

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
(Direktor: Professor Dr. Andreas Seekamp)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Retrospektive Analyse der klinischen Ergebnisse nach intramuskulärer Wadenmuskulaturverlängerung bei Patienten mit Spitzfuß

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
Louisa Kosegarten
aus Eutin

Kiel (2022)

1. Berichterstatter: Professor Dr. Sebastian Lippross, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie

2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Tim Klüter, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie

Tag der mündlichen Prüfung: 21.06.2023

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 09.05.2023

gez.: Prof. Dr. Franziska Theilig

(Vorsitzender der Prüfungskommission)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Einleitung	1
Einleitung: Der Spitzfuß	1
Ursachen des Vorfußlaufens	2
Die infantile Zerebralparese	2
Der idiopathische Spitzfuß	2
Anatomische Grundlagen und Gang	3
Diagnostik	6
Konservative Behandlungen des Spitzfußes	8
Operative Behandlungen des Spitzfußes	10
Achillessehnenverlängerungen	10
Intramuskuläre Verlängerungen	11
OP nach Vulpius, Strayer und Baumann	
Studienablauf	14
Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit	14
Patientenkollektiv	14
Material und Methoden	15
Wadenmuskulaturverlängerung am UKSH	15
Statistische Methoden	19
Ergebnisse	20
Epidemiologie	20
Sprunggelenksmobilität-Dorsalextension	20
Unterschiedliche Patientenfaktoren (u.a. Orthesen und Physiotherapie)	22
Muskeltonus und Muskelkraft	25
Gangbild	26
Komplikationen	27
Patientenzufriedenheit	29
Diskussion	30
Zusammenfassung	41
Literaturverzeichnis	42
Abbildungsverzeichnis	48
Anhang	50
Danksagung	50
Erklärung und Veröffentlichung	51
Akademischer Lebenslauf	52

Einleitung

Der Spitzfuß

Der Spitzfuß (Pes equinus) ist eine häufige Fußdeformität und entsteht durch eine verminderte Dorsalextensionsfähigkeit im oberen Sprunggelenk auf weniger als die Neutralstellung [1]. Das Aufsetzen der Ferse und folglich ein normales Abrollen des Fußes ist nicht mehr gewährleistet [2]. Die Last des Körpergewichtes liegt nun vor allem auf dem Vorfuß, dies schafft eine kleine Belastungsfläche und führt damit zu einem instabilen Stand und Gang (Abb. 1) [2][3]. Der Spitzfuß kann entweder isoliert oder als Teilkomponente anderer Fußdeformitäten (v.a. Klumpfuß) auftreten [1].

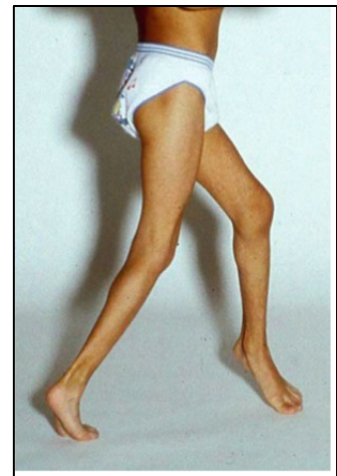


Abb. 1 – Der spastische Spitzfußgang [4]

Er kann je nach Ursache klassifiziert werden. Der einfache, klassische Spitzfuß (Rückfußspitzfuß) kann strukturell durch eine anatomische Verkürzung der Wadenmuskulatur bedingt sein, die aktive und passive Dorsalextension ist hier nicht mehr möglich. Weiterhin kann der Rückfußspitzfuß auch als funktioneller bzw. dynamischer oder tonischer Spitzfuß auftreten, welcher sich aus einer spastischen Daueraktivität der Wadenmuskulatur mit anhaltender Plantarflexion ergibt. Dieser ist meist neurologisch bzw. neuromuskulär bedingt und kann zum Beispiel bei einer Schädigung des Gehirns während der Entwicklung oder Geburt (z.B. bei der infantilen Zerebralparese), bei der Muskeldystrophie oder bei idiopathischer Ursache auftreten. Hier ist eine passive Dorsalextension möglich (redressierbar), da der Muskel noch nicht strukturell verkürzt ist. Aus einem primär dynamischen Spitzfuß kann sich jedoch nicht selten mit der Zeit, durch fehlende Muskeldehnung und Muskelwachstum, ein struktureller Spitzfuß entwickeln. [3][5][6]



Abb. 2 –
Scheinbarer
Spitzfuß [5]

Abb. 3 -
Vorfußspitzfuß [5]

Von dem Rückfußspitzfuß ist außerdem der Vorfußspitzfuß und der scheinbare Spitzfuß zu unterscheiden. Während der seltenere Vorfußspitzfuß durch Fehlbildungen des Vorfußes selbst oder durch eine Verkürzung der Plantaraponeurose entsteht, liegt die Ursache des scheinbaren Spitzfußes bei der primären Hüft- und Kniebeugekontraktur (Abb. 2&3). Dadurch hat nur der Vorfuß Bodenkontakt, trotz normaler Funktion des oberen Sprunggelenkes und intakter Wadenmuskulatur. [5][1]

