

S. G. Hofstätter¹
 F. Gruber²
 P. Ritschl²
 H. J. Trnka¹

Die modifizierte Ludloff-Osteotomie zur Korrektur der schweren Spreizfußdeformität mit Hallux valgus-Fehlstellung

The Modified Ludloff Osteotomy for Correction of Severe Metatarsus Primus Varus with Hallux Valgus Deformity

Zusammenfassung

Studienziel: Diese prospektive Studie untersucht die mittelfristigen klinischen und radiologischen Ergebnisse der modifizierten Ludloff-Osteotomie zur Korrektur der schweren Spreizfußdeformität mit Hallux valgus-Fehlstellung. **Methode:** 70 Füße bei 67 Patienten zwischen 25 und 78 Jahren (Durchschnittsalter 56 Jahre) konnten für diese prospektiven Analyse gewonnen werden. Sie wurden sowohl präoperativ als auch beim Follow-up nach 37 ± 6 Monaten nach dem American-Orthopaedic-Foot and Ankle Society (AOFAS) Forefoot-Metatarsophalangeal-Interphalangeal-Score evaluiert. Die Röntgenbilder wurden gemäß den Richtlinien der AOFAS analysiert. Als statistisches Verfahren wurde der Wilcoxon Signed Rank-Test verwendet. **Ergebnisse:** Der AOFAS-Score zeigte eine signifikante ($p < 0,0001$) Verbesserung von $55,2 \pm 15,2$ Punkten präoperativ auf $86,6 \pm 15,2$ Punkte bei der Nachuntersuchung nach 37 ± 6 Monaten. Die AOFAS-Schmerz-Subskala verbesserte sich von $20,2 \pm 9,6$ Punkte präoperativ auf $37,3 \pm 5,7$ Punkte beim Follow-up. Dieser Unterschied ist signifikant ($p < 0,0001$). Der präoperative Hallux valgus (HV)-Winkel wurde signifikant von $37 \pm 8^\circ$ auf $12 \pm 11^\circ$ ($p = 0,0001$) und der präoperative Intermetatarsal (IM)-Winkel signifikant von $18 \pm 2^\circ$ auf $8 \pm 4^\circ$ verringert ($p = 0,0002$). Die Sesamoidposition konnte in Relation zum Mittelfußstrahl signifikant verbessert werden ($p = 0,0003$). Nach 37 ± 6 Monaten zeigte die radiologische Auswertung bei allen nachuntersuchten Patienten einen soliden knöchernen Durchbau der Osteotomie ohne Fehlheilung. **Schlussfolgerung:** Die Resultate dieser mittelfristigen prospektiven Studie zeigen, dass die modifizierte

Abstract

Aim: The present study investigates the clinical and radiological mid-term results of the modified Ludloff osteotomy, a proximal metatarsal osteotomy for surgical correction of severe metatarsus primus varus with hallux valgus deformity. **Method:** 70 feet in 67 patients from 25 to 78 years (average age 56 years) were included in this prospective study. The patients were evaluated with the American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) forefoot metatarsophalangeal interphalangeal score, which was used preoperatively and at an average follow-up of 37 ± 6 months. Weight-bearing foot radiographs were analysed according to AOFAS guidelines and statistical evaluation was made with the Wilcoxon signed-rank test. Results: The average AOFAS score improved significantly ($p < 0.0001$) from 55.2 ± 15.2 points preoperatively to 86.6 ± 15.2 points at follow-up. Preoperatively, all patients complained of pain (20.2 ± 9.6 points) which had improved significantly ($p < 0.0001$) at the latest follow-up (37.3 ± 5.7 points). The average hallux valgus angle (HVA) was $37 \pm 8^\circ$ preoperatively and improved significantly to $12 \pm 11^\circ$ at follow-up ($p = 0.0001$). The intermetatarsal angle (IMA) improved significantly from $18 \pm 2^\circ$ preoperatively to $8 \pm 4^\circ$ after 37 ± 6 months ($p = 0.0002$). The sesamoid position improved significantly from preoperative to follow-up ($p = 0.0003$). Radiographic evaluation of the patients indicated that all examined osteotomies had healed after 37 ± 6 months. Conclusion: This prospective investigation at intermediate follow-up using currently available outcome measures suggests that the Ludloff osteotomy is a suitable procedure for the surgical correction of

Institutsangaben

¹Fusszentrum Wien

²Orthopädisches KH Gersthof, I. Abteilung, Wien

Korrespondenzadresse

Dr. Stefan Hofstätter · Herderstrasse 40 · 4600 Wels/Austria · Tel.: +43/650/3838792 · Fax: +43/732/69802315 · E-mail: stefanhofstaetter@gmx.at

Bibliografie

Z Orthop 2005; 143: 1–7 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
 DOI 10.1055/s-2005-918193
 ISSN 0044-3220

Ludloff-Osteotomie eine empfehlenswerte Operation zur Korrektur bei schwerem Spreizfuß (IM-Winkel $> 15^\circ$) mit Hallux valgus-Deformität ist.

Schlüsselwörter

Hallux valgus · Ludloff-Osteotomie · metatarsale · Osteotomie

severe metatarsus primus varus (IMA $> 15^\circ$) with hallux valgus deformity.

