

Daniel Frank, Victoria Julia Frank, Dariusch Arbab

Die Tibialis-posterior-Insuffizienz

Zusammenfassung:

Die Tibialis-posterior-Insuffizienz geht mit einer erheblichen Funktionsstörung des Fußes und somit des Gangbilds einher. Die Diagnosestellung verzögert sich, da die Erstsymptome schwierig zuzuordnen sind. Die Kenntnisse der Anatomie und Biomechanik helfen, die Erkrankung einzuordnen, eine stadiengerechte Einteilung vorzunehmen und eine adäquate Therapie einzuleiten. Die Diagnose einer Musculus-tibialis-posterior-Insuffizienz wird überwiegend klinisch gestellt. Bildgebende Verfahren sichern die Diagnose ab. Unbehandelt führt die Erkrankung zu einem progressiven Zerfall der Fußgeometrie [15] mit Einschränkungen der Mobilität bis hin zur Invalidität. Die Stabilisierung des Rückfußes bedeutet einen erheblichen Qualitätsgewinn für die betroffenen Patienten.

Schlüsselwörter:

Tibialis-posterior-Dysfunktion, Sehnaugmentation, Calcaneusosteotomie, Rückfuß-Arthrodeese

Zitierweise:

Frank D, Frank VJ, Arbab D: Die Tibialis-posterior-Insuffizienz. OUP 2019; 8: 068–075

DOI 10.3238/oup.2019.0068–0075

Einleitung

Die konservative und operative Korrektur des erworbenen Plattfußes ist seit weit über 100 Jahren bekannt. F. Lange, M. Lange, K. Cramer oder O. Vulpius, um nur einige zu nennen, beschrieben schon in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts die unterschiedlichen Techniken zur Behandlung der „Plattfußbeschwerden“, der „blutigen Behandlung des Plattfußes“ oder auch zum „Plattfuß als soziales Problem“. Erstbeschreibungen aus dem amerikanischen Bereich datieren später, z.B. von Key 1953 oder Grifith 1965. Obwohl die Schlüsselfunktion der Tibialis-posterior-Sehne für die Form und Funktion des Fußes seit vielen Jahrzehnten bekannt ist, erfuhr die Dysfunktion der Sehne durch K. A. Johnson 1983 und durch die Klassifikation der Sehnenpathologie durch K. A. Johnson und D. E. Strom 1989 erst wieder die Aufmerksamkeit, die für die sachgerechte Behandlung notwendig ist. Wurde der nicht traumatisch erworbene Plattfuß im Erwachsenenalter fast regelhaft älteren Patienten zugeordnet, weiß

man heute, dass das Durchschnittsalter bei 58 Jahren liegt und überwiegend Frauen ab dem 42. Lebensjahr betroffen sind [28]. Die Prävalenz liegt bei 10 % der über 40-jährigen Frauen. Diabetes mellitus und Hypertonus gelten als konstitutionelle Risikofaktoren [9, 13]. Chronische Überanspruchungen und rezidivierende Mikrotraumata werden als extrinsische Ursachen angeschuldigt [4]. Eine nicht unerhebliche Zahl an Spitzensportlern und sehr aktiven Freizeitsportlern haben Probleme mit der Tibialis-posterior-Sehne. Akute Sehnenrisse werden bei jüngeren Sportlern beschrieben [16]. Die Insuffizienz des M. tibialis posterior hat erhebliche Auswirkung auf die Statik und Dynamik des Fußes, das sichere Gangbild und birgt die Gefahr frühzeitiger arthrotischer Veränderungen im Talonavikulargelenk (TN), Calcaneocuboidalgelenk (CC) und Subtalargelenk.

Anatomie und Biomechanik

Der Musculus tibialis posterior entspringt von den zugewandten Seiten

der Tibia und Fibula sowie der Membrana interossea. Es ist der zweitstärkste Muskel des Unterschenkels. Die Muskelfasern vereinen sich zur Sehne, welche ungefähr 6 cm oberhalb der Innenknöchelspitze beginnt, dem Malleolus internus eng anliegt und um den Innenknöchel zum Calcaneus, Navikulare, Cuneiforme und teilweise zum Metatarsale II und III zieht. Zum Fersenbein gibt die Sehne einen Ramus sustentacularis und Ramus plantaris ab, welche die Plantarflektion des Fußes unterstützen und die Inversion der Rückfußes im Subtalargelenk ermöglichen. Weitere Sehnenzüge inserieren an der Tuberositas ossis naviculare. Dabei kann ein Os tibiale externum in die Sehne eingebettet sein. Mediolplantar läuft die Sehne zum ersten Keilbein aus und hat gelegentlich Ausstrahlungen an den ersten Mittelfußknochen.

Die Funktion des Muskels unterscheidet sich im Stand und im Abrollmechanismus des Fußes. Im Stand stabilisiert die Sehne das Subtalargelenk durch die Inversion und Zentrierung des Calcaneus unter den Talus.

Posterior tibial tendon insufficiency

Summary: Insufficiency of the tibialis posterior muscle is accompanied by significant loss of function of the foot and changes in gait. As initial symptoms are unspecific, time until diagnosis is often prolonged. Knowledge of anatomy and biomechanics aids in the detection, classification and choice of adequate treatment for the condition. Posterior tibial tendon insufficiency is primarily a clinical diagnosis which is then confirmed by imaging techniques. Left untreated it leads to progressive decline of the geometry of the feet with reduced mobility, eventually resulting in disability. Stabilization of the hind foot significantly increases patients' quality of life.

