

Die „Ludloff“-Osteotomie zur Korrektur der Hallux-valgus-Deformität

The Ludloff Osteotomy for Correction of Hallux Valgus

Jason Petroutsas, Hans-Jörg Trnka¹

Zusammenfassung

Operationsziel

Korrektur einer symptomatischen Hallux-valgus-Deformität.

Indikationen

Hallux-valgus-Deformitäten, die im Schuh hinderlich sind, einen Intermetatarsalwinkel $> 15^\circ$ aufweisen und bei welchen das Os metatarsale I eine ausreichende Breite hat.

Kontraindikationen

Hypermobilität des ersten Strahls.
Ausgeprägte Osteoporose.
Arthrose des Metatarsophalangealgelenks I.

Operationstechnik

Längsinzision im Intermetatarsalraum I–II, Durchtrennung des Ligamentum metatarsosessamoidale, Eröffnung der lateralen Gelenkkapsel des Metatarsophalangealgelenks I. Mediale Längsinzision über dem Os metatarsale I vom Os cuneiforme mediale bis zur proximalen Großzehengrundphalanx. Schräge Osteotomie an den proximalen zwei Dritteln des Os metatarsale I von proximal dorsal nach distal plantar und Schwenken des distalen Fragments nach lateral um einen zentral gelegenen Drehpunkt. Fixation mit einer kanülierten selbstschneidenden 3-mm-Schraube und einer BOLD-Schraube. Abtragung des Überstands, mediale Kapselraffung.

Ergebnisse

76 Füße wurden zwischen September 1998 und Oktober 1999 einer Ludloff-Osteotomie unterzogen. Die Patienten wurden nach 36 Monaten (24–56 Monate) klinisch und radiologisch untersucht. Der mittlere Intermetatarsalwinkel I–II konnte von 18° auf 9° reduziert werden, der Hallux-valgus-Winkel von durchschnittlich 37° auf 14° . 81% der Patienten beurteilten das Operationsergebnis als ausgezeich-

Abstract

Objective

Correction of a symptomatic hallux valgus deformity.

Indications

A hallux valgus deformity in which the intermetatarsal angle I–II exceeds 15° and the shaft of the first metatarsal is broad enough to allow a rotational osteotomy.

Contraindications

Hypermobility of the first ray.
Severe osteoporosis.
Degenerative arthritis of the first metatarsophalangeal joint.

Surgical Technique

Longitudinal incision over the first intermetatarsal space. Division of the metatarsosessamoid ligament together with the tendon of the adductor hallucis muscle. Opening of the lateral articular capsule of the first metatarsophalangeal joint allowing a tension-free realignment of the head of the first metatarsal with the sesamoids. Medial longitudinal incision along the first metatarsal starting over the medial cuneiform bone and ending at the proximal phalanx of the great toe. Oblique osteotomy of the proximal two thirds of the first metatarsal in a proximal dorsal to distal plantar direction and lateral rotation of the distal fragment around a proximally placed 3-mm AO screw. Additional fixation with one BOLD screw. Trimming of the protruding bone and of bunion. Medial metatarsophalangeal capsulorrhaphy.

Results

Between September 1998 and October 1999, 76 feet underwent a Ludloff osteotomy. Patients were followed up clinically and radiographically for 36 months (24–56 months). The mean hallux valgus angle was reduced from 37° to 14° and the mean intermetatarsal angle I–II from 18°

Operat Orthop Traumatol 2005;17:102–117
DOI 10.1007/s00064-005-1124-4

¹Fußzentrum an der Wiener Privatklinik, Wien, Österreich.

net oder gut, 95% beschrieben keinen oder nur gelegentlichen Schmerz.

Schlüsselwörter

Hallux valgus · Proximale Osteotomie · Ludloff · Fußfehlstellung

Vorbemerkungen

Bereits im Jahre 1974 beschrieben Helal et al. [3] 130 unterschiedliche Methoden zur Korrektur einer Hallux-valgus-Fehlstellung; mittlerweile sind es über 150. Bei einem Intermetatarsalwinkel $> 15^\circ$ erscheint jedoch aus rein mathematischen Überlegungen ein proximales Verfahren am Metatarsale I eindeutig von Vorteil zu sein [2, 12].

Der deutsche Chirurg Ludloff [5] beschrieb im Jahre 1913 eine metaphysiadiaphysäre Osteotomie. Die Methode wurde aufgrund mangelnder Fixationstechnik wieder verlassen. 1983 beschrieben Cisar et al. [1] die Technik nach Ludloff mit Schraubenosteosynthese. Myerson [8] entwickelte die Originaltechnik ohne Kenntnis dieser Arbeit zu einer standardisierten Operationsmethode weiter. Mit der Ludloff-Osteotomie ist die Aufhebung des Metatarsus primus varus und der lateralen Deviation der Großzehe möglich. Im Vergleich zur SCARF-Osteotomie [9, 10] handelt es sich um eine Osteotomie mit Rotation. Die Mau-Osteotomie [9, 10] ist zwar ebenfalls eine Rotationsosteotomie, durch ihre Schnittführung liegt das Rotationszentrum aber wesentlich distaler, wodurch bei starker Korrektur auch eine starke Verkürzung entsteht [10]. Die proximale bogenförmige Osteotomie nach Mann [6, 7] wäre in puncto Verkürzung und Korrektur der Ludloff-Osteotomie überlegen, biomechanische Studien [13] und klinische Erfahrungen [14] haben jedoch eine schlechtere Stabilität aufgezeigt.

Laut Mann [6, 7] wird eine Hallux-valgus-Fehlstellung bei einem Intermetatarsalwinkel $> 15^\circ$ als schwer eingeteilt (Abbildung 1). Die Ludloff-Osteotomie ist in unserem Behandlungskonzept für die Hallux-valgus-Fehlstellungen reserviert. Bei Bedarf können eine Verkürzung des Metatarsale I, eine Rotationskorrektur sowie – im Fall einer Extensionskontraktur – eine Plantarisierung erzielt werden. Die Anwendbarkeit der Methode hängt von der Breite des Os metatarsale I ab.

Eine Abweichung des distalen metatarsalen Artikulationswinkels (DMAA [„distal metatarsal articula-

to 9° . Using a four-point scale 81% of the patients were satisfied or very satisfied with the result of the operation. 95% of them felt no or very mild pain.

Key Words

Hallux valgus · Proximal osteotomy · Ludloff · Foot deformity

Introductory Remarks

Already in 1974 Helal et al. listed 130 different surgical techniques for the correction of a hallux valgus deformity [3]. During the ensuing years the number jumped to 150. Corrections can be done at the distal or proximal part of the first metatarsal. In instances where the intermetatarsal angle exceeds 15° , a correction at the proximal level seems advantageous for mathematical reasons [2, 12].

In 1913 the German surgeon Ludloff described a proximal metaphyseodiaphyseal osteotomy [5]. Subsequently, the method was abandoned on account of an inadequate technique of fragment fixation. Screw fixation of the fragments was added to the Ludloff technique by Cisar et al. in 1983 [1]. Myerson, being unaware of this publication, presented this technique in 1997 that since then has been accepted as a standard operating technique [8]. The Ludloff technique allows correction of a metatarsus primus varus as well as of a lateral deviation of the great toe. Contrary to the SCARF osteotomy it permits a rotational correction [9, 10]. Although the Mau osteotomy is also a rotational osteotomy, its more distal site leads to a marked shortening in instances where a pronounced correction becomes necessary [10]. The proximal dome-shaped osteotomy according to Mann seems superior to the Ludloff osteotomy in terms of shortening and correction [6, 7]. Biomechanical studies [13], however, as well as clinical experiences [14] have shown a lesser stability.

