

R. Biedermann¹

Hallux valgus-Chirurgie

Verfahren, Technik, Komplikationsvermeidung

Hallux valgus surgery

Surgical procedure, technique and avoidance of complications

Zusammenfassung: Die moderne Therapie des Hallux valgus basiert auf einer Einteilung der Schweregrade der Deformität anhand von dorsoplantaren und seitlichen Röntgenaufnahmen des betroffenen Fußes unter Belastung. Grundlage nahezu jedes Korrekturingriffs ist der distale Weichteileingriff, welcher die Reposition der Sesambeinchen ermöglicht. Dieser ist jedoch als alleiniger Eingriff meist unzureichend, weshalb die Kombination mit einer knöchernen Korrektur zu empfehlen ist. Proximale Osteotomien haben hierbei das größere Korrekturpotenzial. Bei milden Deformitäten mit einem Hallux valgus-Winkel (HVA) bis 19° und einem Intermetatarsalwinkel (IMA) bis 13° werden meist distale Osteotomien am Metatarsale (z.B. Chevron-Osteotomie) durchgeführt. Für moderate Deformitäten (HVA 20°–40°, IMA 14°–20°) stellen diaphysäre Osteotomien (z.B. Scarf, Ludloff-Osteotomie) die geeigneten Verfahren dar. Bei schweren Deformitäten (HVA > 40°, IMA > 20°) können von erfahrenen Chirurgen noch diaphysäre Osteotomien eingesetzt werden, ansonsten basisnahe Osteotomien oder ggf. eine Lapidus-Arthrodesis. Besonderes Augenmerk ist auf den distalen Gelenkflächenwinkel (DMAA) zu legen, welcher beim juvenilen Hallux valgus signifikant größer ist als beim Hallux valgus des Erwachsenen. Pathologische DMAAs sind bei proximalen operativen Verfahren ggf. durch eine zweite, distal rotierende Osteotomie (Doppelosteotomie) oder bei Wahl einer diaphysären Osteotomie durch eine Rotation des distalen Fragments zu korrigieren. Die Akin-Osteotomie ist das geeignete Verfahren zur Korrektur eines Hallux valgus interphalangaeus. Bei ausgeprägten Deformitäten bzw. nach fehlgeschlagenen Korrekturingriffen kann durch eine Arthrodesis noch ein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden.

Schlüsselwörter: Hallux valgus, Chevron, Scarf, Ludloff, Basisosteotomie, Großzehengrundgelenk Arthrodesis

Zitierweise

Biedermann R. Hallux valgus-Chirurgie. Verfahren, Technik, Komplikationsvermeidung.

OUP 2014; 4: 172–177. DOI 10.3238/oup.2014.0172–0177

Summary: Modern surgical treatment of hallux valgus is based on radiological assessment of the deformity in standing a/p and lateral x-rays of the foot. The distal soft tissue procedure is an important part of valgus deformity correction and enables reduction of the sesamoids. It is however not the complete answer and combination with a bony procedure that is recommended. Proximal osteotomies allow a greater correction than distal osteotomies. Most surgeons choose a V-shaped Chevron-osteotomy for mild deformities with a hallux valgus angle (HVA) up to 19° and a intermetatarsal angle (IMA) to 13°. Diaphyseal osteotomies (e.g. Scarf-osteotomy, Ludloff-osteotomy) are recommended for moderate deformities (HVA 20° to 40°, IMA 14° to 20°). Severe deformities (HVA > 40°, IMA > 20°) can be corrected with diaphyseal osteotomies performed by experienced surgeons or with basal osteotomies and with a Lapidus arthrodesis respectively. Correction of the distal metatarsal articular angle (DMAA) which is significantly larger in juvenile hallux valgus deformity is crucial for satisfying results, if necessary in combination with a second rotational osteotomy (double osteotomy). Interphalangeal hallux valgus can be corrected with the Akin-Osteotomy. First metatarsophalangeal joint arthrodesis is indicated for hallux valgus in severe or neuropathic deformities and as a salvage procedure following failed surgery.

