortgeschrittener Erkrankung ist es ungleich wichtiger, die betroffene Extremität zu entlasten. Ist die Charcot-Erkrankung „abgeklungen“, wird über das weitere Vorgehen (wie etwa eine chirurgische Rekonstruktion) entschieden.

### Der Mittelfuß

Die Region besteht aus mehreren Knochen, Gelenken sowie Bandstrukturen. Die Unterteilung des Fußes erfolgt in Vor-, Mittel- sowie Rückfuß. Der Mittelfuß beinhaltet das Os cuboideum, Os naviculare, die Ossa cuneiforme sowie die Ossa metatarsi. Des Weiteren kann in Antetarsus, Metatarsus sowie Tarsus gegliedert werden. Der Metatarsus wird durch die Ossa metatarsi gebildet. Der Tarsus („Fußwurzel“) setzt sich aus Kalkaneus und Talus sowie Os cuboideum, Os naviculare und den Ossa cuneiforme zusammen. Als Gelenklinien sind das proximale gelegene Chopart- sowie das weiter distal gelegene Lisfranc-Gelenk anzuführen [6]. Die Kenntnis der komplexen Anatomie ist Grundvoraussetzung für den Operateur, da dieser bei allfälligen Rekonstruktionen oft vor große Herausforderungen gestellt wird.

### Die Kenntnis der komplexen Anatomie ist Grundvoraussetzung für den Operateur

Der Mittelfuß stellt aus mehreren Gründen eine spezielle Problematik dar. Diesem kommt im Zuge der Kraftübertragung während des Ganges vom Vor- über



**Abb. 1** ▲ „Midfoot Fusion Bolt“ von DePuy Synthes. (Mit freundl. Genehmigung der Firma DePuy Synthes, Zuchwil, Schweiz)

den Mittel- auf den Rückfuß eine spezielle Bedeutung zu. Eine weitere Komponente ist die Gelenksituation. Mehrere Gelenke sind am „Konstrukt“ Mittelfuß beteiligt. Die Intaktheit dieser Einheit ist für einen erfolgreichen und problemlosen Gang erforderlich.

Eine Zerstörung mehrerer Knochen und Gelenke in diesem Gebiet führt im weiteren Verlauf sehr wahrscheinlich zur Versteifung. Dies ist wiederum mit einer Einschränkung der Beweglichkeit sowie einer Änderung der Kräfteverhältnisse sowie Hebelwirkungen vergesellschaftet. Prämisse beim Charcot-Fuß ist es jedoch, die betroffene Extremität und somit einen plantigraden Fuß zu erhalten. Das physiologisch-anatomische Grundkonstrukt ist für einen problemlosen Gang zwar notwendig, jedoch müssen hier oftmals Kompromisse eingegangen werden. Der Erhalt der Extremität steht im Vordergrund. Aufgrund möglicher Komplikationen wie Ulzerationen und Wundinfektionen mit konsekutiv möglichen Amputationen ist dies jedoch oft nicht zu gewährleisten.

## Der „Midfoot Fusion Bolt“

Der „Midfoot Fusion Bolt“ ist eine kopflose, solide intramedulläre Schraube mit einem Durchmesser von 6,5 mm. Als Materialien stehen rostfreier Stahl sowie Titan zur Auswahl. Es befinden sich an beiden Enden jeweils kurze Gewinde (Abb. 1). Hier kann zwischen einer Länge von 50 mm sowie 160 mm gewählt werden. Die Schraube wurde als „single-use device“ zur Versorgung von Frakturen, Osteotomien sowie bei Pseudarthrosen präsentiert.

Die Vorteile dieser intramedullären Technik liegen auf der Hand: eine Frakturversorgung, die näher an der regelrechten Anatomie orientiert ist, die Absenz der Notwendigkeit einer Entfernung und eine geringere Rate an Ulzerationen aufgrund der versenkenden Technik.

