



Online verfügbar unter www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Fuß &
Sprunggelenk

www.elsevier.com/locate/fuspru

Review zum Themenschwerpunkt

Pseudarthrosen des Metatarsale 5: Welche Fraktur ist „at risk“? Behandlungsstrategie der Pseudarthrose

Non-unions of fractures to the base of the fifth metatarsal: Which fractures are at risk? Treatment strategies for non-unions

Sebastian Felix Baumbach, Hans Polzer*

Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Muskuloskelettales Universitätszentrum München (MUM), LMU Klinikum, LMU München, München, Deutschland

Received 29 October 2023; accepted 23 February 2024
Available online 19 March 2024



SCHLÜSSELWÖRTER:

Mittelfußbruch;
Jones Fraktur;
Frakturfixation;
Meta-Diaphysäre
Fraktur;
Intramedullär
Schraubeno-
steosynthese

Zusammenfassung

Frakturen der Metatarsale V Basis gehören zu den häufigsten Brüchen des Fußes. Einige dieser Frakturen heilen unter konservativer Therapie schnell und unkompliziert, während andere häufig zu symptomatischen Pseudarthrosen führen. Entsprechend ist die richtige Klassifizierung entscheidend für den Behandlungserfolg. Die beste Therapie der Pseudarthrose ist deren Vermeidung. Frakturen am distalen Ende der Artikulation der MT IV und V (Meta-Diaphysäre Frakturen) weisen unter konservativer Therapie ein hohes Risiko für Pseudarthrosen auf. Die operative Therapie mittels intramedulläre Schraubenoosteosynthese (CRIF) führt zu reproduzierbar guten Ergebnissen. Entsprechend sollte diese Therapie empfohlen werden. Kommt es zur Ausbildung einer Pseudarthrose, ist dies in den allermeisten Fällen die Folge einer konservativen Therapie. Behandlungspflichtig ist lediglich die symptomatische Pseudarthrose. Initial kann hier eine Stoßwellen-Therapie erwogen werden. Operativ empfehlen die meisten Autoren die isolierte intramedulläre Schraubenoosteosynthese mit Aufbohren des Markraums. Ein offenes Anfrischen der Pseudarthrose oder gar eine Spongiosaplastik scheinen nicht erforderlich zu sein.

[10.1016/j.fuspru.2024.02.007](https://doi.org/10.1016/j.fuspru.2024.02.007)

E-mail: Hans.Polzer@med.uni-muenchen.de (H. Polzer).

* Korrespondenzadresse. Prof. Dr. med. Hans Polzer, Leiter Sektion Fuß- und Sprunggelenkchirurgie, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Muskuloskelettales Universitätszentrum München (MUM), LMU Klinikum, LMU München, Ziemssenstraße 5, 80336 München, Deutschland. www.Fusschirurgie-LMU.de.

<https://doi.org/10.1016/j.fuspru.2024.02.007>

KEYWORDS:

Metatarsal fracture;
Jones fracture;
Fracture fixation;
Meta-diaphyseal fracture;
Intramedullary screw osteosynthesis

Abstract

Fractures of the base of the fifth metatarsal bone are among the most common fractures of the foot. Some of these fractures heal quickly and without complications with non-operative therapy, while others often lead to symptomatic non-unions. Accordingly, proper classification is critical for a successful treatment. The best therapy for a non-union is to prevent it. Fractures at the distal end of articulation of fourth and fifth metatarsal (meta-diaphyseal fractures) have a high risk for non-unions when treated non-operatively. Operative treatment using intramedullary screw fixation on the other hand, leads to reproducibly good results. Accordingly, operative treatment should be recommended. If a non-union develops, it is result of non-operative treatment in most cases. Only symptomatic non-unions necessitate further treatment. Initially, shock wave therapy should be considered. Most authors recommend isolated intramedullary screw osteosynthesis. An open curettage of the non-union or even a bone grafting do not seem to be necessary.

Einleitung

Mittelfußfrakturen gehören mit einer Inzidenz von ca. 67/100.000 Einwohnern zu den häufigsten Brüchen des Fußes [1]. In den meisten Fällen ist dabei das Metatarsale (MT) V betroffen, wobei am häufigsten die Basis frakturiert [2]. Entsprechend ist die bestmögliche Behandlung dieser Frakturen von großer Bedeutung.

Bereits 1902 konnte Sir Robert Jones radiologisch nachweisen, dass die Distorsion des Fußes zu Frakturen der MT V Basis führen kann [3]. Seitdem ist sein Name eng mit sämtlichen Brüchen der Basis des MT V verknüpft. Im Laufe der Zeit zeigte sich, dass einige Frakturen an der MT V Basis schnell und unkompliziert heilen, während andere häufig zu symptomatischen Pseudarthrosen führen. Entsprechend scheint die richtige Differenzierung dieser unterschiedlichen Frakturen entscheidend für den Behandlungserfolg zu sein.

Klassifikation – welche Fraktur ist „at risk“?

