

# Die Triple-Arthrodesese in der Therapie degenerativer Rückfußfehlstellungen: Klinische, radiologische und pedobarografische Resultate

## Triple Arthrodesis in Treatment of Degenerative Hindfoot Deformities: Clinical, Radiological and Pedobarographic Results

### Autoren

T. Czurda<sup>1</sup>, M. Seidl<sup>2</sup>, A. S. Seiser<sup>3</sup>, R. Schuh<sup>4</sup>, H.-J. Trnka<sup>4</sup>, P. Ritschl<sup>1</sup>

### Institute

<sup>1</sup> Orthopädische Abteilung, Orthopädisches Krankenhaus Gersthof, Wien, Österreich

<sup>2</sup> Chirurgische Abteilung, Krankenhaus Göttlicher Heiland, Wien, Österreich

<sup>3</sup> Medizinische Fakultät, Universität Wien, Österreich

<sup>4</sup> Fusszentrum Wien, Österreich

### Schlüsselwörter

- Triple-Arthrodesese
- erworbener Plattfuß
- Pedobarografie
- Rückfuß
- retrospektive Studie

### Key words

- triple arthrodesis
- acquired flatfoot
- pedobarography
- hindfoot
- retrospective studies

### Bibliografie

DOI 10.1055/s-0029-1185407  
Z Orthop Unfall 2009; 147:  
356–361 © Georg Thieme  
Verlag KG Stuttgart · New York ·  
ISSN 1864-6697

### Korrespondenzadresse

**Dr. Thomas Czurda**  
Orthopädische Abteilung  
Orthopädisches Krankenhaus  
Gersthof  
Wielemansgasse 28  
1180 Wien  
Österreich  
Tel.: + 43/1/476 11 44 00  
Fax: + 43/1/476 11 43 09  
thomas.czurda@wienkav.at

### Zusammenfassung



**Fragestellung:** Die Triple-Arthrodesese wird bei fixierten schmerzhaften Rückfußfehlstellungen zur Wiederherstellung eines schmerzlosen plantigraden Fußes angewandt. Mittelfristige klinische, radiologische und funktionelle Ergebnisse unserer Patienten nach Triple-Arthrodesese sind Inhalt dieser Untersuchung.

**Methode:** In der retrospektiven Studie wurden 24 konsekutive Triple-Arthrodesesen an 20 Patienten mit degenerativen Rückfußfehlstellungen nachuntersucht. Das Durchschnittsalter betrug 62,8 Jahre (40–79), die Operation lag im Schnitt 21,5 Monate zurück. Erhoben wurden der AOFAS-Score, die subjektive Zufriedenheit und Röntgen. Zusätzlich wurde die Fußstellung mit einer dynamischen Pedobarografie und Laufbandanalyse beurteilt.

**Ergebnisse:** Im untersuchten Kollektiv lag der AOFAS-Score bei durchschnittlich 74 ( $\pm 12,41$ ) von 94 Punkten, der Zuwachs betrug im Mittel 51 ( $\pm 14,72$ ) Punkte. 75% der Patienten hatten keine oder nur leichte Schmerzen, 8% der Patienten berichteten von Einschränkungen in Alltagstätigkeiten. 9 Patienten (38%) hatten bei der Nachuntersuchung im oberen Sprunggelenk eine Gelenkmobilität von über 30°, 13 Patienten (54%) bewegten im OSG zwischen 15 und 30°. Mit dem Operationsergebnis waren 23 von 24 Patienten zufrieden. In den meisten Fällen konnte mithilfe der dynamischen Pedobarografie ein nahezu physiologisches Druckverteilungsmuster nachgewiesen werden, wobei im Mittelfuß im Vergleich zum Normalfuß weiter eine erhöhte Druckbelastung bestand. Der Rückfußvalgus betrug durchschnittlich 2,8° ( $\pm 2,9^\circ$ ), die in der Laufbandanalyse gemessene Rückfußposition war bei 11 Patienten sehr gut und bei 13 gut. Im untersuchten Patientenkollektiv kam es zu zwei Wundheilungsstörungen, in einem Fall zeigte sich eine Pseudoarthrose im Talonavikulargelenk, welche

### Abstract



**Introduction:** Triple arthrodesis is performed to reconstruct a painless plantigrad foot in cases of fixed and painful hindfoot deformity. Mid-term results of our patients after triple arthrodesis concerning clinical and functional as well as radiological outcome were assessed in this examination.

**Patients and Method:** In the retrospective study, 24 feet in 20 patients with triple arthrodesis after degenerative hindfoot malposition were examined. Sampling was done consecutively. The average age of the patients was 62.8 years (40–79), mean follow-up-period was 21.5 months. The patients were examined using the AOFAS score, assessment of subjective satisfaction and X-rays. In addition, the position of the foot was analysed using dynamic pedobarography and gait analysis.

