



8

Zehendeformitäten

N. Wülker

- 8.1 Hallux valgus**
- 8.2 Hallux varus**
- 8.3 Instabilitäten des
2. Metatarsophalangealgelenks**
- 8.4 Hammer-, Krallen- und Malletzehen**

8.1 Hallux valgus

Das Interesse an dieser Deformität entstand wohl zu Beginn des vorletzten Jahrhunderts. Die ersten einfachen Operationsverfahren wurden entwickelt, wie die Resektion des Metatarsale-I-Köpfchens. Gleichzeitig wurden konservative Methoden, z. B. Schienen und das Redressement der Großzehe, ins Leben gerufen. Inzwischen sind weit mehr als einhundert Operationsverfahren zur Korrektur des Hallux valgus beschrieben worden, von Osteotomien am Os metatarsale I oder an der Grundphalanx bis zu Weichteileingriffen am Metatarsophalangealgelenk der Großzehe. Es setzt sich zunehmend die Erkenntnis durch, dass sich Art und Ausprägung der Deformität bei verschiedenen Füßen unterscheiden. Diese Tatsache ist grundlegend für eine sachgerechte Therapie des Hallux valgus. Es müssen die Kriterien für die Wahl der Operationstechnik bei der jeweiligen Deformität konkretisiert und standardisiert werden. Vor der Wahl der Operationstechnik muss daher eine Reihe von Fragen geklärt werden: In welcher Art weicht der Hallux valgus von der normalen Anatomie ab? Welches der zahlreichen Operationsverfahren ist am besten geeignet, die normale Anatomie wiederherzustellen? Kann eine Wiederherstellung überhaupt erwartet werden, oder machen arthrotische Veränderungen am Metatarsophalangealgelenk weniger ehrgeizige Behandlungsziele erforderlich?

Ätiologie

Der Hallux valgus hat ganz wesentlich mit den Einflüssen der modernen Zivilisation auf die Funktion und Form des Fußes zu tun. Betrachtet man die Schuhe von Hallux-valgus-Patienten, so entsteht zwangsläufig der Eindruck, dass sich dort der Fuß dem Schnitt des Schuhs anpassen musste, statt umgekehrt (Abb. 8.1). Die vorn spitz zulaufende Form des Schuhs drängt die Großzehe in eine Valgusstellung. Die ständige Bewegungsarmut der Großzehe lässt aus dieser Fehlstellung mit der Zeit einen kontrakten Hallux valgus entstehen, der passiv nicht mehr ausgeglichen werden kann. Hohe Absätze von Modeschuhen bilden eine schiefe Ebene, auf der der Fuß bei jedem Schritt nach vorn rutscht. Dadurch wird der Vorfuß noch mehr in den vorne zu engen Schuh getrieben. Der Fuß kann nicht mehr normal abgerollt werden, weil die Absätze zu hoch sind und die Vorderpartie des Schuhs zu eng ist. Dadurch verändert sich die Wirkung der Fußmuskeln, unter anderem auch an der Großzehe. Dünne Ledersohlen puffern die Energie des Körpers kaum noch, wenn der Fuß auf dem Boden aufgesetzt wird. Schmerzen, insbesondere unter den Mittelfußköpfchen, und eine Verkrampfung der gesamten Fußmuskulatur sind die Folge. Da der Vorfuß gleichzeitig von medial und von lateral eingeeengt wird, bleibt für die kleinen Zehen kein ausreichender Platz mehr. Sie weichen nach oben oder nach unten aus. Allerdings führt schlechtes Schuhwerk nicht zwangsläufig zu einem Hallux valgus.

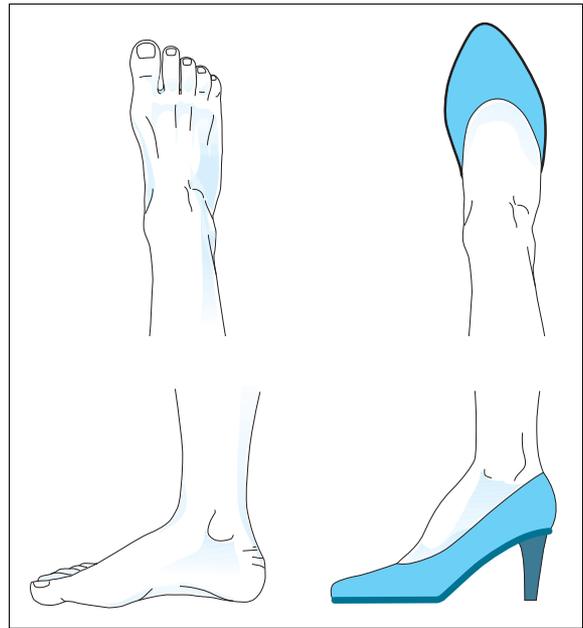


Abb. 8.1 Vorn spitz zulaufende Schuhe mit einem zu engen Vorfußbereich tragen wesentlich zur Entstehung des Hallux valgus bei. Bei Schuhen mit hohen Absätzen wird der Fuß wie auf einer schiefen Ebene bei jedem Schritt in die enge Spitze gedrückt.

Viele Menschen tragen bis ins hohe Alter enge Modeschuhe mit hohen Absätzen, ohne dass sich die Form des Vorfußes wesentlich ändert (Kalmus 1931). Außerdem findet sich der Hallux valgus auch bei Menschen, die keine Modeschuhe oder sogar überhaupt keine Schuhe tragen (Wells 1931, Barnicot u. Hardy 1955, McLennan 1966).

Auf hartem Boden entstehen ungehindert Druckspitzen an der Fußsohle. Sie können Beschwerden verursachen und übertragen die am Boden entstehenden Kräfte ungepuffert auf das Fußskelett. Auf hartem Boden verändern sich also die Muskelwirkung und der Bewegungsablauf der Großzehe beim Abrollen. Moderne Zivilisationsböden, wie Beton, Parkett oder Asphalt, können so zur Entstehung des Hallux valgus beitragen.

Hardy u. Clapham (1951) fanden eine positive Familienanamnese bei 63% ihrer Patienten, bei gleichzeitig untersuchten Probanden ohne Fußbeschwerden jedoch nur bei unter 1%. Gleichzeitig wiesen diese Autoren jedoch auf die beschränkte Aussagefähigkeit der Zahlen hin, da eine positive Familienanamnese durch das Interesse und das Ursachenbedürfnis der Patienten oft erst zutage gefördert werde. Glynn u. Mitarb. (1980) stellten bei 68% der Patienten eine positive Familienanamnese fest. Allerdings muss bedacht werden, dass ein familiär gehäuftes Vorkommen noch nicht zwangsläufig eine Heredität des Hallux valgus

bedeutet. Hierfür können z.B. auch einheitliche Schuhgewohnheiten innerhalb einer Familie verantwortlich sein.

Das Kräfteungleichgewicht zwischen dem M. abductor hallucis und dem M. adductor hallucis des Menschen ist ein Überbleibsel aus der Evolution. Rückschritte in der Evolution werden als Atavismus bezeichnet. Es ist denkbar, dass ein derartiger Mechanismus auch zur Entstehung des Hallux valgus beiträgt (Lapidus 1934).

Beim Senkfuß oder Plattfuß liegt der 1. Strahl in vermehrter Pronation. Manche Autoren sahen daher einen Zusammenhang zwischen einem Pes planus und dem Hallux valgus (Schede 1923, Hohmann 1951). In der klinischen Praxis ist dieser Zusammenhang jedoch keineswegs zwangsläufig. In einer großen Querschnittsuntersuchung an 1333 Mädchen zwischen 10 und 19 Jahren (Kalmus 1931) war bei abgesenktem Fußgewölbe der Hallux valgus sogar im Durchschnitt geringer ausgeprägt als bei normalem Fußgewölbe. Weiter proximal gelegene Fehlstellungen, etwa eine vermehrte Innenrotation des Unterschenkels, wurden bei der Ätiologie des Hallux valgus diskutiert. Ein eindeutiger Zusammenhang konnte jedoch nicht hergestellt werden.

Der Hallux valgus geht häufig mit einem Metatarsus primus varus, d.h. einem vergrößerten Winkel zwischen Os metatarsale I und Os metatarsale II einher (Abb. 8.2). Ob ein kausaler Zusammenhang zwischen Hallux valgus und Metatarsus primus varus besteht, kann nicht eindeutig beantwortet werden. Bei jungen Patienten findet sich regelmäßig ein relativ weicher Spreizfuß, der die Großzehe schon in normalem Schuhwerk in eine Valgusstellung drückt. Hier scheint der Hallux valgus eher die Folge des Metatarsus primus varus zu sein. Bei älteren Patienten mit kontraktum Hallux valgus, bei denen häufig zu enges Schuhwerk eine wesentliche Rolle spielt, sind die Verhältnisse eher umgekehrt. Es ist auch denkbar, dass der Hallux valgus und der Metatarsus primus varus eine ge-

meinsame, dritte Ursache haben, wobei die eine Deformität früher in Erscheinung treten kann als die andere.

Der Zusammenhang zwischen der Stellung des Gelenks und einem Metatarsus primus varus wurde durch pathologisch anatomische Untersuchungen bestätigt (Ewald 1912, Haines u. McDougall 1954). Ist das Metatarsokuneiforme-I-Gelenk in der Horizontalebene (nach medial und nach lateral) beweglicher als normal, begünstigt dies einen Metatarsus primus varus und damit auch den Hallux valgus. Weniger sicher ist die Verbindung zwischen einer Instabilität des ersten Tarsometatarsalgelenks in der Sagittalebene (nach dorsal und nach plantar) und dem Hallux valgus (Abb. 8.3). Einzelne Untersuchungen legen nahe, dass eine Hypermobilität des ersten Tarsometatarsalgelenks die Beschwerden beim Hallux valgus verstärkt, insbesondere die Überlastungsmetatarsalgie der Strahlen II–IV (Klaue u. Mitarb. 1994). Einige Autoren sprechen in diesem Zusammenhang von einem Hypermobilitätssyndrom des 1. Strahls (Couriades 1971, Klaue u. Mitarb. 1994, Morton 1928). Gelegentlich wurde zur operativen Therapie des Hallux valgus sogar routinemäßig das erste Tarsometatarsalgelenk versteift (Lapidus 1934). Schlüssige Beweise für eine Hypermobilität des ersten Tarsometatarsalgelenks als Ursache des Hallux valgus fehlen jedoch. Nach unserer klinischen Erfahrung und der anderer Autoren (Mann u. Coughlin 1992) ist eine Hypermobilität des ersten Tarsometatarsalgelenks klinisch nur selten relevant. Insgesamt dürfte es sich bei der Hypermobilität also eher um ein Begleitphänomen des Hallux valgus als um eine Ursache der Großzehendeformität handeln.

Auf den Längenausgleich der Großzehe und des Os metatarsale I relativ zum 2. Strahl wird bei der operativen Behandlung des Hallux valgus z.T. großen Wert gelegt (Lelièvre 1967, Viladot 1993). Beim sog. griechischen Fuß ist die Großzehe gegenüber der zweiten Zehe kürzer, beim ägyptischen Fuß ist sie länger. Bei gleicher Länge von

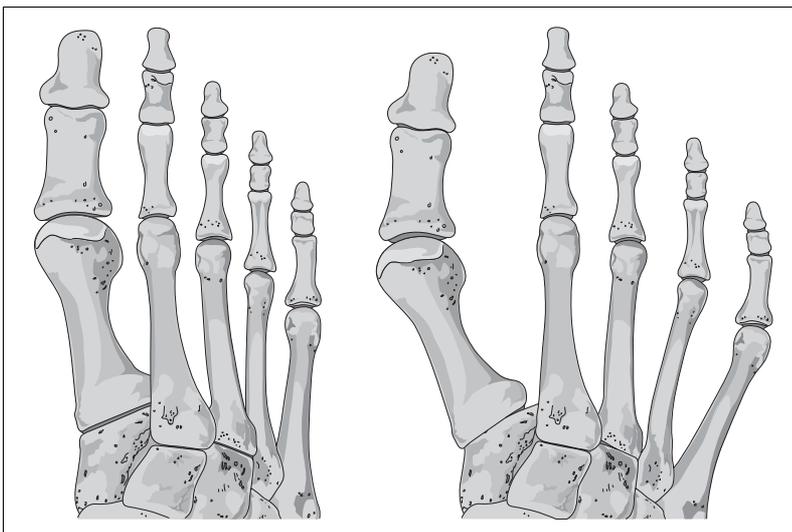


Abb. 8.2 Ein vergrößerter Winkel zwischen dem Os metatarsale I und dem Os metatarsale II wird als Metatarsus primus varus bezeichnet und tritt regelmäßig beim Spreizfuß auf. Die Fehlstellung des Os metatarsale I besteht häufig gleichzeitig zum Hallux valgus und muss bei der Therapie der Großzehendeformität beachtet werden.

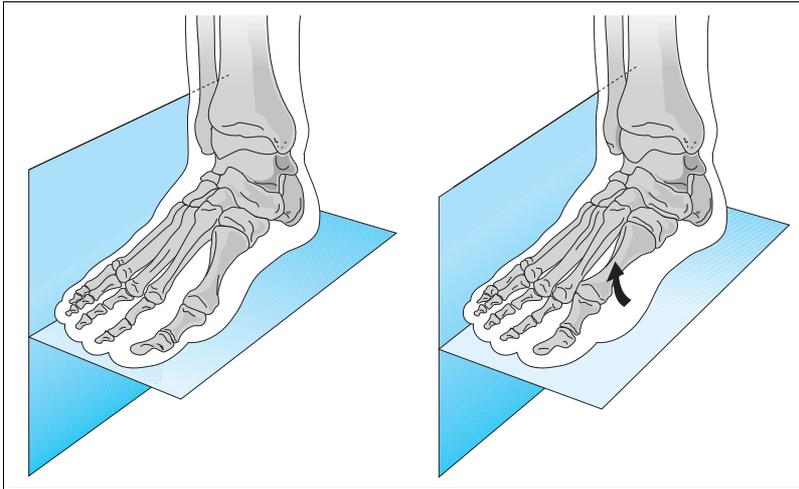


Abb. 8.3 Es ist nicht gesichert, ob eine Hypermobilität des ersten Tarsometatarsalgelenks in der Sagittalebene (nach dorsal und nach plantar) zum Hallux valgus beiträgt.

Großzehe und zweiter Zehe spricht man von einem Quadratfuß (Abb. 8.4). Die Häufigkeit der einzelnen Varianten wurde in großen Querschnittsuntersuchungen analysiert. Sandelin (1924) fand bei 3200 Probanden eine längere Großzehe bei 57%, eine kürzere bei 4% und eine gleich lange bei 39%. Bei den Personen mit einem Hallux valgus fand sich eine längere Großzehe bei 57%, eine kürzere bei 5% und eine gleich lange bei 38%. Bei anderen Autoren (Ramach 1981) unterschied sich die Verteilung der einzelnen Fußformen nicht wesentlich, wenn Hallux-valgus- und Hallux-rigidus-Patienten verglichen wurden.

Das Längenverhältnis des ersten und zweiten Mittelfußknochens (Abb. 8.5) bei normalen Füßen und bei Hallux-valgus-Patienten wurde von mehreren Autoren unter-

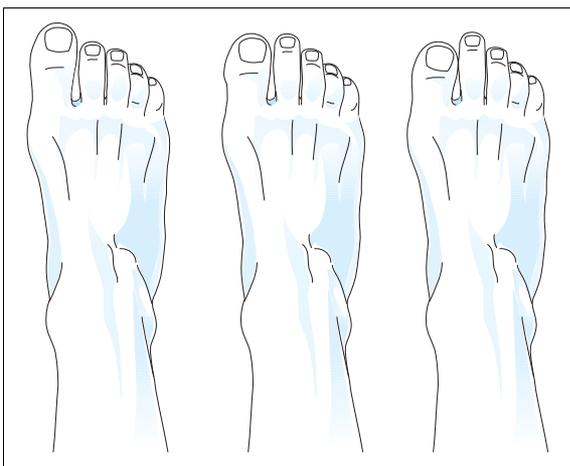


Abb. 8.4 Bei der ägyptischen Fußform ist die Großzehe gegenüber der 2. Zehe länger. Bei gleicher Länge von Großzehe und 2. Zehe spricht man von einem Quadratfuß. Bei der griechischen Fußform ist die Großzehe gegenüber der 2. Zehe kürzer.

sucht. Nilsonne (1930) fand bei einer Analyse der dorso-plantaren Röntgenaufnahmen von 497 Normalfüßen bei 52,2% eine Index-minus-Variante, bei 121 Patienten mit Hallux valgus eine Index-plus-Variante bei 88,4%, eine Index-minus-Variante nur bei 5,8%. Die Ergebnisse anderer Untersuchungen belegen keineswegs eindeutig einen Zusammenhang zwischen der Länge des Os metatarsale I, Os metatarsale II und dem Hallux valgus. Bei 12.765 Schulkindern (Craigmile 1953) bestand kein Zusammenhang zwischen der Länge des Metatarsale I und dem Hallux valgus, obwohl der Hallux-valgus-Winkel bei vielen Kindern deutlich vergrößert war. Bei kritischer Betrachtung konnte also ein Zusammenhang zwischen der relativen Länge des Metatarsale I und dem Hallux valgus nicht schlüssig belegt werden. Unterschiede in den Messmethoden können zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen führen (Eulert u. Mau 1986, Steinböck 1993). So kann der Metatarsalindex entweder durch eine Linie senkrecht zum Os metatarsale II (Morton 1928, Nilsonne 1930) oder als Kreislinie um ein in der Fußwurzel gelegenes Zentrum (Hardy u. Clapham 1951, Harris u. Beath 1949) bestimmt werden. Selbst wenn ein statistischer Zusammenhang zwischen der tatsächlichen Zehnlänge, der Metatarsallänge und dem Hallux valgus bestünde, bedeutet dies noch nicht zwangsläufig einen ursächlichen Zusammenhang. Die statistische Korrelation könnte z.B. allein auf der Tatsache beruhen, dass das Schuhwerk als Ursache des Hallux valgus bei langer Großzehe stärker zur Wirkung kommt.