Eine der ersten Einteilungen der Frakturen der MT V Basis nahm Stewart im Jahre 1960 vor [4]. Er unterschied „Avulsionsfrakturen“ der Basis von „Jones' Frakturen“ am distalen Ende der

Artikulation zwischen dem MT IV und V. Dameron erkannte 1975, dass Frakturen der Tuberositas unter funktioneller Therapie problemlos heilen, während die Frakturen am Übergang zur Diaphyse häufig zu symptomatischen Pseudarthrosen führen [5]. Er bezeichnete fortan die Frakturen der Tuberositas als „Jones' Fraktur“ und verschob somit diese Bezeichnung, im Vergleich zu Stewart, nach proximal. 1984 führten Torg et al. schließlich eine Unterteilung bezogen auf den Heilungsverlauf für die Frakturen am Übergang von Meta- zu Diaphyse ein (Tab. 1) [6].

Wie schon Stewart, bezeichneten Torg et al. diese Frakturen nun wieder als „Jones' Frakturen“. Die bis heute am häufigsten verwendete Klassifikation wurde 1993 von Lawrence und Botte (L&B) publiziert. Sie führten die Unterteilung in drei Zonen ein [7]. Frakturen proximal der Artikulation zwischen MT IV und V wurden als „Avulsionsfraktur“ (L&B Typ I), Frakturen auf Höhe der Artikulation als „Jones' Fraktur“ (L&B Typ II) und Frakturen distal davon als „Diaphysäre Stressfraktur“ (L&B Typ III) bezeichnet. Die heterogene Verwendung des Eponyms „Jones' Fraktur“ führt bis heute zu Verwirrungen. Daher sollte dieser Begriff vermieden werden.

Unsere Arbeitsgruppe führte 2012, basierend auf einer systematischen Literaturrecherche der

Tabelle 1 Klassifikation der Meta-Diaphysären Frakturen nach Torg [6].

Akute Fraktur (Torg I)	Keine intramedulläre Sklerose, scharfe Frakturlinie ohne Erweiterung, höchstens minimale kortikale Hypertrophie oder periostale Reaktion.
Verzögerte Frakturheilung (Torg II)	Frakturlinie betritt beide Kortizes, periostale Knochenreaktion, Erweiterung des Frakturspalt, Zeichen der intramedullären Sklerose
Pseudarthrose (Torg III)	Erweiterter Frakturspalt mit periostaler Knochenreaktion, Vollständige Sklerosierung des intramedullären Kanals.

neueren Studien, eine kritische Re-Evaluation der Behandlungsempfehlungen von Lawrence und Botte durch. Dabei konnte gezeigt werden, dass Frakturen L&B Typ I und II eine vergleichbar gute Prognose aufweisen und daher als „Epi-Metaphysäre Frakturen“ zusammengefasst werden sollten (Abb. 1) [8]. Im Rahmen weiterer Studien konnte gezeigt werden, dass die frühfunktionelle Therapie von Epi-Metaphysären Frakturen zu sehr guten Ergebnissen führt [1,8–11]. Dabei hatten Dislokation, Gelenkbeteiligung und das Ausmaß der artikulären Beteiligung keinen Einfluss auf das Behandlungsergebnis. Entsprechend können alle diese Frakturen frühfunktionell, d.h. mittels schmerzadaptierte Vollbelastung und ohne Immobilisation, behandelt werden. Im Unterschied dazu haben die Frakturen L&B III (Meta-Diaphysäre Frakturen), auch unter restriktiver, konservativer Therapie, eine schlechte Prognose (Abb. 1). Eine mögliche Ursache für die problematische Frakturheilung in diesem Bereich sind die anatomischen Voraussetzungen. Die Epi-Metaphyse des MT V ist durch den dorsalen und plantaren Kapsel-Band-Apparat fest mit dem Os cuboideum und dem MT IV verspannt. Die Diaphyse des Metatarsale wirkt wie ein hypermobiler Lastarm [9]. Außerdem besteht in der Meta-Diaphyse eine Wasserscheide der Blutversorgung. An der Epi- und Metaphyse erfolgt die Blutversorgung von proximal extraossär über ein Netz aus R. perforans

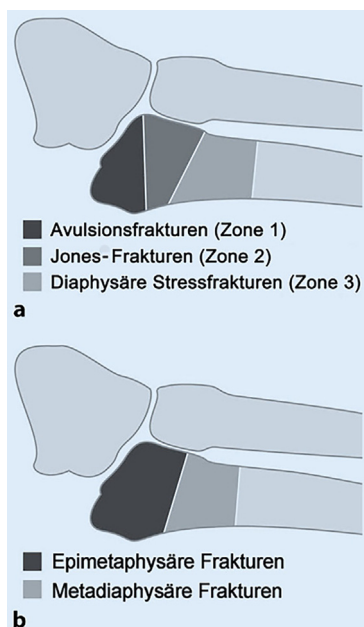


Abb. 1. Einteilung der Frakturen der Metatarsale V Basis in (a) Epi-Metaphysäre und (b) Meta-Diaphysäre Frakturen, aus [9].

