

In diesem Abschnitt soll analog zu den übrigen Bänden der Reihe die detaillierte Anwendung der verschiedenen Therapieformen beschrieben werden.

6.1 Konservative Therapiemethoden beim Spitzfuß und beim Hängefuß

Krankengymnastik/Physiotherapie

Vor Einleitung der Therapie hat die Krankengymnastik die Aufgabe einer genauen Befunderhebung. Diese umfasst nicht nur den lokalen Status, sondern besonders bei den neurologisch verursachten Fußdeformitäten auch die allgemeine muskuläre und koordinative Funktion des Patienten (Atkinson 1986). Die einzuschlagende Therapie wird zusammen mit dem Arzt festgelegt.

Die krankengymnastische Behandlungstechnik beim Spitzfuß besteht in der lokalen Muskeldehnung und Kontrakturbehandlung der Wadenmuskulatur sowie in der Tonisierung der Fußhebemuskeln und in der Verbesserung der Gangfunktion. Wegen der engen Verknüpfung des Spitzfußes mit den proximalen Gelenkabschnitten müssen bei entsprechender Muskelverkürzung (Hüft- und Kniegelenksbeuger) auch diese mit in den Behandlungsplan integriert werden. Gerade bei neurologische Erkrankungen kommen zusätzlich Techniken der Fazilitation und Inhibition sowie der Reflexlokomotion zum Einsatz (Bobath, Vojta, PNF; Atkinson 1986; Scrutton 1984).

Die Ausgangsstellung für die Dehnung der Wadenmuskulatur besteht in einer Verriegelung des unteren Sprunggelenks unter Inversion und einer Kniebeugestellung zur Entspannung der Gastroknemius-Ursprünge. Die Ferse wird mit der einen Hand umfasst, die andere sichert das Kniegelenk. Unter Dorsalflexionsstellung des oberen Sprunggelenkes wird das Kniegelenk langsam gestreckt, wodurch es zu einem Anspannen der Gastroknemius-Muskulatur kommt. Die Dehnung sollte langsam, nicht ruckartig vorgenommen und mehrfach wiederholt werden (Abb. 6.1). Beim Vorliegen eines zusätzlichen Vorfußspitzfußes muss der Vorfuß gegen den Rückfuß in einem Dreipunkte-Manöver aufgedehnt werden. Techniken der postisometrischen Relaxierung können unterstützend wirken.

Die Tonisierung der Fußhebemuskulatur kann entweder isoliert oder besser über die Ketteninnervation in der PNF-Technik oder unter Ausnutzen der Beugeschablone vorgenommen werden. Nach Muskeltranspositionsoperationen sollte für die ersten 8 Wochen nur aktiv assistiv geübt werden. Erst nach dieser Zeit sind bei ausreichender Kraft auch dosierte Widerstandsübungen gestattet, um eine Elongation des Transfers zu verhindern.

Bei der Behandlung des Hackenfußes muss neben der Verbesserung der passiven und aktiven Plantarflexion stets auch eine Tonisierung der Hüft- und Kniestreckmuskulatur in den Behandlungsplan miteinbezogen werden. Die Gehschulung ist ebenfalls Teil des Behandlungsplans. Bei unzureichender Kraft der Plantarflexoren und insbesondere nach operativem Muskel-



Abb. 6.1. Typische Griffe für eine sachgerechte Dehnung der Wadenmuskulatur und des Vorfußes sowie der langen Zehenbeuger

ersatz stellt der korrekte Einsatz der Funktionsorthesen beim Gang einen wichtigen zusätzlichen Aspekt der Physiotherapie dar.

Orthopädietechnik

Orthesen sollen bei der Behandlung des Spitzfußes und des Hängefußes folgende Funktionen übernehmen:

Lagerungsorthesen sind zur Prophylaxe drohender Deformitäten oder zum postoperativen Schutz angezeigt (Abb. 6.2).

Dieser Orthesentyp wird meist als Polypropylenkonstruktion nach Gipsabdruck in Neutralstellung des oberen Sprunggelenkes gefertigt. In den meisten Fällen wird man mit einer Unterschenkelange Konstruktion auskommen. Oberschenkelange Orthesen berücksichtigen zwar den M.-gastrocnemius-Anteil und die Kniebeuger besser, werden aber schlechter toleriert. Die Wirksamkeit jeder Orthese hängt von ihrer Akzeptanz ab. Man sollte darauf achten, dass der Abdruck möglichst in korrekter Fußstellung

Abb. 6.2 a, b. Lagerungsorthesen für die drohende oder beginnende Spitzfußdeformität werden in seltenen Fällen oberschenkelang angefertigt. Je besser der Rückfuß gefasst ist, um so effektiver ist die Wirkung der Orthese auf die Wadenmuskulatur (**b** Lagerungsorthese mit separater Fußfassung nach Pohlig)



unter Verriegelung (Inversion) des unteren Sprunggelenkes angefertigt wird. Wegen der Tonisierung der Wadenmuskulatur ist in der Regel eine gesonderte Fassung der Ferse entweder mit einer Gamasche, einer Kunststoffkappe oder einem Fixationszügel erforderlich. Pohlig hat sein Prinzip der zirkulären Rückfußfassung in die Konstruktion von Lagerungsorthesen integriert. Obwohl die Orthesen dadurch etwas schwieriger anzulegen sind, wird ein sicherer Sitz der Ferse gewährleistet. Ein Loch im Fersenbereich der Orthese kann hilfreich sein, um den korrekten Sitz zu kontrollieren. Bei spastischen Spitzfüßen kann eine zusätzliche Zehenrampe tonusreduzierend wirken. Quengelorthesen oder Orthesen mit elastischen Fußzügeln haben nur einen sehr engen Indikationsbereich (z. B. nach Fußhebersatzoperationen).

Funktionsorthesen dienen der Verbesserung vorhandener Funktionsdefizite sowie zur Prophylaxe drohender Deformitäten und zum postoperativen Schutz. Bei der Versorgung des Spitzfußes und des Hängefußes mit funktionellen Orthesen muss man zwischen Funktionsorthesen zur Korrektur passiv ausgleichbarer Deformitäten und Funktionsorthesen zur Bettung fixierter (struktureller) Deformitäten (Abb. 6.3 a–c) unterscheiden.



Strukturelle Spitzfüße müssen orthetisch versorgt werden, wenn eine operative Korrektur nicht in Frage kommt. Konstruktionen, die nur den Fuß fassen (z. B. die Nancy-Hylton-Orthese oder Ringorthesen) sind bei kontrakten Spitzfüßen kontraindiziert.

Bei einseitigem Spitzfuß müssen die Beinlängen schuhtechnisch angeglichen werden, bei einem Spitzfuß und gleichzeitiger Beinverkürzung muss der Spitzfuß dagegen teilweise belassen werden.

Der Orthesentyp sollte folgende Voraussetzungen erfüllen:

- ausreichende Unterschenkelhöhe der Orthese zur sicheren Führung des Fußes,
- ausreichende Stabilität, um den Kräften beim Gangablauf zu widerstehen,
- sichere Fixierung des Fußes,
- korrekte Einstellung des Fußes unter Mittelstellung des Rückfußes (kein Pes varus oder valgus) und gleichmäßige Druckübertragung an Vorfuß und Rückfuß (keine „Rutschbahn“),
- funktionell günstige Bewegung möglich (Dorsalflexion).

Abb. 6.3 a, b. Funktionsorthesen für die Spitzfußdeformität sollten in jedem Fall mit einer plantaren Sperre ausgestattet sein. Abhängig vom verbliebenen Zustand der Sprunggelenks- und Kniegelenksmuskulatur sind unterschenkel- oder in seltenen Fällen Oberschenkel-lange Konstruktionen sinnvoll



Abb. 6.4. Schwere strukturelle Spitzfüße müssen gebettet werden. Als Zusatzversorgung sind orthopädische Orthesenschuhe erforderlich

Funktionsorthesen bei Kontrakturen: Die Versorgung mit einer Unterschenkelorthese gestaltet sich bei strukturellen Spitzfüßen mit zunehmender Ausprägung (über 20 Grad) immer schwieriger (Abb. 6.4). Die Gründe dafür liegen in der aufwändigen Bettungstechnik und im notwendigen Beinlängenausgleich auf der Gegenseite. Wegen der klobigen Orthesenform sind zusätzlich Orthesenschuhe oder gar orthopädische Schuhe notwendig. Eine rechtwinkelige Einstellung des Unterschenkels zum Boden muss in jedem Fall angestrebt werden. Der funktionelle Vorfußhebel ist immer verkürzt.

Materialtechnisch kommen thermoplastische Kunststoffe oder bei größeren Patienten karbonfaserverstärkte Lamine zum Einsatz. Der Einbau von Orthesengelenken macht nur bei geringgradigen Deformitäten Sinn.

Die Fußbettung wird durch elastische Kunststoffe (Plastazote) verschiedener Dichte nach Maß angefertigt.

Verschlüsse sollten über dem Rist und am proximalen Unterschenkel angebracht werden. Die Zehen müssen in die Orthese mit integriert werden.

Funktionsorthesen zur Korrektur passiv ausgleichbarer Deformitäten: Lässt sich ein Spitzfuß passiv wenigstens bis zur Neutralstellung korrigieren, so besteht eine gute Indikation für eine Orthesenversorgung.

Die Auswahl der entsprechenden Konstruktion sollte sich an folgenden Punkten orientieren:

- Alter und Gewicht des Patienten,
- Willkürkontrolle vorhanden?
- Grad einer evtl. Spastizität,
- erforderliche Stabilität,
- zusätzliche Rückfußdeformität (varus/valgus),
- Deformitäten/Schwäche proximaler Gelenke,
- Grad der Gehfähigkeit,
- Risiko einer Progredienz,
- Kostenübernahme.

Die Orthese wird in den meisten Fällen bis zum proximalen Unterschenkel reichen müssen. Es gibt bei der spastischen Lähmung seltene Fälle, wo eine Fußorthesenversorgung alleine den Wadenmuskeltonus soweit vermindern kann, dass der Patient plantigrad läuft.

Stets sollte versucht werden, ein Knöchelgelenk in die Orthese zu integrieren. Ein plantarer Anschlag und eine dorsale Freigabe der Bewegung erlauben die Dehnung der Wadenmuskulatur beim Gangablauf (Abb. 6.5).

Bei schwerer behinderten Patienten ohne Willkürkontrolle der Unterschenkelmuskulatur ist eher eine starre Konstruktion sinnvoll. Alternativ bietet sich eine Innenschuhversorgung an. Bei Kindern kann evtl. dieselbe Orthese als Funktions- und Nachtlagerungsschale verwendet werden.



Abb. 6.5. Orthesen mit plantarer Sperre eignen sich für passiv korrigierbare Spitzfüße

Folgende Punkte sind bei der Anfertigung wichtig:

- Abguss unter maximal möglicher Korrekturstellung ohne Fehlstellung im Rückfuß (varus/valgus),
- gute Rückfußaufrichtung (Rückfußinversion, Vorfußpronation),
- sichere Fixierung des Fußes mit der Ferse in der Orthese (evtl. Hessian-Sandale oder Pohlign-Fassung),
- plane Einstellung des Rückfußteils im Schuh,
- je nach Erfordernis flexibler oder starrer Vorfußteil.

Als Materialien eignen sich bei Kindern thermoplastische Kunststoffe (Polypropylen; Polyäthylen). Tamarack-Gelenke sind leicht und für Kinder ausreichend stabil. Bei schwereren Patienten sind karbonfaserverstärkte Lamine mit Systemgelenken aus Stahl oder Titan sinnvoll. Alternativ bieten sich

in Einzelfällen auch die klassischen Leder-Stahl-Konstruktionen an. Gelenke sollten individuell nach den Erfordernissen des Patienten eingestellt werden. Stets sind evtl. Probleme proximaler Gelenke zu berücksichtigen. Bei unvollständiger Kniestreckung muss der Patient bei rechtwinkliger Orthese auf dem Vorfuß laufen. Deshalb kann in diesen Fällen ein Fersenausgleich notwendig werden. Ein stabiles Vorfußteil erschwert die Abrollung. Deshalb ist das Schuhwerk entsprechend zu adaptieren.

Die Konstruktion einer *Fußheberorthese* bedarf eines starren oder besser federnden Winkels, der direkt auf das obere Sprunggelenk wirkt und über den das Fußgewicht zu Beginn der Stand- und in der Schwungphase abgenommen wird (Abb. 6.6 a–c).

Diese Funktion können angeformte Winkel aus thermoplastischen Materialien oder fest zwischen Unterschenkel und Schuh montierte Metallbügel

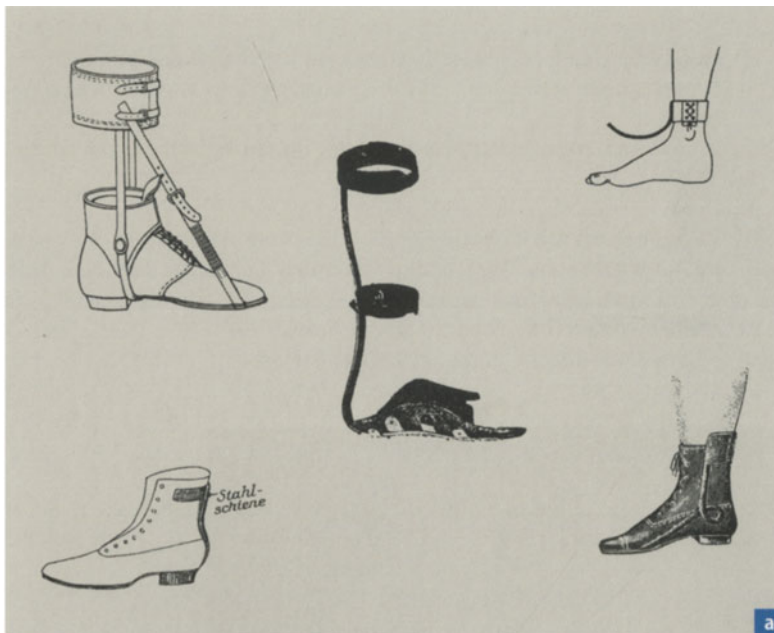


Abb. 6.6 a–c. Historische Darstellung verschiedener Typen der Fußheberorthesen, die am Schuh oder im Schuh angebracht werden. Die moderne Versorgung beinhaltet federnde Konstruktionen, die entweder im Orthesengelenk selbst oder in der Materialgebung der Orthese berücksichtigt wurden. Sind zusätzlich Stabilisierungsaufgaben für das obere Sprunggelenk erforderlich, dann muss die Orthese stabiler konstruiert werden (Hängefuß- und Hackenfußorthese)



mit einstellbarer Rückholfeder erfüllen (Glenzack-Feder). Wenn eine gleichzeitige Stabilisierung des unteren Sprunggelenks erforderlich ist, sind individuell angefertigte Unterschenkelorthesen mit Fußteil (Hessing-Sandale) und einstellbarem Gelenk möglich.

Da es eine Vielzahl verschiedener Konstruktionen für die Fußheberlähmung gibt, sind die jeweiligen konstruktiven Details mit der erforderlichen Funktion abzustimmen. Als Faustregel gilt: je kürzer und je flexibler das Unterschenkelteil der Orthese ist, umso lockerer ist ihr Sitz und umso geringer ist ihre Wirkung.

Funktionsorthesen zur Korrektur tonischer, nichtstruktureller Spitzfüße: Da der tonische Spitzfuß bei den meisten Kindern mit infantiler Zerebralparese auftritt, wurden vielfach Konstruktionen vorgeschlagen, um diese funktionsbehindernde Deformität zu korrigieren.

Man kann nach der Bauweise verschiedene Konstruktionstypen unterscheiden:

- die klassische Unterschenkelorthese mit Fußbettung ohne Gelenk,
- die Unterschenkelorthese mit (für die Plantarflexion) blockierbarem Gelenk,
- die tonushemmende Fußorthese mit oder ohne Unterschenkelverlängerungsteil.

Die klassische Form führt zu einer Immobilisierung des Fußes in der vorgegebenen Winkelstellung. Wegen der fehlenden Dorsalflexion kann kein zweiter Abrollmechanismus beim Gehen und damit keine Muskeldehnung stattfinden. Zur Verwendung kommen thermoplastische Kunststoffmaterialien, ggf. mit Lederüberzug und -verschluss (Innenschuhe) (Abb. 6.7).

Abb. 6.7. Innenschuhkonstruktionen



Die Unterschenkelorthese mit Gelenk hat demgegenüber deutliche Vorteile. Allerdings muss der Fuß durch eine möglichst zirkuläre Fassung (Hessing-Sandalenkonstruktion) gegen ein Herausrutschen gesichert werden. Materialtechnisch werden auch hier thermoplastisch verformbare Kunststoffe verwendet. Als Gelenke kommen Polyurethan-Konstruktionen (Tamarack-Gelenke) bei Kindern zum Einsatz. Bei größeren Kindern und bei Erwachsenen müssen stabilere Materialien wie karbonfaserverstärkte Gießharzlaminate oder Leder-Stahl-Konstruktionen eingesetzt werden. Als Gelenke finden Systemgelenke aus Stahl oder (selten) Titan Anwendung.

Die Bauweise der tonushemmenden Fußorthesen nach Hylton (Abb. 6.8 a–c) wird im Folgenden kurz erläutert.

Die Hylton-Orthese (Hylton 1990, 2000) ist eine zirkulär den gesamten Fuß möglichst bündig umschließende Konstruktion. Sie wird unter maximal



Abb. 6.8 a–c. Dynamische Fußorthesen nach Nancy Hylton mit entsprechender Bettung durch Anordnung funktionsgerechter Pelotten. Diese Orthesenversorgung kommt nur bei passiv korrigierbarer Fußdeformität in Betracht. c Bei dem 7-jährigen Patienten ist die Indikation falsch gestellt worden



möglicher Korrektur des Fußes angefertigt. Es wird ein individuelles Fußbett basierend auf der anatomischen Lokalisation der Zehengrundgelenke, der Ferse, des Längs-, Quer- und Peronealgewölbes aus einem Gipspositiv hergestellt. Die Anfertigung erfolgt in Zusammenarbeit von Orthopädietechnikern und Krankengymnasten. Die Tonushemmung wird durch die korrekte Einstellung des Rückfußes und die Unterstützung unter den Zehen erreicht.

Die Reihenfolge, in der die Pelotten angeformt werden, beginnt mit dem medialen Längsgewölbe und dem queren Metatarsalgewölbe. Anschließend werden die Zehen angehoben und gestreckt. Schließlich wird das laterale Peroneusgewölbe und der Rückfuß im Fersenbereich angeformt. Aus dem so geschaffenen Negativ wird ein Gipspositiv geformt, das als Grundlage zur Anfertigung der Orthese dient. Die Rückfußfassung sollte U-förmig die Ferse umgreifen, um ihren sicheren Sitz zu gewährleisten. Bei korrekter Passform sollten zwischen Fuß und Orthese keine Bewegungen möglich sein.

Die aus thermoplastischem Polypropylen hergestellten Orthesen werden entsprechend zugeschnitten, dass Plantar- und Dorsalflexion frei bleiben, die mediolaterale Stabilität aber erhalten wird.

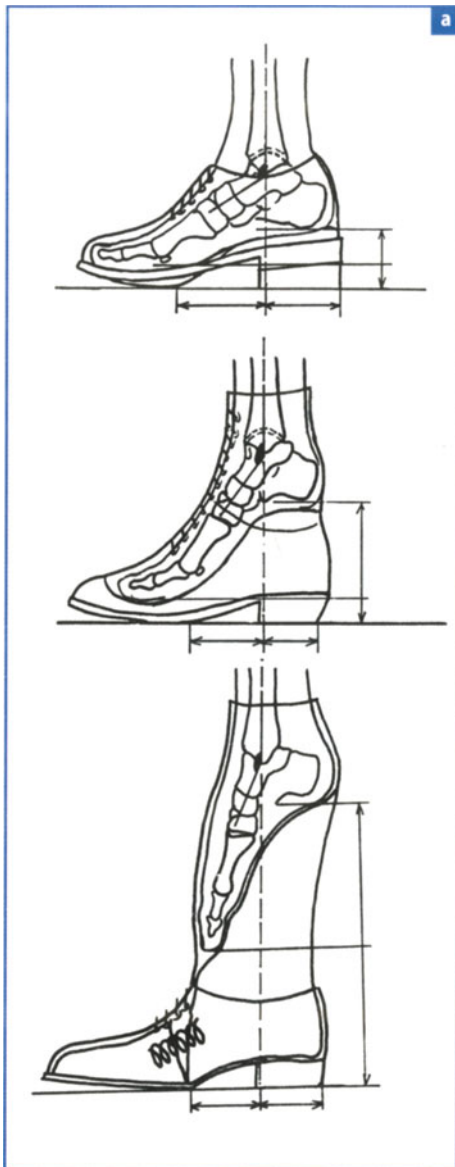


Abb. 6.9a–c. Abhängig vom erforderlichen Verkürzungsausgleich müssen orthopädische Schuhe umfassend aufgebaut werden. Alternativ können auch Inneschuhkonstruktionen Verwendung finden

Orthopädiesschuhtechnik

Die Verordnung einer orthopädiesschuhtechnischen Versorgung kann sowohl beim strukturellen Spitzfuß als auch zur Spitzfüßeinbettung zum Zwecke des Beinlängenausgleichs angezeigt sein.

Die Ziele der Orthopädiesschuhtechnik sind beim strukturellen Spitzfuß nach Baumgartner und Stinus (1995):

- die Stabilisierung des Fußes in maximal erreichbarer Dorsalflexion,
- der Ausgleich der funktionellen Beinverlängerung,
- die Entlastung des Vorfußes,
- die Erleichterung des Abrollvorganges,
- der Ausgleich der verkürzten Standfläche,
- die Verminderung einer evtl. Muskelspastik.

Bei der Verordnung von orthopädischen Schuhen zum Beinlängenausgleich hat sich nach Rabl und Nyga (1994) folgende Gruppeneinteilung durchgesetzt (Abb. 6.9 a–c) :

- bis 2,5 cm Beinverkürzung (I),
- 2,6–5,0 cm Beinverkürzung (II),
- 5,1–13,0 cm Beinverkürzung (III),
- über 13,1 cm Beinverkürzung (IV).

Bei kleineren Verkürzungen (I) kann problemlos eine Zurichtung am Konfektionsschuh vorgenommen werden.

Mittlere (II) und große (III) Verkürzungen werden durch orthopädische Maßschuhe oder Innenschuhe kompensiert. Übergroße Beinlängendifferenzen erfordern besondere Konstruktionen wie Orthoprothesen und Eta-genschuhe.

Der Ausgleich geringer Verkürzungen ist am Kaufschuh im Sohlen- und Absatzbereich, an der Einlage sowie am gegenseitigen Schuh denkbar. Die Spitzfußeinbettung bedingt einen verminderten Spitzhub, der durch eine Ballen- oder Mittelfußrolle ausgeglichen werden muss. Die Beinverlängerung im Schuh wird am besten durch eine spezielle Einlage erreicht. Die Höhe ist von der Fersenkappe und dem Volumen des Schuhs abhängig.

Bei der Anfertigung von orthopädischen Schuhen sind biomechanische, materialtechnische und kosmetische Aspekte zu beachten (Abb. 6.10, 6.11). Nach Stinus (1995) wird von dem in die günstigste Dauergebrauchsstellung gebrachten Fuß eine Profilzeichnung in der Vertikal (Frontal)- und Sagittalebene angefertigt. Diese Profilzeichnung stellt das Ausgangsmaterial für Konstruktionszeichnung und Gipsabguss dar. Bei der Festlegung der Gebrauchsstellung müssen beide Füße bezüglich ihrer Absatz- und Sohlenstärke berücksichtigt werden. Obwohl die Spitzfußstellung der kürzeren Seite kosmetische Vorteile bringt, reduziert sich der funktionell wirksame Vorfußhebel deutlich, was konstruktionstechnisch durch Spitzenverlängerung am Schuh auszugleichen ist. Abhängig von der sagittalen Lotlinie werden der Absatz und die Abrollkante konstruiert. Bei der Leistenkonstruktion ist besonders darauf zu achten, dass der in Spitzfußposition eingestellte Fuß nicht auf einer schiefen Ebene nach vorne rutscht. Der Fuß muss deshalb in Rückfußbereich gefasst werden. Die Ballenpartien sollen anatomisch geformt sein, wobei besonders auf die lateral ansteigende Bettung der kürzeren Metatarsalia 4 und 5 zu achten ist. Der Rückfuß sollte durch eine stabile Bettung gegen eine laterale Instabilität gesichert werden. Eventuelle Druckstellen im Vorfußbereich müssen gezielt gebettet, ggf. sogar entlastet werden. Die übliche retrokapitale Abstützung kommt nur bei leichteren Spitzfüßen in Betracht. Wichtig ist auch die Beachtung evtl. Achsenfehler des Beines, die am Schuh durch einen entsprechenden Lotaufbau in der Frontal- und Sagittalebene berücksichtigt werden müssen. Bei einer Varusdeformität muss die Knöchelkappe besonders lateral, bei einer Valgusdeformität dagegen medial versteift werden. Wegen der komplizierten Anfertigung eines Verkürzungsschuhs hat sich die Gehprobe in einem Probeschuh, der nach dem Originalleisten gebaut wird, bewährt. Für den Absatzbereich sind Pufferkonstruktionen empfehlenswert. Die vordere Abrollkante muss an die Schrittlänge der Gegenseite angepasst werden. Schließlich sind bei optimaler Konstruktion auch die kosmetischen Details mit Anpassung der Optik an die Gegenseite für die Akzeptanz des Schuhs wichtig (Mackrodt u. Wellnitz 2001).

Starke und stärkste Beinverkürzungen können durch die Orthoprothesentechnik funktionell ausgeglichen werden (Abb. 6.12). Innenschuhe stellen Orthesen dar, bei denen der Fuß in Spitzfußstellung eingebettet ist und das Vorfußteil durch eine spezielle Konstruktion ergänzt wird. Die Hinterkappe



Abb. 6.10 a, b. Bei der Versorgung mit Verkürzungsschuhen sollte die Kosmetik so gut als möglich Beachtung finden



Abb. 6.11. Schwerste Spitzfußdeformitäten lassen sich nur unbefriedigend mit aufwändigen orthopädischen Schuhkonstruktionen versorgen. Hier ist die operative Vorbehandlung in jedem Fall zu diskutieren



Abb. 6.12. Spitzfüße in Verbindung mit einer Beinverkürzung können bei stärkeren Graden auch gut durch Orthoprothesen versorgt werden



Abb. 6.13. Bei begleitender Instabilität in den proximalen Gelenken sind lange Orthoprothesenkonstruktionen zu wählen

muss zum Schutz gegen Umknicktraumata stabil gearbeitet sein (Abb 6.9 c). Orthoprothesen werden ebenfalls nach Gipsabguss in kombinierter Hartschaum und Gießharzlaminatechnik mit Karbonfaserverstärkung und Weichwandinnenschäften erstellt. Auch hier wird der Fuß, soweit möglich aus kosmetischen Gründen in Spitzfußstellung eingebettet. Ein konventioneller Prothesenfuß wird an die Orthoprothese angebaut (Abb. 6.12). Die Druckübertragung wird sowohl am Fuß als auch am proximalen Unterschenkel erreicht. Bei starken Verkürzungen sowie bei gleichzeitiger Instabilität oder Schwäche des Kniegelenkes wird die Orthoprothese mit einem gelenkig verbundenen Oberschenkelteil konstruiert (Abb. 6.13). Besonders bei starken Beinverkürzungen ist ein spezieller kosmetischer Überzug in die Anfertigung zu integrieren. Besteht aufgrund von Achsdeformitäten oder einer Bewegungseinschränkung im oberen Sprunggelenk keine ausreichend befriedigende Versorgung, so sollten vorausgehende operative Maßnahmen (Achskorrektur, Beinverlängerung) erwogen werden.

Ein Etagenschuh stellt eine Konstruktion von zwei übereinander angeordneten Schuhen dar. Wegen seiner kosmetisch eher ungünstigen Wirkung bildet er eine Ausnahmeversorgung.

Bei totaler Fußinstabilität (Schlotterfuß bzw. „flail foot“) kommt es darauf an, den Fuß unter möglichst plantigrader Ausrichtung stabil zu fassen. Dazu eignet sich entweder die orthopädische Schuhversorgung in der Technik des Arthrodesentiefels (Feststellabrollschuh nach Rabl) oder die Versorgung mit einer Unterschenkelorthese mit inniger Fassung des Fußes (Hessing-Sandale). Durch das Anbringen einer Rolle am Schuh kann der Gangablauf erleichtert werden. Oft wird man vorausgehend operativ stabilisieren.

Gipstechnik

Die Behandlung dynamischer Spitzfüße verschiedener Ursachen durch Redressionsgipse stellt eine zuverlässige Methode dar, wenn sie fachmännisch ausgeführt wird. Die Risiken, die in dieser Behandlungsform stecken sind relativ gering. Sie umfassen Druckstellen und Gelenkinstabilitäten bei unkorrekter Haltetechnik.

Die Indikation für die Gipsbehandlung besteht bei passiv in Kniebeugung bis mindestens zur Neutralstellung korrigierbarer Spitzfußdeformität (positives Silfverskjöld-Zeichen) (Hinderer 1988; Flett 1999). Häufige Indikationsbereiche sind spastische oder habituelle Spitzfüße bei Kindern und (selten) Erwachsenen (Cottalorda 2000). Als Alternative bieten sich die Botulinumtoxinbehandlung und die Orthesenversorgung an. Allerdings können diese Methoden auch miteinander kombiniert werden und sind dann effizienter.

Technik. Rückenlage des Patienten, man beginnt bei beidseitigem Gips zuerst mit der leichter redressierbaren Seite (Abb. 6.14 a–c). Besonders agitierte Patienten sollten mit Dormicum® rektal oder i. v. sediert werden.

Der Gipstechniker steht auf der Seite, der Arzt am Fußende. das Kniegelenk wird rechtwinklig gebeugt und der Oberschenkel von einer weiteren Person gesichert. Der rechte Rückfuß wird mit der rechten Hand gefasst und die Ferse invertierend verriegelt. Der rechte Daumen stützt sich medial und plantar am Sustentaculum tali ab. Mit der linken Hand wird der Vorfuß durch Senkung des Fußinnenrandes proniert. Das obere Sprunggelenk muss dabei andauernd in Rechtwinkelstellung gehalten werden. Dazu ist meist ein Gegendruck vom gebeugten Oberschenkel her erforderlich.

Zuerst wird ein Schlauchmull über das Bein bis zur Mitte des Oberschenkels gezogen. Anschließend wird der Fuß mit Wattebinden in ein bis maximal 2 Schichten gepolstert, wobei die Ferse, die Tibiavorderkante und der



proximale Abschluss am Fibulaköpfchen zusätzlich gepolstert werden sollten. Das Polster wird mit Krepp-Papiertouren fixiert, über die man Gipsbinden von distal nach proximal aufsteigend wickelt. Eine Verstärkung der Fußplatte und der Knöchelregion stabilisiert die mechanisch belasteten Abschnitte.

Nach Freischneiden der Zehen werden die überstehenden Schlauchmullteile und die Polsterung über den Gipsrand umgeschlagen und mit einer extra Gipstour umwickelt. Nach Aushärten des Gipses kann eine Gehsole angeschallt oder aufgeklebt (bei Kunststoffgipsen) werden oder der Patient erhält Antirutschsocken über den Gips gezogen.

Die Tragedauer des ersten Redressionsgipses sollte 2 bis 3 Wochen nicht überschreiten. Der neue Gips wird dann in leicht vermehrter Korrektur (etwas über die Neutralstellung hinaus in Dorsalflexion) für weitere 2 Wochen angelegt.

Probleme können durch Druckstellen bei unkorrekter Haltetechnik oder durch ein Nachkorrigieren des aushärtenden Gipses entstehen. Ein Aufbrechen der Fußwurzel in die Schaukelußstellung sollte unbedingt vermieden werden. Ist die Deformität zu steif, so muss man die Methode wechseln (z. B. Vorbehandlung mit Botulinumtoxin A).

Der Vollständigkeit halber wird hier noch der „Lochgips von P. Pitzen“ erwähnt. Er soll durch eine kontinuierliche Dehnung der Wadenmuskulatur beim Gehen wirken. Der Unterschenkelgehgips wird dazu in Korrekturstellung als Gehgips angelegt und anschließend im Rückfußbereich geschnitten, dass nur der Vorfuß belastet wird und die Ferse schwebt. Zur Abstützung im Rückfußbereich wird ein Gehbügel in den Gips integriert. Auch Apparate wurden nach diesem Prinzip konstruiert (Rabl u. Nyga 1994). Aufwand und Effizienz dürften bei dieser Technik allerdings kaum in vertretbarem Verhältnis zueinander stehen.

Medikamentöse Maßnahmen

Bei den medikamentösen Maßnahmen spielt die lokale Injektion von Botulinumtoxin A eine herausragende Rolle. Selten angewandte Verfahren sind die temporäre Lokalanästhesie sowie die Injektion der Nerveneintrittspunkte mit einer verdünnten Alkohol- oder Phenollösung (Tardieu 1988).

Abb. 6.14 a–c. Die Anfertigung von tonusreduzierenden Unterschenkelgehgipsen erfordert die Verriegelung des Rückfußes in Inversion, die Aufrichtung unter Abstützung am Sustentaculum tali und die Vorfußpronation zur gleichmäßigen Belastung. Die Gipse werden mit durchgehenden Gehsohlen beklebt

Die Technik der Botulinumtoxininjektion in die Unterschenkelmuskulatur ist denkbar einfach und die Wirkung zuverlässig, wenn folgende Punkte beachtet werden:

- korrekte Indikationsstellung [tonischer Spitzfuß ohne (wesentliche) strukturelle Kontraktur, funktionelle/pflegerische Einschränkung],
- richtige Dosierung (Beachtung der Muskelsättigung, keine Überdosierung),
- richtige Injektionstechnik,
- Aufklärung der Eltern über mögliche Nebenwirkungen.

Botulinumtoxingabe. Die Behandlung eines beginnenden bzw. noch nicht strukturellen Spitzfußes durch die Injektion von Botulinumtoxin in die Wadenmuskulatur stellt mittlerweile ein bekanntes Verfahren dar. Ehe wir auf einige Tipps zur Technik eingehen möchten wir die Indikationsstellung stichpunktartig darlegen.

- passiv korrigierbarer, funktionell störender muskulärer Spitzfuß,
- keine Kontraindikation gegen die Injektion (Blutungsdiathese, Antikörper),
- ausreichende Kooperation des Patienten/seiner Angehörigen,
- Vertrautheit des Arztes mit der Technik.

Die Technik ist leicht zu erlernen. Das Toxin wird in physiologischer NaCl-Lösung verdünnt und intramuskulär in die proximale Hälfte des jeweiligen Muskelbauches injiziert.

Man kann sich durch die manuelle Bewegung des oberen Sprunggelenkes bei liegender Nadel von der korrekten Lage überzeugen.