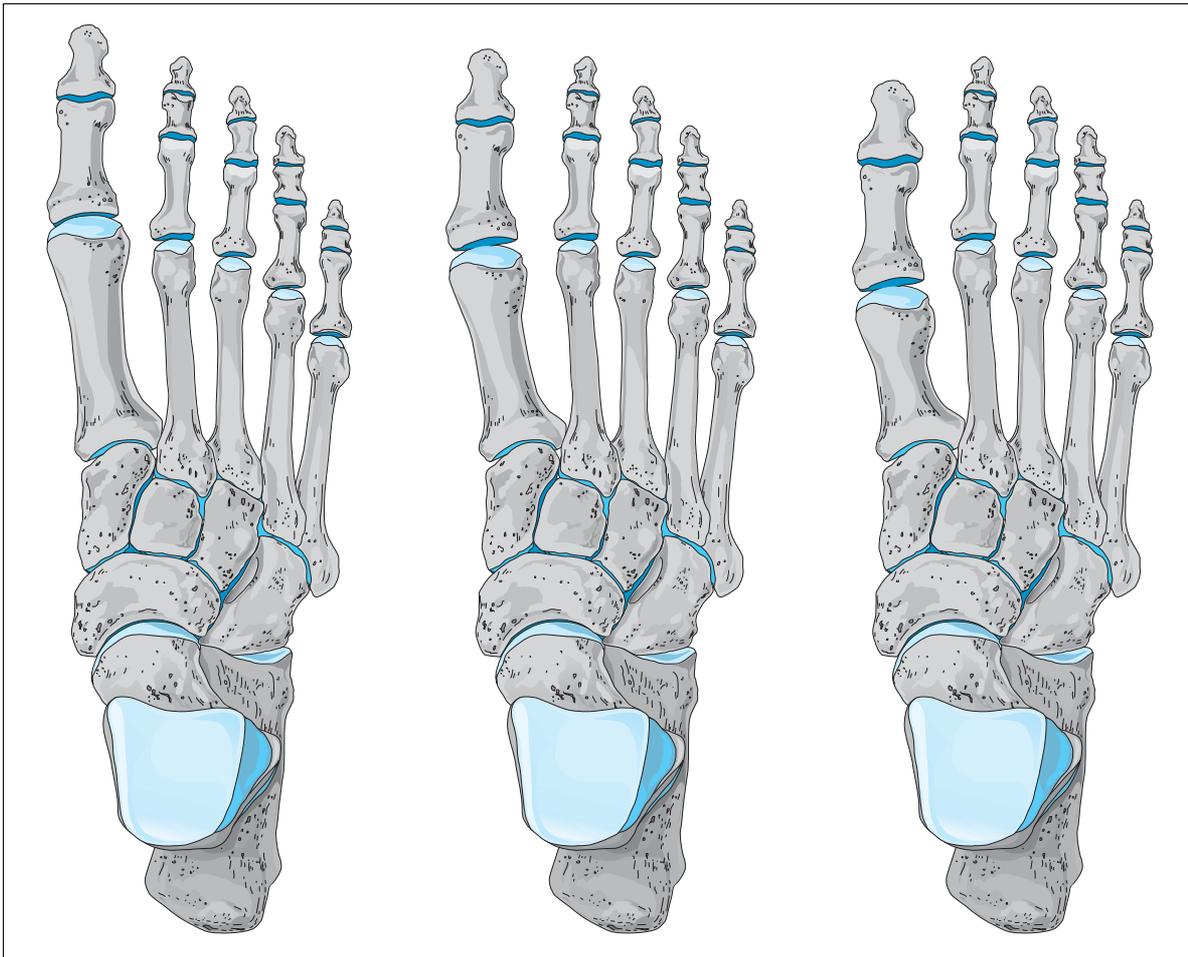


Abb. 8.5 Der Metatarsalindex als Maß für die relative Länge des Os metatarsale I kann mittels einer Linie senkrecht zum Os metatarsale II oder als Kreislinie um ein in der Fußwurzel gelegenes Zentrum gemessen werden. Bei der Index-plus-Variante ist das Os

metatarsale I länger als das Os metatarsale II, bei der Index-plus-minus-Variante sind beide Mittelfußknochen gleich lang, bei der Index-minus-Variante ist das Os metatarsale I kürzer als das Os metatarsale II.

Pathogenese

Änderungen der Mechanik des Großzehengrundgelenks und Änderungen der Muskelwirkung der Großzehe führen zu einem Circulus vitiosus, der schließlich in einer kontrakten und nicht mehr korrigierbaren Fehlstellung der Großzehe mündet. Spannt sich die Großzehenmuskulatur maximal an, z. B. in der Endphase des Abrollens beim Gehen, entsteht an der Großzehe eine starke, nach proximal gerichtete Kraft (Abb. 8.6). Die Summationskraft der einzelnen Muskeln kann als Kraftvektor angegeben werden, der zentral auf die Gelenkfläche des Metatarsale-I-Köpfchens gerichtet ist und der beim normalen Gehen erhebliche Kräfte erreicht. Das Metatarsale-I-Köpfchen und der distale Anteil des Os metatarsale I besitzen keine Muskelansätze (Girdlestone 1936, Haines u. McDougall 1954, Hiss 1931). Die Axialkraft am 1. Strahl wird daher allein über die Großzehe, insbesondere über die kräftigen, kurzen

Fußmuskeln mit Ansatz an der Grundgliedbasis, übertragen.

Solange die Kraftresultierende der Großzehenmuskeln etwa in einer Linie mit der Achse des Os metatarsale I verläuft, ist die Balance stabil und die normale Ausrichtung der Großzehe bleibt erhalten. Entsteht ein Muskelungleichgewicht, bei dem die Kraftresultierende nicht mehr in das Zentrum der Gelenkfläche am Metatarsale-I-Köpfchen fällt, entstehen am 1. Strahl Biegunskräfte. Dabei biegt sich der 1. Strahl überwiegend im Metatarsophalangealgelenk, das gleichsam eine physiologische Schwachstelle darstellt. Das Os metatarsale I und die Grundphalanx bilden einen Bogen, der von den Sehnen der Fußmuskeln gespannt wird. Metatarsus primus varus und Hallux valgus bilden eine zusammenhängende Einheit. Mit zunehmender Krümmung entfernen sich die Sehnen immer weiter vom Scheitelpunkt des Bogens im Metatarsophalangealgelenk. Im Röntgenbild nimmt der Abstand der Se-

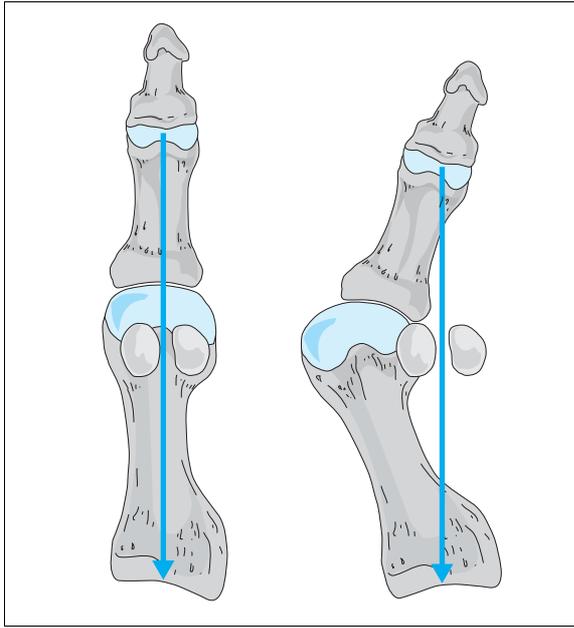


Abb. 8.6 Verläuft die Kraftresultierende der Großzehenmuskulatur durch das Metatarsophalangealgelenk, bleibt die Großzehe gerade. Liegt das Gelenk medial zum Kraftvektor, spannt sich die Großzehe wie ein Bogen. Es entstehen eine zunehmende Fehlstellung des Os metatarsale I (Metatarsus primus varus) und ein Hallux valgus.

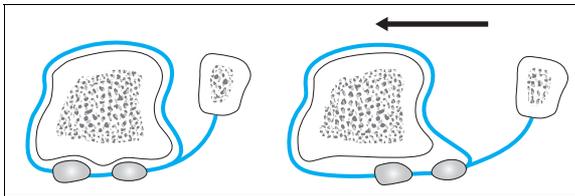


Abb. 8.7 Das Metatarsale-I-Köpfchen wird von der sog. Sesambeinschlinge daran gehindert, in eine Varusstellung auszuweichen. Beim Metatarsus primus varus weicht das Metatarsale-I-Köpfchen auf den Sesambeinen nach medial aus. Die Sesambeine sind durch das Lig. metatarsium transversum mit dem 2. Strahl verbunden und ändern ihre Position nicht wesentlich.

sambeine, die in die kurzen Beugesehnen der Großzehe eingebettet sind, zum Metatarsophalangealgelenk zu.

Proximal kann die Stellung im Gelenk zwischen Os metatarsale I und Os cuneiforme I nur begrenzt verändert werden. Dies limitiert den Metatarsus primus varus. Es ist anzunehmen, dass verschiedene Formvarianten des Gelenks zwischen Metatarsale I und Kuneiforme I unterschiedlich stabil sind. Eine runde Gelenkoberfläche ist im Vergleich zur flachen Gelenkkontour in der Horizontalebene eher instabil (Wanivenhaus 1988). Ein nach medial geneigter Gelenkspalt lässt eine Abkipfung des Metatarsale I eher zu als ein mehr frontal gestelltes Gelenk (Berntsen

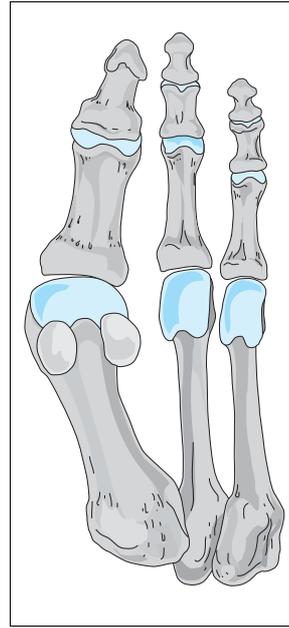


Abb. 8.8 Hallux valgus mit inkongruentem Metatarsophalangealgelenk: Eine Weichteilkontraktur auf der Lateralseite des Gelenks führt zur zunehmenden Subluxationsstellung der Grundphalanx auf dem Metatarsale-I-Köpfchen. Die knöchernen Anatomie am Metatarsale-I-Köpfchen und an der Grundphalanx ist regelrecht.

1930, Ewald 1912, Haines u. McDougall 1954, Truslow 1925). Distal wird das Os metatarsale I durch die sog. Sesambeinschlinge daran gehindert, in eine Varusstellung auszuweichen (Abb. 8.7). Die Sesambeine sind durch das Lig. metatarsium transversum und das Lig. intersesamidale fest mit dem Köpfchen des Os metatarsale II verbunden. Wie eine Schlinge zieht sich ein kräftiger Gewebestreifen von den Sesambeinen um das Metatarsale-I-Köpfchen. Diese Schlinge geht in ihrem distalen Anteil in die Kapsel des Metatarsophalangealgelenks über. An ihrer Medialseite, kranial zur Sehne des M. abductor hallucis, besitzen Kapsel und Sesambeinschlinge eine Schwachstelle, durch die das Metatarsale-I-Köpfchen ausweichen kann. Dort wird die Kapsel gedehnt, sodass die Gelenkflächen der Grundphalanx und des Metatarsale-I-Köpfchens nicht mehr exakt aufeinander stehen. Die scheinbare Luxation der Sesambeine nach lateral in den ersten Interdigitalraum (Volkman 1856), die röntgenologisch regelmäßig zu beobachten ist, stellt in Wirklichkeit eine Subluxation des Metatarsale-I-Köpfchens nach medial dar.

Bei der Verschiebung der Grundphalanx auf dem Mittelfußköpfchen nach lateral handelt es sich zunächst um eine Weichteildeformität (Abb. 8.8). Kommt es zum Hallux valgus noch während des Skelettwachstums, wird nicht nur die Kapsel des Metatarsophalangealgelenks an ihrer Medialseite gedehnt. Ein ungleichmäßiges Wachstum am Metatarsale-I-Köpfchen kann dazu führen, dass die Gelenkfläche nach lateral abgelenkt wird. Dann entsteht der Hallux valgus durch eine Deformität des Knochens und nicht durch eine Deformität der Weichteile (Abb. 8.9). Eine wesentliche Subluxation des Metatarsophalangealgelenks besteht in diesem Fall meist nicht, die Gelenkflächen stehen kongruent aufeinander.

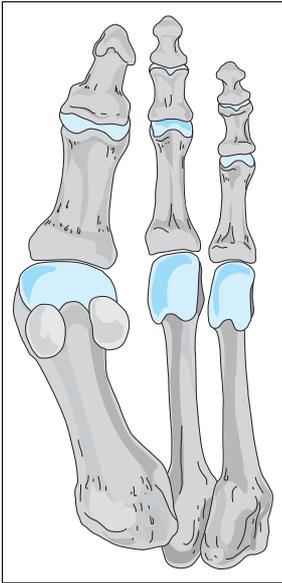


Abb. 8.9 Hallux valgus mit kongruentem Metatarsophalangealgelenk. Die Gelenkflächen des Metatarsale-I-Köpfchens und der Grundphalanx stehen kongruent aufeinander. Die Deformität kommt durch eine Valguskipfung im Metatarsale-I-Köpfchen zustande.

Der M. abductor hallucis wird von seinem Ansatz medial an der Grundphalanx und am tibialen Sesambein nach plantar gedrängt. Dadurch verliert dieser Muskel nicht nur seine abduzierende Wirkung, er zieht die Großzehe auch in eine zunehmende Pronationsstellung. Die langen und kurzen Beuge- und Streckmuskeln der Großzehe kommen beim Hallux valgus lateral zum Zentrum des Metatarsophalangealgelenks zu liegen und entfalten dadurch eine adduzierende Wirkung, die den Hallux valgus noch verstärkt.

Die Belastung unter den Mittelfußköpfchen verschiebt sich nach lateral und führt an den Strahlen II–IV zur schmerzhaften Überlastungsmetatarsalgie. Klinisch spiegelt sich die veränderte Belastung in einer vermehrten Beschwellung unter den betroffenen Mittelfußköpfchen wieder, wo sich z.T. sehr schmerzhaft Hyperkeratosen bilden, während die Beschwellung unter dem Metatarsale-I-Köpfchen häufig weitgehend fehlt.

Der mediale Anteil der Metatarsale-I-Gelenkfläche wird weniger belastet und der Gelenkknorpel atrophiert dort. Dadurch entsteht eine typische Rinne zwischen dem normalen Gelenkknorpel und der Pseudoexostose, die sich plantar bis in das anatomische Gleitlager des tibialen Sesambeins fortsetzt. Die Pseudoexostose, die durch den Metatarsus primus varus noch weiter nach medial verlagert ist, drückt im Schuh. Dies führt den Hallux-valgus-Patienten häufig überhaupt erst zum Arzt. Der Schleimbeutel an der Medialseite des Metatarsale-I-Köpfchens hypertrophiert und entzündet sich. Es kann zur eitrigen Ulzeration kommen.

Die kleinen Zehen weichen nach dorsal, manchmal auch nach plantar aus. So entstehen zunächst flexible, später auch kontrakte Hammerzehen und Krallenzehen. An der Dorsalseite der Kleinzehen können durch den Druck der Schuhe Klavi und Hautulzerationen entstehen.

Diagnostik

Klinische Diagnostik

Die klinischen Befunde, die für die Therapieplanung von Bedeutung sind, können ohne technische Hilfsmittel am unbedeckten Fuß erhoben werden, z.T. unter Belastung. Die Achsenabweichung der Großzehe nach lateral ist das wesentlichste Merkmal des Hallux valgus. Das Ausmaß dieser Deformität wird klinisch anhand des Fußinnenrandwinkels (Halluxwinkel, Ballenwinkel) am stehenden Patienten gemessen (Abb. 8.10). Der Normalwert liegt zwischen 0° und 10° . Ein Winkel über 15° wird in der Regel als Deformität gewertet.