Gefäßen (Seitenäste der A. tarsea lateralis), während die Diaphyse von intraossär über eine A. nutricia versorgt wird [12]. Diese beiden Faktoren sind eine Erklärung für die problematische Knochenbruchheilung der Meta-Diaphyse. Zusätzlich werden Meta-Diaphysären Brüche aufgrund ihrer Frakturmorphologie häufig unterschätzt. Sie sind in der Regel extraartikulär, undisloziert und häufig unikortikal.

Vermeidung der Pseudarthrose

Die beste Behandlung von Pseudarthrosen ist deren Vermeidung. Somit ist die Identifikation von Frakturen mit hohem Risiko für Pseudarthrosen wesentlich. Bezogen auf die MT V Basis sind dies die Frakturen am distalen Ende der Artikulation der MT IV und V (Meta-Diaphysäre Frakturen / L&B Typ III).

Therapie

Behandlung von akuten Meta-Diaphysären Frakturen

In der Literatur empfiehlt die Mehrheit der Autoren eine konservative Therapie für akute Meta-Diaphysären Frakturen (Immobilisation und Entlastung von sechs bis zu 20 Wochen) [7,13]. Die operative Therapie wird vor allem für Patient:innen mit hohem funktionellem Anspruch empfohlen [7,14]. Meist werden diese Behandlungsempfehlungen ausgesprochen, ohne dass sie auf wissenschaftlichen Studien basieren, sondern sie entsprechen der Meinung der Autoren [15,16].

In der bislang einzigen prospektiv randomisierten Studie für diesen Frakturtyp von Mologne et al. zeigten sich statistisch signifikant bessere Ergebnisse für alle erhobenen Parameter nach intramedullärer Schraubenosteosynthese im Vergleich zur konservativen Therapie [17]. Die konservative Therapie (8 Wochen Immobilisation und Entlastung) führte in 44% der Fälle zu einem Therapieversagen. Die Operation mit Vollbelastung ab der 3. Woche führte bei lediglich 5% zum Versagen der Therapie. Die Zeit bis zur Heilung war mit 8 Wochen verglichen mit 15 Wochen in der operativen Gruppe deutlich kürzer, ebenso wie die Zeit bis zur Rückkehr zum Sport mit 8 Wochen im Unterschied zu 15 Wochen in der konservativ behandelten Gruppe.

Yates et al. identifizierten in einer systematischen Literatursuche fünf weitere vergleichende Studien (4 retrospektiv vergleichend, 1 prospektiv vergleichend), die die konservative- mit der operativen Therapie für „Jones“ Frakturen verglichen

[18]. Die Autoren schlussfolgerten, dass die operative-, verglichen mit der konservativen Therapie, zu einer niedrigeren Pseudarthrose Rate, schnelleren knöchernen Heilung und Rückkehr zur vollen Aktivität führt. Allerdings wurden in den Studien nicht nur meta-diaphysäre Frakturen (L&B III) sondern auch epi-metaphysäre Frakturen (L&B II) eingeschlossen. Roche et al. fassten die Ergebnisse mehrerer Studien zur Behandlung von akuten Frakturen in einer systematischen Literaturrecherche zusammen und fanden, dass die konservative Therapie zu einer Heilung in 76% führte, während die intramedulläre Schraubenosteosynthese zu einer Heilungsrate von 96% führte [26].

Darüber hinaus sind den Autoren keine weiteren vergleichenden Studien zu Meta-Diaphysäre Frakturen bekannt. Allerdings existieren zahlreiche Kohortenstudien für die operative Therapie, vor allem bei Sportlern. Die überwiegende Zahl dieser Studien zeigte, dass die intramedulläre Schraubenosteosynthese von Meta-Diaphysären Frakturen (L&B Typ III), zu reproduzierbar guten Ergebnissen, einer hohen Rate an knöchernem Durchbau, sowie einer schnellen Rückkehr zum Sport (ca. 6–10 Wochen) führte [19–23]. Beispielsweise zeigten Bucknam et al. in einer retrospektiven Fallserie an 32 konsekutiv, mittels intramedullärer Schraube versorgter Sportler:innen, bei einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 24 Monaten eine vollständige Heilung in allen Fällen [24]. Die Patient:innen waren nach 3,7 Wochen wieder bei Vollbelastung und nach 13 Wochen bei einer uneingeschränkten Belastung. Es trat eine Wundheilungsstörung auf und 3 Schrauben mussten wegen Implantatirritation entfernt werden. Daß die Vollbelastung nach 2 Wochen nach intramedulläre Schraubenosteosynthese keine Nachteile gegenüber einer verzögerten Belastung bringt, konnten Looney et al. in einer vergleichenden Studie zeigen [25].