Ursachen des Vorfußlaufens

Bei der Entstehung des Spitzfußes spielen neurologische Störungen die größte Rolle, welche zu einer Spastik oder Muskelkontraktur führen [1][37]. Dazu gehören Grunderkrankungen wie die infantile Zerebralparese, Spina bifida, aber auch die Entwicklung nach Trauma oder Schlaganfällen, die eine Hemiplegie zur Folge haben [2]. Darüber hinaus finden sich beim Spitzfuß auch neuromuskuläre Ursachen (Muskeldystrophie), anatomische Veranlagungen wie bei der kongenitalen Achillessehnenverkürzung, psychiatrische Gründe wie Autismus oder der Schizophrenie oder die familiär bedingte Myopathie mit Typ 1 Muskelfaserdominanz [2]. Während die Ursachen des Spitzfußes bei Kindern häufig die Zerebralparese, der Klumpfuß oder unbekannter Genese sind, ist der Spitzfuß des Erwachsenen meist sekundär bedingt, wie zum Beispiel bei Immobilisation nach Trauma [24]. Bei Patienten mit Hemiplegie nach Schlaganfall stellt der Spitzfuß die häufigste Deformität der unteren Extremitäten dar [46].

Die infantile Zerebralparese

Die infantile Zerebralparese (ICP) ist eine Schädigung des unreifen Gehirns, welche sich in einer gestörten motorischen Entwicklung äußert und bei ca. 2 von 1000 Lebendgeburten auftritt [7][8]. Dabei hängt das klinische Erscheinungsbild vom Ausmaß und der Lokalisation der Schädigung im Gehirn ab [5]. Die betroffenen Kinder haben durch spastische Lähmungen einen erhöhten Muskeltonus, dies führt zum Beispiel im M. trizeps surae zu einem stärkeren Muskelzug über die Achillessehne auf die Ferse mit folgender Bildung eines Spitzfußes [5][9]. Der Pes equinus stellt die häufigste Fehlstellung bei Kindern mit ICP dar [5]. Die Entwicklung der spastischen Gangstörung verläuft kontinuierlich über Jahre, dabei ist der Fuß vor allem bei ICP Patienten zusätzlich den proximal gelegenen Gelenkfehlstellungen (Hüft- und Kniebeugekontraktur) ausgeliefert, die Gelenke werden destabilisiert, es bilden sich sekundäre Skelettfehlstellungen [9]. Bei dem spastischen Spitzfuß handelt es sich entweder um einen dynamischen oder einen aus dem dynamisch entwickelten strukturellen Spitzfuß, die Ursache liegt aber immer im erhöhten Tonus der Wadenmuskulatur [5]. Die ICP kann je nach Lokalisation der Spastik klassifiziert werden. Eine einseitige Lähmung (arm- bzw. beinbetont) bezeichnet man als Hemiparese, eine beidseitige Lähmung (Beine stärker betroffen als die Arme) als Diparese und eine Lähmung aller Extremitäten wird als Tetraparese bezeichnet [10]. Typisch für die ICP ist dabei der einseitige Spitzfußgang bei bekannter Hemiparese [11].

Der idiopathische Spitzfuß

Ein Spitzfuß wird als idiopathisch bezeichnet, wenn keine klare Ursache dafür zu finden ist und gilt somit als Ausschlussdiagnose [2]. 5% aller gesunden Kinder laufen auf dem Vorfuß, dabei sind Jungen häufiger betroffen als Mädchen [12]. Während der kindlichen Entwicklung

Einleitung

kann ein vorübergehender Spitzfuß normal sein, erst bei persistierendem Vorfußlaufen (über 2 Jahre) muss an eine Entwicklungsstörung und demnach an eine Behandlung gedacht werden [2][13]. Auch der idiopathische Spitzfuß wird mit neurologischen Problemen assoziiert, sodass auch hier ein dynamischer oder struktureller Spitzfuß entsteht [13].

Anatomische Grundlagen

Die Wadenmuskulatur wird hauptsächlich vom M. Trizeps surae gebildet, welcher aus dem Gastrocnemius- und Soleusmuskel und der Achillessehne besteht (Muskel-Sehnen-Komplex, Abb. 4). Der Gastrocnemius hat zwei Bäuche, deren Ursprünge am medialen und lateralen Kondylus des

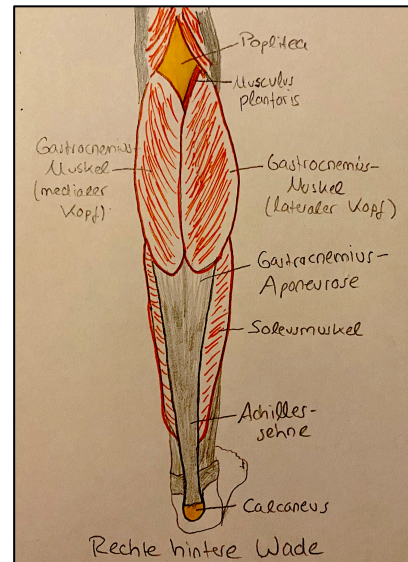


Abb. 4 – Anatomie der Wade des rechten Beines [15]