A hallux valgus deformity with an intermetatarsal angle $> 15^\circ$ is considered severe by Mann [6, 7] (Figure 1). In our opinion these malalignments should be corrected with the Ludloff osteotomy. If needed, a shortening of the first metatarsal can be added as well as a correction of rotation and, in instances of a contracture in extension, a plantar angulation. The indication for its use depends on the width of the first metatarsal.

A deviation of the distal metatarsal articulation angle (DMAA) from the norm cannot be altered by this

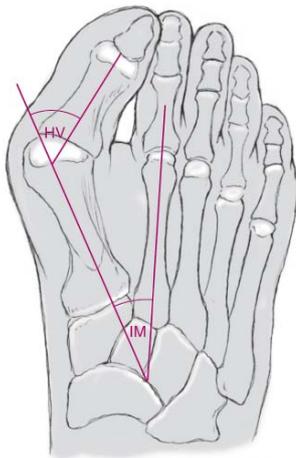


Abbildung 1

Der Hallux-valgus-Winkel (HV) ist jener Winkel, der durch die Längsachse des Metatarsale I und die Längsachse des Grundglieds I gekennzeichnet ist. Der Intermetatarsalwinkel (IM) wird durch die Längsachsen des Metatarsale I und II gebildet.

Figure 1

The hallux valgus angle (HV) is defined by the angle between the longitudinal axis of the first metatarsal and that of the proximal phalanx. The intermetatarsal angle (IM) is formed by the longitudinal axes of the first and second metatarsal.

tion angle⁴⁴]) von der Norm kann durch diese Osteotomie nicht beeinflusst werden. Der DMAA stellt einen Orientierungswinkel der distalen Gelenkfläche des Metatarsale I in Bezug auf seine Längsachse dar (Abbildung 2). Der Normbereich liegt zwischen 0 und 6°.

Bei Inkongruenz im Metatarsophalangealgelenk I muss eine subkapitale Metatarsalosteotomie hinzugefügt werden. Bei dieser Fehlstellung reicht die ossäre Korrektur jedoch nicht aus. Die lateralen Weichteile müssen auf Höhe des Metatarsophalangealgelenks I zusätzlich abgelöst und die medialen Kapselbandstrukturen gerafft werden.

Operationsprinzip und -ziel

Korrektur einer symptomatischen Hallux-valgus-Deformität. Über einen medialen Zugang schräge, proximale metaphysiadiaphysäre Osteotomie. Die beiden Fragmente werden um einen proximalen Drehpunkt rotiert, und die Fehlstellung wird so stufenlos korrigiert [9–11]. Fixierung durch zwei senkrecht zur Osteotomieebene gesetzte Spongiosaschrauben [13].

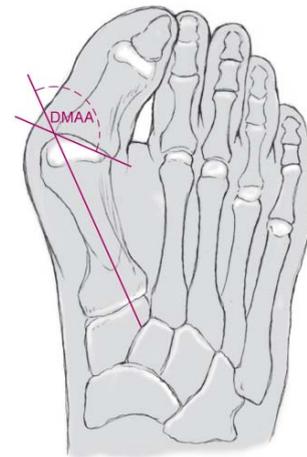


Abbildung 2

Der distale metatarsale Artikulationswinkel (DMAA [„distal metatarsal articular angle“]) wird durch die Längsachse des Metatarsale I und eine durch das mediale und laterale Ende des Knorpelüberzugs am Metatarsalköpfchen gelegte Linie gebildet

Figure 2

The distal metatarsal articular angle (DMAA) is formed by the longitudinal axis of the first metatarsal and a line connecting the medial and lateral osteocartilaginous junctions of the first metatarsal head.

osteotomy. The DMAA is defined as the angle of distal articular surface of the first metatarsal in relation to the longitudinal axis of the first metatarsal (Figure 2). Normal values vary between 0 and 6°.

In the presence of an incongruence of the first metatarsophalangeal joint a subcapital metatarsal osteotomy must be added. A bony correction alone is not sufficient to correct this malalignment; the lateral soft tissues must be released at the level of the first metatarsophalangeal joint and a double breasting of the medial capsuloligamentous structures added.

Surgical Principles and Objective

Correction of a symptomatic hallux valgus deformity. Oblique proximal metaphyseodiaphyseal osteotomy through a medial approach. Rotation of both fragments around a proximal center of rotation for stepless correction of the deformity [9–11]. Internal fixation with two cancellous bone screws inserted perpendicular to the plane of osteotomy [13].

Vorteile

- Große Korrekturmöglichkeit.
- Möglichkeit, in zwei Ebenen zu korrigieren.
- Ausreichende Stabilität durch breitflächigen Kontakt spongiöser Flächen.
- Technisch einfacher als andere proximale Osteotomien.
- Kleineres Risiko von Elevationsfehlstellungen als bei anderen proximalen Verfahren.

Nachteile

- Kein Einfluss auf den DMAA; bei starker Abweichung von der Norm ist eine zusätzliche subkapitale Osteotomie notwendig.

Indikationen

- Schmerzhaftes Hallux-valgus-Deformität.
- Konservative Verfahren (weitere Schuhe, Einlagen) ohne Erfolg.
- Intermetatarsalwinkel $> 15^\circ$.

Kontraindikationen

- Osteoporose wegen möglicher Instabilität der Osteosynthese und der Gefahr einer Schaftfraktur.
- Instabilität im medialen metatarsokuneiformen Gelenk.
- Sehr schmales Metatarsale I, da dann keine genügende Schwenkung möglich ist.
- Ältere Patienten mit geringem Anspruch, die sich mit einem nicht optimalen Ergebnis bei einfacheren Techniken zufrieden geben.
- Klinisch manifeste Arthrose im Großzehengrundgelenk, da dann die Beseitigung der Gelenkschmerzen im Vordergrund steht.

Patientenaufklärung

- Allgemeine Operationsrisiken.
- Vollbelastung des operierten Fußes in einem Vorfußentlastungsschuh für 6 Wochen.
- Bei instabiler Osteosynthese Unterschenkelgipsverband für 4–6 Wochen.
- Bewegungstherapie im ersten Metatarsophalangealgelenk.
- Schwellneigung des Fußes mehrere Monate postoperativ.
- Verzögerte knöcherne Heilung bei Rauchern.
- Korrekturverlust oder Überkorrektur in Varusstellung möglich.
- Gefahr des Implantatbruchs.
- Thromboserisiko.

Advantages

- Possibility of extensive correction.
- Possible correction in two planes.
- Adequate stability thanks to large cancellous bone contact surfaces.
- Technically easier than other proximal osteotomies.
- Smaller risks of malalignments in extension than with other proximal procedures.

Disadvantages

- Impossibility of correcting a DMAA. If the angle is considerable, an additional subcapital osteotomy must be added.

Indications

- Symptomatic hallux valgus deformity.
- Failure of conservative measures such as larger shoes, orthoses.
- Intermetatarsal angle $> 15^\circ$.