In Abb. 2 ist exemplarisch der Fall einer 53-jährigen Patientin dargestellt, die sich mit einer Meta-Diaphysären Fraktur vorstellte. Der Frakturspalt war scharf begrenzt, der intramedulläre Kanal wies keine Sklerose auf und es bestand keine periostale Reaktion. Somit handelte es sich um eine akute Fraktur nach Torg (Typ I). Die Patientin wurde entsprechend mittels intramedullärer Schraubenosteosynthese versorgt. Postoperativ folgte eine Teilbelastung mit 20 kg für zwei Wochen und ab Woche drei die Vollbelastung. Nach sechs Wochen zeigte sich in der ersten Röntgenkontrolle bereits die beginnende knöcherne Konsolidierung (Abb. 2A).

Aufgrund der hohen Rate an Therapieversagern sowie der deutlich verlängerten Zeit der

Immobilisation/Entlastung bei konservativer Therapie und den im Gegensatz dazu reproduzierbar guten Ergebnissen bei operativer Therapie, sollte allen Patient:innen mit einer akuten Meta-Diaphysären Fraktur die operative Therapie angeboten werden.

Behandlung der verzögert heilenden Fraktur / Pseudarthrose

Stoßwellentherapie

Furia et al. verglichen in einer retrospektive Kohortenstudie die Stoßwellen-Therapie mit der operativen Therapie mittels intramedullärer Schraube bei Pseudarthrosen von Meta-diaphysären Frakturen der MT V Basis [27]. In 87% der mittels Stoßwellentherapie behandelten und in 90% der operativ versorgten Patient:innen zeigte sich nach 3 Monaten radiologisch ein Durchbau der Pseudarthrose. In der Stoßwellen-Gruppe kam es zu einer und in der operativ versorgten Gruppe zu zwei Minor Komplikationen. Darüber hinaus beklagten neun Patient:innen eine Irritation durch die Schraube. In einer Fallserie berichteten Kenta et al. von fünf Sportler:innen die mittels Stoßwellentherapie bei Pseudarthrose behandelt wurden [28]. Es zeigte sich eine knöcherne Konsolidierung innerhalb von 8–16 Wochen. In einem Fall kam es zu einer Refraktur nach drei Monaten. Alvarez et al. schlossen in ihrer retrospektiven Fallserie Frakturen unterschiedlicher Metatarsalia ein, wobei in den meisten Fällen die MT V Basis betroffen war [29]. Von 34 Patient:innen beendeten lediglich 19 die Studie nach 12 Monaten. Nach 12 Wochen zeigte sich in 71% radiologisch eine Heilung und Besserung der Schmerzen, nach 12 Monaten in 90% der nachuntersuchten Fälle. Bei fünf Patient:innen kam es zu einer vermehrten Schwellung des Fußes, vor allem im frühen Verlauf.

Aufgrund der eingeschränkten Zahl an Studien lässt sich keine sinnvolle Aussage über die Wertigkeit der Stoßwellen-Therapie zur Behandlung von Pseudarthrosen an der MT V Basis treffen. Aber auch wenn die Studienlage bislang sehr eingeschränkt ist, so scheint die Stoßwellen-Therapie, aufgrund der niedrigen Komplikationsrate, doch eine Therapieoption zu sein. Entsprechend sollte diese Therapieoption bei Auftreten einer Pseudarthrose an der MT V Basis mit den Patient:innen diskutiert werden.

Operation

Die beste Studienlage liegt aktuell zur intramedullären Schraubenosteosynthese vor. In Einzelfällen



Abb. 2. (A): Fall einer 53-jährigen Patientin mit einer akuten Meta-Diaphysären Fraktur der Metatarsale V Basis. (B): 6 Wochen postoperativ zeigte sich bereits die beginnende knöcherne Konsolidierung.

werden auch alternative Implantate, wie beispielsweise eine Hakenplatte [30], Zuggurtung [31] und für diese Fraktur individuell hergestellte Implantate [32,33] verwendet. Die Zahl der Studien zu solchen Implantaten ist aktuell aber gering. Darüber hinaus ist ein relevanter Vorteil der intramedullären Schraubenosteosynthese gegenüber den anderen Implantaten, dass diese minimalinvasiv durchgeführt werden kann. Entsprechend wird im Folgenden nur auf die intramedulläre Schraubenosteosynthese eingegangen.

Intramedulläre Schraube

Portland und Kollegen führten bei 15 Patient:innen mit akuter Fraktur und bei 7 Patient:innen mit verzögerter Frakturheilung (Torg 2) eine Schraubenosteosynthese (ohne Anfrischen der Frakturzone) durch [34]. Alle Frakturen heilten aus, im Mittel nach sechs Wochen bei den akuten-, nach acht Wochen bei Torg 2 Frakturen. Es traten keine Irritationen des Nervus Suralis oder der Peronealsehnen auf. In zwei Fällen erfolgte eine Materialentfernung. Habbu et al. untersuchten in einer retrospektiven Fallserie 14 Patient:innen, die mittels intramedullärer Schraubenosteosynthese ohne Darstellung der Fraktur bei Pseudarthrose behandelt wurden [35]. Dabei zeigte sich eine Heilung der Fraktur in allen 14 Fällen. Im Mittel betrug die Zeit bis zur Konsolidierung 13 Wochen. Es trat eine verzögerte Wundheilung, eine tiefe Wundinfektion und ein Neurom des Nervus Suralis auf. Nagi et al. verwendeten eine kopflose Kompressionschraube in 24 Fällen bei Pseudarthrose in der meta-diaphysären Region ohne Spongiosaplastik