Key words: Hallux valgus, Chevron, Scarf, Ludloff, basal osteotomy, first metatarsophalangeal joint arthrodesis

Citation

Biedermann R. Hallux valgus surgery. Surgical procedure, technique and avoidance of complications.

OUP 2014; 4: 172–177. DOI 10.3238/oup.2014.0172–0177

¹ Universitätsklinik für Orthopädie, Innsbruck



Abbildung 1 Belastete dorsoplantare (d/p) Röntgenaufnahme des Fußes zur präoperativen Beurteilung des Ausmaßes der Deformität. Der Hallux valgus-Winkel (HVA, normal $< 15^\circ$) wird zwischen der Schaftachse des ersten Metatarsale und der Schaftachse der proximalen Phalange gemessen. Der Intermetatarsalwinkel (IMA, normal $< 9^\circ$) liegt zwischen den Schaftachsen des ersten und zweiten Metatarsale. Der distale metatarsale Gelenkflächenwinkel (DMAA, gestrichelte Linie, normal $< 10^\circ$) ist der Winkel zwischen der distalen Gelenkfläche und der Normalen auf die Schaftachse des ersten Metatarsale. Der Interphalangealwinkel liegt zwischen den Längsachsen der proximalen und distalen Phalange.

Epidemiologie und Pathogenese

Die Valgusstellung der Großzehe stellt eine der häufigsten Deformitäten am Skelettapparat dar. So gaben 28,4 % von über 13.000 befragten Erwachsenen über 30 Jahren an, an einem Hallux valgus zu leiden, wobei eine Assoziation mit Alter, weiblichem Geschlecht, rheumatischen Erkrankungen sowie Arthroseleiden bestand [1]. Pathogenetisch sind eine Reihe



Abbildung 2a-b Zustand nach Chevron-Osteotomie mit Rezidiv Hallux valgus-Fehlstellung aufgrund einer ungenügenden Korrektur des DMAA (2a). Zustand nach derotierender Scarf-Osteotomie und Korrektur des DMAA in den Normbereich (2b).

extrinsischer sowie intrinsischer Ursachen bekannt, die bei jedem Patienten unterschiedliche Einflüsse auf die Entstehung der Deformität haben. Die Kenntnis der jeweiligen Ursachen erlaubt einen wissenschaftlicheren Zugang zur Pathogenese und eine maßgeschneiderte Therapie für den jeweiligen Patienten [2]. Zu den extrinsischen Ursachen gehört neben starker Gewichtsbelastung das Tragen von zu kleinem und fersenerhöhtem Schuhwerk, welches dem westlichen Schönheitsideal und damit der gängigen Schuhmode entspricht.

In einer Studie an 858 österreichischen Kindern im Vorschulalter zeigte sich nur bei 23,9 % eine gerade Zehenstellung, 88,8 % trugen zu kleine Hausschuhe und 69,4 % zu kleine Straßenschuhe, wobei eine signifikante Relation zwischen dem Hallux valgus-Winkel und der Schuhgröße bestand [3]. Dabei trifft die Schuld hier nur teilweise den Schuhkäufer, sondern vor allem die Produzenten, da nur bei weniger als 10 % der Schuhe die angegebene Schuhgröße mit der In-

nenschuhgröße übereinstimmt. Den Schuh als ursächlichen Faktor bestätigen auch die Erfahrungen aus Japan, wo vor der Öffnung des Landes zur westlichen Welt derartige Deformitäten nicht vorhanden waren, sich aber die Anzahl der fußchirurgischen Eingriffen seit dem 2. Weltkrieg in einer rasanten Entwicklung den Zahlen westlicher Länder angeglichen hat.