Keywords: Tibial tendon dysfunction, Tendon augmentation, Calcaneus osteotomy, Hindfoot arthrodesis

Citation: Frank D, Frank VJ, Arbab D: Posterior tibial tendon insufficiency. OUP 2019; 8: 068–075

DOI 10.3238/oup.2019.0068–0075

Das Chopartgelenk wird durch die medialen Zugkräfte geblockt, das Quergewölbe und die mediale Längswölbung werden verspannt. Beim Abrollen des Fußes trägt die Kraft des Muskels, neben der plantar flektierenden Kraft der Achillessehne, zur Elevation des Fersenbeins erheblich bei, was man sich diagnostisch beim „Single-heel-rise-Test“ zunutze macht. Die nach distal auslaufenden Sehnenfasern stabilisieren den Mittel- und Vorfuß gegenüber dem Rückfuß, was für die Aufrechterhaltung eines kräftigen Vorfußhebels notwendig ist.

Pathobiomechanik

Die Sehne des Tibialis posterior hat einen relativ geringen Hub von ca. 20 mm. Eine Elongation der Sehne von bereits 50 % kann die Funktion des Muskels erheblich schwächen bzw. aufheben. Die Folge ist ein Rückfußvalgus durch die fehlende invertierende Kraft der Sehne. Die Störung der Balance zwischen invertierenden und evertierenden Kräften des Rückfußes verschiebt den Ansatz der Achillessehne nach lateral, wodurch die Eversionsstellung weiter zunimmt. Ansatz und Ursprung des Gastro-soleus-Komplexes nehmen zu, eine Verkürzung mit konsekutivem Fersenbeinhochstand ist die Folge. Der Fersenbeinhochstand resultiert in einer vermehrt plantar gerichteten Einstellung des Talus. Zusammen mit dem Verlust der medialen Stabilisatoren tritt der Taluskopf nach plantar-medial. Die statischen Strukturen des Ligamentum plantare longum und des Pfannenbands sind überfordert.

Die Längswölbung geht verloren, der Mittel- und Vorfuß abduziert im Chopartgelenk. Die Abduktionsstellung des Fußes erhöht die von ventral medial einwirkenden Kräfte auf das erste Metatarsophalangealgelenk. Das mediale Seitenband des Großzehengrundgelenks kollabiert mit der Folge eines Hallux valgus. Deswegen ist es notwendig, in der Diagnostik und der Therapieplanung einer Hallux-valgus-Korrektur, die Vorfuß-Rückfußbeziehung zu evaluieren. Eine Korrektur des Hallux valgus ohne Berücksichtigung der Pathologie des Rückfußes ist zum Scheitern verurteilt.

Pathophysiologie

Die Gefäßversorgung der Sehne erfolgt von proximal über die Muskulatur von distal über das Periost an den Anheftungsstellen der Sehne. Hinter und vor allem unterhalb des Malleolus internus besteht eine Zone der Hypovaskularität [4]. Reparative Vorgänge in der Phase der Degeneration sind erheblich vermindert. Die Sehne weist nach Petersen [20, 27] unterhalb des Malleolus internus vermehrt Chondrocyten und vermindert Fibrocyten auf. Erklärbar ist dies durch die verstärkte Druckbelastung, welche beim Abrollvorgang des Fußes und die Umlenkung der Sehne unter dem Innenknöchel auftritt. Fibrocyten sind auf Zug belastbar, Chondrocyten dagegen auf Druck. Die Reißfestigkeit der Sehne in dieser Zone ist daher vermindert. Nach Giza [7] soll durch mechanische Überbelastung, verursacht durch repetitive Mikrotraumata mit 1000–2000 Lastzyklen/Stunde, eine

inflammatorische Immunantwort auf die Sehne ausgelöst werden. Weiterhin soll ein konstitutioneller, bereits kindlich oder juvenil vorliegender Pes planovalgus eine Prädisposition zur späteren Postikusdysfunktion darstellen. Uchiyama [24] konnte nachweisen, dass der Gleitwiderstand der Sehne bei einem Knick-Senkfuß signifikant erhöht ist. In Untersuchungen konnte er zudem feststellen, dass bei Patienten mit einer Postikussehnen-dysfunktion überproportional in der Vergangenheit ein Knick-Senkfuß vorgelegen hatte. Diese Erkenntnisse allein können allerdings nicht erklären, wieso die Sehnen rupturieren und bei welcher Person.

Symptome

Die Schilderung der Patienten, was den Krankheitsverlauf betrifft, ist sehr unterschiedlich. Sehr häufig kann der Beginn der Erkrankung nicht genau angegeben werden. Erst nach wiederholtem Befragen kann der Zeitpunkt eingegrenzt werden, wobei häufig traumatische Ereignisse geschildert werden. Ein klassisches Trauma, welches zur Ruptur der Sehnen und somit zur Dysfunktion der Tibialis-posterior-Sehne führt, liegt selten vor.

Typischerweise wird zu Beginn der Erkrankung eine Schwellung hinter dem Innenknöchel angegeben. Das Laufen auf unebenen Unterflächen wird als schmerzhaft empfunden. Über eine zunehmende Instabilität des Fußes wird berichtet. Ob diese Instabilität der Ruptur der Sehne oder dem Schmerz und einem ver-



Abbildung 1 „Too-many-toe-sign“ (rechts)



Abbildung 2 Single-heel-rise-Test, rechts verminderte Fersenbeinelevation



meintlichen Giving-way-Mechanismus zuzuordnen ist, kann fast nie geklärt werden. Nach monate- oder jahrelangem Krankheitsverlauf werden Gelenkschmerzen im CC-Gelenk, subtalar und etwas seltener im TN-Gelenk beklagt. Bei erheblichem Rückfußvalgus ist ein Schmerz über der Außenknöchelspitze und im Verlauf der Peronealsehnen zu beobachten, verursacht durch einen Einklemmmechanismus der Sehnen zwischen Malleolus externus und lateralem Fersenbein. Die Patienten beklagen im fortgeschrittenen Stadium Druckschmerzen im Schuh über dem prominenten medioplantar gelegenen Taluskopf.