[36]. In allen Fällen kam es zur Heilung der Pseudarthrose, sowie zu guten Ergebnissen für den American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Score und den Short Form 12 Score. In der Studie von Furia et al. wurde die Stosswellentherapie mit der intramedullären Schraubenosteosynthese ohne Spongiosaplastik verglichen [27]. Von 20 operierten Fällen zeigte sich eine knöcherne Konsolidierung in 18 Fällen, alle Patient:innen waren wieder sportfähig. Porter et al. untersuchten 24 Sportler:innen, die mittels einer kanülierten 4,5 mm Schraube und geschlossener Reposition versorgt wurden, über einen mittleren Zeitraum von 22 Monaten nach [21]. Der mittlere Limb Core Module and Foot and Ankle Module pain Score betrug 97 von 100 und der funktionelle Score 92 von 100. Radiologisch zeigte sich eine Heilung in 23 von 24 Fällen. Grant et al. schlossen in Ihrer Studie Pseudarthrosen der MT V Basis in den Zonen 1–3 ein [37]. Die Perkutane Schraubenosteosynthese, ohne Anfrischen der Pseudarthrose und ohne Spongiosaplastik, führte in allen Fällen zu einer Konsolidierung der Frakturen mit guten klinischen Ergebnissen und es traten keine Komplikationen auf.

Spongiosaplastik

Ob bei der Behandlung von Pseudarthrosen eine Spongiosaplastik und Anfrischen der Fraktur notwendig ist, wird kontrovers diskutiert. Einige Autoren führen selbst im Rahmen der Therapie von akuten Meta-Diaphysären Frakturen primär eine Spongiosaplastik durch. In der retrospektiven Analyse von Tsukada und Kollegen wurden 15 Sportler:

innen mit akuten, verzögert heilende Frakturen, sowie Pseudarthrosen mittels Spongiosaplastik behandelt [38]. Alle Frakturen heilten im Durchschnitt nach 8 Wochen und die Zeit zur Rückkehr zum Sport betrug 12 Wochen. Hunt und Kollegen untersuchten 21 Sportler:innen nach, die bei Re-Fraktur oder Pseudarthrose mittels intramedullärer Schraube + Spongiosaplastik oder Knochenmarkspirat / Demineralisierter Knochenmatrix versorgt wurden [39]. Alle Patient:innen konnten Ihr Sportniveau im Mittel nach 12 Wochen erreichen und heilten knöchern aus. Ein Patient erlitt eine Re-Fraktur. In ihrer systematischen Analyse der Literatur kamen Roche et al. zu dem Schluss, dass verzögert heilende Frakturen, sowie Pseudarthrosen ein gutes Heilungspotential aufweisen, wenn Sie mittels intramedullärer Schraubenosteosynthese versorgt werden [26]. Einen positiven Effekt für eine zusätzliche Spongiosaplastik fanden die Autoren nicht.

Aus Sicht der Autoren ist auch bei verzögert heilenden Frakturen und Pseudarthrosen die geschlossene Reposition und interne Fixation mittels intramedullärer Schraubenosteosynthese die Therapie der Wahl. Eine zusätzliche Spongiosaplastik scheint nicht notwendig zu sein, da die Ergebnisse ohne Spongiosaplastik bereits hervorragend sind. Allerdings achten die Autoren darauf beim Überbohren des Zieldrahtes sicherzustellen, dass der Frakturspalt von intramedullär mehrfach überbohrt wird.

In Abb. 3 dargestellt ist der Fall eines 31-jährigen Patienten mit verzögerter Frakturheilung einer Meta-Diaphysären Fraktur der Metatarsale V Basis. Die Frakturlinie betraf beide Kortizes, es zeigt sich eine periostale Knochenreaktion, eine Erweiterung des Frakturspalt, sowie Zeichen der intramedullären Sklerose. Entsprechend handelte es sich um eine verzögert heilende Fraktur (Torg Typ II). Da der Patient weiterhin an belastungsabhängigen Schmerzen litt besprochen wir