Contraindications

- Osteoporosis, decreasing the stability of internal fixation and increasing the risk of a shaft fracture.
- Instability of the medial cuneiform-metatarsal joint.
- Slender first metatarsal not allowing sufficient correction.
- Older patients with lower demands who will be satisfied with a nonoptimal result achieved by simpler techniques.
- Clinically evident osteoarthritis of the first metatarsophalangeal joint, as the relief from symptoms takes precedence.

Patient Information

- Usual surgical risks.
- Full weight bearing in a special shoe which relieves all weight from the forefoot for 6 weeks.
- If stability of internal fixation is questionable: below-knee walking cast for 6 weeks.
- Tendency to swelling lasting several months postoperatively.
- Delayed bony consolidation in smokers.
- Risk of loss of correction or of overcorrection in varus.
- Risk of implant breakage.
- Risk of thrombophlebitis.
- Risk of hypo- or dysesthesia over first ray, as occurring in all surgical corrections of hallux valgus.
- Implant removal only in instances of complaints.

- Hyp- oder Dysästhesien des ersten Strahls wie bei allen Halluxoperationen möglich.
- Schraubenentfernung nur bei Beschwerden.

Operationsvorbereitungen

- Röntgenaufnahmen des Vorfußes dorsoplantar und seitlich stehend.
- Zeichnerische Planung der Osteotomie und des gewünschten Ergebnisses. Eine minimale spongiöse Kontaktfläche der Fragmente nach der Schwenkung sollte erhalten bleiben, da sonst die Schraubenosteosynthese unmöglich wird.
- Bei inadäquat erhöhtem DMAA (wenn nach der Korrektur am Metatarsale die Gelenkfläche nach lateral geneigt ist) sollte eine subkapitale zuklappende Osteotomie in die Planung einbezogen werden. Durch die Verschiebung des dorsalen Fragments kann es nämlich zu einer Verstärkung der Inkongruenz am Metatarsophalangealgelenk kommen.

Instrumentarium und Implantate

- Fußinstrumentarium.
- Bohrmaschine mit Schnellspannfutter für die Kirschner-Drähte.
- Oszillierende Säge mit 5 und 10 mm breiten Sägeblättern (MicroAire SmartDriver, DARCO [Europe] GmbH, Gewerbegebiet 18, 82399 Raisting; Sägeblatt: 0,4 mm dick, verwendbare Sägelänge 25,5 mm, Blattbreite 9,4 mm).
- Selbstschneidende kanülierte 3,0-mm-AO-Schrauben aus Titan mit entsprechendem Instrumentarium.
- Doppelgewindeschraube, z.B. BOLD-Schraube (NewDeal, 31, rue de la Convention, 38200 Vienne, Frankreich).

Anästhesie und Lagerung

- Sedativum.
- „Knöchelleitungsblock“ mit 20 ml 1%igem Xylocain® (Lidocain) und 0,5%igem Carbostesin® (Bupivacain) in einer Mischung von 1 : 1 zur Anästhesie der Nervus tibialis, der Nervi peronei superficialis und profundus.
- Rückenlage.
- Unter das Knie der zu operierenden Extremität kann eine Rolle gelegt werden.
- Meist keine Blutsperre erforderlich, um die postoperative Schwellung und Blutung zu vermindern; sonst supramalleolares Tourniquet ausreichend.
- Desinfektion und steriles Abdecken bis über die Knöchel für die Anlage der Leitungsanästhesie.
- Eine Antibiotikaprophylaxe wird nicht routinemäßig durchgeführt.

Preoperative Work Up

- Posteroanterior and lateral standing radiographs of forefoot.
- Drawing of osteotomy and desired position of correction. A minimal cancellous bone contact area should be preserved after correction, as otherwise a screw fixation becomes impossible.
- If the DMAA is unacceptably increased (after correction of the metatarsus the articular surface is slanted laterally), a subcapital osteotomy should be included in the surgical planning. A displacement of the dorsal fragment can lead to an increase of the incongruence of metatarsophalangeal joint.

Surgical Instruments and Implants

- Foot set.
- Drill with rapid release for Kirschner wires.
- Oscillating saw with 5 and 10 mm broad saw blades (MicroAire Smart Driver, DARCO [Europe], Gewerbegebiet 18, 82399 Raisting, Germany).
- Self-tapping cannulated 3.0-mm AO titanium screws with corresponding instruments.
- Double-thread screws such as BOLD screw (New Deal, 31 rue de la Convention, 38200 Vienne, France).

Anesthesia and Positioning

- Sedation.
- Ankle block using a 20-ml 1 : 1 mixture of 1% Xylocaine® (lidocaine) and 0.5% Carbostesin® (bupivacaine) for anesthesia of the tibial nerve, the superficial and deep peroneal nerves.
- Supine.
- Roll of towels under the ipsilateral knee.
- A tourniquet is usually not necessary. Its omission helps to decrease the postoperative swelling and bleeding. If used, a supramalleolar tourniquet is sufficient.
- Prepping and draping proximal to the ankle to allow setting of nerve block.
- A routine antibiotic administration is not done.

Operationstechnik

Abbildungen 3 bis 18

Abbildung 3

Etwa 4 cm langer dorsaler Längsschnitt, beginnend distal der Interdigitalfalte I-II.

Figure 3

Dorsal longitudinal incision, approximately 4 cm in length, starting at the web space I-II.

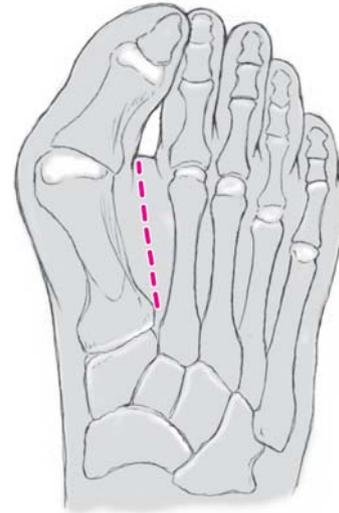


Abbildung 4

Darstellung der dorsalen Faszie, die längs inzidiert wird. Erweiterung mit einer Schere parallel zum Hautschnitt.

Figure 4

Exposure of the dorsal aponeurosis that is incised longitudinally. Spreading of the tissues with a pair of scissors parallel to the skin incision.

Dorsale Faszie
Dorsal aponeurosis

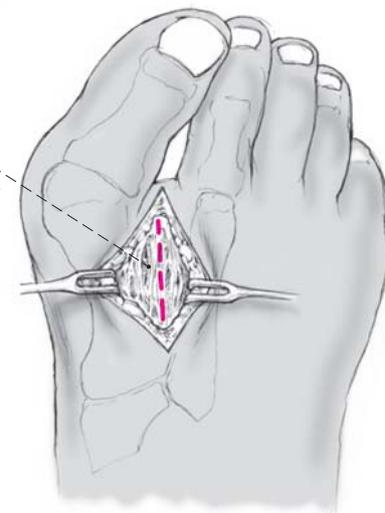


Abbildung 5

Aufsuchen des fibularen Sesamoids durch „Abtasten“ mit dem Rücken des Skalpell von plantar. Im Vergleich zu den umgebenden Weichteilen fühlt man dort einen größeren Widerstand. Am oberen Rand des Sesambeins wird das Ligamentum metatarsosesamoidale durchtrennt.