**Results:** In the examined population, the mean AOFAS score was 74 ( $\pm 12.41$ ) out of 94 points, the improvement averaged 51 ( $\pm 14.72$ ) points. 75% of the patients had no or only slight pain, 8% reported limitations in everyday life. Mobility of the ankle was more than 30° for 9 patients (38%) and between 15 and 30° for 13 patients (54%). 23 patients out of 24 were satisfied with the result of the surgery. In most cases, dynamic pedobarography showed a rather physiological pattern of plantar pressure distribution with increased pressure remaining in the midfoot area. Valgus position of the hindfoot was 2.8° ( $\pm 2.9^\circ$ ), gait analysis showed very good results in 11 cases and good results in 13 cases. Among the examined patients, two cases of wound healing disorders appeared, and one non-union of the talonavicular joint which had to be reoperated. In two cases, clinically relevant degenerative changes of the ankle were diagnosed.

**Conclusion:** Triple arthrodesis using internal fixation followed by sufficient immobilisation is a good and reliable technique for the correction of fixed hindfoot deformities. A very high level of pa-

revidiert werden musste. Bei 2 Patienten wurden klinisch relevante Folgearthrosen im oberen Sprunggelenk diagnostiziert.

**Schlussfolgerung:** Die Triple-Arthrodesis mit interner Fixation und ausreichender Immobilisation ist eine gute und verlässliche Methode zur Korrektur fixierter degenerativer Rückfußdeformitäten, mit der eine sehr hohe Patientenzufriedenheit und ein gutes klinisches Ergebnis erzielt werden kann. Die plantare Druckverteilung kann in zufriedenstellendem Ausmaß rekonstruiert werden. Aufgrund der relativ hohen Rate an Folgearthrosen benachbarter Gelenke sollte die Indikation zur Triple-Arthrodesis kritisch und nur bei klinisch und radiologisch intakten Nachbargelenken gestellt werden.

## Einleitung

Die Triple-Arthrodesis ist die Versteifung des Subtalar-, Talonavikular- und Kalkaneokuboidgelenks. Dabei werden die talokalkaneare Divergenz und das Fußgewölbe rekonstruiert. Ziel ist die Wiederherstellung eines schmerzfrei belastbaren, stabilen und plantigraden Fußes unter Erhalt der Beweglichkeit im OSG [1]. Ryerson beschrieb die Methode 1923 bei neuromuskulären Fußdeformitäten, Lambrinudi modifizierte sie 1927 [2,3].

Indikationen sind heute – nach weiteren Verbesserungen der Technik – alle fixierten korrekturbedürftigen Rückfußdeformitäten, die durch mobilitäts-erhaltende operative Maßnahmen nicht mehr zu korrigieren sind. Neben Fehlstellungen durch neuromuskuläre Grunderkrankungen (Polio, Charcot-Marie-Tooth) sind dies der fixierte erworbene Plattfuß, kongenitale Fehlstellungen (Klumpfuß, Coalitio), fixierte Fehlstellungen beim Charcot-Fuß sowie rheumatische, arthrotische und posttraumatische Deformitäten [1].

Voraussetzung ist ein asymptomatisches OSG, da dieses durch die Triple-AD vermehrt Belastungen ausgesetzt ist [1]. Kontraindikationen sind Arthrosen distal der geplanten Arthrodesis und inadäquate Gefäßversorgung des Fußes.

Die Operation sollte nur durchgeführt werden, wenn es keine weniger invasiven Therapiealternativen gibt, da sie einen technisch schwierigen Eingriff mit hoher Komplikationsrate darstellt [4–6]: Über-/Unterkorrektur, Verkürzung des Fußes und Pseudoarthrosen (am häufigsten talonavikular [7]), die jedoch meist asymptomatisch bleiben [8]. Weiters avaskuläre Talusnekrosen, die aber bei knochenparender Resektion selten geworden sind [8,9].

Häufigste Komplikationen sind Folgearthrosen der benachbarten Gelenke, vor allem des OSG.

## Patienten und Methode

In dieser retrospektiven Untersuchung wurden 24 konsekutive Triple-AD an 20 Patienten (17 Frauen, 3 Männer) mit einem Durchschnittsalter von 62,8 Jahren (40–79) untersucht, die innerhalb von 4 Jahren von einem Operateur operiert wurden. Indikation zur Arthrodesis waren degenerative Arthropathien, das mittlere Follow-up-Intervall betrug 21,8 (12–56) Monate.

Die Operation wird über zwei Inzisionen durchgeführt: ein nach dorsal konvexer Bogen über dem Sinus tarsi sowie dorsomedial über dem Talonavikulargelenk. Über den lateralen Zugang wird nach Spaltung der Faszie der M. ext. dig. brevis nach distal abgelöst. Das Fettgewebe des Sinus tarsi wird exzidiert und das Subtalar- und Talonavikulargelenk nach Durchtrennung von Kapsel und Bandverbindungen mit einem Laminaspriester distrahiert. Beginnend mit der posterioren Facette werden die Gelenkflächen unter Schonung der Sehne des M. flex. hall. longus mit Klingenneißeln und Kugelfräsen unter mehrmaligem Umsetzen des Spreizers anatomisch entknorpelt und dies anschließend an der medialen und vorderen Facette fortgesetzt. Danach Präparation bis ans Kalkaneokuboid- und Talonavikulargelenk, Durchtrennung von Kapsel und Lig. bifurcatum, Aufspreizen und Entknorpeln der 2 Gelenke, wobei der mediale Anteil des Talonavikulargelenks über den dorsomedialen Zugang erreicht wird.

patient satisfaction and a good clinical outcome can be achieved. Plantar pressure distribution can be reconstructed to a satisfactory extent. Due to the relatively high rate of degenerative arthritis in adjacent joints, the decision upon performing a triple arthrodesis should be considered carefully. Clinical and radiological integrity of these joints are required.