Zur optimalen Platzierung der Schraube sind zwei Techniken beschrieben:

Zum ersten die antegrade Technik, wobei nach erfolgter dorsomedialer Hautinzision direkt über dem gewünschten Metatarsalgelenk von distal nach proximal vorgegangen wird. Eine weitere medial gelegene Inzision hat den Zweck, das darunter liegende Gelenk zu entartikulieren und somit eine suffiziente Arthrodese gewährleisten zu können. Kirschner-Drähte sollen unter Bildwandlerkontrolle in Position gebracht und somit als Bohrhilfe für den Bolt sorgen. Mittels Messlehre wird vor der endgültigen Einbringung der Schraube die exakte Länge ermittelt. Anschließend wird der Mittelfuß vom jeweiligen Mittelfußknochen, beginnend über das artikulierende Os cuneiforme weiter in das Os cuboideum und abschließend in den Talus, regelrecht auf den Bolt „aufgefädelt“. Auch die lateralen (4. sowie 5.) Kolonnen können in dieser Art und Weise wiederhergestellt werden. Das postoperative Management setzt für 2 Wochen eine komplette Entlastung des betroffenen Fußes voraus. Eine Vollbelastung ist nach 12 Wochen und erfolgter Röntgenkontrolle, welche zu diesem Zeitpunkt eine ausreichend knöcherne Konsolidierung zeigen sollte, möglich.

Die zweite Option ist die retrograde Technik, bei welcher über den Talus nach distal eingegangen wird. Hier wird in derselben Art wie zuvor beschrieben, jedoch

von proximal nach distal gearbeitet. Demnach wird die Bolt-Schraube über den Talus, das Talonavikulo- bzw. das Kalkaneokuboidgelenk sowie weiter in die jeweiligen artikulierenden Cuneiforme und abschließend Metatarsalia eingebracht.

Krankheitsentitäten, welche mithilfe des „Midfoot Fusion Bolt“ einer operativen Korrektur zugeführt werden können, sind laut Herstellerangaben der Charcot-Fuß und neuropathisch degenerative Erkrankungen anderer unklarer Genese.

Aufgrund aufgetretener Komplikationen, wie etwa Lockerung und unzureichende Fixation in den ersten Jahren, gab es zwischenzeitlich eine Erneuerung der Empfehlung durch den Hersteller, der eine Augmentation mittels Platten oder Schrauben, welche eine höhere Stabilität gewährleisten sollen, empfiehlt.

## Literatur zum „Midfoot Fusion Bolt“

Die erste zum „Midfoot Fusion Bolt“ veröffentlichte Arbeit stammt aus dem Unispital Basel, wo Wiewiorski et al. [7] in den ersten 24 Monaten über ein problemloses Follow-up berichten. Hier konnte eine typische Löschwiegendeformität, wie sie vom Mittelfuß-Charcot bekannt ist, in eine plantigrade Fußform zurückgeführt werden. Es handelte sich zu diesem Zeitpunkt jedoch lediglich um einen Case Report, weshalb keine weiteren Aussagen über etwaige Pros oder Contras geäußert werden konnten.

Im selben Jahr wurde eine weitere Arbeit von Wiewiorski et al. [8] vorgestellt, in welcher insgesamt 8 Patienten einer „Midfoot Fusion Bolt-Operation“ zugeführt wurden. In einem mittleren Follow-up-Intervall von 27 (12–44) Monaten konnte kein Schraubenbruch sowie keine Ulzeration ermittelt werden. In insgesamt 3 Fällen bestand die Notwendigkeit, den Bolt zu entfernen. Dies war in einem Fall auf eine Infektion und in den beiden weiteren Fällen auf die axiale Migration des Bolts in das obere Sprunggelenk zurückzuführen. In diesem Zeitraum konnte keine weitere Komplikation festgestellt werden, und die radiologischen Kontrollen zeigten eine suffiziente Versteifung der betroffenen Regionen.