Figure 5

Localization of the fibular sesamoid with the help of the back of the scalpel blade placed on the plantar side of the foot. In comparison with the softer surrounding tissues a hard resistance is felt. The metatarsosesamoid ligament is detached at the dorsal border of the sesamoid.

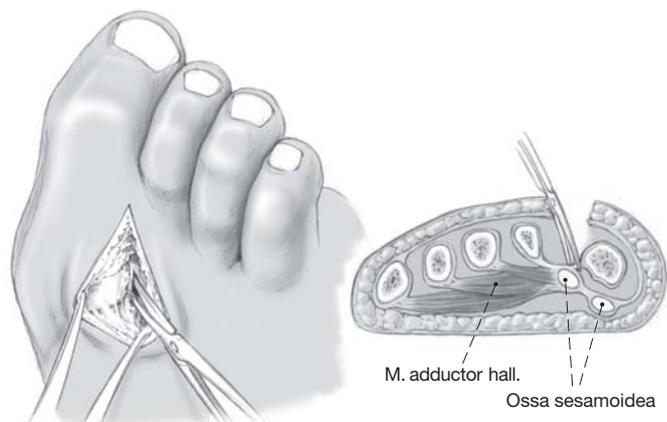


Abbildung 6

Die Sehne des Musculus adductor hallucis wird an ihrem Ansatz an der lateralen Basis der proximalen Phalanx der Großzehe durchtrennt und von ihren Weichteiladhäsionen scharf befreit. Es folgt eine Inzision der lateralen Gelenkkapsel des Großzehengrundgelenks. Bei kontrakten Weichteilen kann man die Schere geschlossen von lateral in die Gelenkspalte einführen und dann spreizen. So werden weniger mächtige, jedoch störende Adhäsionen durchtrennt. Dabei ist darauf zu achten, dass plantarwärts die Sehne des Musculus flexor hallucis brevis geschont wird.

Figure 6

The tendon of the adductor of the great toe is detached from its insertion into lateral border of the base of the proximal phalanx and sharply freed from all soft-tissue adhesions. Incision of the lateral capsule of the first metatarsophalangeal joint. In the presence of a contracture a closed pair of scissors can be introduced into the joint space and then spread. In this way minor adhesions contributing to the contracture can be severed. Care must be taken not to injure the tendon of short flexor of the great toe.

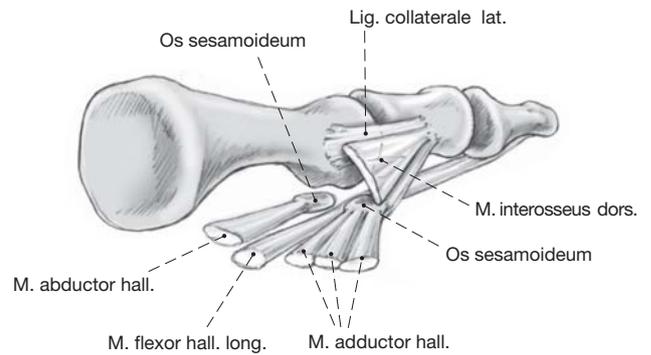


Abbildung 7

Der Hallux wird manuell in seine ursprüngliche Lage reponiert. Dabei setzt der Operateur seinen Daumen auf die Pseudoexostose, die dann als Hypomochlion wirkt, und versucht, die Großzehe 20° zu varisieren. Bei diesem Versuch sollte festgestellt werden, ob die vorhergehende Abtrennung der lateralen Weichteile ausgiebig genug war, um den Zug nach lateral tatsächlich aufzuheben. Wenn das nicht der Fall ist, muss man die Kapselinzision erweitern und die Sehne des Musculus extensor hallucis brevis durchtrennen. Es handelt sich um einen sehr wichtigen Operationsschritt, da eine unvollständige Lösung der lateralen Weichteile mit großer Wahrscheinlichkeit zu einem Rezidiv führen wird.

Figure 7

Manual realignment of the great toe. The surgeon places his thumb on the bunion and forces the great toe with his index finger in a position of 20° of varus. This maneuver will reveal whether the preceding freeing of lateral soft tissues has been sufficient to offset the pull to the lateral side. If this has not been achieved, the incision of the capsule must be extended and the tendon of the short extensor of the great toe divided. This is a very important step, as an insufficient freeing of the lateral soft tissues carries a high risk of recurrence.



Abbildung 8

Zwei Nähte werden mit einer möglichst starken, runden und kurzen Bassini-Nadel in den Intermetatarsalraum I-II gesetzt, um eine Narbenbildung zu fördern und so beim Aufheben des Spreizfußes zu helfen. Dabei stechen wir hintereinander die proximale Gelenkkapsel, die freiliegende Adduktorensehne und das Periost des Os metatarsale II. Die Fäden werden zunächst mit einer Moskitoklemme gehalten, ohne geknüpft zu werden, und erst nach der ossären Korrektur geknüpft.

Figure 8

Using a strong, curved, and short Bassini needle two sutures are placed in the intermetatarsal space I-II. This provokes the formation of a scar tissue and thus contributes to a reduction of the splayfoot. The sutures are placed successively into the proximal joint capsule, the exposed adductor tendon, and the periosteum of second metatarsal. The sutures are grasped with a mosquito clamp but not tied. Tying is only done after the bony correction.

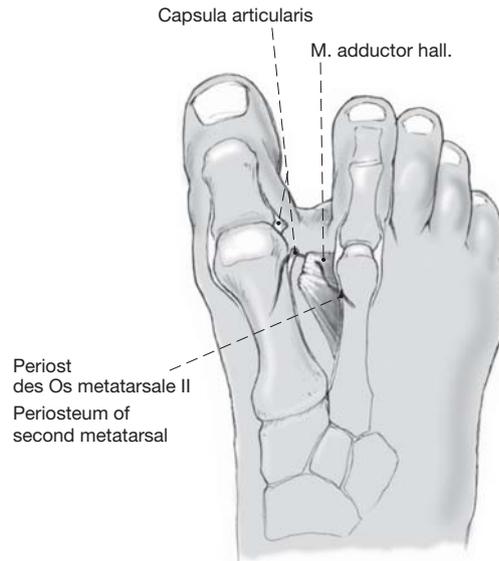


Abbildung 9

Der Patient wird aufgefordert das Bein außenrotiert so auf den Operationstisch aufzulegen, dass die mediale Fußfläche zur Darstellung kommt. Ein medialer, leicht gebogener Längsschnitt, der kurz proximal des Tarsometatarsalgelenks I beginnt und bis 1 cm distal des Metatarsophalangealgelenks I reicht, wird angelegt.

Figure 9

The patient is now asked to rotate his/her leg externally and place the foot in such a way that its medial aspect comes into view. Medial, slightly curved incision starting proximal to the tarsometatarsal joint and ending 1 cm distal to the first metatarsophalangeal joint.