Mit der „minimal resection technique“ wird das Ziel verfolgt, den Knochenverlust gering zu halten [9], um die Kongruenz der Kontaktflächen weitestgehend zu erhalten. Dadurch, sowie durch Aufbrechen der Knochenoberflächen mit dem Meißel, lässt sich – auch, weil man damit in der Regel kein Beckenkamminterponat benötigt – die Rate von Pseudoarthrosen minimieren.

Nun wird der Rückfuß manuell reponiert, wobei der korrekten Fersenposition (ca. 5° Valgus [10]) und der Vorfußrotation besonderes Augenmerk gilt. Fallweise sind Zusatzeingriffe indiziert. Unter Bildwandlerkontrolle wird das Subtalar- und Talonavikulargelenk mit 7,3 AO-Schrauben und anschließend das Talonavikular- und Kalkaneokuboidgelenk mit 4,5 AO-Schrauben fixiert.

Die Schraubenfixation wird als unerlässlich angesehen, um durch gute Kompression die Non-Union-Rate zu senken. Nach dem Wundverschluss wird ein Unterschenkelgips angelegt, die Entlassung erfolgt bei normalem Heilungsverlauf am 5. postoperativen Tag nach Gipsschluss.

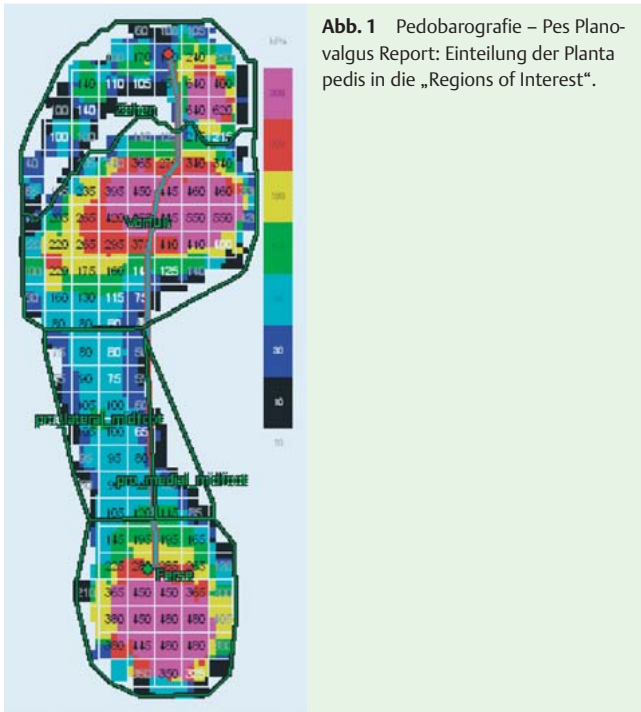
Die Gipsruhigstellung dauert zumindest 12 Wochen, frühestens nach 4 Wochen wird Teilbelastung erlaubt. Nach Gipsabnahme wird eine physikalische Therapie zur Mobilisierung des OSG abgeschlossen.

Bei der *klinischen Untersuchung* wurden mit dem AOFAS Hindfoot Score [11] Schmerz, Funktion und Stellung des Fußes erfasst. Wegen der fehlenden Rückfußbeweglichkeit nach Triple-AD beträgt das Punktemaximum 94 statt 100 Punkte.

Zur Erhebung der *subjektiven Ergebnisse* beantwortete jeder Patient Fragen zu Zufriedenheit, Fähigkeit der Berufsausübung und Art des geeigneten Schuhwerks.

Die *pedobarografische Untersuchung* erfolgte mit der emed-at platform® der Fa. Novel Ges.m.b.H. München, einer Druckmessplatte, die mit zwei Sensoren/cm<sup>2</sup> dynamische Druckbelastungen der Fußsohle während des Gangzyklus misst.

Die Patienten gingen barfuß mit möglichst normaler Geschwindigkeit über die Platte, das Druckverteilungsmuster wurde aus 5 Messungen gemittelt (emed/D Software) [12]. Die Fußsohle wurde dabei in mehrere „Regions of Interest“ geteilt (Abb. 1), für die jeweils die Druckgipfel, maximalen Kraftwerte, Größe der Kontaktfläche sowie Kontaktzeit ermittelt wurden.



