

Der Fuß bei neuro-motorischen Störungen

Pathophysiologie & Behandlung

OA DR. WALTER STROBL | Leitender Oberarzt Zentrum für Neuroorthopädie an der Abteilung für Kinder- und Jugendorthopädie, Orthopädisches Spital Speising, Wien

► Praxisrelevanz

Die Inzidenz neuromotorischer Störungen als Ursache von Fußfehlstellungen wird häufig unterschätzt. Bereits im Kindes- und Jugendalter stellen Form und Funktionsänderungen der Füße ein häufiges Symptom dar, hinter dem sich cerebrale Bewegungsstörungen und neuromuskuläre Erkrankungen verbergen können. Untersuchungen in kinderorthopädischen Ambulanzen zeigen, dass bei etwa einem Drittel der Patienten mit Fußfehlstellungen eine neuromotorische Störung des Bewegungsapparates zugrunde liegt.

Während des Wachstums ist eine Zunahme der Symptomatik auch unabhängig von einer Progredienz der Grunderkrankung zu erwarten. Spätestens im Erwachsenenalter führen erworbene Fußdeformitäten im Rahmen neuromotorischer Erkrankungen zu einer schmerzhaften Einschränkung der Mobilität im Alltag.

Die meisten Erkrankungen des Nerven- und Muskelsystems führen zu Funktionsstörungen und Formveränderungen des Fußes:

- alle Formen frühkindlicher cerebraler Hirnschädigungen
- kongenitale ZNS-Fehlbildungen und -Entwicklungsstörungen
- residuale zentrale Paresen nach ZNS-Infektionen, -Verletzungen und -Tumoren
- Hemiparesen nach cerebralen Ischämien
- traumatisch bedingte periphere Paresen und Muskelimbilanzen

- sekundär toxische und hereditäre motorisch-sensorische Neuro-pathien
- Muskeldystrophien und kongenitale Myopathien
- cerebrale, spinale und muskuläre degenerative Erkrankungen

Das Erkennen zugrundeliegender neurogener Störungen und das Verstehen der Pathogenese sind für die Therapieplanung und Prognose neurogener Fußfehlstellungen entscheidend.

► Pathophysiologie und Erscheinungsformen neuromotorischer Fußfehlstellungen

Der pathologische Mechanismus, der zur Entstehung des neurogenen Spitzfußes, Knick-Plattfußes, Klumpfußes und Hohlfußes sowie ihrer assoziierten Störungen führt, sollte im indivi-

ABB. 1 CIRCULUS VITIOSUS DER PATHOGENESE VON DEFORMITÄTEN

- Bewegungseinschränkung
- mangelnde Muskeldehnung
- struktur. Muskelveränderung
- Kapsel-Band-Kontrakturen
- Knochen-Gelenkverformungen
- (Sub)luxationen und Arthrosen
- Schmerzen
- Immobilität

duellen Fall analysiert werden, um die richtige Indikation zu konservativen oder operativen Behandlungsverfahren stellen zu können.

Funktion und Form eines Organes bilden eine Einheit

Die Form des Fußes entwickelt sich gemäß seiner physiologischen Funktion unter Einwirkung der Schwerkraft auf der Grundlage eines genetischen



Abbildung 2

Bauplanes. Eine Formveränderung beginnt mit dem Auftreten von Fehlfunktionen. Bei Arthrogrypose entsteht ein kongenital neuromuskulärer progredienter Klumpfuß, bei peronäaler Muskelatrophie eine sekundäre laterale Fußheberschwäche mit progredientem Klumpfuß.

Umgekehrt bewirkt jede Fehlförmigkeit eine Funktionsstörung. Die Fußheberschwäche und der strukturell veränderte Klumpfuß verursachen eine Veränderung des Abrollvorganges und damit eine zusätzliche sekundäre Gangstörung.

Muskelschwäche, schlaffe Paresen oder Spastik führen zu einem Circulus vitiosus der Pathogenese von Fußdeformitäten (Abb. 1). Die Bewegungseinschränkung führt im Alltag unbehandelte Patienten zu einer mangelnden Muskeldehnung. Es entstehen dynamische Muskelverkürzungen, die zunächst im Rahmen einer Bewegungstherapie noch aufdehnbar sind. Wenn diese nicht in ausreichendem Umfang erfolgen, kommt es zu strukturellen Veränderungen der Muskulatur: eine anatomische Verkürzung der betroffenen Muskelgruppe und Elongation der Antagonisten. Gleichzeitig entstehen Kontrakturen der kapsulär-ligamentären Strukturen der Gelenke und eine Abnahme des Bewegungsumfanges und intraartikulären Druckes führt allmählich zu Veränderungen des Gelenkknorpels, Verformungen der Gelenkflächen und sichtbaren Achsenfehlstellungen.