M. Wurm · R. Schuh · A. Wanivenhaus · R. Windhager · H.-J. Trnka

## Der „Midfoot Fusion Bolt“ – eine neue Perspektive?

### Zusammenfassung

**Hintergrund.** Bis zum heutigen Tag besteht kein Konsens bezüglich der optimalen operativen Versorgung von Charcot-Fußerkrankungen. Dies ist mitunter auf die Diversität der Lokalisationen zurückzuführen, welche eine allgemeingültige Aussage schwer macht. Bislang galten Techniken, welche Schrauben und Platten vereinten, als stabilste und damit häufigsten verwendete. Der „Midfoot Fusion Bolt“ ist eine neue Technik, welche sich bis zum vorliegen von Langzeitergebnisse weiterhin auf dem Prüfstand befindet. Eine kurze Zusammenfassung der bislang publizierten Arbeiten sowie selbst ermittelte Ergebnisse geben einen Überblick zu dieser neuen operativen Option.

**Fragestellung.** Es galt, die kurzfristigen Ergebnisse inklusive aufgetretener Komplikationen zu ermitteln sowie ein kurzes Resü-

mee der bislang veröffentlichten Arbeiten zu geben.

**Material und Methoden.** Der „Midfoot Fusion Bolt“ ist eine solide intramedulläre Schraube. Die Anwendung erfolgt entweder von antegrad oder retrograd. Es wurden insgesamt 16 Patienten (17 Füße) in 2 Fuß- und Knöchelchirurgie-spezialisierten Zentren in diese Nachuntersuchung eingeschlossen. Es wurden „Body Mass Index“ (BMI), HbA1c-Wert, „American Foot and Ankle Society Score“ (AOFAS), „Foot Function Index“ (FFI), subjektive Patientenzufriedenheit, Komplikationen sowie die Fusionsraten ermittelt.

**Ergebnisse.** Bei 16 Patienten (17 Füßen) konnte eine mittlere Liegedauer von 21,17 (3–55) Monaten verzeichnet werden. Im Zeitraum 2009–2014 mussten 6 Bolt-Schrauben entfernt werden. Es zeigten postoperativ 4

Ulzerationen, welche bis auf 2 zur Abheilung gebracht werden konnten und es wurden insgesamt 2 Amputationen durchgeführt. Die Fusionsrate der einzeln ausgewerteten Arthrodesen lag bei 92,35 %.

**Schlussfolgerung.** Die Bolt-Schraube ist wie auch bereits vom Anwender zwischenzeitlich offengelegt aufgrund der insuffizienten Stabilität nicht als „single device“ zu empfehlen. Es zeigten sich mittels zusätzlicher Fixationsmethoden jedoch stabile Verhältnisse. Prospektive Arbeiten inklusive biomechanischer Studien sowie Langzeitergebnisse sind für eine aussagekräftige Beurteilung notwendig.

### Schlüsselwörter

Charcot-Fuß · Arthrodese · Mittelfußknochen · Diabetes mellitus · Ulzerationen

## The Midfoot Fusion Bolt: a new perspective?

### Abstract

**Background.** There is no current guideline nor consensus regarding optimal surgical treatment of the midfoot Charcot. Due to the vast diversity of locations, it is difficult to make a general statement. Various different types of screws and plates are currently being used since they have been tested and declared to be most stable. The Midfoot Fusion Bolt is a new device which needs approval since long-term results are lacking. A short summary of currently published papers and results from our own institution are provided. **Objectives.** The aim of this study was to investigate short-term results including complications and review published surveys.

**Methods.** The Midfoot Fusion Bolt is a solid, intramedullary screw. An antegrade as well as a retrograde technique are postulated for insertion. A total of 16 patients/17 feet in two specialized foot and ankle centers were included. BMI, HbA1c, satisfaction rates, complication rates, and expert opinions were recorded.

**Results.** The bolts were used an average of 21.17 months (range 3–55 months) in 16 patients/17 feet. Between 2009 and 2014, six bolts had to be removed. We encountered 4 cases of postoperative ulceration: 2 cases healed postoperatively, while the other 2 cas-

es led to amputation. The average fusion rate was 92.35 %.