Key words

Hallux valgus · Ludloff osteotomy · metatarsal · osteotomy

Einleitung

Der Hallux valgus ist eine der häufigsten Pathologien in der Orthopädie. Ein wichtiger Bestandteil in der komplexen Ätiologie des Hallux valgus-Komplexes ist der Metatarsus primus varus [1]. Durch den vermehrt nach medial stehenden ersten Mittelfußknochen weicht die Großzehe im Grundgelenk nach lateral ab und das Metatarsale-I-Köpfchen wird an der Fußinnenseite konturgebend. Heute sind über 130 Operationstechniken zur Korrektur des Spreizfußes mit Hallux valgus bekannt. Diese werden in distale und proximale Osteotomien gegliedert [2]. Distale Metatarsal-Osteotomien sind wegen der geometrisch geringeren Korrekturmöglichkeit unzureichend, um einen schweren Metatarsus primus varus (IM-Winkel $> 15^\circ$) zu korrigieren [3]. Die heutzutage gängigsten proximalen Osteotomien sind die Crescentic- [4], die proximale Chevron- [5], die SCARF- [6], die Mau- [7], die Opening-wedge-Osteotomie sowie die Closing-wedge Osteotomie [8, 9]. Allerdings werden bei diesen Techniken in der Literatur Komplikationen wie Elevation und Verkürzung des ersten Strahles beschrieben. Durch die daraus resultierende unphysiologische Vorfußbelastung kann es zu einer Transfermetatarsalgie kommen [5, 10].

Ludloff et al. [11] präsentierten 1918 eine schräge Osteotomie ohne Fixation des Metatarsale I von dorso-proximal nach distal-plantar. Aufgrund unberechenbarer Resultate wie Verkürzung und Fehlheilung wurde diese Technik jedoch nicht lange angewandt. Mark Myerson [12] modifizierte diese originale Technik und präsentierte seine ersten Erfahrungen 1997 in Hawaii. Diese Modifikation mit stabiler Fixation und Rotation des dorsalen Fragments wurde mathematisch und biomechanisch von Nyska et al. [13] und Stamatis et al. [14] geprüft. Weitere biomechanische Studien bewiesen in Punkto Stabilität die Überlegenheit der Ludloff-Osteotomie gegenüber der Crescentic-Osteotomie, der proximalen Chevron-Osteotomie und anderen proximalen Osteotomien [15, 16]. Geringere dorsalflektierte Fehlheilungen mit geringeren Transfermetatarsalgie wurden erwartet. Die guten klinischen Resultate der modifizierten Ludloff-Osteotomie von Chiodo et al. [17] bestätigten diese Erwartung.

Mit der vorliegenden Studie wollen wir die klinischen und radiologischen Resultate gemäß den Richtlinien der AOFAS bewerten. Der HV-Winkel, der IM-Winkel sowie die Sesambeinluxation wurden statistisch mit dem Wilcoxon-Signed-Rank-Test ausgewertet. Der Einfluss des Alters (Knochenqualität) auf die Stabilität der Ludloff-Osteotomie wurde ebenfalls evaluiert.

Material und Methoden

Von September 1998 bis September 1999 wurden 81 Füße von 77 Patienten (72 weiblich, 5 männlich) in diese prospektive Studie inkludiert. 70 Füße (67 Patienten) standen für die Nachuntersuchung zur Verfügung. Ein Patient (1 Fuß) starb, 5 Patienten (5 Füße) konnten aufgrund unbekanntes Wohnsitzes und 4 Patienten (5 Füße) konnten krankheitsbedingt nicht an der Nachuntersuchung teilnehmen. Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum betrug 37 ± 6 Monate. Das Durchschnittsalter der 5 Männer und 62 Frauen zum Zeitpunkt der Operation war 56 Jahre (von 25 bis 78 Jahre).

Unsere Indikationen zur Ludloff-Osteotomie waren die schwere Hallux valgus-Deformität bei einem intermetatarsalen (IM)-Winkel von $18^\circ \pm 3^\circ$, Schuhkonflikt und Schmerzen trotz konservativer Behandlung. Die Osteotomien wurden von 3 verschiedenen erfahrenen Chirurgen durchgeführt. Um eine adäquate Korrektur des Hallux valgus (HV)-Winkels zu erreichen wurde bei 4 Patienten zusätzlich zur Ludloff-Osteotomie eine Akin-Osteotomie durchgeführt. 8 Metatarsalia wurden wegen Metatarsalgie und subluxiertem MTP-Gelenk mit einer zusätzlichen Weil-Osteotomie operiert (6-mal das Metatarsale II und 1-mal das Metatarsale II und III). 5 Köpfchenresektionen der proximalen Phalanx (3 am zweiten Zeh, 1 am zweiten und dritten Zeh) wurden wegen Hammerzehdeformitäten durchgeführt.

Präoperativ und bei der Nachuntersuchung wurden alle Patienten nach dem AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society) Forefoot- Metatarsophalangeal-Interphalangeal-Score ausgewertet. Dieser Score von Kitaoka et al. [18] erfasst im Vergleich zu vielen anderen Scores subjektive und objektive Faktoren mittels Punktwert, um die Funktion, die Beweglichkeit der Zehe, die Fußform und den Schmerz zu beschreiben.