**Abb. 1** Pedobarografie – Pes Planovalgus Report: Einteilung der Planta pedis in die „Regions of Interest“.



**Abb. 2** Anordnung zur Messung des Rückfußwinkels.

Bei der *Laufbandanalyse* wurde neben dem Gangbild vor allem der Rückfußwinkel mit dorsal angebrachten Markierungen vermessen, welche auf Videoaufnahmen mit der Dartfish ProSuite 4.0 Software der Fa. Dartfish, Fribourg, ausgewertet wurden (► **Abb. 2**).

*Radiologische Messungen* wurden an belasteten Röntgenbildern durchgeführt und umfassten die Beurteilung des knöchernen Durchbaus, der Fußstellung sowie die Erhebung des lateralen und dorsoplantaren Talometatarsal-Winkels.

Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software SPSS 11.5 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Es wurden deskriptive Statistiken betreffend der demografischen Faktoren der Patienten, der klinischen sowie der radiologischen Parameter durchgeführt. Der AOFAS Hindfoot Score wurde mithilfe des gepaarten t-Tests verglichen. Die pedobarografischen Resultate jener Patienten, welche nur an einem Fuß betroffen waren, wurden mit jenen des gesunden Fußes mittels eines ungepaarten t-Tests zum Vergleich von unabhängigen Stichproben verglichen. Das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha < 0,05$  festgelegt.

## Ergebnisse

Die Operation wurde immer nach der beschriebenen Methode durchgeführt, in 9 Fällen waren Zusatzeingriffe notwendig (5 perkutane Achillessehnenverlängerungen: 2 TMT-1-Arthrodesen, 1 Austin, 2 diaphysäre MT-1-Osteotomien).

Der AOFAS-Score erfuhr durch die Operation eine hoch signifikante Steigerung von 23 Punkten ( $\pm 16,16$ ) auf 74 Punkte ( $\pm 12,41$ ). Der durchschnittliche Zuwachs lag bei 51 Punkten ( $\pm 14,72$ , minimal 19 Punkte).

Dieses gute klinische Ergebnis spiegelt sich in den einzelnen Kriterien wider: 75% (18 von 24) gaben an, keine oder gelegentlich leichte Schmerzen zu verspüren, während präoperativ 29,2% moderate und 62,5% starke Schmerzen angaben. Nur 8% der Patienten waren im Alltag eingeschränkt, aber keiner davon

schwer, die Gehstrecke betrug bei 92% mehr als 6 Häuserblocks, wobei kein Patient schwere Gangabnormitäten zeigte.

9 Patienten (38%) hatten bei der Nachuntersuchung eine passive Gelenkmobilität im OSG bei gebeugtem Kniegelenk von über  $30^\circ$ , 13 Patienten (54%) zwischen  $15$  und  $30^\circ$ .

23 von 24 Patienten (95,8%) zeigten sich mit dem Operationsergebnis zufrieden, 22 davon würden sich erneut operieren lassen. Von 7 berufstätigen Patienten konnten alle bis auf einen ihre Tätigkeit fortsetzen.

5 von 24 operierten Füßen wurden mit orthopädischen Schuhen versorgt, wobei nur 1 Patient diese ständig tragen musste. Dagegen kamen 8 Patienten, die präoperativ schuhversorgt waren, postoperativ mit normalen Schuhen zurecht. 8 Patienten (33,3%) konnten nach der Triple-AD Konfektionsschuhe tragen, weitere 8 (33%) bequeme Schuhe.

23 von 24 Studienpatienten zeigten beim Röntgen einen guten ossären Durchbau bei nur einer Pseudoarthrose.

Der durchschnittliche Talometatarsalwinkel betrug seitlich  $10,2^\circ$  ( $\pm 5,6^\circ$ ) und dorsoplantar  $11,2^\circ$  ( $\pm 4,0^\circ$ ), was jeweils den mit der Triple-AD angestrebten Werten entspricht (► **Abb. 3** und **4**).

Die mit der *Pedobarografie* visualisierte plantare Druckverteilung zeigte, dass es mit der Triple-AD meist gelungen ist, ein dem physiologischen Muster ähnliches Bild zu erreichen (► **Abb. 5**). Besonderes Augenmerk wurde dabei auf eine etwaige Restfehlstellung des Rückfußes gelegt sowie auf den Mittelfuß, wo postoperativ weiter eine erhöhte Druckbelastung besteht. Dies schlägt sich auch in der Kontaktfläche und der Kontaktzeit des Mittelfußes nieder, die postoperativ signifikant erhöht sind (► **Tab. 1**).

Die präoperativ bei 94% schlechte Rückfußposition war in der *Laufbandanalyse* bei 13 Patienten (54%) in leichter Fehlstellung und bei 11 Patienten (46%) sehr gut: der Fersenvalgus betrug im Schnitt  $2,8^\circ$  ( $\pm 2,9^\circ$ ), 4 Patienten lagen außerhalb des angestrebten Bereichs von  $0$  bis  $5^\circ$  (maximal  $8,9^\circ$  valgus).