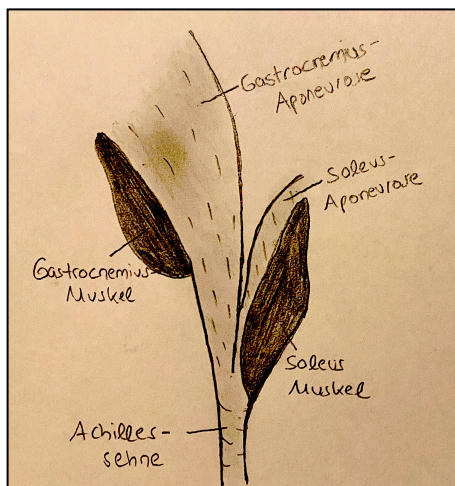


Abb. 5 – Aponeurose des Gastrocnemius und Soleus fusionieren in die Achillessehne [16]

Femurs liegen, der Soleus

entspringt stattdessen an der hinteren Fläche der Tibia und Fibula. Gastrocnemius und Soleus fusionieren distal und bilden somit gemeinsam die Achillessehne, welche am Calcaneus ansetzt. Dabei liegt der M. Gastrocnemius oberflächlich, dorsal des tiefer gelegenen M. Soleus. Der Musculus plantaris longus trägt ebenfalls zur Plantarflexion des Fußes bei und erstreckt sich vom posterolateralen Femurkondylus bis zum Tuber calcanei und verläuft medial zwischen M. Gastrocnemius und M. Soleus. Die Funktion des Trizeps surae ist primär die Plantarflexion des Fußes.

[2][15][16][8][48]

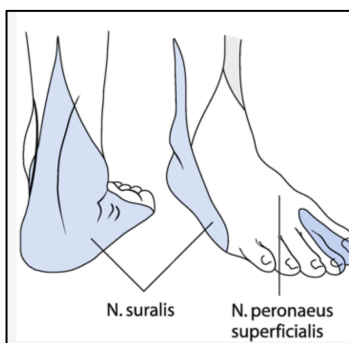


Abb. 7 – Sensibles Innervationsgebiet des N. suralis [44]

Der M. Gastrocnemius und der M. Soleus besitzen jeweils eine Aponeurose und fusioniert bilden sie eine gemeinsame Aponeurose, welche in die Achillessehne übergeht (Abb. 5) [16].

Die Wade kann in 3 Zonen eingeteilt werden (Abb.6). Zone 1 erstreckt sich vom Ursprung des M. Gastrocnemius bis zum distalen Ende des medialen Muskelbauchs. Von dort

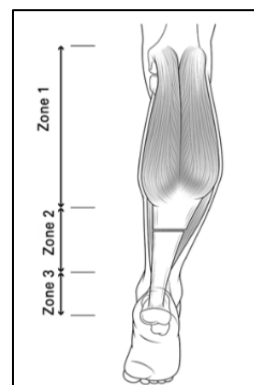


Abb. 6 – Die 3 Zonen des Gastrocnemius-Soleus-Komplexes [14]

Einleitung

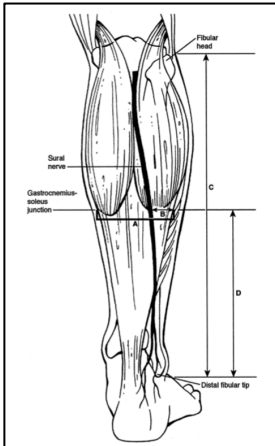


Abb. 8 – Verlauf des N. suralis (schwarz) [43]

aus zieht die Zone 2 bis zum distalen Ende des M. Soleus, in dieser Zone wird die gemeinsame Aponeurose (Gastrosoleus-Aponeurose) gebildet. Die 3. Zone besteht nur noch aus der Achillessehne. Eine weitere Einteilung der Wade sind anatomische Levels, welche für die operative Behandlung von Bedeutung sind. Diese anatomische Einteilung wird auf Seite 12 (Abb. 15) ausführlicher dargestellt. [14]

Der N. suralis ist ein sensibler Nerv und innerviert den Bereich der Ferse und die laterale Fußaußenkante (Abb.7). Er erstreckt sich über die komplette Wadenmuskulatur und zieht subkutan parallel zur V. saphena parva bis zur 5. Zehe (Abb.8) [44]. Er liegt bei verschiedenen Operationstechniken im Zugangsgebiet, sodass

eine genaue Kenntnis seiner Lokalisation während der gesamten Operation bestehen muss [43].