**Conclusion.** The Midfoot Fusion Bolt is no longer advised for single-device use only since there have been issues in terms of insufficient stability. However, stable conditions could be achieved with additional screws or plates, respectively. Prospective studies and biomechanical testing for general conclusions are still required to make a meaningful assessment.

### Keywords

Charcot foot · Diabetic foot · Arthrodesis · Foot bones · Diabetes mellitus

2012 veröffentlichten Popelka et al. [9] eine Arbeit zur Versorgung von rheumatoider Arthritis mithilfe des „Midfoot Fusion Bolt“. Beide Füße wurden mit einem zeitlichen Abstand von 4 Monaten operativ versorgt. Kurzfristige postoperative Kontrollen zeigten keine Komplikationen. Die röntgenologischen Kontrollen wiesen ebenfalls eine zufriedenstellende Lage auf und es wurden keine weiteren Komplikationen vermerkt.

In einer Arbeit von Cullen et al. [10] aus dem Jahre 2013 wird eine Fallserie von 4 Patienten angeführt. Ein Nachsorgeintervall zwischen 10–27 (Mittel 18,5)

Monaten sowie ein ermittelter „Body Mass Index“ (BMI) von 31,03–35,58 (im Mittel 34,20) kg/m<sup>2</sup> und ein HbA1c-Peak zwischen 6,9–9,2 (im Mittel 8,27) % wurden ermittelt. Nach spätestens 10 Monaten zeigten Röntgenkontrollen in allen Fällen eine ausreichende knöcherne Heilung. In keinem der Fälle kam es zu einem Fortschreiten der Deformität. Ein Patient wurde aufgrund einer Ulzeration, welche zuerst an der lateralen Inzision auftrat sowie später weiter distal aufgrund einer Lockerung des Bolts abermals aufkam, operativ saniert.

Eschler et al. [20] postulieren eine unzureichende Fixation des „Midfoot Fusion Bolt“ als Single-device-Technik. Insgesamt wurden 7 Patienten operativ versorgt. Ein Durchschnittsalter von 56,3 (47–68) Jahren sowie ein mittlerer Nachsorgeintervall von 24 (9–43) Monaten konnten ermittelt werden. Zwei Patienten befanden sich in Stadium I, die restlichen 5 in Stadium II nach Eichenholtz.

Es gab eine Vielzahl an Komplikationen, die in frühe (bis 14 Tage postoperativ), späte (ab 14. Tag postoperativ) sowie Amputationen unterteilt wurden. Zwei Unterschenkel- sowie eine Zehenampu-



Abb. 2 ▲ Präoperatives Ulkus

tation waren notwendig. Bei 4 Patienten waren weitere Schrauben respektive Knochenspannanlagen durchgeführt worden.

## Material und Methoden

Im Untersuchungszeitraum zwischen 2009 und 2014 wurden insgesamt 16 Patienten (17 Füße) in 2 Zentren einer operativen Therapie zugeführt und die Ergebnisse retrospektiv ausgewertet. Die beiden Gruppen setzten sich aus 9 Frauen und 8 Männern zusammen.

Die Operationen wurden zum einen im Fußzentrum Wien von ein und demselben Operateur durchgeführt. Am zweiten Zentrum wurden die Operationen ebenfalls von einem Experten ausgeführt.

Die Patienten wurden vorab über die langwierigen Nachsorgeintervalle aufgeklärt. Es wurden präoperative Röntgenbilder (dorsoplantar, seitlich, 45°-Schrägaufnahme) angefertigt, um eine optimale Bildgebung zu gewährleisten. Postoperative Kontrollen waren nach 4 Wochen und weiterhin nach 8 und 12 Wochen anberaumt, um eine zufriedenstellende Konsolidierung zu kontrollieren.

Die Patienten wurden angehalten, in den ersten 6–8 Wochen eine komplette Entlastung der betroffenen Extremität zu befolgen. Anschließend wurde eine Teilbelastung mittels eines Gipses, di-

verser Orthesen oder eines „Aircast® Walker“ durchgeführt.