Die Pseudoarthrosenrate betrug 4,2% (1 von 24 Operationen). Diese Patientin, welche im betroffenen Talonavikulargelenk durch Interposition eines Beckenspans erfolgreich revidiert werden konnte, war eine von insgesamt 3 Rauchern. Ebenfalls einmal kam eine Parästhesie im Versorgungsgebiet des N. suralis vor, weiters zwei Wundheilungsstörungen (8,3%), ein Lymphödem, bei zwei Patienten wurde aufgrund lokaler Beschwerden eine Teilmaterialentfernung notwendig.

Bei der Nachuntersuchung wurde eine symptomatische OSG-Arthrose diagnostiziert, außerdem wurde eine Patientin bereits vor



**Abb. 3** Dorsoplantare Röntgenaufnahmen unter Belastung: **a** präoperativ und **b** zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.

der Nachuntersuchung mit einer OSG-Prothese versorgt. Die Rate der klinisch manifesten Folgearthrosen lag somit bei 8,3%.

**Diskussion**

Es existiert eine Vielzahl an Publikationen über die Triple-AD – einerseits bei Kindern mit neuromuskulären Grunderkrankungen [5, 13, 14], andererseits bei degenerativen Erkrankungen [5, 15, 16] –, die wegen der großen Varianz bei Indikation, Patientenalter, Operationsmethode sowie klinischer und radiologischer Bewertungskriterien nur bedingt vergleichbar sind. In dieser Arbeit wird deshalb vor allem auf Studien mit vergleichbaren Konzepten eingegangen.

Die hoch signifikante Steigerung des AOFAS-Score um 51 Punkte sowie der hohe Anteil schmerzfreier, zufriedener Patienten spiegelt das große Potenzial der Triple-AD wider und korreliert mit der vorhandenen Literatur [4, 15, 17–19]. Graves beschrieb, dass

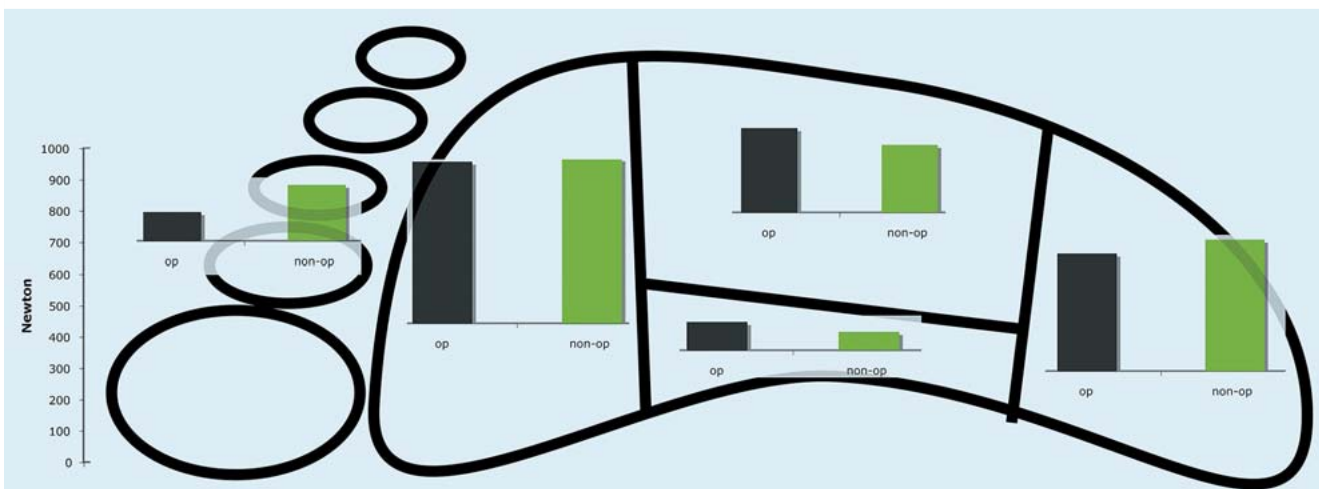


**Abb. 4a und b** Seitliche Röntgenaufnahmen unter Belastung: **a** präoperativ und **b** zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.

die maximale Schmerzbesserung erst nach durchschnittlich 19 Monaten erreicht ist [5]. Bei einer minimalen Follow-up-Zeit von 12 Monaten wäre demnach noch eine leichte klinische Verbesserung zu erwarten.

Bisherige Langzeitstudien identifizierten Folgearthrosen bzw. die Aggravierung bestehender Arthrosen als häufigste Komplikation, insbesondere im OSG. Ursache sind kompensatorisch vermehrte Belastungen in den Nachbargelenken nach Verlust des federnden Elements des Rückfußes.

Fast alle Autoren beobachteten, dass das subjektive Resultat nach Triple-AD deutlich über dem objektiven liegt. Smith zeigte mit einer subjektiven Zufriedenheit von 93% bei 26 Patienten, dass die bei einem Drittel nachweisbaren Arthrosen nicht mit



**Abb. 5** Pedobarografische Resultate: Darstellung der plantaren Kraftverteilung aufgeteilt in die „regions of interest“. Vergleich operierter Füße mit nicht-operierten Füßen.