Diagnostik

Anamnese und Inspektion [22] sind häufig bereits zielführend in der Diagnosestellung. Allerdings wird die Diagnose oft erst sehr spät und immer häufiger primär von den Radiologen gestellt. Fehlende und nicht mehr gegenwärtige anatomische und biomechanische Kenntnisse verzögern eine frühzeitige Therapie. Oft werden die Untersucher durch unkorrekte oder nicht mit der Erkrankung im Zusammenhang stehende Ereignisse fehlinformiert. Ein Distorsionsereignis findet sich überproportional häufig in der Krankengeschichte, obwohl es als Folge und nicht als primäre Ursache anzusehen ist. Eine Untersuchung sollte grundsätzlich am beidseits entkleideten, belasteten Fuß erfolgen. Beide Unterschenkel und besser noch Oberschenkel sollten unbedeckt sichtbar sein. Da die Erkran-

kung weit überwiegend einseitig vorliegt ist der Seitenvergleich sehr hilfreich. Betrachtet wird der Fuß von allen Seiten. Die rückwärtige Ansicht vermittelt eine potenzielle Schwellung hinter dem Innenknöchel, den pathologischen Rückfußvalgus und ein eventuell vorliegendes „too-many-toe-sign“, die mediale Seitenansicht die Abflachung der Längswölbung und die Aufsicht den Vorfußabduktus. Das „Zu-viele-Zehen-Zeichen“ ist ein gut sichtbarer Ausdruck der Vorfußabduktion (Abb 1).

In diesem Untersuchungsgang kann der Patient aufgefordert werden, im Einbeinstand auf die Zehenspitzen zu steigen. Dies ist ein komplexer Vorgang, der dem schmerzhaften und auch älteren Patienten schwerfällt, häufig auch unmöglich ist. Hilfreich ist dabei, dem Patienten

durch moderates Abstützen des Körpers über die Fingerspitzen an der Wand oder einer Tischfläche das Gefühl der Sicherheit zu vermitteln und zunächst diesen Untersuchungsgang am nicht betroffenen Bein durchzuführen. Die Unfähigkeit oder das inkomplette Anheben des Fersenbeins von der Auftrittsfläche ist ein relativ sicheres Untersuchungszeichen. Die Kraft der Plantarflexion resultiert zu 60 % aus Gastrocnemius und Soleus und zu 40 % aus dem Tibialis-posterior-Muskel [26] (Abb 2.).

Die fehlende Inversion des Rückfußes kann ebenfalls sehr oft beobachtet werden. Vorsicht ist geboten bei jüngeren oder sportlich durchtrainierten Patienten. Diese können über die kräftige Plantarflexion der Großzehe die fehlende Zugkraft der Tibialis-posterior-Sehne soweit kompensie-

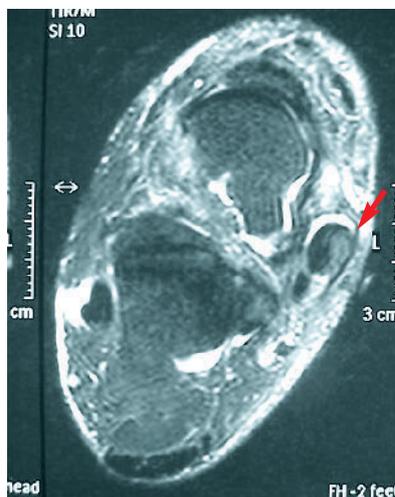


Abbildung 3 Degeneration der Tibialis-posterior-Sehne

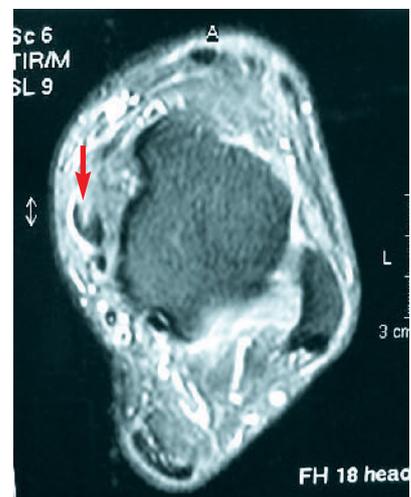


Abbildung 4 MRT – ventraler Längsriß der Tibialis-posterior-Sehne



Abbildung 5 Postikussehnenruptur – quer

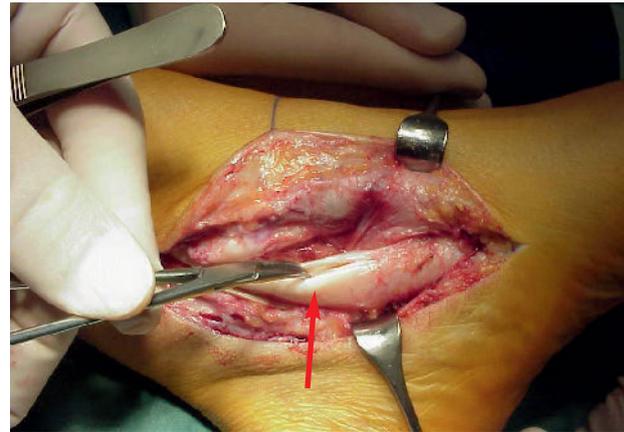


Abbildung 6 Postikussehnenruptur – längs

ren, dass der Rückfuß unverändert orthograd steht und im Zehenspitzenstand ein Rückfußvarus eintritt. Erst nach wiederholtem Durchgang dieser Funktionsprüfung ist eine Abschwächung der Fersenelevation zu beobachten.