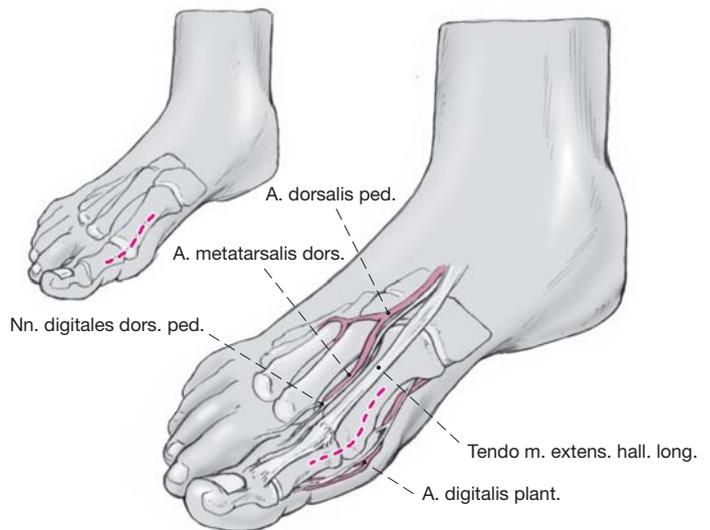


Abbildung 10

Darstellung und L-förmige Eröffnung der Gelenkkapsel. Der horizontale Schenkel liegt über der Mitte des Caput ossis metatarsalis I unter Schonung der dorsalen und plantaren sensiblen Nervenäste. Die Inzision wird nach proximal entlang der Mittellinie des Os metatarsale I bis zum Tarsometatarsalgelenk I fortgesetzt. Der vertikale Schenkel befindet sich knapp distal des Metatarsophalangealgelenks I, plantar des Längsschnitts. Subperiostale Freilegung des ersten Mittelfußknochens, wobei der plantare subkapitale Ansatz der Kapsel geschont wird, um die Blutversorgung des Köpfchens nicht zu gefährden.

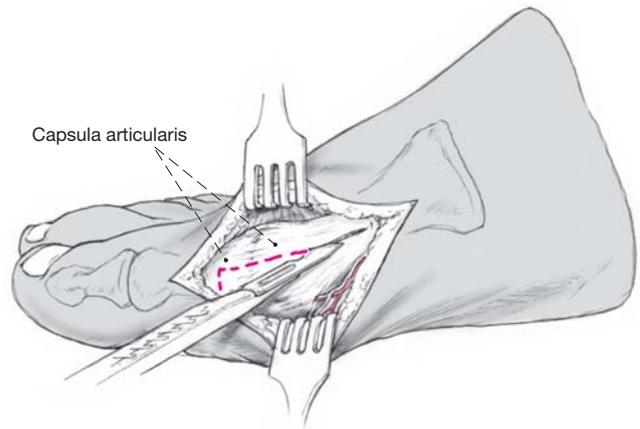


Figure 10

Exposure and L-shaped incision of the joint capsule. The longitudinal leg of the incision lies over the mid part of the metatarsal head; care must be taken not to injure the dorsal and plantar sensible branches. This incision is carried along the midline of the first metatarsal up to the tarsometatarsal joint. The dorsoplantar leg of the incision lies just distal to the metatarsophalangeal joint; it is directed plantarward. Subperiosteal exposure of the first metatarsal. Care must be taken to protect the plantar subcapital capsular insertion to avoid any interference with the blood supply to the metatarsal head.

Abbildung 11

Positionierung eines Kirschner-Drahts in der proximalen Diaphyse des Os metatarsale I, der als Orientierung für die Osteotomie dient. Dabei sollte die Richtung eine Neigung von ungefähr 10° von dorsal medial nach plantar lateral aufweisen. Aufsetzen des Fußes in „Pseudobelastungsstellung“ auf den Tisch, um die Lage des Drahts zu kontrollieren und evtl. nach-zukorrigieren. Nur so kann seine Orientierung korrekt beurteilt werden.

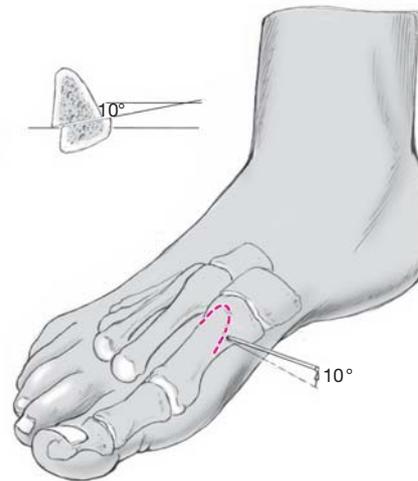


Figure 11

Insertion of a Kirschner wire into the proximal diaphysis of the first metatarsal; it serves as an orientation for the osteotomy. It is placed at an angle of 10° in a direction from dorso-medial to plantar-lateral. To check the proper position of the wire, the foot is placed in a position of weight bearing. A re-orientation of the wire may become necessary. This is the only way to ascertain the proper wire position.

Abbildung 12

Aufsetzen der Ludloff-Lehre (NewDeal) auf den Orientierungsdraht und Durchsägen des Knochens mit der oszillierenden Säge. Die Osteotomie ist von dorsal proximal in Höhe des Tarsometatarsalgelenks bis distal plantar 1 cm proximal des Metatarsalköpfchens gelegt. Nach lateral plantar wird 10° eingeneigt. Plantar schneidet man noch nicht ganz durch. Während der Osteotomie sollte ein Hohmann-Hebel dem lateralen Kortex gut anliegen, um die unmittelbar lateral davon anliegende Arteria dorsalis metatarsalis medialis zu schonen.

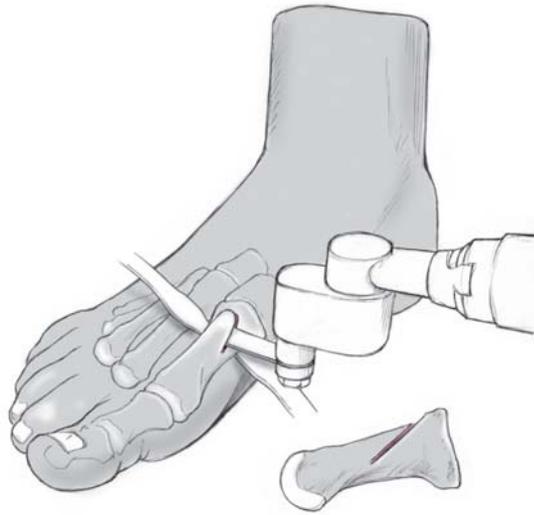


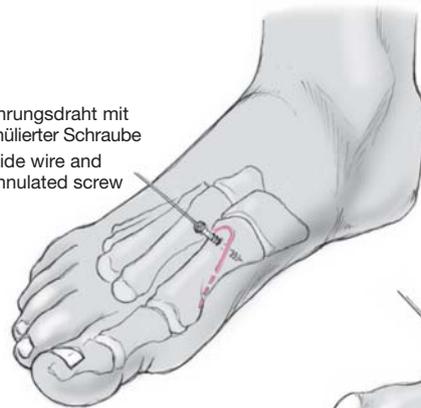
Figure 12

Placement of the Ludloff template (NewDeal) over the guide wire and division of the bone with the oscillating saw. The osteotomy starts at the level of the tarsometatarsal joint and goes from dorsal and proximal to distal and plantar ending 1 cm short of the metatarsal head. The saw blade is angulated in a lateral and plantar plane by 10°. The plantar cortex is kept intact for the time being. During osteotomy a Hohmann retractor must be inserted around the lateral cortex to protect the medial dorsal metatarsal artery lying just lateral to the first metatarsal.