Die bekannten prädisponierenden intrinsischen Faktoren sind neben genetischen wie z.B. Bandlaxizität vor allem biomechanische Faktoren, die eine Medialverschiebung des ersten Zehenstrahls mit Pronation des Metatarsaleköpfchens sowie eine Verschiebung der Sesambeinchen und der einwirkenden Muskelzüge nach lateral bedingen. Auch die Assoziation zwischen Metatarsus primus varus und Hallux valgus wurde mehrfach beschrieben, ist aber nach wie vor in Diskussion, ob sie als Ursache oder als Effekt des Hallux valgus anzusehen ist. Beim Plattfuß führt eine vermehrte Druckbelastung am Metatarsaleköpfchen zu einer Hyper-

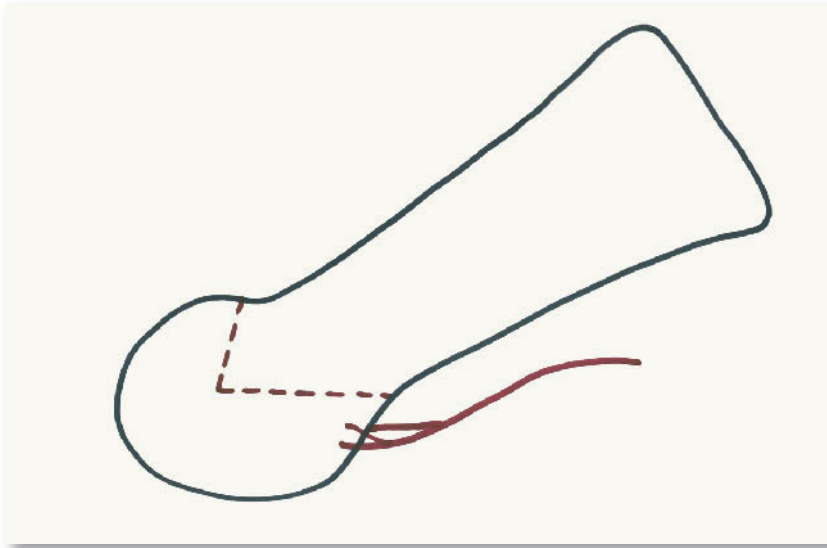


Abbildung 3 Die empfohlene Schnittführung von lateral aus gesehen bei der modifizierten Chevron-Osteotomie (gestrichelte rote Linie) zur Schonung der plantar einstrahlenden Gefäße für die Blutversorgung des Metatarsaleköpfchens.

mobilität des ersten Zehenstrahls und durch den pronatorischen Effekt des Rückfußvalgus zu einer vermehrten Belastung des medialen Rands der Großzehe während des Abrollvorgangs. Eine primäre Achillessehnenverkürzung beim Spitzfuß bedingt einen vergleichbaren Effekt.

Durch die Lateralisation der Sesambeinchen aufgrund der Medialisierung des Metatarsaleköpfchens kommt das mediale Sesambein lateral des Sulcus zu liegen, der für seine Führung bestimmt ist. Das laterale Sesambein artikuliert mit der lateralen Seite des Metatarsaleköpfchens im ersten Intermetatarsalraum. Die Sehnen des Flexor und des Extensor hallucis longus ziehen lateral am Kopf vorbei und fungieren so als Adduktoren, welche zur Deformität beitragen. Der Adductor hallucis und der laterale Kopf des Flexor hallucis brevis verstärken dies und werden mit der Zeit kontrakt, ebenso wie die laterale Gelenkkapsel. Der Abductor hallucis und der mediale Kopf des Flexor hallucis brevis verlieren ebenso ihr Abduktionsmoment. Die sich daraus ergebende Imbalance bedingt eine Dorsiflexion und Pronation der Großzehe, woraus eine Verringerung des Bodendrucks unter dem Großzehenballen mit Insuffizienz des ersten Zehenstrahls und Überlastung der angrenzenden Zehenstrahlen entsteht. In weiterer Folge resultiert eine Hammerzehenformität der zweiten Zehe mit Subluxation im Metatarso-Phalangealgelenk [4].