Folge der artikulären und ossären Veränderungen sind (Sub)luxationen und Arthrosen, Schmerzen und Verlust der Geh- oder Transferstehfähigkeit führen zu Immobilität (Abb.2)

Behandlungsprinzip ist in jedem Stadium das Durchbrechen dieses Circulus vitiosus mit dem Ziel einer langfristigen Verbesserung der Lebensqualität des Patienten, aber auch seiner betreuenden Personen.

Eine neuromotorische Fußfehlstellung kann daher in verschiedenen Stadien angetroffen werden:

- ▶ als leichte oder belastungsabhängige Fehlhaltung bei muskulärem Ungleichgewicht

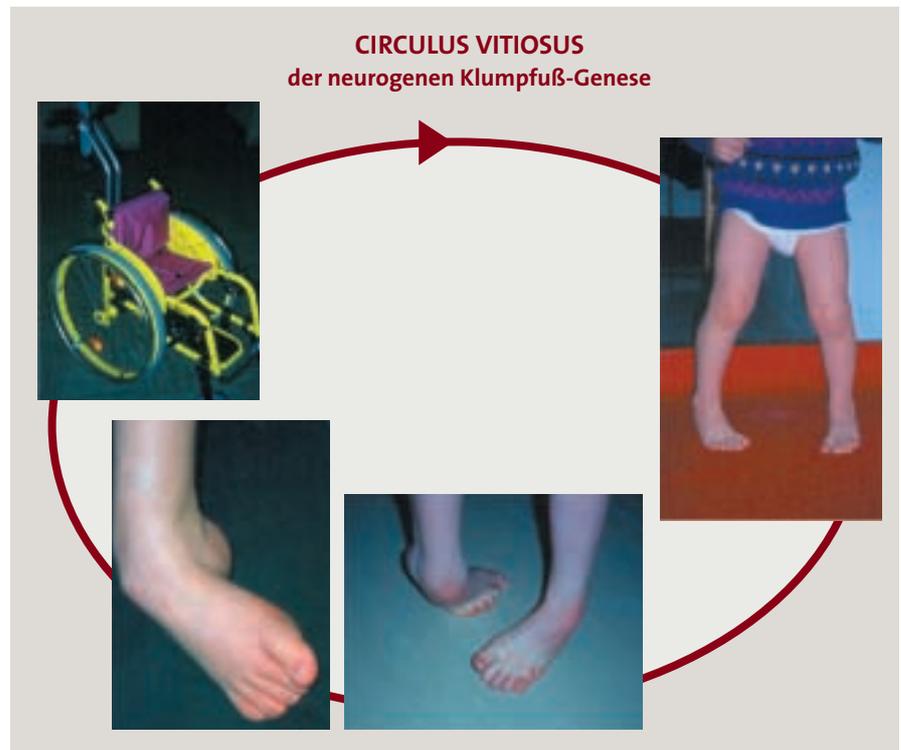


Abbildung 3



Abbildung 4

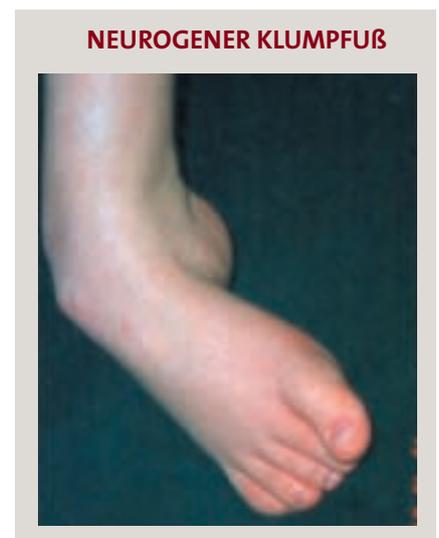


Abbildung 5



Abbildung 6

- ▶ als reine temporär durch Spastik bedingte schwerere Fehlhaltung
- ▶ als dauernde Fehlhaltung durch dynamisch verkürzte Muskulatur
- ▶ als Fehlf orm aufgrund einer anatomischen Verkürzung von Muskelgruppen und ligamentär-kapsulärer Strukturen
- ▶ als arthrogen-ossär fixierte Fehlf orm mit multiplen (Sub)Luxationen kleiner Fußgelenke
- ▶ Die Unterscheidung dieser Stadien ist für die Behandlung von entscheidender Bedeutung.