Die anatomische Einteilung erfolgte nach der Sanders-Klassifikation bzw. wurde das Eichenholtz-Stadium ermittelt. Als Parameter wurden HbA1c- sowie BMI-Werte ermittelt. Prä- sowie postoperative Komplikationen wie etwa Ulzerationen wurden ebenfalls wie Revisionsoperationen oder Amputationen eruiert.

Des Weiteren wurden additive Fixationstechniken sowie Konsolidierungsraten ermittelt. In ausgewählten Fällen wurden Computertomographieuntersuchungen durchgeführt, um eine möglichst akkurate Aussagen bezüglich des knöchernen Durchbaus zu erhalten. In einigen Fällen konnte keine komplette Versteifung erzielt werden, jedoch waren nicht in allen Fällen zusätzliche Operationen notwendig, da ein ausreichend plantigrader Befund ohne Komplikationen vorlag.

Analysiert wurden der „American Foot and Ankle Society Score“ (AOFAS, [11]), der „Foot Function Index“ (FFI, [12]) sowie die subjektive Patientenzufriedenheit.

## Ergebnisse

In dieser Arbeit wurde ein durchschnittliches Nachsorgeintervall von 26,58 (3–55) Monaten ermittelt. Die mittlere Lagedauer der Schraube lag bei 21,17 (3–55) Monaten. Das durchschnittliche Alter bei der Operation betrug 55,47 (42–70) Jahre. Während des Nachsorgezeitraums verstarben 2 Patienten, wobei jedoch keinerlei Bezug zur Charcot-Fußerkrankung gestellt werden konnte.

Die häufigste Diagnose war Diabetes mellitus (Typ II: n = 15; Typ I: n = 1). Die übrigen 2 Fälle waren eine alkoholische Polyneuropathie sowie eine rheumatische Fußerkrankung.

Weiterhin wurden präoperative HbA1c-Werte von im Mittel 7,7 (4,7–10,7) % ermittelt. Die postoperativen Werte (wobei darauf geachtet wurde, diese bei dem jeweils jüngsten Follow-up-Termin zu ermitteln) lagen nur marginal darunter bei 7,5 (6,2–10,1) %. Die untersuchten BMI-Werte ergaben einen Durchschnittswert von 31,81 (25,15–41,97) kg/m<sup>2</sup>.

Die antegrade Technik fand bei insgesamt 15 von 16 Patienten Anwendung, die

retrograde Technik bei einem Patienten. Bei der präoperativen Erhebung fanden sich 8 Ulzerationen. Postoperativ konnte dieser Wert auf 4 ermittelte halbiert werden.

Aufgrund von Infekten waren insgesamt 2 Amputationen notwendig, wobei eine Amputation nach Syme durchgeführt wurde. Die Gründe für die jeweiligen Amputationen waren eine chronische Osteomyelitis sowie eine nach Bagatellverletzung aufgetretene Infektion bei Ulzeration.

In 6 Fällen wurde der „Fusion Bolt“ postoperativ wieder entfernt. In 2 Fällen war es auf Wunsch der Patienten, in den 4 restlichen Fällen aufgrund von Lockerungszeichen. In 3 Fällen musste aufgrund der Notwendigkeit eines Wechsels des Osteosynthesematerials eine Revisionsoperation durchgeführt werden.

Insgesamt waren 15 konsekutive Operationen nötig, wovon in 6 Fällen eine Schraubenentfernung und in 2 Fällen Amputationen durchgeführt wurde. Unter den restlichen 7 Fällen sind 4 Wundrevisionen, 3 erneute Arthrodesen zu nennen. Als weitere Komplikation sind 2 Talusnekrosen zu nennen. In beiden Fällen war der BMI mit 34,33 sowie 41,79 kg/m<sup>2</sup> deutlich erhöht. Es konnte ein mittlerer postoperativer AOFAS-Score von 59 (39–90) Punkten erhoben werden. Der mittlere postoperative FFI lag bei 39,98 (7–48,23) %. Die postoperative subjektive Patientenzufriedenheit, welche auf einer 10-stelligen Ziffernskala (1 = schlechtestmöglicher Wert, 10 = bestmöglicher Wert) erfragt wurde, lag bei 8,83 (3–10).