Einteilung des Hallux valgus

Seit der von Keller [5] und Brandes [6] Anfang des 20. Jahrhunderts favorisierten Resektionsarthroplastik wurden über 130 verschiedene Eingriffe zur Korrektur von Fehlstellungen des ersten Zehenstrahls beschrieben [4]. Die differenzierte Betrachtungsweise der Deformität brachte eine Einschränkung des Einsatzspektrums der jeweiligen Verfahren mit sich und erfordert eine Berücksichtigung des Arthrosegrads sowie der Winkelstellung des ersten Mittelfußknochens bei der Indikationsstellung (s. Abb. 1). Mehrere Autoren schlugen daher Algorithmen zur Wahl des geeigneten operativen Verfahrens vor [4, 7, 8], welche bereits auch Eingang in die Gutachtenerstellung bei Schadenersatzforderungen nach unzureichender Hallux valgus-Korrektur gefunden haben. Das Ausmaß der Hallux valgus-Deformität wird üblicherweise anhand des Hallux valgus-Winkels (HVA) und dem Intermetatarsalwinkel (IMA) in 3 Schweregrade eingeteilt:

- mild (HVA bis 19°, IMA bis 13°);
- moderat (HVA 20°–40°, IMA 14°–20°);
- schwer (HVA > 40°, IMA > 20°).

Die Kongruenz im ersten Metatarsophalangealgelenk ist dabei zu beachten.

Die Interobserver-Reliabilität (Reproduzierbarkeit) bei der Bestimmung dieser Werte unterscheidet sich erheblich zwischen den gemessenen Winkeln und zeigt den größten Korrelationskoeffizien-

ten für den Hallux valgus-Winkel sowie den geringsten für die Messung des distalen Gelenkflächenwinkels (DMAA) [9]. Andererseits wurde die signifikante Korrelation zwischen dem DMAA und dem Rotationswinkel der Sesambeinchen nachgewiesen [9]; und die Korrektur des DMAA ist – ebenso wie die Reposition der Sesambeinchen unter das Metatarsaleköpfchen – eine Minimalforderung zur Vorbeugung eines Hallux valgus-Rezidivs (vgl. Abb. 2a und 2b). Darüber hinaus ist das Längenverhältnis des ersten zum zweiten Metatarsale (Metatarsaleindex) zu beachten, und die Richtung der jeweiligen Korrekturosteotomie (Verlängerung/Verkürzung/neutral) zur Vorbeugung bzw. Therapie von Metatarsalgien auszurichten [8].

Degenerative Veränderungen – Hallux rigidus

Bei einer arthrotischen Degeneration des Gelenks ist häufig eine Proliferation des Knochens am dorsalen Aspekt des Mittelfußköpfchens zu beobachten, die zu einem Impingement der proximalen Phalange bei Dorsalextension führt. Dadurch schlägt die proximale Phalange an, anstatt zu gleiten und verursacht Schmerzen. Die Therapie besteht in der Entfernung dieses knöchernen Überstands und damit der Beseitigung des Impingements, was meist auch zu einer deutlichen Schmerzbesserung führt. Im Falle einer fortgeschrittenen Arthrose ist bei aktiven Individuen die Arthrodesse indiziert [8], wobei die Entscheidung hierfür primär anhand des klinischen Befunds zu treffen ist. Von der Industrie werden Implantate für den operativen Gelenkersatz des Großzehengrundgelenks angeboten, an unserer Abteilung werden derartige Eingriffe aufgrund der bislang schlechten Langzeitergebnisse jedoch nicht durchgeführt. Für wenig aktive Patienten, denen die Beweglichkeit im Großzehengrundgelenk wichtiger ist als die Belastbarkeit, kann eine Operation nach Regnaud [10] eine zeitlich begrenzte Alternative darstellen. Eine reine Resektionsarthroplastik, wie die Operation nach Keller [5] und Brandes [6], sind für die Therapie des Hallux valgus nicht mehr zeitgemäß und kommen lediglich in Ausnahmefällen bei älteren Patienten infrage, denen eine längere Teilbelastung nicht zugemutet werden kann.



Abbildung 4a-d Aufklappende Basisosteotomie in Kombination mit einer distalen rotierenden Chevron-Osteotomie zur Korrektur des DMAA (Doppelosteotomie nach Coughlin und Carlson [23]). 4a: präoperatives Bild, 4b: klinischer Befund, 4c: unmittelbar postoperativ, 4d: nach Metallentfernung wegen störender Platte.