Der physiologische Gang

Der normale Gangzyklus wird eingeteilt in Stand- und Schwungphase (Abb.9) [18]. Die Standphase beginnt mit dem primären

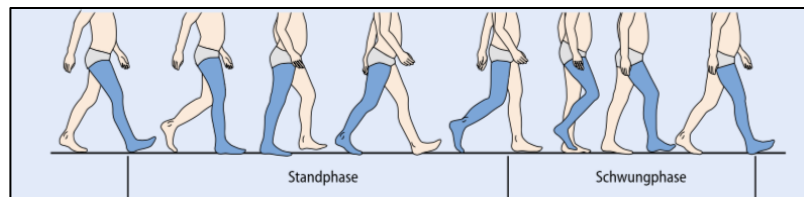


Abb. 9 – Die Unterteilung des normalen Gangablaufes in Stand- und Schwungphase [18]

Fersenkontakt, der Vorfuß und Mittelfuß wird aufgesetzt und durch Kontraktion des M. tibialis anterior kommt es zur Dorsalextension im oberen Sprunggelenk und der Körper neigt sich nach vorne (Abrollen) [5]. Dann folgt eine Abstoßungsphase, in der der Gastrocnemius-Soleus-Komplex kontrahiert und den Fuß aktiv plantarflexiert [5]. In der Schwungphase wird nun das Knie gebeugt, der Fuß hebt sich und befindet sich in aktiver Dorsalextension [5]. Der sich ständig wiederholende physiologische Ablauf ist somit abhängig von einer intakten Waden- und Schienbeinmuskulatur, einem stabilen Fußskelett und einem beweglichen oberen Sprunggelenk [18].

Der pathologische Gang mit Spitzfuß

„Der schlimmste Fuß der Welt ist der vollkompensierte Spitzfuß“ [36]. Der Spitzfußgang ist die häufigste und bekannteste spastische Gangveränderung, dabei wirkt sich eine Kontraktur auf alle Abschnitte der Stand- und Schwungphase aus [9][19].

Bei einem Spitzfuß erfolgt der erste Bodenkontakt über den Vorfuß, was zu einer verminderten Standstabilität führt. In der Abstoßungsphase erfolgt durch eine verminderte Muskelkraft eine

Einleitung

schlechtere Hebelwirkung. Während der folgenden Schwungphase hat der Patient eine verminderte Bodenfreiheit aufgrund der funktionellen Überlänge des Schwungbeins. Durch die dauerhafte Überdehnung des Antagonisten bzw. des Fußhebers, kann dieser mit der Zeit funktionell insuffizient werden und der daraus resultierende Fallfuß würde in diesem Fall die Schwungphase zusätzlich erschweren. Diese Einflüsse führen zu vermehrtem Stolpern und Hinfallen der Betroffenen. [3][5][14]

Bei dem Spitzfußgang, bei dem die Ferse nicht belastet werden kann, ist das normale Abrollen (Ferse-Ballen-Gang) nicht möglich. Dagegen zeigt sich bei einer Fußheberschwäche der sogenannte Steppergang, der für eine typische retrograde Abrollbewegung (Ballen-Fersen-Gang) verantwortlich ist. Der Vorfuß wird als Erstes aufgesetzt und es kommt sekundär zu einer Fersenbelastung. Der als Synonym verwendete „Storchengang“ entsteht durch die unnatürliche starke Hebung des Knies, um dabei den Fallfuß während der Schwungphase vom Boden zu heben. [11][20][47]



Abb. 10 – Der asymmetrische Spitzfußgang (Kauergang) [19]

Weitere spastische Deformitäten können beim Spitzfußgang drei Ebenen betreffen. Die Frontalebene ist betroffen bei bilateraler zusätzlicher Hüftadduktorenspastik, was zur Überkreuzung der Hüftgelenke führt und als Scherengang bezeichnet wird. Die Sagittalebene wird beeinflusst durch eine vermehrte kompensatorische

beidseitige Kniebeugstellung (Kauergang) infolge eines beidseitigen Spitzfußes (Abb. 10). Auf der Transversalebene entsteht die Kompensation des Spitzfußes durch eine Innen- oder Außenrotation des Beines, welche ebenfalls beim Kauergang vorkommt. [21][22][11]

Bei einem einseitigen Spitzfuß (z.B. bei Hemiparese bei ICP) entsteht bei den Betroffenen eine funktionelle Beinverlängerung, welche durch eine kontralaterale Spitzfußstellung, ein Rekurvieren des Kniegelenks der betroffenen Seite während der Standphase und/oder eine Hüft- und Knieflexion (Kauergang) kompensiert wird [5][19]. Bei einem beidseitigen Spitzfuß (z.B. bei Diparese oder idiopathisch) haben die Patienten durch eine kleinere Standbasis eine größere Instabilität und das Halten des Gleichgewichtes fällt ihnen noch schwerer [11][5].



Abb. 11 – Patient mit Controlwalker [33]

Einige der ICP Patienten haben durch höhergradige Hirnschädigung ein so ausgeprägt gestörtes Gangbild, dass das Gehen ohne Gehilfen (Rollator, Controlwalker) nicht mehr möglich ist, bzw. ein kompletter Gehverlust besteht (Abb.11) [33].