Bei Ausrichtung der Großzehe in ihre normale Achsenstellung, trifft man entweder auf einen starren Widerstand, sodass die Ausrichtung der Großzehe nur wenig oder gar nicht korrigiert werden kann, oder die Deformität ist weich und kann schon mit geringer Kraft ausgeglichen werden. Letzteres ist in der Regel nur bei relativ jungen Patienten der Fall, bei denen häufig auch eine Bandlaxität an anderen Gelenken besteht. Bei älteren Patienten handelt es sich hingegen in der Regel eher um eine kontrakte Deformität. Am Metatarsophalangealgelenk der Großzehe ist insbesondere die passive Beweglichkeit von Interesse. Die normale, passive Beweglichkeit des Großzehengrundgelenks für Plantarflexion/Dorsalextension beträgt

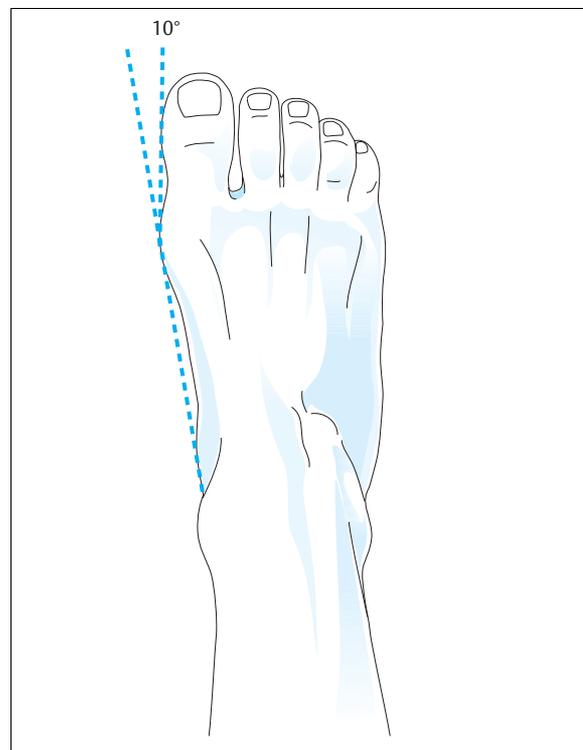


Abb. 8.10 Der Fußinnenrandwinkel wird zwischen Ferse und Großzehe, mit Scheitelpunkt über dem Metatarsale-I-Köpfchen gemessen (Normalwert zwischen 0° und 10°).

70/0/50°. Diese Angabe erfolgt definitionsgemäß mit Bezug auf die Neutralstellung und somit relativ zur Bodenebene des Fußes, nicht zur Lage des Os metatarsale I.

Liegt beim Hallux valgus gleichzeitig eine Großzehengrundgelenksarthrose vor, sind meist beide Bewegungsrichtungen gleichermaßen eingeschränkt, wobei insbesondere die verminderte Dorsalextension der Großzehe die normale Fußfunktion beim Gehen behindert. In aller Regel ist das Gelenk bei maximaler, passiver Auslenkung deutlich schmerzhaft. Oft bereiten schon Bewegungen nahe der Neutralstellung der Großzehe Schmerzen. Wird beim Bewegen leichter, axialer Druck auf die Großzehe gebracht, kann ein Reiben tastbar sein.

Ist das Großzehengrundgelenk diffus druckschmerzhaft, muss vermutet werden, dass nicht nur der Ballen selbst die Beschwerden verursacht, sondern dass im Metatarsophalangealgelenk Prozesse ablaufen, die weiter abgeklärt werden müssen. Bei einer Arthrose des Metatarsophalangealgelenks bilden sich im fortgeschrittenen Stadium insbesondere dorsal und dorsolateral Osteophyten, die durch die dünne, subkutane Fettschicht gut zu tasten sind. Auch die beiden plantar zum Metatarsale-I-Köpfchen gelegenen Sesambeine werden getastet. Bei einer Erkrankung der Sesambeine selbst oder bei einer Beteiligung des Gelenks zwischen den Sesambeinen und dem Metatarsale-I-Köpfchen ist hier regelmäßig ein Druckschmerz auszulösen.

Beim Hallux valgus kann eine Hypermobilität entweder im ersten Tarsometatarsalgelenk oder in den Gelenken zwischen den Ossa cuneiformia und dem Os naviculare lokalisiert sein. Die Beweglichkeit des 1. Strahls wird geprüft, indem man das Os metatarsale I mit der einen Hand fasst, die 4 lateralen Mittelfußknochen mit der anderen Hand. Beide Hände werden dann gegenseitig kräftig nach dorsal und nach plantar ausgelenkt (Abb. 8.11). Die Beweglichkeit nach dorsal und nach plantar sollte relativ zur Neutralstellung etwa gleich groß sein. Ein genaues Maß für eine normale oder pathologische Auslenkung kann nicht angegeben werden, die Einschätzung beruht vielmehr auf der klinischen Erfahrung des Untersuchers.

Die Großzehe dreht sich nach medial, also in Pronation (Abb. 8.12). Die veränderte Ausrichtung des Großzehennagels macht dies deutlich: Er steht medial weiter plantar, lateral weiter dorsal. Zur Pronation kommt es am häufigsten beim relativ kontrakten Hallux valgus des älteren Menschen, sodass auch die Drehung durch den Untersucher meist nicht mehr vollständig korrigiert werden kann.

Nach der Darstellung von Füßen in den entsprechenden Kunstperioden spricht man von einer ägyptischen Fußform, wenn die Großzehe länger ist als die zweite Zehe (s. Abb. 8.4), von einer griechischen Fußform, wenn sie kürzer ist und von einer quadratischen Fußform bei gleich langer erster und zweiter Zehe. Zur genaueren Beurteilung fällt man ein Lot an der Spitze der zweiten Zehe senkrecht zu seiner Achse und misst, ob die Großzehenspitze proximal, distal oder auf diesem Lot liegt. Besonders

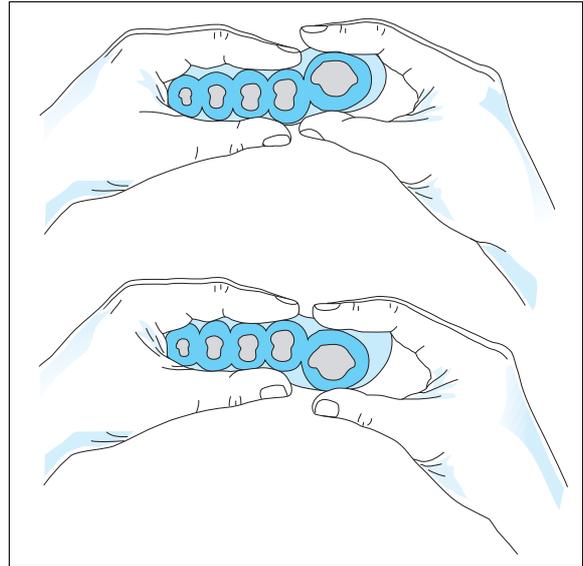


Abb. 8.11 Bewegungsprüfung des Os metatarsale I relativ zu den übrigen Ossa metatarsalia.

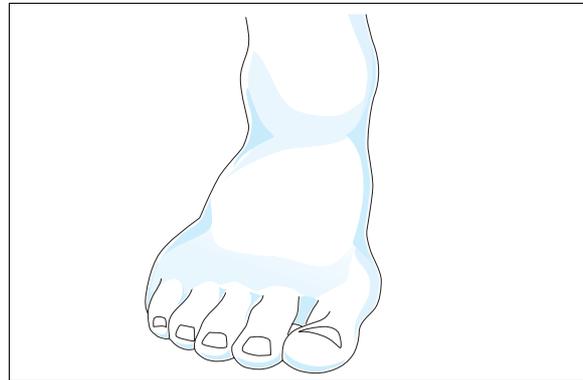


Abb. 8.12 Beim Hallux valgus befindet sich die Großzehe häufig gleichzeitig in einer Pronationsfehlstellung.

sinnvoll ist die Angabe der Zehenlänge, wenn beim Hallux valgus ein Eingriff geplant ist, der mit einer Verkürzung der Großzehe einhergeht.

Die Kombination von Hallux valgus und Metatarsus primus varus exponiert das Metatarsale-I-Köpfchen, sodass es mechanisch stark belastet wird. Zusätzlich kann noch eine knöcherne Auftreibung an der Medialseite des Metatarsale-I-Köpfchens, die sog. Pseudoexostose, entstehen. Über dem Ballen ist die Haut häufig atrophiert, glänzend, stark gerötet und sehr druckdolent. Im fortgeschrittenen Stadium finden sich Ulzerationen oder Vernarbungen. Bei der Gicht kann eine ähnliche Reizung des Metatarsophalangealgelenks bestehen, die differenzialdiagnostisch abgegrenzt werden muss. Hier fehlt in der Regel der

Hallux valgus, oft lassen sich klinische Zeichen einer Gicht auch an anderen Körperregionen finden.

Häufig wird der Begriff synonym zur Metatarsalgie, also zu Belastungsbeschwerden unter den Mittelfußköpfchen verwendet. Die Divergenz der Mittelfußknochen ist beim Hallux valgus überwiegend am Metatarsale I von Bedeutung. Steht der erste Strahl relativ zur Fußlängsachse vermehrt nach medial abgewinkelt, spricht man von einem Metatarsus primus varus. Ein Fußquergewölbe existiert zwar im proximalen Anteil des Mittelfußes und bis zum Bereich des Chopart-Gelenks. In Höhe der Mittelfußköpfchen besteht jedoch, bei Betrachtung von dorsal, an normalen Füßen keine Wölbung. Die Mittelfußköpfchen liegen in einer Linie. Da die Großzehe beim Abrollen des Fußes mechanisch geschwächt ist, wird das Gewicht des Körpers vom Os metatarsale I weg auf die Ossa metatarsalia II–IV verlagert. Dieses Phänomen bezeichnet man auch als Transfer-Metatarsalgie. Das Gewebe unterhalb der betroffenen Mittelfußköpfchen ist ohnehin mit zunehmendem Alter einem Involutionsprozess unterworfen. Da die Großzehe beim Abrollen des Fußes mechanisch geschwächt ist, kommt es schon bald zu einem Missverhältnis zwischen der gesteigerten Belastung und der geminderten Belastbarkeit. Bei der klinischen Untersuchung äußert sich dies in einer Ausdünnung des plantaren Fettpolsters. Die Mittelfußköpfchen sind meist unmittelbar unter der Haut zu tasten und sind stark druckdolent. Der Vorfuß erscheint „durchgetreten“. An der Fußsohle bilden sich in diesem Bereich meist ausgedehnte, druckschmerzhafte Schwielen (Abb. 8.13).



Abb. 8.13 Metatarsalgie mit Schwielenbildung unter dem 2. und 3. Mittelfußköpfchen als Zeichen der Belastungsverlagerung auf diese Strahlen.

Die kleinen Zehen weichen daher nach dorsal, seltener auch nach plantar aus. Hierzu trägt auch das Muskelungleichgewicht beim Hallux valgus bei: Die Extensoren überwiegen, da die Flexoren durch Schuhwerk, die Bodenbeschaffenheit u.ä. in ihrer Kraftentfaltung gehemmt sind. Aus einer zunächst flexiblen Fehlstellung der Kleinzehen nach dorsal entwickelt sich im Laufe der Zeit eine kontrakte Deformität. Eine flexible oder kontrakte Fehlstellung der Kleinzehen kommt bereits beim stehenden und gehenden Patienten deutlich zum Vorschein. Die vermehrte Spannung der Extensorsehne kann tastbar sein. Durch die Kontraktur des Metatarsophalangealgelenks tritt das Mittelfußköpfchen der betroffenen Zehe noch weiter nach plantar hervor. Im fortgeschrittenen Stadium kann eine komplette Luxation des Metatarsophalangealgelenks bestehen. Steht besonders die Kontraktur des proximalen bzw. des distalen Interphalangealgelenks nach plantar im Vordergrund, spricht man von einer Hammerzehe. Handelt es sich in erster Linie um eine Kontraktur des Metatarsophalangealgelenks nach dorsal, spricht man von einer Krallenzehe. Zusätzlich wird im angloamerikanischen Raum eine Mallet-Zehe definiert, bei der das distale Interphalangealgelenk kontrakt nach plantar, die übrigen Zehengelenke aber normal stehen. Die Fehlstellung führt früher oder später zu einem Konflikt der Zehen untereinander und zu einem Konflikt mit dem Schuhwerk. An der Rückseite der Zehen, insbesondere über den Zehenzwischengelenken, bilden sich ebenfalls oft sehr schmerzhafte Druckstellen, gelegentlich Ulzerationen. Zwischen den Zehen entstehen harte oder weiche Druckstellen.

Da die Großzehe den Fuß nicht mehr kraftvoll nach plantar abstoßen kann, bricht der Abrollvorgang mit der Belastung der Mittelfußköpfchen ab. Der Fuß wird also bereits in einer eher flachen Position vom Boden abgehoben. Die Verkürzung des Abrollvorgangs und die häufig begleitend auftretende Metatarsalgie führen in fortgeschrittenen Fällen zu einem Entlastungshinken, bei dem die Standphase auf dem erkrankten Fuß insgesamt kürzer ist als auf der Gegenseite. Gelegentlich lässt sich beim Gehen beobachten, wie der Patient schmerzhaften Stellen unter dem Fuß ausweicht.

Vorfuß, Mittelfuß und Rückfuß können zusammen oder unabhängig voneinander in vermehrter Einwärtsdrehung oder Auswärtsdrehung stehen. Der Rückfuß befindet sich häufig in einer Eversionsstellung, sodass die Ferse bei Betrachtung von hinten nach lateral abgewinkelt ist. Dies wird als Knickfuß bezeichnet. Das Fußlängsgewölbe ist oft abgeflacht, was als Senkfuß oder Plattfuß bezeichnet wird. Die Abflachung ist meist flexibel, weniger häufig kontrakt. Der Hohlfuß kommt seltener vor. Er kann entweder als Ballenhohlfuß mit Belastung überwiegend am Vorfuß oder als Hackenhohlfuß mit Belastung überwiegend an der Ferse imponieren. In gleicher Weise soll die Achsenausrichtung des Vorfußes in der Horizontalebene relativ zum Rückfuß dokumentiert werden, also die Vorfußabduktion und -adduktion. Supination bezeichnet die

Kombination von Inversion an Rück- und Vorfuß mit einer Vorfußadduktion, Pronation die Kombination von Eversion an Rück- und Vorfuß und Vorfußabduktion.

Für alle Operationen am Vorfuß sind eine ausreichende Durchblutung und die Palpation der A. dorsalis pedis und der A. tibialis posterior Voraussetzung.

Bildgebende Diagnostik

Alle Winkelmaße am Vorfuß sind mehr oder weniger vom exakten Verlauf des Röntgenstrahls abhängig und daher nur auf wenige Grade genau. Ein Therapieplan, der auf verschiedenen Röntgenparametern beruht, hilft dem Operateur bei der Wahl der Operationstechnik (Abb. 8.14). Dieser Plan ersetzt jedoch nicht die persönliche Erfahrung und das Wissen des behandelnden Arztes. Der Hallux valgus wird röntgenologisch mit dem Hallux-valgus-Winkel zwischen der Grundphalanx und dem Metatarsale I auf der dorsoplantaren Belastungsaufnahme bestimmt. Eine Großzehe mit einem Winkel von über 20° wird in der Regel nicht mehr als normal empfunden. In der Literatur wurden Normalwerte für den Hallux-valgus-Winkel zwischen 8° und 20° angegeben (Antrobus 1984, Boebel u. Wolff 1960, Donick u. Mitarb. 1980, Durman 1957, Eulert u. Mau 1986, Hardy u. Clapham 1951 u. 1952, Kilmartin u. Mitarb. 1991, Piggott 1960).

Die Divergenz zwischen den Ossa metatarsalia I und II wird als Metatarsus primus varus bezeichnet. Als Maß für den Metatarsus primus varus dient der Intermetatarsalwinkel, der auf der dorsoplantaren Belastungsaufnahme bestimmt wird. Normalerweise beträgt der Intermetatarsalwinkel weniger als $8-10^\circ$ (Antrobus 1984, Durman 1957, Hardy u. Clapham 1951, Kilmartin u. Mitarb. 1991, Mann 1993, Wülker 1991, Zhuber 1977). Der Intermetatarsalwinkel lässt sich durch die Position der Sesambeine im

Verhältnis zum Metatarsale-I-Köpfchen abschätzen (Debrunner 1987, Wülker 1991).

Bei einer Subluxation der Grundphalanx im Metatarsophalangealgelenk stehen die Gelenkflächen der Grundphalanx und des Metatarsale-I-Köpfchens nicht mehr vollständig aufeinander. Die Grundphalanx ist nach lateral verschoben, es entsteht eine Gelenkflächeninkongruenz. Diese wird auf der dorsoplantaren Belastungsaufnahme beurteilt. Das Ausmaß der Subluxation wird ermittelt, indem man die Ränder der Gelenkflächen am Köpfchen des Metatarsale I und an der Grundphalanx mit Punkten markiert. Besteht ein Hallux valgus ohne Subluxation im Metatarsophalangealgelenk, liegt eine knöcherne Deformität vor, bei der in der Regel der distale Gelenkflächenwinkel vergrößert ist.

Die Ausrichtung der Gelenkfläche wird auf der dorsoplantaren Belastungsaufnahme durch den Winkel zwischen der Gelenkoberfläche des Metatarsale-I-Köpfchens und der Senkrechten zur Schaftachse des Metatarsale I bestimmt. Normal ist eine Neigung der Gelenkfläche um weniger als 10° nach lateral. Bei Hallux-valgus-Patienten kann die laterale Kippung 30° und mehr betragen. Gelegentlich liegt die knöcherne Deformität beim Hallux valgus nicht im Metatarsale-I-Köpfchen, sondern in der Grundphalanx. An der Grundphalanx kann die Ausrichtung der Gelenkfläche bestimmt werden, indem man den Winkel zwischen der proximalen Gelenkfläche und der distalen Gelenkfläche misst. Normalerweise beträgt dieser Winkel weniger als 10° . Ist der Winkel vergrößert, spricht man von einem Hallux valgus interphalangeus.