Operative Verfahren

Distaler Weichteileingriff

Die Grundlage nahezu jeder gelenkerhaltenden Hallux valgus-Korrektur stellt der distale Weichteileingriff dar [11]. Dabei wird der Adductor hallucis sowie die Ge-

lenkkapsel vom lateralen Sesambein gelöst und eine Reposition des Sesambeins unter das Metatarsaleköpfchen ermöglicht. Das laterale Seitenband des Großzehengrundgelenks sollte hier nach Möglichkeit erhalten bleiben, um einem Hallux varus vorzubeugen. Ob für den Weichteileingriff eine separate interdigi-

tale Inzision dorsalseitig gewählt wird oder ein transartikulärer Zugang von medial, hat keinen Einfluss auf das klinische und radiologische Ergebnis [12]. Ein alleiniger Weichteileingriff ohne knöcherne Korrektur ist jedoch in den meisten Fällen unzureichend [4].

Korrekturosteotomien am ersten Metatarsale

Diese können proximal oder distal durchgeführt werden, wobei distale Osteotomien ein geringeres Korrekturpotenzial in Bezug auf den Intermetatarsalewinkel aufweisen [13]. Distale Osteotomien bedürfen einer weniger invasiven Darstellung des Mittelfußknochens und sind in der Regel bei milden bis moderaten Deformitäten indiziert. Anlässlich einer Umfrage gaben 87 % von 128 amerikanischen Fußchirurgen an, sich in solchen Fällen für eine Chevron-Osteotomie [14] zu entscheiden. 10 % würden den Eingriff mit einer Akin-Osteotomie [15] an der proximalen Phalanx kombinieren, welche auch die Therapie der Wahl beim Hallux valgus interphalangeus darstellt [16]. Zur Vermeidung der Köpfchennekrosen, die bei distalen Osteotomien in bis zu 20 % zu beobachten ist, wird eine Modifikation der ursprünglich von Austin beschriebenen Chevron-Osteotomie empfohlen, bei welcher ein langer, flacherer plantarer Schenkel der Osteotomie die von plantar unmittelbar hinter der knorpeligen Gelenkfläche in das Mittelfußköpfchen einstrahlenden Gefäße schonen soll [17] (Abb. 3).