Einleitung

Insgesamt ergibt sich aus dem Vorfußlaufen eine Gangasymmetrie mit verkürzter Schrittlänge und erhöhter Schrittfrequenz [5]. Zusätzlich muss man bei den spastisch bedingten Vorfußläufern beachten, dass die allgemeine Motorik und Mechanik und die Kontrolle darüber stark beeinträchtigt ist, sowie die allgemeine Ermüdbarkeit erhöht ist und diese zu einem gestörten Gangbild beiträgt [19].

Diagnostik

Eine Fußdeformität sollte nie isoliert, sondern immer zusammen mit der ganzen Extremität und den Fähigkeiten des Patienten betrachtet werden [3].

Bei der Untersuchung des Spitzfußes muss der Fokus auf die unteren Extremitäten, die neurologischen Funktionen und auf den Gang gelegt werden. Die Untersuchung der unteren Extremitäten beinhaltet das Begutachten der Beckensymmetrie, der Beinlängen, der Muskelsymmetrie und der Beweglichkeit von Hüfte, Knie, oberes Sprunggelenk (OSG) und Füße. Hier wird besonders auf die Fußform und Fußbeweglichkeit geachtet, vor allem auf die Beweglichkeit des OSG. [2]

Das Bewegungsausmaß des oberen Sprunggelenkes wird in der Neutral-Null-Methode angegeben (passive Dorsalextension/passive Plantarflexion), dabei geht man bei der Neutralstellung (0°) von einer Fußausrichtung von 90° gegenüber dem Unterschenkel aus. Die uneingeschränkte Dorsalextension bei gestrecktem Kniegelenk liegt bei Kindern bei ungefähr 20° , die Plantarflexion bei ca. 40° , daraus ergibt sich eine physiologische Bewegung im OSG von 20-0-40 [2][20]. Bei Erwachsenen ist für einen normalen Gang eine Dorsalextension von mindestens 10° nötig, sportlich aktive Menschen benötigen jedoch eine Dorsalextension von 20-30°, die Plantarflexion liegt bei gestrecktem Kniegelenk bei bis zu ca. 50° [25][26].

Die Untersuchung des oberen Sprunggelenkes erfolgt mit einem Goniometer (Winkelmessgerät) [36]. Dabei muss für die Dorsalextension das untere Sprunggelenk in Inversion mit der Hand verriegelt werden, da ein evertierendes Aufklappen des unteren Sprunggelenkes eine schlechtere Dorsalextension ergeben kann [5][27]. Die Hand umfasst nun den Vorfuß und drückt ihn in Supination maximal nach dorsal und plantar bei gestrecktem und gebeugtem Knie [20][36]. Danach wird der Patient aufgefordert die Bewegungen selber aktiv durchzuführen [20].

Die passive Dorsalextension gibt Aufschluss über den Tonus des Gastrocnemius-Soleus-Komplexes, aus diesem Grund ist die passive Untersuchung von großer Bedeutung für die Diagnostik und Behandlung. Dagegen setzt die aktive Dorsalextension durch den M. tibialis anterior den Tonus der Wadenmuskulatur herab mit folglich besserer Extensionsfähigkeit.

Einleitung

Deshalb wird der Spitzfuß mittlerweile auch als eine eingeschränkte passive Dorsalextensionsfähigkeit auf weniger als 10° definiert. [40]