Der Metatarsalindex kann mittels einer Linie senkrecht zum Os metatarsale II (Morton 2000, Nilsson 1930) angegeben werden. Allerdings führt nach dieser Messmethode ein Metatarsus primus varus zu einer scheinbaren Ver-

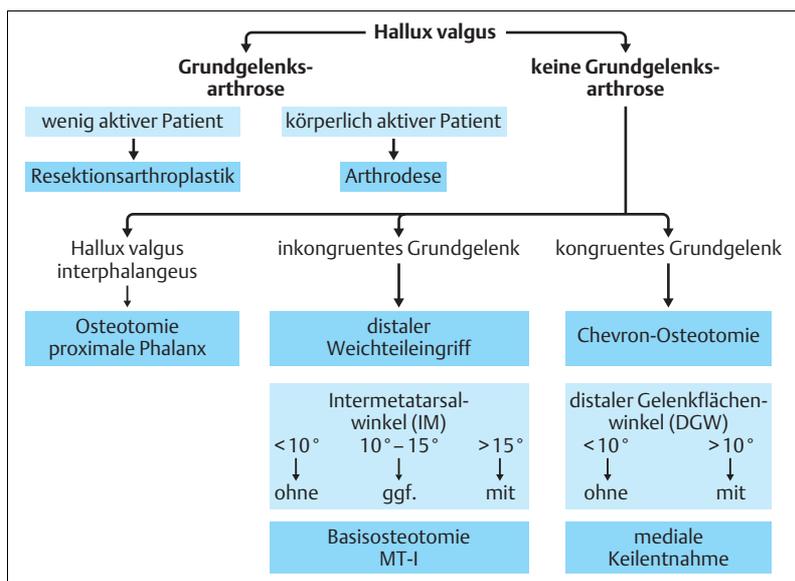


Abb. 8.14 Ein Therapieschema zum Hallux valgus hilft bei der Wahl der geeigneten Operationstechnik.

kürzung des Os metatarsale I. Alternativ kann der Metatarsalindex als Kreislinie um ein in der Fußwurzel gelegenes Zentrum (Donick u. Mitarb. 1980, Hardy u. Clapham 1951, Harris u. Beath 1949, Lundberg u. Sulja 1972) oder als ungefähre Fortsetzung eines um die Mittelfußköpfchen II–V gelegten Kreisbogens (Wanivenhaus 1988) bestimmt werden.

Ein Gelenkverschleiß ist für die Therapie des Hallux valgus von großer Bedeutung, da sich dann in der Regel rekonstruktive Maßnahmen verbieten. Röntgenologisch bestehen, wie bei Arthrosen anderer Gelenke, eine Gelenkspaltverschmälerung, eine Sklerosierung des subchondralen Knochens und Osteophyten, die sich insbesondere dorsal und lateral am Metatarsale-I-Köpfchen bilden.

Der Winkel zwischen der Längsachse des Os metatarsale I und der Gelenkfläche des ersten Tarsometatarsalgelenks wird als Tarsometatarsale-I-Winkel bezeichnet. Der Normalwert liegt bei etwa 90° , d.h. die Gelenklinie verläuft senkrecht zum Metatarsale I. Beim Metatarsus primus varus ist der Tarsometatarsale-I-Winkel häufig, aber nicht immer (Kilmartin u. Mitarb. 1991), verkleinert. Ist der Intermetatarsalwinkel vergrößert, der Tarsometatarsale-I-Winkel jedoch im Normbereich, liegt die knöcherne Deformität nicht eigentlich im proximalen Anteil des Metatarsale I, sondern im Os cuneiforme I. Ein gewölbtes Gelenk weist auf eine eher steil gestellte Gelenkrinne hin, bei der die horizontale Beweglichkeit (in Valgus-Varus-Richtung) relativ groß ist. Ein flaches Gelenk weist dagegen auf eine eher flach gestellte Rinne hin, bei der nur wenig Bewegung in der Horizontalebene erfolgen kann.

Therapie

Konservative Therapie

Bei einer weichen Fehlstellung ohne Kontraktur gelingt mit Orthesen und Redressionsverbänden meist eine vollständige Achsenkorrektur, bei kontrakter Deformität oft wenigstens eine teilweise. Während des Skelettwachstums mag diese Redression in einigen Fällen auch dauerhaft die Stellung der Großzehe verbessern, nach Abschluss des Wachstums jedoch kaum. Für Redressionsverbände an der Großzehe verwendet man vorzugsweise eine elastische Binde, alternativ auch eine Mullbinde. Dabei sollte die schmalste, allgemein verfügbare Bindenbreite von 4 cm gewählt werden. Mit der Binde soll nicht nur die Abweichung der Großzehe nach lateral korrigiert werden, sondern auch die Pronation, die häufig mit dem Hallux valgus verbunden ist. Entgegen der allgemeinen Praxis soll die Binde daher beim Hallux valgus in Supinationsrichtung gewickelt werden, zumindest bei den Bindentouren, die die Großzehe einschließen.

Orthesen (Abb. 8.15) eignen sich in der Therapie des Hallux valgus besonders bei einem konservativen Therapieversuch am wachsenden Skelett. Sie werden auch in der postoperativen Behandlung nach Korrektur Eingriffen bei Hallux valgus eingesetzt. Am gebräuchlichsten sind Schienen, in denen die Großzehe lateral schalenförmig



Abb. 8.15 Hallux-valgus-Nachtschiene.

eingebettet ist und die durch einen elastischen Zügel am Mittelfuß gerade ausgerichtet werden. Die Schiene sollte in unterschiedlichen Größen lieferbar sein. Eine ausreichende Polsterung ist erforderlich. Für eine ausreichende Festigkeit sind derartige Schienen in der Regel aus Hartplastik gefertigt. Dies ist jedoch relativ starr und trägt auf, sodass diese Orthesen in der Regel nur als Nachtschienen verwendet werden können.

Schmerzen unter den Mittelfußköpfchen II–IV können in aller Regel durch entlastende Einlagen wesentlich verbessert werden (Abb. 8.16). Eine Korrektur der Großzehestellung ist mit Einlagen naturgemäß aber nicht zu erzielen. Das Prinzip der Behandlung der Metatarsalgie beim Hallux valgus ist eine gleichmäßigere Verteilung des Drucks unter den schmerzhaften Mittelfußköpfchen. Dies kann durch eine Einlage mit Vorfußweichbettung erreicht werden. Zusätzlich wird in die Einlage eine Mittelfußpelotte eingearbeitet, die einen Teil der Gewichtsbelastung über die Mittelfußknochen proximal zu deren Köpfchen überträgt, dadurch die Mittelfußköpfchen nach oben drückt und somit entlastet. Als Material bietet sich eine Kork-Leder-Schichtung an. Diese Kombination ist einerseits hautfreundlich und absorbiert Feuchtigkeit. Andererseits behindert dieses Material den Fuß nicht zu sehr bei der Abrollung. Über der Pseudoexostose am Metatarsale-I-Köpfchen beobachtet man oft einen geröteten, atrophischen Hautbezirk, der häufig ausgesprochen druckschmerzhaft ist. Hier kann eine Spreizfußbandage Abhilfe schaffen. Allerdings haben überwiegend ältere Patienten Druckbeschwerden in diesem Bereich. In höherem Alter ist aber der Metatarsus primus varus meist relativ rigid und nur schwer zu redressieren, sodass eine Spreizfußbandage nur wenig Wirkung hat. Neue Schuhe mit einem



Abb. 8.16 Einlage mit Vorfußweichbettung und Mittelfußpelotte. Der Druck wird bei Beschwerden unter den Mittelfußköpfchen (Metatarsalgie) gleichmäßiger verteilt.

weichen, weiten Vorfußbereich können bei Beschwerden am Ballen Abhilfe schaffen. Alternativ kann das alte Schuhwerk des Patienten in diesem Bereich vom orthopädischen Schuhmacher aufgeweitet werden. Konfektionierte Ringpolster werden angeboten, die medial auf das Metatarsale-I-Köpfchen aufgeklebt werden, den eigentlichen Ballen dabei aber frei lassen. Diese Polster tragen jedoch zusätzlich im Schuh auf, sodass sie von den Patienten oft nicht dauerhaft getragen werden.

Ziel der konservativen Therapie ist es auch den Druck der Zehen gegeneinander zu vermindern. Dies gelingt nur, wenn ausreichend weites und weiches Schuhwerk getragen wird. Konfektionierte Zwischenzehenpolster werden angeboten. Zehenzwischenpolster können jedoch eine weitere Achsenabweichung der betroffenen Zehen zur Folge haben. Im weiteren Verlauf weichen die kleinen Zehen dem Druck der Großzehe überwiegend nach dorsal aus, sodass sich Hammer- und Krallenzehen bilden. Viele Patienten mit einem Hallux valgus klagen dementsprechend über Druckbeschwerden, z.T. sogar über Druckstellen und Ulzerationen dorsal über dem proximalen oder dem distalen Interphalangealgelenk der Kleinzehen. Bei der konservativen Therapie dieser Beschwerden muss zunächst auf ausreichenden Platz im Schuhwerk geachtet werden. Konfektionierte Zehenrichter stehen zur Verfügung, die die Kleinzehen über eine Pelotte nach unten ziehen. Allerdings können sie den dynamischen Zug der Strecksehnen bei Hammer- und Krallenzehen meist nicht vollständig aufheben.

Operative Therapie

Die unterschiedlichen Erscheinungsformen des Hallux valgus können nicht mit nur einer einheitlichen Operationstechnik behandelt werden. Die Patienten mit einem Hallux valgus unterscheiden sich im Hinblick auf die Deformität, das Alter, den Zustand der Gelenkflächen und die Erwartungen von der Operation. Zusätzlich zur Achsenausrichtung der Großzehe müssen rekonstruktive Eingriffe bei Hallux valgus den Intermetatarsalwinkel korrigieren, die Kongruenz des ersten Metatarsophalangealgelenks wiederherstellen, die Pseudoexostose medial am Metatarsale-I-Köpfchen entfernen, die freie Beweglichkeit des ersten Metatarsophalangealgelenks erhalten und die Funktion der Großzehe beim Abrollen wiederherstellen. Zur präoperativen Diagnostik gehören neben einer ausführlichen Anamneseerhebung und klinischen Untersuchung lediglich Röntgenaufnahmen unter Belastung. Hier können alle Messungen vorgenommen werden, die für die Wahl der Operationstechnik von Bedeutung sind. Operationen, bei denen das erste Metatarsophalangealgelenk geopfert wird, müssen streng indiziert werden. Endoprothesen des ersten Metatarsophalangealgelenks gehören nicht zur Therapie des Hallux valgus. Der Ersatz des Gelenks allein korrigiert die Fehlstellung der Großzehe nicht. Die längerfristigen Ergebnisse von Endoprothesen beim Hallux valgus sind durchweg schlecht.

Insbesondere bei Weichteileingriffen muss die Großzehe für 6–8 Wochen nach der Operation in einem redressierenden Verband gehalten werden. Andererseits darf eine übermäßige Immobilisation dem Ziel einer raschen postoperativen Rehabilitation nicht im Wege stehen. Vollbelastung des Fußes in einem Verbandsschuh mit besonders versteifter Sohle ist nach Operationen an der Großzehe die Regel. Wenn sich übertriebene Erwartungen nicht korrigieren lassen, sollte von einer Operation Abstand genommen werden. Dies betrifft insbesondere das Schuhwerk, das der Patient nach der Operation tragen kann. Zu enge Schuhe mit hohen Absätzen spielen bei der Pathogenese des Hallux valgus eine wichtige Rolle.

Die Prognose der Operation, die Operationstechnik, mögliche Komplikationen und die postoperative Behandlung müssen mit dem Patienten diskutiert werden. Auch die Möglichkeit, den Hallux valgus nicht zu operieren, muss erwähnt werden. Der Patient muss verstehen, was er im Hinblick auf eine Besserung seiner Beschwerden, auf die Korrektur der Fehlstellung, auf die Funktion des Fußes beim Gehen und auf das postoperativ zu tragende Schuhwerk von der Operation erwarten kann. Der Patient muss vor der Operation darüber informiert werden, dass eine gewisse Schwellung mit entsprechenden Beschwerden für etliche Wochen nach der Operation zu erwarten ist. Der Operationstermin kann vom Patienten frei nach seinen Wünschen gewählt werden, wenn nicht eine akute Entzündung einen Aufschub der Operation verlangt.

Kontraindikationen. Nicht selten besteht am Vorfuß bereits eine Gefäßerkrankung, die sonst noch nicht in Erscheinung tritt. Zum präoperativen Gefäßstatus gehören in jedem Fall die Palpation der A. tibialis posterior, der A. dorsalis pedis und der Befund der Hautdurchblutung. Liegen Zeichen einer Minderdurchblutung vor, sind weiterführende Untersuchungen, z. B. Doppler-Messungen oder eine Angiographie, notwendig.

Wahl der Operationstechnik. Wichtig sind die Fehlstellungen, die mit der Operation gezielt korrigiert werden sollen (s. Abb. 8.14). Bei einer Arthrose des Gelenks kommen rekonstruktive Verfahren zur Korrektur des Hallux valgus in der Regel nicht mehr in Betracht. Hier ist die Resektionsarthroplastik die Behandlung der Wahl, insbesondere für ältere und wenig körperlich aktive Patienten. Gelegentlich kann bei jüngeren und aktiven Patienten auch eine Arthrodesse des Metatarsophalangealgelenks in Betracht kommen.

Ohne degenerative Veränderungen wird in einem nächsten Schritt die Kongruenz dieses Gelenks beurteilt. Bei inkongruentem Gelenk ist der distale Weichteileingriff die Technik der Wahl. Weichteilkontrakturen auf der Lateralseite des Metatarsophalangealgelenks, die für die Subluxation der phalangealen Gelenkfläche verantwortlich sind, werden durch ein laterales Weichteilrelease gelöst. Gleichzeitig werden die Gelenkkapsel medial gerafft und die Pseudoexostose am Köpfchen des Metatarsale I abgetragen. Eine Osteotomie in dieser Situation könnte zwar auch die Stellung der Großzehe verbessern, würde aber die Inkongruenz des Großzehengrundgelenks noch verstärken. Eine Subluxation der Großzehe im Metatarsophalangealgelenk geht beim Hallux valgus bei 80–90% mit einem Metatarsus primus varus einher. Der Intermetatarsalwinkel ist dann vergrößert und muss zusätzlich zum distalen Weichteileingriff korrigiert werden. Andernfalls resultiert eine Varusstellung der Großzehe, die spätestens dann zum Rezidiv des Hallux valgus führt, wenn wieder normale Schuhe getragen werden. Liegt der Intermetatarsalwinkel zwischen 10° und 15°, können kräftige Adaptationsnähte zwischen der Gelenkkapsel des 1. und des 2. Metatarsophalangealgelenks ausreichen. Bei einem Winkel von mehr als 15° oder bei einem deutlich federnden Widerstand intraoperativ ist eine Osteotomie an der Basis des Metatarsale I erforderlich.

Ohne Inkongruenz des Metatarsophalangealgelenks der Großzehe beruht der Hallux valgus in der Regel auf einer Verkipfung der Gelenkfläche des Metatarsaleköpfchens nach lateral. Der distale Gelenkflächenwinkel ist dann vergrößert. Dies wird durch eine gelenknahe Osteotomie des Metatarsale I mit Entnahme eines medialbasigen Keils und Verschiebung des Metatarsaleköpfchens nach lateral korrigiert. Ein Weichteileingriff würde in dieser Situation zu einer Inkongruenz des Metatarsophalangealgelenks führen.

Bei Deformitäten an der Grundphalanx der Großzehe stehen die proximale Gelenkfläche und die distale Gelenk-

fläche der Grundphalanx nicht mehr annähernd parallel zueinander, was auch als Hallux valgus interphalangeus bezeichnet wird. Eine Osteotomie der Grundphalanx mit Entnahme eines medialbasigen Keils ist dann das Verfahren der Wahl. Die Resektionsarthroplastik des ersten Metatarsophalangealgelenks wird heute allgemein auf die Namen Keller (1904) und Brandes (1929) zurückgeführt. Die Resektionsarthroplastik ist ein bewährtes Verfahren für Patienten nach dem 60. Lebensjahr. Zusätzlich zur Verkürzung der Großzehe wird jedoch die Kraftentwicklung, insbesondere bei Abstoßung nach plantar, deutlich geschwächt. Bei jüngeren Patienten muss diese Technik daher sehr zurückhaltend verwendet werden (Dederich 1992, Kirsch 1978, Olszewski 1976, Viladot 1993, Weber 1975, Witt 1967).

Der Vorteil der Arthrodesse des Metatarsophalangealgelenks besteht darin, dass die Funktion der Großzehe beim Abstoßen des Fußes zumindest teilweise erhalten bleibt. Die Arthrodesse ist indiziert, wenn beim Hallux valgus gleichzeitig degenerative Veränderungen am Metatarsophalangealgelenk vorliegen, die rekonstruktive Verfahren zur Korrektur der Großzehenstellung nicht mehr aussichtsreich erscheinen lassen. Allerdings kommt die Arthrodesse nur bei relativ jungen Patienten in Betracht, da jenseits des 60. Lebensjahres der Resektionsarthroplastik des Metatarsophalangealgelenks der Vorzug gegeben werden sollte.