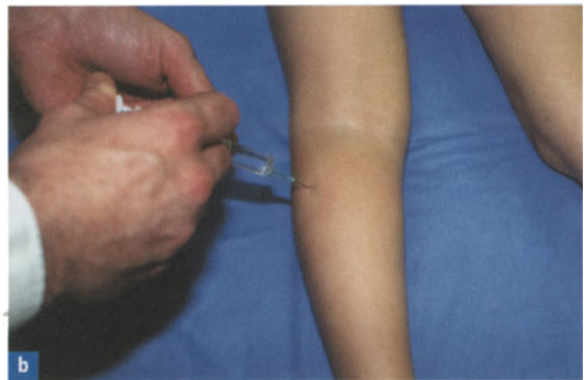


Abb. 6.15 a–c. Die Behandlung des tonischen Spitzfußes mit Botulinumtoxin A setzt eine genaue Vorbereitung mit Berechnung der jeweiligen Muskeldosen voraus. Bei Unsicherheiten über die Nadellage kann das zugehörige Gelenk kurz bewegt werden



Die Injektion wird bei Kindern unter Sedierung (Dormicum®, Chloralhydrat) in Bauchlage vorgenommen (Abb. 6.15 a–c). Die jeweilige Injektionsstelle wird mit Chloräthyl-Eisspray analgesiert und die Nadel senkrecht zum Muskelbauch eingestochen. Je nach klinischem Befund werden entweder nur beide Gastroknemius-Bäuche oder zusätzlich auch der M. soleus (tiefer gelegen) injiziert.

Die Dosierung richtet sich nach dem Gewicht des Patienten, dem zu behandelnden Muskel und dem Re-Injektionsintervall (Naumann et al. 1998). Jede Dosis, die für den einzelnen Muskel vorgesehen ist, muss in einem zweiten Schritt auf kg Körpergewicht umgerechnet werden. Dies dient der Patientensicherheit. Wegen der Sättigungsgrenzen für die einzelnen Muskeln nimmt man an, dass eine höhere Dosierung bei einer Verteilung auf mehrere Injektionsorte und mehrere Muskeln weniger leicht zu Nebenwirkungen führt. Die Wirkung tritt nach 1 bis 3 Wochen ein und hält 3 bis 6 Monate an. Eine Kombinationsbehandlung mit Gipsen bzw. Orthesen vermag die Wirkung zu verlängern (Molenaers 2001).

Als Gesamtdosis wird für die beiden am Markt befindlichen Präparate 300–400 U Botox bzw. 1500 U Dysport empfohlen (8–12 U/kg KG Botox bzw. 30–40 U/kg KG Dysport; Naumann 1998). Die Injektionsdosis in die Wadenmuskulatur sollte damit je nach Größe des Kindes zwischen 40 und 150 U Botox bzw. 200 und 750 U Dysport umfassen. Die Injektion wird möglichst am medialen und laterale Gastroknemius-Kopf und distal davon medial und laterale am M. soleus vorgenommen. Das Botulinumtoxin A wird pro Ampulle mit 2–3 ml 0,9 % NaCl aufgelöst und in 1 ml Tuberkulinspritzen aufgezogen. Die exakte Dosis pro Muskel sollte vorab festgelegt sein. Dazu eignet sich eine Verdünnungs-/Volumentabelle.

Das Kind wird vor der Injektion mit Dormicum® rectal sediert (0,1–0,2 ml/kg KG). Bei doppelseitigen Mehretageninjektionen kann auch eine kurze Allgemeinnarkose sinnvoll sein, insbesondere, wenn gleichzeitig der M. psoas injiziert werden soll (Molenaers 2001).

Nach der Behandlung sollte das Kind noch für etwa 1 h im Krankenhaus bleiben, bis die sedierende Wirkung des Medikaments abgeklungen ist.

Mögliche Nebenwirkungen sind selten. Eine temporäre Überdosierung ist möglich, die eine Orthesenversorgung zur Stabilisierung des Sprunggelenks erfordert. Neben lokalen geringfügigen Problemen (Hämatom, Schmerzen) können bei entsprechend hoher Dosierung in seltenen Fällen auch Allgemeinsymptome vorkommen (grippeähnliche Zustände, Schwäche, Salivation, Inkontinenz, Schluckstörungen). Obwohl sie nur vorübergehend sind, müssen die Kinder bei solchen Problemen überwacht werden. Wiederholungsgaben sind frühestens nach 3 Monaten sinnvoll, um keinen Impfeffekt zu provozieren (Naumann 1998).

Eine telefonische „hot line“ sollte für Rückfragen des Patienten bereitstehen.

Die Fortsetzung der Krankengymnastik und der Dehnungsbehandlung ist gerade nach Botulinumtoxingabe wichtig, um den Effekt zu erhöhen.

Beim spastischen Spitzfuß wird eine Kombination aus primärer tonusreduzierender Vorbehandlung (Botulinumtoxin A und/oder Gips) und anschließender Orthesenversorgung empfohlen um die Akzeptanz der Orthesen zu erhöhen und ihre Wirkdauer durch die Kombinationstherapie zu verlängern. Gerade bei Kindern besteht wegen des Wachstums und der dauerhaften Lähmung die permanente Gefahr eines erneuten Auftretens des Spitzfußes. Deswegen sollten auch halbjährliche klinische Kontrollen durchgeführt werden. Boyd u. Hays (2001) zeigten anhand einer umfassenden Literaturübersicht zur Anwendung von Botulinumtoxin A bei der infantilen Zerebralparese, dass die Risiken und Nebenwirkungen gering sind. Die Wirkung auf eine Gangverbesserung ist dosisabhängig. Therapiekombination

nen sind zu empfehlen. Graham (2001) empfiehlt in speziellen Fällen tonischer Spitzfüße die Kombination einer operativen Gastroknemius-Verlängerung mit einer Botulinumtoxinbehandlung des M. soleus. Love u. Valentine (2001) fanden in einer randomisierten Studie mit Hemiparetikern heraus, dass die Botulinumtoxingabe über die lokale Wirkung hinaus die motorische Entwicklung unterstützt. Desloovere u. Molenaers (2001) zeigten, dass die kombinierte Behandlung von Botulinumtoxin und Gips bei spastischen Spitzfüßen objektive Funktionsverbesserungen ergibt und dass die Gipsbehandlung im Anschluss an die Injektionen erfolgen sollte.

6.2 Konservative Verfahren beim Hackenfuß

Krankengymnastik/Physiotherapie

Die konservative Behandlung des Hackenfußes kann nur bei den leichtgradigen Deformitäten gewisse Verbesserungen erzielen. So wird beim gutartigen angeborenen Hackenfuß meist die alleinige Krankengymnastik (neurophysiologisch) zur Normalisierung der Bewegungsmuster genügen. Bei stärkeren Graden der Deformität kann die Krankengymnastik nur unterstützend arbeiten. Schwerpunkte sind dabei die Dehnung der Fußheber, sowie die Aktivierung der Fußsenker (soweit überhaupt vorhanden). Die Dehnung wird schonend unter manueller Stabilisierung des Rückfußes vorgenommen. Techniken der postisometrischen Relaxation können auch hier hilfreich sein.

Bei einer Restaktivität der Plantarflektoren kann die temporäre Injektionsbehandlung der Fußheber mit Botulinumtoxin A unterstützend wirken. Eine Gipsredressionsbehandlung in zunehmende Plantarflexion vermag bei beginnender Fußheberverkürzung ebenfalls die Orthesen- bzw. Schuhversorgung zu erleichtern.

Unbedingt müssen auch die proximalen Gelenke in die Therapie miteinbezogen werden (Dehnung der Beuger, Aktivierung der Antischwerkraftmuskulatur). Da Patienten mit Hackenfüßen in aller Regel mit Orthesen ausgestattet werden, stellt die Orthesengebrauchsschulung einen weiteren Schwerpunkt der Behandlung dar. Die konservative Behandlung des Hackenfußes kann je nach Grunderkrankung unterschiedliche Ziele verfolgen.

Orthopädietechnik

Funktionsorthesen: Die funktionell gravierende Abschwächung der Plantarflektoren kann konservativ nur durch eine adäquate Orthesenversorgung ausgeglichen werden (Condie u. Meadows 1993; Abb. 6.16 a–c). Betroffen ist primär die zweite Hälfte der Standphase, bei der eine Beugehaltung ohne ausreichende Abstoßung eingenommen wird. Nur bei ausreichender Knie- und Hüftgelenksstreckung können aufrichtende Hackenfußorthesen wirken.

Orthetisch muss über eine Stabilisierung des Unterschenkelvorkippens im oberen Sprunggelenk gearbeitet werden. Da die Orthesen das Körpergewicht abfangen sollen, müssen sie ausreichend lang (bis zur proximalen Tibia) und stabil konstruiert sein.

Starre Orthesen bewirken zu Beginn der Lastaufnahme wegen der fehlenden Plantarflexion ein Einknicken im Kniegelenk, das durch den M. quadriceps stabilisiert werden muss. In Standphasenmitte wirken sie eher rückhebend auf das Kniegelenk („floor-reaction ankle foot orthosis“) und blockie-

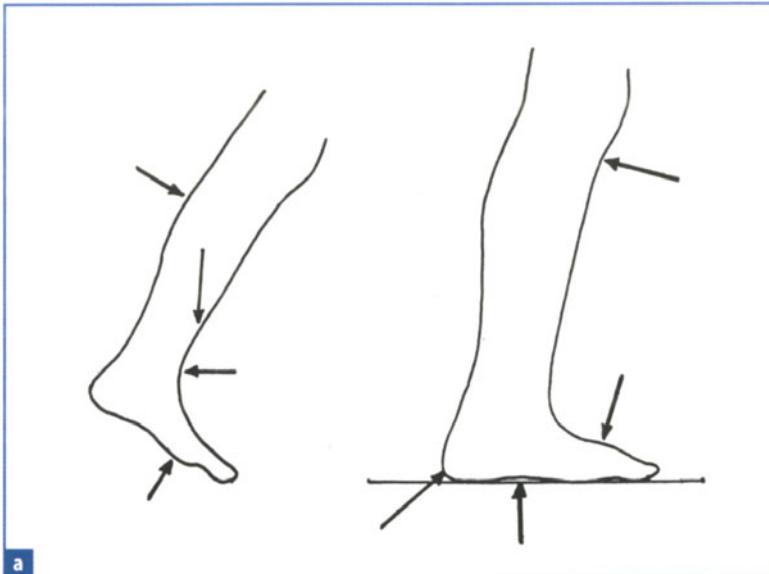


Abb. 6.16 a–c. Funktionelles Prinzip **a** der Hängefußorthese links und der Hackenfußorthese rechts sowie **b** Darstellung geläufiger Orthesen für Hänge- und Hackenfuß (in Carbontechnik) und **c** für den Hackenfuß mit dorsaler Anschlagssperre



ren die für den Abstoßvorgang wichtige Plantarflexion. Deshalb sollten sie besser durch gelenktragende Konstruktionen mit dorsaler Sperre und plantarer Freigabe ersetzt werden. Eine minimale Dorsalflexion des oberen Sprunggelenks von etwa 5 Grad ist funktionell am günstigsten (Lehmann 1985). Neben der Einstellung des Sprunggelenkes ist die Konstruktion des Orthesenfußhebels von größter Bedeutung. Zu lange und bis zu den Zehen starre Orthesen führen zu einem vorzeitigen Fersenhub und zur verstärkten Knieextensionsbelastung. Deshalb werden zusätzliche Abrollsohlen am Orthesenschuh und eine weiche Orthesenvorfußkonstruktion zur Erleichterung der Abrollung über die Zehengrundgelenke empfohlen. Meist wird man durch karbonverstärkte Gießharzlaminate mit eingebauten verstellbaren Gelenken oder Leder-Stahl-Konstruktionen die besten Effekte erzielen. Der Rückfuß muss stets stabil gefasst werden, damit kein Wirkungsverlust eintritt.

Abb. 6.17 a, b. Die Idee einer Integration von Karbonfedern in Unterschenkelorthesen ist besonders beim Hackenfuß sinnvoll. Bei entsprechender Patientenauswahl vermag diese Versorgungsform erstaunliche funktionelle Verbesserungen zu erreichen



Neue Orthesentypen versuchen durch Verwendung von Karbonfedern die Gangdynamik zu simulieren (Abb. 6.17a, b). Bei Kindern lassen sich damit erstaunliche Gangverbesserungen erreichen. Allerdings stellt die Auswahl der optimalen Federstärke noch ein Problem dar.

Die Versorgung mit Orthesen ist beim Hackenfuß in den meisten Fällen therapieentscheidend. Ziel aller Funktionsorthesen ist die Einschränkung der vermehrten Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk und die optimale Rückfußbettung.

Funktionsorthesen für den Hackenfuß sollten folgende Kriterien erfüllen.

- stabile Bauweise,
- ausreichende Höhe bis zur proximalen Tibia,
- großflächige Anstützung,
- optimale Rückfußaufrichtung bzw. Bettung und stabile Führung,
- Gelenk für die Dorsalflexion sperrbar bei freier Plantarflexion,
- stabile Vorfußführung (funktioneller Hebel),
- gute Anlegbarkeit (dorsaler Einstieg).

Lagerungsorthesen: Zur Erhaltung einer krankengymnastisch oder/und operativ erreichten Plantarflexion können bei drohender Verschlechterung zusätzliche Lagerungsorthesen in Spitzfußstellung sinnvoll sein.

Ebenso wie beim Spitzfuß kann nur eine Behandlungskombination bestehend aus Krankengymnastik und Orthopädiertechnik sowie evtl. vorausgehender Operation den maximal möglichen Erfolg bringen. Da eine abgeschwächte bzw. ausgefallene Wadenmuskulatur nicht mehr ersetzbar ist, müssen hochgestellte Erwartungen aber häufig gedämpft werden.



Abb. 6.18. Ausgeprägte instabile Füße in Verbindung mit Beinverkürzungen können in Ausnahmefällen mit extremen orthopädischen Schuhen versorgt werden. Meist wird aber die Orthesentechnik schon vom Gewicht dieser Versorgung vorzuziehen sein

Orthopädienschuhtechnik

Im Gegensatz zur Orthesentechnik, die eine gewisse Dynamik berücksichtigen kann, hat die Orthopädienschuhtechnik beim Hackenfuß primär die Aufgabe einer Stabilisierung und Bettung.

Die Orthopädienschuhtechnik hat bei der Behandlung des Hackenfußes im Vergleich zur Orthesentechnik leider recht wenige Möglichkeiten.

„Die orthopädische Schuhversorgung des Hackenfußes ist wenig dankbar“ (Marquardt 1965). Marquardt empfiehlt bei geringgradigen Hackenfüßen die Verbesserung der Abrollung durch horizontale Unterbauung des Vorfußes.

Stärkere Grade machen die Versorgung mit dem Feststellabrollschuh nach Rabl, der bis zum proximalen Unterschenkel reichen sollte, notwendig. Der Rückfuß wird in leichter Spitzfußstellung (soweit möglich) gebettet. Der Gangablauf wird durch das Anbringen einer rückversetzten Mittelfußrolle und einer Absatzangleichung (Verminderung der Vorkippwirkung) günstig beeinflusst. Die Stabilität des oberen Sprunggelenks wird bis zu einem gewissen Grad über eine Berliner Kappe, eine Zungenversteifung (vordere Walklasche) und eine Peroneusfeder übernommen. Alternativ können besonders bei Kindern auch Innenschuhe mit dorsalem Einstieg und stabiler Konstruktion eingesetzt werden (Abb. 6.18).

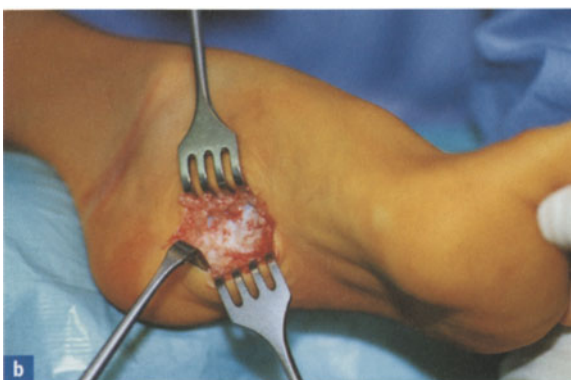
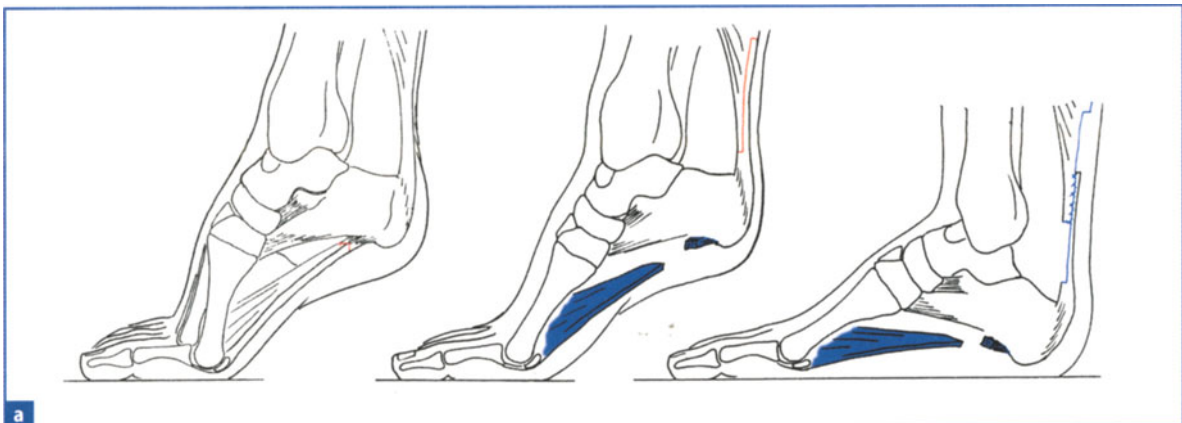
6.3 Operative Verfahren beim Spitzfuß

6.3.1 Weichteiloperationen

Ablösung der plantaren Weichteile nach Steindler (Abb. 6.19 a–c)

Indikation. Diese Operation wurde bereits ausführlich in Döderlein et al. (2001), „Der Hohlfuß“, beschrieben, weshalb hier nur ergänzende Hinweise gegeben werden. Der Vorfußspitzfuß kann ein isolierter oder zusammen mit

Abb. 6.19 a–c. Schematische und intraoperative Darstellung der Plantaraponeurosenablösung nach Steindler



dem Rückfußspitzfuß ein kombinierter Teil der Deformität sein. Ein isolierter Vorfußspitzfuß darf nur im Vorfuß therapiert werden, da sonst ein (Hacken)hohlfuß entsteht (Döderlein 2001). Im Fall eines kombinierten Spitzfußes sollte immer zuerst der Vorfuß und anschließend der Rückfußspitzfuß behandelt werden. Die Operation nach Steindler wird nur in Ausnahmefällen isoliert vorgenommen.

Wirkungsprinzip. Durch die Korrektur der Vorfußsequinusstellung wird die physiologische Fußwölbung wiederhergestellt. Die Operation nach Steindler kommt nur bei flexibler oder teilkontrakter Deformität in Frage.

Vorbereitung. Rückenlage; Oberschenkelblutsperre.

Operationstechnik. Mediale Inzision im Ursprungsbereich der Plantaraponeurose, 3–4 cm lang; Präparation auf die Plantaraponeurose die von medial und plantar freipräpariert wird. Unter engem Kontakt der Scherenspitze mit dem Kalkaneus wird die Plantaraponeurose von medial nach lateral durchtrennt. Anschließend werden auch die Ursprünge der kurzen Fußmuskeln am Kalkaneus bis nach lateral durchtrennt. Man kann dabei die Scherenspitze lateral unter der Haut palpieren. Bei teilkontraktiven Vorfußspitzfüßen sollte anschließend durch gesonderte Inzision am Fußinnenrand der Ursprung des M. Abduktor hallucis abgelöst werden. Durch Präparation dicht am Knochen und Verziehen der plantaren Weichteilstrukturen mit einem Langenbeck-Haken gelangt man mühelos zu den tiefen plantaren Bändern (Lig. plantare longum) in Höhe des Kalkaneokuboidgelenks, die hier sicher dargestellt und durchtrennt werden können. Wir raten von einer Durchtrennung dieser Bänder durch die Inzision am Kalkaneus wegen der Gefahr einer Gefäß-Nerven-Verletzung ab. Nach erfolgter Banddurchtrennung wird der Fuß manuell über ein Dreipunktemanöver aufgebogen.

Nachbehandlung. Unterschenkelgips für 4 Wochen, anschließend Einlagen und Therapieschuhe.

Komplikationen. Unzureichende Korrektur, dann Fortführen des Eingriffes mit knöchernen Verfahren (Fußkeil bzw. Chopart-Arhrodese). Die versehentliche Verletzung des Gefäß-Nerven-Bündels erfordert die sofortige operative Revision.

Besonderheiten. Da der Eingriff nur eine begrenzte Korrekturwirkung ausübt, kommt er überwiegend im Wachstumsalter und meist in Kombination mit anderen Operationen zur Anwendung. Hansen (2000) reseziert ein Stück aus der Plantaraponeurose, was wir nicht für notwendig erachten, da diese Maßnahme den Wundbereich vergrößert und die notwendige Distanz der Plantaraponeurose zum Kalkaneus durch den Gips geschaffen wird.

Die perkutane Achillessehnenverlängerung

Indikation. Die perkutane Technik der Achillessehnenverlängerung ist alt und wurde in verschiedenen Modifikationen angegeben (Hoke, White, andere Techniken; Abb. 6.20 a–c). Allen Techniken gemeinsam ist die einfache Durchführung aber auch das Risiko der Überkorrektur. Die Indikation sollte bei struktureller Rückfuß-Spitzfußdeformität ohne vorausgehende Vernarbung (Kompartmentssyndrom oder Operationen) gestellt werden. Eine knöchernen Ursache (z. B. ventrales Impingement) sollte immer zuvor radiologisch ausgeschlossen werden. Häufige Indikationsbereiche sind die spasti-

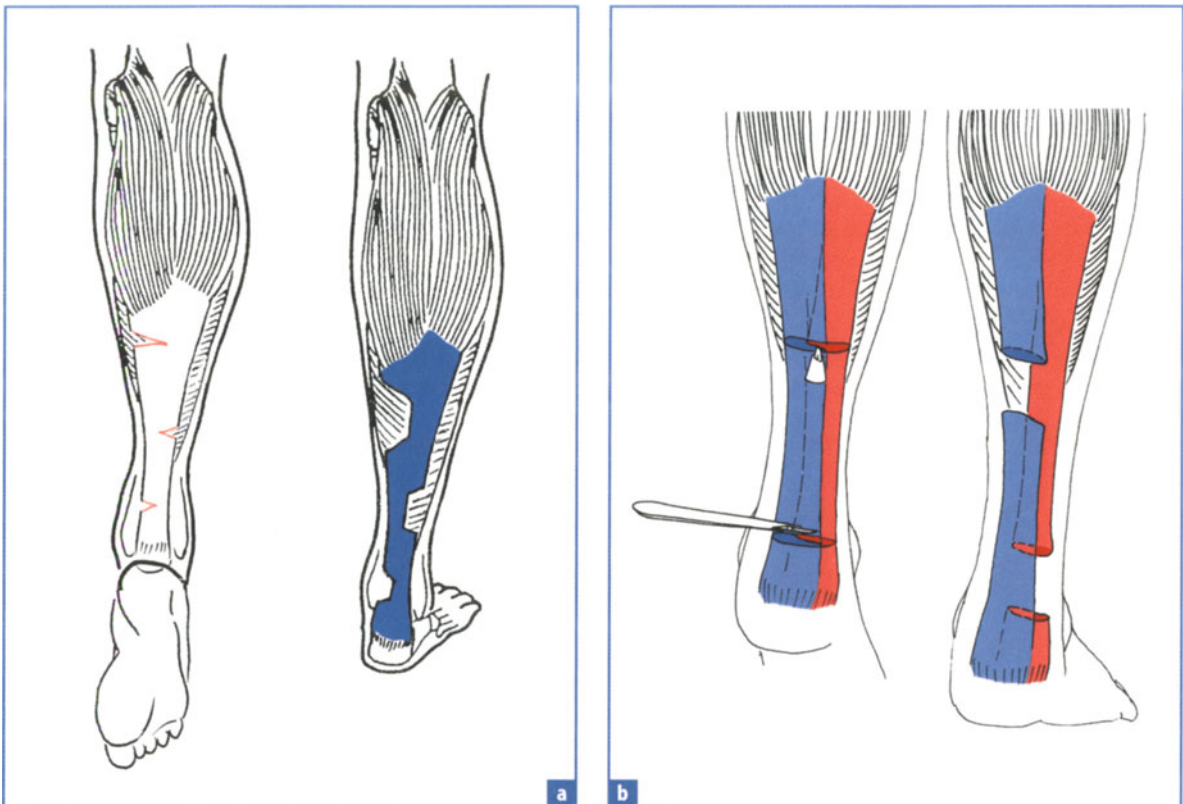


Abb. 6.20 a–c. Darstellung der verschiedenen Verfahren der perkutanen Achillessehnenverlängerung nach Hoke und nach White

sche Spitzfußkontraktur bei Hemiparese nach Apoplex oder Schädel-Hirn-Trauma. Auch bei der Muskeldystrophie kann diese Operation erfolgreich eingesetzt werden. Weitere Indikationsbereiche sind habituelle Zehenspitzen-gänger und Spitzfüße nach Extremitätenverlängerungen.

Wirkungsprinzip. Über eine 2- bzw. 3fache Stichinzision der Achillessehne auf verschiedener Höhe werden unterschiedliche Sehnenbündel durchtrennt. Der anschließende Korrekturdruck von plantar lässt die Sehnenenden auseinanderweichen, ohne dass sie ihre Kontinuität verlieren. Durch Wahl der distalen Inzision lateral oder medial lässt sich eine evtl. Valgus- oder Varuskomponente beeinflussen (Gocht u. Debrunner 1925).

Vorbereitung. Rückenlage, nur bei Ungeübten Bauchlage, Blutsperrung ist bei isolierter Operation nicht erforderlich. Die Operation lässt sich mühelos auch in Sedierung (Dormicum) und Lokalanästhesie ambulant vornehmen.

Operationstechnik

Technik nach Hoke. Die Achillessehne wird durch einen Assistenten unter Spannung gehalten. Im Abstand von 8–10 cm wird ein 15er Skalpel (kurze Klinge) sagittal exakt in Sehnenmitte eingestochen, jeweils um 90 Grad in dieselbe Richtung nach auswärts gedreht und die entsprechende Sehnenhälfte durchtrennt. Das Durchtrennen lässt sich leicht am knarrenden Geräusch fühlen. Die Durchtrennungsrichtung *muss* zunächst 2-mal in derselben Richtung erfolgen, damit die Spannung der Sehne aufrechterhalten bleibt. Anschließend wird derselbe Vorgang auf halber Strecke zwischen den beiden ersten Inzisionen wiederholt und die gegenseitige Hälfte der Sehne durchtrennt. Man muss ggf. noch etwas nachkerben, bis die Korrektur durch einen leichten Druck von plantar möglich ist. Bisweilen vernimmt man ein abruptes Nachgeben. Die Überkorrektur über die Rechtwinkelstellung hinaus muss unbedingt vermieden werden. Nach Tasten der Sehnenkontinuität werden die Inzisionsstellen mit Steristrips verschlossen.

Bei ausgeprägten Spitzfüßen kann nach der Korrektur eine Verkürzung der langen Zehenbeuger durch eine Krallenzehestellung demaskiert werden. In diesem Fall müssen sie anschließend medial offen verlängert werden.

Technik nach Warren White (White-slide). Diese Technik berücksichtigt den spiraligen Verlauf der Sehnenfasern. Sie wird durch zwei Inzisionen im Abstand von 8–10 cm vorgenommen. Bei der ersten Inzision wird das Skalpel etwa 1 cm oberhalb des Ansatzes der Achillessehne medial in der Frontalebene eingestochen und man durchtrennt die ventrale Hälfte ihrer Sehnenfasern. Die zweite Inzision wird sagittal exakt in Sehnenmitte durchgeführt. Die Klinge wird entsprechend der Technik nach Hoke um 90 Grad nach innen gedreht und durchtrennt die mediale Hälfte der Sehne. Gegebenenfalls müssen einzelne Sehnenbündel noch etwas nachgekerbt werden. Durch Korrekturdruck von plantar gibt die Sehne mit einem Ruck nach, die Sehnenkontinuität bleibt erhalten. Als Eselsbrücke für die Inzisionsrichtung hat sich das Wort „damp“ bewährt.

Die Sehne wird nämlich **distal anterior** und **medial proximal** durchtrennt.

Die Technik nach Huckstep. Auch diese Modifikation berücksichtigt den spiraligen Verlauf der Sehnenfasern.

Durch eine distale Inzision wird die Achillessehne medial zu zwei Drittel ihres Durchmessers durchtrennt. Etwa 10 cm proximal davon werden durch eine zweite Inzision die dorsalen (hinteren) zwei Drittel des Sehnenvolumens ebenfalls durchtrennt. Durch Korrekturdruck von plantar gibt die Sehne nach, ohne ihre Kontinuität zu verlieren. Eine Hautnaht ist in der Regel nicht erforderlich.

Nachbehandlung. Postoperativ sollte für 4 Wochen ein Unterschenkelgips angelegt werden. Wir empfehlen einen Gipswechsel nach einer Woche. Anschließend ist krankengymnastische Mobilisation bis zum Erreichen einer guten aktiven Plantarflexion sowie die Unterschenkelnachtslagerungsschienenversorgung indiziert. Für tagsüber geben wir knöchelhohe Kaufschuhe bzw. bei neuromuskulären Erkrankungen und Zusatzeingriffen Unterschenkel-funktionsorthesen für 1 Jahr (dorsaler Anschlag).

Komplikationen. Die Hauptkomplikation stellt die Überkorrektur in den Hackenfuß dar. Da die Sehne direkt nach der Operation gegen die weitere Dehnung bis zu ihrer Heilung ungeschützt ist, kann sie sowohl während der primären Operation durch forcierten Korrekturdruck als auch beim anschließenden Gipsen überdehnt werden. Wir empfehlen deshalb, dass der

Operateur die Gipsbehandlung begleiten sollte. Eine weitere Komplikation stellt die versehentliche vollständige Durchtrennung der Sehne dar. Obwohl in der Literatur in diesem Falle kein Nachteil berichtet wurde, würden wir dennoch zu einer offenen Revision und Naht ggf. mit Umkipplastik raten. Die versehentliche Durchtrennung von Gefäß- oder Nervenstrukturen lässt sich durch die Verwendung eines speziellen Skalpels mit kurzer Klinge sicher vermeiden.

Besonderheiten. Bei der Verwendung dieser Operation in Kombination mit anderen Eingriffen (z. B. Fußheberersatzoperation) stellt die Dosierung der Verlängerung das wichtigste Kriterium für den Erfolg dar.

Wenn sich intraoperativ keine ausreichende Korrektur ergeben sollte, würden wir empfehlen, die Achillessehne offen darzustellen und in klassischer Weise Z-förmig zu verlängern. Eine nach der Achillessehnenverlängerung demaskierte Drehfehlstellung der Knöchelgabel muß supramalleolär korrigiert werden.

Offene Achillessehnenverlängerung

Indikation. Die Indikation zur offenen Achillessehnenverlängerung wird bei strukturellem Rückfußspitzfuß mit hartem, nicht federndem Anschlag und der Notwendigkeit einer sicheren Korrektur ohne die Gefahr einer Überdosierung gestellt. Typische Indikationen sind strukturelle Rezidivspitzfüße und schwere Deformitäten, bei denen (voraussichtlich) auch eine Kapsulotomie des oberen Sprunggelenkes und eine Verlängerung der langen Zehen-

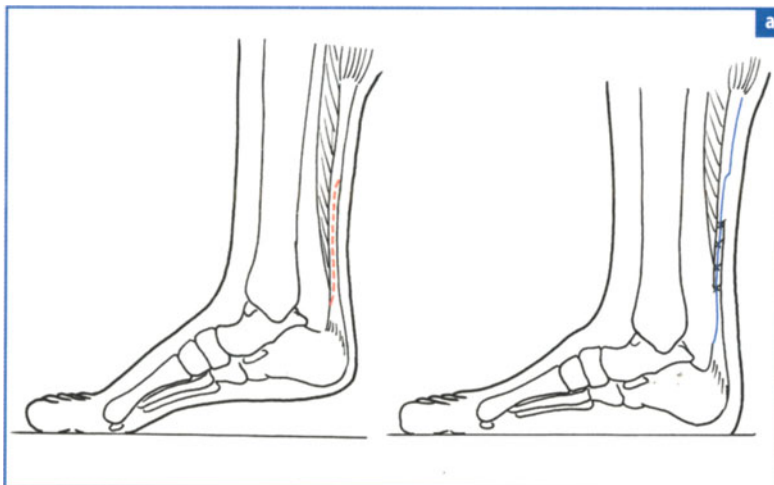
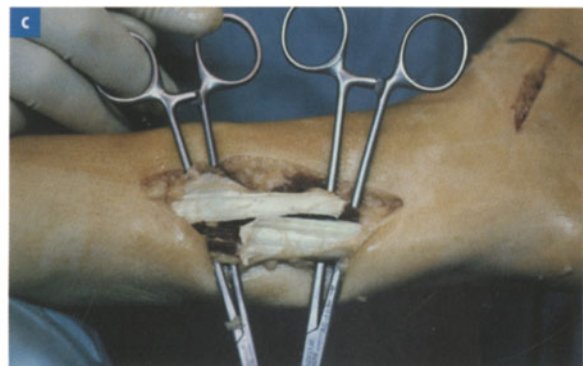
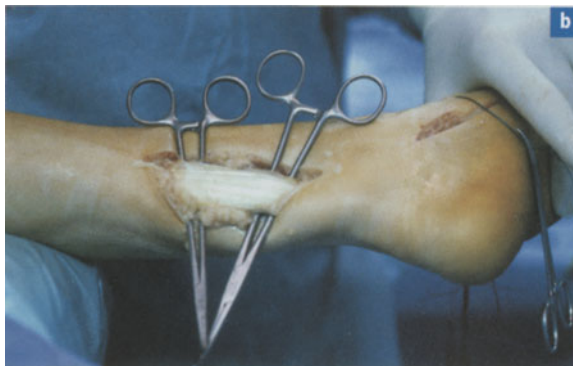


Abb. 6.21 a–c. Schematische und klinische Darstellung der Z-förmigen Achillessehnenverlängerung, die vorteilhafterweise im Bereich des distalen Unterschenkels und nicht im Bereich des Achillessehnenansatzes durchgeführt werden soll



beuger erforderlich werden (z. B. nach Kompartmentsyndrom oder angeborenem Spitzklumpfuß). Insgesamt gesehen ist die Indikation zur Achillessehnenverlängerung wegen der damit verbundenen ausgiebigen Schwächung (s. oben) seltener als die zu intramuskulären Wadenmuskelverlängerungen zu stellen.

Wirkungsprinzip. Durch offene Darstellung und Verlängerung der gemeinsamen Endsehne des M. gastrosoleus wird eine strukturelle (Rückfuß-)Spitzfußdeformität aufgrund einer Muskelverkürzung beseitigt (Abb. 6.21 a–c). Die Sehne wird länger, der Muskelbauch kürzer und schwächer.

Vorbereitung. Rückenlage; Wir halten die Bauchlage bei diesem Eingriff nur bei Bewegungseinschränkung der Hüft- und Kniegelenke für erforderlich, Durch Anbeugen und Abspreizen des Beines gelingt die Darstellung der Achillessehne auch in Rückenlage problemlos. Etwaige Zusatzeingriffe lassen sich bei Zeitersparnis in Rückenlage ebenfalls leichter durchführen. Eine ausschließliche Weichteiloperation erfordert keine Blutsperrung oder -leere. Ggf. kann der Operationstisch leicht zur Operationsseite gekippt werden.