Typische Fußfehlstellungen

Je nach Phänotypus werden einige typische Fußfehlstellungen unterschieden, die nicht selten kombiniert und mit fließenden Übergängen zum nicht exakt definierten „Normalfuß“ vorkommen:

Der neuromotorisch bedingte Spitzfuß äußert sich durch ein Gangbild mit Zehenballengang und Vorfußlandung. Ursache ist eine primäre (z. B. idiopathisch, distale Spastik bei früher Hemiparese) oder sekundäre (z.B. bei Fußheberschwäche) Verkürzung des Triceps surae oder ein kompensatorischer Zehengang (z.B. Vorverlagerung des Körperschwerpunktes bei Rumpf-Muskelschwäche oder Hüft- und Kniebeuger-Spastik).

Der neurogene Knickplattfuß äußert sich durch eine Vorfußabduktions-, Pronations- und Rückfußvalgus-Fehlstellung mit Außenrotationsgangbild und Abrollen über das 1. Metatarsalköpfchen. Er entsteht durch eine Überaktivität des Triceps surae und der Fußpronatoren (z.B. Peronäus- und Extensorenspastik bei Di- und Tetraparese) oder Schwäche der Fußsupinatoren (z.B. Tibialis posterior-Schwäche). (Abb.4)

Der neurogene Klumpfuß äußert sich durch eine Vorfußadduktions-, Supinations- und Rückfußvarus-Fehlstellung mit Innenrotationsgangbild und Abrollen über das 5. Metatarsalköpfchen. Er entsteht durch eine Überaktivität des Triceps surae und der Fußsupinatoren und langen Zehenbeuger (z.B. Tibialis posterior-Verkürzung bei Hemiparese) oder Schwäche der Peroneusgruppe (z.B. peronäale Muskelatrophie).(Abb.5)

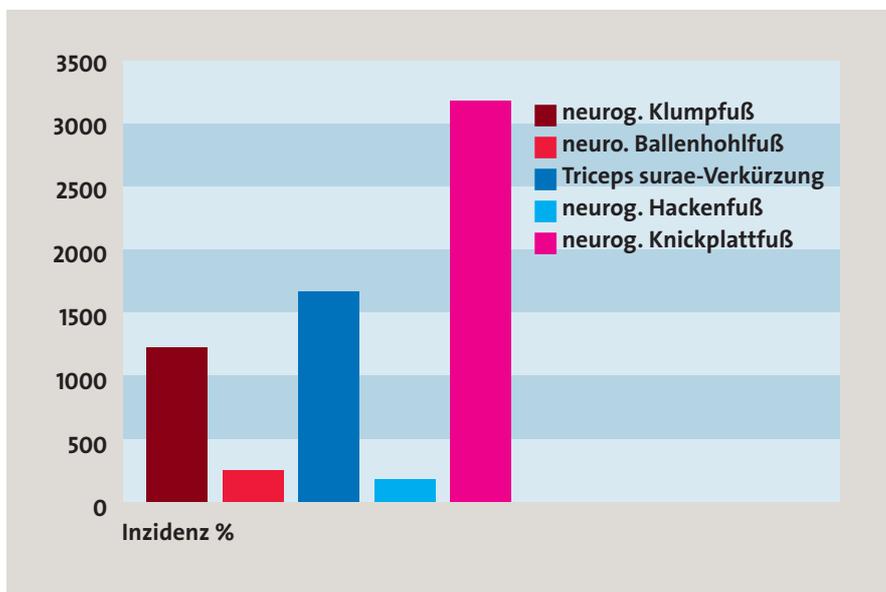


Abbildung 7: Schuhe & Fußorthesen
Neuroorthopädie Wien-Speising & MOTIO, 1997-2002, n = 6850

Der neurogene Ballenhohlfuß äußert sich in einer Akzentuierung des Fußlängsgewölbes mit Krallenzehenbildung. Er entsteht häufig bei Schwäche der intrinsischen Fußmuskulatur (z.B. hereditäre motorisch-sensible Neuropathie).