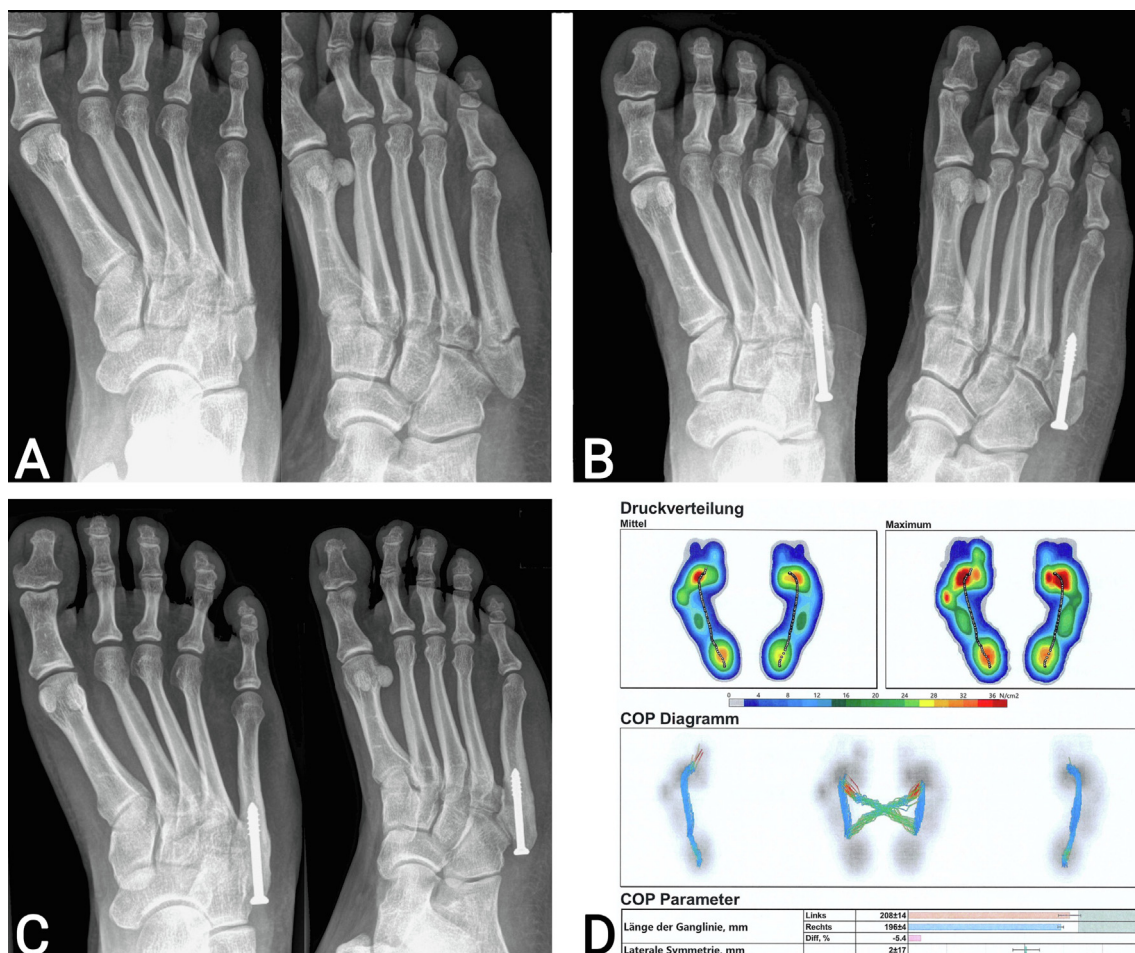


Abb. 3. (A): Fall eines 31-jährigen Patienten mit einer verzögerten Frakturheilung einer Meta-Diaphysären Fraktur der Metatarsale V Basis. (B): postoperative Röntgenaufnahme. (C): Röntgenaufnahme 10 Monate postoperativ. (D): Ganganalyse 10 Monate postoperativ.

die Möglichkeit der Stoßwellen-Therapie und der operativen Therapie. Er entschied sich für die operative Therapie mittels geschlossener Reposition und intramedullärer Schraubenosteosynthese, ohne Anfrischen der Frakturzone. Der Patient belastete bereits ab der dritten postoperativen Woche voll. Zehn Monaten postoperative bestand keine Implantat-Irritation und eine uneingeschränkte Sportfähigkeit (European Foot and Ankle Score 40 von 40 Punkten).

Zusammenfassung

Die Vermeidung der Pseudarthrose durch initiales Erkennen der problematischen Frakturen ist aus Sicht der Autoren die beste Therapie. Akute Meta-Diaphasäre Frakturen sollten operativ mittels intramedullärer Schraubenosteosynthese versorgt werden. Dadurch lässt sich das Auftreten von Pseudarthrosen sehr häufig vermeiden.

Kommt es zur Ausbildung einer Pseudarthrose, ist dies in den allermeisten Fällen die Folge einer konservativen Therapie. Sofern es sich um eine symptomatische Pseudarthrose handelt, sollte mit den Patient:innen eine Stoßwellen-Therapie diskutiert werden.

Die operative Therapie, im Sinne einer minimalinvasiven intramedullären Schraubenosteosynthese, führt zu reproduzierbar guten Ergebnissen bei der Behandlung von Pseudarthrosen an der MT V Basis. Ein offenes Anfrischen der Pseudarthrose oder gar eine Spongiosaplastik scheinen nicht erforderlich zu sein.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Interessenkonflikt

Hans Polzer ist als Berater für Arthrex GmbH tätig. Ansonsten bestehen keine Interessenskonflikte.

Sponsoring

Für die vorliegende Arbeit wurde kein Funding erhalten.