Es konnte in 92,35 % (77,77–100 %) der Fälle eine vollständige Fusion aller zu versteifenden Regionen erreicht werden. Bei allen Patienten wurden zusätzlich diverse AO-Schrauben sowie verschiedene Plattensets je nach Präferenz des Operateurs herangezogen.

In 6 Fällen war eine Achillessehnenverlängerung notwendig. Diese wurde perkutan durchgeführt. Bei einer Patientin wurde ein Gastrocnemiusrelease nach Strayer [13] durchgeführt (■ Abb. 2, 3, 4, 5).



**Abb. 3** ▲ Klinisches Bild der Fußsohle 4 Jahre postoperativ



**Abb. 4** ◀ Seitliches Röntgen 4 Jahre postoperativ



**Abb. 5** ◀ Dorsoplantares Röntgen 4 Jahre postoperativ

## Diskussion

In der Zusammenschau der bislang veröffentlichten Arbeiten ist keine zulässige Aussage über die Bolt-Schraube möglich. Die Fallzahlen der jeweiligen Studien sind nicht aussagekräftig und biomechanische Studien bezüglich der Stabilität fehlen gänzlich.

Viele der bisher publizierten Werke beinhalten bereits sehr gute Ansätze und vielversprechende Ergebnisse. Weiterführende größere und vom Design überlegene Serien sind jedoch erforderlich, um diese zu bestätigen.

Es ist entscheidend, alle ermittelten Kenngrößen, Scores und Werte als gemeinsamer Nenner zu etablieren, um somit eine klare Aussage über die neue Technik zu ermöglichen.

Die ermittelten BMI-Werte unserer Serie zeigen kein erhöhtes Risiko für vermehrte Komplikationen wie z. B. Ulzerationen. Schraubenbrüche traten in 2 Fällen auf. Hier konnte kein Bezug zum ermittelten BMI-Wert hergestellt werden.

Bezüglich der 2 unterschiedlichen Insertionstechniken kann keine Aussage gemacht werden, da die retrograde Technik lediglich einmalig zur Anwendung kam.

Bei dieser trat jedoch keine Komplikation auf.

Bereits zuvor im Fußzentrum Wien durchgeführte Nachuntersuchungen bei Charcot-Fuß-Patienten bezüglich des HbA1c-Wertes ergaben eine höhere Rate an Wundheilungsstörungen und Ulzerationen, jedoch ohne statistische Signifikanz. Hier wäre ein interdisziplinäres Setting zwischen Angiologen, Internisten und Orthopäden wünschenswert, um eine mögliche Aussage über einen Zusammenhang zu machen. Die Ergebnisse hierzu wurden in Diplomarbeiten ausgewertet.

Die ermittelten AOFAS- sowie FFI-Werte und die subjektive Patientenzufriedenheit sind nur sehr eingeschränkt verwertbar, da nicht alle Patienten eingebunden waren und keine präoperativen Vergleichswerte herangezogen werden können. Sie sind jedoch für weitere Nachuntersuchungen als Vergleichswerte außerordentlich wichtig.

Die mit 92,35% hohe Rate an Fusionen ist vielversprechend. Hier gilt es jedoch zu erwähnen, dass in keinem unserer Fälle der „Midfoot Fusion Bolt“ alleine eingebracht wurde, sondern jeweils aug-

mentierend mittels diverser Schrauben und Platten.

Pinzur et al. [14] erstellten bereits 1993 einen Behandlungsalgorithmus, welcher speziell auf den Mittelfuß bei Charcot-Erkrankung zugeschnitten war. Die Ergebnisse waren damals wie heute von Komplikationen begleitet, jedoch konnte er mit 3,6 Jahren ein sehr gutes Follow-up verzeichnen.