Die manuelle Untersuchung überprüft die Beweglichkeit des Subtalgelenks, der Chopart Gelenklinie und der Funktion des oberen Sprunggelenkes in Repositionsstellung des Mittelfußes. Eine Verkürzung des Gastro-Soleus-Komplexes wird bei orthograder Einstellung des (Rück-)Fußes erkennbar, die Dorsalflexion des oberen Sprunggelenkes ist aufgehoben. Die Kenntnisse der Funktion des oberen Sprunggelenkes sind wichtig zur Therapieplanung.

Bildgebung

Röntgenaufnahmen des Fußes im ap und seitlichen Strahlengang sind immer belastet durchzuführen. Auf die korrekte Ausrichtung des Zentralstrahls, welcher bei einem Plattfuß steiler gewählt werden muss, ist zu achten, da ansonsten die Lisfranc-Gelenklinie nicht dargestellt wird. Die ap-Aufnahme des oberen Sprunggelenkes ist erforderlich. Hilfreich ist zudem die sogenannte Saltzman-Aufnahme, die die Position des Rückfußes zur Tibiachse sichtbar macht. In der ap-Aufsicht ist die Beurteilung der Chopart-Gelenksachse, der Bona-Jäger-Linie und der Lisfranc-Gelenklinie notwendig. Die Überdeckung des Navikulare über dem Taluskopf ist von entscheidender Bedeutung. Eine Subluxation des

Navikulare nach lateral ist ein wichtiger Hinweis auf eine Dysfunktion der Sehne. Arthrotische Veränderungen im TN-Gelenk und/oder im CC-Gelenk haben therapeutische Konsequenzen. Differenzialdiagnostisch ist eine Arthrose des Kahnbeins mit den Keilbeinen und der Metatarsalia mit den Keilbeinen und dem Würfelbein auszuschließen.

Bei der Aufnahme im seitlichen Strahlengang ist zu beachten, dass der Patient den Fuß plantigrad belastet und keine willkürliche Inversion des Rückfußes vornimmt. In der Seitenansicht wird die Stellung des Calcaneus zur Auftrittsfläche und die Position des Taluskopfes zum Navikulare bewertet. Eine fehlende Darstellung des subtalaren Gelenkes kann auf eine erhebliche Valgusstellung des Rückfußes hinweisen. Schwieriger zu bewerten sind sich plantar öffnende Gelenkspalten des Naviculo-cuneiformre-I-Gelenkes und des Tarsometatarsale-I-Gelenkes. Trotz gesichertem Nachweises einer Insuffizienz der Tibialis-posterior-Sehne kann das Navikulare korrekt vor dem Taluskopf positioniert sein und die Aufhebung der Längswölbung in der Bona-Jäger-Gelenklinie oder des Lisfranc-Gelenkes vorliegen. Eine lateral betonte Arthrose oder ein Klaffen des medialen Anteils des oberen Sprunggelenkes kann Ursache eines valgischen Rückfußes auch ohne Fehlfunktion der Tibialis posterior sein. Letztendlich sind Coalitiones des talocalcarearen und calcaneonavicularen Gelenkes auszuschließen. Die Röntgenbilder und der klinische Befund können di-

vergiern. Ein klinischer Plattfuß kann radiologisch keine oder wenig Veränderungen aufzeigen.

Sollte klinisch und radiologisch die Diagnose nicht zu sichern sein, ist die Kernspinnuntersuchung eine verlässliche Bildgebung zum Nachweis einer Pathologie der Tibialis-posterior-Sehne. Sequenzen in Bauchlage ergeben eine bessere Darstellung der Sehne, die Gabe von Gadolinium stellt degenerative Veränderung in der Sehne besser dar. In den axialen Schichten kann bei korrekter Gantry die Sehne dargestellt werden. Eine begleitende Tenosynovialitis ist als sogenanntes Sehnenhalo erkennbar. Signalanhebungen und somit Grauverfärbungen einer ansonsten regelhaft schwarzen Darstellung der Sehne weisen auf Degenerationen hin, Längsrupturen lassen sich an intratendinöser Flüssigkeit erkennen. Darstellungen von kompletten Rupturen und fehlender Sehnedarstellung in den axialen Schichten sind selten. Der Diagnose-Algorithmus der Kernspinnuntersuchung [21] ist nicht deckungsgleich mit der klinischen Stadieneinteilung nach Johnson & Strom[11]. Eine Aussage anhand der Kernspinaufnahmen über mögliche Therapien sollte nicht erfolgen, zu groß ist die Diskrepanz zwischen bildgebenden Veränderungen und klinischem Erscheinungsbild. Kernspintomografisch nachgewiesene komplette Sehnenrupturen mögen keine therapeutische Konsequenz haben, geringe Signaländerungen können mit einem ausgeprägteren, klinischen Erscheinungsbild und not-

wendigen, therapeutischen Maßnahmen verbunden sein. Computertomografien sind ergänzende Bildgebungen bei knöchernen Fragestellungen (Abb. 3 und 4).