Der Vorfußscore enthält eine maximale Gesamtpunktzahl von 100 Punkten, aufgeschlüsselt nach folgenden Parametern: Schmerz (40 Punkte), funktionelle Einschränkung (10 Punkte), Einschränkung bezüglich des Schuhwerks (10 Punkte), Reduktion der Beweglichkeit im Metatarsophalangealgelenk (= MTP-Gelenk) (10 Punkte) sowie im Interphalangealgelenk (5 Punkte), Stabilität im Metatarsophalangeal-Interphalangealgelenk (5 Punkte), Schwielenbildung medial des ersten Metatarsophalangealgelenks (5 Punkte) und Fußform (15 Punkte). Zusätzlich wurde die subjektive Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis mit sehr gut, gut, befriedigend oder nicht zufrieden evaluiert. Um die Korrektur des HV-Winkels, des IM-Winkels und der Sesambeinposition messen zu können, wurde der Fuß präoperativ, postoperativ und bei der Nachuntersuchung in dorsoplantar stehender Einstellung geröntgt (Abb. 1a–b).



Abb. 1a Dorsoplantares präoperatives Röntgenbild eines 53-jährigen Mannes. Sesambeinluxation Grad 3. (1) Intermetatarsalwinkel 16°, (2) Hallux valgus-Winkel 40°.

Abb. 1b Dorsoplantares Röntgenbild 2,5 Jahre nach erfolgreicher Ludloff-Osteotomie. Sesambeinluxation Grad 1. (1) Intermetatarsalwinkel 6°, (2) Hallux valgus-Winkel 14°. An der zweiten Zehe wurde eine diaphysäre Verkürzungsosteotomie durchgeführt.

Der Bewegungsumfang des MTP-I-Gelenkes, der IM-Winkel und der HV-Winkel wurden mittels eines anatomischen Winkelmessers gemäß den Richtlinien der AOFAS vermessen [19]. Die Referenzlinie für die IM-Winkelbestimmung führt durch das Zentrum des metatarsalen Kopfes sowie durch das Zentrum der Basis des Metarsale I. Die Sesamoidposition wurde nach Smith et al. [19] bestimmt (Abb. 2).

Als statistisches Testverfahren wurde der Wilcoxon-Signed-Rank-Test verwendet. Ein p-Wert unter 0,05 wurde als signifikant gewertet. Sämtliche statistische Berechnungen wurden mit der Graph PadPrism Software 4.0 durchgeführt (Firma: GraphPad Software).

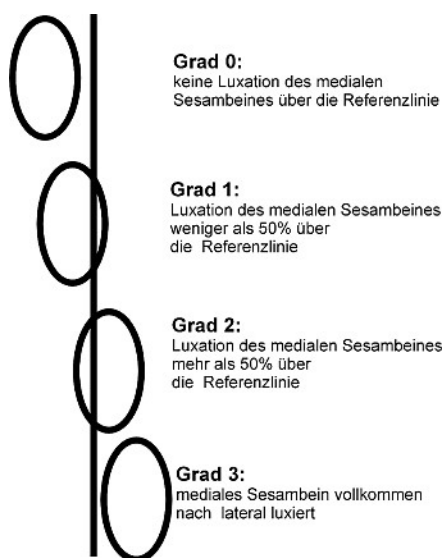


Abb. 2 Schematische Darstellung zur Evaluierung der Sesambeinluxation. Die Referenzlinie für den Sesambeinluxationsgrad führt durch das Zentrum des metatarsalen Kopfes sowie durch das Zentrum der Basis des Metarsale I.

Operative Technik

Als erster Schritt wird die laterale Weichteiltechnik durchgeführt. Der operative Zugangsweg erfolgt von dorsal über eine ca. 5 cm lange Hautinzision im ersten Intermetatarsalraum. Nach Präparation in die Tiefe wird der laterale Sesambeinapparat dargestellt und das metatarsosesamoidale Band mit der Klinge durchtrennt. Anschließend wird die laterale Gelenkkapsel vertikal inzidiert und die Großzehe manuell in eine 20° Varus-Position gebracht. Nun folgt die zweite Hautinzision an der medialen Seite des ersten MTP-Gelenks. Diese Inzision wird nach proximal in einer leicht geschwungenen Form bis zum ersten Metatarsocuneiforme-Gelenk verlängert. Die mediale MTP-Gelenkkapsel wird mittels einer umgekehrten L-förmigen Inzision eröffnet. Das Gelenk wird auf degenerative Veränderungen inspiziert. Anschließend wird der metatarsale Schaft exponiert. Zum Schutz der plantaren Gefäße, der Extensor hallucis longus-Sehne und des R. interosseus der A. dorsalis pedis werden Hohmann-Haken eingesetzt. Danach wird eine schräge Osteotomie von dorsal auf Höhe des ersten Metatarsocuneiforme-Gelenks nach distal zielend bis zum proximalen Sesamoidapparat durchgeführt. Zuerst erfolgen die dorsalen zwei Drittel der Osteotomie (Abb. 3a). Am proximalen Ende des dorsalen Fragments wird ein Führungsdraht für die 3,0 mm kanülierte Schraube (Firma Synthes) senkrecht zur Osteotomie gesetzt. Danach wird die Osteotomie distal beendet. Mit einer Klemme wird nun das plantare Fragment medialwärts gezogen und das dorsale Fragment mit Druck des Daumens nach lateral gedreht. Nach Erreichen der angestrebten Korrektur wird die dorsale Schraube angezogen und eine zweite kanülierte Schraube wird von plantar nach dorsal am distalen Teil der Osteotomie gesetzt. Danach wird die mediale Eminenz behutsam in einer Linie zum metatarsalen Schaft abgetragen (Abb. 3b-c).