Der neurogene Hackenfuß äußert sich in einer ausschließlichen Belastung des Fersenbeins ohne Abrollen des Vorfußes. Er entsteht durch eine Schwäche oder Insuffizienz des Triceps surae (z.B. bei S1-Läsion bei Myelomeningocele).

▶ Diagnostische Strategie

Die Anamnese, die Kenntnis der Grunderkrankung und einer möglichen Progredienz, der neuroorthopädische Untersuchungsgang und die gezielte Anwendung bildgebender Verfahren, bilden die Voraussetzung für eine exakte Diagnostik. Bildgebung im statischen Bereich bieten Nativröntgen, Pedometrie, MR-Tomographie, im funktionellen Bereich: Slow-motion-Video, Pedobarographie, computergestützte klinische Ganganalyse. Wesentlich ist, dass vor jeder geplanten orthetischen, medikamentösen oder operativen Therapie die funktionelle Bedeutung vorhandener Deformitäten, struktureller wie funktioneller Art, analysiert wird und

mögliche Kompensationsmechanismen aufgedeckt werden.

Jede klinische neuroorthopädische Untersuchung des Fußes umfasst die Untersuchung des gesamten motori-



Abbildung 8



Abbildung 9

schen Bewegungssystems. Ziele der Untersuchung sind besonders die Bestimmung

- ▶ der Muskelkraft und selektiven Steuerung der Unterschenkel- und Fußmuskulatur
 - ▶ der Quantität und Qualität des Muskeltonus
 - ▶ des Grades der Muskelkontrakturen und Deformitäten der Gelenke
 - ▶ von ossären Achsenfehlern und Deformitäten des Fußskeletts
 - ▶ von Körpergleichgewicht und Haltung
- Im Rahmen der klinischen Untersuchung ist aber auch die exakte Diagnostik assoziierter Funktionsstörungen wichtig:
- ▶ ataktische Gangstörung
 - ▶ visuelle oder vestibuläre sensorische Störung
 - ▶ Oberflächensensibilitätsstörung
 - ▶ Tiefensensibilitätsstörung
 - ▶ psychogene Störung
- Voraussetzungen für eine suffiziente Untersuchung sind eine
- ▶ ausreichend lange Geh- und Laufstrecke
 - ▶ Matte und/oder große höhenverstellbare Liege

- ▶ Ruhe, da Lärm zu einer Veränderung eines pathologischen Muskeltonus führt

Wiederholung von Untersuchungen zur Berücksichtigung der „Tagesverfassung“ des Untersuchten, vor allem bei Entscheidungen zu invasiven Behandlungen

Die neuroorthopädische Betreuung von Patienten mit neuromotorischen Störungen des Bewegungssystems erfolgt im Wachstumsalter und bei progredienten Grunderkrankungen in regelmäßigen Abständen von etwa 6 bis 12 Monaten.

In der Spezialsprechstunde ist das Behandlungsteam, das sich aus Betreuungspersonen, Angehörigen oder Eltern, Ärzten für Orthopädie und Neurologie/Neuropädiatrie, Therapeuten, Orthopädie- und Reha-Technikern und Orthopädienschuhtechnikern, eventuell auch Lehrern und Sozialarbeitern zusammensetzt, möglichst vollständig anwesend.

Bei der Erstvorstellung wird nach eingehender Untersuchung ein kurzfristiger und ein langfristiger Behand-

lungsplan erstellt. So sind zum Beispiel Schmerzfreiheit und Gewichtsübernahme bei schwerer Klumpfußfehlstellung durch aufwendige bettende orthopädische Schuhe rasch erreichbar, die Versorgung mit einfachen Schuhen als Voraussetzung für eine dauerhafte schmerz- und druckstellenfreie Sitz- und Transfersteh-/gehfähigkeit erst nach einem wohl vorbereiteten operativen Eingriff.

Im Rahmen jeder Kontrolluntersuchung wird die Effizienz laufender Behandlungen, besonders von Schuhen und Orthesen für den Alltag überprüft und das aktualisierte Behandlungsziel definiert.