Differenzialdiagnostik

Die Abgrenzung zwischen einem grenzwertigen, physiologischen Pes planovalgus und einer beginnenden Postikussehndysfunktion ist schwierig. Hier ist die Kernspinnuntersuchung in Verbindung mit der klinischen Untersuchung hilfreich. Coalitionen können einen Knick-Plattfuß zur Folge haben. Dieser besteht in der Regel seit Geburt und kann im höheren Alter symptomatisch werden. Auffallend sind die Synchondrosen, also knorpelig-bindegewebige Verschmelzungen des Talus und Calcaneus in Höhe der vorderen und mittleren Facette. Distorsionen können bei zuvor asymptomatischen Knick-Plattfuß schmerzhaft werden. Eine Kernspinnuntersuchung mit Nachweis von Ödembildungen ist zielführend. Sehr prominente accessorische Knochen, wie ein Os tibiale externum, können einen Pes planovalgus erscheinen lassen, obwohl er nicht vorliegt. Bei neuromuskulären Erkrankungen mit überwiegend schlaffen Lähmungen kann eine Knick-Plattfuß-Stellung ohne Pathologie der Tibialis-posterior-Sehne bestehen.

Klassifikation

Funk [5] klassifiziert 4 Typen der Sehnenläsion:

1. Avulsion am Insertionspunkt
2. komplette Ruptur
3. inkomplette Ruptur
4. Tenosynovialitis ohne makroskopische Sehnenruptur.

Eine exakte Diagnose, welche Art der Ruptur vorliegt, konnte anhand einer Studie nicht getroffen werden. Die direkte Naht der abgerissenen Sehne war nicht erfolgreich. Die Augmentation der rupturierten Sehnen wies subjektiv und objektiv die besten Ergebnisse auf. Weder Symptome noch das klinische Erscheinungsbild ließen Rückschlüsse auf die Ruptur zu (Abb. 5 und 6).

Vorherrschend und am ehesten praktikabel ist die Klassifikation von Johnson & Strom aus dem Jahr 1989 [11]. Die Einteilung beruht auf 3 kli-

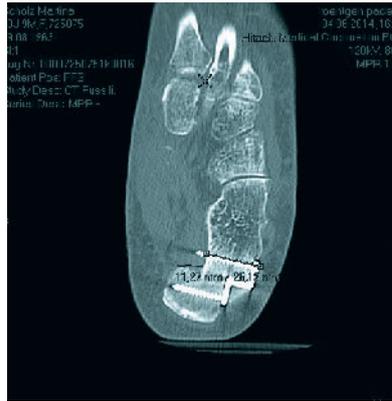


Abbildung 7 Variierende Calcaneusverschiebeosteotomie

nischen Stadien und wurde von Myerson um das Stadium 4 ergänzt, wenn das obere Sprunggelenk in die Pathologie einbezogen ist. Nach Mostafa [18] ist die Einteilung bisher nicht auf ihre Validität und Reliabilität hin untersucht worden. Er führt allerdings auch aus, dass die Überprüfung der Klassifikation schwierig bis unmöglich ist. Andererseits haben die verbesserten Diagnosemöglichkeiten, wie eine durchgängige Verfügbarkeit von Kernspinnuntersuchungen sowie verbesserte Therapiemöglichkeiten, den Wert dieser Einteilung bisher bewiesen. Die Klassifikation ist ein sinnvoller Algorithmus für die durchzuführenden Therapieformen (Tab. 1).

Therapie

Im Stadium I ist die konservative Therapie indiziert: NSAR, Einlagenversorgung mit erhöhter Längsgewölbstütze und im akuten Zustand eine temporäre Teilbelastung oder Orthesenbehandlung. Bei anhaltenden Beschwerden mit Schwellung des Sehnenleitgewebes kommen eine offene Synovektomie gegebenenfalls ein Sehnenendbridment in Betracht. Das Schuhwerk sollte über eine stabile Fersenkappe verfügen. Eine Physiotherapie ist im schmerzfreien oder schmerzarmen Intervall indiziert mit selektiver Kräftigung der langen Beuger und des Gastro-soleus Komplexes.

Im Stadium II werden die medial elevierenden und stabilisierenden Kräfte verbessert. Dies erfolgt einerseits durch die Medialisierung des Achillessehnenansatzes andererseits

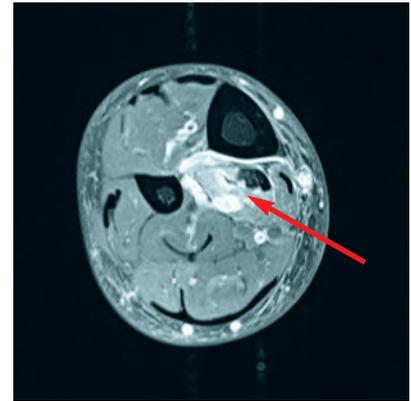


Abbildung 8 MRT – fettige Degeneration Musculus tibialis posterior

durch eine Augmentation der insuffizienten Postikussehne. Voraussetzung ist ein flexibler Rückfuß. Da die Achillessehne bei zunehmender Eversion des Rückfußes ihre Kraftentfaltung lateral der zentralen, sagittalen Achse des tibiotalaren Gelenkes ausübt, wird das Fersenbein von lateral zwischen den Peronealsehnen und der Achillessehne quer osteotomiert. Das dorsale Fragment wird um ca. 10 mm nach medial verschoben und durch kanülierte Schrauben oder lateral anliegende Stufenplatten fixiert. Die Achillessehne führt neben einer Plantarflexion jetzt auch eine Rückfußinversion aus. Gut adaptierte Osteotomieflächen gewährleisten eine sehr gute knöchernen Ausheilung. Pseudoarthrosenbildungen sind bei entsprechender Compliance der Patienten sehr selten (Abb. 7).