Minimal invasive Verfahren sollen bei vergleichbaren klinischen und radio-

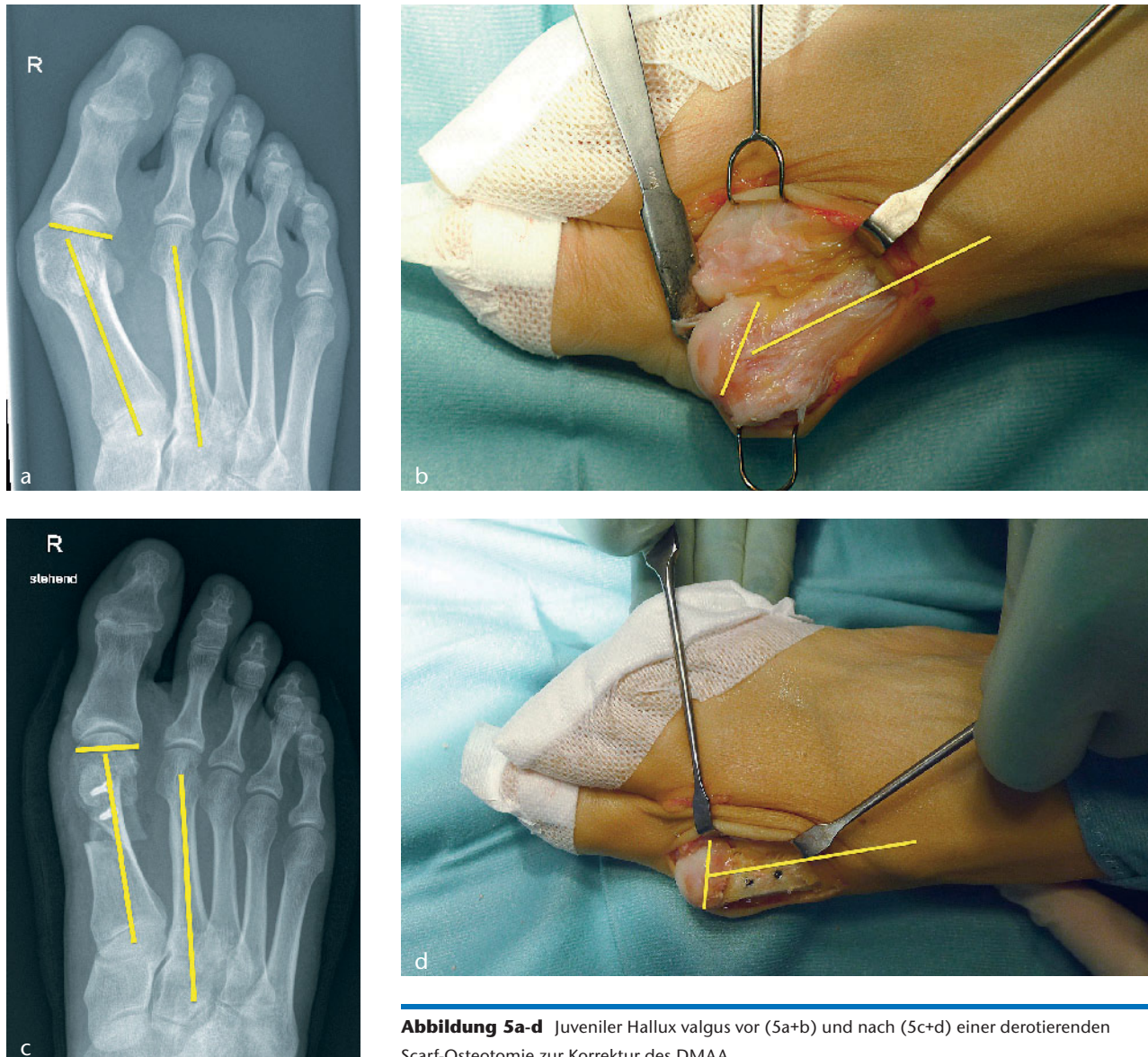


Abbildung 5a-d Juveniler Hallux valgus vor (5a+b) und nach (5c+d) einer derotierenden Scarf-Osteotomie zur Korrektur des DMAA.

logischen Ergebnissen eine kürzere Aufenthaltsdauer, weniger postoperative Schmerzen und eine raschere Rehabilitation erlauben [18, 19], jedoch ist die Evidenz für diese Annahmen niedrig [20].

Diaphysäre Osteotomien können zur Korrektur moderater Deformitäten bis 20° eingesetzt werden, für erfahrene Chirurgen auch bei größeren Winkeln (bis 23°), stellen jedoch technisch anspruchsvolle Methoden mit einer Lernkurve dar [4]. Bei der Ludloff-Osteotomie [21] wird – durch die bei hohem IMA notwendige Rotation des distalen Fragments – der DMAA in pathologische Werte verschoben und kann so eine zusätzliche distale, medial zuklappende, subkapitale Osteotomie notwendig machen. Bei der Scarf-Osteotomie wird der IMA durch Translation korrigiert, wobei diese Methode auch

eine Rotation der Gelenkfläche erlaubt, falls eine gleichzeitige Korrektur des DMAA notwendig ist [22]. Diaphysäre Verfahren erfordern eine erweiterte chirurgische Darstellung des Metatarsale, weshalb eine postoperative Physiotherapie zur Vorbeugung von narbigen Kontrakturen empfohlen wird.

Osteotomien an der Basis des ersten Metatarsale bieten durch den langen Hebelarm ein hohes Korrekturpotenzial in Bezug auf den HVA und IMA, können jedoch einen pathologischen DMAA bedingen. Coughlin und Carlson empfehlen daher die Kombination mit einer distalen rotierenden Osteotomie (Doppelosteotomie) und – falls notwendig – auch einer Akin-Osteotomie (Tripleosteotomie, s. Abb. 4a-d) [23]. Basisosteotomien können aufklappend, zuklappend, sichelför-

mig oder als proximale Chevron-Osteotomie durchgeführt werden. Die Industrie bietet – den jeweiligen Osteotomieformen entsprechende – winkelstabile Implantate an. Aufklappende Basisosteotomien bedingen zusätzlich eine Verlängerung des ersten Mittelfußknochens, zuklappende Osteotomien können zu einer Verkürzung mit der Gefahr der Entwicklung einer Metatarsalgie am zweiten Mittelfußköpfchen führen.