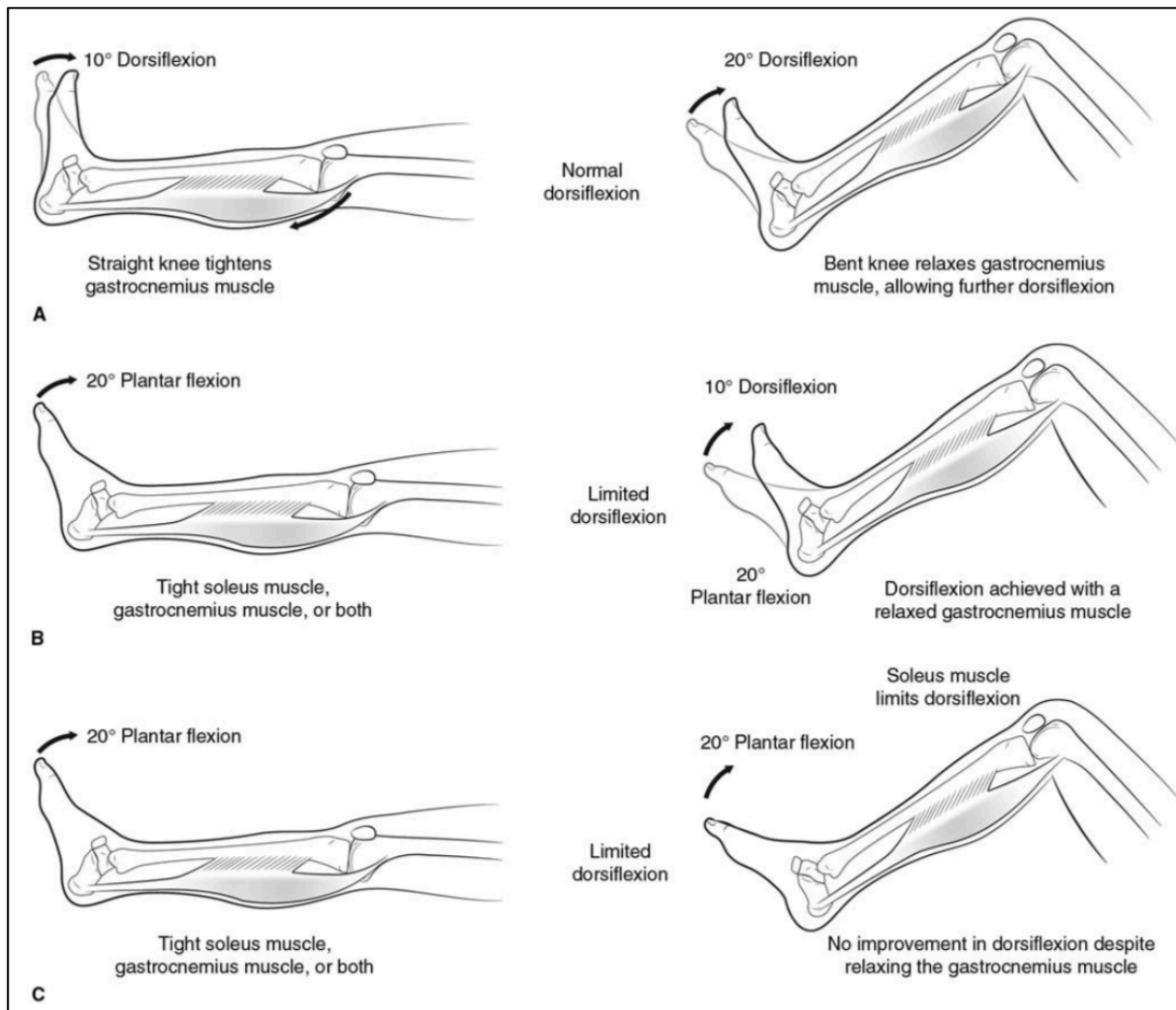


Abb. 12 – Der Silferskjöld Test: **A**, regelrechte Dorsalextension im oberen Sprunggelenk bei gestrecktem Knie, es zeigt sich bei gebeugtem Knie physiologisch eine Besserung. **B**, eingeschränkte Dorsalextension bei weniger als die Neutralstellung (Spitzfuß) bei gestrecktem Knie, hier zeigt sich durch einen größeren Gastrocnemiusanteil an der Tonuserhöhung auch eine Besserung bei Knieflexion. **C**, eingeschränkte Dorsalextension, die sich durch einen größeren Soleusanteil bei gebeugtem Knie nicht verbessert [23]

Bei schlechter OSG Beweglichkeit und bei Verdacht auf eine Kontraktur im Trizeps surae kann der Silferskjöld-Test angewandt werden, dabei kann der Arzt unterscheiden, ob der Gastrocnemiusmuskel oder der Soleusmuskel hauptsächlich an der Kontraktur beteiligt ist. Diese Unterscheidung ist wesentlich für das spätere operative Vorgehen. Da der M. Gastrocnemius seinen Ursprung am Oberschenkelknochen hat, wird dessen Anteil an der Kontraktur durch eine Flexion im Kniegelenk stark gemindert, der Anteil des Soleus bleibt jedoch gleich, da sein Ursprung am Unterschenkelknochen liegt. Wenn nun der M. Gastrocnemius hauptsächlich für den kontrahierten Spitzfuß verantwortlich ist, dann wird man bei gebeugtem Knie eine starke Verbesserung der Dorsalextension im OSG erkennen

Einleitung

(positiver Silferskjöld-Test). Wenn der Soleus jedoch den größten Anteil an der Kontraktur hat, wird sich bei gebeugtem Knie keine Verbesserung des Spitzfußes zeigen (negativer Silferskjöld-Test). Der Gastrocnemiusanteil ist vor allem bei bilateralem und der Soleusanteil bei unilateralem Spitzfuß größer. (Abb.12) [23][24][28][5]

Eine Spastik kann mithilfe von ruckartiger passiver Dorsalextension des OSG in Kniestreckung- und Beugung diagnostiziert werden. Bei Spastizität der Wadenmuskulatur erfolgt hier eine klonische Dehnungsantwort. [27]

Zusätzlich kann die Qualität des Gelenkanschlags bei passiver Dorsalextension untersucht werden. Ein elastischer Widerstand ist Hinweis für eine tonisch erhöhte Muskulatur, ein harter Widerstand stattdessen für eine strukturelle Verkürzung des Muskels oder der Achillessehne. [27][1]

Außerdem muss man während der Untersuchung auf weitere neurologische Defizite achten wie zum Beispiel auf Kraft, Sensorik, Motorik und die Reflexe. Zum Schluss wird eine Ganganalyse durchgeführt, in der die typischen Spitzfußfolgen auf den Gang dokumentiert werden. [23]

Die konservative Behandlung des Spitzfußes

Der kindliche Fuß ist sehr flexibel und gut adaptierbar, aus diesem Grund wird der Spitzfuß vor allem bei Kindern zunächst konservativ behandelt [29]. Konservative Behandlungen sind bei funktionellen Spitzfüßen besonders sinnvoll, strukturelle Spitzfüße werden bevorzugt operativ behandelt [31][32][35].