Operationstechnik. Medial der Achillessehne auf halber Strecke zwischen Tibiahinterkante und Achillessehne wird etwa 2 Querfinger oberhalb des oberen Sprunggelenkes ein (je nach erforderlicher Verlängerungsstrecke) 4–10 cm langer Längsschnitt angelegt. Die so häufig beobachtete Inzision direkt über der Sehne ist wegen der Verwachsungsgefahr und der schlechten Kosmetik möglichst zu vermeiden. Die V. saphena magna und Äste des N. saphenus werden geschont. Die gemeinsame Unterschenkelfaszie wird in Inzisionsrichtung gespalten und mit Haltefäden aus feinem Vicryl armiert. Nun gelingt es leicht nach dorsal direkt auf die Sehne zu präparieren. Diese wird möglichst noch im Verlauf der distalen Soleusmuskulatur mit zwei langen Klemmen im gesamten Sehnedurchmesser im Abstand der gewählten Inzision unterfahren. Das Verwenden der beiden Klemmen erleichtert die Halbierung der Sehne enorm. Die Sehne wird nun zuerst sagittal – soweit erreichbar – gespalten. Anschließend wird sie in typischer Weise Z-förmig verlängert. Nach kompletter Durchtrennung der Sehnenfasern gelingt die Korrektur des Spitzfußes leicht durch ein Dorsalflexionsmanöver am oberen Sprunggelenk. Etwaige Soleusmuskelanteile sollten belassen werden. Sie geben dem Korrekturdruck leicht nach und bilden ein optimales Wundbett für die Sehnenheilung. Wenn keine weiteren Eingriffe geplant sind, werden beide Sehnenenden mit Vicrylfäden (Stärke 1) angeschlungen, bei Korrekturstellung des oberen Sprunggelenkes (Neutralstellung, keine Dorsalflexion) unter Spannung gegeneinander verzogen und die Sehne mit versenkter Nahttechnik Seit-zu-Seit genäht. Schließlich werden die Anschlingfäden in den korrespondierenden Sehnenanteil eingeflochten, um die optimale Sehnen-spannung zu erreichen. Die Spannung der Wadenmuskulatur wird überprüft (federnder Widerstand in Neutralstellung beim Versuch weiterer Dorsalflexion). Anschließend erfolgt die Naht der Unterschenkelfaszie, der Subkutis und der Haut (fortlaufende Technik). Ein Unterschenkelgips, der gespalten und gut gepolstert in Neutralstellung des oberen und unteren Sprunggelenks angelegt wird, beendet die Operation.

Nachbehandlung. Sie ist abhängig von eventuellen Zusatzeingriffen. Bei alleiniger Sehnenverlängerung wird der Gips nach 2 Tagen gegen einen gut anmodellierten Unterschenkelgips für 4 Wochen gewechselt. Anschließend beginnt die krankengymnastische Mobilisierung, begleitet von Unterschenkelnachtlagerungsschiene und Therapieschuhen mit Einlagen bzw. bei Zusatzeingriffen (knöchern, Fußheberersatz) Unterschenkel-funktionsorthese.

Komplikationen. Die wichtigste und folgenschwerste Komplikation stellt die Überkorrektur in eine Hackenfußdeformität dar. Eine erneute Raffung der Achillessehne bringt kaum Aussicht auf Erfolg und sollte wegen der erheblichen Narbenbildung kritisch indiziert werden. Bei Kindern kann man durch Unterschenkelfunktionsorthesen mit dorsaler Anschlagssperre eine (zumindest teilweise) Wiederherstellung der Wadenmuskelfunktion versuchen. In allen anderen Fällen wird man ebenfalls zuerst mit Orthesen arbeiten, bei entsprechender funktioneller Einschränkung später aber um zusätzliche operative Eingriffe nicht herumkommen. Keinesfalls sollte jedoch solange gewartet werden, bis sich bereits strukturelle Muskelverkürzungen im Knie- und Hüftgelenksbereich durch einen Kauergang ausgebildet haben.

Besonderheiten. Die Indikation zur offenen Achillessehnenverlängerung wird eher selten gestellt. Die Technik der Verlängerung ist weitaus einfacher als deren Dosierung. Im Zweifel sollte stets sparsam dosiert werden, da eine erneute Verlängerung zu einem späteren Zeitpunkt einfach durchzuführen ist, eine Überkorrektur dagegen nicht mehr ausreichend beherrscht werden kann. Bei zusätzlich notwendiger Kapsulotomie des OSG sollte die Inzision nach distal verlängert werden.

Wadenmuskelrezession nach Baumann

Indikation. Dynamische und beginnend strukturelle Spitzfüße (ohne harten Anschlag in Dorsalflexion, passive Korrektur in Kniebeugung noch bis zur Neutralstellung möglich) verschiedener Ursachen: In der Regel kommt diese Operationstechnik bei spastischen und schlaffen Lähmungsspitzfüßen im Kindes- und Jugendalter zur Anwendung.

Wirkungsprinzip. Selektive intramuskuläre Einkerbung der oberflächlichen Aponeurosen von M. gastrocnemius und soleus (Abb. 6.22 a–c). Durch diese

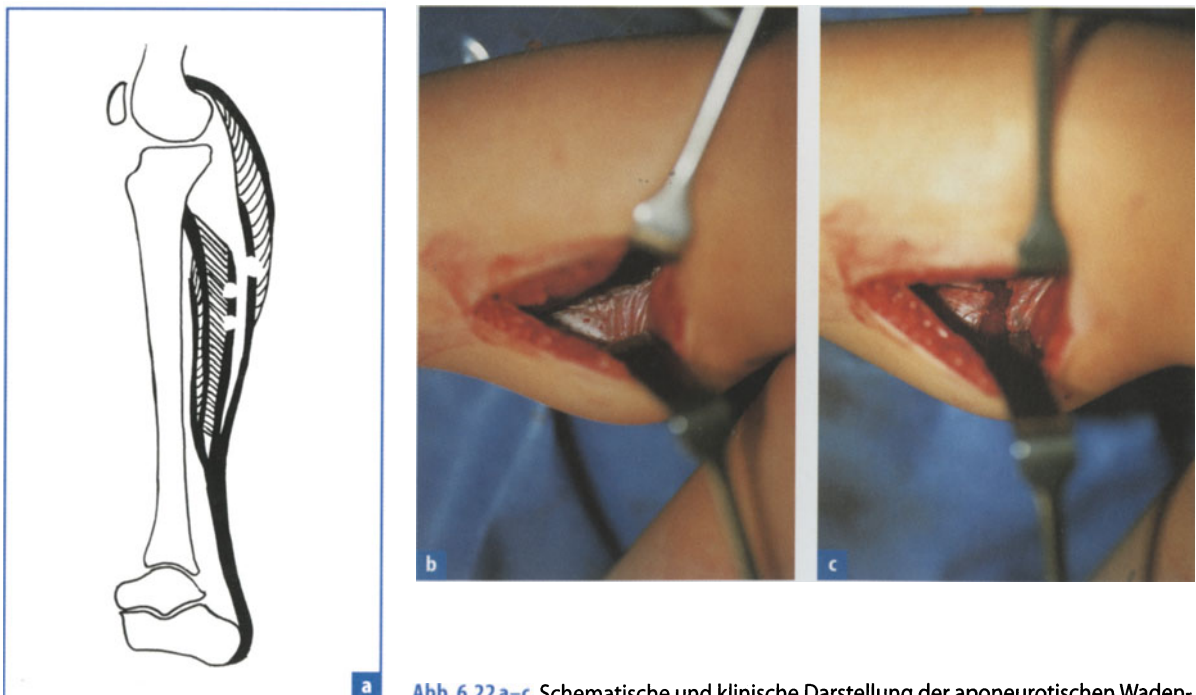


Abb. 6.22 a–c. Schematische und klinische Darstellung der aponeurotischen Wadenmuskulverlängerung nach Baumann

Technik wird der Muskel verlängert, aber es bleibt die muskuläre Kontinuität erhalten und die Muskelkraft wird nur vorübergehend geschwächt (Jaspers 1999)).

Vorbereitung. Rückenlage, Bein angewinkelt, eine Blutsperre ist nur bei begleitender knöchernen Operation erforderlich.

Operationstechnik. In Unterschenkelmitte wird medial und etwas proximal des meist sichtbaren Unterrandes des medialen Gastrocnemiusbauches etwa ein Querfinger dorsal der Tibiahinterkante ein 5–8 cm langer Längsschnitt angelegt. Nach scharfer Durchtrennung des Unterhautfettgewebes (Vorsicht: V. saphena magna und N. saphenus schonen) wird die gemeinsame Unterschenkelfaszie zunächst stumpf in ganzer Länge der Inzision dargestellt und anschließend (ggf. nach Armierung der Faszienränder mit feinen Vicrylfäden) längsinzidiert. Die bindegewebig-adipöse Trennschicht zwischen den Rändern des M. gastrocnemius und M. soleus lässt sich leicht erkennen. Sie wird zuerst mit der Schere längs eröffnet. Anschließend kann man mit dem Zeigefinger beide Muskelbäuche mühelos stumpf bis nach lateral und distal voneinander trennen. Die längsverlaufende Sehne des M. plantaris erscheint medial und bestätigt die richtige Lage. Durch Dorsal- und Plantarflexion des oberen Sprunggelenks lässt sich die Verschiebung der beiden Muskelbäuche gegeneinander dokumentieren. Die einander zugewandten Muskelflächen sind sehnig und können nun nacheinander (unter Verwendung langer stumpfer Haken) quer eingekerbt werden. Es empfiehlt sich dabei, zuerst mit dem M. gastrocnemius zu beginnen. Wegen der oftmals nahen Beziehung des N. cutaneus surae medialis raten wir dazu, zunächst diesen Nerven auf der dorsalen Oberfläche des M. gastrocnemius zwischen Muskel und Faszie darzustellen und zu mobilisieren. Er lässt sich so vor einer versehentlichen Durchtrennung schützen. Nach der Einkerbung der Gastrocnemiusaponeurose wird überprüft, ob sich der Spitzfuß in Kniebeugung und in Kniestreckung korrigieren lässt. Ggf. muss noch eine weitere Inzision der Aponeurose im Abstand von etwa 2 cm vorgenommen werden. Anschließend wird die sehnige Oberfläche des M. soleus in gleicher Weise quer auf einer oder zwei Etagen, je nach Korrekturerfolg eingekerbt. Die Plantarissehne wird durchtrennt. Man sollte die Sehneneinkerbung mit dem Zeigefinger auf Vollständigkeit nach lateral hin überprüfen. Meist ist eine mediane sagittale Sehnenraphe zusätzlich zu durchtrennen. Die Wunde wird gespült, und die Faszie getrennt vom Subkutangewebe verschlossen. Der Hautverschluss erfolgt durch fortlaufende intrakutane Naht.

Nachbehandlung. Abhängig von evtl. Zusatzeingriffen; bei alleiniger Operation genügt ein Unterschenkelgips in Korrekturstellung für 4 Wochen. Anschließend versorgen wir mit Unterschenkelnachtlagerungsschienen und Funktionsorthesen oder Therapieschuhen mit Einlagen. Parallel dazu sollte krankengymnastisch mobilisiert und aktiviert werden.

Komplikationen. Diese Operationstechnik gilt als sicher und komplikationsarm. Eine versehentliche Verletzung des N. cutaneus surae medialis kann ggf. revidiert werden. Sie verursacht jedoch kaum Probleme. Das Hauptrisiko dieser Technik stellt wegen der begrenzten Korrekturwirkung das Rezidiv dar, das wir besonders bei kleineren Kindern (wachstumsbedingt) und bei Hemiparesen beobachtet haben. In diesen Fällen kann die Operation problemlos wiederholt werden oder auch durch eine andere Technik ersetzt werden (Operation nach Strayer, ASV). Wenn die Gastrocnemiusansätze durch die Redression distal abreißen, können sie mit einigen Nähten auf der darunter liegenden Soleusaponeurose reinseriert werden. Dazu muss aber der Hautschnitt erweitert werden.

Besonderheiten. Die Vorteile der Operationstechnik liegen in der einfachen Ausführung und der nur geringen Muskelschwächung. Im Falle einer ungenügenden intraoperativen Korrektur kann die Inzision problemlos nach distal erweitert werden und eine Operation nach Strayer oder eine proximale Achillessehnenverlängerung angeschlossen werden.

Der Hauptnachteil der Methode ist ihr begrenztes Korrekturpotential und das Rezidivrisiko, so dass wir sie für strukturelle Spitzfüße nicht empfehlen können. Im Wachstumsalter raten wir postoperativ zur Orthesenversorgung und zu regelmäßigen (jährlichen) Verlaufskontrollen.

Wadenmuskelrezession nach Strayer/Baker

Indikation. Die Indikation entspricht der Operation nach Baumann, allerdings können mit dieser Methode auch leichtere strukturelle Spitzfüße (bis etwa 10° Plantarstellung in Kniestreckung) korrigiert werden (Abb. 6.23). Die Operation nach Baumann kann bei unzureichender Korrektur problemlos zur Operation nach Strayer erweitert werden.

Wirkungsprinzip. Durch Ablösung der Gastroknemiusendsehne und ggf. Einkerbung der darunterliegenden Soleusaponeurose wird ein größerer Längen-/Korrekturgewinn erzielt.

Vorbereitung. Siehe Operation nach Baumann; alternativ kann die Gastrosoleusaponeurose auch in Bauchlage über einen medianen Längsschnitt dargestellt werden (Bleck 1987; Hansen 2000), den wir aber aus kosmetischen Gründen eher weniger empfehlen würden.

Operationstechnik. Siehe Operation nach Baumann; die Gastroknemiusaponeurose wird distal in ihrem Ansatzbereich dargestellt und quer durchtrennt. Anschließend kann die darunterliegende Soleusaponeurose (einschließlich der medianen Raphe) ebenfalls eingekerbt werden. Thom gab eine Modifikation an, bei der er das distale Ende der Gastroknemiusaponeurose auf der darunterliegenden und ebenfalls eingekerbten Soleussehne unter Korrekturstellung festnähte.

Nachbehandlung. Siehe Operation nach Baumann.

Komplikationen. Diese Operation schwächt den M. triceps mehr als das Verfahren nach Baumann. Deshalb ist die Gefahr eines Rezidivs auch geringer, die einer Überkorrektur dagegen etwas größer. Man darf beim Korrekturdruck des oberen Sprunggelenks in Dorsalflexion nicht zu brüsk vorgehen, da es sonst besonders bei zu starker Einkerbung der Muskulatur zur vollständigen queren Ruptur des M. soleus kommen kann, die operativ genäht werden sollte. In diesem Fall sollte man distal die Sehne nochmals auf einer oder zwei Etagen einkerben, um nicht zu viel Spannung auf die Muskelnaht zu bringen oder aber die Muskelheilung abwarten und dann ggf. erneut distal zu verlängern. Unbedingt ist postoperativ ein orthetischer Schutz notwendig um keinen Hackenfuß zu riskieren.

Besonderheiten. Bei unzureichender Korrektur lässt sich auch diese Technik nach distal hin zur proximalen Achillessehnenverlängerung erweitern.

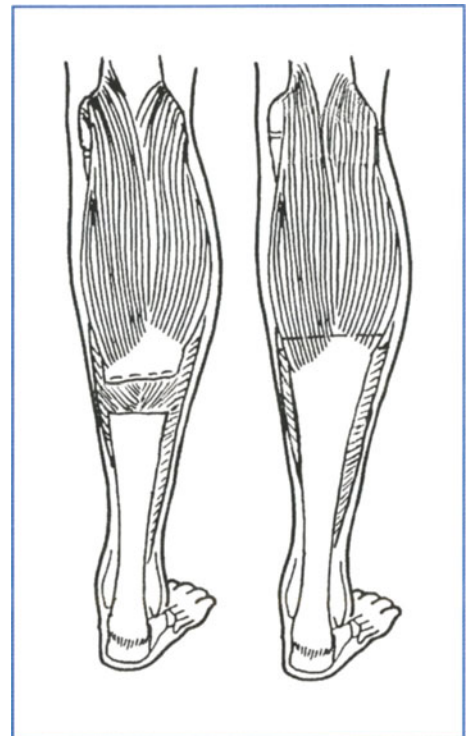


Abb. 6.23. Schematische Darstellung der Gastroknemiusrezession nach Strayer. Die proximale Gastroknemiusfaszie wird auf die darunter liegende Soleusfaszie gesteppt

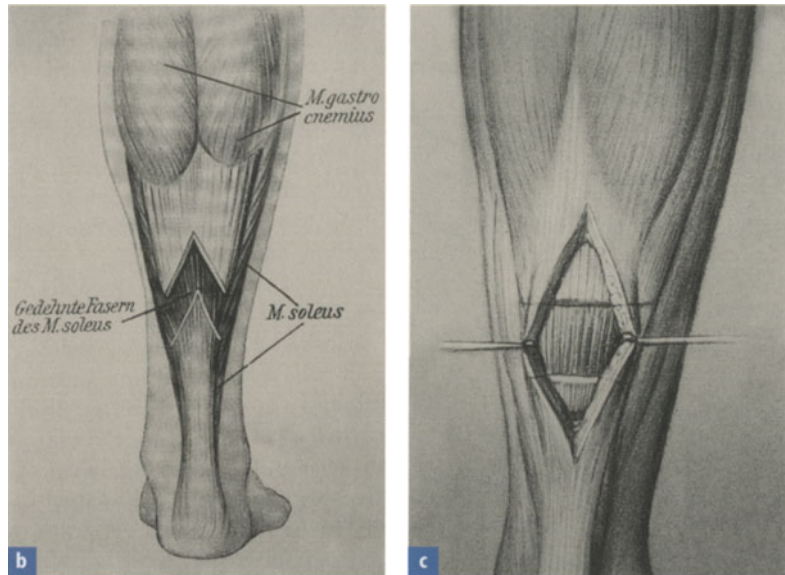
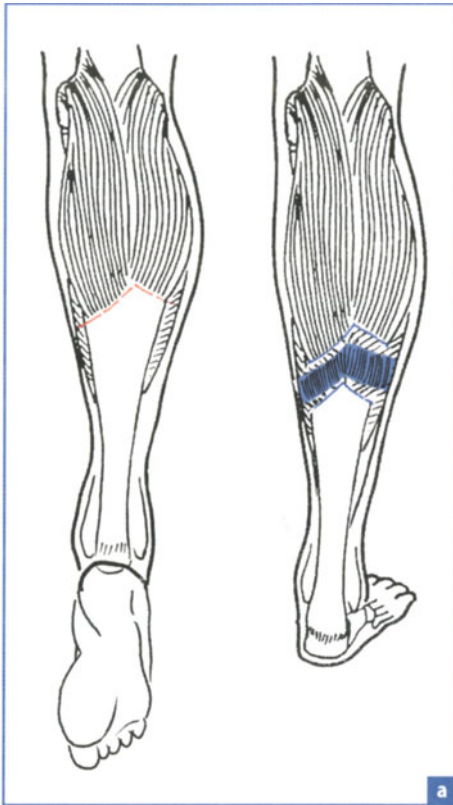


Abb. 6.24 a–c. Schematische Darstellung der Operation nach Vulpius, bei der die Gastrocnemiusaponeurose und die darunter liegende Soleusaponeurose umgekehrt v-förmig oder quer eingekerbt werden

Wadenmuskelrezession nach Vulpius

Die Modifikation der Wadenmuskeleinkerbung nach Vulpius besteht in der gleichzeitigen Einkerbung der Aponeurosen des M. gastrocnemius und des M. soleus in Form eines umgekehrten „V“ (Abb. 6.24 a–c). Die Vorbereitung und die Operationstechnik sowie die Nachbehandlung entsprechen dem Vorgehen bei der Operation nach Baumann bzw. Strayer.

Nach der Aponeurosendurchtrennung darf die darunterliegende Muskulatur keinesfalls zu großzügig durchtrennt werden, da es sonst durch den Korrekturdruck zu einer kompletten Ruptur des M. soleus mit dem Risiko der Überkorrektur kommen kann. Anstelle der umgekehrt V-förmigen Sehrendurchtrennung kann man die Sehnenplatte auch durch einen queren Schnitt einkerben. Bei gleichem Effekt ist der Zugang kleiner (von medial oder kombiniert von medial und lateral). Die mediane Soleusraphe muss extra inzidiert werden.

Proximale Gastrocnemiusrezession nach Silfverskjöld

Indikation. Die Indikation für diese in heutiger Zeit nur mehr selten durchgeführte Operation besteht in geringfügigen primär spastischen Spitzfüßen (Abb. 6.25). Immer wenn man zur Korrektur einer Kniebeugesehenverkürzung ohnehin in der Kniekehle operiert, kann diese Operation angeschlossen werden. Als isolierte Operation eines spastischen Spitzfußes ist die Technik nach Baumann leichter und schneller durchzuführen.

Wirkungsprinzip. Nils Silfverskjöld erkannte als einer der ersten die pathologische Funktion der mehrgelenkigen Beinmuskeln bei spastischen Lähmungen. Durch die Rückverlagerung der Ursprünge dieser Muskeln (Kniebeuger; Gastrocnemius) sollte die funktionelle Einschränkung verbessert werden. Das Operationsprinzip besteht in der Ablösung der Ursprünge des

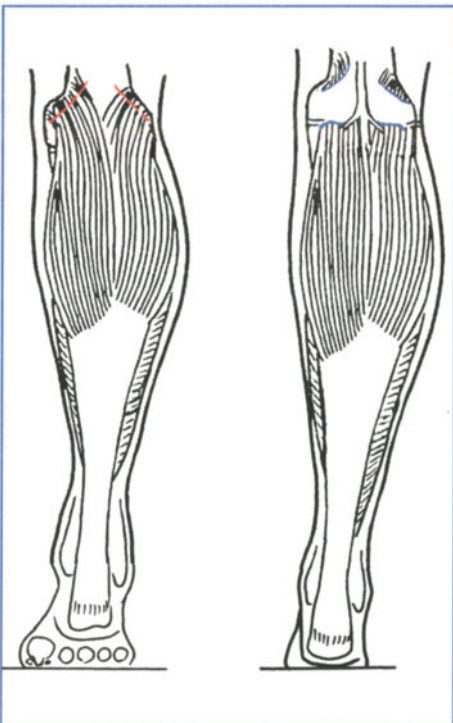


Abb. 6.25. Darstellung der Rückversetzung der Gastrocnemiusursprünge nach Silfverskjöld

medialen und lateralen Gastroknemiuskopfes von den Femurkondylen und in ihrer Rückverlagerung auf die proximale Tibia. Durch diese Technik wird die spastische Überfunktion der Muskulatur reduziert und die Gelenkexkursion gleichzeitig vergrößert.

Vorbereitung. Bauchlage, Blutsperre nicht unbedingt erforderlich.

Operationstechnik. Mediane Längsinzision in Kniekehlenmitte, etwa 8 cm lang. Wir raten dringend von der in der Literatur empfohlenen S-förmigen Inzision wegen häufiger Probleme beim Hautverschluss ab. Nach Längsspaltung der Fascia poplitea (ggf. anschlingen) wird zuerst auf die medialen Kniebeugesehnen präpariert. Die Semitendinosussehne wird (falls sie nicht verlängert wird) nach medial weggehalten. Die Sehne und der Muskelbauch des M. semimembranosus werden scharf kniekehlenwärts dargestellt. Lateral davon (d.h. zur Kniemitte hin) kann die Ursprungssehne des M. gastrocnemius leicht getastet werden. Durch Plantar- und Dorsalflexionsbewegungen des Fußes wird die Identifikation erleichtert. Die Sehne und ihr Muskelbauch werden ursprungsnah aufgeladen, angeschlungen (Vicryl, Stärke 1) und proximal davon unter Schutz des Gefäß-Nerven-Bündels abgelöst. Lateral wird analog verfahren. Hier muss jedoch zuerst der N. peroneus communis dargestellt und angeschlungen werden. Er wird soweit als möglich nach distal mobilisiert und kniekehlenwärts verzogen. Zwischen dem Nerv und der Bizepssehne lässt sich dann der Ursprung des lateralen Gastroknemiuskopfes ebenfalls darstellen, aufladen, anschlingen und ablösen. Nun wird die Kniegelenkskapsel medial und lateral in Höhe des Gelenkspaltes stumpf präpariert und die Gastroknemiusköpfe werden jeweils mit einer Naht daran befestigt. Wenn die Spitzfußkorrektur nicht ausreichend ist (leichte Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk bei Kniestreckung möglich), sollte in derselben Sitzung die Operation nach Strayer durch einen gesonderten dorsalen Zugang in Wadenmitte angeschlossen werden.

Nachbehandlung. Siehe Operation nach Baumann; bei gleichzeitiger Kniebeugesehnenverlängerung wird zuerst für 2 Wochen (bis zum Erreichen der vollen Kniegelenksstreckung) ein Oberschenkelgips angelegt.

Komplikationen. Eine Gefäß- oder Nervenverletzung ist zwar theoretisch möglich, bei sauberer Präparationstechnik aber nahezu ausgeschlossen. Das Hauptproblem besteht in der nur geringen Korrekturwirkung und dem damit größeren Rezidivrisiko.

Vorverlagerung des Achillessehnenansatzes nach Pierrot und Murphy (1974)

Diese originelle Methode hatte in den späten 70er- und frühen 80er-Jahren des 20. Jahrhunderts einige Anhänger gefunden (Abb. 6.26). Die Idee besteht in einer Verkleinerung des wirksamen Momentarms des M. triceps surae durch Vorverlagerung seines Ansatzes am Kalkaneus zwischen der Sehne des M. flexor hallucis longus und der Tibiarückfläche.

Zwei entscheidende Nachteile dieses aufwändigen Verfahrens sind die bei gleichzeitigen stärkeren Wadenmuskelverkürzungen trotzdem erforderliche Wadenmuskelverlängerung und die Gefahr der Verwachsung der Sehne mit der distalen Tibiarückfläche, die eine wirksame Exkursion des Muskels behindert. Es liegen keine Langzeitstudien mit dieser Methode vor, um die es still geworden ist. Da eine dosierte Wadenmuskelverlängerung technisch weitaus einfacher und besser dosierbar ist, sollte die Vorverlagerung der Achillessehne unserer Meinung nach in der Schublade der Kuriositäten verschwinden.

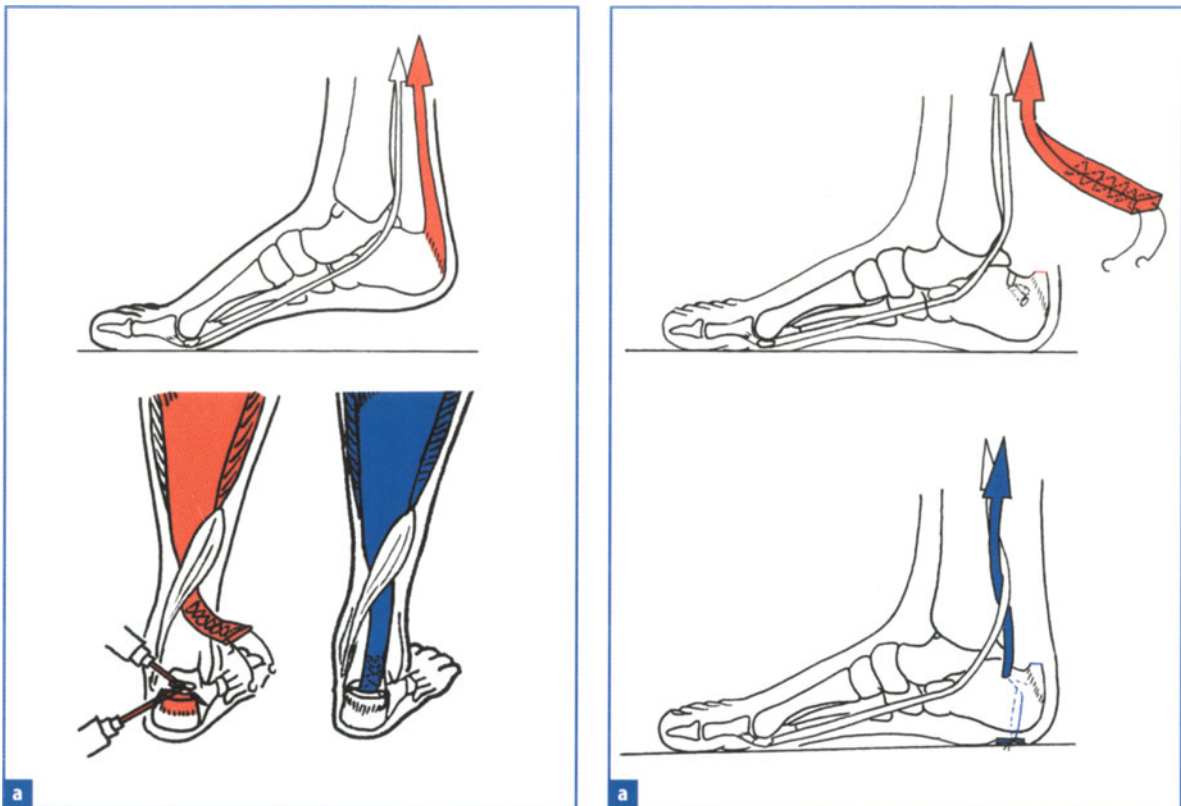


Abb. 6.26 a, b. Prinzip der Vorverlagerung des Achillessehnenansatzes nach Murphy

Endoskopische Achillessehnenverlängerung

Die Idee, die Achillessehne endoskopisch zu verlängern, stammt von Kollegen, die mit der Endoskopie vertraut sind. Neben dem ursprünglichen Einsatzbereich an großen und kleinen Gelenken wurde diese Technik auch auf andere Indikationen wie die Abtragung des Fersenspornes oder die endoskopische Spaltung des Karpaltunnels ausgedehnt. Nach E. Orthner (persönl. Mitteilung) wird die Operation durch zwei mediale Zugänge (einer für die Optik und einer für das Messer) vorgenommen. Die Sehnendurchtrennung erfolgt quer mit dem Instrumentarium, das auch für die endoskopische Karpaltunnelspaltung verwendet wird.

Trotz der Eleganz der kleinen Zugänge halten wir den endoskopischen Aufwand nicht für gerechtfertigt, da auch das konventionelle Vorgehen unter direkter Sicht eine kaum störende Narbe hinterlässt und deutlich rascher von statten geht.

Verlängerung der langen Zehenbeuger

Indikation. Die Indikation für diesen Eingriff besteht in einer nach der Korrektur des Spitzfußes demaskierten flexiblen Krallenstellung der Zehen (Abb. 6.27). Für eine primäre bzw. strukturelle Krallenstellung beispielsweise als Folge eines Kompartmentsyndroms oder beim Apoplex kommt dieser Eingriff nicht in Betracht. Die Unterscheidung zwischen flexibel und strukturell gelingt leicht, indem man die Zehenstellung in Dorsal- und Plantarflexion des oberen Sprunggelenks überprüft. Lässt sich die Zehendeformität in Plantarflexion ausgeraden, so sind die Zehen flexibel.

Wirkungsprinzip. Die Krallenzehenstellung wird durch eine intramuskuläre (oder selten Z-förmige) Verlängerung der langen Zehenbeugesehnen (Mm. flexor hallucis und digitorum longus) proximal des oberen Sprunggelenks beseitigt.

Vorbereitung. Rückenlage, Blutsperre nicht unbedingt erforderlich, vorausgehend muss die Spitzfußstellung korrigiert werden.

Operationstechnik. Durch eine mediale etwa 4 cm lange Inzision ein bis zwei Querfinger proximal des oberen Sprunggelenks direkt hinter der Tibia wird zuerst stumpf auf die Unterschenkelfaszie präpariert. Die Faszie wird längs gespalten, worauf die Sehne des M. flexor digitorum longus mit ihrer Muskulatur erscheint. Durch Beuge- und Streckbewegungen der Zehen wird sie identifiziert. Die Sehne wird nach distal verzogen und innerhalb der Muskulatur schräg eingekerbt. Anschließend gibt die Krallenstellung der Zehen auf manuellen Druck nach. Nun wird die darunterliegende Sehne des M. tibialis posterior nach dorsal (zur Achillessehne hin) zusammen mit dem Gefäß-Nerven-Bündel mobilisiert und mit einem stumpfen Langenbeck-Haken verzogen. In der Tiefe erscheint der M. flexor hallucis longus, der durch manuelle Bewegungen der Großzehe identifiziert wird. Seine Sehne ist im Muskelbauch eher zur Achillessehne hin verborgen. Durch Längsspalten der Muskulatur lässt sie sich freilegen. Die Sehne wird mit einer kräftigen Pinzette gefasst oder mit einer Overholt-Klemme aufgeladen und komplett innerhalb der Muskulatur durchtrennt. Durch manuellen Korrekturdruck lässt sich die Zehenbeugstellung anschließend ausgleichen.

In seltenen Fällen kann bei ausgeprägter Verkürzung auch eine Z-förmige Verlängerung der Sehne des M. flexor hallucis longus notwendig werden. In diesem Fall muss das Gefäß-Nerven-Bündel zuvor angeschlungen und beiseite gehalten werden. Die Sehnenenden werden mit Vicrylfäden in typischer Weise armiert und unter Korrekturstellung der Zehen mit leichter Spannung vernäht. Die Anschlingfäden können zum Nachspannen der Sehne eingeflochten werden.

Nachbehandlung. Unterschenkelgips für 3–4 Wochen, abhängig von begleitenden Operationen. Die Zehen sollten durch eine anmodellerte Platte am Gips in Streckung gehalten werden.

Komplikationen. Durch eine zu distale Einkerbung kann die Sehne vom Muskelbauch abreißen, was ihre Naht unter Verlängerung erforderlich macht. Der Faden (Mersilene, nicht resorbierbar) dient dabei als Leitschiene für die Neubildung der Sehne. Die Nachbehandlung verändert sich dadurch nicht.

Besonderheiten. Bei unveränderter Krallenzehenstellung trotz Sehnenverlängerung besteht mit hoher Wahrscheinlichkeit eine kontrakte Krallenzehendeformität. Diese ist durch eine plantare Längsinzision über der Grundgelenksbeugefalte anzugehen. Lange und kurze Beugesehnen werden unter Eröffnung der Sehnen Scheide dargestellt, mit einem Klemmchen aufgeladen (*Cave:* Gefäß-Nerven-Strukturen) und durchtrennt. Die Zehen lassen sich danach manuell korrigieren. Wenn sie teilkontrakt waren, können sie ggf. zur Rezidivprophylaxe mit Kirschner-Drähten für 4 Wochen in Streckstellung geschient werden.