▶ Therapieprinzipien bei neuromotorischen Fußfehlstellungen

Prinzip der neuroorthopädischen Therapie ist die richtige Auswahl aus einem breiten verfügbaren Behandlungsspektrum anhand einer systematischen stufenförmigen Indikation:

- ▶ Förderung der Beweglichkeit und Belastung des Fußes im Alltag
- ▶ unterstützende spezifische Schuh- und Orthesenversorgungen für die Alltagsaktivität (Abb. 6, 7)
- ▶ unterstützende Lagerorthesen zur Wachstumslenkung der Fußmuskulatur (Abb. 8)
- ▶ unterstützende physio-, manualtherapeutische und physikalische Maßnahmen
- ▶ unterstützende medikamentöse Therapieverfahren (z.B. Botulinumtoxin-Injektionen zur temporären Schwächung überaktiver/spastischer Muskelgruppen)
- ▶ unterstützende chirurgische Therapieverfahren (z.B. Sehnentransfers bei persistierenden Muskelimbilanzen und Weichteil- oder knöcherne Korrekturen bei strukturellen Fehlförmigkeiten).

Sind beispielsweise progrediente neurogene Fußfehlstellungen trotz frühzeitiger Schuh- und Orthesenversorgung oder trotz reflexhemmender Gips-Therapien, eventuell in Kombination mit Botulinumtoxin-Injektionen nicht ausreichend behandelbar, so kann eine rechtzeitige muskelba-

SPASTISCHE DIPARESE LITTLE
funktionsverbessernde Mehretagen-OP



Abbildung 10

lancierende Fußoperation mit Sehnentransfers zur dauerhaften Funktionsverbesserung indiziert sein. Bei der häufig vorliegenden Spastik der gesamten Muskelkette der unteren Extremitäten kann eine dosierte intramuskuläre Verlängerung oder Verlagerung der entsprechenden Muskelgruppen eine gute funktionelle Ausgangsbasis für die weitere Entwicklung einer sekundär kompensatorisch entstandenen Form- und Funktionsstörung des Fußes schaffen.

Die richtige systematische Kombination der zur Verfügung stehenden chirurgischen und konservativen Behandlungsmöglichkeiten bei neurogenen Fußfehlstellungen ist für die Verbesserung der Lebensqualität von entscheidender Bedeutung.

Behandlung des Spitzfußes

Wichtig ist die Differenzierung eines strukturellen und funktionellen, eines primären, sekundären und kompensatorischen Spitzfußes.

Der Triceps surae ist einer der wichtigsten Muskeln für den aufrechten Gang des Menschen. Der funktionelle Spitzfuß mit Zehenballengang,

der beim Stehen durch plantigrade Belastung des Fußes verschwindet, bedarf selten einer Behandlung. Oft liegt ein Kompensationsmechanismus zu Muskelschwächen oder eine „habituelle“ Bewegungsplanungsstörung vor.

Bei Vorliegen eines permanenten Zehenballenganges und -standes hilft die 3D-Ganganalyse eine funktionell nützliche Tonuserhöhung von einer funktionell störenden Tonuserhöhung zu unterscheiden. (Abb.9)

Bei störender Tonuserhöhung und progredienter struktureller Verkürzung der Wadenmuskulatur besteht die Behandlung je nach Stadium in einer konservativen Tonusminderung mittels Bewegungstherapie, Schuhversorgung mit Schafterhöhung und -versteifung, Funktions- oder Lagerungsorthesenversorgung, adjuvantem Therapiegipsen oder Botulinumtoxin-Injektionen oder einer operativen Verlängerung des verkürzten Triceps surae.

Bei einem kompensatorischen Zehenballengang infolge einer Gesamtmuskelkettenspastik der Beine kann nach einer dynamischen Analyse der Muskulatur eine funktionsverbes-

VERMEIDEN VON SEKUNDÄREN FUßDEFORMITÄTEN



durch Sitzversorgungen mit orthogramer Fußpositionierung!

Abbildung 11

sernde Mehretagen-Operation im Bereich der Hüft- und Kniegelenke eine plantigrade Belastung des Fußes während der Standphase ermöglichen (Abb.10). Bei zusätzlich vorliegender Verkürzung des Triceps surae kann im Rahmen der funktionsverbessernden Mehretagen-OP eine zusätzliche Triceps surae-Verlängerung (intramuskuläre Verlängerung nach Baumann, aponeurotische Verlängerung nach Strayer, offene Achillessehnenverlängerung) durchgeführt werden.