Während die Verschiebeosteotomie nicht nur die Zugkrafttrichtung der Achillessehne, sondern auch die knöchernen Formgebung des Rückfußes korrigiert, wird die Calcaneusverlängerungsosteotomie (Evans-Osteotomie) zur Beseitigung des Vorfußabduktus und somit zur Verlängerung der lateralen Säule des Fußes genutzt. Grundlage ist die 2-Säulen-Theorie des Fußes: medial das Sprungbein, das Kahnbein, die 3 Keilbeine und die ersten 3 Mittelfußknochen; lateral das Fersenbein, das Würfelbein und die beiden äußeren Mittelfußknochen. Durch die Verlängerung des Fersenbeins mit Interposition eines autologen oder homologen Knochenspanns rotieren Mittel- und Vorfuß in die Adduktion. Die Osteotomie er-

folgt in Höhe des Sinus tarsi (in der klassischen und modifizierten Technik nach Evans). Hintermann [8] empfiehlt die aufklappende Osteotomie in dieser Ebene, um eine CC-Gelenkinkongruenz zu vermeiden und um die Korrektur näher am Rotationszentrum vorzunehmen. Verlängerungs- und Verschiebeosteotomie können einzeln oder kombiniert durchgeführt werden. Die Wahl, welche Methode angewandt wird, richtet sich nach dem klinischen Erscheinungsbild des Fußes und letztendlich der Entscheidung des Behandlers. Metrische Maße oder Winkel, welche die Entscheidung zu einer oder der anderen Therapie veranlassen gibt es nicht. Beiden Osteotomien wird der Vorteil zugesprochen, die Weichteilrekonstruktion an der medialen Seite des Fußes zu unterstützen und zu entlasten. Von den Autoren werden durchgängig die Reihenfolge, zunächst die Osteotomie und danach der Weichteileingriff empfohlen [14].

Bei einer fixierten, suppinieren Vorfuß-Fehlstellung wird die sogenannte „Cotton-Osteotomie“ durchgeführt [1]. Ist der Rückfuß durch die knöcherne Korrektur und den Seh-

nentransfer in seiner Position korrekt eingestellt, kann die Vorfußpronation nicht ausreichend sein, um die Lastaufnahme des ersten Strahls zu gewährleisten. Durch eine inkomplette dorsaleseitige Open-Wedge-Osteotomie des ersten Keilbeins wird der erste Mittelfußknochen plantarisiert, ein autologer oder homologer Knochen-span in das erste Keilbein eingebolzt.

Über einen medialen Zugang kann die Tibialis-posterior-Sehne exploriert werden. Ist die Sehne in ihrer Kontinuität noch erhalten, wird sie falls nötig debridiert und eine Tenosynovektomie durchgeführt. Lediglich bei Querrupturen mit kolbigen Auftreibungen der Sehnenenden wird eine Resektion vorgenommen. Eine reine Sehnnennaht ohne Augmentati-on ist nicht zielführend. Langfristig führt der Funktionsverlust der Tibialis-posterior-Sehne zu einer fettigen Degeneration des Musculus tibialis posterior, sodass auch unter diesem Aspekt eine primäre Naht der Sehne nicht zielführend ist (Abb. 8).

Die Augmentation wird mit der Flexor-digitorum-longus(FDL)- oder der Flexor-hallucis-longus(FHL)-Sehne durchgeführt. Über die Verwen-

dung der FDL- oder FHL-Sehne wurde noch kein Konsens hergestellt. Die Befürworter der FDL-Sehne argumentieren mit dem geringeren Hebedefekt, also Kraftverlust der Beuger der Kleinzehen, die Argumente für die Nutzung der FHL-Sehne liegen in der Kraftentfaltung der Sehne. Untersuchungen, die eine Überlegenheit der FDL- oder FHL-Sehne herausarbeiten konnten, liegen bisher nicht vor. In Untersuchungen von Silver [23] hinsichtlich der relativen Muskelkraft erreichte die FHL einen Wert von 3,6 und die FDL einen Wert von 1,8 bei einem Wert von 6,4 für die Tibialis-posterior-Sehne. Während der FHL 50 % der Kraft des Tibialis posterior erreicht, sind es beim FDL nur 28 %.

Beiden Sehnen ist gemein, dass sie vor oder hinter der plantaren Überkreuzungsstelle – Henry’scher Knoten – tenotomiert werden. Eine zusätzliche Seit-zu-Seit-Naht des verbliebenen Sehnenstumpfs zur parallel verlaufenden Sehne ist zu empfehlen. Die Spendersehne wird durch ein vertikales Bohrloch im medialen Drittel des Navikulare von plantar eingeführt und in Vorfußadduktion und

	Stadium I	Stadium II	Stadium III
Klinik	Milder, medialer Schmerz	Moderater, medialer Schmerz	Schwerer, medialer und lateraler Schmerz
Untersuchung			
Schwellung und Druckschmerz	Milde Schwellung und Druckschmerz entlang der Tibialis-posterior-Sehne	Moderate Schwellung und Druckschmerz entlang der Tibialis-posterior-Sehne	Geringe Schwellung, deutlicher Druckschmerz entlang der Tibialis-posterior-Sehne
Unipedaler Zehenspitzenstand	Leichte Schwäche	Deutliche Schwäche	Fast unmöglich
„Too-many toes“-Zeichen	Nicht vorhanden	Vorhanden	Vorhanden
Deformität	Nicht vorhanden	Flexible Fehlstellung	Fixierte Fehlstellung
Sehnenpathologie	Normale Sehne, Sehnenlänge, Paratendinitis	Elongierte Sehne mit Längsrupturen	Längsruptur oder Querruptur
Bildgebung	Normal	Deutliche Deformität mit Fehlstellung des Mittel- und Rückfußes	Deutliche Deformität mit Fehlstellung des Mittel- und Rückfußes, Arthrosen der betroffenen Gelenke
Behandlung	Konservativ, evtl. Tenosynovektomie	Sehnnentransfer FHL oder FDL und Calcaneusverschiebeosteotomie oder Calcaneusverlängerungsosteotomie	Double- oder Triple-Arthrodesis