Das Augenmerk wird nun der medialen Kapsel gewidmet. Ein Segment von ca. 5 mm vom kurzen Arm der L-förmigen Kapselinzision wird entfernt. Während der Assistent die Großzehe in leicht überkorrigierter Stellung hält, wird die mediale Kapselseite vernäht und die Subcutis adaptiert.

Nach den Hautnähten wird ein Kompressionsverband, welcher einerseits die Weichteilheilung schützt und andererseits die Großzehe in ihrer korrekten Position hält, angelegt. Danach wird die Osteotomie radiologisch kontrolliert. Von der intraoperativen Stabilität hängt ab, ob der Patient mit einem postoperativen Schuh (steife Sohle) oder mit einem Gehgips für 6 Wochen versorgt wird. Der erste Verbandwechsel erfolgt am zweiten postoperativen Tag, danach wöchentlich. Vollbelastung ohne postoperativen Schuh ist bei knöcherner Konsolidierung nach 6 Wochen erlaubt.

Ergebnisse

Nach durchschnittlich 37 ± 6 Monaten wurden 60% (42/70) der Füße mit sehr gut, 20% (14/70) mit gut, 16% (11/70) mit befriedigend und 4% (3/70) mit nicht zufrieden beurteilt. Bei den befriedigenden bis unzufriedenen Resultaten konnte zwar eine Schmerzlinderung erreicht werden, die gewünschte Korrektur der Hallux valgus-Fehlstellung konnte aber nicht immer erreicht

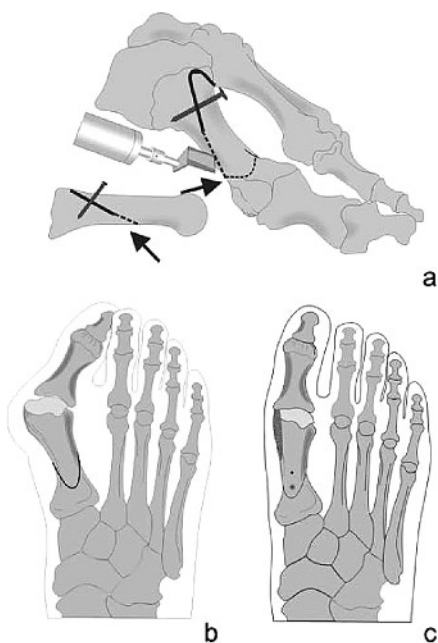


Abb. 3a Schema der Ludloff-Osteotomie. Nach Durchführung der schrägen Osteotomie der ersten zwei Drittel des proximalen Schaftes, wird der Führungsdraht für die Schrauben rechtwinklig zur Osteotomie gesetzt. Anschließend wird die Osteotomie beendet. Mit einer Klemme wird das plantare Fragment medialwärts gezogen und das dorsale Fragment mit Druck des Daumens nach lateral gedreht. Nach Erreichen der angestrebten Korrektur wird die dorsale Schraube gesetzt. Eine weitere Schraube fixiert den distalen Teil der Osteotomie von plantar nach dorsal.

Abb. 3b Schema der Ludloff-Osteotomie. Dorsoplantare Ansicht nach Durchführung der schrägen Osteotomie.

Abb. 3c Schema der Ludloff-Osteotomie. Korrigierte und fixierte Position des Metatarsale I. Der mediale Ballen wird in einer Linie mit dem metatarsalen Schaft abgetragen.

werden. In der befriedigenden Patientengruppe wurden 4 von 10 unzureichend korrigiert, in der unzufriedenen Patientengruppe waren alle 3 unzureichend korrigiert. 5 von 6 Patienten mit Hallux varus (2° , 8° , 8° , 10° und 13°) waren mit dem Ergebnis zufrieden. Ein Patient war unzufrieden (10° Varus) und wurde mit einer MTP-Arthrolyse versorgt. Zwei von drei Patienten berichteten bei der Nachuntersuchung über leichte Sensibilitätsstörungen im Bereich der Großzehe.

Der durchschnittliche präoperative AOFAS Forefoot-Score (max. 100 Punkte) war $55,2 \pm 15,2$ Punkte und verbesserte sich signifikant ($p < 0,0001$) auf $86,6 \pm 15,2$ Punkte beim Follow-up. Die AOFAS Schmerz-Subskala (max. 40 Punkte) zeigte eine signifikante ($p < 0,0001$) Verbesserung von präoperativ $20,2 \pm 9,6$ Punkten auf $37,3 \pm 5,7$ Punkte bei der Nachuntersuchung. Präoperativ hatten 100% (70/70) der untersuchten Füße Schmerzen über dem medialen Ballen des MTP-I-Gelenks. Bei der Nachuntersuchung waren 95% der Füße entweder schmerzfrei oder gaben nur einen geringfügigen Schmerz an. Im AOFAS-Score zeigte sich bei der Funktionsbeeinträchtigung eine signifikante Erhöhung von präoperativ $6,9 \pm 2,3$ Punkten auf $9,2 \pm 1,8$ Punkte bei der letzten Nachuntersuchung ($p < 0,0001$). Eine signifikante Verbesserung konnte bei der Schwielenbildung medial des ersten MTP-Gelenks erzielt werden ($p = 0,0002$). Präoperativ wurden $3,6 \pm 2,3$ Punkte erreicht,