Behandlung des Knickplattfußes

Sehr häufig liegt einem neurogenen Knickplattfuß ein versteckter Spitzfuß zugrunde.

Wenn ein versteckter Spitzfuß zu einem Verkippen des belasteten Fußes in eine Pronationsstellung führt, ist das therapeutische Vorgehen in erster Linie wie beim neurogenen Spitzfuß zu wählen. Zusätzlich ist eine Stabilisierung des Rückfußes erforderlich.

Die Schuhversorgung erfolgt durch eine Schuhrichtung mit eingebauter Einlage mit Supinationsleiste, medialer Schaftversteifung und medialer Sohlenverbreiterung.

Im Kindes- und Jugendalter können leicht überkorrigierende Lagerungsorthesen durch Verbesserung von Muskelimbancen zur Wachstumslenkung des Fußes beitragen.

Bei Patienten, die auf das Sitzen in einem Rollstuhl angewiesen sind, müssen häufig entstehende sekundäre Knickplattfußdeformitäten durch eine

TRICEPS SURAE VERLÄNGERUNG



Tib. post.-Funktion 4 Mon. p.o.

Abbildung 13

orthograde Fußpositionierung (z.B. mittels Fersenführungen) vermieden werden. (Abb. 11)

Ausgeprägte muskuläre Imbalancen können operativ durch eine Triceps surae Verlängerung kombiniert mit einem lateralen Release und einem Peroneus brevis-Sehnentransfer auf den gerafften Tibialis posterior behandelt werden. (Abb. 12)

Bei schweren Knickplattfuß-Fehlstellungen kann ein Peroneus-Transfer auf den medialen Fußrand mit Extensorenverlängerung und eventuell eine ossäre Calcaneusverlängerung in Kombination mit Triceps surae-verlängernden Maßnahmen notwendig werden. Ab der Pubertät sind oft zusätzliche knöcherne Korrekturingriffe am Fußskelett mit Keilosteotomien und Calcaneocuboid- und Talonavicular-Arthrodesen zur Stabilisierung des

Rückfußes indiziert. Ein zusätzlich vorliegender neurogener Hallux valgus kann dauerhaft nur mittels Großzehengrundgelenks-Verkürzungsarthrodesen versorgt werden.

Die Planung der postoperativen Therapie und Behelfversorgung muss bereits präoperativ erfolgen. Die Mobilisierung der Patienten nach neurogenen Fußoperationen erfolgt so früh wie möglich ab dem 2. postoperativen Tag, bei Weichteil-Operationen während der 3- bis 6-wöchigen, bei knöchernen Korrektur-Operationen des Fußes während der 8-wöchigen Ruhigstellung im Kunststoff-Modellergips-Hybridverband mit Spezialpolsterung. Die Rehabilitation mit Schwerpunkt Gangschulung wird anschließend mit neuen orthopädischen Schuhen und Lagerungsorthesen fortgesetzt.

Behandlung des Klumpfußes

Zur Verminderung der Gefahr von Supinationstraumen erfolgt die Schuhversorgung eines neurogenen Klumpfußes durch eine Schuhzurichtung mit eingebauter Einlage mit Cuboidstütze, Pronationsleiste, lateraler Schaftversteifung und lateraler Sohlenverbreiterung.

Eine überkorrigierende Lagerungsorthese mit Cuboidstütze und, wenn die Fußfehlhaltung flexibel ist, in leichter Pronationsstellung dient der Wachstumslenkung bei bestehenden Muskelimbalancen.

Wenn ein versteckter Spitzfuß zu einem Verkippen des belasteten Fußes in eine Supinationsstellung führt, ist das therapeutische Vorgehen wie beim neurogenen Spitzfuß zu wählen und eine zusätzliche Stabilisierung des Rückfußes zu ergänzen.

Liegt lediglich ein Equinovarus während der Schwungphase ohne strukturelle Veränderungen des Fußes vor, kann entweder eine sonographisch gezielte Botulinumtoxininjektion in den Tibialis posterior in Verbindung mit Orthesen helfen oder ein Tibialis anterior und posterior-Transfer eine dauerhafte Verbesserung des Muskelgleichgewichtes durch die Wirkung einer funktionellen Arthrodesen ermöglichen.