Tabelle 1 Klassifikation von Johnson & Strom [17]

Spitzfußstellung unter Vorspannung fixiert. Je nach Sehnenlänge können Fadenanker, Tenotomieschrauben oder periostale Fixierungen genutzt werden. Die Naht oder Raffung des Pfannenbands (spring ligament) wird kontrovers diskutiert. Einige Autoren halten sie für obligatorisch [6] andere, vor allem Anatomen, bezweifeln den Nutzen auf Grund der fehlenden elastischen Fasern dieses Bandes. Studien von Walters et al. konnten den Effekt der Naht des Pfannenbands nicht belegen [25].

Im Stadium III nach Johnson & Strom wird die Double (Diple) oder Triple Arthrodesen als Methode der Wahl empfohlen. In seltenen Fällen ist eine isolierte subtalare Arthrodesen sinnvoll [12]. Fixierte Rückfußgelenke und Arthrosen im TN-Gelenk, CC-Gelenk und subtalar sind eindeutige Indikationen zur dauerhaften Ruhigstellung der betroffenen Gelenke. Der Verlust an Beweglichkeit wird durch den Zugewinn an Schmerzfreiheit und Stabilität des Fußes bei weitem kompensiert. Sind die Rückfußgelenke nicht mehr manuell in vollem Bewegungsumfang zu mobilisieren oder ist der Rückfuß in einer fixierten valgischen Position, welche nicht manuell aufzurichten ist, ist die Arthrodesen die Methode der Wahl. Analog verhält es sich in der Chopart-Gelenklinie, wenn der Vorfußadduktus nicht in die orthograde Stellung ausgerichtet werden kann. Sind im Röntgen, CT oder Kernspin bereits deutliche Zeichen einer Arthrose erkennbar, ist der Gelenkerhalt oft fragwürdig, da mit weiteren operativen Eingriffen zu rechnen ist. Ist das CC-Gelenk unauffällig, d.h. schmerzfrei und radiologisch ohne Nachweis von arthrotischen Veränderungen, kann auf die Versteifung dieses Gelenkes verzichtet werden. Die operativen Zugangswege entsprechen den Standardzugängen der Literatur, wobei einige Autoren dazu übergegangen sind, das Subtalargelenk und das Talonavikulargelenk durch einen medialen Zugang zu adressieren. Ob mit (additiv) oder ohne (sine) Knochen-späne und Spongiosa eine Fusion durchgeführt wird, richtet sich nach der Fehlstellung, dem Maß der gewünschten Korrektur und den knöchernen Verhältnissen. In der Regel

werden heute Schrauben, Platten oder Klammern zur Osteosynthese verwendet. Besonderes Augenmaß ist auf die Stellung des Rückfußes und des TN-Gelenkes zu legen. Ein mäßiger Rückfußvalgus von ca. 7° entspricht der Anatomie, etwas mehr wird von den Patienten eher toleriert als eine varische Einstellung des Rückfußes. Ist das NC-I-Gelenk radiologisch auffällig, empfiehlt es sich dieses Gelenk in die Fusion mit einzubeziehen

Ergebnisse

Die Heterogenität des Krankheitsbilds, die Kombination unterschiedlicher Verfahren sowie das sehr unterschiedliche Patientenkollektiv lassen keine zuverlässigen Aussagen hinsichtlich der Erfolgsquoten der Maßnahmen zu. Letztendlich lassen sich nur Tendenzen erkennen, da zudem die Fallzahlen der Studien klein sind. So zeigen Kombinationseingriffe aus FDL Transfer und Calcaneusverschiebeosteotomien Erfolgsraten von 90 % und mehr nach 3–5 Jahren [22]. Fayazi [3] berichtete über 96 % Verbesserung bei 23 Patienten nach 35 Monaten. Der AOFAS Score stieg von 50 auf 89 Punkte. Myerson [19] sah bei 32 Patienten zu 88 % keine Beschwerden. Die Ergebnisse lagen mit 80 bis 96 % im guten bis sehr guten Bereich.

Rehabilitation, Rekonvaleszenz

Die knöcherne, stabile Heilung der Osteotomien dürfte nach 6–8 Wochen erreicht sein. Der Calcaneus heilt nach Verschiebeosteotomien bei großen spongiösen Flächen sehr gut. Etwas mehr Zeit benötigen die Interpositions- oder Verlängerungsosteotomien des Fersenbeins. Arthrodesen des Rückfußes benötigen ca. 8–10 Wochen zur knöchernen Konsolidierung. Zu berücksichtigen ist dabei, dass diese Therapieformen vermehrt bei älteren Patienten mit verzögerter Knochenheilungszeit durchgeführt werden. Obwohl die Sehnenheilung in der Regel nach 6–8 Wochen abgeschlossen ist, dürfte ihre volle Funktion mehr Zeit benötigen. Vor allem die Koordination beansprucht Zeit, daher ist eine Physiotherapie mit Muskelkräftigung

und Beübung der Propriozeption dringend geboten. Zur Sicherung des operativen Ergebnisses sind Längsgewölbe stützende Einlagen sinnvoll. Das Schuhwerk sollte eine stabile Fersenkappe haben. Schwellneigungen in den ersten Monaten nach der Operation sind üblich, Lymphdrainagen und eventuell Kompressions-trümpfe hilfreich. Dem Patienten sollte mitgeteilt werden, dass die gesamte Prozedur 9 Monate bis zu einem Jahr in Anspruch nimmt.