Abbildung 13

Entfernen des Orientierungsdrahts. Ein Führungsdraht für die 3,0-mm-Schraube mit Teilgewinde wird senkrecht zur Osteotomieebene von dorsal nach plantar eingebohrt. Die Schraube wird darüber gesetzt, aber noch nicht ganz fest gezogen.

Führungsdraht mit kanülierter Schraube
Guide wire and cannulated screw



Kanülierte 3-mm-Schraube über Führungsdraht
3-mm cannulated screw inserted over guide wire

Figure 13

Removal of the guide wire. Placement of another guide wire from dorsal to plantar for screw insertion perpendicular to the plane of osteotomy. The screw is driven over the wire but not tightened.

Abbildung 14

Die Osteotomie kann jetzt plantar vervollständigt werden. Schwenken des dorsalen Fragments nach lateral um die Achse der gesetzten Schraube. Das plantare Fragment wird dabei mit einer scharfen Tuchklemme nach medial gezogen, das dorsale Fragment mit dem Daumen nach lateral gedrückt. Das richtige Ausmaß der Rotation wird durch interdigitale Palpation zwischen Metatarsalköpfchen I und II kontrolliert.

Figure 14

The osteotomy is now completed at the plantar side. The dorsal fragment is rotated laterally around the axis of the screw. During this maneuver the plantar fragment is pulled medially with a towel clip and the dorsal fragment pushed with the thumb laterally. The correct degree of rotation is checked by interdigital palpation between the metatarsal heads I and II.

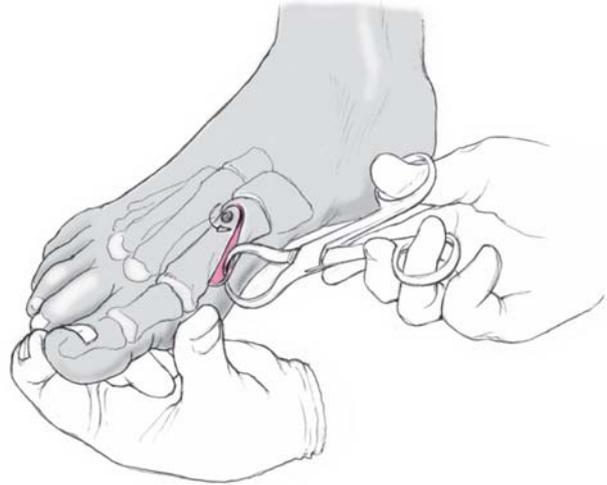


Abbildung 15

Nach Erreichen der erwünschten Verschiebung Festziehen der proximalen Schraube; danach sollte die Fixation stabil erscheinen. Zur Rotationsstabilität Einbringen einer BOLD-Schraube distal und parallel zur ersten, von plantar nach dorsal.

Figure 15

Once the desired displacement has been obtained, the proximal screw is tightened. This should result in a stable fixation. To obtain a rotational stability, a BOLD screw is inserted from plantar, distal and parallel to the first one.

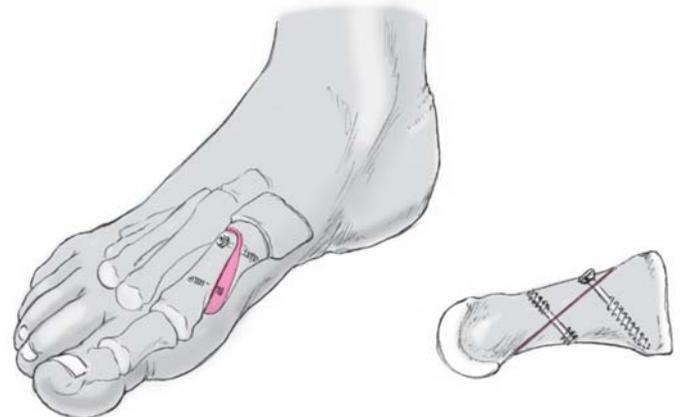


Abbildung 16

Absägen des medialen knöchernen Überstands.

Figure 16

Trimming of bone protruding medially with an oscillating saw.

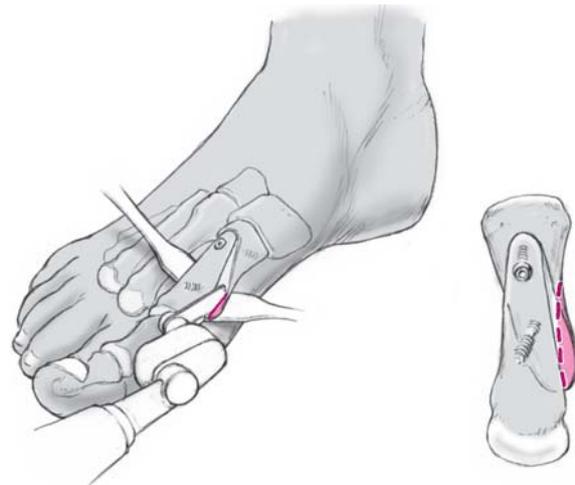


Abbildung 17

Mediale Raffung der Gelenkkapsel durch eine U-Naht am horizontalen Schenkel, während die Großzehe in der gewünschten Korrektur gehalten wird. Der vertikale Anteil der Kapselinzision wird nur optional genäht. Einbringen eines Mini-Redovac, Verschluss der Subkutis. Hautnähte mit nicht resorbierbarem Material. Trockene Wundabdeckung ohne Abduktionsverband an der Großzehe, da sonst die Gefahr einer Überkorrektur besteht.

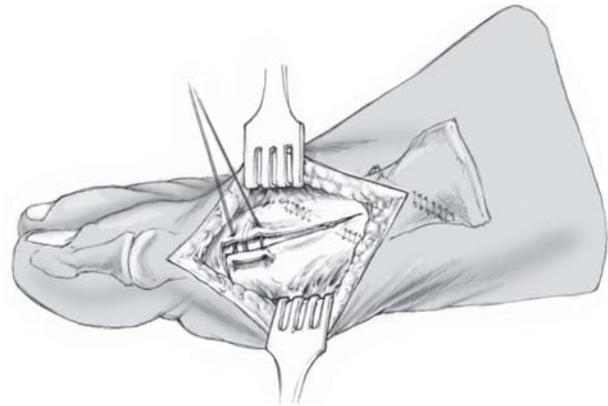


Figure 17

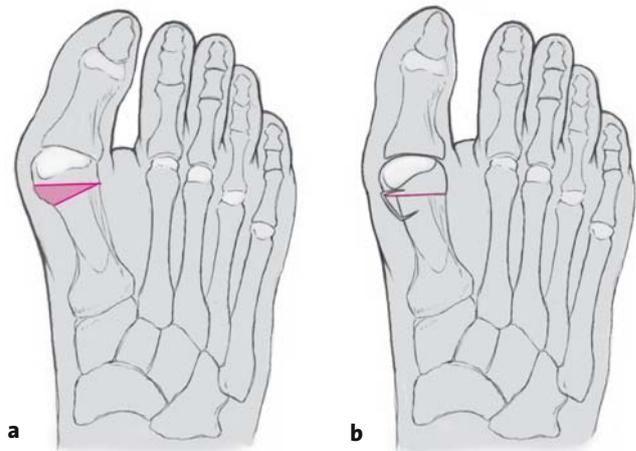
Medial capsulorrhaphy with U-stitches while keeping the great toe in the desired position. Suture of the vertical leg of the incision is optional. Insertion of a mini suction drain, subcutaneous suture, skin suture with nonresorbable threads. Dry wound dressing, no abduction bandage given the risk of overcorrection.