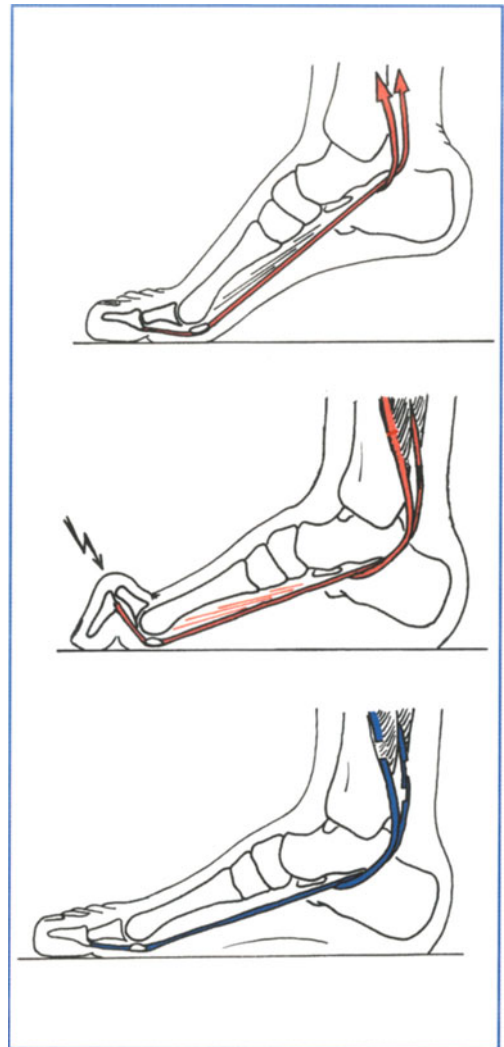


Abb. 6.27. Prinzip der intramuskulären, bzw. Z-förmigen Verlängerung der langen Zehenbeuger



Abb. 6.28. Die Kapsulotomie des oberen Sprunggelenkes sollte von der Innen- bis zur Außenknöchelspitze durchgeführt werden

Dorsale Kapsulotomie des oberen Sprunggelenkes

Indikation. Strukturelle Spitzfußdeformität mit hartem Anschlag bei röntgenologisch erhaltener sphärischer Kongruenz im oberen Sprunggelenk (Abb. 6.28). Die dorsale Kapsulotomie wird erst nach der Verlängerung der Wadenmuskulatur bzw. der Achillessehne vorgenommen.

Typische Indikationen sind angeborene Deformitäten wie z. B. die Spitzfußkomponente beim angeborenen Klumpfuß oder Schaukelfuß, der posttraumatische Spitzfuß nach Kompartmentsyndrom oder der Spitzfuß nach Infektionen. Beim neurogenen Spitzfuß (mit Ausnahme der AMC) ist nur äußerst selten eine dorsale Kapsulotomie erforderlich (Goldner 1988).

Wirkungsprinzip. Durch die quere vollständige Inzision der dorsal des oberen Sprunggelenkdrehpunkts gelegenen Kapsel wird eine Verbesserung des Bewegungsumfanges im oberen Sprunggelenk geschaffen. In besonders schweren Fällen (z. B. beim kongenitalen Klumpfuß) muss auch die dorsale Kapsel des unteren Sprunggelenkes inzidiert werden.

Vorbereitung. Rückenlage mit angebeugtem und außenrotiertem Bein, eine Bauchlage ist nur in seltenen Fällen (ungünstige Weichteilsituation nach Voroperationen) notwendig. Wegen der besseren Übersichtlichkeit empfehlen wir eine Blutsperrung.

Operationstechnik. In Rückenlage oder (selten) Bauchlage wird zuerst die Achillessehne durch einen medialen Schnitt auf halber Strecke zwischen Tibiahinterkante und Achillessehnenkulisse dargestellt. Nach ihrer Z-förmigen Durchtrennung wird die distale Hälfte mit einem Faden (Vicryl, Stärke 0 oder 1) armiert und nach distal umgeklappt sowie in eine feuchte Kompresse gelegt. Das medial gelegene Gefäß-Nerven-Bündel muss mobilisiert und mit einem Vessel-Loop angeschlungen werden. Nach der Identifizierung (und dem Anschlingen) der Sehnen des M. flexor digitorum und hallucis longus gelingt es leicht durch Bewegungen im oberen Sprunggelenk die Höhe des Gelenkspalts zu identifizieren und mit der Schere oder dem Messer einzukerben. Die Inzision sollte nach medial um die Innenknöchelschulter herum bis zur Innenknöchelspitze reichen (Sehnen des langen Zehenbeugers und des M. tibialis posterior schonen). Nach lateral müssen die kalkaneofibularen Bänder und die Retinakula der Peronealsehnen durchtrennt werden. Wenn die Wadenmuskulatur weiter proximal verlängert wurde, muss man die Achillessehne nach dorsal weghalten, um die Sprunggelenkskapsel zu erreichen. Nur selten ist ein weiterer lateraler Zugang medial der Peronealsehnen erforderlich, um die gesamte Gelenkkapsel zu erreichen. Nach der Kapseldurchtrennung sind energische Dorsal- und Plantarflexionsmanöver notwendig, um das Gelenk zu mobilisieren (Vorsicht bei Osteoporose!).

Nachbehandlung. Die Nachbehandlung sollte sich an begleitenden Weichteiloperationen (Wadenmuskelverlängerung) orientieren. Nach der Ruhigstellung sind die krankengymnastische Mobilisationsbehandlung mit Kräftigung der Fußheber und die Orthesenversorgung für 6 bis 9 Monate sinnvoll.

Komplikationen. Das Rezidiv stellt die Hauptkomplikation dar, weshalb eine korrekte Gipstechnik und die anschließende krankengymnastische Mobilisation inklusive Lagerungstechnik für ein befriedigendes Resultat unabdingbar sind.

Ventrale Kapsulotomie des oberen Sprunggelenkes

Indikation. Diese Operation (lateral und medial, ggf. mit Osteophytenabtragung) kommt bei knöchernem Anschlag und kongruentem oberem Sprunggelenk zum Einsatz (Abb. 6.29). Bei horizontal stehendem Talus oder deformiertem oberem Sprunggelenk reicht sie nicht aus, um die Dorsalflexion wiederherzustellen. In diesen Fällen muss im Fußwurzelbereich korrigiert werden.

Wirkungsprinzip. Durch vollständige Resektion der knöchernen Osteophyten ventral am oberen Sprunggelenk werden mechanische Hindernisse für die Dorsalflexion beseitigt. Auf eine ausreichende Abtragung sein besonders hingewiesen (Hansen 2000).

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperre. Dieser Eingriff kann bei geringgradiger Einschränkung der Dorsalflexion ausreichen, höhergradige Deformitäten erfordern dagegen meist zusätzliche Operationen (knöchern; weichteilig).

Die Operation kann als isolierter Eingriff auch arthroskopisch vorgenommen werden.

Operationstechnik. Da die Osteophyten meist medial und ventral am oberen Sprunggelenk lokalisiert sind, empfehlen wir für die offene Technik einen medialen (und ggf. auch einen lateralen) Zugang vom Os naviculare bis etwas oberhalb des oberen Sprunggelenks zwischen Tibialis-anterior-Sehne und Innenknöchel. Der laterale Zugang wird vor dem Außenknöchel angelegt. Die Sprunggelenkskapsel wird längs inzidiert und angeschlungen. Mit dem Raspatorium lässt sich die Kapsel von Tibia und Talus soweit abschieben, dass die störenden Osteophyten mit Finger-Hohmann-Hebeln oder mit einem Patellahaken dargestellt werden können. Sie werden mit dem Lürer oder mit kleinen Meißeln abgetragen, wobei man darauf achten muss, dass alle Osteophyten aus dem Gelenk entfernt werden. Der Übergang zum Talushals sollte etwas ausgemuldet werden (Hansen 2000). Durch manuelle Prüfung und Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk wird die Abtragung auf Vollständigkeit hin überprüft. Unter Verwendung von Patella-Haken können ggf. auch lateral gelegene Knochenvorsprünge abgetragen werden. Nach reichlicher Gelenkspülung wird die Kapsel mit Vicrylfäden verschlossen.

Nachbehandlung. Die Nachbehandlung richtet sich nach evtl. Begleitoperationen. Die ausschließliche Osteophytenabtragung erfordert die Liegegipsruhigstellung in erreichter Dorsalflexion bis zur Wundheilung. Anschließend wird krankengymnastisch mobilisiert und gekräftigt. Die Wiederaufnahme der Belastung sollte nach 4 bis 6 Wochen gestattet werden.

Komplikationen. Neben lokalen Komplikationen stellt das Rezidiv ein Hauptproblem dar. Wiederauftretende Ossifikationen können in analoger Weise abgetragen werden. Lässt sich jedoch keine ausreichende Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk erreichen, wird man abhängig von begleitenden Fehlstellungen zusätzliche Maßnahmen (wie z. B. Fußkeilentnahme oder Lambrinudi-Operation erwägen müssen. Durch eine sorgfältig durchgeführte Nachbehandlung kann die operativ erreichte Bewegungsverbesserung vielfach gehalten werden.

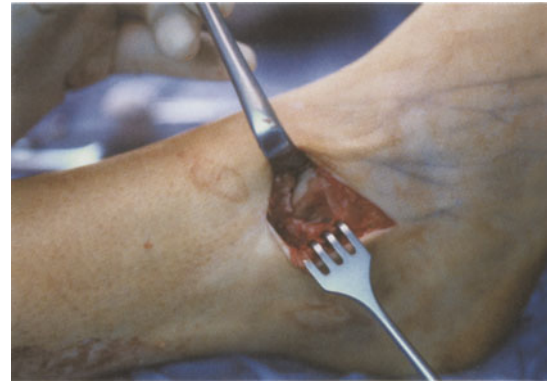


Abb. 6.29. Darstellen des Operationsitus beim Durchführen einer ventralen Kapsulotomie

Fußheberersatzoperationen

Transposition der Sehne des *M. tibialis posterior* (A. Codivilla 1900)

Indikation. Der Indikationsbereich für diese bekannte Operation erstreckt sich auf Fußheberpareesen vielfältiger Ursachen (schlaff, posttraumatisch, in seltenen Fällen auch spastisch; Abb. 6.30 a–d). Immer muss vor oder gleichzeitig mit dieser Operation die Fußform normalisiert und die freie Beweglichkeit mit ausreichender Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk (wenigstens 10 Grad) wiederhergestellt werden. Die Muskelkraft sollte präoperativ bei willkürlicher Prüfung immer Grad 4 oder 5 betragen. Ein hypermobiler Rückfuß sollte stabilisiert werden (Knickfußrisiko).

Wirkungsprinzip. Die Wirkungsweise besteht in der Ausschaltung des überwertigen Inversionszugs (Gefahr der Klumpfußentwicklung) und der gleichzeitigen Umverteilung zum Fußheber. Da der *M. tibialis posterior* von seiner ursprünglichen Funktion her ein Haltemuskel mit relativ wenig Exkursion (2 cm, Lieber 1992) ist, kann er auch die ausgedehnte Exkursion der Fußhebemuskulatur (4 cm) nicht vollständig ersetzen, von seiner eingeschränkten Kraftentfaltung einmal abgesehen (s. Abschn. 2.4). Eine aktive Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk von maximal 10 Grad ist aber in den meisten Fällen ausreichend.

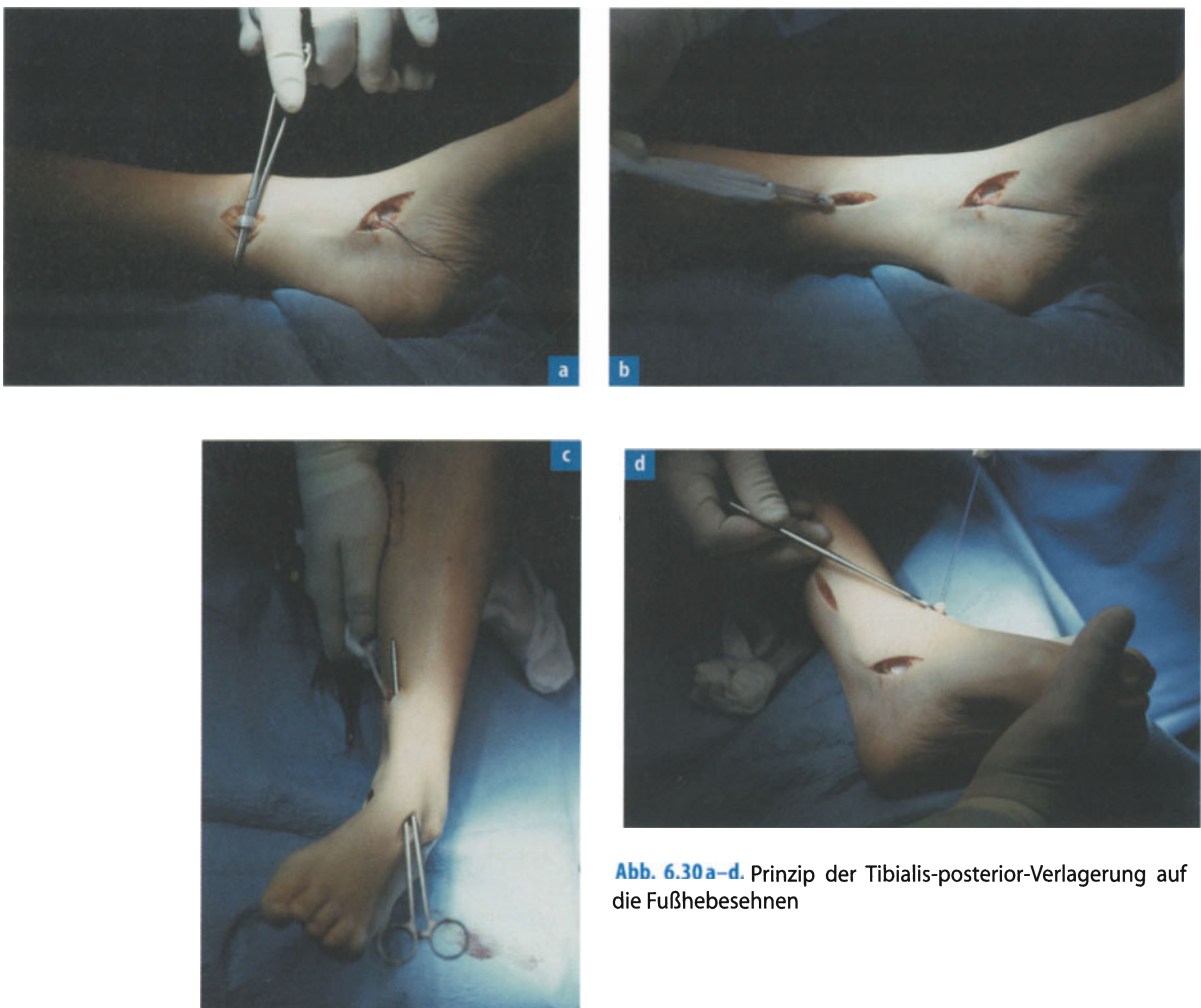


Abb. 6.30 a–d. Prinzip der Tibialis-posterior-Verlagerung auf die Fußhebesehnen

Wegen der eingeschränkten Kraft kann der Muskel auch zusammen mit einem anderen funktionstüchtigen Muskel transferiert werden. Es bieten sich hierfür entweder der M. flexor digitorum longus oder bei Peroneusteilparese auch der M. peroneus longus an (Tenodese der distalen Sehne in den M. peroneus brevis!). Hansen (2000) empfiehlt den distalen Stumpf des M. tibialis posterior mit dem M. flexor digitorum longus zu augmentieren, so wie dies bei der erworbenen Tibialis-posterior-Insuffizienz üblich ist (s. Döderlein et al. 2002, „Der Knickplattfuß“).

Vorbereitung. Der Patient liegt in Rückenlage oder Halbseitlage, eventuelle Zusatzeingriffe (Wadenmuskelverlängerung, Talonavikular- oder Chopart-Gelenksstabilisierung) sollten vorher durchgeführt werden. Wir empfehlen eine Oberschenkelblutsperrre.

Operationstechnik. Zur Operationstechnik ist der neugewählte Weg der Sehne wegen möglicher Verwachsungen bedeutsam. Wird die Sehne unter dem Retinaculum extensorum geführt, so ist der Momentarm kleiner, die Exkursionsmöglichkeit dagegen größer, bei subkutaner Verlagerung ist es umgekehrt. Die Ablösung des Ansatzes der Tibialis-posterior-Sehne mit einem Knochenstück vom Os naviculare wie dies Myerson angibt, halten wir für unnötig. Wir empfehlen stattdessen ebenso wie Hansen die Z-förmige Durchtrennung seines Ansatzes und ggf. das Augmentieren mit der M.-flexor-digitorum-longus-Sehne, wie dies bereits bei der M.-tibialis-posterior-Insuffizienz beschrieben wurde, wenn der M. flexor digitorum longus nicht ebenfalls als Fußheber transponiert werden soll (s. Döderlein et al. 2002). Die Sehne kann bei ausgedehnten Vorschädigung der Membrana interossea auch um die Tibia herum geführt werden. Der Vorteil dieser Methode besteht in der direkten Palpationsmöglichkeit durch den Patienten. Die ausreichende Spannung der Sehne bei der Vernäherung ist für das Endergebnis entscheidend. Als Faustregel kann gelten, dass der Fuß nach der Operation spontan in Korrekturstellung (Neutralstellung) stehen sollte.

Die Sehne wird durch einen leicht fußrückenwärts konvexen Hautschnitt (etwa 3–4 cm lang) zwischen der Innenknöchelspitze und der Tuberositas ossis navicularis dargestellt und soweit distal als möglich Z-förmig unter Belassung des distalen Schenkels plantar abgelöst sowie durchflochten. Eine weitere etwa 4 cm lange Inzision wird nun hinter der Tibiahinterkante etwa 3 bis 4 Querfinger oberhalb des oberen Sprunggelenks angelegt und die Sehne nach Eröffnen der Unterschenkelfaszie direkt unter der Sehne des M. flexor digitorum longus dargestellt und mit feuchter ausgezogener Kompresse aus der Wunde herausgezogen. Anschließend wird die Sehne exakt in Längsrichtung halbiert und jede Hälfte mit einem Vicrylfaden der Stärke 1 durchflochten. Es folgt direkt vor der Fibula und etwas distaler ein weiterer 3 cm langer Längsschnitt. Die Subkutis wird in Längsrichtung gespalten (*Cave:* N. peroneus superficialis), die Unterschenkelfaszie zwischen Tibia und Fibula längsgeschlitzt und eine stumpfe Kornzange durch die Membrana interossea direkt dorsal an der Tibia bleibend in die mediale Wunde vorgeschoben. Damit werden die beiden angeschlungenen Sehnenhälften gefasst und nach lateral ins ventrale Kompartiment herausgezogen. Wir raten von der allgemein empfohlenen Inzision direkt lateral der Tibiavorderkante ab, da die Membrana interossea hier sehr tief liegt und die stumpfe Kornzange sich von da aus schlechter nach medial vorschieben lässt. Beim Transfer durch die Membrana interossea muss darauf geachtet werden, dass das Gefäß-Nerven-Bündel hinter der Tibia nicht durch die Sehne komprimiert wird.

Es folgt eine weitere Inzision, deren Höhe sich nach der Sehnenlänge richten soll. Im Allgemeinen wird man in Fußrückenmitte etwas distal des oberen Sprunggelenks die Fußhebersehnen über eine etwa 4 cm lange Längsin-

zision aufsuchen und nacheinander mit Vessel-Loops anschlingen. Die beiden Sehnenhälften der M.-tibialis-posterior-Sehne werden wieder mit der Kornzange unter dem Retinaculum extensorum durchgezogen und nun nacheinander in die Strecksehnen (eine Hälfte in die Tibialis-anterior-Sehne, die andere in M. extensor hallucis longus und M. extensor digitorum longus/PT-Sehnen) in Pulvertaft-Durchflechtungstechnik eingenäht (Hansen, 2000, empfiehlt die Augmentation von Tibialis-anterior- und Peroneus-tertius-Sehnen). In diesem Fall sollten die Sehnenhälften über zwei getrennte Inzisionen in die Sehnencheiden des M. tibialis anterior und des M. peroneus tertius gezogen werden und dort unter Spannung in die Sehnen eingeflochten werden. Für eine ausreichende Fußhebewirkung müssen die Empfängersehnen nach proximal mit einem stumpfen Einzinkerhaken verzogen werden und der Fuß in Rechtwinkelstellung unter Dorsalflexion der Zehen gehalten werden. Wir empfehlen die Verwendung nicht oder langsam resorbierbarer Fäden und runder Nadeln (z. B. Panacryl oder Mersilene/Ethibond Stärke 1). Die Inzision im Retinakulum wird sorgfältig adaptiert und anschließend die Haut verschlossen. Eine alternative Fixierung besteht in der ossären Verankerung der ungespaltenen Sehne in Fußrückenmitte. Erweist sich die Sehne als zu kurz, wird sie durch eine Umkipplastik verlängert. Bei zusätzlicher Verwendung des langen Zehenbeugers wird dieser am Fußinnenrand aufgesucht, nach proximal herausgezogen und anschließend um die Tibia herum in die Fußheber eingenäht. Der Fuß muss postoperativ in Neutralstellung stehen.

Nachbehandlung. Die Nachbehandlung sollte bei ausreichend stabiler Fixierung frühfunktionell sein. Wir geben nach Abschluss der Wundheilung bei kooperativen Patienten einen gedeckelten Unterschenkelgips für weitere 3 Wochen, bei gleichzeitiger knöcherner Stabilisierung zunächst als Liegegips und für weitere 4 Wochen als abnehmbarer Unterschenkelgehgips. Anschließend erhalten die Patienten für 9 Monate Fußheberorthesen und Unterschenkelnachtslagerungsschienen, um die transponierte Sehne vor Elongation zu schützen.

Probleme. Eines der Hauptprobleme des M.-tibialis-posterior-Transfers ist neben der Einschränkung des Umlernens eines nichtphasischen Muskels der Ort der Verankerung der Sehne. Bei nicht exakt in Fußrückenmitte gewählter Insertion (lateral vom zweiten Interdigitalraum) kann es zur Entwicklung von Knickfußdeformitäten kommen. Die Gefahr scheint aber bei spastischer Lähmung insbesondere in Kombination mit Achillessehnenverlängerung deutlich größer zu sein als bei schlaffer. Nur wenn der M. peroneus brevis ebenfalls funktionstüchtig ist (was bei einer Fußheberparese nur selten vorkommen dürfte) besteht auch bei schlaffen Lähmungen ein gesteigertes Risiko zur Entwicklung von Knickplattfüßen. Mizel et al. (1999) untersuchten 10 Patienten mit traumatischer Peroneusparese, bei denen eine Transposition der Sehne des M. tibialis posterior vorgenommen worden war. Da sich postoperativ bei keinem Patienten eine Knickplattfußdeformität durch das Verlagern des M. tibialis posterior entwickelt hatte, schlossen die Autoren daraus, dass ein funktionstüchtiger M. peroneus brevis für die Knickplattfußentwicklung bei M.-tibialis-posterior-Insuffizienz erforderlich sei. Wir empfehlen in all den Fällen, wo die Entwicklung eines Knickplattfußes nach Transfer des M. tibialis posterior droht (besonders auch bei instabilen Rückfußgelenken) die gleichzeitige Stabilisierung des talonavikularen oder des Chopart-Gelenks. Durch die Verwendung stabiler Osteosynthese (Staples oder kanülierte Schrauben) ist dennoch die frühfunktionelle Mobilisation möglich.

Hove u. Nilsen berichteten 1998 über 20 Fälle, bei denen Sie die Sehne des M. tibialis posterior durch die Membrana interossea auf die Sehnen des M. extensor hallucis longus und M. extensor digitorum longus sowie PT genäht hatten. Eine ausreichende passive Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk von wenigstens 20 Grad wurde für erforderlich gehalten. Sechzehn von 20 Füßen zeigten ein sehr gutes oder gutes Ergebnis, bei den anderen war die Sehnenspannung zu gering.

Weitere Probleme bestehen beim Transfer des M. tibialis posterior neben der bereits erwähnten Gefahr einer Überkorrektur in die Knickplattfußdeformität im fehlenden Erlernen seiner neuen Funktion.

Wie Scherb (1952) sind wir der Ansicht, dass evtl. erhaltene, wenn auch schwache Fußheber einen reziproken Hemmeffekt auf spinaler Ebene ausüben können. Die Verklebung der Sehne auf ihrem Weg durch die Membrana interossea dürfte besonders bei längerdauernder Ruhigstellung nicht selten vorkommen. Durch die alternative Führung der Sehne um die Tibia herum lässt sich für den Patienten über die direkte Palpation eine Kontrolle der neuen Funktion vornehmen. Ohne ausreichendes Umlernen wirkt der Transfer lediglich als Tenodese ohne ausreichende Kontrolle der Fußhebung.

„I have found that approximately 50 % of patients who undergo this procedure [M.-tibialis-posterior-Transfer] retain posterior tibial tendon function in active dorsiflexion. The rest experience varying degrees of a tenodesis effect“ (Hansen 2000).

Die von mehreren Autoren (Hansen, Myerson) empfohlene gleichzeitige Achillessehnenverlängerung zum Schutz der transponierten Sehne vor einer Elongation halten wir nur beim Vorliegen einer strukturellen Wadenmuskelverkürzung für angezeigt, da sie mit einem nicht unerheblichen Risiko der Überkorrektur verknüpft ist. Entsprechend finden wir in den Arbeiten zum M.-tibialis-posterior-Transfer auch nur Hinweise zur Fußhebung, kaum aber zur verbleibenden Wadenmuskelkraft. Eine überkorrigierte Wadenmuskelverlängerung stellt aber unseres Erachtens eine stärkere funktionelle Einschränkung dar als die ursprüngliche Fußheberparese. Im gleichen Sinne wirkt die von zahlreichen Autoren berichtete Einschränkung der Plantarflexion nach M.-tibialis-posterior-Transfer. Sie muss – zum Leidwesen des Operateurs – leider durch eine Verlängerung oder Durchtrennung der transponierten Sehne wieder beseitigt werden (Myerson 2000).

Miller et al. (1982) gaben eine kritische Literaturübersicht und untersuchten eigene Patienten mit dieser Operation nach. Die beste Indikation sahen die Autoren bei Muskeldystrophikern sowie bei Patienten mit Charcot-Marie-Tooth-Erkrankung als Vorbereitung für eine spätere Rückfußstabilisation. Bei spastischen Lähmungen besteht ein Risiko für Überkorrekturen.

Transposition der Sehne des M. peroneus brevis/longus

Indikation. Die Indikation zur Transposition des M. peroneus longus oder/und brevis wird dann gestellt, wenn kein ausreichend kräftiger M. tibialis posterior zur Verfügung steht oder eine vorausgehende Fußheberersatzoperation fehlgeschlagen ist (Abb. 6.31a–c). Der Transfer des M. peroneus brevis bietet sich bei Abschwächung der Fußheber, insbesondere beim Ausfall des M. tibialis anterior an. Hansen (2000) empfiehlt diese Operation auch bei der peronealen Muskelatrophie, wogegen wir in diesem Fall eher den M. tibialis posterior transponieren würden.

Wirkungsweise. Der M. peroneus longus oder/und brevis wird auf die Fußheber transponiert. Da die Peroneusmuskulatur synergistisch mit den Fußhebern innerviert werden kann, stellt das Erlernen der neuen Funktion nur

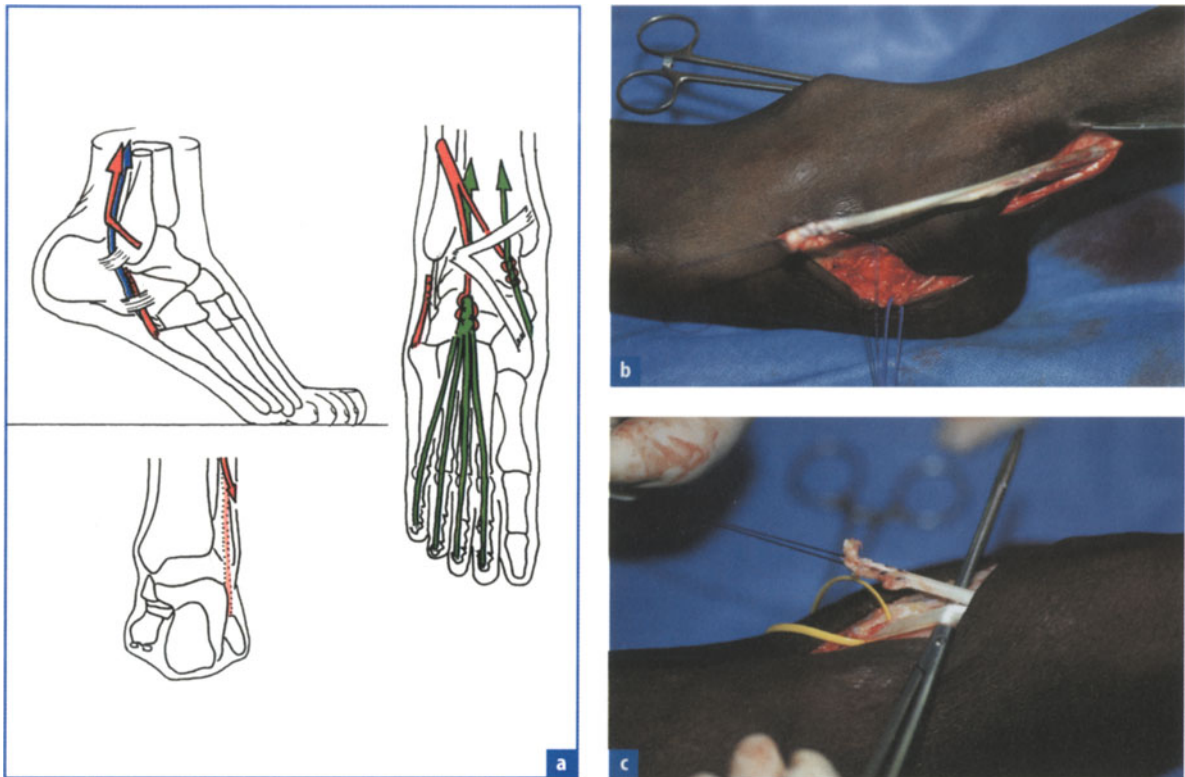


Abb. 6.31 a–c. Schematisches und klinisches Beispiel einer Peronealsehnenverlagerung auf die Fußheber

selten ein Problem dar (Close u. Todd 1959). Der Transfer des *M. peroneus longus* erfordert die Anastomose seiner Endsehne an den *M. peroneus brevis*, um das Metatarsokuneiformegelenk I zu sichern. Beim Transfer des *M. peroneus brevis* muss darauf geachtet werden, dass ein normal innervierter *M. tibialis posterior* einen neuen Antagonisten benötigt, damit keine Klumpfußdeformität entstehen kann. Es bieten sich für diese Funktion der hälftige *M.-tibialis-posterior*-Transfer oder die Transposition des *M. flexor digitorum longus* auf die Metatarsale-V-Basis an (Näheres s. Döderlein et al. 2001, „Der Hohlfuß“). Alternativ kann das Chopart-Gelenk arthrodesiert werden.

Vorbereitung. Rückenlage, vorausgehend müssen strukturelle Deformitäten korrigiert sein. Eine Oberschenkelblutsperre ist nicht unbedingt erforderlich.

Operationstechnik. Darstellung der Endsehne des *M. peroneus brevis* durch eine etwa 4 cm lange Inzision zwischen der Außenknöchelspitze und der Basis des Os metatarsale V. Der *N. suralis* wird präpariert und angeschlungen. Die Sehnen des *M. peroneus longus* und *brevis* werden nach Eröffnen ihrer Sehnencheiden dargestellt und miteinander Seit zu Seit vernäht. Proximal davon wird die Sehne des *M. peroneus brevis* durchtrennt und angeschlungen (Vicryl, Stärke 0 oder 1). Drei bis 4 Querfinger oberhalb des oberen Sprunggelenks wird direkt hinter der Fibula ein etwa 4 cm langer Längsschnitt angelegt. Nach Darstellung und Anschlingen des *N. peroneus superficialis* wird das peroneale Kompartiment eröffnet, die Sehne des *M. peroneus longus* nach dorsal verzogen (die Sehne lässt sich leicht durch plantaren Druck auf das erste Metatarsaleköpfchen identifizieren) und Sehne und Muskelbauch des *M. peroneus brevis* vorsichtig aufgeladen. Mit einer feuch-

ten Komprelle lässt sich die distal angeschlungene Sehne leicht aus der proximalen Wunde herausziehen. Sehne und Muskel werden nun soweit mobilisiert, dass sie problemlos fußrückenwärts verlagert werden können.

In Fußrückenmitte wird distal des oberen Sprunggelenks in Verlängerung des zweiten Zehs eine etwa 3–4 cm lange Längsinzision vorbereitet. Nach Längseröffnung des Retinaculum extensorum werden die zur Sehnennaht geplanten Sehnen (M. tibialis anterior und M. extensor digitorum longus) aufgesucht und angeschlungen. Ist ein Transfer der Sehne des M. peroneus brevis auf zwei Sehnen geplant, muss die Sehne zunächst längsgespalten werden. Beide Sehnenhälften werden angeschlungen. Mit einer Kornzange, die von distal unter dem Retinaculum extensorum nach lateral proximal ins peroneale Kompartiment vorgeschoben wird, wird die Peroneus-brevis-Sehne gefasst und nach distal gezogen. Der Muskelbauch wird dabei um die Fibula herum gelenkt. Man muss die Faszie ausreichend nach distal öffnen, damit kein Abknickeffekt entsteht.

Die M.-peroneus-brevis-Sehne wird unter Verziehen der Aufnahmesehnen nach proximal in Durchflechtungstechnik mit nicht resorbierbaren Fäden eingenäht. Der Fuß sollte anschließend spontan in Mittelstellung stehen. Anschließend werden das Retinaculum extensorum und die Haut genäht.

Der Transfer der Sehne des M. peroneus longus wird in entsprechender Weise durchgeführt.

Nachbehandlung. Siehe Transposition des M. tibialis posterior.

Probleme und Komplikationen. Der Transfer eines Peroneusmuskels zum Ersatz aller Fußheber reicht nicht aus. Werden beide Peronei versetzt, muss das Chopart-Gelenk zusätzlich stabilisiert werden. Bei einer Instabilität des ersten Metatarsokuneiformgelenks empfehlen wir außerdem die Lapidus-Arthrodesese.

Die Elongation oder der Ausriss der transponierten Sehne müssen revidiert werden. Eine schleichende Überkorrektur des Chopart-Gelenks nach medial erfordert den hälftigen Transfer der Sehne des M. tibialis posterior bzw. bei struktureller Deformität die Chopart-Arthrodesese.

Transposition von M.-tibialis-posterior- und M.-peroneus-longus-Sehne auf den M. tibialis anterior (Bridle-OP)

Das Wirkungsprinzip dieses Verfahrens besteht im Transfer der distal gestielten Sehne des M. peroneus longus und der distal abgesetzten Sehne des M. tibialis posterior auf die Sehne des M. tibialis anterior (Abb. 6.32; Bridle-Operation, Mc Call 1991). Es wird eine Art Steigbügelsystem des M. tibialis anterior ähnlich dem bei seiner hälftigen Transposition geschaffen und dieser noch zusätzlich durch die Sehne des M. tibialis posterior verstärkt. Prahinski und Rodriguez geben gute Ergebnisse mit dieser kombinierten Methode an, die sie bei Lähmung der vorderen und lateralen Unterschenkelmuskulatur indizieren. Kritikpunkte dürften neben der aufwendigen Technik, die eine erhöhte Verwachsungsgefahr in sich birgt die Sehnen-Sehnen-Fixation und die Teilung der Kraft des M. tibialis posterior sein. McCall et al. (1991) geben in ihrer Erstbeschreibung das Risiko von Hackenfüßen an (12%), das besonders bei Patienten mit IZP besteht. Ein Vorteil ist sicherlich das verminderte Risiko des Auftretens einer Überkorrektur in den Knick- oder Klumpfuß wegen des Tenodeseeffektes auf das obere und untere Sprunggelenk.