Distaler Weichteileingriff mit Basisosteotomie

Weichteiltechniken zur Korrektur des Hallux valgus sind seit Anfang des letzten Jahrhunderts bekannt. Silver (1923) sah als Ursachen des Hallux valgus, neben der Pseudoexostose am Metatarsale-I-Köpfchen, insbesondere eine Weichteilverkürzung auf der Lateralseite des Metatarsophalangealgelenks, eine Muskelimbalance und eine Weichteilinsuffizienz auf der Medialseite des Metatarsophalangealgelenks. Ziel seiner Operation war eine völlige Wiederherstellung normaler anatomischer Verhältnisse. Wenige Jahre später beschrieb Schede (1927) einen Weichteileingriff, bei dem ebenfalls der laterale Anteil der Kapsel und der Ansatz des M. adductor hallucis, oft auch der laterale Kopf des M. flexor hallucis brevis mit einem Tenotom direkt am Sesambein gespalten wurden. Zur gleichen Zeit gab McBride (1928) eine Weichteiltechnik an, die unter diesem Namen große Popularität erreichte. Durch einen dorsalen Hautschnitt im ersten Interdigitalraum wurde die Insertion der Adduktorensehne an der Grundphalanx dargestellt und abgelöst. Das fibuläre Sesambein wurde aus dem umgebenden Sehnenewebe herausgelöst und entfernt. Die Adduktorensehne wurde dann zusammen mit der lateralen Sehne des M. flexor hallucis brevis mittels einer transossären Naht dorsolateral am Metatarsale-I-Köpfchen fixiert. Schließlich wurden der Hautschnitt nach medial retrahiert und die Pseudoexostose am Metatarsale-I-Köpfchen abgetragen. Die Gelenkkapsel wurde teilweise exzidiert und unter Verkürzung vernäht. Nur wenig modifiziert wurde die McBride-Technik auch

unter dem Namen DuVries (DuVries 1959, Mann u. Coughlin 1992) bekannt. Insbesondere wies DuVries (1959) darauf hin, dass ein vergrößerter Intermetatarsalwinkel gleichzeitig durch Haltnähte im ersten Interdigitalraum korrigiert werden muss.

Mann (1993, 1992) wies darauf hin, dass bei einem Intermetatarsalwinkel von über 10° – 15° immer gleichzeitig eine Basisosteotomie des Metatarsale I erfolgen muss, da der Metatarsus primus varus dann nicht mehr allein durch Adaptationsnähte zwischen dem ersten und dem zweiten Strahl korrigiert werden kann. Weiterhin sah er eine Kontraindikation zum distalen Weichteileingriff bei kongruentem Metatarsophalangealgelenk und nach lateral verkippeter Gelenkfläche des Metatarsale-I-Köpfchens. Als technische Modifikation durchtrennte Mann zusätzlich das Lig. metatarsae transversum, das zwischen dem fibularen Sesambein und dem Metatarsale-II-Köpfchen verläuft.

Die **Indikation zum Weichteileingriff** besteht beim Hallux valgus mit einer Inkongruenz, d.h. einer Subluxation im ersten Metatarsophalangealgelenk. Dies ist bei deutlich mehr als der Hälfte aller Patienten mit Hallux valgus der Fall. Die Gelenkflächen des Metatarsale-I-Köpfchens und der Grundphalanx der Großzehe stehen nicht aufeinandergerichtet, sondern die Grundphalanx ist nach lateral subluxiert. Die Inkongruenz wird durch eine Kontraktur der Weichteile an der Lateralseite des ersten Metatarsophalangealgelenks verursacht, insbesondere des M. adductor hallucis und der lateralen Gelenkkapsel. Eine knöcherne Deformität am ersten Metatarsophalangealgelenk liegt nicht vor. Osteotomien in Gelenknähe sind daher nicht angezeigt. Wird ein Hallux valgus mit einer Inkongruenz des ersten Metatarsophalangealgelenks durch eine retrokapitale Osteotomie am Os metatarsale I korrigiert, verbessert dies nicht in geeigneter Weise die Subluxationsstellung des Gelenks.

Bei der Mehrheit der Patienten mit Hallux valgus mit inkongruentem Metatarsophalangealgelenk liegt gleichzeitig ein Metatarsus primus varus vor. Röntgenologisch lässt sich der Metatarsus primus varus auf der dorsoplantaren Belastungsaufnahme des Vorfußes durch den Intermetatarsalwinkel quantifizieren. Diese Röntgenaufnahme muss unter Belastung angefertigt werden, da das wahre Ausmaß des Spreizfußes in vielen Fällen erst unter Belastung offensichtlich wird. Ist der Intermetatarsalwinkel auf über 10° vergrößert, kann die Großzehe nicht mehr anatomisch im Metatarsophalangealgelenk ausgerichtet werden, da sie dann übermäßig nach medial abgewinkelt ist. Dieser wäre nicht nur kosmetisch störend. Beim Tragen von normalem Schuhwerk würde es fast zwangsläufig zu einem Rezidiv des Hallux valgus kommen. Bei einem Intermetatarsalwinkel von über 10° muss daher gleichzeitig zum distalen Weichteileingriff der Metatarsus primus varus durch eine Osteotomie an der Basis des Metatarsale I geraten werden. Hier kann durch unterschiedliche Osteotomieformen die Varusstellung des Metatarsale I in eine Normalstellung zurückgeführt werden. Bei einem Intermetatarsalwinkel von über 15° ist die Osteotomie an der

Basis des Metatarsale I obligat. Insgesamt wird sie bei 80–90% der distalen Weichteileingriffe vorgenommen. Liegt der Intermetatarsalwinkel zwischen 10° und 15° , so kann auf eine Basisosteotomie verzichtet werden, wenn intraoperativ das Metatarsale I ohne wesentlichen, federnden Widerstand manuell in die Normalstellung gebracht werden kann. Dann kann die Reposition des Metatarsale I auch durch kräftige Nähte gehalten werden, die distal zwischen das Metatarsale I und das Metatarsale II gelegt werden.

Insbesondere bei der relativ aufwändigen Rekonstruktion durch einen distalen Weichteileingriff mit oder ohne Basisosteotomie am Metatarsale I verlängert sich die Rekonvaleszenzzeit mit steigendem Alter erheblich. Außerdem lässt sich die Beweglichkeit des ersten Metatarsophalangealgelenks oft nicht in ausreichender Weise erhalten. Bei allen rekonstruktiven Vorfußeingriffen sollte daher eine Altersgrenze von etwa 60 Jahren eingehalten werden.

Laterales Release. Durch einen dorsalen Hautschnitt distal im ersten Interdigitalraum wird eröffnet, das subkutane Fettgewebe mit der Schere zügig bis zur Sehne des M. adductor hallucis gespreizt und Langenbeck-Haken werden eingesetzt. Unter kräftigem Zug an den Haken durch einen Assistenten wird die Sehne vollständig dargestellt.

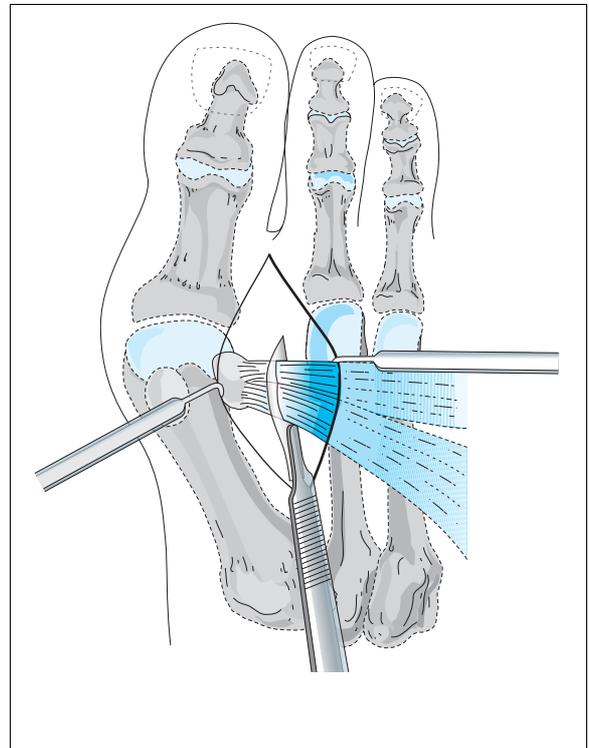


Abb. 8.17 Die Sehne des M. adductor hallucis wird vom fibularen Sesambein und von der Grundphalanx abgetrennt.

Sie wird mit einem Skalpell von proximal nach distal zunächst scharf von der lateralen Kante des fibularen Sesambeins abgelöst und anschließend direkt am Knochen von der Grundphalanx abgetrennt (Abb. 8.17). Zur besseren Übersicht kann nun ein Osteotomiespreizer in die Wunde eingeführt werden, der den ersten Interdigitalraum noch weiter eröffnet. Durch Präparation mit einer gebogenen Klemme kann das Lig. metatarsium transversum dargestellt werden (Abb. 8.18). Es wird scharf unmittelbar am fibularen Sesambein durchtrennt. Dabei müssen die unmittelbar darunter gelegenen Nerven und Gefäße sorgfältig geschont werden. Schließlich wird der laterale Anteil der Kapsel des ersten Metatarsophalangealgelenks mehrfach mit einem Skalpell längsförmig inzidiert (Abb. 8.19). Wird nun die große Zehe kraftvoll manuell in eine Varusstellung von etwa 30° gebracht, reißt die Gelenkkapsel oft unter deutlichem Krachen fächerförmig ein.

Mediale Kapselraffung. Das in der Regel verdickte Kapselgewebe über der Pseudoexostose wird durch eine mediale Inzision über dem Großzehenballen dargestellt. Durch Bewegung der Großzehe kann der Gelenkspalt des ersten Metatarsophalangealgelenks genau lokalisiert werden. Etwas proximal zu diesem Gelenkspalt erfolgt eine vertikale Inzision der Gelenkkapsel. Diese Inzision wird

plantar bis an das tibiale Sesambein geführt, dorsal bis zur Sehne des M. extensor hallucis longus. Anschließend wird dorsal die Kapselinzision L-förmig nach proximal erweitert und die Pseudoexostose wird dargestellt. An der Gelenkfläche des Metatarsale-I-Köpfchens lässt sich in der Regel ein Sulcus identifizieren, der die Grenze zwischen der normalen Gelenkoberfläche und der Pseudoexostose bildet. Von hier wird die Pseudoexostose bis an die mediale Begrenzung der Metatarsale-I-Diaphyse abgetragen (Abb. 8.20). Wird nun die Großzehe in achsensgerechter Stellung gehalten, so kann das Ausmaß der notwendigen Kapselverkürzung an der Medialseite abgeschätzt werden. Sie beträgt in der Regel zwischen 5 und 10 mm. Ein entsprechend breiter Kapselstreifen wird aus dem proximalen Anteil der Gelenkkapsel entfernt (Abb. 8.21), wobei die Resektion wiederum bis plantar an das tibiale Sesambein und dorsal bis zur Sehne des M. extensor hallucis longus reicht.

Basisosteotomie des Os metatarsale I. Durch einen separaten Hautschnitt wird die Basis des Metatarsale I dorsomedial dargestellt. Dabei ist die Sehne des M. extensor hallucis longus zu schonen. Hohmann-Haken werden medial und lateral eingesetzt. Die Osteotomie erfolgt 1 cm distal zum Gelenk zwischen Os metatarsale I und Os cu-

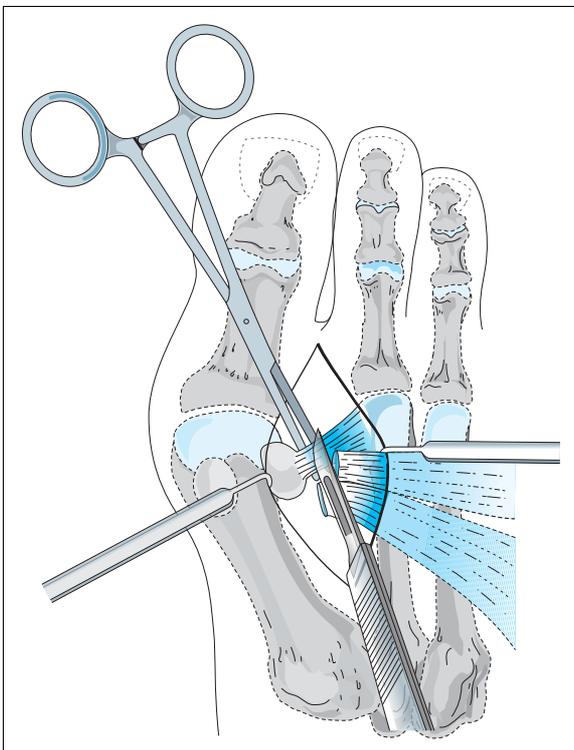


Abb. 8.18 Das Lig. metatarsium transversum wird zum Schutz der darunter liegenden Nerven und Gefäße mit einer Klemme unterfahren und anschließend scharf durchtrennt.

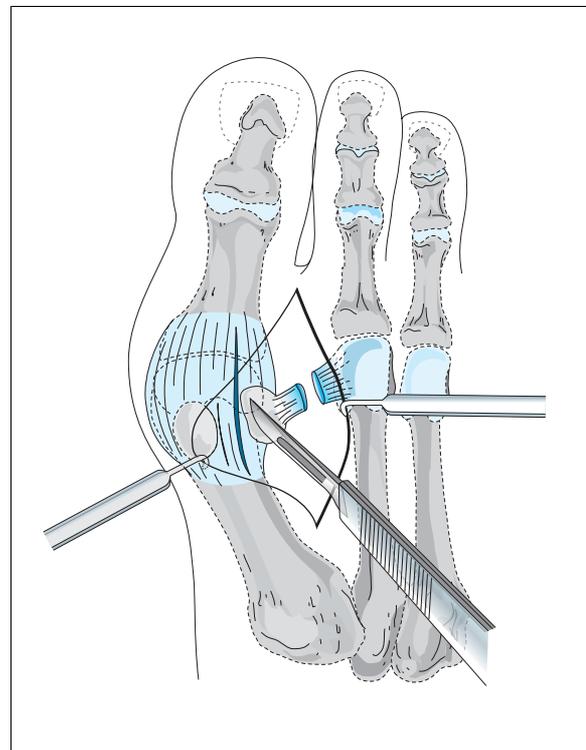


Abb. 8.19 Die Kapsel an der Lateralseite des Großzehengrundgelenks wird mit mehreren Längsstichen versehen. Anschließend wird die Großzehe kraftvoll in eine Varusstellung von etwa 30° gebracht.

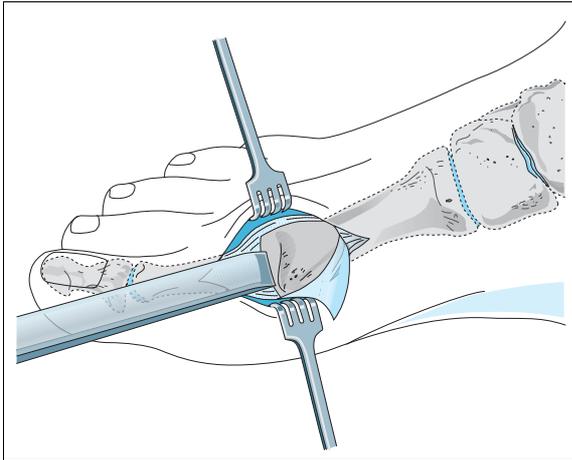


Abb. 8.20 Die Kapsel an der Medialseite des Großzehengrundgelenks wird L-förmig gespalten. Die Pseudoexostose wird dargestellt und in Verlängerung der medialen Begrenzung des Os metatarsale I abgemeißelt.

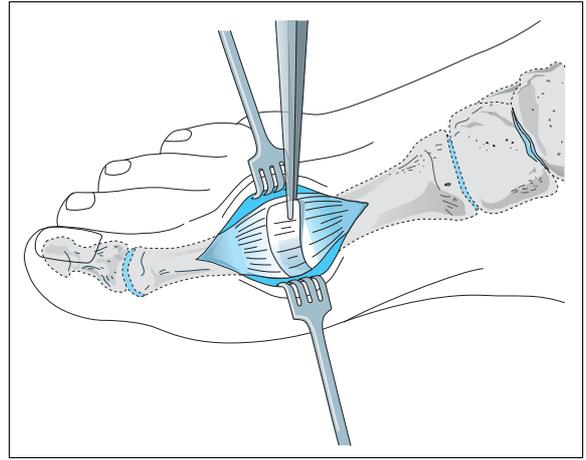


Abb. 8.21 Aus dem proximalen Kapsellappen wird ein vertikaler Streifen reseziert, dessen Breite von der Fehlstellung der Großzehe abhängt. Sie muss so gewählt werden, dass die Großzehe nach dem Verschluss der Kapsel in achsensgerechter Stellung gehalten wird.

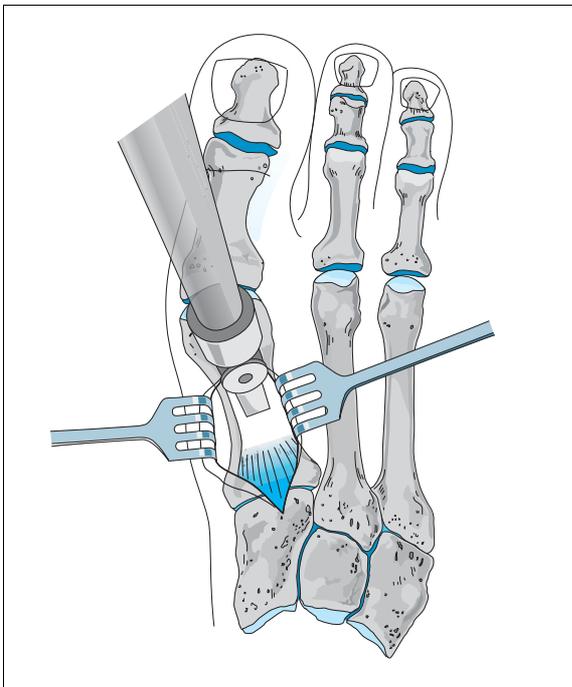


Abb. 8.22 Bei einem Intermetatarsalwinkel von mehr als $10-15^\circ$ wird die Basis des Os metatarsale I etwa 1 cm distal zum ersten Tarsometatarsalgelenk osteotomiert. Die Osteotomie kann bogenförmig oder als Schrägosteotomie mit lateralbasiger Keilentnahme erfolgen.

neiforme I (Abb. 8.22), das mit einem Skalpell deutlich getastet werden kann. Eine Osteotomie mit einem bogenförmigen Sägeblatt erhöht die Stabilität der inneren Fixierung und führt zu keiner Verkürzung des Os metatarsale I (Mann u. Coughlin 1992, Thordarson 1992). Bei der bogenförmigen Osteotomie wird der Sägeschnitt mit der Konkavität nach proximal angelegt. Das proximale Fragment wird mit einer scharfen Klemme oder mit einem Raspatorium in eine Varusstellung gebracht, das distale Fragment durch Kompression des Vorfußes achsensgerecht eingestellt. In dieser Stellung kann die Osteotomie durch eine Kleinfragment-Spongiosaschraube mit kurzem Gewinde stabilisiert werden, die von distal-dorsal nach proximal-plantar eingebracht wird (Abb. 8.23).