Besonderheiten

Abbildungen 18a und 18b

Bei erhöhtem DMAA ist eine zuklappende Osteotomie am Metatarsalköpfchen notwendig. Hierfür werden proximal der Sesambeine unter Bildwandlerkontrolle zwei Bohrdrähte in das Metatarsale von medial nach lateral eingebracht. Der distale Draht liegt parallel zur Gelenkfläche des Großzehengrundgelenks, der proximale ist in einem Winkel von 90° zur Längsachse des Metatarsale ausgerichtet. Die Drähte sollten sich medial der lateralen Kortikalis des Metatarsale treffen (a). Nun erfolgt eine Osteotomie innerhalb der beiden Drähte, ohne die laterale Kortikalis zu perforieren. Nach Entnahme des Keils wird die Osteotomie geschlossen, wobei die laterale Kortikalis unter Erhaltung des Periosts gebrochen wird. Die Osteotomie wird mit einer Schraube oder einem Stapel fixiert (b).

Special Considerations



Figures 18a and 18b

If the DMAA is excessive, a closing wedge osteotomy of the metatarsal head must be done. Under image intensification two Kirschner wires are inserted into the metatarsal proximal to the sesamoids from medial. The distal wire lies parallel to the surface of the first metatarsophalangeal joint. The proximal one is inserted perpendicular to the long axis of the metatarsal. The wires should meet medial to the lateral cortex (a). Osteotomy in planes given by the wires on the side facing each other without perforating the lateral cortex. Removal of the bony wedge and closing of the gap. During this maneuver the lateral cortex is broken but the periosteum preserved intact. Fixation of the osteotomy with a screw or a staple (b).

Postoperative Behandlung

- Mobilisation des Patienten mit einem Vorfußentlastungsschuh (z.B. Darco-Ortho-Wedge) ab dem 1. postoperativen Tag (Abbildung 19).
- Leichte aktive und passive Bewegungsübungen des Hallux.
- Entfernung der Drainage und erste Röntgenkontrolle am 1. postoperativen Tag.
- Verbandswechsel in 3-tägigen Abständen und Entfernung des Nahtmaterials am 12. postoperativen Tag.
- Zu diesem Zeitpunkt sollte die Beweglichkeit am Metatarsophalangealgelenk I die Hälfte der Gegenseite betragen. Anderenfalls wird Physiotherapie angeordnet, um postoperativen periartikulären Adhäsionen vorzubeugen. Außerdem bekommt der Patient einen Hallux-Strumpf (Abbildung 20; Ofa Bamberg GmbH, Medizinische Erzeugnisse, 96052 Bamberg), der für einen weiteren Monat getragen wird.

Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Fraktur des dorsalen Fragments des Os metatarsale I bei zu frühzeitiger Belastung: Osteosynthese entsprechend der Fraktur.
- Fissur im dorsalen Fragment: Je nach Bedarf kann die Schraube mit Beilagscheibe eingesetzt, eine dritte Schraube verwendet und zusätzlich ein Gipsverband angelegt werden.
- Überkorrektur: Reverse Chevron-Osteotomie oder Arthrodesese des Metatarsophalangealgelenks I.
- Überkorrektur des DMAA, die zur Inkongruenz des ersten Metatarsophalangealgelenks geführt hat: Subkapitale Korrekturosteotomie.
- Infektion: Antibiotikatherapie nach Antibiogramm, evtl. Débridement.

Ergebnisse

Von 84 Füßen, die im Zeitraum vom September 1998 bis Oktober 1999 einer Ludloff-Osteotomie unterzogen wurden (79 Frauen, fünf Männer), konnten 76 für durchschnittlich 36 Monate (24–56 Monate) klinisch und radiologisch weiterverfolgt werden. Ein Patient war verstorben, sieben weitere unauffindbar.

Das Durchschnittsalter zur Zeit der Operation betrug 54 Jahre (25–77 Jahre). Der durchschnittliche Intermetatarsalwinkel I–II konnte von 18° auf 9° und der durchschnittliche Hallux-valgus-Winkel von 37° auf 14° reduziert werden (Abbildungen 21a bis 21d). In 15 Fällen trat eine vermehrte Kallusbildung auf (Abbildung 22), bei sechs dieser Patienten stellten wir eine

Abbildung 19

Vorfußentlastungsschuh.

Figure 19

Special shoe relieving all weight from the forefoot.



Abbildung 20

Hallux-Strumpf mit Spreizfußverband.

Figure 20

Hallux stocking with splayfoot bandage.



Postoperative Management

- Mobilization of patient with a special shoe relieving all weight from the forefoot such as the Darco-Ortho-Wedge starting on day 1 (Figure 19).
- Light active and passive exercises of great toe.
- Removal of drain and first radiograph on day 1.
- Dressing change every 3 days and pulling of stitches on day 12.
- At this time point the range of motion of the first metatarsophalangeal joint should be half of that of the opposite joint. If not, physiotherapy is prescribed to forestall the formation of postoperative periarticular adhesions. Moreover, a hallux stocking (Figure 20; Ofa Bamberg, 96052 Bamberg, Germany) is prescribed; it should be worn for an additional month.

Errors, Hazards, Complications

- Fracture of the dorsal fragment of the first metatarsal in instances of too early weight bearing; internal fixation, the kind depending on the fracture type.
- Crack in the dorsal fragment: depending on the findings, either use of a screw with washer, fixation with a third screw or a walking cast.



Abbildungen 21a bis 21d

- a) 60-jährige Patientin präoperativ. Hallux-valgus-Winkel von 35°, Intermetatarsalwinkel von 18°.
- b) 3 Jahre postoperativ. Hallux-valgus-Winkel von 8°, Intermetatarsalwinkel von 7°.
- c) Seitliche Aufnahme.
- d) Klinisches Bild 3 Jahre postoperativ.

Figures 21a to 21d

- a) 60-year-old woman, preoperative status. Hallux valgus angle of 35°, intermetatarsal angle of 18°.
- b) 3 years postoperatively. Hallux valgus angle of 8°, intermetatarsal angle of 7°.
- c) Lateral view.
- d) Clinical aspect 3 years postoperatively.

Abbildung 22

Kugellcallus 6 Wochen nach der Operation.

Figure 22

Globular callus 6 weeks postoperatively.



- Overcorrection: reverse Chevron osteotomy or metatarsophalangeal arthrodesis.
- Overcorrection of DMAA causing an incongruence of the joint: subcapital corrective osteotomy.
- Infection: antibiotic therapy based on sensitivity test. Debridement, if necessary.

Results

Between September 1998 and October 1999, we performed 84 Ludloff osteotomies (79 women, five men). After an average of 36 months (24–56 months) 76 feet could be examined clinically and radiologically. One patient had passed away, and seven could not be reached.