Literatur

- [1] Herterich V, Baumbach SF, Kaiser A, Böcker W, Polzer H. Fifth Metatarsal Fracture. Dtsch Ärzteblatt Int 2021;118:587–594. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2021.0231>.
- [2] Herterich V, Hofmann L, Böcker W, Polzer H, Baumbach SF. Acute, isolated fractures of the metatarsal bones: an epidemiologic study. Arch Orthop Trauma Surg 2023;143:1939–1945. <https://doi.org/10.1007/s00402-022-04396-3>.
- [3] Jones RI. Fracture of the base of the fifth metatarsal bone by indirect violence. Ann Surg 1902;35:697–700.2.
- [4] Stewart IM. Jones's fracture: fracture of base of fifth metatarsal. Clin Orthop 1960;16:190–198.
- [5] Dameron T. Fractures and anatomical variations of the proximal portion of the fifth metatarsal. J Bone Jt Surg 1975;57:788–792. <https://doi.org/10.2106/00004623-197557060-00010>.
- [6] Torg JS, Balduini FC, Zelko RR, Pavlov H, Peff TC, Das M. Fractures of the base of the fifth metatarsal distal to the tuberosity. Classification and guidelines for non-surgical and surgical management. J Bone Jt Surg 1984;66:209–214. <https://doi.org/10.2106/00004623-198466020-00007>.
- [7] Lawrence SJ, Botte MJ. Jones' fractures and related fractures of the proximal fifth metatarsal. Foot Ankle Int 1993;14:358–365. <https://doi.org/10.1177/107110079301400610>.
- [8] Polzer H, Polzer S, Mutschler W, Prall WC. Acute fractures to the proximal fifth metatarsal bone: development of classification and treatment recommendations based on the current evidence. Inj 2012;43:1626–1632. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2012.03.010>.
- [9] Baumbach SF, Prall WC, Braunstein M, Böcker W, Polzer S, Polzer H. Frakturen der metatarsale fünf basis – eine Neubetrachtung. Unfallchirurg 2018;121:723–729. <https://doi.org/10.1007/s00113-018-0507-6>.
- [10] Baumbach SF, Prall WC, Kramer M, Braunstein M, Böcker W, Polzer H. Functional treatment for fractures to the base of the 5th metatarsal – influence of fracture location and fracture characteristics. BMC Musculoskelet Dis 2017;18:534. <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1893-6>.
- [11] Baumbach SF, Urresti-Gundlach M, Böcker W, Vosseller JT, Polzer H. Results of functional treatment of epi-metaphyseal fractures of the base of the fifth metatarsal. Foot Ankle Int 2020;41:666–673. <https://doi.org/10.1177/1071100720907391>.
- [12] Smith JW, Arnoczky SP, Hersh A. The intraosseous blood supply of the fifth metatarsal: implications for proximal fracture healing. Foot Ankle Int 1992;13:143–152. <https://doi.org/10.1177/107110079201300306>.
- [13] Zwitser EW, Breederveld RS. Fractures of the fifth metatarsal; diagnosis and treatment. Inj 2010;41:555–562. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2009.05.035>.