**Tab. 1** Resultate der pedobarografischen Analysen. Es wurden der operierte Fuß und der nicht operierte Fuß betreffend der einzelnen Parameter mittels t-Test verglichen.

	Spitzendruck (Kilopascal)	Kraftmaximum (Newton)	Kontaktfläche (cm <sup>2</sup> )	Kontaktzeit (Millisekunden)
<b>gesamter Fuß</b>				
operierter Fuß	549,50 ± 248,01	828,29 ± 127,52	136,69 ± 21,70	782,86 ± 360,67
nicht operierter Fuß	690,66 ± 224,86	816,34 ± 221,55	135,44 ± 27,58	825,06 ± 372,30
p-Wert	0,340	0,683	0,996	0,983
<b>Rückfuß</b>				
operierter Fuß	322,41 ± 197,40	424,22 ± 98,88	33,61 ± 4,00	536,44 ± 273,40
nicht operierter Fuß	299,675 ± 86,58	475,50 ± 125,89	33,09 ± 6,59	530,13 ± 306,33
p-Wert	0,568	0,533	0,715	0,658
<b>lateraler Mittelfuß</b>				
operierter Fuß	223,47 ± 84,45	270,10 ± 90,71	26,00 ± 4,480	683,11 ± 155,46
nicht operierter Fuß	228,32 ± 160,98	216,97 ± 83,26	25,36 ± 6,25	705,6 ± 223,48
p-Wert	0,628	0,497	0,666	0,756
<b>medialer Mittelfuß</b>				
operierter Fuß	170,81 ± 47,11	96,97 ± 53,52	14,41 ± 6,12	615,41 ± 153,29
nicht operierter Fuß	132,44 ± 29,63	63 ± 51,03	10,76 ± 7,32	562,8 ± 219,07
p-Wert	0,04	0,481	0,645	0,696
<b>Vorfuß</b>				
operierter Fuß	480,23 ± 232,01	608,54 ± 157,51	55,32 ± 7,02	778,82 ± 135,70
nicht operierter Fuß	577,23 ± 262,53	622,74 ± 169,12	50,761 ± 10,73	833,8 ± 203,03
p-Wert	0,443	0,783	0,531	0,478
<b>Zehen</b>				
operierter Fuß	300,15 ± 267,66	102,86 ± 78,81	13,81 ± 5,68	638,82 ± 182,34
nicht operierter Fuß	489,87 ± 241,51	198,13 ± 85,63	20,21 ± 4,51	727,76 ± 327,68
p-Wert	0,365	0,09	0,04	0,493

Schmerzen und damit einer Abnahme der Zufriedenheit einhergehen müssen [16], ähnliches berichteten andere Autoren [10, 17, 20]. Pell sah, dass weder vorbestehende Arthrosen mit der Prävalenz von Arthrosesymptomen noch radiologisch vorhandene Arthrosen mit sinkender Zufriedenheit assoziiert sind [18], de Heus berichtete, dass radiologisch Arthrosen im OSG selbst nach Jahren wenig negativen Einfluss auf dessen Funktion haben [21]. Allerdings sind sogar Patienten mit Restbeschwerden durch die Verbesserung im Vergleich zum präoperativen Status oft zufrieden [5]. Zur Zufriedenheit trägt auch eine realistische Erwartungshaltung nach guter präoperativer Aufklärung bei.

In Studien mit kürzeren Intervallen wurden Arthroseraten von 10% bis 77% berichtet [4, 5, 10, 13, 14, 16–18, 20], Ergebnisse über 10 Jahre liegen nur für Kinder mit paralytischen Erkrankungen vor [13, 14, 20].

Die publizierten *Pseudoarthroseraten* liegen zwischen 0% und 36% [4–6, 9, 13, 15, 18, 22, 23]. Wilson erkannte in seiner Untersuchung an 301 Füßen 3 Gründe für das Ausbleiben der knöchernen Fusion [23]: zu geringer Kontakt der Knochenflächen, ungenügende Fixierung und zu frühe Belastung; die Pseudoarthroserate von Patienten, die zumindest 9 Wochen entlasteten, lag mit 2,3% unter der von Patienten, die bereits zwischen der 2. und 5. Woche belasteten (14,6%). Dem widersprechen Angus und Cowell, bei denen Patienten mit Pseudoarthrosen im Schnitt 3½ Wochen länger entlasteten als jene mit guter Knochenheilung [13]. In 2 weiteren Studien wurde der mittlere Zeitpunkt des osären Durchbaus mit 9,9 bzw. 10,7 Wochen angegeben [9, 18]. Für eine gute Knochenheilung ist auch Nichtrauchen mit entscheidend: Ishikawa zeigte an 160 Patienten mit Rückfußarthrosen ein 2,7-fach erhöhtes Pseudoarthrose-Risiko für Raucher, ebenso erkannte Easley im Rauchen einen Risikofaktor [24, 25].