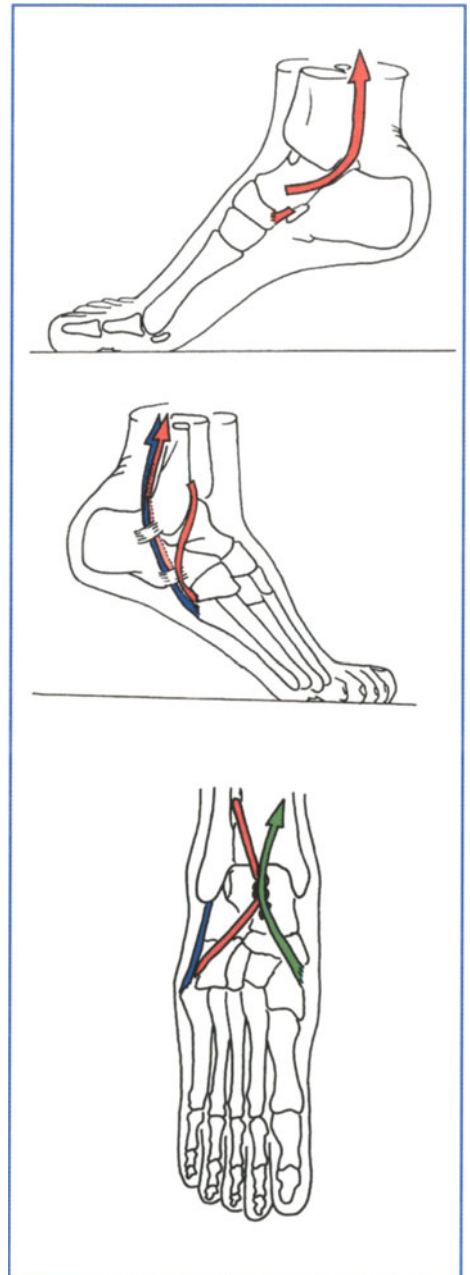


Abb. 6.32. Durchführung der Bridle-Operation als kombinierter Fußheberersatz

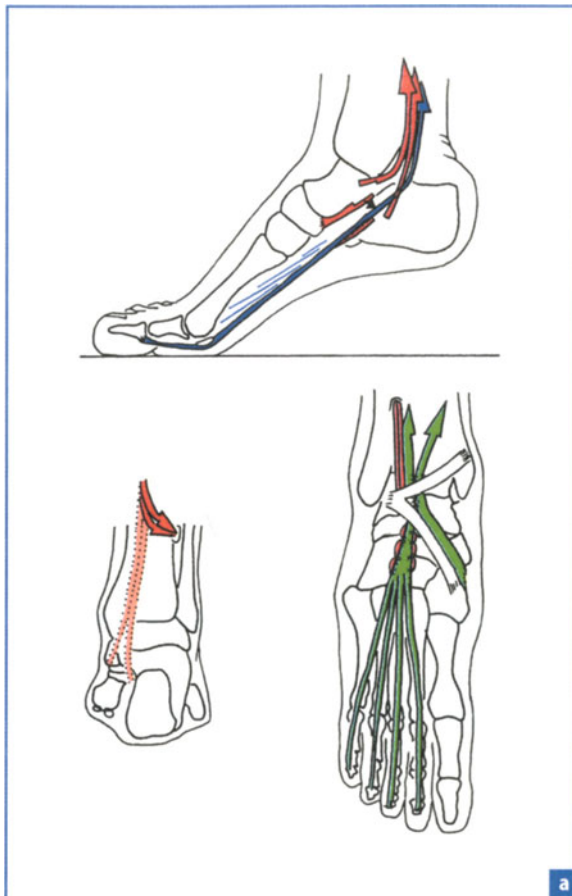


Abb. 6.33 a–c. Verlagerung von Tibialis posterior und langem Zehenbeuger auf die Fußheber

Transposition der Sehne des M. tibialis posterior und des M. flexor digitorum longus

Diese Modifikation halten wir für sinnvoller als die alleinige Transposition des M. tibialis posterior, da ein weiterer entbehrlicher Kraftspender eingesetzt wird (Abb. 6.33 a–c; Carayon-Operation).

Die Indikation sehen wir in einer zusätzlich erforderlichen Augmentierung des M. tibialis anterior. Technisch wird die Sehne des M. flexor digitorum longus am Fußinnenrand dargestellt, distal mit der Sehne des M. flexor hallucis longus vernäht und proximal davon durchtrennt. Der Muskel kann dann problemlos hinter der Tibiahinterkante herausgezogen werden und anschließend entweder durch die Membrana interossea (Verwachsungsgefahr) oder um die Tibia herum zum Fußrücken geführt werden. Weitere Einzelheiten siehe M.-tibialis-posterior-Transfer.

Beim Transfer durch die Membrana interossea hindurch muss unbedingt eine Kompression des Gefäß-Nerven-Bündels zwischen der Sehne und der Tibia vermieden werden.

Transposition der Sehne des M. Flexor hallucis/digitorum longus

Zusammen mit der Sehne des M. flexor digitorum longus kann auch die Sehne des M. flexor hallucis longus transponiert werden (Abb. 6.34 a–d; Hiroshima-OP). Entscheidender Nachteil dieser Methode ist der weit nach distal

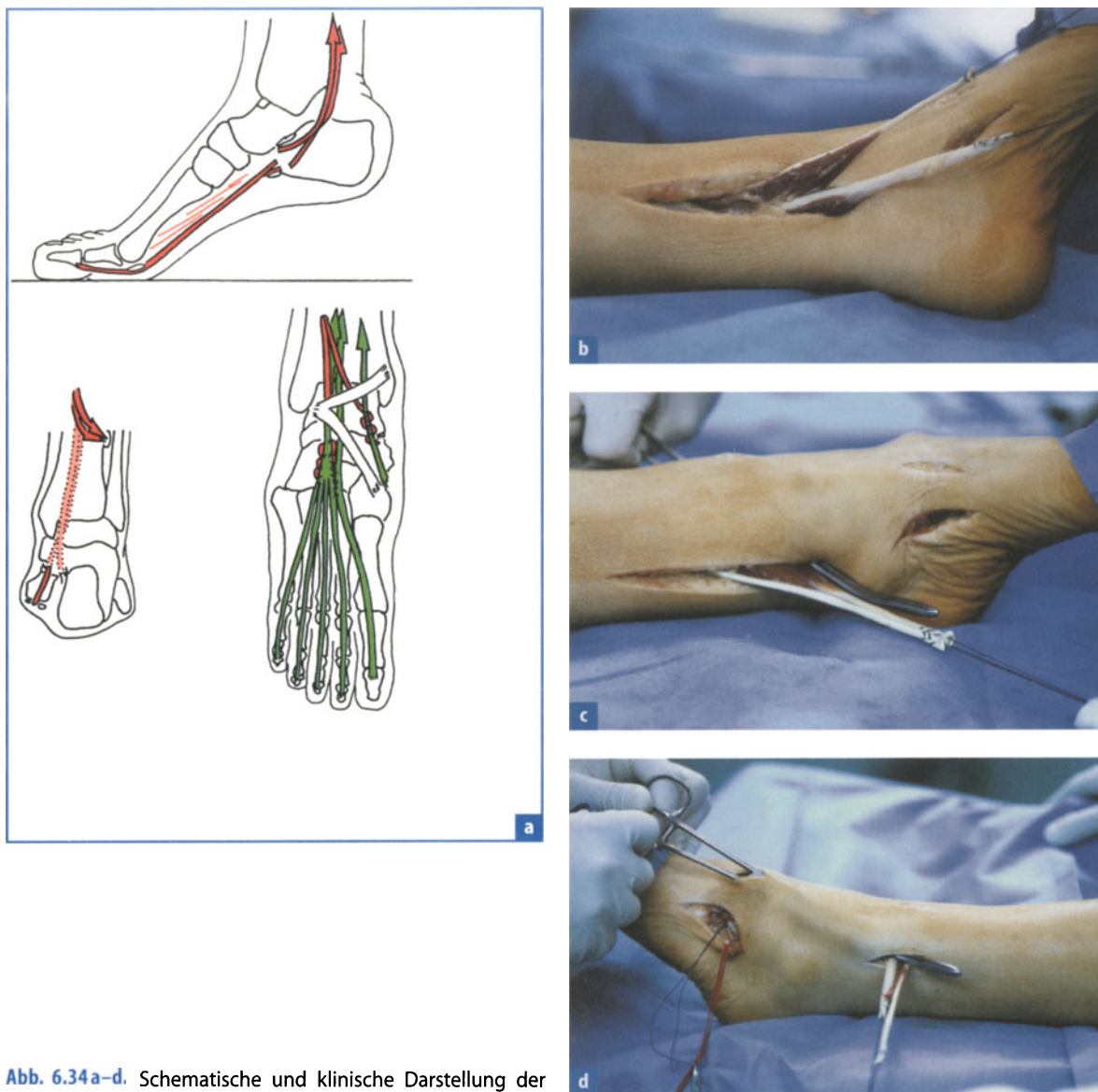


Abb. 6.34a–d. Schematische und klinische Darstellung der Transposition der beiden langen Zehenbeuger auf die Fußhebesehnen

reichende Muskelbauch des FHL, der die Transposition erschwert und besonders bei der Sehnenführung durch die Membrana interossea eine Verwachsung begünstigt. Der Vorteil liegt im größeren Kraftpotential dieses Muskels. Hiroshima u. Ono (1988) haben die kombinierte Transposition von *M. flexor hallucis longus* und *M. flexor digitorum longus* auf den Fußrücken bei spastischer Fußheberparese empfohlen. Besonders nach Apoplexie oder bei Hemiparese nach Schädelhirntrauma kann diese Technik eine Orthesenversorgung entbehrlich machen.

Wirkungsweise. Die langen Zehenbeuger werden in ihrer pathologische Überfunktion, die z. B. zur Krallenzehestellung führt, ausgeschaltet und zu Fußhebern umfunktioniert. Ein Umlernen muss dabei nicht erfolgen, da meist eine Daueraktivität vorliegt. Andernfalls ist die Tenodesefunktion ebenfalls meist ausreichend.

Vorbereitung. Vorausgehend ist ein struktureller oder stark tonischer Spitzfuß durch entsprechende Weichteilkorrektur zu operieren. Eine Instabilität im Rückfuß muss knöchern korrigiert werden. Der Patient liegt in Rückenlage, eine Oberschenkelblutsperre ist sinnvoll.

Operationstechnik. Mediale Inzision am Fußinnenrand, Ablösung des M. abductor hallucis und Darstellen der beiden Sehnen des M. flexor hallucis longus und M. flexor digitorum longus (Zehenbewegungen testen). Die Sehnen werden jeweils angeschlungen und distal davon durchtrennt. Nun muss eine evtl. Verbindung beider Sehnen (Chiasma plantare) gelöst werden, sonst lassen sich die Sehnen nicht nach proximal herausleiten. Etwa 2 Querfinger proximal des oberen Sprunggelenks wird medial hinter der Tibiahinterkante ein etwa 4 cm langer Längsschnitt angelegt und die Sehnen der Mm. flexor hallucis longus und flexor digitorum longus identifiziert, mit einer Overholt-Klemme aufgeladen sowie mit feuchter Kompresse aus der Wunde herausgezogen. Etwas distal der medialen Inzision wird lateral vor der Fibula ein etwa 3 cm langer Längsschnitt angelegt und nach Eröffnung des peronealen Kompartiments die Membrana interossea mit einer Kornzange perforiert und beide Sehnen gefasst und nach ventral herausgezogen.

Eine weitere Inzision wird in Fußrückenmitte in Verlängerung des zweiten Zehs angelegt und eine lange Kornzange jeweils innerhalb der Sehnencheiden des M. extensor digitorum longus und des M. tibialis anterior nach proximal vorgeschoben. Damit werden die beiden Anschlingfäden der langen Zehenbeuger gefasst und nach distal gezogen.

Die Fixierung erfolgt nach den oben angegebenen Richtlinien entweder ossär/periostal oder tendinös durch Einnähen in die Sehnen der MM. tibialis anterior und M. extensor digitorum longus. Auf eine neutrale Stellung des OSG und eine leichte Dorsalflexion der Zehen ist dabei zu achten.

Nachbehandlung. Siehe M.-tibialis-posterior-Transfer

Probleme und Komplikationen. Die Probleme können durch ein zu wenig oder ein zu viel an neuer Funktion charakterisiert werden.

Ein zu viel bedeutet eine Einschränkung der aktiven Plantarflexionsfähigkeit im OSG und sollte zunächst durch Dehnung der transponierten Muskeln, ggf. ergänzt mit Botulinumtoxin-Infiltration behandelt werden.

Wenn keine Besserung auftritt, muss die transponierte Muskulatur ggf. erneut verlängert oder durchtrennt werden.

Ist der Transfer dagegen zu schwach, kann dies an einer unerkannten Wadenmuskelverkürzung oder einer Sehneninsuffizienz liegen. Beides sollte operativ behoben werden.

Hemigastroknemiustransfer auf die Fußheber

Indikation. Bereits bei Vulpius wird die Methode der häftigen Transposition der Achillessehne beim Ausfall der übrigen Fußmuskeln angegeben (Vulpius 1902; Caldwell 1958; De Clippele 1974; Abb. 6.35 a–c). Vulpius beschreibt die Wirkung dieses Eingriffes folgendermaßen:

„Hier vollends kann eine Überpflanzung nur den Zweck haben, für den Fall, dass die alleinige Sehnenverkürzung der Arthrodese vorgezogen wird, den kleinen Rest von Muskelkraft an der geeignetsten Stelle unterzubringen“ (Vulpius 1902).

Diese selten geübte Technik bietet sich beim weitgehenden oder kompletten Ausfall aller sonstigen für einen Fußheberersatz möglichen Muskeln an, wenn der M. triceps surae noch vollständig oder weitgehend erhalten ist

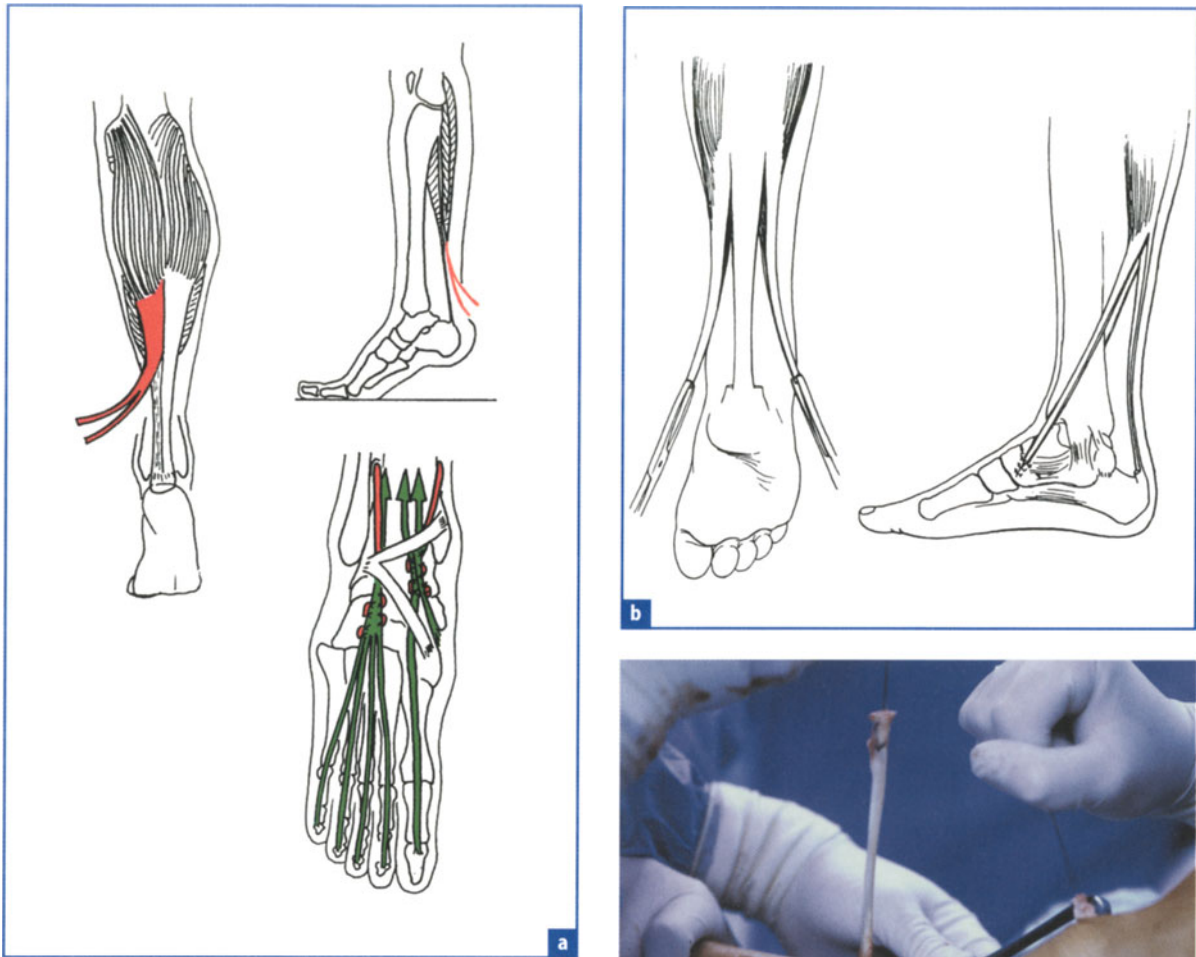


Abb. 6.35 a–c. Schematische und intraoperative Darstellung des Hemigastrocnemiustransfers auf die Fußhebersehnen. Die gesplattene halbe Achillessehne kann entweder um die Tibia herum oder zu gleichen Teilen durch die Membrana interossea und um die Tibia herum in die Fußhebersehnen geführt werden. **c** Intraoperativer Befund mit zusätzlichem M.FDL

(mindestens Kraftgrad 4). So sind es besonders neurologische Spitzfüße, für die eine solche Operation in Frage kommt. Wir haben diese Operationstechnik sowohl bei Deformitäten nach HSMN oder Polio als auch bei spastischen Spitzfüßen erfolgreich angewendet. Bei progredientem Grundleiden muss der Patient darauf hingewiesen werden, dass sich der funktionelle Gewinn mit weiterem Krankheitsverlauf wieder verschlechtern kann, so dass langfristig dann dauerhaft Orthesen notwendig werden.

Wirkungsweise. Durch Abspaltung der medialen Hälfte der Achillessehne, die nach ventral auf die Sehnen der Fußheber verlagert wird, lässt sich die Funktion der Fußheber wiederherstellen, ohne dass die Funktion der Wadenmuskulatur dadurch wesentlich beeinträchtigt wird. Da der gesamte M. soleus und der halbe M. gastrocnemius erhalten bleiben, besteht kein Risiko der Entwicklung eines Hackenfußes. Interessanterweise wirkt dieser Transfer meist nicht als reine Tenodese, sondern der Patient kann lernen, den halben M. gastrocnemius selektiv zu innervieren.

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperre.

Operationstechnik. Die Achillessehne wird durch einen langen oder zwei mediale Längsschnitte dargestellt (auf ca. 20 cm). Nach Anschlingen des Peritendineums wird dieses längsgespalten und die Sehne im Verlauf der Wunde proximal und distal jeweils mit einer Rinne oder einer Overholt-Klemme von medial her aufgeladen. Im proximalen Wundabschnitt muss dazu die Sehne stumpf von der darunterliegenden Muskulatur getrennt werden. Die mediale Hälfte wird nun mit einem Messer von distal nach proximal von der lateralen getrennt, wobei man nach proximal zu darauf achten sollte, dass möglichst nur die Sehne und kein Muskel abgelöst wird. Wenn ein zusätzlicher Spitzfuß besteht, wird etwas weniger als die mediale Sehnenhälfte abgespalten, damit genug Sehnenmasse übrig bleibt, um die laterale intakte Achillessehne Z-förmig verlängern zu können. Allerdings sollte man mit einer Verlängerung der stehengebliebenen Hälfte der Achillessehne besonders bei progredientem Grundleiden äußerst zurückhaltend sein und einen Spitzfuß wenn möglich eher knöchern, z. B. durch die Technik nach Lambrinudi korrigieren, da eine irreversible Überkorrektur in den Hackenfuß droht.

Die abgespaltene mediale Sehnenhälfte wird nun sorgfältig der Länge nach nochmals halbiert und beide Hälften werden mit Vicryl oder Mersilene-Fäden (Stärke 1) in Durchflechtungstechnik armiert. Alternativ kann die Achillessehnenhälfte durch ein freies Sehnen-transplantat aus dem M. tibialis anterior verlängert werden. Es gibt nun zwei Möglichkeiten, die zu transponierenden Sehnen nach ventral zu verlagern. Die einfachere und sicherere besteht darin, beide um die Tibia herum nach ventral zu führen. Bei der anderen Modifikation wird eine Hälfte durch die Membrana interossea geleitet. Dabei muss man aber unbedingt darauf achten, dass das Gefäß-Nerven-Bündel nicht eingeengt wird.

Man stellt sich anschließend die Fußhebesehnen durch eine etwa 4 cm lange Längsinzision proximal am Fußrücken dar. Das Retinaculum extensorum wird durch eine Längsinzision eröffnet, es dürfen jedoch nicht alle Fasern des Retinakulums durchtrennt werden, da sonst ein Bogensehnenereffekt resultiert. Die Sehnen des M. tibialis anterior, M. extensor digitorum longus und M. extensor hallucis longus werden nacheinander aufgesucht und mit dicken Vessel loops angeschlungen. Anschließend wird eine Kornzange von fußrückenwärts distal (unter dem Retinakulum bleibend) nach proximal medial zur abgespaltenen Achillessehnenhälfte direkt an der Tibia vorbei geschoben, die beiden angeschlungenen Sehnen werden gefasst und nach distal gezogen. Wenn ein Sehnenanteil durch die Membrana interossea geleitet werden soll, wird dieser gesondert mit der Kornzange gefasst. Man sollte dabei darauf achten, die Membran möglichst proximal zu tunnelieren, da der Zwischenraum zwischen Tibia und Fibula nach distal hin sehr eng wird. Die Naht der Fußhebertransposition erfolgt erst nach Korrektur aller übrigen Deformitäten (Spitzfuß; Knick- oder Klumpfußkomponente). Unter Verziehen der jeweiligen Aufnahmesehnen (M. tibialis anterior, M. extensor hallucis longus, M. extensor digitorum longus) nach proximal mit einem stumpfen Haken, werden die jeweiligen Achillessehnenanteile in Durchflechtungstechnik mit nicht resorbierbaren Fäden eingenäht. Nach Überprüfung der Nahtspannung (der Fuß sollte spontan in Mittelstellung stehen, die Zehen leicht dorsalflektiert sein), wird die Inzision des Retinaculum extensorum verschlossen. Vulpius gibt eine Methode an, bei der er die laterale Hälfte der Achillessehne distal abspaltet und unter der Peronei hindurch nach ventral auf die Fußheber transponiert (Abb. 6.35b).

Wegen der fehlenden muskulären Stabilisierung des Rückfußes muss die Operation meist mit einer Chopart- oder Lambrinudi-Arthrodesse kombiniert werden.

Nachbehandlung. Die Dauer der postoperativen Ruhigstellung hängt von evtl. zusätzlichen knöchernen Eingriffen ab. Bei ausschließlicher Weichteilkorrektur empfehlen wir für 2 Wochen einen geschlossenen Unterschenkeliegegips, anschließend – jedoch nur bei absolut kooperativen Patienten – für weitere 4 Wochen einen gedeckelten Unterschenkeliegegips, aus dem heraus die verlagerte Muskulatur (aktiv assistiv) beübt werden kann. Obwohl die frühfunktionelle Nachbehandlung durchaus Vorteile bringt (früheres Erlernen der neuen Funktion, weniger Verwachsungen) empfehlen wir bei unsicheren Nachbehandlungsbedingungen eher die Ruhigstellung für insgesamt 6 Wochen. Nach Gipsabnahme wird die Nachbehandlung aufgenommen und für etwa 9 Monate eine Fußheberorthese und eine Unterschenkelnachtslagerungsschiene gegeben, um die transponierte Muskulatur vor ihrer Überdehnung zu schützen. Bei gleichzeitigen knöchernen Operationen verlängert sich die Dauer der postoperativen Ruhigstellung auf 5 Wochen Liege- und 5 Wochen Gehgips.

Probleme und Komplikationen. Ein Problem besteht in der fehlenden Fähigkeit, mit dem verlagerten Gastroknemiusanteil die Fußhebefunktion zu erlernen. In diesem Fall wirkt die Operation als Tenodese und der Patient wird wahrscheinlich auf Dauer hohe Schuhe oder eine Fußheberorthese benötigen. Wir würden bei Problemen mit dem Umlernen einen Versuch mit Botulinumtoxin empfehlen, mit dem durch gezielte Injektion des lateralen Gastroknemiuskopfes (proximal etwas unterhalb der Kniekehle) die Koaktivierung vorübergehend blockiert wird.

Bei einer Elongation oder einem Ausreißen der verlagerten Sehnen halten wir bei guter Innervation frühestens nach 6 bis 9 Monaten eine Revision mit Raffung der Naht für sinnvoll. Da die kräftigere Wadenmuskulatur ebenfalls eine Überdehnung fördert, ist anschließend die temporäre Orthesenversorgung essentiell.

Tenodese der Fußheber in die distale Tibia

Diese Operation stellt eine alte Polioteknik dar, die bei fehlender transferfähiger Muskulatur zum Einsatz kommen kann (Abb. 6.36). Das Operationsprinzip besteht in einer Verankerung der direkt am Muskel-Sehnen-Übergang im distalen Unterschenkel drittel abgetrennten Sehnenstümpfe an die distale Tibia. Hierzu werden am Übergang vom dritten zum distalen Tibiaviertel zwei konvergierende Bohrlöcher (aufsteigend bis 4,5 mm) gebohrt und die angeschlungenen Sehnen durchgezogen sowie unter Neutralstellung des oberen Sprunggelenks mit sich und dem Tibiaperiost vernäht (nichtresorbierbare Fäden). Ein evtl. Spitzfuß muss vorab korrigiert werden.

Der Nachteil dieser Technik liegt in der Tatsache begründet, dass sich die Sehnen, die zur Tenodese verwendet werden, nicht so wie die gesunde Fußhebemuskulatur beim Fersenkontakt und der Gewichtsübernahme des Gangablaufs dehnen können. Sie wirken stattdessen als Kippmechanismus auf das Kniegelenk, das in Beugung einknickt. Wenn die Lähmung bereits viele Jahre bestanden hat, sind die Sehnen meist minderwertig und fettig infiltriert und deshalb nicht für den Transfer geeignet. Wir denken, dass die meisten Patienten, bei denen kein Fußheberersatz möglich ist, durch eine Fußheberorthese mit entsprechender Federwirkung für die Gewichtsübernahme bezüglich des Gangbildes eher profitieren als durch diese Operation.

Wegen der theoretischen Frakturgefahr (Bohrlöcher) empfehlen wir die Erhaltung der ventralen Tibiakante und einen orthetischen Schutz für 6 Monate postoperativ.

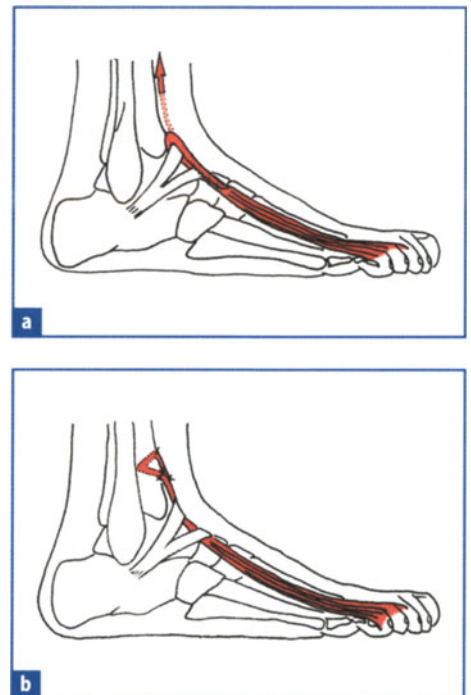


Abb. 6.36 a, b. Schematische Darstellung der Tenodese der Fußheber entweder um das Strecksehnenretinakulum oder in die distale Tibia

Alfred Schanz (1928) hat eine ähnliche Methode beschrieben, bei der er die Fußhebersehnen unter Korrekturstellung des Fußes oberhalb des querverlaufenden Retinaculum extensorum am distalen Unterschenkel zusammennäht. Diese Methode verhindert die Plantarflexion ohne eine Restfunktion der Fußheber zu behindern.

Kontraindikationen dieser Operationsmethode sind eine Schwäche der Kniestreckmuskulatur sowie alle stärkeren Beinverkürzungen, da ein schuhtechnischer Ausgleich in Spitzfußstellung dann nicht mehr möglich ist.

6.3.2 Knöcheloperationen

Talonavikulargelenksarthrodese (TN-Arthrodese)

Indikation. Die Indikation für diesen Eingriff besteht bei Hängfuß, wenn die Sehne des M. tibialis posterior verlagert werden soll und das Chopart-Gelenk hypermobil ist (Abb. 6.37). Der Eingriff soll die Entwicklung eines Knickplattfußes verhindern.

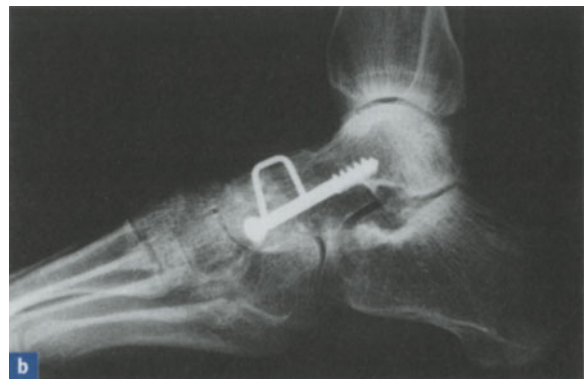
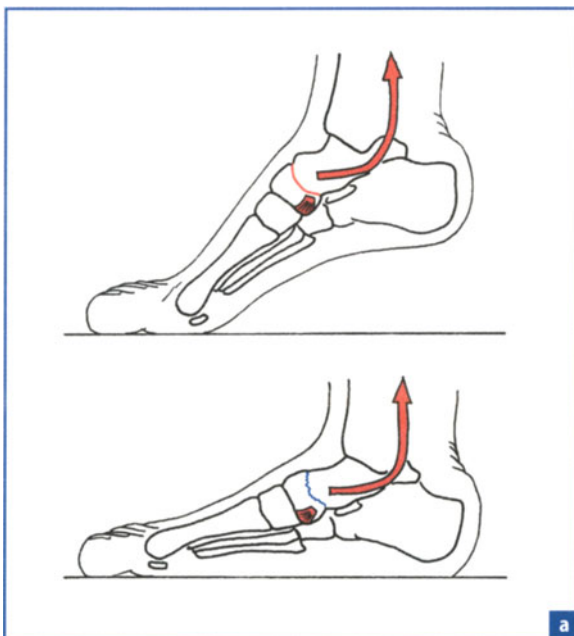


Abb. 6.37 a, b. Schematische und klinische Darstellung der talonavikularen Arthrodese beim Tibialis-posterior-Transfer und gleichzeitig instabilem unterem Sprunggelenk

Wirkungsweise. Durch die Stabilisierung des Talonavikulargelenks in Neutralstellung des Rückfußes wird das untere Sprunggelenk blockiert.

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperre; das Kniegelenk muss mit abgewaschen werden, um den Fußöffnungswinkel exakt ausrichten zu können.

Operationstechnik. Vorausgehend wird die Sehne des M. tibialis posterior ansatznah dargestellt und abgelöst. Das Talonavikulargelenk kann nun von medial, dorsal und plantar zum großen Teil dargestellt werden. Mit einem mittelbreiten Hohlmeißel lässt sich der Knorpel vom Taluskopf und vom gegenüberliegenden Os naviculare bis nach lateral entfernen. Ein weit nach medial überstehender Teil des Os naviculare wird sparsam abgetragen.

Meist muss durch eine zusätzliche Inzision am Fußrücken in Verlängerung des zweiten Strahls der laterale Abschnitt des Gelenks noch gesondert dargestellt werden. Dabei sollte man auf das dorsale Gefäß-Nerven-Bündel achten. Nach Resektion der dorsalen Gelenkkapsel und Aufspreizen des Gelenkes mit zwei dicken Kirschnerdrähten (Stärke 2,5) lässt sich so auch der laterale Anteil des Gelenks entknorpeln. Die Gelenkflächen werden anschließend entweder mit dem schmalen Lambotte-Meißel oder mit dem 2,0 mm Bohrer angefrischt und bündig aufeinandergestellt. Die korrekte Stellung des Gelenks zur Fusion ist für das Ergebnis entscheidend. Wir empfehlen die exakte Positionierung des Os naviculare auf den Taluskopf, wobei der mediale Anteil des Kahnbeins stets etwas überstehen muss. Anschließend wird die Stellung durch einen 2,2 oder 2,5 mm starken K-Draht, der etwas lateral eingebracht wird, gesichert. Wir raten dringend von einer primären Verschraubung von medial her durch kanülierte Schrauben ohne vorherige laterale Sicherung ab, da das Gelenk durch den Schraubenzug medialisiert wird. Die Fixation kann nach provisorischer K-Drahtfixation entweder durch eine von medial eingebrachte Schraube (4,5 oder 6 mm) oder auch durch 2 Klammern erfolgen. Bei der Verwendung der Schraube raten wir zur intraoperativen Röntgenkontrolle des oberen Sprunggelenks, um eine zu weit nach lateral ragende Schraubenspitze nicht zu übersehen.

Anschließend werden übriggebliebene Spongiosareste in Knochenlücken gestopft und die Sehnentransferoperation durchgeführt.

Nachbehandlung. Bei übungsstabiler Osteosynthese wird für die Zeit der Wundheilung ein geschlossener Unterschenkelliegegips angelegt, der anschließend gegen einen gedeckelten Unterschenkeliegegips für weitere 3 Wochen gewechselt wird. Aus diesem Gips heraus muss der Transfer aktiv geübt werden. Nach dieser Zeit wird die knöcherne Konsolidierung röntgenologisch überprüft und ein Unterschenkelgehgips (ggf gedeckelt) für weitere 4 Wochen angelegt. Anhand einer weiteren Röntgenkontrolle wird über die Freigabe zur Vollbelastung (mit Funktionsorthese) entschieden.