The average age at the time of surgery was 54 years (25–77 years). The intermetatarsal angle I–II could be improved from 18° preoperatively to 9° postoperatively and the hallux valgus angle from 37° to 14° (Figure 21). In 15 patients we observed an excessive callus formation (Figure 22) and in six of them a delayed consolidation of the osteotomy. A superficial infection was noted in two patients; they received antibiotics orally for 5 days. Besides an objective physical follow-up examination the patients were asked to fill in a questionnaire. The average Hallux Metatarsophalangeal Interphalangeal Scale (HMIS; Table 1) [4] im-

verzögerte Konsolidierung der Osteotomie fest. Zwei weitere Patienten erlitten eine oberflächliche Infektion und wurden 5 Tage mit oralen Antibiotika behandelt. Neben der objektiven körperlichen Nachuntersuchung wurden die Patienten aufgefordert, einen Fragebogen auszufüllen. Der durchschnittliche HMIS („Hallux Metatarsophalangeal Interphalangeal Scale“, Tabelle 1) [4] stieg von 52 präoperativ auf 88 postoperativ. Die Patientenzufriedenheit wurde mit

Tabelle 1

HMIS („Hallux Metatarsophalangeal Interphalangeal Scale“) [4].

Schmerz (40 Punkte)	
• Kein	40
• Gelegentlich, wenig	30
• Täglich, mäßig	20
• Dauernd, stark	10
Funktion (45 Punkte)	
Aktivitätsbehinderung	
• Keine Behinderung	10
• Keine Behinderung im Berufsleben, Behinderung bei Freizeitaktivitäten	7
• Behinderung in Alltag und Freizeit	4
• Starke Behinderung in Alltag und Freizeit	0
Schuhversorgung	
• Modische Schuhe, keine Einlagen	10
• Bequeme Schuhe, Einlagen	5
• Orthopädische Schuhe	0
MTP-Beweglichkeit (Extension und Flexion)	
• Normal oder leicht eingeschränkt ($\geq 75^\circ$)	10
• Mäßig eingeschränkt ($30-74^\circ$)	5
• Stark eingeschränkt ($< 30^\circ$)	0
IP-Gelenk-Beweglichkeit (Plantarflexion)	
• Keine Einschränkung	5
• Stark eingeschränkt ($< 10^\circ$)	0
MTP-IP-Stabilität (alle Ebenen)	
• Stabil	5
• Instabil oder luxierbar	0
Kallus am Hallux oder IP-Gelenk	
• Keine oder asymptotische Kallusformation	5
• Kallus symptomatisch	0
Fußstellung (15 Punkte)	
• Gut, Hallux gut ausgerichtet	15
• Mäßig, Fehlstellung ohne Symptome	8
• Schlecht, offensichtlich symptomatische Fehlstellung	0

einer viergradigen Skala evaluiert, nach der 61% der Patienten das Operationsergebnis mit ausgezeichnet und weitere 20% mit gut bewerteten. Entsprechend der Schmerzangabe im HMIS waren 80% der Patienten schmerzfrei, und 15% klagten lediglich über leichten Schmerz. Das ästhetische Ergebnis aus Sicht der Patienten wurde in 60% der Fälle als ausgezeichnet, in 23% als gut, in 13% als befriedigend und in 4% als schlecht bezeichnet.

Table 1

Hallux Metatarsophalangeal Interphalangeal Scale (100 points total) [4].

Pain (40 points)	
• None	40
• Mild, occasional	30
• Moderate, daily	20
• Severe, almost always present	10
Function (45 points)	
Activity limitations	
• No limitations	10
• No limitation of daily activities, such as employment responsibilities, limitation of recreational activities	7
• Limited daily and recreational activities	4
• Severe limitation of daily and recreational activities	0
Footwear requirements	
• Fashionable, conventional shoes, no insert required	10
• Comfort footwear, shoe insert	5
• Modified shoes or brace	0
MTP joint motion (dorsiflexion plus plantar flexion)	
• Normal or mild restriction ($\geq 75^\circ$)	10
• Moderate restriction ($30-74^\circ$)	5
• Severe restriction ($< 30^\circ$)	0
IP joint motion (plantar flexion)	
• No restriction	5
• Severe restriction ($< 10^\circ$)	0
MTP-IP stability (all directions)	
• Stable	5
• Definitely unstable or able to dislocate	0
Callus related to hallux MTP-IP	
• No callus or asymptomatic callus	5
• Callus, symptomatic	0
Alignment (15 points)	
• Good, hallux well aligned	15
• Fair, some degree of hallux malalignment observed, no symptoms	8
• Poor, obvious symptomatic malalignment	0

proved from 52 preoperatively to 88 points postoperatively. The patients' satisfaction was assessed with the help of a four-grade score: 61% of the patients judged the result as excellent and 20% as good. In respect to pain assessed with the HMIS 80% of the patients were pain-free and 15% reported mild pain. As judged by the patients the cosmetic result was estimated as being excellent in 60%, good in 23%, satisfactory in 13%, and poor in 4%.

Literatur – References

1. Cisar J, Holz U, Jenninger W, et al. [Ludloff's osteotomy in hallux valgus surgery.] *Akt Traumatol* 1983;13:247–9.
2. Harper MC. Correction of metatarsus primus varus with the Chevron metatarsal osteotomy. An analysis of corrective factors. *Clin Orthop* 1989;253:180–98.
3. Helal B, Gupta SK, Gojaseni P. Surgery for adolescent hallux valgus. *Acta Orthop Scand* 1974;45:271–95.
4. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, et al. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int* 1994;15:349–53.
5. Ludloff K. Die Beseitigung des Hallux valgus durch die schräge plantar-dorsale Osteotomie des Metatarsus I. *Arch Klin Chir* 1918;110:364–87.
6. Mann RA. Bunion surgery: decision making. *Orthopedics* 1990;13:951–7.
7. Mann RA, Coughlin MJ. Hallux valgus – etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. *Clin Orthop* 1981;157:31–41.
8. 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.
9. Nyska M. Principles of first metatarsal osteotomies. *Foot Ankle Clin* 2001;6:399–408.
10. Nyska M, Trnka HJ, Parks BG, et al. Proximal metatarsal osteotomies: a comparative geometric analysis conducted on sawbone models. *Foot Ankle Int* 2002;23:938–45.
11. Nyska M, Trnka HJ, Parks BG, et al. The Ludloff metatarsal osteotomy: guidelines for optimal correction based on a geometric analysis conducted on a sawbone model. *Foot Ankle Int* 2002;24:34–9.
12. Sarrafian SK. A method of predicting the degree of functional correction of the metatarsus primus varus with a distal lateral displacement osteotomy in hallux valgus. *Foot Ankle* 1995;5:322–6.
13. Trnka HJ, Parks BG, Ivanic G, et al. Six first metatarsal shaft osteotomies: mechanical and immobilization comparisons. *Clin Orthop* 2000;381:256–65.
14. Zettl R, Trnka HJ, Easley M, et al. Moderate to severe hallux valgus deformity: correction with proximal crescentic osteotomy and distal soft-tissue release. *Arch Orthop Trauma Surg* 2000;120:397–402.

Korrespondenzanschrift – Address for Correspondence

Univ.-Doz. Dr. Hans-Jörg Trnka
Mariannengasse 14/1/2
A-1090 Wien
Telefon (+43/1) 40180-7010, Fax -7033
E-Mail: hans4hallux@fusszentrum.at