bei der Nachuntersuchung $4,9 \pm 0,8$ Punkte. Bei den AOFAS Subskalen wie dem Schuhwerk, der metatarsophalangealen Beweglichkeit, der interphalangealen Beweglichkeit und der metatarso-interphalangealen Stabilität wurde kein signifikanter Unterschied zwischen dem präoperativen und dem Nachuntersuchungszeitpunkt erzielt. Zu einer signifikanten Verbesserung kam es wieder bei der Subskala des AOFAS Scores, welcher die Fußform beurteilt. Präoperativ wurden $1,8 \pm 3,4$ Punkte erreicht, nach 37 ± 6 Monaten $11,8 \pm 5,2$ Punkte. Der p-Wert ergab $p < 0,0001$ (Tab. 1).

Radiologisch zeigt sich eine signifikante Korrektur des HV-Winkels um durchschnittlich 25° ($p = 0,0001$). Präoperativ lag dieser bei $37^\circ \pm 8^\circ$ und bei der Nachuntersuchung bei $12^\circ \pm 11^\circ$. Der IM-Winkel zeigte $18^\circ \pm 2^\circ$ präoperativ und $8^\circ \pm 4^\circ$ bei der Nachuntersuchung, das entspricht einer Korrektur des intermetarsalen Winkels von 10° . Dieser Wert ist signifikant ($p = 0,0001$). Die Sesamoidposition konnte mit dieser Operation bei einer Skala von 0 bis 3 von präoperativ $2,8 \pm 0,4$ auf $0,9 \pm 0,8$ signifikant korrigiert werden ($p = 0,0003$) (Abb. 4). Bezüglich der Schafthalbierenden des Metatarsale I hatten präoperativ 100% (70/70) der Füße eine laterale Position des medialen Os sesamoidale (Position 2 und 3). Bei 79% (55/70) der Füße konnte diese Position auf Grad 0 und 1 korrigiert werden. 21% (15/70) der präoperativ mit 3 skalierten Sesamoidpositionen zeigten bei der Nachuntersuchung eine Position 2 auf.

Radiologische Ergebnisse

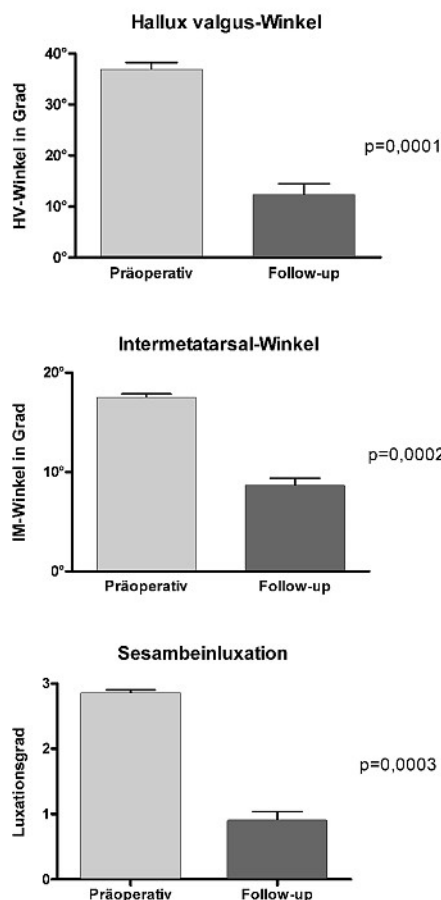


Abb. 4 Grafik über die radiologischen Ergebnisse der Ludloff-Osteotomie nach durchschnittlich 37 ± 6 Monaten.

Radiologisch zeigte sich nach 37 ± 6 Monaten bei allen nachuntersuchten Füßen (70/81) eine solide knöcherne Heilung. 11 Füße konnten wegen unbekanntem Wohnsitzes, Krankheit oder Tod nicht nachuntersucht werden. In 16% der nachuntersuchten Füße (11/70) präsentierte sich 6 Wochen postoperativ eine vermehrte Kallusformation im Bereich der Osteotomie. Dies wurde als Instabilität der Osteotomie interpretiert. 54% (6 dieser 11 Fälle) waren nach 6 Wochen radiologisch knöchern durchgebaut. Die restlichen 46% (5/11) wurden als verspäteter Durchbau interpretiert, was ein verlängertes Tragen des postoperativen Schuhs nach sich zog. Nach 8 Wochen zeigte sich bei allen Füßen eine vollständige knöcherne Konsolidierung und der postoperative Schuh konnte entfernt werden. Wegen intraoperativ schlechter Stabilität mussten 2 Füße mit einem Gips für 6 Wochen versorgt werden. Das Alter der weiblichen Patienten war 69 Jahre und 72 Jahre. Beide Füße waren nach 6 Wochen vollständig knöchern konsolidiert. In 2 Fällen mit verminderter Kallusformation war die Ausrichtung der Osteotomie zu senkrecht, weiters war kein adäquater Abstand zwischen den beiden Schrauben. Nach verlängertem Tragen des postoperativen Schuhs (8 Wochen) zeigte sich in beiden Fällen eine knöcherne Konsolidierung.