Wundverschluss. Mit 2–3 kräftigen, resorbierbaren Nähten im ersten Interdigitalraum wird medial die Kapsel des ersten Metatarsophalangealgelenks deutlich proximal zum Gelenkspalt gefasst. Lateral liegt die Naht im proximalen Anteil der Kapsel des Metatarsophalangealgelenks der zweiten Zehe. Der Metatarsus primus varus wird, evtl. zusätzlich zur Basisosteotomie, reponiert, wenn diese Nähte geknüpft werden. Anschließend wird die mediale Kapselinzision verschlossen, wobei sich durch die Naht der vertikalen Kapselinzision nach Resektion eines ausreichend breiten Kapselstreifens die Großzehe in der gewünschten Korrekturstellung einstellen muss. Durch die Richtung der Nähte kann auch die Pronation der Großzehe aufgehoben werden. Anschließend erfolgt der Hautverschluss mit unterbrochenen Nähten. Der Wundverband wird redressierend gewickelt, um die Großzehe in der Korrekturstellung zu halten und der häufig mit dem Hallux valgus verbundenen Pronation der Großzehe entgegenzuwirken.

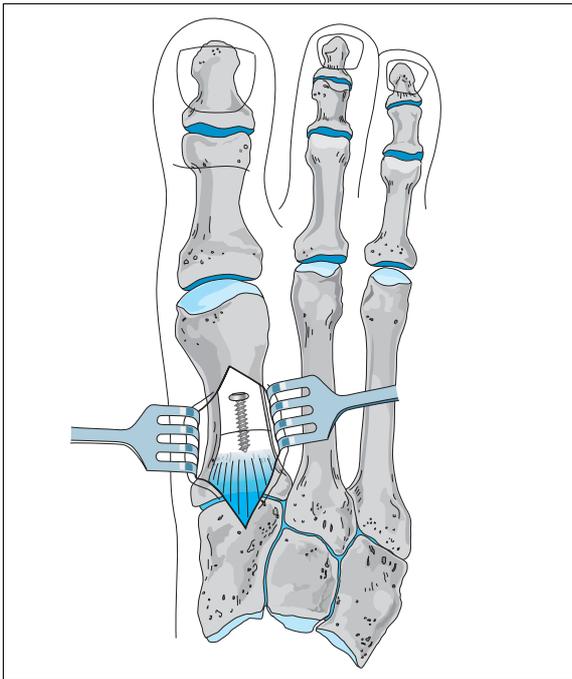


Abb. 8.23 Nachdem die Varusstellung des Os metatarsale I korrigiert wurde, wird die Osteotomie mit einer Schraube stabilisiert.

Nachbehandlung. Auch wenn die Osteotomie an der Basis des Os metatarsale I streng genommen biomechanisch nicht belastungsstabil ist, kommen ein Korrekturverlust oder eine Pseudarthrosenbildung unter Vollbelastung postoperativ praktisch nicht vor. Eine Fixierung im Gips ist daher nicht notwendig. Der Verbandsschuh wird bis 6 Wochen postoperativ beibehalten. Während dieser Zeit wird der Redressionsverband durch den Patienten täglich erneuert. Bestehen Zweifel an der Mitarbeit des Patienten, soll eine Hallux-valgus-Nachtschiene verordnet werden. Die Fädenentfernung erfolgt frühestens 14 Tage postoperativ. Nach einer Basisosteotomie kann die Schraube nach frühestens 3 Monaten entfernt werden.

Chevron-Osteotomie

Die Chevron-Osteotomie wird seit 1962 verwendet (Austin u. Leventeen 1981) und wurde zuerst von Corless (1976) und von Austin u. Leventeen (1981) beschrieben. Ihren Namen erhielt die Osteotomie nach den als Chevron bezeichneten, V-förmigen Militärabzeichen. Der Vorteil dieser geometrischen Anordnung liegt in der hohen Primärstabilität und in der relativ großen, knöchernen Kontaktfläche der Osteotomie. Das Metatarsale-I-Köpfchen, also das distale Fragment der Osteotomie, wird nach lateral verschoben und die medial am Metatarsale-I-Köpfchen gelegene Pseudoexostose abgetragen.

Indikation. Die Chevron-Osteotomie kommt bei leichten bis mittelschweren Deformitäten mit einem Hallux-valgus-Winkel von weniger als 30° in Betracht, bei dem keine wesentliche Inkongruenz im ersten Metatarsophalangealgelenk besteht. Beim Hallux valgus mit kongruentem ersten Metatarsophalangealgelenk ist die Gelenkfläche des Metatarsale-I-Köpfchens häufig nach lateral verkippt. Sie muss dann durch die Osteotomie anatomisch ausgerichtet werden. Ist der distale Gelenkflächenwinkel größer als 10° , wird daher mit der Osteotomie ein medialbasiger Keil entnommen, dessen Winkel in etwa der Kippung der Gelenkfläche entspricht. In aller Regel muss dann auch gleichzeitig die Gelenkkapsel medial verkürzt werden.

Technik. Der Hautschnitt wird medial mit Zentrum über der Pseudoexostose des Metatarsale-I-Köpfchens gelegt. Die Kapsel über der Pseudoexostose, die in der Regel verdickt und sklerosiert ist, wird dargestellt und L-förmig inzidiert. Dabei werden eine vertikale Kapselinzision etwas proximal zum Gelenkspalt und eine dorsale Längsinzision angelegt (Abb. 8.24). Die Kapsel muss besonders sorgfältig präpariert werden, wenn mit der Chevron-Osteotomie gleichzeitig eine mediale Kapselraffung erfolgen soll. Durch sparsame Eröffnung des Gelenks kann eine Rinne in der Gelenkfläche des Metatarsale-I-Köpfchens identifiziert werden, die die normale Gelenkfläche von der Pseudoexostose abgrenzt. Ausgehend von dieser Rinne wird die Pseudoexostose mit einem Meißel abgetragen. Dabei liegt die Meißelebene nicht genau parallel zur medialen Begrenzung der Metatarsale-I-Diaphyse, sondern etwas nach proximal medial geneigt, sodass distal mehr Knochen als proximal entfernt wird. Mit einem 2 mm Bohrer wird von medial ein Loch horizontal und zentral in das Metatarsale-I-Köpfchen gelegt (Abb. 8.25).

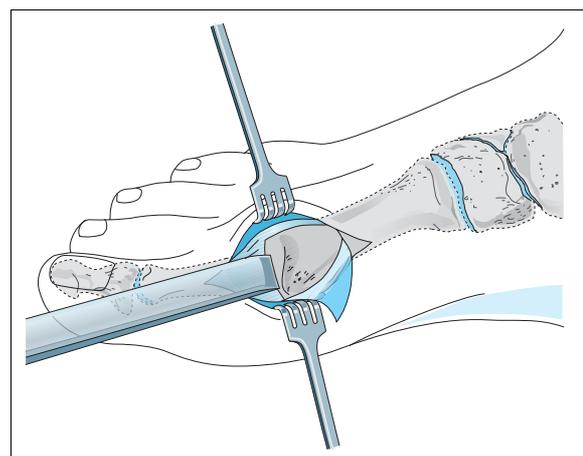


Abb. 8.24 Nach einem medialen Hautschnitt wird das Kapselgewebe L-förmig eröffnet. Die Pseudoexostose wird dargestellt und abgetragen.

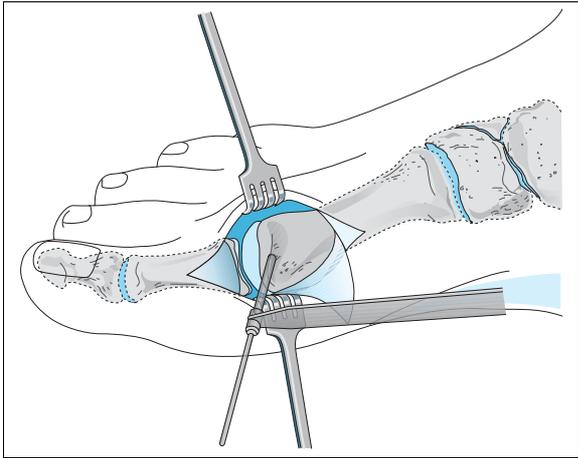


Abb. 8.25 Eine 2,0 mm Bohrung wird in das Zentrum des Metatarsale-I-Köpfchens eingebracht.

Mit einem kleinen Sägeblatt wird nun die biplanare, V-förmige Osteotomie angelegt. In der ursprünglichen Technik liegen die beiden Schenkel der Osteotomie symmetrisch in einem nach proximal geöffneten Winkel von 60°. In der Regel ist es jedoch für die anschließende Stabilisierung der Osteotomie vorteilhaft, wenn die plantare Osteotomie mehr horizontal und die dorsale Osteotomie mehr vertikal angelegt werden, wobei sich ein Winkel von knapp 90° zwischen beiden Osteotomien ergibt (Abb. 8.26). Dadurch wird zusätzlich die von plantar in das Metatarsale I-Köpfchen eintretende Blutzufuhr ge-

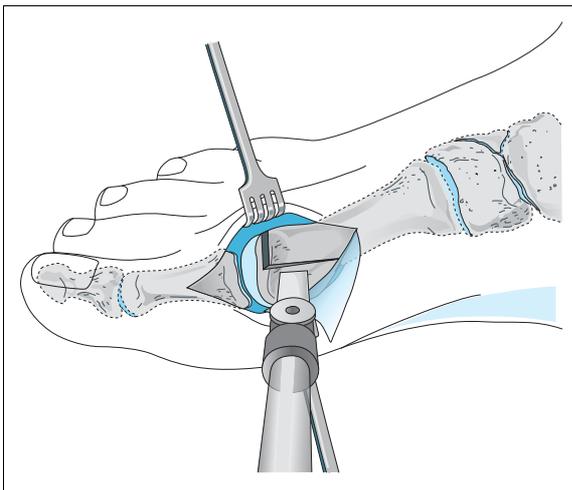


Abb. 8.26 Mit einem kleinen Sägeblatt werden 2 Osteotomien in das Metatarsale-I-Köpfchen gelegt, die sich in dem zentralen Bohrloch treffen. Dabei erfolgt die plantare Osteotomie mehr horizontal, die dorsale Osteotomie mehr vertikal. Gleichzeitig kann ein medialbasiger Keil an der dorsalen Osteotomie entnommen werden.

schont (Shereff 1987). Das Periost an der Lateralseite der Osteotomie muss ausreichend gelockert werden, um die anschließende Verschiebung des Köpfchens nach lateral zu ermöglichen. Soll mit der Osteotomie auch der distale Gelenkflächenwinkel korrigiert werden, wird ein Keil entsprechender Größe aus dem proximalen Fragment an der dorsal gelegenen Osteotomie entnommen. Dieses Verfahren ist allerdings nur auf 3–5° genau. Anschließend kann das Kopfsegment um etwa ein Drittel bis die Hälfte des Durchmessers nach lateral verschoben und ggf. gleichzeitig nach medial gedreht werden. Das Repositionsergebnis wird von einem Assistenten gehalten, während die Osteotomie von dorsal mit einer Kleinfragment-Kortikalisschraube fixiert wird (Abb. 8.27).

Nachbehandlung. Ein Verbandsschuh wird bis 6 Wochen postoperativ beibehalten. Während dieser Zeit wird der Redressionsverband durch den Patienten täglich erneuert. Bestehen Zweifel an der Mitarbeit des Patienten, soll eine Hallux-valgus-Nachtschiene verordnet werden. Die Fädenentfernung erfolgt frühestens 14 Tage postoperativ. Die Schraube kann nach frühestens 6 Monaten entfernt werden. Bei älteren Patienten verbleibt sie im Fuß, wenn sie keine Beschwerden verursacht.

Osteotomie der Grundphalanx

Diese Osteotomie wird auf Akin (1925) zurückgeführt. Durch eine mediale Hautinzision entfernte Akin die Pseudoexostose am Metatarsale-I-Köpfchen und einen Teil der Grundgliedsbasis. Nach keilförmiger Osteotomie wurde, unter leichter Innenrotation, die Großzehe ausgerichtet. Beim Wundverschluss wurde die Kapsel des Metatarso-

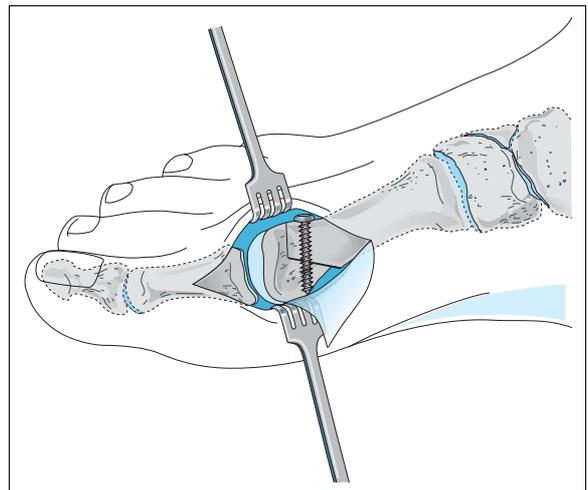


Abb. 8.27 Nachdem das Metatarsale-I-Köpfchen nach lateral versetzt und ggf. nach medial gekippt wurde, wird die Osteotomie mit einer von dorsal nach plantar eingebrachten Kleinfragment-Kortikalisschraube stabilisiert.

phalangealgelenks medial gerafft. Während manche Autoren den Eingriff beim Hallux valgus interphalangeus überwiegend als Einzeloperation einsetzen (Gebert u. Mitarb. 1974, Mann u. Coughlin 1992) verwenden andere Autoren (Mitchell u. Baxter 1991) die Osteotomie der Grundphalanx insbesondere in Kombination mit anderen Verfahren der Hallux-valgus-Korrektur. Am populärsten ist dieses Verfahren im südwesteuropäischen Raum (Barouk 1992, Lavigne 1974, Silbermann 1972).

Indikation. Die Osteotomie der Grundphalanx ist beim Hallux valgus interphalangeus indiziert. Das Ausmaß der Deformität kann mit dem Winkel zwischen den Tangenten der proximalen und der distalen Gelenkfläche der Grundphalanx gemessen werden. Alternativ kann auch der proximale Gelenkflächenwinkel zwischen der Schaftachse der Grundphalanx und der proximalen Gelenkfläche bestimmt werden. Dabei muss sichergestellt sein, dass die Großzehe bei der Röntgenaufnahme parallel zur Platte liegt, da die beschriebene Achsenabweichung im Röntgenbild durch Haltung der Großzehe in Plantarflexion oder Dorsalextension vorgetäuscht werden kann.

Operationstechnik. Der Hautschnitt erfolgt medial an der Großzehnbasis und reicht vom ersten Metatarsophalangealgelenk bis etwas distal zum Interphalangealgelenk. Die Inzision kann direkt bis auf den Knochen geführt werden. Das Interphalangealgelenk der Großzehe sollte nicht eröffnet werden. Der Knochen wird am Ort der vorgesehenen Osteotomie subperiostal freigelegt. Hohmann-Haken werden eingesetzt. Die Osteotomie erfolgt vorzugsweise mit einer oszillierenden Säge (Abb. 8.28). Der erste Sägeschnitt sollte etwa senkrecht zur Achse der Grundphalanx erfolgen, wobei die genaue Ebene in Anbetracht der geringen Größenverhältnisse schwer einzuschätzen sein kann.

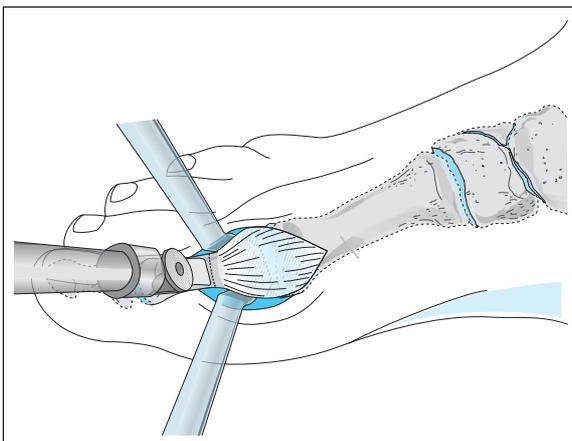


Abb. 8.28 Nach Einsetzen von Hohmann-Haken, durch die auch die lange Streck- und Beugesehen geschützt werden müssen, wird die Grundphalanx senkrecht zur Achse mit der Säge osteotomiert. Dabei wird das Großzehngrundgelenk nicht eröffnet.

Die zweite Osteotomie erfolgt proximal oder distal zum ersten Knochenschnitt, je nachdem wo mehr Platz ist. Der entnommene Knochenkeil entspricht der präoperativ auf dem Röntgenbild festgestellten Deformität, wobei eine Genauigkeit von allenfalls 3–5° zu erzielen ist. Wenn möglich soll das Periost auf der Lateralseite der Grundphalanx intakt belassen werden, damit es für einen Zuggurtungseffekt bei der Stabilisierung der Osteotomie zur Verfügung steht.