Interessenkonflikte:

Keine angegeben.

Literatur

1. Cotton FJ: Foot statics and surgery. *N England J Med* 1936; 353–362
2. Ettinger S, Sibai K, Stukenborg-Colsman C et al.: Comparison of Anatomic Structures at Risk with 2 Lateral Lengthening Calcaneal Osteotomies. *Foot Ankle Int* 2018; 2: 107–110
3. Fayazi AH, Nguyen HV, Juliano PJ: Intermediate term follow up of calcaneal osteotomy and flexor digitorum transfer for treatment of posterior tibial tendon dysfunction. *Foot and Ankle Int* 2002; 23: 1107–1111
4. Fowble VA, Vigorita VJ, Bryk E, Sands AK: Neovascularity in chronic posterior tibial tendon insufficiency. *Clin Orthop Relat Res* 2006; 450: 225–230
5. Funk DA, Cass JR, Johnson KA: Acquired adult flat foot secondary to posterior tibial-tendon pathology. *J Bone Joint Surg Am* 1986; 68: 95–102
6. Gazdag AR, Cracchiolo A: Rupture of the posterior tibial tendon. *J Bone Joint Surg Am* 1997; 79: 675–681
7. Giza E, Cush G, Schon LC: The flexible flatfoot in the adult. *Foot and ankle clinics* 2007; 12: 251–271
8. Hintermann B, Valderrabano V: Lateral column lengthening by calcaneal osteotomy. *Tech Foot & Ankle* 2003; 2: 84–90
9. Holmes GB, Mann RA: Possible epidemiological factors associated with rupture of the posterior tibial tendon. *Foot Ankle* 1992; 13: 70–79
10. Johnson KA: Tibialis posterior tendon rupture. *Clin Orthop Relat Res* 1983; 177: 140–147
11. Johnson KA, Strom DE: Tibialis posterior tendon dysfunction. *Clin Orthop Relat Res* 1989; 239: 196–206
12. Knupp M, Hintermann B, Bollinger L, Valderrabano V: Arthrodesen in der

- Behandlung des erworbenen Plattfußes. *Fuss und Sprungg* 2014; 12: 27–33
13. Kohls-Gatzoulis J, Angel JC, Singh D, Haddad F, Livingstone J, Berry G: Tibialis posterior dysfunction: a common and treatable cause of adult acquired flatfoot. *BMJ* 2004; 329 (7478): 1328–1333
 14. Krause F, Schmid T: Die Osteotomien zur Behandlung des erworbenen Plattfußes *Fuß und Sprungg* 2014; 12: 15–26
 15. Leumann A, Merian M, Wiewiorski M, Hintermann B, Valderrabano V: Behandlungskonzepte der chronischen Dysfunktion der Tibialis posterior Sehne. *Sportmedizin und Sporttraumatologie* 2007; 55: 19–25
 16. Lohrer H: Schäden der M.-tibialis-posterior-Sehne. *Orthopädieschuh-technik* 2001; 18–21
 17. Mostafa MA, Alley MC, Shakked R, Rosenbaum AJ: Adult-acquired flat-foot deformity: Etiology, Diagnosis, and Management. *JBSJ Rev* 2017; 5: e7
 18. Mostafa MA, Tartaglione JP, Rosenbaum AJ, Dipreta JA: Classifications in Brief: Johnson and Strom Classification of Adult-acquired Flatfoot Deformity. *Clin Orthop Relat Res* 2016; 474: 588–593
 19. Myerson MS, Corrigan J, Thompson F, Schon LC: Tendon transfer combined with calcaneal osteotomy for treatment of posterior tibial tendon insufficiency: a radiological investigation. *Foot Ankle Int* 1995; 16: 712–718
 20. Petersen W: Structure of the human tibialis posterior tendon. *Arch Orthop Trauma* 2004; 124: 237–242
 21. Rosenberg Z, Cheung Y, Jahss M et al: Rupture of the posterior tibial tendon: CT and MR imaging with surgical correlation. *Radiology* 1988; 169: 229–235
 22. Schuh R, Trnka HJ: Flexor-digitorum-Longus-Transfer und mediale Kalkaneusosteotomie zur Therapie der zweitgradigen erworbenen Plattfußdeformität. *Fuß und Sprungg* 2014; 12: 7–14
 23. Silver RL, de la Garza J, Rang M: The myth of muscle balance: A study of relative strengths and excursions of normal muscle about the foot and ankle. *J Bone Joint Surg Br.* 1985; 67: 432–437
 24. Uchiyama E, Kitaoka HB, Fujii T et al.: Gliding resistance of the posterior tibial tendon. *Foot Ankle Int* 2006; 27: 723–727
 25. Walters JL, Mendicino SS: Flexible adult flatfoot: soft tissue procedures. *Clin. Podiatr Med Surg* 2003; 31: 349–355
 26. Walther M: Degeneration der Tibialis posterior Sehne. *Bewährtes und Neues. Unfallchir* 2017; 120: 1031–1037
 27. Weimann A, Petersen W: Biomechanische Untersuchungen an der Ansatzsehne de M. Tibialis posterior. *Fuß und Sprungg* 2001; 2: 17–24
 28. Zwipp H, Dahlen C, Amlang M, Ram-melt S: Injuries of the tibialis posterior tendon: diagnosis and therapy. *Orthopaede* 2000; 29: 251–259



Korrespondenzadresse:

Dr. med. Daniel Frank
Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie
und Handchirurgie
Florence-Nightingale-Krankenhaus
Kreuzbergstr. 79
40489 Düsseldorf
Frank@kaiserswerther-diakonie.de