In der untersuchten Patientengruppe konnten folgende Komplikationen beobachtet werden. Bei 2/70 (3%) Füßen entstand eine oberflächliche Wundinfektion, welche erfolgreich mit Antibiotika behandelt wurden. Bei 2/70 (3%) wurde eine bestehende Sensibilitätsstörung angegeben. Eine Varus-Fehlstellung zeigte sich bei 6/70 (9%) Füßen (2° , 8° , 8° , 10° , 10° und 13°). Ein Hallux

rigidus entwickelte sich bei 2/70 (3%) Füßen. Bei beiden Füßen wurde eine Keller Brandes-Revision durchgeführt. Ein weiterer Patient (1%) stolperte ohne Tragen des postoperativen Schuhs über eine Stufe und es kam zu einem Schraubenbruch. Die Knochenfragmente wurden jedoch nicht verschoben und der Knochen zeigte nach verlängertem Tragen des postoperativen Schuhs (8 Wochen) einen soliden knöchernen Durchbau. Ein Patient (1%) musste sich aufgrund einer entstandenen Arthrose im Metatarsocuneiforme-I-Gelenk einer Lapidus-Arthrodese unterziehen. Bei einem weiteren Patienten (1%) musste eine prominente schmerzhaft Schraube entfernt werden.

Diskussion

Zahlreiche Operationsmethoden wurden in der einschlägigen Literatur zur Korrektur des schweren Spreizfuß mit schwerer Hallux valgus-Fehlstellung beschrieben. Die Reduktion des Metatarsus primus varus ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Korrektur des schweren Hallux valgus. Bei ein IM-Winkel größer als 15° haben sich aus rein mathematischen Berechnungen die proximalen Osteotomien durchgesetzt [3]. Dies konnten Nyska et al. [20] in einer drei-dimensionalen geometrischen Analyse an Metatarsal-Modellen bestätigen.

In der Literatur wurden sowohl über die proximale Chevron-Osteotomie [5, 21] als auch über die Crescentic-Osteotomie gute klinische Ergebnisse berichtet [21, 22]. Allerdings wurden auch Elevationen des ersten Strahles zwischen 9% und 28% beschrie-

Tab. 1 Klinische Daten von 70 Ludloff-Osteotomien mit einem Follow-up von 37 ± 6 Monaten

	<i>maximale Punkte</i>	<i>präoperativ</i>	<i>Follow-up nach 37 ± 6 Monaten</i>	<i>p-Wert*</i>	<i>Signifikanzniveau</i>
AOFAS Forfoot-Gesamt-Score	100	55,2 ± 15,2	86,6 ± 15,2	p < 0,0001	signifikant
Bereich		10 bis 83	44 bis 100		
AOFAS Score-Schmerz	40	20,2 ± 9,6	37,3 ± 5,7	p < 0,0001	signifikant
Bereich		0 bis 30	20 bis 40		
AOFAS Score-Funktion	10	6,9 ± 2,3	9,2 ± 1,8	p < 0,0001	signifikant
Bereich		0 bis 10	0 bis 10		
AOFAS Score-Schuhwerk	10	6,6 ± 2,4	7,4 ± 2,7	p = 0,0565	nicht signifikant
Bereich		5 bis 10	0 bis 10		
AOFAS Score-MTP-Beweglichkeit	10	6,7 ± 2,7	6,4 ± 3,3	p = 0,409	nicht signifikant
Bereich		0 bis 10	0 bis 10		
AOFAS Score-IP-Beweglichkeit	5	4,3 ± 1,7	4,5 ± 1,54	p = 0,5625	nicht signifikant
Bereich		0 bis 5	0 bis 5		
AOFAS Score-MTP-IP Stabilität	5	4,8 ± 1,0	4,9 ± 0,6	p = 0,375	nicht signifikant
Bereich		0 bis 5	0 bis 5		
AOFAS Score-Schwielenbildung	5	3,6 ± 2,3	4,9 ± 0,8	p = 0,0002	signifikant
Bereich		0 bis 5	0 bis 5		
AOFAS Score-Fußform	15	1,8 ± 3,4	11,8 ± 5,2	p < 0,0001	signifikant
Bereich		0 bis 8	0 bis 15		

* p-Wert < 0,05 wurde als signifikant gewertet. Berechnungen mittels Wilcoxon-Signed-Rank-Test (two-tailed)

American Orthopaedic Foot and Ankle Society

MTP = Metatarsophalangeal

IP = Interphalangeal

ben [23]. Durch diese Fehlheilung kommt es im Vorfußbereich zu einer unphysiologischen Druckverteilung mit daraus resultierenden Transfermetatarsalgien [5, 10].