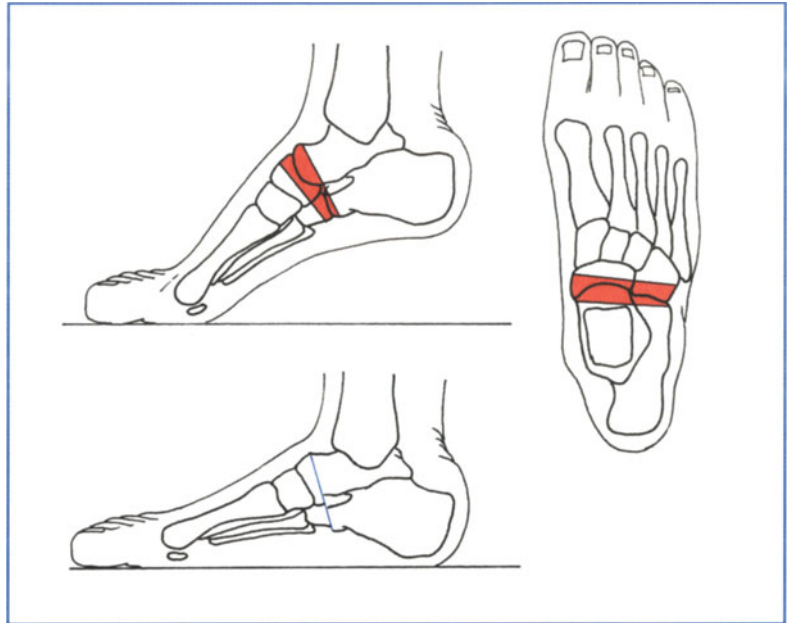
Probleme und Komplikationen. Diese Operation stellt einen erheblichen Eingriff in die Rückfußmechanik dar und muss deshalb gut indiziert werden. Wenn das Chopart-Gelenk nach Ablösung des M. tibialis posterior zum Transfer ausreichend stabil ist, kann auf die Versteifung des Talonavikulargelenks verzichtet werden. Ggf. sollte die Sehne des M. flexor digitorum longus auf den Ansatz des M. tibialis posterior zur Sicherung des Talonavikulargelenks genäht werden (s. Döderlein et al. 2002, „Der Knickplattfuß“). Wir haben mit der Anwendung der Arthrorise des unteren Sprunggelenks (Döderlein 2002) keine persönlichen Erfahrungen. Ggf. kann diese Methode in Einzelfällen als Alternative zur TN-Arthroese dienen.

Die Pseudarthrose und die Fehlstellung sind die häufigsten Probleme. Diese erfordern meist die Revision unter autologer Spongiosaplastik.

Chopart-Gelenksarthroese

Indikation. Die Indikation entspricht der für die Talonavikulargelenksarthroese beschriebenen (Abb. 6.38). Insbesondere, wenn eine erhebliche Instabilität des Chopart-Gelenks vorliegt, sollte bei gleichzeitiger Transposition der Sehne des M. tibialis posterior eine Rückfußstabilisierung erwogen werden. Der Eingriff eignet sich darüber hinaus auch hervorragend zur simultanen Korrektur einer evtl. strukturellen Rückfußdeformität, wenn sich z. B. infolge eines längerbestehenden Muskelungleichgewichts ein Vorfußspitzfuß, ein Klumpfuß oder Knickplattfuß entwickelt hat.

Abb. 6.38. Schematische Darstellung der Chopart-Arthrodese, welche resezierend oder konturerhaltend durchgeführt werden kann



Wirkungsweise. Siehe Talonavikulararthrodese; die Chopart-Gelenksarthrodese gestattet die Korrektur des Rückfußes in allen 3 Ebenen des Raums.

Vorbereitung. Siehe Talonavikulararthrodese.

Operationstechnik. Das Vorgehen medial entspricht dem bei der TN-Arthrodese beschriebenen. Zusätzlich ist ein lateraler Zugang über dem Kalkaneocuboidgelenk (CC-Gelenk) erforderlich. Nach Sicherung des N. suralis wird der Ursprung des M. extensor digitorum brevis vom Fettkörper des Sinus tarsi und von der Sehne des M. peroneus brevis getrennt und mit einem Hohlmeißel vom Processus anterior des Kalkaneus abgelöst, angeschlossen sowie nach distal umgeklappt. Das CC-Gelenk wird nun nach plantar durch einen Viernstein-Retractor dargestellt und eröffnet. Fußrückenwärts wird möglichst knochenah ein weiterer Retraktor eingesetzt. Zunächst werden die ventralen Bandverbindungen zwischen Talus und Kalkaneus scharf gelöst und entfernt. Anschließend kann der laterale Abschnitt des Talonavikulargelenks dargestellt und entknorpelt werden. Schließlich wird das CC-Gelenk vollständig entknorpelt. Der Fuß wird nun provisorisch reponiert (Rückfußinversion, Vorfußpronation, das Os naviculare bedeckt den Taluskopf vollständig) und diese Stellung mit je einem K-Draht durch TN und CC-Gelenk gesichert. Eine stabile Arthrodese wird dann mit kanülierten Schrauben oder mit Klammern ausgeführt. Bei schlechter Knochenqualität genügen auch zusätzliche K-Drähte. Evtl. Spongiosareste werden in Knochenlücken eingebracht. Bei größeren Lücken kann aus dem Kalkaneus dorsolateral oder aus der distalen Tibia über ein Fenster Spongiosa entnommen werden (Hansen 2000). Anschließend wird der Sehnentransfer durchgeführt.

Nachbehandlung. Siehe TN-Arthrodese.

Probleme und Komplikationen. Eine Pseudarthrose des TN-Gelenks muss – wenn sie symptomatisch ist – revidiert werden. Die Heilung unter Fehlstellung kann, insbesondere bei Überkorrektur in den Rückfußvarus ebenfalls die Reoperation notwendig machen.

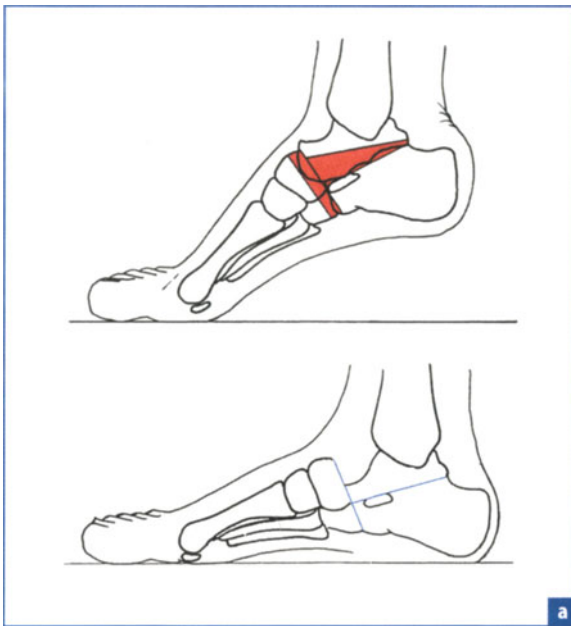


Abb. 6.39 a, b. Schematische und klinische Darstellung einer Lambrinudi-Triple-Arthrodese zur Korrektur eines teilweise ossär fixierten Spitzfußes

Tripelarthrodese nach Lambrinudi

Indikation. Die Indikation für diese umfangreiche Fußkorrektur besteht in einer knöchern fixierten Spitzfußstellung im oberen Sprunggelenk, bei knöchernem Anschlag und bei allen Spitzfüßen, die sich durch vorausgehende Weichteiloperationen nicht ausreichend korrigieren ließen (Abb. 6.39 a, b).

Wirkungsweise. Die Technik nach Lambrinudi wirkt im Sinne einer knöchernen Stabilisierung des Rückfußes durch Arthrodese des subtalaren und des Chopart-Gelenks und einer Spitzfußkorrektur durch ventralbasige Keilentnahme aus dem Talus. In der Originalarbeit wird mit der Keilentnahme auch ein dorsaler Anschlag am oberen Sprunggelenk geschaffen, um einer Fußheberparese (Hängefuß) entgegenzuwirken

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperre, oftmals kann durch eine vorausgehende Weichteiloperation die strukturelle Deformität teilweise korrigiert werden, was den Umfang der Keilentnahme reduziert.

Operationstechnik. Laterale Inzision unter und hinter dem Außenknöchel beginnend und bis zum Fußrücken zum lateralen Kuneiforme ziehend; die Hautränder werden mit Haltefäden angeschlungen. Nach Darstellung und Anschlingen des N. suralis wird der Ursprung des M. extensor digitorum brevis mit einer kleinen Knochenscheibe vom Processus anterior calcanei abgelöst, angeschlungen und nach distal umgeklappt. Das Kalkaneokuboid- und das Talonavikulargelenk werden scharf so weit nach medial als erreichbar dargestellt. Sog. Viernstein-Retraktorhebel erleichtern die Übersicht. Anschließend wird das untere Sprunggelenk durch einen weiteren Retraktor, der unter den Peronealsehnen und unterhalb der Außenknöchelspitze eingesetzt wird, freigelegt. Nach Inzision der Ligg. calcaneofibulare und interosseum lässt sich das unter Sprunggelenk mit einem Knochenspreizer aufklappen. Die Gelenkflächen werden in nachstehender Reihenfolge mit einem gebogenen Hohlmeißel sorgfältig entknorpelt:

Hinteres unteres Sprunggelenk: Kalkaneus – Talus
 ↓
 Vorderes unteres Sprunggelenk: Kalkaneus – Talus
 ↓
 Kalkaneokuboidgelenk: Kalkaneus – Kuboid
 ↓
 Talonavikulargelenk: Talus – Naviculare

Ins hintere untere Sprunggelenk wird dabei nach medial hin eine gebogene lange Klemme (Overholt) zum Schutz des Gefäß-Nerven-Bündels und der langen Zehenbeugesehnen eingesetzt.

Nach Entfernen der Knorpelbeläge wird ggf. zusätzlich ein dorsalbasiger Keil aus dem Chopart-Gelenk gesägt. Dabei ist es nur in seltenen Fällen sinnvoll das gesamte Os naviculare zu entfernen (Steinhäuser 2000).

Anschließend wird unter dem Schutz von Hohmann-Hebeln ein ventralbasiger Keil in der Transversalebene aus dem Talus gesägt. Die Spitze des Keils sollte im hinteren unteren Sprunggelenk liegen. Die Keilbasis darf nicht weniger als etwa zwei Drittel des Taluskopfdurchmessers umfassen, da sonst die Fixierung schwierig ist. Der Fuß wird reponiert und auf Korrektur hin überprüft. Bei ausgeprägter Restdeformität kann ggf. eine Astragalektomie erforderlich werden, was vom selben Zugang aus möglich ist. Nach Anfrischen der Osteotomieflächen mit einem feinen Meißel oder dem Bohrer wird zuerst das Talonavikulargelenk durch retrogrades Bohren mit einem doppelt angespitzten Kirschner-Draht gesichert. Bei der Reposition muss das Naviculare über das Niveau des Talushalses überstehen und der Fußöffnungswinkel beachtet werden. Anschließend werden nacheinander das Kalkaneokuboid und das Subtalargelenk mit K-Drähten transfixiert (Stärke 2,2 oder 2,5 mm). Ein weiterer Draht sichert das Talonavikulargelenk. Ggf. kann bei guter Knochenqualität auch auf Staples zurückgegriffen werden. Entfernte Knochenstücke werden zerkleinert und in freie Lücken eingebracht. Nach Zurückklappen und Reinsieren des M. extensor digitorum brevis wird die Wunde schichtweise verschlossen. Eine Redon-Drainage ist ratsam.

Nachbehandlung. Postoperativ für 5 Wochen Unterschenkelliegegips, anschließend Röntgenkontrolle, Entfernen der K-Drähte und Unterschenkelgehgs für weitere 5 Wochen. Dann orthopädische Schuhe bzw. Unterschenkelorthesen für 9 bis 12 Monate und Unterschenkelkompressionsstrümpfe. Krankengymnastik und Lymphdrainage sollten kombiniert werden.

Probleme und Komplikationen. Intraoperative Komplikationen durch versehentliche Verletzung von Blutgefäßen, Nerven oder Sehnen sind bei korrekter Technik nahezu ausgeschlossen. Treten sie dennoch ein, so müssen sie durch eine Erweiterung der medialen Inzision dargestellt und revidiert werden.

Die Heilung der Arthrodesen in Fehlstellung bzw. unzureichender Korrektur erfordert die Reoperation bzw. orthopädische Maßschuhe. Pseudarthrosen sind bei korrekter Operationstechnik die Ausnahme. Auch sie können die Revision und Anlagerung von Eigenspongiosa notwendig machen. Die Fußverkürzung ist Folge der Operation und stellt keine Komplikation dar. Die großzügige Keilentnahme hat eine Einschränkung der Plantarflexion zur Folge.

Entnahme eines queren Fußkeiles

Indikation. Köchern struktureller Vorfußspitzfuß bei passiv vollständig re-

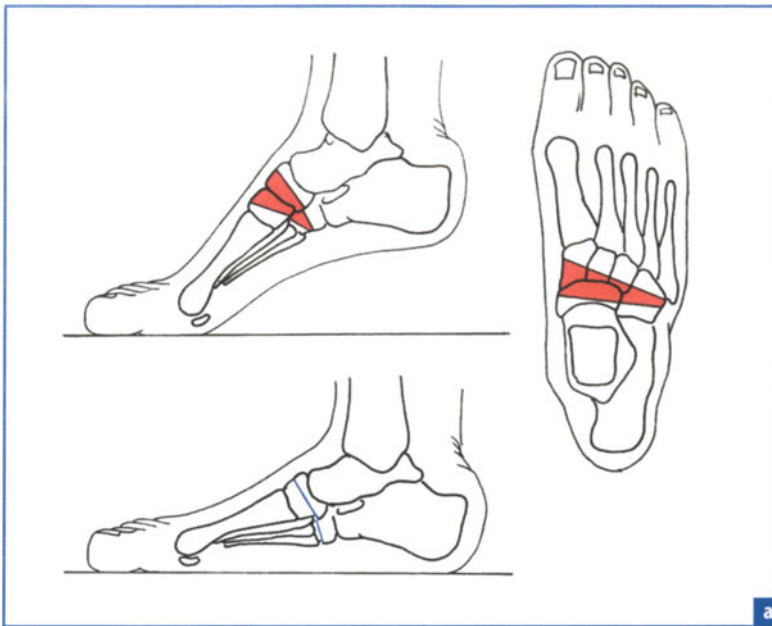
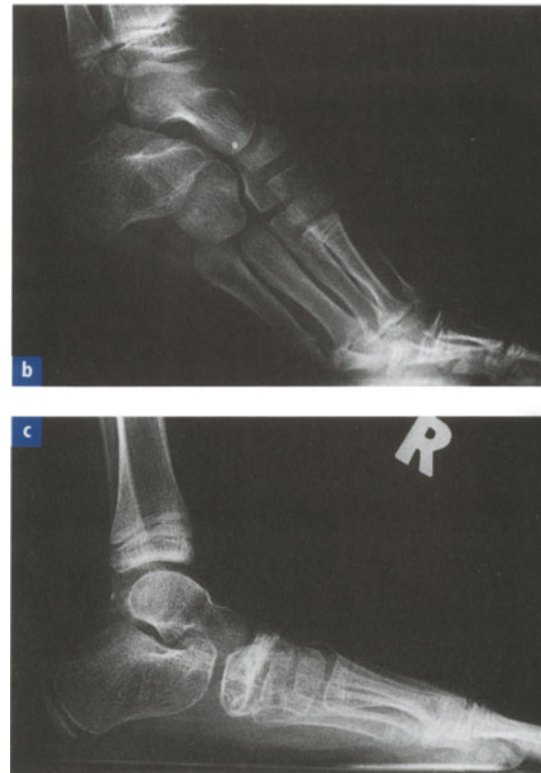


Abb. 6.40 a–c. Schematische und radiologische Darstellung einer queren Fußkeilentnahme zur Korrektur eines ausgeprägten Vorfuß-Spitzfußes. Neben der Fußkeilentnahme waren eine Verlängerung der Wadenmuskulatur und eine Ablösung der plantaren Weichteile nach Steindler erforderlich



ponierbarem Chopart-Gelenk (Abb. 6.40 a–c). Die Indikation zu dieser Operation wird anhand eines seitlichen Röntgenbildes im Stehen gestellt. Meist liegt ein zusätzlicher Rückfuß-Spitzfuß vor, der gesondert durch eine anschließende Weichteiloperation zu korrigieren ist.

Wirkungsweise. Durch die Entnahme eines dorsalbasigen Keils aus der Navikulokuneiforme-Gelenkreihe und aus dem Kuboid wird eine Korrektur der strukturellen Vorfußspitzfußstellung erreicht. Die dabei notwendige Versteifung der Navikulokuneiforme-Gelenkreihe fällt funktionell nicht ins Gewicht (Hansen 2000).

Vorbereitung. Rückenlage mit Unterlagerung des gleichseitigen Kniegelenkes durch eine Rolle; Oberschenkelblutsperre.

Operationstechnik. Zunächst wird die Fußwurzel über einen S-förmigen Hautschnitt am Fußaußenrand zwischen der Außenknöchelspitze und der Basis des Metatarsale IV dargestellt. Der N. suralis wird aufgesucht und mit einem Vessel loop angeschlossen. Der Unterrand des M. extensor digitorum brevis wird scharf von der Sehnenscheide des M. peroneus brevis gelöst und der Muskel wird subperiostal nach fußrückenwärts abgeschoben. Ggf. muss dabei ein Teil seines Ursprungs am Sinus tarsi eingekerbt werden. Die Sehnen der Mm. peroneus brevis und longus werden ebenfalls subperiostal vom Os cuboideum nach plantar hin abgeschoben. Als nächster Schritt wird je ein Retraktionshebel (Viernstein-Retraktor) zwischen Weichteilen und Fußwurzelknochen nach medial und nach plantar eingesetzt. Beide Hebel ermöglichen eine übersichtliche Darstellung der Fußwurzel sowie den Schutz der Weichteilstrukturen. Das Os cuboideum lässt sich ebenso wie die Navikulokuneiforme Gelenkreihe einsehen. Bevor man zur Keilentnahme schreitet, ist es empfehlenswert, auch die Lage des Talonavikulargelenks zu be-

stimmen, um dieses nicht irrümlich zu verletzen. Ggf. ist ein zweiter medialer Zugang erforderlich. Der erste Schnitt wird exakt senkrecht zur Längsachse des Fußes durch die Mitte des Kuboides und die distale Hälfte des Os naviculare geführt. Dabei sollte das Os naviculare nach medial hin vollständig durchtrennt werden. Mit dem zweiten Schnitt wird ein dorsalbasiger Keil (Basisstärke 0,5 bis maximal 1 cm) aus dem Os cuboideum sowie der Navikulokuneiforme-Gelenkreihe entfernt. Auch hierbei muss die Fußwurzel nach medial zu vollständig durchtrennt werden. Mit einem mittelbreiten Flachmeißel werden die Osteotomien aufgespreizt, damit die Knochenkeile mit einem Luer entfernt werden können. Die 3 Kuneiforme-Knochen dürfen keine Knorpelschicht mehr zeigen. Bei vollständiger Entfernung der Keile gelingt es leicht, die Osteotomie zu schließen. Reicht die Korrektur nicht aus, so sollte sparsam aus der distalen Osteotomie nachreseziert werden. In der Regel genügt die Entnahme eines maximal 1 cm breiten Keils. Die Osteotomien können anschließend mit einem feinen Meißel angefrischt werden. Unter Korrekturstellung werden dann durch den ersten und den vierten Intermetatarsalraum Kirschnerdrähte (2,2 bis 2,5 mm) eingebracht. Ein zusätzlicher schräg verlaufender Draht von medial nach lateral sichert die Osteotomie gegen ein Klaffen. Wir empfehlen nur in Ausnahmefällen die Verwendung von Klammern („staples“), da sie das Risiko einer Verletzung des Talonavikulargelenks in sich bergen. Bei ihrer Verwendung ist ein intraoperatives Röntgenbild in 2 Ebenen obligat. Anschließend werden evtl. zusätzliche Weichteiloperationen (Wadenmuskelverlängerung, Fußheberersatz) durchgeführt.

Nachbehandlung. Postoperativ für 4 Wochen Unterschenkelliegegips und anschließend nach Röntgenkontrolle die Drahtentfernung, dann für weitere 4 Wochen Unterschenkelgehgs, der bei zusätzlichem Fußheberersatz und gut kooperativem Patienten auch als gedeckelter Gehgs mit Teilbelastung angefertigt werden kann. Der Patient kann daraus die neue Muskelfunktion erlernen. Nach vollständiger Konsolidierung empfehlen wir die Versorgung mit Einlagen und Therapieschuhen für 1 Jahr bzw. bei gleichzeitiger Muskeltransposition die Orthesenversorgung.

Probleme und Komplikationen. Die Pseudarthrose ist wegen der großen Kontaktfläche der Fußwurzel sehr selten. Die Verletzung der Talonavikulargelenkfläche stellt ein schwerwiegendes Problem dar, das ggf. die Arthrodesse notwendig macht.

Bei sorgfältiger Darstellung der Fußwurzel und Sicherung der Weichteile durch Retraktoren ist eine Verletzung von Gefäßen oder Nerven praktisch ausgeschlossen.

Extendierende Osteotomie der Lisfranc-Gelenkreihe

Diese Operationstechnik kommt beim strukturellen Vorfußspitzfuß nur sehr selten zur Anwendung. Ihr Haupteinsatzgebiet stellt der Hohlfuß dar, weshalb wir bezüglich weiterer Details auf Döderlein et al. (2001, „Der Hohlfuß“) verweisen möchten.

Astragalektomie mit pantalarer Arthrodesse

Indikation. Die Indikation für diesen aufwändigen Palliativeingriff sollte nur bei schwersten Deformitäten gestellt werden, wenn die Operation nach Lambrinudi in Kombination mit Weichteiltechniken nicht zur Korrektur ausreicht (Abb. 6.41 a–c).

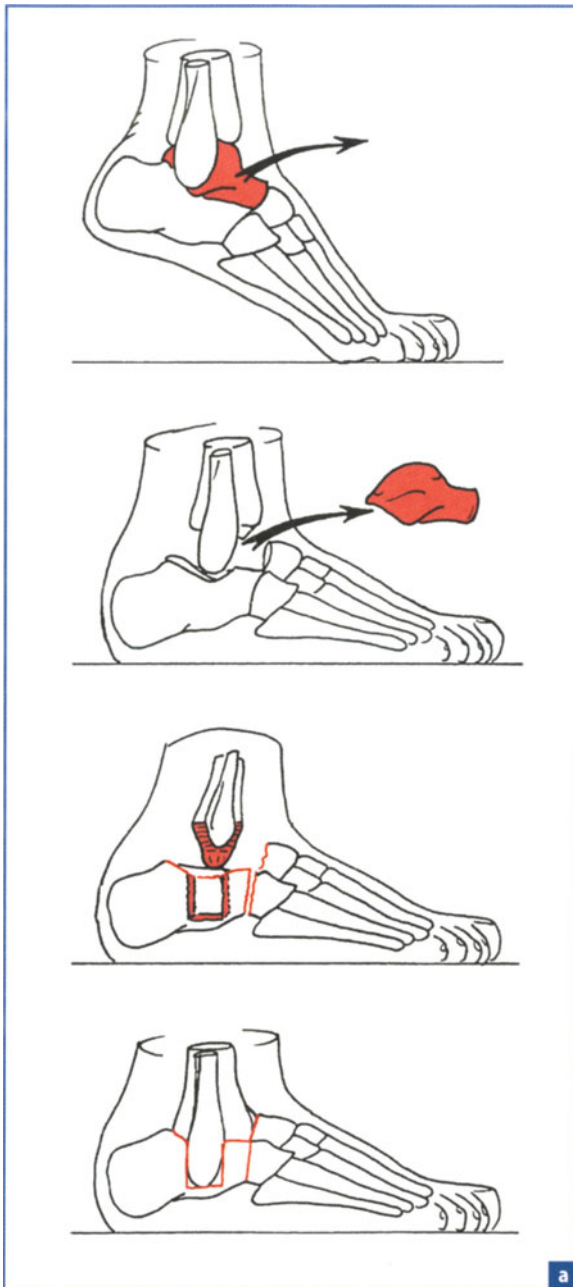


Abb. 6.41 a–c. Schematische und radiologische Darstellung der Astragalektomie bei schweren strukturellen Spitzfüßen im Kindesalter

Wirkungsweise. Die Resektion des gesamten Talus entspricht im Prinzip ebenfalls der Lambrinudi-Operation. Durch die Astragalektomie kommt es zur Entspannung von Haut- und Weichteilstrukturen. Über eine Keilentnahme aus dem Chopart-Gelenk lässt sich ein evtl. zusätzlich bestehender Vorfußspitzfuß korrigieren.

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperrung, Unterlagerung des Kniegelenks mit einer Rolle.

Operationstechnik. S-förmige Inzision am Fußaußenrand, hinter dem Außenknöchel beginnend und schräg nach vorne über die Fußwurzel bis zur

Kuneiforme-Reihe ziehend. Nach Anschlingen der Hautränder mit Haltefäden zur Vermeidung von Wundrandnekrosen wird zuerst der N. suralis präpariert und angeschlungen. Die Peronealsehnen werden vom Außenknöchel abpräpariert und beiseitegehalten. Nun gelingt es leicht, die Bandverbindungen zwischen Außenknöchel, Talus und Kalkaneus zu durchtrennen (Ligg. calcaneofibulare, talofibulare posterius und anterius sowie interosseum) und das obere und untere Sprunggelenk von lateral aufzuklappen. Man stellt sich anschließend die Gelenkkapsel des oberen Sprunggelenks von ventral her dar und eröffnet sie scharf. Nun werden die tiefen Bandanteile des Lig. deltoideum zwischen Talus und Innenknöchel von ventral nach dorsal mit einem Raspatorium gelöst. Im dorsomedialen Eck sollten das Gefäß-Nerven-Bündel und die langen Zehenbeugesehnen mit einer gebogenen Klemme weggehalten werden. Der Talus kann dann mit einer Knochenfazzange gepackt und mit der Präparierschere vollständig von restlichen Bandverbindungen befreit und entfernt werden.

Nach Überprüfung des Korrekturausmaßes wird nun die Achillessehne über eine proximale Verlängerung der Inzision Z-förmig durchtrennt. Ein weiterbestehender Vorfußspitzfuß muss durch eine Resektion aus dem Chopart-Gelenk korrigiert werden. Nach Entfernung aller Knorpelbeläge wird die Knöchelgabel in den Kalkaneus eingepasst, wobei man zum besseren Kontakt des Außenknöchels mit dem Kalkaneus lateral eine Rinne meißeln kann. Die ventrale Tibia wird ebenfalls angefrischt und in Kontakt zum gegenüberliegenden Os naviculare gebracht. Die Arthrodese wird unter plantigrader Einstellung des Fußes bei symmetrischem Fußöffnungswinkel zunächst mit Kirschner-Drähten provisorisch fixiert. Bei guter Knochenqualität empfehlen wir anschließend beim Erwachsenen die Verwendung kanülierter Spongiosaschrauben, die vom Kalkaneus bzw. vom Fußrücken her in die distale Tibia eingebracht werden. Knochenlücken werden mit Spongiosa aus dem entfernten Talus gefüllt. Nach der Naht der Achillessehne erfolgt der spannungsfreie Hautverschluss mit Drainagen.

Nachbehandlung. Postoperativ 6 Wochen Unterschenkelliegegips, dann Röntgenkontrolle, Entfernung evtl. Drähte und für weitere 6 bis 8 Wochen Unterschenkelgehgips. Dann sollten für 1 Jahr hohe und versteifte orthopädische Schuhe oder stabile Unterschenkelorthesen gegeben werden. Die Schuhe müssen mit einer Abrollung versehen werden.

Probleme und Komplikationen. Wundheilungsprobleme sind selten und heilen meist konservativ aus. Eine vermehrte Spannung des Gefäß-Nerven-Bündels kann nur durch eine Kürzung der distalen Tibia beseitigt werden. Eine Pseudarthrose ist bei Schmerzen oder Korrekturverlust revisionspflichtig. Es muss mit einer Beinverkürzung (etwa 3–4 cm) gerechnet werden. Probleme mit der Schuhversorgung durch die prominente Knöchelgabel erfordern nur selten eine Revision (ggf. primäre Resektion des Außenknöchels). Ein Rezidiv durch unvollständige Primärkorrektur muß nachoperiert werden.

Rekurrierende Osteotomie der distalen Tibia (ventralbasiger Keil)

Indikation. In Antekurvatur verheilte distale Tibiafraktur, bei der es wegen der Schrägstellung der Gelenkfläche des oberen Sprunggelenks in der Sagittalebene zu einer Fehlstellung gekommen ist (Abb. 6.42).

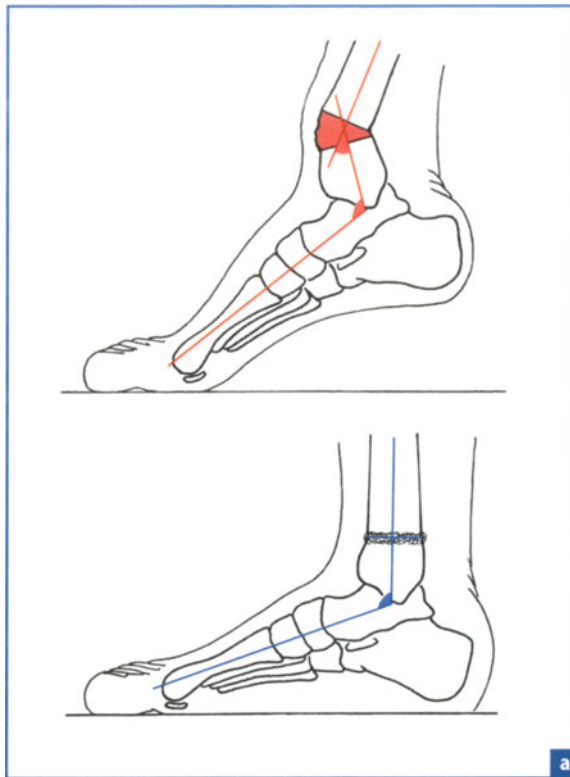


Abb. 6.42 a, b. Schematische Darstellung der Korrekturosteotomie der distalen Tibia und klinisches Bild. (Aus Schanz 1928)

Wirkungsweise. Wiederherstellung der normalen Ausrichtung des oberen Sprunggelenks und damit Wiederherstellung der normalen Gelenksexkursion.

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperre; evtl. Zusatzdeformitäten des Rückfußes müssen vorausgehend korrigiert werden.

Operationstechnik. Bei Jugendlichen und Erwachsenen hat sich uns die zusätzliche Anlagerung autologer Spongiosa aus dem Beckenkamm an die Osteotomie bewährt.

Die Lage der Osteotomie wird anhand einer Konstruktionszeichnung nach dem seitlichen Röntgenbild bestimmt. Abhängig von den Hautverhältnissen (vorausgegangene Operationen, posttraumatische Narben) wird in der Regel eine zuklappende Technik gewählt. Nur bei Kindern bzw. guten Weichteilverhältnissen und geringer Deformität ist die aufklappende Technik ratsam. Bei sehr ungünstigen Weichteilen ist der Ilisarow-Korrektur der Vorzug zu geben. Dabei muss der Fuß unbedingt mitgefasst werden. Vorausgehend muss die Fibula über einen gesonderten Zugang etwa 3 bis 4 Querfinger proximal des oberen Sprunggelenks schräg durchtrennt werden, damit die Osteotomieenden zur Korrektur aneinander gleiten können. In seltenen Fällen muss ein Teil der Fibula reseziert werden.

Der tibiale Zugang gelingt am einfachsten von medial her hinter der Tibiahinterkante. Das Gefäß-Nerven-Bündel wird zusammen mit dem Periost und den Beugesehnen mit einem Raspatorium nach dorsal abgeschoben und mit einem Hohmann-Retractor beiseitegehalten. Nach ventral hin wird ebenso verfahren. Wenn es zu einer Kontraktur der dorsalen Weichteile gekommen ist, muss diese vorausgehend über einen gesonderten Zugang beseitigt werden (ggf. Achillessehnenverlängerung). Das obere Sprunggelenk

muss in Dorsalflexionsrichtung mobil sein. Die Naht der verlängerten Sehnen wird allerdings erst nach fertiggestellter Tibiaosteotomie durchgeführt.

Der Osteotomiewinkel wird mit 2 von ventral eingebrachten K-Drähten unter Bildverstärkerkontrolle (parallel zum OSG-Spalt distal und senkrecht zur Tibia proximal) festgelegt. Diese Drähte dienen gleichzeitig als Rotationsmarkierung. Das distale Tibiafragment kann durch 2 gekreuzte gelenkspaltparallele K-Drähte, über die beim Zuklappen die Osteotomie komprimiert werden kann, zusätzlich gefasst werden. Man sägt zuerst die distale Osteotomie parallel zum Gelenkspalt zu zwei Dritteln der Tibiadicke und sägt anschließend proximal davon senkrecht zur Tibialängsachse durch. Der distale Schnitt wird komplettiert und der Knochenkeil mit ventraler Basis entfernt. Bei sauberer Sägechnik ist die Deformität aufeinander zu stellen. Sie wird mit jeweils 2 gekreuzten Kirschner-Drähten vom Innenknöchel und vom Tubercle de Chaput aus ins proximale Fragment sicher fixiert. Die Markierungs- und Haltedrähte werden erst nach der Röntgenkontrolle entfernt. Nach Anlagerung von Spongiosa wird das Periost sorgfältig verschlossen und die Blutsperre geöffnet. Eine Drainage ist ggf. notwendig. Alternativ kommt eine ventrale DC-Platte zur Anwendung.

Nachbehandlung. Postoperativ 5 Wochen Unterschenkelliegegips, dann Röntgenkontrolle, Drahtentfernung und für mindestens weitere 5 Wochen Unterschenkelgehgips, dann Unterschenkelorthesen oder hohe orthopädische Schuhe für etwa ein Jahr.

Probleme und Komplikationen. Eine intraoperativ unzureichende Korrektur ist durch Röntgenkontrollen (in 2 Ebenen) auszuschließen. Die verzögerte Konsolidierung der Osteotomie erfordert die längere Immobilisierung. Bei ungünstiger Weichteilsituation ist die primäre Fassung durch den Ilisarow-Fixateur vorzuziehen. Eine Spongiosaplastik halten wir für obligat.

Arthrorise (dorsale knöcherne Anschlagssperre am oberen Sprunggelenk)

Das Verfahren einer knöchernen Anschlagssperre durch die Einfügung eines Spans dorsal der Achse des oberen Sprunggelenks stammt aus der Polioära (Abb. 6.43 a–c). Diese Operation wird heute eher selten angewandt, da die orthetische Versorgung weitaus einfacher ist. Sie soll jedoch der Vollständigkeit halber kurz dargestellt werden.

Indikation. In den seltenen Fällen einer schlaffen Fußheberparese, wo weder einer Ersatzoperation noch eine Orthesenversorgung in Frage kommen.

Wirkungsweise. Durch die Einfügung eines kortikospongiösen Eigen- oder Fremdspans hinter dem oberen Sprunggelenk in den Kalkaneus wird eine Anschlagssperre gegen die Plantarflexion geschaffen.

Mehrere wesentliche Nachteile kennzeichnen diese Technik:

Zum einen wird bei einer Sperre des oberen Sprunggelenkes in 90-Grad-Stellung jegliche aktive Plantarflexion gesperrt, zum anderen kommt es wegen der fehlenden Nachgiebigkeit des Anschlages zum vorzeitigen Einknicken des Kniegelenkes bei der Lastaufnahme. Da beide Nachteile leicht durch eine konventionelle Fußheberorthese vermieden werden können, wird dieser in der Regel der Vorzug gegeben. Schließlich verbleibt im oberen Sprunggelenk eine nur minimale Restbeweglichkeit, die ohnehin das Tragen zugerichteter Schuhe erforderlich macht.