- [14] Ruta DJ, Parker D. Jones fracture management in athletes. *Orthop Clin North Am* 2020;51:541–553. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2020.06.010>.
- [15] Pettersen PM, Radojicic N, Grün W, Andresen TKM, Molund M. Proximal fifth metatarsal fractures: a retrospective study of 834 fractures with a minimum follow-up of 5 years. *Foot Ankle Int* 2022;43:602–608. <https://doi.org/10.1177/10711007211069123>.
- [16] Chloros GD, Kakos CD, Tastsidis IK, Giannoudis VP, Panteli M, Giannoudis PV. Fifth metatarsal fractures: an update on management, complications, and outcomes. *Efort Open Rev* 2022;7:13–25. <https://doi.org/10.1530/eor-21-0025>.
- [17] Mologne TS, Lundeen JM, Clapper MF, O'Brien TJ. Early screw fixation versus casting in the treatment of acute jones fractures. *Am J Sports Medicine* 2005;33:970–975. <https://doi.org/10.1177/0363546504272262>.
- [18] Yates J, Feeley I, Sasikumar S, Rattan G, Hannigan A, Sheehan E. Jones fracture of the fifth metatarsal: is operative intervention justified? A systematic review of the literature and meta-analysis of results. *Foot* 2015;25:251–257. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2015.08.001>.
- [19] Watson S, Trammell A, Tanner S, Martin S, Bowman L. Early return to play after intramedullary screw fixation of acute jones fractures in collegiate athletes: 22-year experience. *Orthop J Sports Med* 2020;8:. <https://doi.org/10.1177/2325967120912423>2325967120912423.
- [20] Porter DA, Klott J. Proximal fifth metatarsal fractures in athletes management of acute and chronic conditions. *Foot Ankle Clin* 2021;26:35–63. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2020.10.007>.
- [21] Porter DA, Duncan M, Meyer SJF. Fifth metatarsal jones fracture fixation with a 4.5-mm cannulated stainless steel screw in the competitive and recreational athlete. *Am J Sports Med* 2005;33:726–733. <https://doi.org/10.1177/0363546504271000>.
- [22] Le M, Anderson R. Zone II and III fifth metatarsal fractures in athletes. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2017;10:86–93. <https://doi.org/10.1007/s12178-017-9388-5>.
- [23] Lareau CR, Hsu AR, Anderson RB. Return to play in national football league players after operative jones fracture treatment. *Foot Ankle Int* 2016;37:8–16. <https://doi.org/10.1177/1071100715603983>.
- [24] Bucknam RB, Scarnaliato JP, Kusnezov NA, Heida KA, Dunn JC, Orr JD. Return to weightbearing and high-impact activities following jones fracture intramedullary screw fixation. *Foot Ankle Int* 2020;41:379–386. <https://doi.org/10.1177/1071100719898278>.
- [25] Looney AM, Renehan JR, Dean DM, Murthy A, Sanders TH, Neufeld SK, et al. Rate of delayed union with early weightbearing following intramedullary screw fixation of jones fractures. *Foot Ankle Int* 2020;41:1325–1334. <https://doi.org/10.1177/1071100720938317>.
- [26] Roche AJ, Calder JDF. Treatment and return to sport following a Jones fracture of the fifth metatarsal: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthr* 2013;21:1307–1315. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2138-8>.
- [27] Furia JP, Juliano PJ, Wade AM, Schaden W, Mittermayr R. Shock wave therapy compared with intramedullary screw fixation for nonunion of proximal fifth metatarsal metaphyseal-diaphyseal fractures. *J Bone Jt Surg* 2010;92:846–854. <https://doi.org/10.2106/jbjs.i.00653>.
- [28] Kenta T, Akihiro K, Masaya K, Tomofumi N, Yusuke N, Masashi Y. Extracorporeal Shock Wave Therapy (ESWT) for refractory fractures at the fifth metatarsal base. *Int J Foot Ankle* 2019;3. <https://doi.org/10.23937/ijfa-2017/1710027>.
- [29] Alvarez RG, Cincere B, Channappa C, Langerman R, Schulte R, Jaakkola J, et al. Extracorporeal shock wave treatment of non- or delayed union of proximal metatarsal fractures. *Foot Ankle Int* 2011;32:746–754. <https://doi.org/10.3113/fai.2011.0746>.
- [30] Ismat A, Rupp M, Knapp G, Heiss C, Szalay G, Biehl C. Treatment of proximal fifth metatarsal fractures with an ulna hook plate. *Foot* 2020;42:. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2019.101653>101653.
- [31] Unthan M, Graul I, Hallbauer J, Lindner R, Hofmann GO, Kohler FC. Biomechanical comparison of cannulated screw osteosynthesis with tension-band wiring for proximal fractures of the fifth metatarsal (jones fracture). *J Foot Ankle Surg* 2023;62:300–303. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2022.08.004>.
- [32] Chopra A, Anastasio AT, Fletcher AN, Tabarestani TQ, Sharma A, Parekh SG. Short-term outcomes of jones-specific implant versus intramedullary screw and plate fixation for proximal fifth metatarsal fractures. *J Foot Ankle Surg* 2023;62:862–867. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2023.05.005>.
- [33] Umbel BD, Sharpe BD, Hockman T, Philbin TM. Early results of a novel intramedullary fixation device for proximal fifth metatarsal fractures. *Foot Ankle Spéc* 2023;16:113–120. <https://doi.org/10.1177/19386400211016948>.
- [34] Portland G, Kelikian A, Kodros S. Acute surgical management of jones' fractures. *Foot Ankle Int* 2003;24:829–833. <https://doi.org/10.1177/107110070302401104>.
- [35] Habbu RA, Marsh RS, Anderson JG, Bohay DR. Closed intramedullary screw fixation for nonunion of fifth metatarsal jones fracture. *Foot Ankle Int* 2011;32:603–608. <https://doi.org/10.3113/fai.2011.0603>.
- [36] Nagi A, Elgalli M, Mubark I, Motawea BA, Karagkevrekis C. Headless compression screw fixation of delayed union jones fractures: a case

series. *Ortop Traumatol Rehabil* 2021;23:121–127. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.8140>.

- [37] Grant MJ, Molloy AP, Mason LW. The use of percutaneous screw fixation without fracture site preparation in the treatment of fifth metatarsal base nonunion. *J Foot Ankle Surg* 2020;59:753–757. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2019.08.034>.
- [38] Tsukada S, Ikeda H, Seki Y, Shimaya M, Hoshino A, Niga S. Intramedullary screw fixation with bone autografting to treat proximal fifth metatarsal metaphyseal-diaphyseal fracture in athletes: a case series. *Sports Med, Arthrosc, Rehabilitation, Ther Technol* 2012;4:25. <https://doi.org/10.1186/1758-2555-4-25>.
- [39] Hunt KJ, Anderson RB. Treatment of jones fracture nonunions and refractures in the elite athlete. *Am J Sports Med* 2011;39:1948–1954. <https://doi.org/10.1177/0363546511408868>.