Trnka et al. [16] und Nyska et al. [20] zeigten in ihren Arbeiten die biomechanischen und geometrischen Vorteile der Ludloff-Osteotomie gegenüber den gängigen proximalen Osteotomien. Jüngste biomechanische Studien von Acevedo et al. [15] und Lian et al. [24] weckten durch gute Ergebnisse wieder das Interesse für die modifizierte Ludloff-Osteotomie. Chiodo et al. [17] zeigten in ihrer klinischen Studie mit 70 Füßen nach durchschnittlich 30 Monaten folgende Ergebnisse: Verbesserung des AOFAS-Scores von präoperativ 54 Punkten auf 91 Punkte bei der Nachuntersuchung, Verbesserung des HV-Winkels von 31° auf 11° und des IM-Winkels von 16° auf 7°. Die klinische Studie von Saxena et al. [25] mit 14 Füßen zeigte korrelierende klinische und radiologische Resultate. Chiodo et al. [17] berichtete über 7% (5/70) asymptotische Kallusformationen unter dem zweiten MTP-Gelenk. Saxena et al. [25] berichtete über 7% (1/14) Transfermetatarsalgien im zweiten MTP-Gelenk. Cisar et al. [26] gaben lediglich an, dass bei ihren 72 Patienten (Nachuntersuchungszeitraum 6 Monate bis 2,5 Jahre) eine Verbesserung der Schmerzen unter dem zweiten und dritten Metatarsalköpfchen eintrat. Weitere Komplikationen bei Chiodo et al. [17] waren prominente Schrauben (7%), Hallux varus-Fehlstellungen (6%), verspätete knöcherne Konsolidierung (4%), oberflächliche Wundinfekte (6%) und Neuralgien (4%).

In unserer Serie fanden wir bei 4% (3/70) eine neu aufgetretene Transfermetatarsalgie im zweiten MTP-Gelenk. Bei weiteren 7% (5/70) fand sich eine asymptotische Kallusformation unter dem zweiten MTP-Gelenk und bei 1% (1/70) unter dem zweiten und dritten MTP-Gelenk. 67% der Füße mit asymptotischen Kallusformationen hatten bereits präoperativ eine Metatarsalgie. Von unseren 70 Füßen hatten 9% (6) eine Hallux varus-Fehlstellung (2°, 8°, 8°, 10°, 10° und 13°) nach 37 ± 6 Monaten. In der Literatur wird die Häufigkeit der Hallux varus-Fehlstellung nach einer Spreizfuß-Operation mit Hallux valgus-Deformität zwischen 4% und 13% angegeben [27]. Die Ursachen können exzessive mediale Kapselraffnähte, exzessives laterales Weichteil-Release, exzessives Abtragen der medialen Eminenz oder die Überkorrektur des IM-Winkels sein [28, 29]. Überkorrekturen des IM-Winkels konnten wir bei unseren Füßen ausschließen.

Als weitere Komplikation der Ludloff-Osteotomie sahen wir bei 16% der nachuntersuchten Füße (11/70) eine vermehrte Kallusformation im Bereich der Osteotomie. 46% (5/11) der Füße mit vermehrter Kallusbildung erwiesen sich als verspätete Knochenheilung. Das Durchschnittsalter der Patienten mit vermehrter Kallusformation war 67 Jahre (von 54 bis 78 Jahre). Bei den Patienten mit physiologischer Kallusformation war das Durchschnittsalter 53 Jahre (von 25 bis 60 Jahre). Die radiologischen Analysen deckten bei den Patienten mit vermehrter Kallusbildung einen vermehrten osteopenischen Knochen auf. Ein Zusammenhang zwischen knöcherner Kallusformation im Metatarsale I und Transfermetatarsalgie oder asymptotischer Kallusformation unter den Metatarsalköpfchen zwei und drei konnte nicht gesehen werden.

Unser gegenwärtiges Regime empfiehlt bei intraoperativ osteopenischem Knochen einen Gehgips für 6 Wochen. Bei den über 60-jährigen Patienten empfehlen wir einfachere Techniken zur Korrektur des Hallux valgus. Trotz geringer Korrekturmöglichkeit verwenden wir die distale Austin-Osteotomie [30], eventuell in Kombination mit einer Akin-Osteotomie [31], oder die SCARF-Osteotomie [6]. Unserer Meinung nach ist eine geringere Korrektur des Spreizfußes ohne schwerwiegende Komplikation besser als eine sehr gute Korrektur mit dem Risiko einer verlängerten Knochenheilung. Wichtig ist hier eine ausführliche Patientenaufklärung über die altersbedingt osteopenische Knochenheilung und die Korrekturmöglichkeiten der verschiedenen Osteotomien. Die distale Austin-Osteotomie sowie die SCARF-Osteotomie haben aufgrund der Metatarsalbreite eine eingeschränkte Korrekturmöglichkeit [20].

In Anbetracht der Information aus unserer Studie und den publizierten Ludloff-Studien [17, 25] ist diese Technik trotz der nicht stabilsten aber geometrisch besten Osteotomie [16] eine empfehlenswerte Operation zur Korrektur des schweren Spreizfuß mit Hallux valgus. Die Altersgrenze für die Ludloff-Technik sollte bei 60 Jahren festgesetzt werden.