Arthrodese des Großzehengrundgelenks

Versteifungen des Großzehengrundgelenks sind – neben den oben erwähnten fortgeschrittenen degenerativen Veränderungen bei neuropathischen Fehlstellungen – als letzte Möglichkeit

nach fehlgeschlagenen Voroperationen oder bei massiven Fehlstellungen indiziert. Durch eine Arthrodesis kann auch ein hochgradiger HVA und IMA ohne zusätzliche Osteotomie korrigiert werden [4, 7].

Lapidus-Arthrodesis

Eine Überlastung des ersten Zehenstrahls kann sekundär eine Hypermobilität im ersten Tarso-Metatarsalgelenk (TMT-I-Gelenk) bedingen. Bei klinischer Hypermobilität, degenerativen Veränderungen im TMT-I bzw. TMT-II-Gelenk und einem IMA über 20° wird von manchen Autoren eine (modifizierte) Lapidus-Arthrodesis empfohlen. Ob in solchen Fällen eine Fusion des TMT-I-Gelenks notwendig ist oder die Korrektur der Hallux valgus-Stellung alleine die sagittale Beweglichkeit im TMT-I-Gelenk ausreichend stabilisiert, wird kontrovers diskutiert, da nicht genug Belege der Hypermobilitätstheorie und zu wenige Daten über den Effekt einer Fusion des TMT-I-Gelenks vorliegen [2]. Die Lapidus-Arthrodesis ist mit einem

distalen Weichteileingriff zu kombinieren und kontraindiziert bei kurzem Metatarsale-I-Knochen oder degenerativen Veränderungen im Großzehengrundgelenk. Empfehlenswert sind eine sparsame Knochenresektion, um den Längenverlust möglichst gering zu halten, sowie eine Plantarisierung des ersten Mittelfußknochens, um einer Transfermetatarsalgie vorzubeugen.

Juveniler Hallux valgus

Patienten mit juvenilem Hallux valgus stellen eine besondere Herausforderung dar. Es hat sich herausgestellt, dass nicht-operative Maßnahmen nicht geeignet sind, die Progression der Deformität aufzuhalten [24]. Der DMAA ist größer als bei Erwachsenen mit Hallux valgus. Da die Scarf-Osteotomie ein großes Potenzial für die Rotation der Gelenkfläche bei gleichzeitiger Korrektur des IMA aufweist, wird sie bei den jungen Patienten als geeignetes Verfahren zur Therapie symptomatischer Deformitäten angesehen (s. Abb. 5a-d) [25].

Fazit

Die operative Korrektur des Hallux valgus ist anhand einer belasteten Röntgenaufnahme zu planen. Die Wahl der Osteotomie hängt vom gemessenen Ausmaß der Deformität ab, wobei distale Osteotomien über ein geringeres Korrekturpotenzial verfügen und proximale Osteotomien eher zu einer Fehlstellung im distalen Gelenkflächenwinkel des ersten Metatarsaleknochens führen können, der ggf. durch eine zusätzliche distale Osteotomie korrigiert werden muss, um ein Rezidiv zu vermeiden. Grundlage nahezu jeder operativen Hallux valgus-Chirurgie ist der distale Weichteileingriff mit Reposition der Sesambeinchen. OUP

Korrespondenzadresse

PD Dr. Rainer Biedermann
Universitätsklinik für Orthopädie
Medizinische Universität Innsbruck
Anichstraße 35, A-6020 Innsbruck
rainer.biedermann@i-med.ac.at