Bei Überlänge der Großzehe kann statt eines Keils auch ein trapezförmiges Knochenfragment entnommen werden. Da dann jedoch eine Stabilisierung mit einem lateralen Zuggurtungseffekt durch das Periost nicht mehr möglich ist, wird die Fixierung insgesamt weniger stabil. Von der meist rein kosmetisch gestellten Indikation zur Verkürzung der Großzehe sollte daher eher Abstand genommen werden. Zur Stabilisierung der Osteotomie werden kleine Bohrlöcher in die Medialeseite des proximalen und des distalen Fragments gesetzt (Abb. 8.29). Durch diese Löcher wird ein kräftiger, resorbierbarer Faden gelegt. Beim Knüpfen des Fadens schließt sich die Osteotomie und bleibt stabil, wenn das Periost auf der Lateralseite der Grundphalanx erhalten ist. Es werden 1–2 Nähte verwendet. Drähte (Collow u. Weitz 1967) und Schrauben (Magerl 1982) sind weniger vorteilhaft, da sie im Körper verbleiben. Zur Stabilisierung der Osteotomie wurde eine spezielle Knochenklammer, der sog. Memory-Staple (Barouk 1992), entwickelt. Bei dieser Klammer kommt es nach Implantation zu einer Annäherung der beiden Enden, sodass die Osteotomie auch an der Lateralseite der Grundphalanx komprimiert wird. Der Wundverschluss erfolgt ein- bis zweischichtig. Wurde gleichzeitig mit der Osteotomie die Pseudoexostose entfernt, wird die Kapsel des Metatarsophalangealgelenks unter leichter Verkürzung durch resorbierbare Einzelknopfnähte verschlossen.

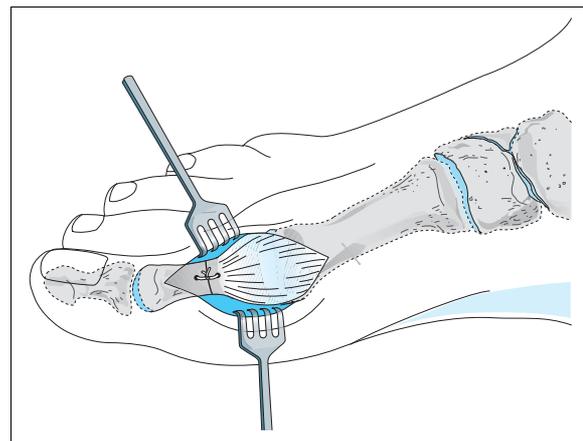


Abb. 8.29 Nach Entnahme eines medialbasigen Keils wird die Osteotomie mit einem kräftigen Faden fixiert, der durch Bohrlöcher im proximalen und im distalen Fragment gelegt wird.

Nachbehandlung. Mobilisation unter Vollbelastung in einem Verbandsschuh mit starrer Sohle ist noch am Operationstag möglich. Der Redressionsverband wird in den ersten 2 Wochen nach der Operation regelmäßig gewechselt. In dieser Zeit wird mit aktiven und passiven Mobilisationsübungen des Metatarsophalangealgelenks begonnen. Die Wundfäden werden 14 Tage postoperativ entfernt. Redressionsverband und Verbandsschuh werden bis 6 Wochen nach der Operation beibehalten.

Resektionsarthroplastik

Die Debasierung der Grundphalanx wurde zunächst von Riedel (1886) und Rose (Heubach 1897) zur Behandlung des Hallux valgus eingesetzt. Später wurde die Resektionsarthroplastik insbesondere in den Jahren 1904 und 1912 von Keller (1904, 1912) und im Jahre 1929 von Brandes (1929) popularisiert. Diese Operation wird daher auch als Keller-Brandes-Operation bezeichnet.

Indikation. Die Resektionsarthroplastik ist das Operationsverfahren der Wahl beim Hallux valgus des älteren Menschen. Rekonstruktive Verfahren, wie Osteotomien oder Weichteileingriffe, sind im allgemeinen ab dem 60.–65. Lebensjahr nicht mehr indiziert. Die geringere, biologische Regenerationskraft führt im höheren Alter bei diesen Verfahren häufig zu einer überlangen Rehabilitationszeit und zu einer dauerhaft verminderten Beweglichkeit des Metatarsophalangealgelenks. Obwohl die Kraftentwicklung der Großzehe bei der Abrollbewegung nach der Resektionsarthroplastik deutlich vermindert ist, genügt die Restfunktion in der Regel den verminderten Ansprüchen älterer Menschen. Bei jüngeren Patienten kommt die Resektionsarthroplastik nur in Ausnahmefällen in Betracht. Liegt bei Patienten unter 60 Jahren mit einem

Hallux valgus bereits eine Arthrose des Metatarsophalangealgelenks vor, ist eher eine Arthrodesis als eine Resektionsarthroplastik indiziert.

Operationstechnik. Der Hautschnitt erfolgt medial und reicht von proximal der Pseudoexostose bis zur Höhe des Interphalangealgelenks der Großzehe. Der Schnitt reicht bis zur Subkutis, jedoch nicht durch das meist stark verdickte Periost- und Bursagewebe auf der Pseudoexostose. Möglichst dicke Hautlappen werden nach plantar und nach dorsal präpariert, bis das auf der Pseudoexostose befindliche Gewebe und die Kapsel des Metatarsophalangealgelenks dargestellt sind. Eine zu oberflächliche Präparation der Haut gefährdet deren Durchblutung und damit die postoperative Wundheilung. Zur Interposition eines Gewebestreifens wird unter Retraktion der Hautränder ein distal gestielter Kapsellappen präpariert (Abb. 8.30), indem zunächst zwei horizontale Schnitte in einem Abstand von 1–1 cm durch das verdickte Gewebe auf der Pseudoexostose direkt bis auf den Knochen gelegt werden. Diese werden etwas proximal zur Pseudoexostose miteinander verbunden. Der so entstehende Gewebelappen wird direkt auf dem Knochen nach distal präpariert. Dies ist im Bereich der Pseudoexostose selbst meist relativ unproblematisch. Distal zum Metatarsophalangealgelenk wird das periostale Gewebe jedoch deutlich dünner, sodass der Gewebelappen hier leicht vollständig abgelöst wird.

Der Sägeschnitt selbst erfolgt dann 1 cm distal zum Metatarsophalangealgelenk, was in der Regel etwa der Grenze zwischen dem proximalen und dem mittleren Drittel der Grundphalanx entspricht (Abb. 8.31). Die Osteotomie liegt senkrecht zur knöchernen Achse der Grundphalanx. Die resezierte Grundgliedbasis wird vollständig

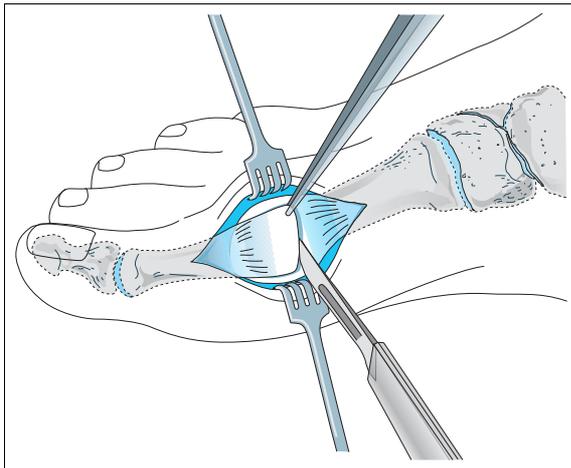


Abb. 8.30 Unter Retraktion der Hautränder wird ein distal gestielter Lappen aus Bursa- und Kapselgewebe von der Pseudoexostose präpariert, dessen Basis an der Grundphalanx verbleibt.

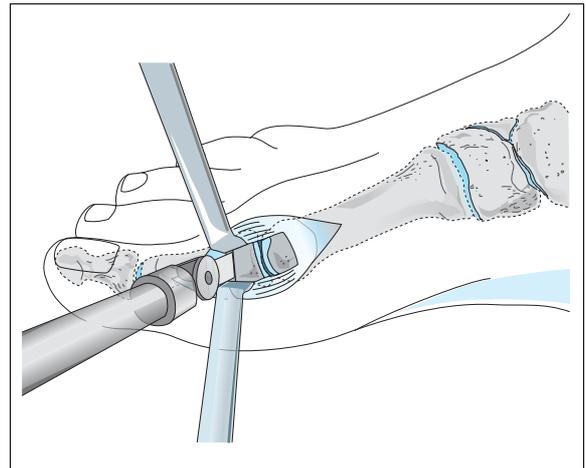


Abb. 8.31 Hohmann-Haken werden um die Grundphalanx gelegt, wobei die lange Strecksehne und die lange Beugesehne außerhalb der Haken liegen müssen. Mit der Säge wird senkrecht zur Achse etwa das proximale Drittel der Grundphalanx reseziert, sodass eine Fingerspitze bequem in den Resektionsspalt passt.

vom umgebenden Weichteilgewebe befreit und entfernt. Dabei müssen insbesondere die kräftigen Insertionen der kurzen Großzehenbeuger plantar an der Grundgliedbasis gelöst werden.

Die Pseudoexostose wird mit einem Meißel reseziert. Die Resektion erfolgt vorzugsweise von distal nach proximal, wobei der Meißel zunächst in der Rinne, die regelmäßig zwischen der normalen Gelenkfläche des Metatarsale-I-Köpfchens und der Pseudoexostose ausgebildet ist, angesetzt wird und nach proximal auf die mediale Begrenzung der Metatarsale-I-Diaphyse gerichtet wird. Die Osteotomieflächen werden mit einem Luer etwas nachgeglättet.

Der distal gestielte Weichteillappen wird nun an seinem proximalen Ende mit einer dünnen, resorbierbaren Naht gefasst und durch den Resektionspalt an der lateralen Kapsel des Metatarsophalangealgelenks verankert. Hierzu reichen 1–2 Nähte aus. Zur Stabilisierung kann ein 1–1,5 mm dicker Kirschner-Draht in die Großzehe eingebracht werden (Fitzgerald u. Wilkinson 1981, Radke 1976, Thomas 1962, Vallier 1991) (Abb. 8.32). Dieser wird am besten mit einer Bohrmaschine zunächst von proximal in die Resektionsfläche an der Grundphalanx eingebracht und bis durch die Großzehenspitze vorgetrieben. Anschließend wird der Draht an seinem distalen Ende gefasst und nach proximal durch das Metatarsale-I-Köpfchen und etwa bis zur Mitte des Metatarsale-I-Schaftes gebohrt. Von vielen Autoren wird jedoch auf eine Drahtfixation verzichtet. Dann sollte postoperativ besonderen Wert auf eine Redression der Großzehe im Verband gelegt werden.

Die Kapsel wird mit kräftigen, resorbierbaren Nähten verschlossen. Wurde ein Weichteillappen entnommen, kann die Kapsel auf der Resektionsfläche an der Pseudoexostose meist weitgehend verschlossen werden. Andern-

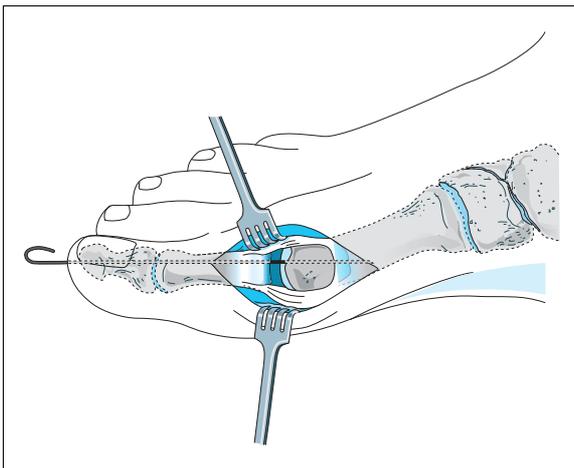


Abb. 8.32 Nachdem der Weichteillappen in den Resektionspalt interponiert wurde, wird mit einem längs durch die Großzehe in das Os metatarsale I verlaufenden Kirschner-Draht fixiert.

falls sollte versucht werden, die plantare und dorsale Begrenzung des Weichteillappens mit dem Periost des Metatarsale I zumindest teilweise unter leichter Verkürzung zu nähen, damit die Großzehenstellung durch diese Weichteilraffung zusätzlich korrigiert wird. Der Hautverschluss erfolgt ebenfalls mit unterbrochenen Nähten.

Nachbehandlung. Schwellungszustände bei und nach Belastung können trotzdem noch über 1–2 Monate postoperativ andauern. Da der Autor zur Stabilisierung einen axialen Draht durch die Großzehe verwendet, wird auf einen Redressionsverband verzichtet. Der Draht und die Wundfäden werden nach 14 Tagen entfernt. Anschließend führt der Patient regelmäßig und selbstständig passive Bewegungsübungen der Großzehe durch. Eine Hallux-valgus-Nachtschiene soll über etwa 6 Monate nach der Operation getragen werden.

Arthrodesse des Metatarsophalangealgelenks

Bei der Arthrodesse des Großzehengrundgelenks bleibt die Abstoßfunktion der Großzehe wenigstens teilweise erhalten. Obwohl die Beweglichkeit des Großzehengrundgelenks bei diesem Verfahren geopfert wird, ist die Arthrodesse also im Vergleich zur Resektionsarthroplastik das funktionellere Verfahren.

Indikation. Beim jungen Patienten mit einem Hallux valgus liegen in der Regel noch keine wesentlichen, arthrotischen Veränderungen am Metatarsophalangealgelenk vor, sodass gelenkerhaltenden Verfahren der Vorzug gegeben wird. Diese Verfahren bewahren nicht nur die Gelenkfunktion, sondern auch die normale Länge der Großzehe. Beim älteren Menschen, in der Regel jenseits des 60. Lebensjahres, ist beim Hallux valgus eher die relativ einfache Resektionsarthroplastik anstelle einer Arthrodesse des Großzehengrundgelenks indiziert.

Ein vergrößerter Intermetatarsalwinkel wird nach klinischen Beobachtungen (Coughlin 1990, Harrison u. Harvey 1963, Lipscomb 1979, Mann u. Katchurian 1989, McKeever 1952) durch die Arthrodesse des Großzehengrundgelenks weitgehend korrigiert, sodass eine gleichzeitige Osteotomie an der Basis des Metatarsale I nicht notwendig ist. Für diese Korrektur dürfte die Tatsache verantwortlich sein, dass der M. adductor hallucis bei versteiftem Großzehengrundgelenk das Metatarsale I nach lateral zieht.

Operationstechnik. Der Hautschnitt liegt dorsal mit Zentrum über dem Metatarsophalangealgelenk. Ist eine Stabilisierung mit einer dorsalen Drittelrohrplatte geplant, reicht der Schnitt distal bis knapp über das Interphalangealgelenk und entsprechend weit nach proximal. Die lange Strecksehne wird dargestellt und nach lateral oder auch nach medial retrahiert. Der Schnitt kann dann durch das Periost und durch die Kapsel des Metatarsophalangealgelenks direkt bis auf den Knochen geführt werden. Das Metatarsale-I-Köpfchen und die Grundgliedbasis werden

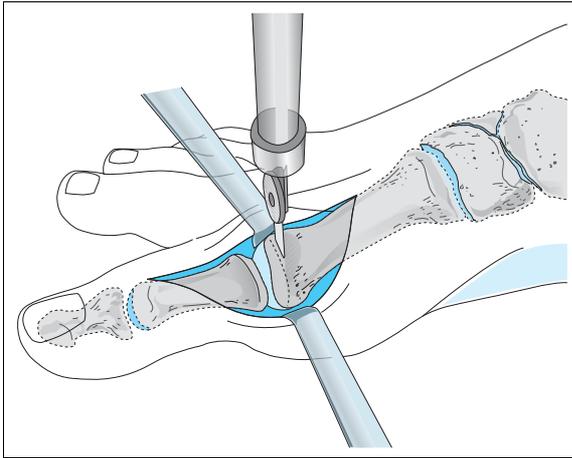


Abb. 8.33 Die Osteotomie am Metatarsale-I-Köpfchen wird in einem Valguswinkel von etwa 10° angelegt. In der Sagittalebene liegt die Osteotomie in einer Ebene ungefähr senkrecht zur Fußsohle. Dabei wird so wenig Knochen wie möglich entfernt.

sparsam subperiostal freipräpariert und mit Hohmann-Haken dargestellt. Eine übermäßige Ablösung der Weichteile vom Knochen soll unterbleiben, um die postoperative Knochenheilung nicht zu behindern. Osteophyten, die an der Dorsalkante des Metatarsale-I-Köpfchens und der Grundphalanx regelmäßig anzutreffen sind, werden mit einem Meißel oder mit dem Luer entfernt. Häufig finden sich osteophytäre Auftreibungen auch an der Lateralseite des Metatarsale-I-Köpfchens, die ebenfalls entfernt werden müssen. Die zerstörte Gelenkfläche des Metatarsale-I-Köpfchens ist nun einsehbar, sodass zunächst die Osteotomien geplant werden können.

Die Großzehe muss so eingestellt werden, dass sie beim Abrollen des Fußes Belastung aufnimmt, beim Gehen aber nicht im Schuh drückt. Dazu ist eine leichte Dorsalextension erforderlich, und zwar relativ zur Ebene des Bodens, also zur Fußsohle. Der Arthrodesenwinkel zwischen der Grundphalanx und dem Metatarsale I ist größer als der Winkel zwischen der Großzehe und der Fußsohle, da das Metatarsale I unter physiologischen Verhältnissen nach distal-plantar geneigt ist. Das Metatarsale I ist als Bezugsachse zur Ausrichtung der Arthrodesen weniger geeignet, da dessen Position individuell variiert, abhängig von der Ausprägung des Fußlängsgewölbes. Außerdem muss beachtet werden, dass die Grundphalanx metaphysär deutlich dicker ist als im Bereich der Diaphyse. Die Ausrichtung der Dorsalfläche der Grundphalanx entspricht daher nicht seiner Schaftachse. Die Dorsalflächen des Os metatarsale I und der Grundphalanx sind bei richtiger Arthrodesenposition nur wenig gegeneinander angewinkelt. Der Winkel zwischen der Großzehe und der Fußsohle zu bestimmen. Dieser Winkel soll 10° – 15° Dorsalextension betragen. Bei Frauen, die Schuhwerk mit höheren Absätzen bevorzugen, kann der Winkel auch auf bis zu 20° vergrößert werden.