Literatur

- Mann RA, Coughlin MJ. Hallux valgus – etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. *Clin Ortho Rel Res* 1981; ■■■: 31–41
- Helal B, Gupta SK, Gojasevi P. Surgery For Adolescent Hallux Valgus. *Acta Orthop Scand* 1974; 45: 271–295
- Kummer FJ. Mathematical analysis of first metatarsal osteotomies. *Foot Ankle* 1989; 9: 281–289
- Mann RA. Distal soft tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy for correction of hallux valgus deformity. *Orthopedics* 1990; 13: 1013–1018
- Sammarco GJ, Brainard BJ, Sammarco VJ. Bunion correction using proximal Chevron osteotomy. *Foot Ankle* 1993; 14: 8–14
- Barouk LS. New osteotomies in the forefoot and their therapeutic role. ■■■■ 1997; ■■■: 49–76
- Mau C, Lauber HJ. Die Behandlung des Hallux valgus. *Dtsch Z Ortho* 1926; 197: 361–377
- Schuberth JM, Reilly CH, Gudas CJ. The closing wedge osteotomy. A critical analysis of first metatarsal elevation. *J Am Podiatry Association* 1984; 74: 13–24
- Tangen O. Hallux valgus. The treatment by distal wedge osteotomy of the 1st metatarsal (Hohmann-Thomasen). *Acta Chir Scand* 1971; 137: 151–154
- Blatter G, Magerl F. [Osteotomy of the first ray in the treatment of hallux valgus]. *Ther Umsch* 1991; 48: 803–811
- Ludloff K. Die Beseitigung des Hallux valgus durch die schräge planta-dorsale Osteotomie des Metatarsus I. *Arch Klein Chir* 1918; 110: 364–387
- Myerson MS. The Ludloff Osteotomy. Joint meeting of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society and the Japanese Society for Surgery of the Foot. Hawaii, November 13–15, 1997
- Nyska M, Trnka HJ, Parks BG, Myerson MS. The Ludloff metatarsal osteotomy: guidelines for optimal correction based on a geometric analysis conducted on a sawbone model. *Foot Ankle Int* 2003; 24: 34–39
- Stamatis ED, Navid DO, Parks BG, Myerson MS. Strength of fixation of Ludloff metatarsal osteotomy utilizing three different types of Kirschner wires: a biomechanical study. *Foot Ankle Int* 2003; 24: 805–811
- Acevedo JI, Sammarco VJ, Boucher HR, Parks BG, Schon LC, Myerson MS. Mechanical comparison of cyclic loading in five different first metatarsal shaft osteotomies. *Foot Ankle Int* 2002; 23: 711–716
- Trnka HJ, Parks BG, Ivanic G, Chu IT, Easley ME, Schon LC, Myerson MS. Six first metatarsal shaft osteotomies: mechanical and immobilization comparisons. [In Process Citation]. *Clin Ortho Rel Res* 2000; ■■■: 256–265

- ¹⁷ Chiodo CP, Schon LC, Myerson MS. Clinical results with the Ludloff osteotomy for correction of adult hallux valgus. *Foot Ankle Int* 2004; 25: 532–536
- ¹⁸ Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical Rating Systems for the Ankle-Hindfoot, Midfoot, Hallux, and Lesser Toes. *Foot Ankle Int* 1994; 15: 349–353
- ¹⁹ Smith RW, Reynolds JC, Stewart MJ. Hallux valgus assessment: report of research committee of American Orthopaedic Foot and Ankle Society. *Foot Ankle* 1984; 5: 92–103
- ²⁰ Nyska M, Trnka HJ, Parks BG, Myerson MS. Proximal metatarsal osteotomies: a comparative geometric analysis conducted on sawbone models. *Foot Ankle Int* 2002; 23: 938–945
- ²¹ Easley ME, Kiezbak GM, Davis WH, Anderson RB. Prospective, randomized comparison of proximal crescentic and proximal chevron osteotomies for correction of hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int* 1996; 17: 307–316
- ²² Mann RA, Rudicel S, Graves SC. Repair of hallux valgus with a distal soft-tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy. A long-term follow-up. *J Bone Joint Surg [Am]* 1992; 74: 124–129
- ²³ Zettl R, Trnka HJ, Easley M, Salzer M, Ritschl P. Moderate to severe hallux valgus deformity: correction with proximal crescentic osteotomy and distal soft-tissue release [In Process Citation]. *Arch Orthop Trauma Surg* 2000; 120: 397–402
- ²⁴ Lian GJ, Markolf K, Cracchiolo IIIA. Strength of fixation constructs for basilar osteotomies of the first metatarsal. *Foot Ankle* 1992; 13: 509–514
- ²⁵ Saxena A, McCammon D. The Ludloff osteotomy: a critical analysis. *J Foot Ankle Surg* 1997; 36: 100–105
- ²⁶ Cisar J, Holz U, Jenninger W, Uhlig C. Die Osteotomie nach Ludloff bei der Hallux-valgus-Operation. *Aktuelle Traumatol* 1983; 13: 247–249
- ²⁷ Edelman RD. Iatrogenically induced hallux varus. *Clin Podiatr Med Surg* 1991; 8: 367–382
- ²⁸ Mills JA, Menelaus MB. Hallux varus. *J Bone Joint Surg [Br]* 1989; 71: 437–440
- ²⁹ Midkiff LC. Surgical hallux varus reduction. *J Am Pod Association* 1974; 64: 160–162
- ³⁰ Austin DW, Leventen EO. A new osteotomy for hallux valgus: a horizontally directed "V" displacement osteotomy of the metatarsal head for hallux valgus and primus varus. *Clin Ortho Rel Res* 1981; ■■: 25–30
- ³¹ Akin OF. The treatment of hallux valgus: A new operative procedure and its results. *Med Sentinel* 1925; 33: 678–679