Marks et al. [15] zeigten 1998 die Superiorität von Schrauben und Platten vereint in der Mittelfußchirurgie des neuropathischen Fußes.

Sammarco et al. [16, 17] zeigten 2009 in zwei Arbeiten auf, welche Optionen dem orthopädischen Chirurgen in der operativen Therapie des neuropathischen Fußes möglich sind. Die erwähnten „Superkonstrukte“ sind oftmals aufgrund der desaströsen Verformungen erforderlich. Es gilt dabei präoperativ akkurat abzuwiegen, welche Technik ausreichend bzw. notwendig ist.

Eine Übersichtsarbeit aus dem Jahre 2012 von Lowery et al. [18] zeigt mit 59% den Mittelfuß als am häufigsten betroffene Stelle der Charcot-Erkrankung. Auch in dieser Zusammenschau ergibt sich keine klare Aussage darüber, welche

Fixationstechnik einer anderen überlegen ist. Des Weiteren wird keine Angabe über den optimalen Zeitpunkt der operativen Therapie gemacht.

Es hat sich aus empirischer Sicht als sinnvoll erwiesen, die erste Phase (Knöcheldichteminderung = Stadium I nach Eichenholtz) aufgrund der häufiger aufgetretenen Komplikationen abzuwarten und erst im Anschluss operativ zu intervenieren [19].

## » Ein Problem in der Versorgung des Charcot-Fußes ist die Compliance des Patienten

Ob die aufgetretenen Lockerungen lediglich auf Materialfehler zurückzuführen sind, ist hier nicht näher zu enträtseln. Hier tritt eines der größten Probleme in der Versorgung des Charcot-Fußes in Erscheinung, die Compliance des Patienten. Hier gilt jedoch ganz klar festzuhalten, dass es oftmals weder der Unwille des Patienten noch ein schlechtes operatives Ergebnis ist. Die zugrundeliegende Neuropathie ist eine tückische Erkrankung und setzt genau hier an. Aufgrund der Unsensibilität verspüren die Betroffenen keinen Schmerz und belasten das Bein demnach vermutlich ungleich stärker, was wiederum mit Lockerungen, Schraubenbrüchen oder sogar abermaligen Frakturen einhergehen kann.

Eschler et al. [20] vermuten eine fehlende Rotationsstabilität als mögliche Ursache für die postulierte fehlende Festigkeit.

## Schlussfolgerung

Grundlegend lässt sich festhalten, dass weiterführende Studien unerlässlich sind, um mögliche Pros und Contras herauszuarbeiten.

Ob der „Midfoot Fusion Bolt“ anderen bislang etablierten Techniken über- oder unterlegen ist, kann erst nach eingehender biomechanischer Testung sowie längerfristig durchgeführten Untersuchungen im Zuge prospektiver Arbeiten beantwortet werden.

Limitierender Faktor dieser Arbeit ist vorweg der retrospektive Charakter. Des Weiteren lässt sich keine valide Aussage

zu den ermittelten Scores (AOFAS, FFI, subjektive Patientenzufriedenheit) treffen, da diese weder konstant präoperativ erhoben, noch in beiden Zentren durchgeführt wurden. Als weitere Einschränkung sind relativ kurze Nachsorgeintervalle anzuführen.

## Fazit für die Praxis

- Wichtig sind die Früherkennung des Charcot-Fußes, ein interdisziplinäres Vorgehen und die Vorstellung bei Fuß- und Knöchelspezialisten.
- Eine operative Versorgung mit Hilfe des „Fusion Bolt“ ist eine gute neue Option unter richtiger Diagnosestellung sowie augmentierender Fixation.
- Langzeitergebnisse fehlen noch.