Literatur

- Roddy E, Zhang W, Doherty M. Prevalence and associations of hallux valgus in a primary care population. *Arthritis Rheum* 2008; 59: 857–862
- Perera AM, Mason L, Stephens MM. The pathogenesis of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am* 2011; 93: 1650–1661
- Klein C, Groll-Knapp E, Kundi M, Kinz W. Increased hallux angle in children and its association with insufficient length of footwear: A community based cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord* 2009; 10: 159
- Robinson AHN, Limbers JP. Modern concepts in the treatment of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87: 1038–1045
- Keller WL. The surgical treatment of bunions and hallux valgus. *NY Med J* 1904; 80: 741–742
- Brandes M. Zur operative Therapie des Hallux valgus. *Zbl Chir* 1929; 56: 2434–2440
- Wanivenhaus A, Bock P, Gruber F et al. Deformitätsassoziierte Behandlung des Hallux-valgus-Komplexes. *Orthopäde* 2009; 38: 1117–1126
- Mann RA. Disorders of the First Metatarsophalangeal Joint. *J Am Acad Orthop Surg* 1995; 3: 34–43
- Lee KM, Ahn S, Chung CY, Sung KH, Park MS. Reliability and relationship of radiographic measurements in hallux valgus. *Clin Orthop Relat Res* 2012; 470: 2613–2621
- Badulescu M, Blatter G. Die modifizierte Operation nach Regnaud bei Hallux valgus. *Operat Orthop Traumatol* 2004; 2: 179–191
- Schneider W. Distal soft tissue procedure in hallux valgus surgery: biomechanical background and technique. *Int Orthop* 2013; 37: 1669–1675
- Park YB, Lee KB, Kim SK et al. Comparison of distal soft-tissue procedures combined with a distal chevron osteotomy for moderate to severe hallux valgus: first web-space versus transarticular approach. *J Bone Joint Surg Am* 2013; 95: e158
- Chuckpaiwong B. Comparing proximal and distal metatarsal osteotomy for moderate to severe hallux valgus. *Int Orthop* 2012; 36: 2275–2278
- Austin DW, Leventeen EO. A new osteotomy for hallux valgus. *Clin Orthop* 1981; 157: 25–30
- Akin OF. The treatment of hallux valgus: a new operative procedure and its results. *Med Sentinel* 1925; 33: 678–679
- Pinney S, Song K, Chou L. Surgical treatment of mild hallux valgus deformity: the state of practice among academic foot and ankle surgeons. *Foot Ankle Int* 2006; 27: 970–973
- Malal G, Shaw-Dunn J, Kumar CS. Blood supply to the first metatarsal head and vessels at risk with a chevron osteotomy. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 2018–2022
- Bösch P, Wanke S, Legenstein R. Hallux valgus correction by the method of Bösch: a new technique with a seven-to-ten-year follow-up. *Foot Ankle Clin* 2000; 5: 485–498
- Magnan B, Bortolazzi R, Samaila E et al. Percutaneous distal metatarsal osteotomy for correction of hallux valgus surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 2011; 93: 2116–2122
- Trnka HJ, Krenn S, Schuh R. Minimally invasive hallux valgus surgery: a critical review of the evidence. *Int Orthop*; 37: 1731–1735
- Petroutsas J, Trnka HJ. Die "Ludloff"-Osteotomie zur Korrektur der Hallux-valgus-Deformität. *Operat Orthop Traumatol* 2005; 1: 102–117
- Rippstein P, Zünd T. Die "Scarf"-Osteotomie bei Hallux valgus. *Operat Orthop Traumatol* 2001; 2: 107–120
- Coughlin MJ, Carlson RE. Treatment of hallux valgus with an increased distal metatarsal articular angle: evaluation of double and triple first ray osteotomies. *Foot Ankle Int* 1999; 20: 762–70
- Kilmartin TE, Barrington RL, Wallace WA. A controlled prospective trial of a foot orthosis for juvenile hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br* 1994; 76: 210–214
- Farrar NG, Duncan N, Ahmed N, Rajan RA. Scarf osteotomy in the management of symptomatic adolescent hallux valgus. *J Child Orthop* 2012; 6: 153–157