Unabhängig von der Ursache ist das Ziel der Behandlung eines Spitzfußes die bestmögliche Wiederherstellung der gestörten Fußform (vor allem die Verbesserung der Dorsalextension), sowie der Funktion des Sitzens, Stehens und Gehens und der Prophylaxe von Sekundärschäden. Vor allem bei Patienten mit einer ICP sollte die Muskelkraft und das Muskelgleichgewicht wenn möglich verbessert oder wiederhergestellt werden. Dabei wird sowohl die biomechanische als auch die neurologische Komponente behandelt. [30][5]

Bei der biomechanischen Behandlung spielt das passive Dehnen der strammen Wadenmuskulatur und Sehne eine große Rolle, hier wurde eine signifikante Verbesserung der Dorsalextension belegt [29]. Diese Dehnung kann durch orthopädiotechnische Möglichkeiten wie funktionelle Orthesen, Gipsredression oder durch manuellmedizinische Techniken wie Krankengymnastik erreicht werden [30][31][32].

Einleitung

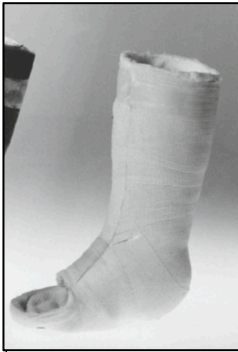


Abb. 13 –
Unterschenkelgips/
Redressionsgips [32]

Redressionsgipse sind ein effizientes und schnelles Hilfsmittel zur Behebung von Kontrakturen (Abb. 13). Sie werden in maximal möglicher Dorsalextension eingestellt, welche je nach Ausprägung einige Wochen mit zwischenzeitlichem Wechsel angelegt werden. Jedoch muss sich an eine Gipsbehandlung eine Orthesenversorgung anschließen, da sich hier schnell Rezidive entwickeln können. Außerdem können auch Tag- und Nachtschienen über mehrere Monate verwendet werden, um die Fußdeformität zu korrigieren. [32][5]

Funktionelle Tagorthesen sind Unterschenkelorthesen, welche distal vom Vorfuß bis proximal zum Kniegelenk reichen [22]. Sie stabilisieren das obere Sprunggelenk, verriegeln das untere Sprunggelenk, üben durch einen langen Hebel die nötigen Korrekturkräfte auf den Fuß aus und das obere Sprunggelenk wird in anatomisch korrekter Stellung gehalten [32][22]. Die Orthesen sollten mit einstellbaren Gelenken ausgestattet sein, damit ungünstige Bewegungsausmaße blockiert (Plantarflexion ist gesperrt) und günstige Bewegungsausmaße freigegeben werden können (freie Dorsalextension) [22]. Dies schafft eine günstige Gelenkbewegung und eine bessere Muskelfunktion [30]. Außerdem ist das Gehen mit beweglicher Orthese um ein Vielfaches leichter [32]. Eine Orthese ohne Gelenk ist bei schlechter Körperkontrolle oder steifer Spastizität indiziert [22]. Jede Orthesenversorgung lässt sich durch ergänzende konservative Maßnahmen (z.B. Medikamente, Redressionsgipse, Krankengymnastik) unterstützen [22].



Abb. 14 – Funktionelle
Unterschenkelorthesen mit
und ohne Gelenk [22]

Bei der Krankengymnastik wird sowohl die biomechanische als auch die neurologische Komponente behandelt. Sie eignet sich dafür, die Gelenkbeweglichkeit, die Gelenkstabilität, die Muskelkraft und Koordination wiederherzustellen. Außerdem erzielt die regelmäßige Physiotherapie auch hier die Dehnung der Wadenmuskulatur und die Tonusreduktion. [30][5]

Zur weiteren Behandlung neurologischer Defizite kann die intramuskuläre Injektion von Botulinumtoxin hilfreich sein. Das Medikament hemmt die neuromuskuläre Erregungsübertragung und führt zu einer kurzfristigen (ca. 3-6 Monate) Lähmung der Wadenmuskulatur. Auch hier kann der positive Effekt in zahlreichen Studien nachgewiesen werden, der Muskel kann nicht nur besser gedehnt werden, er kann auch wieder wachsen. [5]