Bei Klumpfuß-Fehlstellungen wird meist ein Tibialis posterior-Splittransfer mit Tibialis anterior-Transfer (Abb. 13, 14), medialem und plantarem Release sowie Verlängerung der Zehenbeuger in Kombination mit Triceps surae-verlängernden Maßnahmen notwendig sein. Ab der Pubertät sind

TIBIALIS POST. SPLIT-TRANSFER



Abbildung 13

TIBIALIS ANT.-TRANSFER



Abbildung 15

Plantares Release + dorsal-wedge-Osteotomie mit Chopart-Arthrodese



Abbildung 17

oft ein zusätzlicher knöcherner Korrektureingriff am Fußskelett mit einer Keilosteotomie aus der dorsolateralen Fußwurzel mit Chopart-Arthrodese indiziert.

Als motorische Fußheber-Ersatzoperation hat sich ein Tibialis posterior-Totaltransfer durch die Membrana interossea auf das Dorsum pedis bewährt.

Behandlung des Ballenhohlfußes

Konservative Verfahren sind nur bei langsamer Progredienz und geringer Funktionsstörung hilfreich. Eine spezielle Fußbettung mit Absatzverbreiterung kann indiziert sein.

Operativ ist eine Balancierung des Muskelgleichgewichtes anzustreben. Bei struktureller Fehlstellung ist ein plantares Release mit dorsaler Keilosteotomie und Chopart-Arthrodese, eventuell auch ein Tibialis posterior-Transfer als motorische Ersatzoperation erforderlich. (Abb. 15)

Behandlung des Hackenfußes

Eine orthopädische Maßschuhversorgung mit Zungenversteifung und Ab-

rollhilfe verbessert das Gangbild in leichteren Fällen ebenso wie bei schwereren Insuffizienzen eine motorische Ersatzoperation mittels Extensoren-Verlängerungen und einem Tibialis anterior- und Peroneus-Transfer zur Augmentation des Triceps surae.

Literatur beim Verfasser



**FAZIT
FÜR DIE PRAXIS**

Die Häufigkeit neuromotorischer Störungen als Ursache von Fußfehlstellungen im Kindes- wie im Erwachsenenalter wird häufig unterschätzt. Nicht selten führen progrediente Fußdeformitäten zu einer deutlichen Einschränkung der Mobilität.

Das Erkennen zugrundeliegender neurogener Störungen und das Verstehen des pathophysiologischen Mechanismus sind für die Therapieplanung und Prognose neurogener Fußfehlstellungen entscheidend. Die Pathogenese des neurogenen Spitzfußes, Knickplattfußes, Klumpfußes, Hohlfußes oder Hackenfußes sowie ihrer assoziierten Störungen sollte im individuellen Fall analysiert werden, um die richtige Indikation zu einer konservativen oder operativen Therapie stellen zu können.

Die Diagnose der Grunderkrankung, die exakte neuroorthopädische Untersuchung und die gezielte Anwendung bildgebender Verfahren bilden die Voraussetzung für eine ausreichende Diagnostik.

Prinzip der neuroorthopädischen Therapie ist die richtige Auswahl aus dem breiten Behandlungsspektrum anhand einer systematischen Indikation für spezifische Schuh- und Orthesenversorgungen für die Alltagsaktivität, unterstützende physio-, manualtherapeutische und physikalische Maßnahmen und medikamentöse und chirurgische Therapieverfahren.

Immer steht die Verbesserung der muskulären Balance der stabilisierenden und bewegenden Kräfte am Fuß im Mittelpunkt therapeutischer Überlegungen.

Die richtige systematische Kombination der zur Verfügung stehenden chirurgischen und konservativen Behandlungsmöglichkeiten bei neuromotorischen Fußfehlstellungen ist für die Verbesserung der Lebensqualität von entscheidender Bedeutung. Ziel der Behandlung ist immer die Verbesserung der Selbständigkeit und Mobilität durch Schmerzfreiheit und Schuhfähigkeit bis ins hohe Erwachsenenalter.

Entscheidungen zu einzelnen Behandlungsverfahren können jedoch immer nur individuell getroffen werden. Der Pionier der Neuroorthopädie Konrad Biesalski (1868-1930) vermerkte dazu treffend: „Nicht ein einzelner Fuß soll behandelt werden, sondern ein ganzer Mensch!“