## Korrespondenzadresse

### Dr. M. Wurm

Allgemeines Krankenhaus Wien  
Universitätsklinik für Orthopädie  
Medizinische Universität Wien  
Währinger Gürtel 18–20, 1090 Wien  
markus.wurm@meduniwien.ac.at

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** M. Wurm, R. Schuh, A. Wanivenhaus, R. Windhager und H.-J. Trnka geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Die Studie wurde nach eingeholter Einwilligung der inkludierten Patienten sowie nach erfolgter Freigabe der Ethikkommission durchgeführt

## Literatur

1. Keitel W, Kaiser H (2004) [The Paris magician (Jean Martin Charcot 1825–1893 1). Multiple scientific talents]. *Z Rheumatol* 63(6):504–509
2. Chantelau E, Onvlee GJ (2006) Charcot foot in diabetes: farewell to the neurotrophic theory. *Horm Metab Res* 38(6):361–367
3. Botek G, Anderson MA, Taylor R (2010) Charcot neuroarthropathy: an often overlooked complication of diabetes. *Cleve Clin J Med* 77(9):593–599
4. Eichenholtz SN (1966) Charcot joints. C. C. Thomas, Springfield. S xv, 227
5. Mittlmeier T, Klauke K, Haar P, Beck M (2008) [Charcot foot. Current situation and outlook]. *Unfallchirurg* 111(4):218–231
6. Schulte E, Schumacher U, Schünke M, Voll M, Wesker K (2007) Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem: 182 Tabellen. 2., überarb. und erw. Aufl. ed. Thieme, Stuttgart, S XV, 600

7. Wiewiorski M, Valderrabano V (2012) Intramedullary fixation of the medial column of the foot with a solid bolt in Charcot midfoot arthropathy: a case report. *J Foot Ankle Surg* 51(3):379–381
8. Wiewiorski M, Yasui T, Miska M, Frigg A, Valderrabano V (2013) Solid bolt fixation of the medial column in Charcot midfoot arthropathy. *J Foot Ankle Surg* 52(1):88–94
9. Popelka S, Hromadka R, Bartak V, Sosna A (2012) [Bilateral arthrodesis of the medial foot joints in a patient with rheumatoid arthritis]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 79(1):74–79
10. Cullen BD, Weinraub GM, Van Gompel G (2013) Early results with use of the midfoot fusion bolt in Charcot arthropathy. *J Foot Ankle Surg* 52(2):235–238
11. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M (1994) Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int* 15(7):349–353
12. Budiman-Mak E, Conrad KJ, Roach KE (1991) The Foot function index: a measure of foot pain and disability. *J Clin Epidemiol* 44(6):561–570
13. Strayer LM Jr. (1950) Recession of the gastrocnemius; an operation to relieve spastic contraction of the calf muscles. *J Bone Joint Surg Am* 32-A(3):671–676
14. Pinzur MS, Sage R, Stuck R, Kaminsky S, Zmuda A (1993) A treatment algorithm for neuropathic (Charcot) midfoot deformity. *Foot Ankle* 14(4):189–197
15. Marks RM, Parks BG, Schon LC (1998) Midfoot fusion technique for neuroarthropathic feet: biomechanical analysis and rationale. *Foot Ankle Int* 19(8):507–510
16. Sammarco VJ, Sammarco GJ, Walker EW Jr, Guiao RP (2009) Midtarsal arthrodesis in the treatment of Charcot midfoot arthropathy. *J Bone Joint Surg Am* 91(1):80–91
17. Sammarco VJ (2009) Superconstructs in the treatment of charcot foot deformity: plantar plating, locked plating, and axial screw fixation. *Foot Ankle Clin* 14(3):393–407
18. Lowery NJ, Woods JB, Armstrong DG, Wukich DK (2012) Surgical management of Charcot neuroarthropathy of the foot and ankle: a systematic review. *Foot Ankle Int* 33(2):113–121
19. Wukich DK, Sung W (2009) Charcot arthropathy of the foot and ankle: modern concepts and management review. *J Diabetes Complications* 23(6):409–426
20. Eschler A, Wussow A, Ulmar B, Mittlmeier T, Gradl G (2014) Intramedullary medial column support with the Midfoot Fusion Bolt (MFB) is not sufficient for osseous healing of arthrodesis in neuroosteoarthropathic feet. *Injury* 45(Suppl 1):S38–S43

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.