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperre, vorausgehend kann ent-

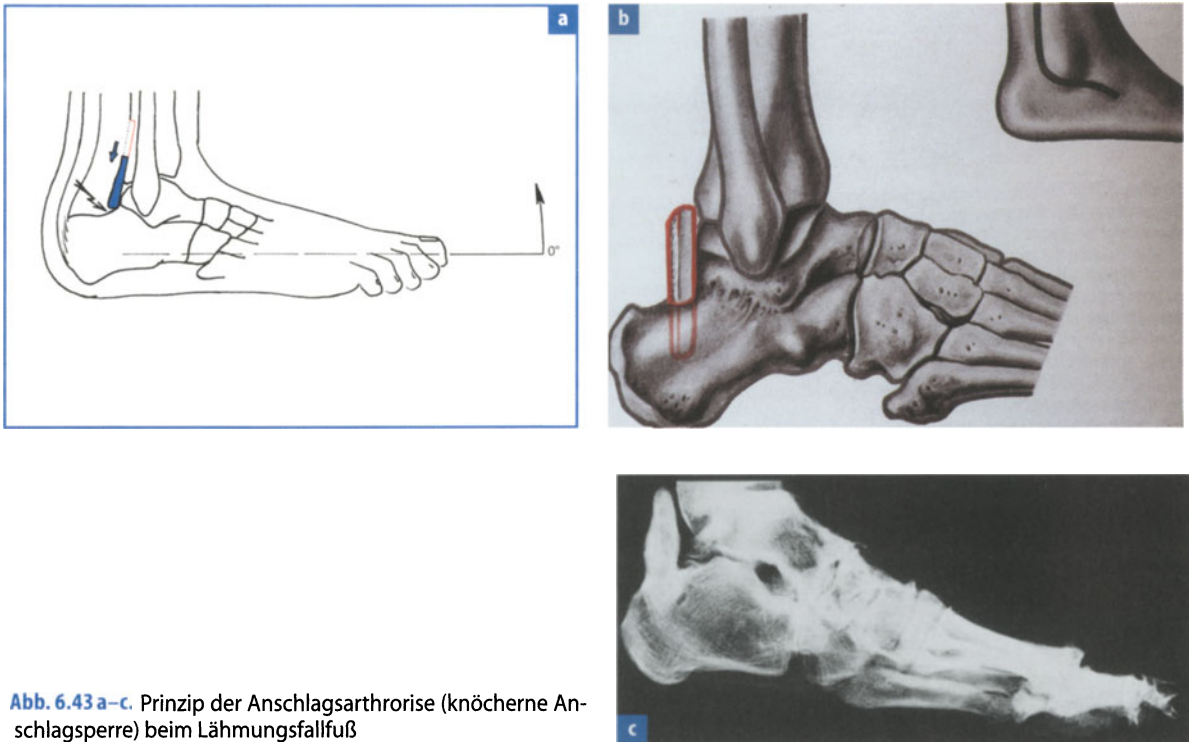


Abb. 6.43 a–c. Prinzip der Anslagsarthrorise (knöcherne Anslagsperre) beim Lähmungsfallfuß

weder ein kortikospongiöser Eigenspan aus dem Beckenkamm entnommen werden oder es wird ein Fremdsan vorbereitet. Die Spangröße sollte je nach Fußgröße 2-mal 3–4 cm betragen.

Operationstechnik. Durch einen lateralen leicht dorsalkonvexen bogenförmigen Schnitt hinter dem Außenknöchel wird der N. suralis dargestellt und angeschlossen. Die Kalkaneusoberfläche wird subperiostal freigelegt, die Peronealsehnen und der M. flexor hallucis longus werden beiseite gehalten und der Gelenkspalt des oberen Sprunggelenks sowie die distale dorsale Tibia dargestellt. Eine ggf. bestehende strukturelle Spitzfußkontraktur muss vorausgehend beseitigt werden. Nun wird direkt hinter der Gelenkfläche des hinteren unteren Sprunggelenks eine quergestellte Nut für den Span geschaffen. Der Span wird anschließend so eingepflockt, dass er bei Neutralstellung des oberen Sprunggelenks an der distalen Tibiahinterfläche anschlägt. Er kann mit einem oder zwei gekreuzten Kirschner-Drähten von plantar her in seiner Stellung gesichert werden. Stets sollte das untere und obere Sprunggelenk zusätzlich temporär durch einen plantaren Draht in Rechtwinkelstellung transfixiert werden. Die Wunde wird schichtweise verschlossen und es wird ein Unterschenkelgips angelegt.

Nachbehandlung. Entfernung der Drähte nach 4 bis 6 Wochen und Anlage eines Unterschenkelgehgipses für weitere 4 bis 6 Wochen. Dann zum Schutz noch für 6 bis 12 Monate steife orthopädische Schuhe mit Abrollung.

Probleme und Komplikationen. Gravierende funktionelle Nachteile durch die blockierte passive Plantarflexion, ein möglicher Spanbruch oder die Spanresorption stellen die wichtigsten Probleme dar. Branch (1939), Campbell (1930) und Huntley (1951) berichteten über postoperative Schmerzen und Rezidive in bis zu einem Drittel der Fälle.

Wenn der Anschlag zu spät wirkt, das heißt der Fuß im Hängen in einer Plantarflexion verbleibt, sind die funktionellen Nachteile zwar geringer, die Wirkung der Operation jedoch ebenso, so dass zusätzliche Orthesen- oder Schuhtechnik notwendig werden.

6.4 Operative Verfahren beim Hackenfuß

6.4.1 Weichteiloperationen

Verlängerung der Fußhebesehnen (Abb. 6.44)

Indikation. Einschränkung der passiven Plantarflexionsfähigkeit im oberen Sprunggelenk durch eine Verkürzung der Fußhebemuskeln (M. tibialis anterior, M. extensor hallucis longus, M. extensor digitorum longus, M. peroneus tertius).

Wirkungsweise. Über die Verlängerung der Fußhebersehnen wird eine Verbesserung der Exkursion des oberen Sprunggelenks in Richtung der Plantarflexion geschaffen. Diese stellt die Voraussetzung für die Wirksamkeit von Orthesen oder Fußsenkerersatzoperationen dar.

Vorbereitung. Rückenlage, als einziger Eingriff ist eine Blutsperrung nicht notwendig.

Operationstechnik. Zwei bis drei Querfinger oberhalb des oberen Sprunggelenks wird direkt neben der tastbaren Tibiavorderkante ein 3–4 cm langer Längsschnitt angelegt. Die Unterschenkelfaszie wird ebenfalls längs gespalten und mit Vicrylfäden (Stärke 2–0) angeschlungen. Es gelingt leicht, nacheinander die Sehnen von M. tibialis anterior, M. extensor digitorum longus und M. extensor hallucis longus zu identifizieren. Während die Sehne des M. tibialis anterior auf dieser Höhe meist muskelfrei ist und deshalb Z-förmig verlängert werden muss, genügt bei den anderen Muskeln eine intramuskuläre Durchtrennung der Sehnen. Die Sehnenlänge wird durch die passive Plantarflexion im oberen Sprunggelenk bestimmt. Die Unterschenkelfaszie und die Subkutis werden getrennt verschlossen, um Verwachsungen vorzubeugen.

Nachbehandlung. Die Nachbehandlung richtet sich nach evtl. Zusatzeingriffen. Bei einer isolierten Fußhebervlängerung wird für 2 bis 3 Wochen ein Unterschenkel(geh)gips in leichter Spitzfußstellung angelegt. Die Gehsole muss entsprechend der Spitzfußstellung angepasst werden. Anschließend kann mit Physiotherapie (passive und aktive Plantarflexion) und einer Unterschenkelorthesenversorgung fortgesetzt werden.

Probleme und Komplikationen. Das Hauptproblem besteht in einer zu geringen Verlängerung, gerade bei insuffizienten Plantarflektoren. Deshalb muss in jedem Fall ein operatives oder/und orthetisches Gegengewicht in Form von aktiven Plantarflektoren bzw. einer dorsalen Anschlagssperre an der Orthese als ergänzende Behandlungsform geschaffen werden. Die trotz der Operation unzureichende passive Plantarflexion im oberen Sprunggelenk kann entweder an einer Kapselkontraktur oder an knöchernen Widerständen (hinter des OSG-Achse) liegen. Wir empfehlen daher präoperativ immer eine streng seitliche Aufnahme des oberen Sprunggelenks.

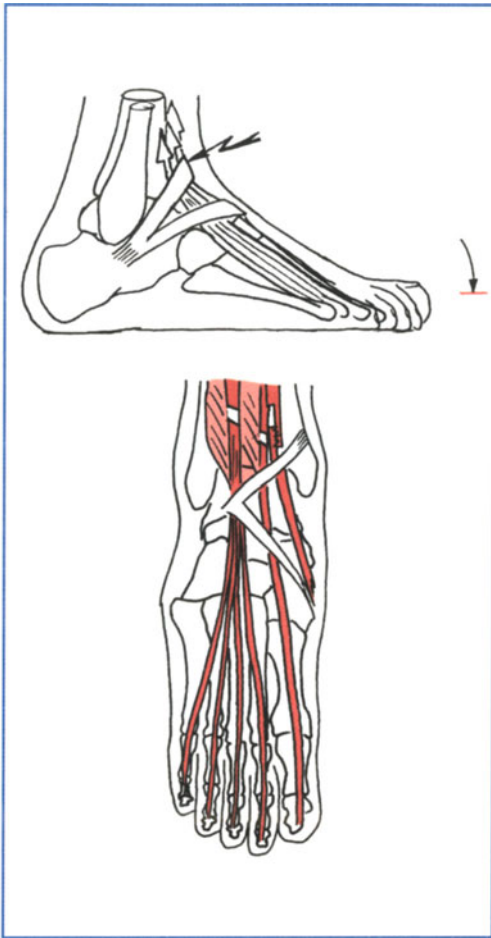


Abb. 6.44. Schematische Darstellung der Verlängerung der Fußhebesehnen beim Hackenfuß

Ventrale Kapsulotomie des oberen Sprunggelenks

Indikation. Stets wenn nach einer vorausgehenden Verlängerung der Fußhebeschnen eine Einschränkung der passiven Plantarflexion im oberen Sprunggelenk verbleibt und dafür keine knöcherne Ursache besteht (s. Abb. 6.29).

Wirkungsweise. Durch die Lösung der vorderen Sprunggelenkskapsel lässt sich die passive Plantarflexion verbessern.

Vorbereitung. Rückenlage, als alleiniger Eingriff auch ohne Blutsperre möglich.

Operationstechnik. Inzision ventral zwischen den Sehnen des M. tibialis anterior und den langen Zehenstreckern oder lateral leicht bogenförmig vor dem Außenknöchel. Die Kapsel des oberen Sprunggelenks lässt sich unter Beiseitehalten der Sehnen, Blutgefäße und Nerven leicht darstellen und in Höhe des Gelenkspalts quer vom Innenknöchel bis zum Außenknöchel inzidieren. Das obere Sprunggelenk wird manuell in Plantarflexion redressiert, ggf. müssen die Fußheber über einen gesonderten Zugang (s. oben) verlängert werden. Bei alleinigem Eingriff genügt eine Schiene in Plantarflexionsstellung.

Nachbehandlung. Eine frühfunktionelle Nachbehandlung mit Krankengymnastik und Lagerungsschiene ist für die Erhaltung der Beweglichkeit wichtig. Zusätzlich sollte die orthetische bzw. operative Unterstützung der Plantarflektoren erwogen werden.

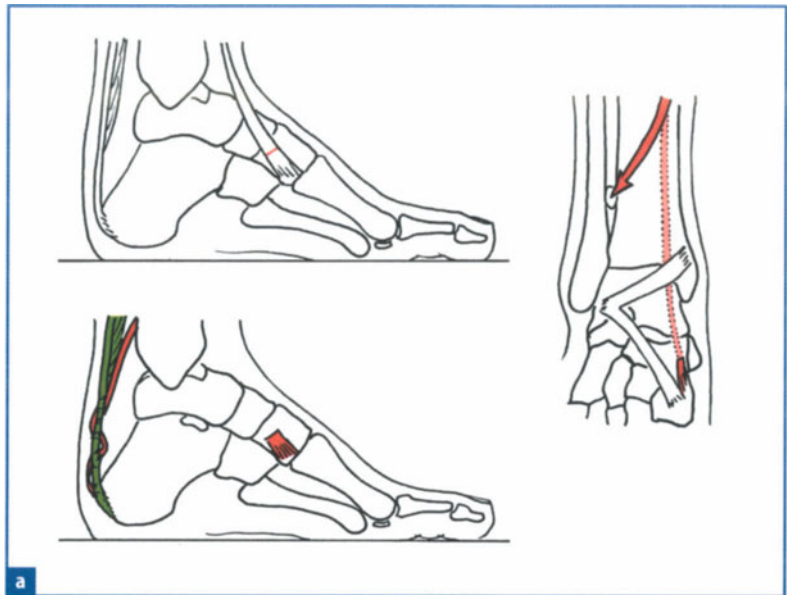
Probleme und Komplikationen. Die unzureichende Plantarflexion kann ihre Ursachen entweder in muskulärer Verkürzung oder dorsalem knöchernem Anschlag haben. Das Rezidiv ist bei konsequenter Nachbehandlung selten.

Ersatzoperationen der Gastrosoleusmuskulatur

Vorbemerkung. Während der vollständige Ersatz einer ausgefallenen Wadenmuskelfunktion nahezu in keinem Fall möglich ist, kommt der Augmentation der Achillessehne dennoch die wichtige Funktion einer besseren Muskelbalancierung zu. Im Wachstumsalter kann damit ein gravierendes Fehlwachstum des Kalkaneus nach plantar vermieden werden. Wegen des hohen Kraftbedarfs sind isolierte Transpositionen meist wenig erfolgreich, sieht man einmal vom M.-tibialis-anterior-Transfer bei der Spina bifida ab. Die wichtigsten Regeln zur Fußsenkererstazoperation sind:

- ausreichende Beweglichkeit des oberen Sprunggelenks für die Plantarflexion (mindestens 10 Grad),
- ausreichende Stabilität des Fußes,
- kräftige Transfermuskeln,
- postoperativer orthetischer Schutz,
- freie Beweglichkeit der Hüft- und Kniegelenke.

Abb. 6.45 a–d. Schematische und klinische Darstellung der Transferoperation der Tibialis-anterior-Sehne auf die Achillessehne. Der Muskel muss einen Kraftgrad von mindestens 4 besitzen, um eine ausreichende Wirkung entfalten zu können



Transfer des M. tibialis anterior auf die Achillessehne

Indikation. Die klassische Indikation für diesen Eingriff stellt die Spina bifida mit einem Lähmungsniveau bei L5 dar. Bei normal kräftigen Fußhebern sind die Plantarflexoren weitgehend ausgefallen (Abb. 6.45 a–d). Dies führt zur schweren Hackenfußstellung, wobei der Fußinnenrand durch die kräftige Funktion des M. tibialis anterior zusätzlich supinatorisch aufgebogen wird. Dieser einfache Eingriff kann bereits im frühen Kindesalter vor dem 6. Lebensjahr vorgenommen werden. Es dürfen keine Kniebeugekontrakturen vorliegen bzw. sie müssen gleichzeitig behoben werden. Wenn noch weitere funktionstüchtige Muskeln vorhanden sind (lange Zehenbeuger oder M. tibialis posterior) sollten diese ggf zusätzlich transponiert werden. Wir haben diese Operation auch beim schweren Beugemuster des Patienten mit infantiler Zerebralparese angewendet. Neben einer Beseitigung der stören-

den Elevation des Metatarsale 1 wird die Plantarflexion wirksam unterstützt. Ein Umschlagen in die Spitzfußdeformität haben wir bisher nicht beobachtet.

Wirkungsweise. Die Transpositionsoperation wirkt auf mehrfache Weise:

- Ausschaltung der ungünstigen Fußhebefunktion,
- verbesserte Einstellung zur Belastung des Fußinnenrands,
- Stärkung der ausgefallenen Fußsenker,
- Wachstumsstimulation der Kalkaneusapophyse.

Vorbereitung. Rückenlage, bei ausschließlicher Operation ist eine Blutsperre nicht erforderlich. Meist wird man diesen Eingriff jedoch mit einer Stabilisierung des Rückfußes kombinieren, die ihrerseits eine Blutsperre notwendig macht.

Operationstechnik. Vorausgehend muss eine ausreichende Plantarflexion im oberen Sprunggelenk und ein stabiler Rückfuß geschaffen werden. Bei Kindern kann diese Stabilisierung ggf. von einer Fußorthese übernommen werden.

Am Fußinnenrand wird zwischen dem Os naviculare und der Mitte des MT I ein etwa 3 cm langer Längsschnitt angelegt. Der Ansatz des M. tibialis anterior wird dargestellt und die Sehne mit Vicryl (Stärke 0 oder 1) durchflochten. Die Sehne wird distal abgetrennt und nach proximal mobilisiert. Über eine zweite Inzision lateral der Tibiavorderkante 3 bis 4 Querfinger oberhalb des oberen Sprunggelenks wird die Sehne des M. tibialis anterior präpariert und mit einer feuchten Kompresse herausgezogen. Das Sehnenleitgewebe bleibt dabei soweit als möglich erhalten. Als nächstes wird der Ansatz der Achillessehne medial durch einen 3–4 cm langen Schnitt dargestellt. Eine stumpfe geschlossene Kornzange wird von der Inzision an der Tibia durch die Membrana interossea bis zum Achillessehnenansatz vorgeschoben und fasst eine Fadenschlinge. Die Kornzange wird mit der Schlinge wieder nach proximal zurückgezogen: Der Anschlingfaden der Tibialis-anterior-Sehne wird nun in die Schlinge gelegt und zur Achillessehne hin gezogen. Die Sehne des M. tibialis anterior wird anschließend unter Verziehung der Achillessehne nach proximal und Plantarflexion des Fußes in diese mit nichtresorbierbaren Fäden (Mersilene 0 bzw. 1) eingeflochten, so dass die passive Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk elastisch gehemmt wird. Das Ende des Transfersehne kann zusätzlich ins Kalkaneusperiost eingeflochten werden. Schichtweiser Wundverschluss und Unterschenkelliegegips in Plantarflexion beenden den Eingriff.

Nachbehandlung. Unterschenkelliegegips für 5 Wochen, dann Unterschenkelorthese mit dorsaler Anschlagssperre und plantarer Freigabe für mindestens 1 Jahr.

Probleme und Komplikationen. Da der M. tibialis anterior relativ schwach ist, kann er die Funktion der Wadenmuskulatur nicht ersetzen. Eine zusätzliche Orthesenversorgung ist deshalb besonders bei Jugendlichen und Erwachsenen immer erforderlich. Das Umlernen der neuen Funktion bereitet allerdings nur selten Probleme. Die Insuffizienz des Transfers kann ihre Ursache in einer unzureichenden Operationstechnik, postoperativen Verwachsungen oder einem Ausriss der Sehne haben, wenn postoperativ keine Orthesen getragen wurden. Strukturelle Deformitäten, Plantarflexionseinschränkungen oder Instabilitäten des Rückfußes müssen vorausgehend oder gleichzeitig korrigiert werden. Die strukturell verbleibende Vorfußsupination muss durch eine Pronationsosteotomie der Fußwurzel oder eine korrigierende Chopart-Arthrodesen beseitigt werden.

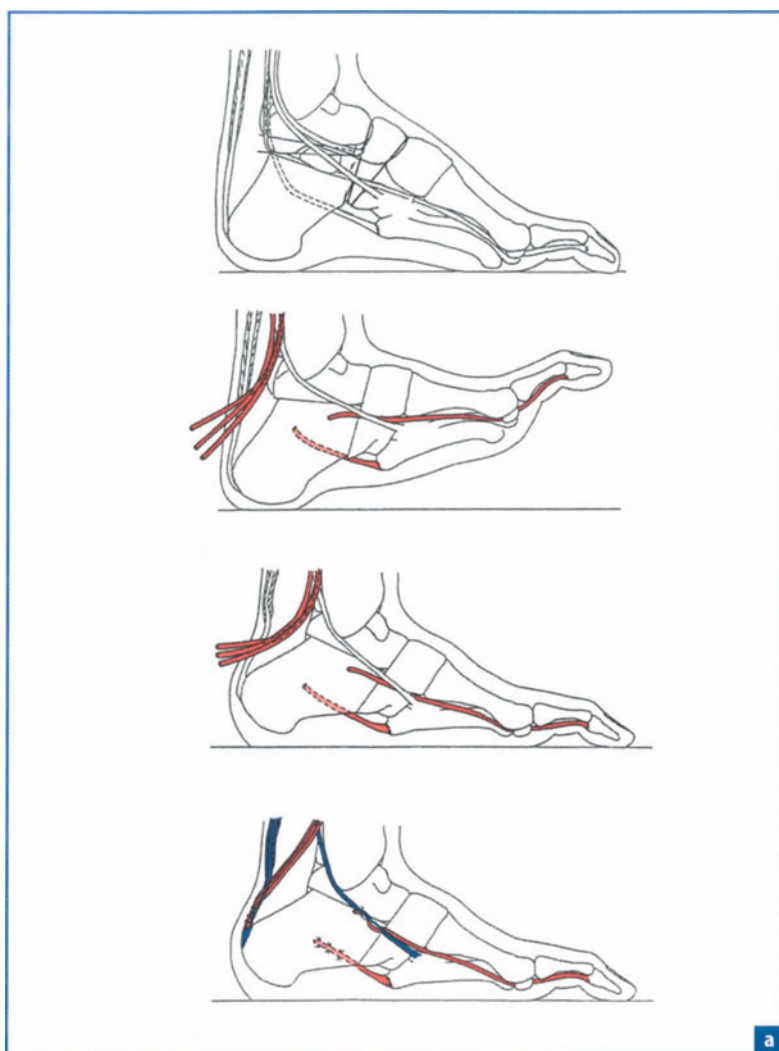


Abb. 6.46a,b. Zur Korrektur schwerer Hackenfüße ist neben der Stabilisierung des Rückfußes unbedingt die Verlagerung möglichst vieler verfügbarer aktiver Muskeln auf den Kalkaneus erforderlich

Transfer von M. tibialis posterior, M. peroneus brevis, M. flexor digitorum longus (oder M. flexor hallucis longus) auf den Kalkaneus/die Achillessehne

Indikation. Die Indikation für diese augmentierende Operation besteht bei allen funktionell einschränkenden Hackenfüßen, bei denen eine ausreichende Kraft dieser Muskeln vorhanden ist (Abb. 6.46 a,b). Wegen des Transfers von Chopart-Gelenk-stabilisierenden Muskeln (TP und M. peroneus brevis) ist dieses Gelenk vorausgehend oder simultan zu stabilisieren (s. unten). Ein langer Zehenbeuger muss zur aktiven Stabilisierung der Zehen erhalten bleiben.

Ggf. kann bei stabilem Metatarsokuneiformegelenk I die Sehne des M. peroneus longus mitverpflanzt werden. Das distale Sehnenende muss aber an den lateralen M. calcaneus corticalis fixiert werden (ggf. Lapidus-Arthrodesse, s. Döderlein et al. 2002), da es sonst zu einer Elevation des MT I durch den M. tibialis anterior kommen kann.

Wirkungsweise. Die Transposition der 3 Muskeln auf den Kalkaneus vergrößert deren Momentarm auf das obere Sprunggelenk. Da die Muskeln alle Plantarflektoren sind, ist ein Umlernen nicht notwendig.

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperre, insbesondere, wenn gleichzeitig eine Chopart-Gelenksarthrodese vorgenommen wird.

Operationstechnik. Die Sehnen des *M. flexor digitorum longus* (bzw. *M. flexor hallucis longus*) und *M. tibialis posterior* werden durch einen etwa 5 cm langen leicht dorsal konvexen Hautschnitt am Fußinnenrand aufgesucht und angeschlungen. Während man den *M. tibialis posterior* leicht identifizieren und am *Os naviculare* ablösen kann, muss zur Präparation der langen Zehenbeuger der Ursprung des *M. abductor hallucis* am Fußinnenrand abgelöst werden (*Porta pedis*: das Tor zum Fuß). Beide Zehenbeuger werden dargestellt, distal miteinander vernäht und proximal davon wird der stärkere durchtrennt und seine Verbindungsfasern zum *Chiasma plantare* gelöst. Das Talonavikulargelenk wird ggf von medial her dargestellt und entknorpelt.

Drei Querfinger oberhalb des oberen Sprunggelenks wird medial auf halber Strecke zwischen der Tibiahinterkante und der Achillessehne ein 5 cm langer Längsschnitt nach distal hin angelegt. Nach Spalten der Unterschenkelfaszie werden nacheinander die Sehnen des *M. tibialis posterior* und des *M. flexor digitorum longus* (bzw. *M. flexor hallucis longus* – hinter dem Gefäß-Nerven-Bündel) mit einer ausgezogenen feuchten Kompresse nach proximal herausgezogen. Der Ansatz der Achillessehne wird von medial distal her dargestellt.

Nun wird die Sehne des *M. peroneus brevis* (und ggf. auch des *peroneus longus*) lateral durch einen Hautschnitt zwischen der Außenknöchelspitze und Basis des *Os metatarsale V* dargestellt. Zuerst wird jedoch der *N. suralis* präpariert und angeschlungen.

Wenn man gleichzeitig das Kalkaneokuboidgelenk arthrodesiert, braucht der distale Sehnenzipfel des *M. peroneus brevis* nicht in die Sehne des *M. peroneus longus* eingeflochten zu werden. Die Sehne wird angeschlungen und distal davon durchtrennt sowie nach proximal mobilisiert. Drei bis vier Querfinger oberhalb des oberen Sprunggelenks wird das peroneale Kompartiment nach Darstellung des längsverlaufenden *N. peroneus superficialis* eröffnet und Sehne und Muskel des *M. peroneus brevis* nach Verziehen der Sehne des *M. peroneus longus* mit einer feuchten Kompresse herausgezogen. Der *M. peroneus brevis* wird nun mit einer stumpfen Kornzange, die von medial am Ansatz der Achillessehne nach proximal lateral vorgeschoben wird, gefasst und nach medial distal geführt. Wenn sich das obere Sprunggelenk zumindest leicht in Plantarflexion einstellen lässt, werden nun alle 3 Sehnen nacheinander unter Verziehen der Achillessehne nach proximal mit Hilfe einer Durchflechtungszange in diese eingeflochten. Ggf. kann im dorsalen Kalkaneus mit einem Pfriem ein Kanal nach distal plantar gebohrt werden, in den die Anschlingfäden gezogen und nach plantar proximal des Fersenpolsters ausgeleitet werden können. Als Fadenmaterial hat sich nicht resorbierbares Mersilene/Ethibond (Stärke 1 oder 2) oder PDS (Stärke 1 oder 2) bewährt. Man muss darauf achten, dass die Muskel- und Sehnenverläufe möglichst gerade ohne Abknickung bleiben. Die Ausziehfasern können über einer halben gerollten Kompresse unter leichter Spitzfußstellung geknotet werden.

Der schichtweise Wundverschluss beendet den Eingriff. Der Fuß sollte postoperativ spontan in leichte Plantarflexion stehen und dem Versuch der Dorsalflexion widerstehen.

Nachbehandlung. Postoperativ für 2 Wochen Liegegips in leichter Spitzfußstellung, für weitere 4 Wochen Liegegips in knapper Neutralstellung des oberen Sprunggelenks. Anschließend für ein Jahr Unterschenkel-Hackenfußorthese mit dorsaler Anschlagssperre bzw. Karbonfeder. ggf. auch Unterschenkelnachtschiene in leichter Plantarflexion.

Probleme und Komplikationen. Insuffizienz des Transfers durch falsche Indikation oder falsche Operationstechnik/Nachbehandlung. Wenn die Plantarflexion nicht wenigstens 10 Grad möglich ist oder Knie- bzw. Hüftbeugekontrakturen bestehen, sollten diese vorab oder in gleicher Sitzung mitkorrigiert werden.

Eine Insuffizienz muss man zunächst für etwa ein Jahr durch konsequente Orthesenversorgung und Krankengymnastik behandeln. Erst dann kann man ggf. die Indikation zur Revision stellen.

Tenodese der Achillessehne in die distale Tibia/Fibula

Indikation. Diese Technik stellt ein bewegungsbegrenzendes Verfahren dar, das die Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk tendinös einschränkt (Tenodese; Abb. 6.47). In der Polioära kam diese Methode häufiger zum Einsatz, in heutiger Zeit besteht ihre Indikation primär in Hackenfüßen bei der tieflumbalen und sakralen Spina bifida im Kindesalter (Jacobs 1966; Westin 1988). Die Kombination mit aktiven Sehnen transfers auf den Kalkaneus ist der isolierten Tenodese vorzuziehen.

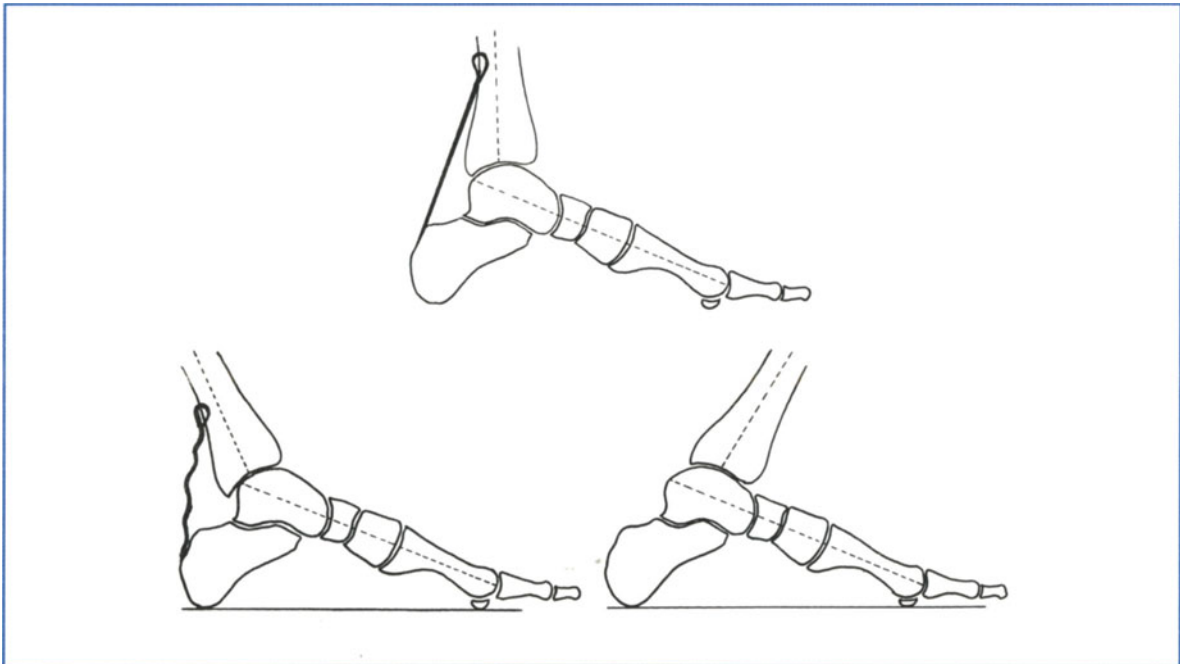


Abb. 6.47. Schematische Darstellung der Tenodese der Achillessehne in den distalen Unterschenkel

Wirkungsweise. Durch die Fixierung der Achillessehne an die distale Tibia oder Fibula in Neutralstellung des oberen Sprunggelenks wird die übermäßige Dorsalflexion gehemmt. Schafer u. Dias (1983) schreiben dieser Methode auch eine Wachstumsstimulationswirkung auf die distale Fibulaepiphyse zu. Da die Achillessehne oberes und unteres Sprunggelenk überspannt, muss letzteres stabil sein, um eine ausreichende Wirkung auf das obere zu entfalten. Die Achillessehne muss von ihrer Gewebebeschaffenheit ausreichend stabil sein, was bei Hackenfüßen nicht immer der Fall ist.

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperr, vorausgehend ist in der Regel das instabile untere Sprunggelenk zu stabilisieren.

Operationstechnik. Etwa 8–12 cm lange Längsinzision zwischen Fibula und Achillessehnenkulisse, Darstellen und Schonen des N. suralis, Präparation der Achillessehne bis möglichst weit proximal, etwa bis zum Übergang der Sehne in den atrophien Gastroknemiusmuskelbauch. Ggf. muss die Inzision dazu nach proximal verlängert oder eine zusätzliche Inzision angelegt werden. Die Achillessehne wird soweit proximal als erreichbar abgetrennt, längsgespalten und beide Hälften werden mit nichtresorbierbarem Faden armiert (Mersilene 1). Nun wird die distale Fibula am Übergang zum distalen Viertel (etwa 6–8 cm proximal der Fibulaspitze) dargestellt und das Periost doppelt-T-förmig eröffnet. Bei schlechter Periostqualität oder sehr schmaler Fibula sollte die Achillessehne besser in die distale Tibia eingenäht werden. Beide Sehnenhälften werden unter leichter Spitzfußstellung des oberen Sprunggelenks (5–10 Grad) um die Fibula herumgeführt und unter Spannung mit sich selbst und mit dem Fibulaperiost mit nichtresorbierbarem Faden vernäht. Bei Verwendung der Tibia können entweder 2 Bohrkanaäle auf unterschiedlicher Höhe im distalen Tibiaviertel von dorsal nach ventral angelegt werden und die Sehnen dann über eine gesonderte Inzision ventral nach vorne gezogen werden; oder die beiden Sehnenhälften werden von innen und außen um die Tibia herumgeleitet. Unter leichter Spitzfußstellung werden sie dann mit sich selbst und mit dem Tibiaperiost vernäht. Die OSG-Stellung lässt sich am besten durch einen von plantar her eingebrachten Kirschner-Draht für einige Wochen sichern.

Nachbehandlung. Die korrekte Nachbehandlung entscheidet über den Erfolg der Operation. Für etwa 1 Jahr empfehlen wir Unterschenkelorthesen mit dorsaler Anschlagssperre gegen ein Überdehnen des Transfers. Bei einer gleichzeitig bestehenden Schwäche der Fußheber empfehlen wir die zusätzliche Ausstattung der Orthese mit einer Glanzackfeder.

Probleme und Komplikationen. Diese Tenodese wirkt nur, wenn die Sehne absolut straff gespannt einheilt. Wegen der begrenzten Stabilisierung wirkt sie kaum bei Erwachsenen. Wenn möglich sollte dieses Verfahren mit Sehnentranspositionen aktiver Plantarflektoren kombiniert werden. Voraussetzungen für ihr Gelingen sind neben der Patientcompliance die Stabilität des unteren Sprunggelenks und des Vorfußes, die operativ oder orthetisch geschaffen werden muss.

6.4.2 Knöcherner Verfahren

Chopart-Gelenkresektionsarthrodese mit oder ohne Arthrodese des unteren Sprunggelenks

Die Chopart-Arthrodese stellt auch beim Hackenfuß eine wirksame Technik dar, um die Stabilität des Rückfußes wiederherzustellen (Abb. 6.48).

Indikation. Hackenfüße mit Instabilität des Rückfußes sowie als Maßnahme bei Transposition der M. tibialis posterior und des M. peroneus brevis; Hackenhohlfüße.

Wirkungsweise. Durch Stabilisierung des Chopart-Gelenks (und ggf. zusätzlich des unteren Sprunggelenks) wird ein rigider Vorfußhebel geschaffen, auf den die transponierten Plantarflektoren gut wirken können. Eine Instabilität des Chopart-Gelenks lässt sich damit ebenso beheben wie eine Hackenhohlfußkomponente. Für eine gute Wirkung muss jedoch das obere Sprunggelenk zumindest bis 10 Grad nach plantar flektierbar sein.