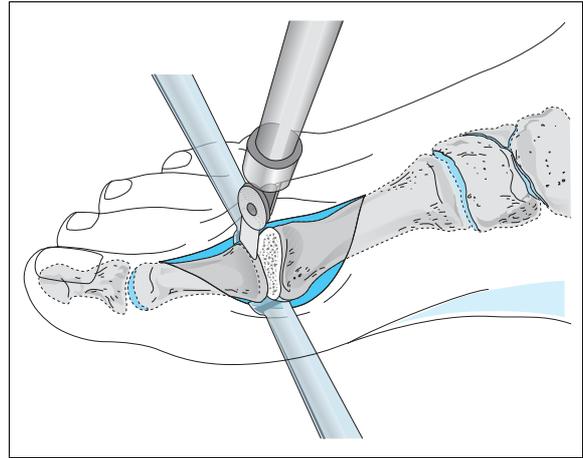


Abb. 8.34 Während die Großzehe in der gewünschten Arthrodesenposition gehalten wird, erfolgt die Osteotomie an der Grundphalanx parallel zum Sägeschnitt am Metatarsale-I-Köpfchen. Auch an der Grundphalanx muss so sparsam wie möglich reseziert werden.

Der Winkel zwischen den Achsen der Grundphalanx und des Os metatarsale I beträgt bei positionsgerechter Arthrodesen zwischen 15° und 30° , der Winkel zwischen den knöchernen Rückflächen der Grundphalanx und des Metatarsale I 0° – 15° . Die Valgusposition der Grundphalanx zum Os metatarsale I soll etwa 10° betragen, wobei Werte zwischen 5° und 30° angegeben wurden (Coughlin 1990). Die Rotation der Großzehe wird neutral eingestellt.

Die proximale Osteotomie wird in einem Valguswinkel von etwa 10° zur Senkrechten des Os metatarsale-I-Schaftes angelegt (Abb. 8.33). In der Sagittalebene liegt die Osteotomie in einer Ebene ungefähr senkrecht zur Fußsohle. Vorzugsweise wird eine oszillierende Säge verwendet. Dabei darf nur soviel Knochen entfernt werden, dass gerade eben eine ausreichend große, plane Osteotomiefläche entsteht. Fällt die Knochenresektion zu großzügig aus, wird die Großzehe durch die Operation zu sehr verkürzt. Sorgfältig ist darauf zu achten, dass die lange Beugesehne der Großzehe beim Sägen durch Hohmann-Haken geschützt ist. Das resezierte Fragment des Metatarsale-I-Köpfchens wird mit einem Meißel vollständig herausgelöst und entfernt.

Der Operateur fasst die Großzehe mit einer Hand und stellt sie in die gewünschte Arthrodesenstellung ein. Die Grundphalanx wird nun parallel zur Osteotomie am Metatarsale-I-Köpfchen osteotomiert (Abb. 8.34), vorzugsweise wiederum mit einer oszillierenden Säge. Auch an der Grundphalanx muss so sparsam wie möglich reseziert werden, die lange Beugesehne ist ebenfalls sorgfältig zu schonen. Das Resektat wird vollständig herausgelöst, wobei ggf. auch die kräftigen Insertionen der kurzen Beugesehne plantar an der Grundgliedbasis durchtrennt werden müssen. Die Arthrodesen wird nun vorübergehend mit 2 Kirschner-Drähten fixiert,

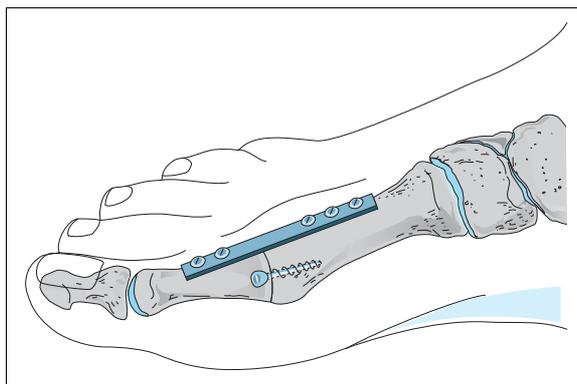


Abb. 8.35 Die Arthrodesis wird mit einem dorsal angelegten Plättchen und einer zusätzlichen Zugschraube stabilisiert.

Zur vorübergehenden Stabilisierung der Arthrodesis können 2 Kirschner-Drähte verwendet werden. Sie müssen so eingebracht werden, dass sie die Platte und die Schrauben später nicht behindern. Bei korrekter Position der Arthrodesis muss die Platte im Bereich der Arthrodesis in der Regel um weniger als 10° nach dorsal gebogen werden (Abb. 8.35). Die Biegung der Platte soll etwas geringer sein als der Winkel der Auflageflächen an der Grundphalanx und am Metatarsale-I-Köpfchen. Dadurch erreicht man eine zusätzliche Kompression auf der Plantarseite der Arthrodesis. Bei der angestrebten, leichten Valgusposition der Arthrodesis liegt die Platte distal etwas medial und im Arthrodesenbereich etwas lateral zur Knochenmitte. Drittel- und Viertelrohrplatten sind gleichermaßen gut geeignet. Normale Kleinfragmentplatten tragen zu sehr auf dem Knochen auf und können zu Problemen bei der Wundheilung führen. Nach Entfernung der temporären Kirschner-Drähte wird, zusätzlich zur Drittelrohrplatte, eine Kleinfragmentschraube als Zugschraube von distal nach proximal, entweder lateral oder medial an der Grundphalanx, eingebracht. Da die Kortikalis proximal an der Grundphalanx meist recht dünn ist, sollte ein Kopfraumborner verwendet werden, um eine Aufsplitterung des Knochens zu verhindern.

Beim Wundverschluss werden das Periost und die Scheide der Extensorensehne in einem vernäht, wobei auf die unbehinderte Beweglichkeit der langen Extensorensehne geachtet werden muss. Der Hautverschluss erfolgt mit unterbrochenen Nähten.

Nachbehandlung. Der Patient kann unmittelbar postoperativ unter Vollbelastung in einem Verbandsschuh mit starrer Sohle mobilisiert werden. Die Wundheilung muss besonders sorgfältig beobachtet werden, da insbesondere bei Revisionseingriffen und wegen der etwas aufragenden Platte die Durchblutung der Wundränder eingeschränkt sein kann. Die Fäden können frühestens nach 14 Tagen postoperativ entfernt werden. Der Verbandsschuh wird bis 6 Wochen postoperativ beibehalten.

Literatur

- Akin, O.F. (1925): The treatment of hallux valgus: a new operative procedure and its results. *Med Sentinel* 33: 678
- Antrobus, J.N. (1984): The primary deformity in hallux valgus and metatarsus primus varus. *Clin orthop* 184: 251
- Austin, D.W., E.O. Leventeen (1981): A new osteotomy for hallux valgus. *Clin orthop* 157: 25
- Barnicot, N.A., R.H. Hardy (1955): The position of the hallux in West Africans. *J anat* 89: 355
- Barouk, L.S. (1992): Osteotomies of the great toe. *J Foot Surg* 31: 388
- Berntsen, M.A. (1930): De l'hallux valgus: Contribution à son étiologie et à son traitement. *Revue d'Orthopédie* 17: 101
- Boebel, A., K. Wolff (1960): Über die Beziehung zwischen Großzehenlänge und Hallux valgus. *Z Orthop* 93: 254
- Brandes, M. (1929): Zur operativen Therapie des Hallux valgus. *Zbl Chir* 56: 2434
- Collof, B., E.M. Weitz (1967): Proximal phalangeal osteotomy in hallux valgus. *Clin orthop* 54: 105
- Corless, J.R. (1976): A modification of the Mitchell procedure. *J Bone Joint Surg* 55B: 138
- Coughlin, M.J. (1990): Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint with minifragment plate fixation. *Orthopedics* 13: 1037
- Courriades, H. (1971): L'hypermobilité du premier rayon. *Podologie* 6: 146
- Craigmile, D.A. (1953): Incidence, origin and prevention of certain foot defects. *Br Med J* 2: 749
- Debrunner, H.U. (1987): *Orthopädische Diagnostik*. Stuttgart, Thieme
- Dederich, R. (1992): Bewährte Operationen am Fuß. *Z Orthop* 130: 323
- Donick, I.I., S.J. Berlin, L.D. Block, A.J. Costa, J.S. Fox, V.J. Martorana (1980): An approach for hallux valgus surgery-Fifteen year review. Part I *J Foot Surg* 19: 113
- Durman, D.C. (1957): Metatarsus primus varus and hallux valgus. *Arch Surg* 74: 128
- DuVries, H.L. (1959): *Surgery of the foot*. St. Mosby, Louis: 381
- Eulert, J., H. Mau (1986): Der Hallux valgus: Klinisches und röntgenologisches Bild. In *Anonymous Hallux valgus*. Springer, Berlin: 45.
- Ewald, P. (1912): Die Ätiologie des Hallux valgus. *Dtsch Z Chir* 114: 90
- Fitzgerald, J.A.W., J.M. Wilkinson (1981): Arthrodesis of the metatarsophalangeal joint of the great toe. *Clin orthop* 157: 70
- Gerbert, J., E. Spector, J. Clark (1974): Osteotomy procedures on the proximal phalanx for correction of a hallux deformity. *J AM Podiat Assn* 64: 617
- Girdlestone, G.R. (1936): Hallux valgus and rigidus. *Br Med J* 20: 894
- Glynn, M.K., J.B. Dunlop, D. Fitzpatrick (1980): The Mitchell distal metatarsal osteotomy for hallux valgus. *J Bone Joint Surg* 62B: 188
- Haines, R.W., A. McDougall (1954): The anatomy of hallux valgus. *J Bone Joint Surg* 36-Br: 272
- Hardy, R.H., J.C.R. Clapham (1951): Observations on hallux valgus. *J Bone Joint Surg* 33 B: 376
- Hardy, R.H., J.C.R. Clapham (1952): Hallux valgus. Predisposing anatomical causes. *Lancet* 1: 1180
- Harris, R.I., T. Beath (1949): The short first metatarsal: its incidence and clinical significance. *J Bone Joint Surg* 31A: 553
- Harrison, M.H., F.J. Harvey (1963): Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint for hallux valgus and rigidus. *J Bone Joint Surg* 45A: 471
- Heubach, F. (1897): Über Hallux valgus und seine operative Behandlung nach Edm. Rose. *Dtsch Z Chir* 46: 210

- Hiss, J.M. (1931): Hallux valgus: its cause and simplified treatment. *Am J Surg* 11: 51
- Hohmann, G. (1951): Fuß und Bein. Bergmann, München: 145
- Kalmus, R. (1931): Beitrag zur Frage nach der Entstehungsursache des Hallux valgus. *Arch Orthop* 30: 85
- Keller, W.L. (1904): The surgical treatment of bunions and hallux valgus. *NY Med J* 80: 741
- Keller, W.L. (1912): Further observations on the surgical treatment of hallux valgus and bunions. *NY Med J* 95: 696
- Kilmartin, T.E., R.L. Barrington, W.A. Wallace (1991): Metatarsus primus varus, a statistical study. *J Bone Joint Surg* 73 B: 937
- Kirsch, K. (1978): Vermeidbare Fehler bei der Hallux valgus-Operation nach Brandes. *Z Orthop* 116: 196
- Klaue, K., S. T. Hansen, A.C. Masquelet (1994): Clinical, quantitative assessment of first tarsometatarsal mobility in the sagittal plane and its relation to hallux valgus deformity. *Foot Ankle* 15: 9
- Lapidus, P.W. (1934): Operative correction of metatarsus varus primus in hallux valgus. *Surg Gynecol Obstet* 58: 183
- Lavigne, P. (1974): L'ostéotomie de la première phalange dans le traitement de l'hallux valgus. *Ann Orthop Quest* 6: 11
- Lelièvre, J. (1967): Pathologie du pied. Paris: 462
- Lipscomb, P.R. (1979): Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint for severe bunions and hallux rigidus. *Clin orthop* 142: 48
- Lundberg, B.J., T. Sulja (1972): Skeletal parameters in the hallux valgus foot. *Acta orthop scand* 43: 576
- MacLennan, R. (1966): Prevalence of hallux valgus in a neolithic New Guinea population. *Lancet* 1: 1398
- Magerl, F. (1982): Stabile Osteotomien zur Behandlung des Hallux valgus. *Orthopäde* 11: 170
- Mann, R.A. (1993): Distaler Weichteileingriff und proximale Metatarsaleosteotomie. In *Anonymous Vorfußdeformitäten*. Springer, Berlin: 285
- Mann, R.A., M.J. Coughlin (1992): Adult hallux valgus. In *Anonymous Surgery of the foot and ankle*. Mosby, St. Louis: 167
- Mann, R.A., D.A. Katchurian (1989): Relationship of metatarsophalangeal joint fusion to the intermetatarsal angle. *Foot Ankle* 10: 8
- McBride, E.D. (1928): A conservative operation for bunions. *J Bone Joint Surg* 10: 735
- McKeever, D.C. (1952): The McBride of the first metatarsophalangeal joint for hallux valgus, hallux rigidus and metatarsus primus varus. *J Bone Joint Surg* 34: 129
- Mitchell, L.A., D.E. Baxter (1991): A Chevron-Akin double osteotomy for correction of hallux valgus. *Foot Ankle* 12: 7
- Morton, D.J. (1928): Hypermobility of the first metatarsal bone: The interlinking factor between metatarsalgia and longitudinal arch strains. *J Bone Joint Surg* 10-A: 187
- Morton, D.J. (2000): *The human foot*. Columbia University Press. New York. (GENERIC) Ref Type: Newspaper
- Nilsson, H. (1930): Hallux rigidus and its treatment. *Acta orthop scand* 1: 295
- Olszewski, W. (1976): Eine neue Modifikation zur operativen Behandlung der schweren Formen des Hallux valgus. *Beitr. Orthop.u.Traumatol.* 23: 376
- Piggott, H. (1960): The natural history of hallux valgus in adolescence and early adult life. *J Bone Joint Surg* 42 B: 749
- Radke, J. (1976): Technik und Indikation der Operation nach Brandes aufgrund von Spätergebnissen. *Orthop Praxis* 12: 372
- Ramach, W.S.G. (1981): Die Fußform als ätiologischer Faktor von Hallux valgus und Hallux rigidus. In Murri, A.: *Der Fuß*. Lit. Med. Verlagsgesellschaft, Uelzen: 59
- Riedel (1886): Operative Behandlung des Hallux valgus. *Zbl Chir* 13: 753
- Sandelin (1924): Über Hallux valgus und die von dieser Affektion bedingte Verunstaltung des Fußes und die Behandlung. *Acta Chir Scand* 56: 1
- Schede, F. (1923): Zur Technik der Plattfußbehandlung. *Arch orthop Unf-Chir* 21: 473
- Schede, F. (1927): Hallux valgus, Hallux flexus und Fußsenkung. *Z Orthop* 48: 564
- Shereff, M.J. (1987): Extraosseus and intraosseus arterial supply to the first metatarsal and metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle* 8: 81
- Silberman, F. (1972): Proximal phalangeal osteotomy for the correction of hallux valgus. *Rev Chir Orthop* 85: 98
- Silver, D. (1923): The operative treatment of hallux valgus. *J Bone Joint Surg* 5: 225
- Steinböck, G. (1993): Pathogenese des Hallux valgus. In Wirth, C.J.: *Vorfußdeformitäten*. Springer, Berlin: 187
- Thomas, F.B. (1962): Keller's arthroplasty modified. A technique to ensure post-operative distraction of the toe. *J Bone Joint Surg* 44-B: 356
- Thordarson, D.B. (1992): Hallux valgus correction with proximal metatarsal osteotomy: two-year follow-up. *Foot Ankle* 13: 321
- Truslow, W. (1925): Metatarsus primus varus or hallux valgus? *J Bone Joint Surg* 7: 98
- Vallier, G.T. (1991): The Keller resection arthroplasty: a 13 year experience. *Foot Ankle* 11: 187
- Viladot, A. (1993): Der sog. Standardvorfuß. In Wirth C.J.: *Vorfußdeformitäten*. Springer, Berlin: 13
- Volkman, R. (1856): Über die sogenannte Exostose der großen Zehe. *Virchows Arch Pathol Anat* 10: 297
- Wanivenhaus, A.H. (1988): Basal osteotomy of the first metatarsal for the correction of metatarsus primus varus associated with hallux valgus. *Foot Ankle* 8: 337
- Weber, A. (1975): Ergebnisse der operativen Korrektur des Hallux valgus beim jungen Patienten. *Z Orthop* 113: 1011
- Wells, L.H. (1931): The foot of the South African native. *Am J Phys Anthropol* 15: 185
- Witt, A.N. (1967): Über die Ursachen von Mißerfolgen bei den Hallux valgus- und Hallux rigidus-Operationen. *Z Orthop* 102: 606
- Wülker, N. (1991): Erkrankungen an den Sesambeinen der Großzehe. *Z Orthop* 129: 431
- Zhuber, K.S.M. (1977): Behandlung des Hallux valgus bei Metatarsus primus varus. *Z Orthop* 115: 16