Die in dieser Untersuchung erhobene Pseudoarthroserate von 4,2% (1 von 24) konnte durch knochensparende anatomische Entknorpelung, komprimierende Schraubenfixation und ausrei-

chende Ruhigstellung erzielt werden. Entsprechend sind die teilweise beschriebenen häufigen Pseudoarthrosen wohl auf Unterschiede in OP-Technik und Nachbehandlung zurückzuführen [7]. Mit modernen Methoden der internen Fixation sollte die Pseudoarthroserate in Zukunft abnehmen.

Die korrekte Positionierung des Kalkaneus stellt einen entscheidenden Schritt der Arthrorese dar. Schon Pell zeigte einen signifikanten Zusammenhang zwischen Rückfuß-Alignment und Patientenzufriedenheit [18]. In dieser Untersuchung wurde deshalb der Fersenwinkel in einer speziellen Versuchsanordnung während des Gangzyklus gemessen. Die Autoren sind der Meinung, dass vor allem durch exakte Ausrichtung des Rückfußes gute klinische Ergebnisse ermöglicht werden.

Da das Ziel der Triple-AD ein pantigrader, belastbarer Fuß ist, wurde das plantare Druckmuster mittels *dynamischer Pedobarografie* erfasst und mit dem gesunder Füße verglichen. Dabei fanden sich nur marginale Unterschiede bezüglich der plantaren Kontaktfläche und -zeit zwischen operiertem und nicht operiertem Fuß.

In der Literatur gibt es nach unserem Wissen erst 4 Studien, bei denen nach Triple-AD die plantare Druckverteilung gemessen wurde [10, 26–28], wobei nur bei Charles [29] eine dynamische Messung zum Einsatz kam: Er untersuchte an 21 Füßen Zusammenhänge zwischen Druckverteilung und Klinik und kam zu dem Schluss, dass die Pedobarografie nur limitierte Informationen über funktionelle und anatomische Verbesserungen gibt und somit keinen eindeutigen zusätzlichen Nutzen in der Beurteilung bringt [29]. Trotzdem wies er postoperativ eine signifikante Verringerung der Fußaußenrandbelastung sowie eine erhöhte Druckbelastung im Mittelfuß nach.

Southwell fand bereits 1981 bei Messungen mit Flüssigkristallplatten an 36 Patienten signifikant erhöhte Druckbelastungen im Mittelfuß, die jedoch keine Beschwerden verursachten [10].

Bisaccia sah den Wert podometrischer Messungen in der Identifikation von Arealen erhöhter Druckwerte und allfälliger Fersenfehlstellungen [26].

Stein kam bei der Auswertung von 26 Füßen auf hoch signifikante Unterschiede in den Belastungsmustern operierter und gesunder Füße: Die Hauptbelastungen verschoben sich von der Ferse zum Mittelfuß sowie im Vorfuß nach lateral [28]. Limitation seiner Anordnung war erneut die rein statische Messung.

Schepers untersuchte Füße nach Double-AD und resümierte, dass die Pedobarografie als zusätzliche diagnostische Möglichkeit neben anderen klinischen Kriterien ihren Platz in der Planung sowie Beurteilung des Ergebnisses finden sollte [30].

Die Verbesserung der Talometatarsalwinkel (d.p. und seitlich) konnte in dieser Studie nicht dokumentiert werden, da präoperativ nur in kleiner Zahl belastete Aufnahmen vorhanden waren, bei denen das gesamte Metatarsale abgebildet war. Dies ist dem retrospektiven Design der Studie anzulasten. Umso mehr sollte die Forderung lauten, zur Planung präoperativ standardisierte Röntgenaufnahmen des (ganzen) Fußes anzufertigen.

## Schlussfolgerung

Die Triple-Arthrodesie ist bei sorgfältiger Durchführung von Operation und Nachbehandlung eine sehr gute Methode zur Korrektur schwerer fixierter Rückfußdeformitäten. Sie führt in den meisten Fällen zu einer hohen Patientenzufriedenheit und guten Ergebnissen bezüglich Schmerzfreiheit und funktionellem Outcome. Die Pedobarografie zeigt, dass die Triple-AD imstande ist, eine nahezu physiologische plantare Druckverteilung wiederherzustellen. Allerdings ist die Indikation wegen der relativ hohen Komplikationsrate eng zu stellen: Nach längeren Zeiträumen ist radiologisch eine hohe Prävalenz für Folgearthrosen benachbarter Gelenke nachweisbar, wenngleich diese meist asymptomatisch bleiben. Präoperativ muss deshalb dem Zustand der benachbarten Gelenke große Beachtung gewidmet werden. Nur wenn diese klinisch und radiologisch intakt sind, sollte die Arthrodesie durchgeführt werden. Zur Objektivierung der präoperativen Verhältnisse sind standardisierte Röntgenaufnahmen notwendig.

Zukünftige Nachuntersuchungen sollten aufgrund stabiler Fixationsmethoden zu geringeren Pseudoarthrosen führen.