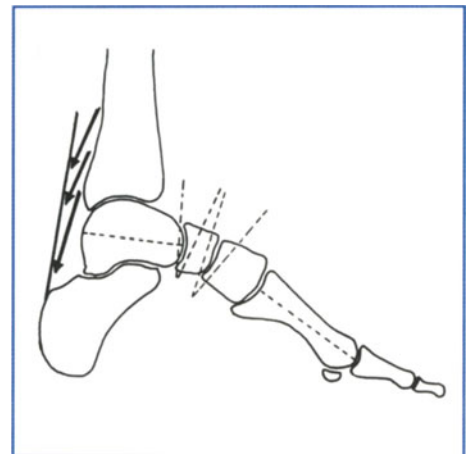


Abb. 6.48. Bei schwerem Hackenhohlfuß ist die Kombination aus Fußwurzelresektion und Sehnentransfers zur Verbesserung von Form und Funktion notwendig

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperre.

Operationstechnik. Vorausgehende Darstellung und Ablösung der Sehnen der Mm. tibialis posterior und peroneus/longus brevis durch einen medialen bzw. lateralen Zugang. Das Talonavikulargelenk wird von medial und lateral entknorpelt, das Kalkaneokuboidgelenk von lateral nach temporärer Ablösung des M. extensor digitorum brevis. Bei einer Hohlfußkomponente kann ggf. ein dorsalbasiger Keil (Entfernung des Os naviculare) entnommen werden. Das Gelenk wird unter Rückfußinversion und Vorfußpronation reponiert und mit Kirschner-Drähten (Stärke 2,2 bis 2,5 mm jeweils 2 durch Talonavikular- und Kalkaneokuboidgelenk) stabilisiert. Ggf. können zusätzliche Staples medial und lateral eingebracht werden. Immer ist darauf zu achten, dass die Gelenkachse des oberen Sprunggelenks horizontal steht und dass eine ausreichende passive Plantarflexion (wenigstens 10 Grad) möglich ist. Andernfalls müssen diese Komponenten anschließend noch korrigiert werden. Etwaige Knochenlücken werden mit Spongiosa gefüllt.

Eine fortbestehende Steilstellung des Kalkaneus kann durch eine zusätzliche dorsalbasige Keilentnahme aus dem unteren Sprunggelenk korrigiert werden (Zugang s. bei Lambrinudi-Arthrodesis) (Cholmeley 1953).

Die Augmentation der Wadenmuskulatur kann nun erfolgen (s. oben).

Nachbehandlung. Unterschenkelliegegips in leichter Plantarflexion bis zur Fädenentfernung, dann für weitere 3 Wochen Unterschenkelliegegips in Neutralstellung des Fußes. Anschließend nach erneuter Röntgenkontrolle Drahtentfernung und Unterschenkelgehgips für weitere 4 bis 5 Wochen. Bei gut kooperativen Patienten kann nach 3 bis 4 Wochen ein gedeckelter Gips gegeben werden, aus dem heraus die Plantarflexion aktiv assistiv geübt wird.

Die gesamte Gipsruhigstellungsperiode beträgt in jedem Fall 8 bis 10 Wochen. Anschließend wird für ein Jahr eine Unterschenkelorthesenversorgung mit dorsaler Anschlagssperre oder mit Karbonfeder angepasst.

Probleme und Komplikationen. Der Korrekturverlust bzw. eine Pseudarthrose sollten bei korrekter Technik kaum vorkommen. Sie müssen bei funktionsbehinderndem Ausmaß revidiert werden.

Aufklappende/verschiebende Kalkaneusosteotomie

Indikation. Die Indikation für diese Osteotomie ergibt sich aus der plantaren Prominenz des Kalkaneus bei langjährig bestehendem Hackenfuß (Abb. 6.49). Insbesondere, wenn die Auftrittsfläche druckschmerzhaft geworden ist oder wenn sich Druckstellen gebildet haben, kommt diese Methode zur Anwendung (Hoffa 1902).

Wirkungsweise. Die Technik besteht in einer Osteotomie und Kranialverschiebung des nach plantar prominenten Kalkaneus. Sie entspricht damit der in Döderlein et al. (2001, „Der Hohlfuß“) beschriebenen Technik nach Galeazzi (1911). Durch die Verschiebung kommt es neben der Entlastung des Tuber calcanei zu einer Verlängerung des Rückfußhebels und (beim Hackenhohlfuß) zum funktionell günstigen vorderen Anschlag am oberen Sprunggelenk.

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperre; vorausgehend ist stets eine Ablösung der plantaren Weichteile nach Steindler notwendig, um eine ausreichende Mobilität des Kalkaneus nach kranial zu erhalten.

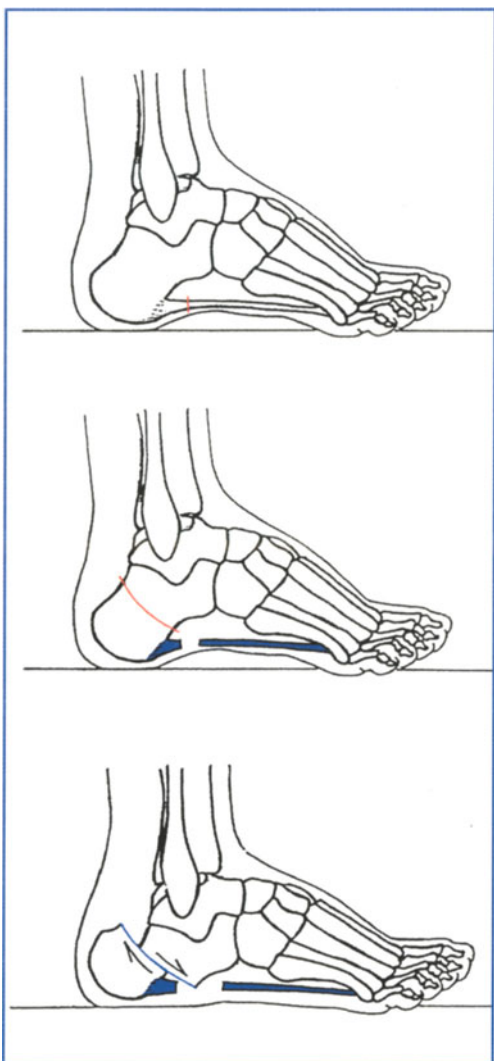


Abb. 6.49. Aufklappende, bzw. dorsal verschiebende Kalkaneusosteotomie bei ausgeprägter Hackenfußstellung mit Druckstellengefährdung unter dem Fersenpolster

Operationstechnik. Anschließend wird das Fersenbein von lateral durch eine Inzision hinter den Peronealsehnen senkrecht zur Kalkaneuslängsachse dargestellt. Nach Präparation des N. suralis wird der Kalkaneus subperiostal leicht bogenförmig durchtrennt. Man benutzt hierzu eine schmale Säge. Die Osteotomie kann auch durch Bohrlöcher vorher angezeichnet werden. Mit einem Flachmeißel wird das distale Kalkaneusfragment nun vollständig mobilisiert und manuell oder mit einer spitzen Repositionszange nach kranial verschoben. Wenn sich diese Verschiebung nur unvollständig vornehmen lässt, müssen noch mediale Stränge (Vorsicht Gefäß-Nerven-Bündel) nach medial hin gelöst werden. Die Fixierung erfolgt mit 2 bis 3 perkutan eingebohrten Kirschner-Drähten (2,2–2,5 mm). Eine evtl. Augmentation der Achillessehne sollte erst jetzt vorgenommen werden. Immer muss die Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk wenigstens bis zur Neutralstellung möglich bleiben.

Nachbehandlung. Unterschenkelliegegips für 4 Wochen, dann Röntgenkontrolle, Drahtentfernung und Gehgips für weitere 4 Wochen, dann Unterschenkelorthese mit dorsaler Sperre für ein Jahr.

Probleme und Komplikationen. Die unzureichende Verschiebbarkeit hat ihre Ursachen meist in medialen Perioststrängen. Man muss unbedingt darauf achten, dass die proximale Calcaneuscorticalis nicht nach plantar prominent bleibt (Druckstellengefahr).

Distale plantarflektierende Tibiaosteotomie (dorsalbasiger Keil)

Indikation. In Rekurvationsfehlstellung geheilte distale Tibiafrakturen (Abb. 6.50).

Wirkungsweise. Wiederherstellung der physiologischen Tibiaachse.

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperre.

Operationstechnik. Medialer Zugang hinter dem Innenknöchel; vorausgehend Fibulaosteotomie; subperiostale Darstellung der distalen Tibia, Markieren der Korrekturwinkel unter BV-Kontrolle mit K-Drähten und Osteotomie eines dorsalbasigen Keiles aus dem Krümmungsscheitel. Gegebenenfalls müssen vorausgehend ventrale Narbenzüge gelöst werden. Hierzu ist die mediale Inzision nach proximal zu verlängern. Vor der Osteotomie muss die passive Plantarflexion im oberen Sprunggelenk möglich sein. Zuklappen der Osteotomie und Fixieren mit 4 gekreuzten K-Drähten oder mit einer Pilonplatte, möglichst auch Spongiosaplastik. Alternativ kann die Deformität auch osteotomiert und durch einen Ilisarov-Ringfixateur mit Rückfußfassung korrigiert werden. Der Vorteil dieser Methode besteht in der Möglichkeit einer evl. Nachkorrektur.

Nachbehandlung. Bei stabiler Osteosynthese Unterschenkelliegegips, der nach Wundheilung zur frühfunktionellen Mobilisation des oberen Sprunggelenks gedeckelt werden kann. Übergang zur Teilbelastung nach radiologischem Befund etwa nach 6 Wochen. Gesamte Gipsruhigstellungsdauer etwa 12 Wochen.

Probleme und Komplikationen. Pseudarthrose, Korrekturverlust, Verwachsungen der Sehnen und Wundheilungsstörungen, die besonders bei ungünstigen Weichteilverhältnissen nicht selten sind. Eine Spongiosaplastik wird primär empfohlen.

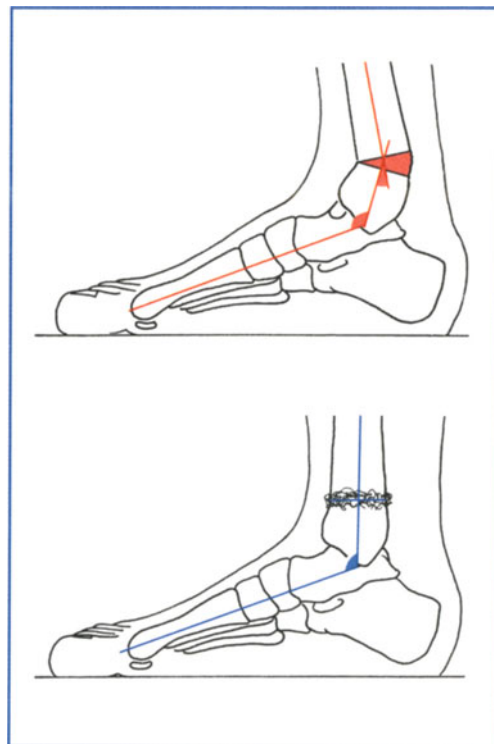


Abb. 6.50. Prinzip der operativen Korrektur einer in Rekurvation fehlerheilten distalen Tibia

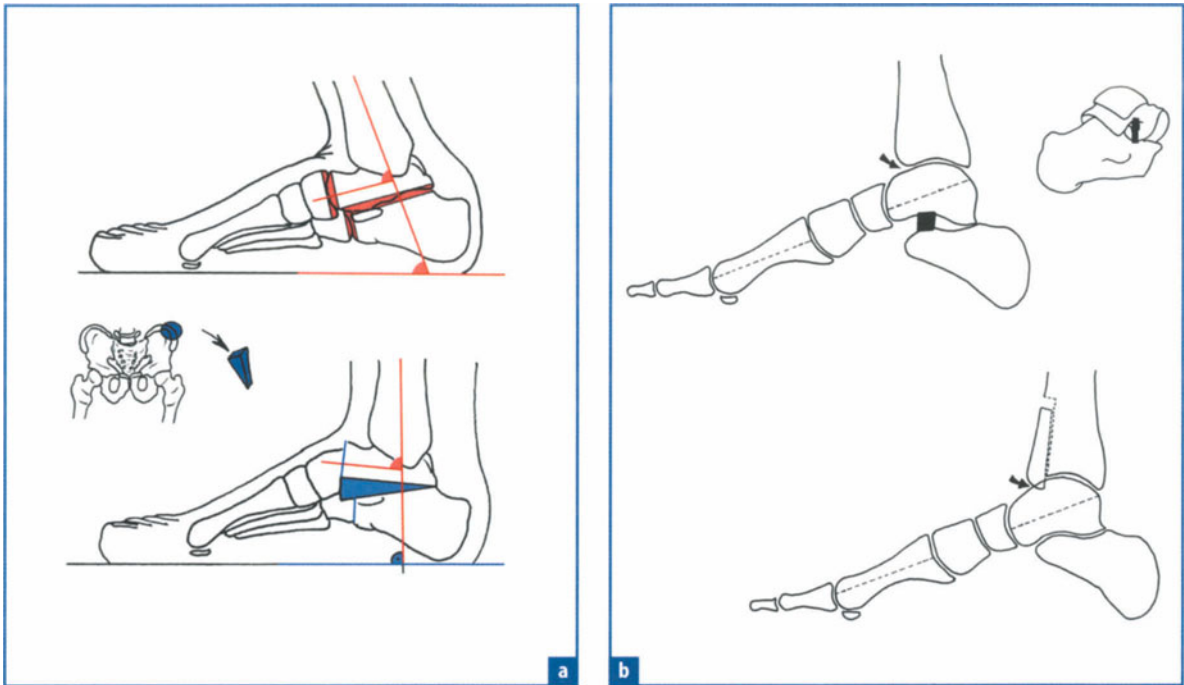


Abb. 6.51 a–c. Bei einer Kniestreckschwäche und gleichzeitig geplanten Fußstabilisierung hat sich die Schaffung einer ventralen Anschlagssperre am oberen Sprunggelenk durch additive Triple-Arthrodese bewährt. **a,b** Schematisch, **c** im klinischen Befund bei einer Patientin mit Polioliähmung



Arthrorise (knöcherne Anschlagssperre am oberen Sprunggelenk ventral)

Die knöcherne Anschlagssperre stellt eine klassische Methode zur Blockierung einer muskulär nicht stabilisierbaren Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk dar (Abb. 6.51 a–c).

Indikation. Als Indikation sehen wir den seltenen Fall einer fehlenden Akzeptanz von Orthesen bzw. keine Möglichkeit für operative Muskel- oder Sehnenstabilisationen.

Wirkungsweise. Durch die Bildung einer knöchernen Anschlagssperre ventral am oberen Sprunggelenk wird die passive Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk gehemmt. Der Anschlag ist auf zweifache Weise möglich:

- durch Einfalzen eines Verschiebespanes an der distalen Tibia,
- durch Horizontalisieren der Taluslängsachse über eine additive Tripelarthrodese.

Vorbereitung. Rückenlage, Oberschenkelblutsperre, vorausgehend muss bei der geplanten Horizontalisierung des Talus ein autologer trikorticaler Beckenspan entnommen werden (2-mal 3 cm).

Operationstechnik. Wir bevorzugen die Horizontaleinstellung des Talus, da sie die größte Kontaktfläche zur distalen Tibia ermöglicht. Die Methode besteht in einer additiven Tripelarthrodese durch einen lateralen Zugang. Nach Darstellen und Anschlingen des N. suralis wird der Muskelbauch des M. extensor digitorum brevis vom vorderen Kalkaneus abgelöst und nach distal umgeklappt. Das Chopart-Gelenk lässt sich durch das Einsetzen von Viernstein-Hebeln übersichtlich darstellen und nach Kapselresektion mühelos mit dem Meißel oder einer Säge entknorpeln. Das untere Sprunggelenk wird anschließend durch Resektion der Weichteile im Sinus tarsi und nach Inzision des Lig. calcaneofibulare mit einem Knochenspreizer aufgeklappt und vollständig entknorpelt. In den ventralen Anteil des unteren Sprunggelenks wird nun jeweils in Kalkaneus und Talus eine quere Knochennut eingemeißelt, in den der zugearbeitete Beckenspan so eingesetzt werden kann, dass der Talus ventral angehoben wird. Durch die Korrektur sollte die Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk effektiv blockiert werden. Der Keil wird durch einen diagonal verlaufenden K-Draht vom Kalkaneus aus in den Talus fixiert. Anschließend werden nacheinander das Talonavikular- und das Kalkaneokuboidgelenk ebenfalls mit K-Drähten transfixiert, nachdem zuvor alle Osteotomieflächen angefrischt worden waren. Ggf. können zusätzlich je nach Knochenqualität auch kanülierte Schrauben oder Staples eingebracht werden. Alle Knochenlücken werden mit Spongiosa aufgefüllt.

Eine andere Technik besteht in der Bildung eines Verschiebespans, der über einen ventralen Zugang zur distalen Tibia gehoben und nach distal bis zum Anschlag am Talus verschoben wird. Die Fixierung gelingt leicht über zwei Zugschrauben in die distale Tibia von ventral nach dorsal.

Die optimale Stellung der Anschlagssperre erlaubt eine Neutralposition des oberen Sprunggelenkes. Ein Spitzfuß sollte vermieden werden.

Nachbehandlung. Unterschenkelliegegips für 5 Wochen, anschließend Röntgenkontrolle und Gehgips für weitere 5 Wochen, dann orthopädische Schuhe oder Orthesen für ein Jahr.

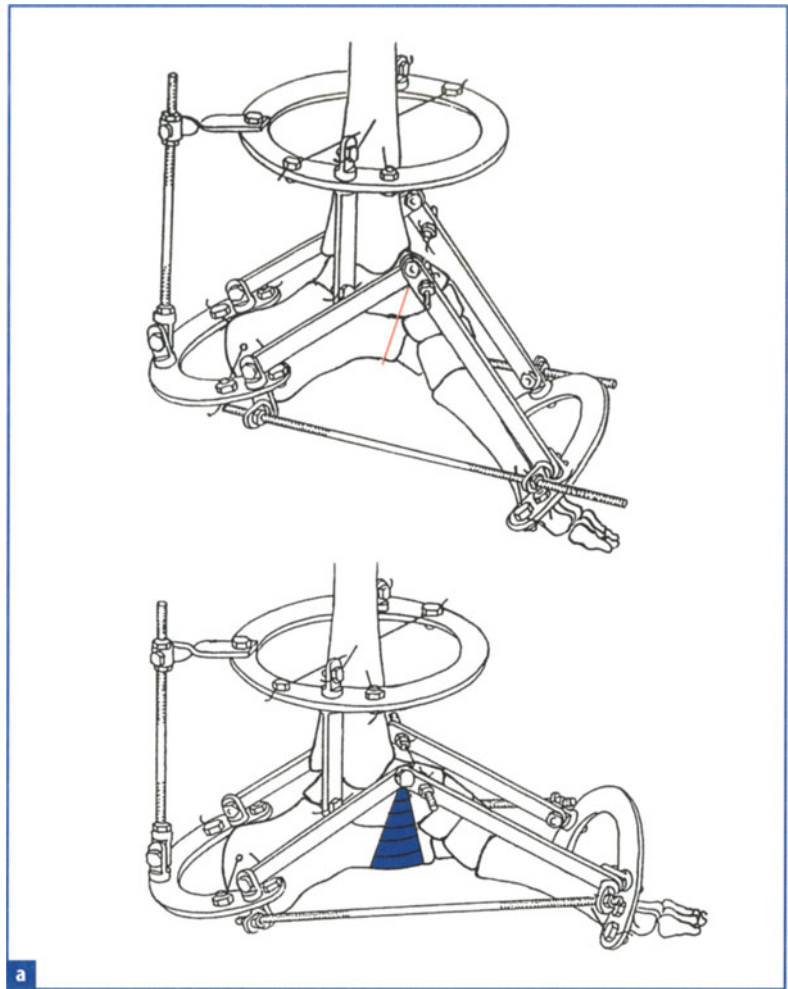
Probleme und Komplikationen. Diese selten geübte Methode birgt gewisse Probleme in sich. Impingementbeschwerden und degenerative Veränderungen am oberen Sprunggelenk sind ebenso möglich wie ein Korrekturverlust. Wir würden stets zunächst einer konservativen Therapie (Orthesen bzw. Schuhe) ggf. in Verbindung mit muskelbalancierenden Techniken den Vorzug geben.

Ilizarow-Korrektur schwerer Spitzfußdeformitäten

Indikation. Die Indikation für diese aufwändige Operation wird nur bei schweren kontrakten Spitzfußdeformitäten gestellt, insbesondere dann, wenn ungünstige Weichteilverhältnisse eine primär offene Technik als komplikationsträchtig erscheinen lassen (Abb. 6.52). Dabei kann man je nach vorliegendem Befund sowohl eine reine Rückfußspitzfußkontraktur als auch eine kombinierte Rückfuß- und Vorfußspitzfußdeformität korrigieren. Die Kombination mit Weichteil- und Knochenoperationen ist möglich (Soo 2001; Steinwender 2001).

Wirkungsweise. Durch schrittweise Distraction und gleichzeitige Überführung in die Neutralstellung werden die verkürzten Weichteile gedehnt, die

Abb. 6.52 a b. Grundsätzliche Darstellung der kombiniert knöchern-weichteiligen Korrektur eines schweren kombinierten Spitzfußes durch eine Ilisarov-Montage mit aufklappender Osteotomie des Vorfußes. **b** Beispiel einer Korrektur mit gleichzeitiger Distraction des OSG (Steinwender 2001)



Gelenke vor Kompression geschützt und der Fuß wieder plantigrad eingestellt. Bei stark kontrahierten Weichteilen wird eine gleichzeitige dorsale Lösung (perkutan oder offen) empfohlen.

Paley beschreibt auch die Kombination mit Osteotomien, auf die im Folgenden aber nicht eingegangen wird (Abb. 6.52 a).

Vorbereitung. Die Apparatekonstruktion sollte vorab bereits montiert sein. Durch die Verwendung eines Hartschaum-Modells des zu operierenden Unterschenkels und Fußes (in Kooperation mit einem Orthopädietechniker herzustellen) lässt sich die Positionierung der Apparategelenke erleichtern. Rückenlage, evtl. Weichteillösungen (Achillessehne, dorsale Kapsel) werden vorab in Blutsperre durchgeführt.

Operationstechnik. Bei der Beschreibung der Operationstechnik haben wir uns überwiegend an den Empfehlungen von Paley et al. (2002) orientiert. Man kann zwei verschiedene Operationstechniken unterscheiden: eine geführte („constrained“) und eine ungeführte („unconstrained“) Korrektur. Bei der geführten Technik wird der Fuß um die Achse des oberen Sprunggelenks korrigiert, bei der ungeführten Technik wird eine reine Distraction auf die kontrahierten Gelenke ausgeübt und die Korrektur richtet sich nach der natürlichen Gelenkachse aus. Paley empfiehlt geführte Systeme für das obe-

re Sprunggelenk, ungeführte Systeme dagegen für die Rückfußgelenke, deren Achsen nur schwer festzulegen sind. Bei der Verwendung eines geführten Systems wird das obere Sprunggelenk von dorsal her distrahiert. Der dorsale Distractionsstab lässt sich dabei leicht intermittierend entfernen und das Gelenk manuell mobilisieren. Eine evtl. zusätzlich bestehende Varuskomponente sollte nach Paley getrennt vom Spitzfuß und möglichst vor diesem korrigiert werden (Näheres s. Döderlein et al. 1999). Ein Vorfußspitzfuß lässt sich durch entsprechende Modifikation der Apparatekonstruktion zusätzlich beheben. Dabei wird der Vorfußhalbring mit dem Rückfußhalbring mittels eines Gewindestabes verbunden. Ebenso wie Paley würden wir in solchen Fällen stets eine vorausgehende Lösung der plantaren Weichteile empfehlen.

Die Korrekturgeschwindigkeit sollte über die Schmerzempfindung des Patienten und die neurovaskuläre Situation gesteuert werden. Eine Distractionsgeschwindigkeit von etwa 1 mm/Tag darf dabei nicht überschritten werden. Eine leichte Überkorrektur ist anzustreben, in der der Fuß im Apparat für mindestens 6 Wochen gehalten wird. Als Faustregel empfiehlt Paley den selben Zeitraum wie zur Erreichung der Korrekturstellung.

Nachbehandlung. Nach Abnahme des Apparates wird für einige Wochen ein gedeckelter Unterschenkelgips angepasst, aus dem heraus mit krankengymnastischer Mobilisation begonnen wird. Nach dem Rückgang der Schwellung wird für mindestens weitere 6 Monate eine Unterschenkel funktions- und Nachlagerungsorthese angemessen. Anschließend wird bei ausreichender Funktion nur mehr die Nachlagerungsorthese getragen.

Probleme und Komplikationen. Der Aufwand der Ilisarow-Korrektur ist für den Operateur wie für den Patienten hoch. Deshalb gibt es in der Literatur nur relativ wenige Berichte mit kleinen Fallzahlen. Zahlreiche Probleme können während und nach der Apparateanwendung auftreten. Die häufigsten sind Infektionen der Drahteintrittsstellen, eine ventrale Subluxation der Talusrolle in der Knöchelgabel, Sensibilitätsstörungen bzw. Schmerzen, Zehenkontrakturen und vor allem die Rezidivgefahr, die eine besonders sorgfältige Nachbehandlung notwendig macht (Huang 1996). Eine längerdauernde Schwellneigung und eine verbleibende Bewegungseinschränkung des oberen Sprunggelenks sind als Folge der Schwere des Ausgangsbefundes zu sehen.

6.5 Techniken der Sehnennaht

Da sich die operativen Behandlungsmethoden beim Spitz- und beim Hackenfuß überwiegend mit der Naht von Sehnen befassen, halten wir es für sinnvoll, einige Sehnenoperationstechniken darzustellen (Abb. 6.53 a–c).

Sehnen müssen atraumatisch behandelt werden. Dazu gehört ihr Schutz vor Austrocknung und vor dem Kontakt mit der desinfizierten Haut sowie das schonende Anfassen und die Erhaltung der Gleitschicht. Nur im Nahtbereich sollte diese entfernt werden (Hansen 2000).

Sehnenverlängerungen

Sehnenverlängerungen können über verschiedene Inzisionen der Sehne vorgenommen werden, die ein Auseinanderweichen der Sehnen gestatten. Da die Sehnenfasern in Längsrichtung angeordnet sind, handelt es sich je-

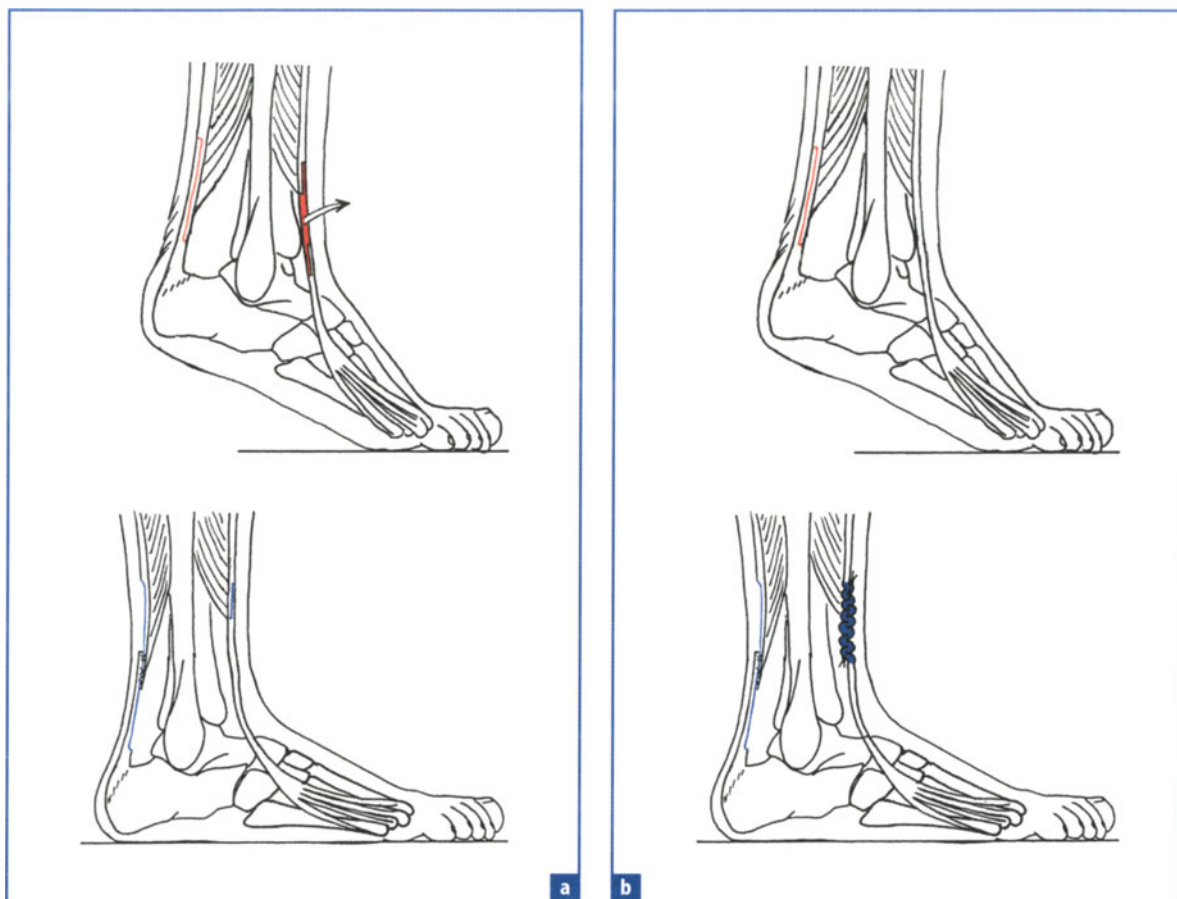
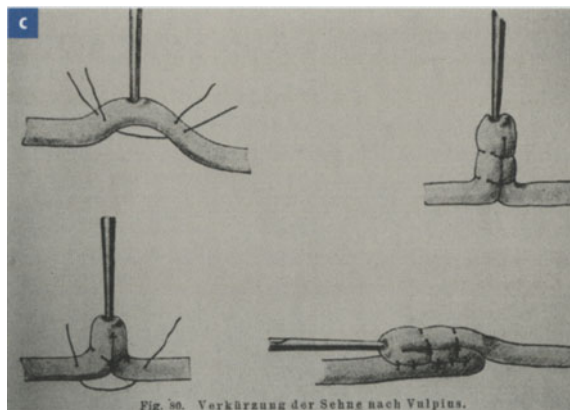


Abb. 6.53. a,b Verschiedene Möglichkeiten einer Raffung der Fußhebesehnen nach weichteiliger Korrektur eines Spitzfußes. **c** Raffnaht einer Sehne in der Technik nach Vulpinus



weils um eine Variation der Z-Verlängerung. Die Sehnenenden werden nach Erreichen der gewünschten Länge entweder unter Gipsbehandlung immobilisiert oder zuvor noch vernäht, um eine Überkorrektur zu vermeiden.

Wenn die Sehnenstrecke für einen Transfer nicht ausreicht, kann man die Endsehne durch verschiedene Techniken verlängern. Die gebräuchlichsten sind die Umkippl-Plastik und die Verlängerung durch proximale Z-Plastik. Die Sehnen sollten zur Sicherung gegen ein Reißen mit einem nichtresorbierbaren Faden durchflochten werden.

Sehnenfixationen

Die Fixation von transponierten Sehnen kann entweder in die Sehnen der Empfänger-muskeln oder periostal/ossär vorgenommen werden (Abb. 6.54 a,b). Bei der Fixierung Sehne zu Sehne hat sich allgemein die Durchflechtungsnaht nach Pulvertaft durchgesetzt. Bei der periostalen Fixation wird die Sehne unter einem bzw. zwei türflügelartig abgehobenen Periostlappen vernäht. Bei der ossären Fixierung haben sich konvergierende Bohrkanaäle zur Aufnahme der Fixationsfäden bewährt. Alternativ kann man auch einen Nahtanker oder die Fixation mit einem Auszieh-faden wählen, mit dem die Sehne in einen vorbereiteten Knochenkanal gezogen wird. Der Auszieh-faden wird plantarseitig über einem Polster geknotet und nach 4 bis 6 Wochen entfernt.

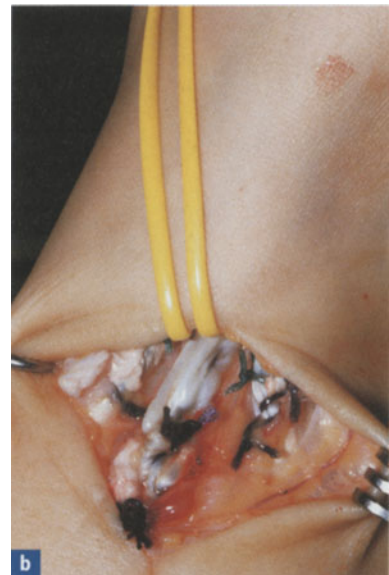
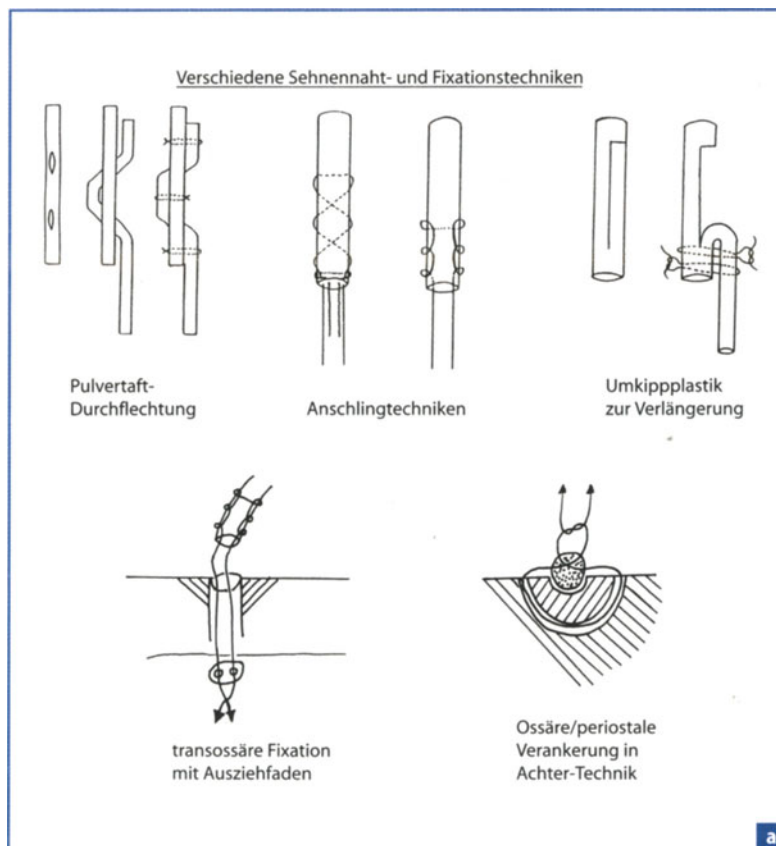


Abb. 6.54 a, b. Darstellung verschiedener Techniken der Sehnenfixation entweder periostal oder in Durchflechtungstechnik mit anderen Sehnen