Die dynamische Pedobarografie ist ein probates Mittel, um postoperative Fehlstellungen zu identifizieren, ohne jedoch einen wirklichen objektiven Nutzen in der OP-Planung oder in der postoperativen Untersuchung zu haben.

**Interessenkonflikt:** Nein

## Literatur

- Döderlein L. Prinzipien der reorientierenden Tripelarthrodesie. *Orthopädie* 2005; 35: 405–421
- Lambrinudi C. A new operation on drop foot. *J Bone Joint Surg [Br]* 1927; 15: 193–196
- Ryerson E. Arthrodesing operations on the feet. *J Bone Joint Surg* 1923; 5: 453–471
- Bednarz PA, Monroe MT, Manoli A 2nd. Triple arthrodesis in adults using rigid internal fixation: an assessment of outcome. *Foot Ankle Int* 1999; 20: 356–363
- Graves SC, Mann RA, Graves KO. Triple arthrodesis in older adults. Results after long-term follow-up. *J Bone Joint Surg [Am]* 1993; 75: 355–362
- Sangeorzan BJ et al. Triple arthrodesis using internal fixation in treatment of adult foot disorders. *Clin Orthop Relat Res* 1993; 294: 299–307
- Johnson MK, Kanat IO. Complications of triple arthrodesis with comparison to select rearfoot fusions. *J Foot Surg* 1987; 26: 371–379
- Patterson RL Jr, Parrish FF, Hathaway EN. Stabilizing operations on the foot: a study of the indications, techniques used, and end results. 1950. *Foot Ankle Int* 1996; 17: 594–607
- Kissel CG et al. Nonresection triple arthrodesis: a retrospective analysis. *J Foot Ankle Surg* 1998; 37: 490–500
- Southwell RB, Sherman FC. Triple arthrodesis: a long-term study with force plate analysis. *Foot Ankle* 1981; 2: 15–24
- Kitaoka HB et al. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, mid-foot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int* 1994; 15: 349–353
- Metaxiotis D et al. Dynamic pedobarography (DPB) in operative management of cavovarus foot deformity. *Foot Ankle Int* 2000; 21: 935–947
- Angus PD, Cowell HR. Triple arthrodesis. A critical long-term review. *J Bone Joint Surg [Br]* 1986; 68: 260–265
- Wetmore RS, Drennan JC. Long-term results of triple arthrodesis in Charcot-Marie-Tooth disease. *J Bone Joint Surg [Am]* 1989; 71: 417–422
- Fortin PT, Walling AK. Triple arthrodesis. *Clin Orthop Relat Res* 1999; 365: 91–99
- Smith RW et al. Triple arthrodesis in adults with non-paralytic disease. A minimum ten-year follow-up study. *J Bone Joint Surg [Am]* 2004; 86: 2707–2713
- de Groot IB et al. Long-term results after a triple arthrodesis of the hindfoot: function and satisfaction in 36 patients. *Int Orthop* 2008; 32: 237–241
- Pell RFT, Myerson MS, Schon LC. Clinical outcome after primary triple arthrodesis. *J Bone Joint Surg [Am]* 2000; 82: 47–57
- Sammarco VJ et al. Arthrodesis of the subtalar and talonavicular joints for correction of symptomatic hindfoot malalignment. *Foot Ankle Int* 2006; 27: 661–666
- Saltzman CL et al. Triple arthrodesis: twenty-five and forty-four-year average follow-up of the same patients. *J Bone Joint Surg [Am]* 1999; 81: 1391–1402
- de Heus JA et al. The influence of subtalar and triple arthrodesis on the tibiotalar joint. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg [Br]* 1997; 79: 644–647
- Adelaar RS et al. A long term study of triple arthrodesis in children. *Orthop Clin North Am* 1976; 7: 895–908
- Wilson FC Jr et al. Triple arthrodesis. A study of the factors affecting fusion after three hundred and one procedures. *J Bone Joint Surg [Am]* 1965; 47: 340–348
- Ishikawa SN, Murphy GA, Richardson EG. The effect of cigarette smoking on hindfoot fusions. *Foot Ankle Int* 2002; 23: 996–998
- Easley ME et al. Isolated subtalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg [Am]* 2000; 82: 613–624
- Bisaccia P, Couverchel L, Passuti N. [The contribution of electronic podometry in the postoperative follow-up of feet with double arthrodesis surgery]. *Acta Orthop Belg* 1994; 60: 173–183
- Charles YP, Axt M, Doderlein L. [Surgical treatment of cavovarus foot deformity considering dynamic pedobarography]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2003; 141: 433–439
- Stein H, Simkin A, Joseph K. The foot-ground pressure distribution following triple arthrodesis. *Arch Orthop Trauma Surg* 1981; 98: 263–269
- Charles YP, Axt M, Doderlein L. [Dynamic pedobarography in postoperative evaluation of pes cavovarus]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2001; 87: 696–705
- Schepers T et al. Plantar pressure analysis after percutaneous repair of displaced intra-articular calcaneal fractures. *Foot Ankle Int* 2008; 29: 128–135