Einleitung

Alle Behandlungsmaßnahmen lassen sich kombinieren. Dabei hat sich herausgestellt, dass eine Kombinationstherapie effektiver ist als Einzelmaßnahmen. [30][5]

Die Therapie heranwachsender oder erwachsener Patienten ist weitaus schwieriger als die der Kinder. Sie haben meistens stärkere Deformitäten, die sich über die Jahre entwickelt haben, geringeres motorisches Lernpotential und zusätzlich internistische Begleiterkrankungen. Hier ist das Ziel eine bestmögliche Mobilität und Unabhängigkeit des Patienten. [34]

Auch der Klumpfuß ist bei Patienten mit infantiler Zerebralparese eine häufige begleitende Fußdeformität. Dabei wird der Fuß mit Spitzfußkomponente direkt nach der Geburt redressiert. Nach ca. 3 Monaten konservativer Behandlung kann hier ggf. eine weitere operative Therapie des Klumpfußes und/oder des Spitzfußes erfolgen. [41]

Einige Methoden der konservativen Behandlung des spastischen Spitzfußes können auch für den idiopathischen Spitzfuß verwendet werden. Während bei ICP Patienten frühzeitig mit einer Therapie begonnen wird, wird beim idiopathischen Vorfußläufer erst nach mind. 2 Jahren eine Therapie erwogen, da er sich normalerweise wieder zurückbildet. Je jünger der Patient und je besser die Dorsalextension ist, wird der Spitzfuß primär konservativ behandelt, ältere Patienten mit sehr schlechter Dorsalextension werden bevorzugt chirurgisch behandelt. Die konservativen Behandlungsmaßnahmen wären auch hier vorwiegend Krankengymnastik, Redression mit dem Unterschenkelgips, Orthesen und die Injektion von Botulinumtoxin. [6][13]

Die operative Behandlung des Spitzfußes

Eine operative Therapie ist indiziert, wenn bei einem funktionellen Spitzfuß eine konservative Therapie keine oder nicht genügend Wirkung erzielt hat oder ein struktureller Spitzfuß vorliegt. Dabei kann eine Operation schon im frühen Kindesalter erwogen werden. [37][5][30]

Die Achillessehnenverlängerung

Der *strukturelle* Rückfußspitzfuß wird mit einer klassischen Achillessehnenverlängerung (ASV) behandelt. Diese kann offen oder perkutan durchgeführt werden. Die offene ASV verläuft Z-förmig bei gestrecktem Fuß. Bei der perkutanen ASV (Operation nach White/Hoke) werden 3 Inzisionen medial und lateral durchgeführt. Die perkutane Variante ist zwar weniger invasiv, hier besteht aber ein größeres Risiko einer Achillessehnenruptur oder einer Überkorrektur. Allgemein wird bei einer ASV das Muskel-Sehnen-Längenverhältnis zuungunsten der Muskellänge verändert. Dies führt zu einem erheblichen Kraftverlust der Wade. Außerdem ist

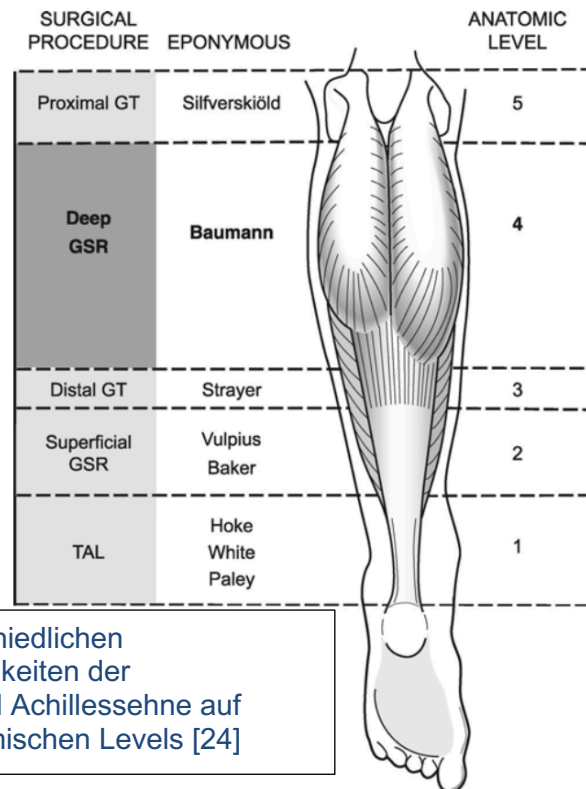
Einleitung

das Überkorrekturrisiko in einen Hackenfuß bzw. Kauergang stark erhöht. Diese Überkorrektur sollte immer unbedingt vermieden werden, da ein Hackenfuß sogar funktionell ungünstiger ist als ein verbleibender Spitzfuß. [40][5][32]

Die Achillessehne macht nur 3-5% der Dehnung des Triceps surae aus. Deshalb liegt die Ursache des funktionellen Rückfußspitzfußes meist am Gastrocnemius-Soleus-Komplex [40]. Es gibt zahlreiche intramuskuläre

Verlängerungsmöglichkeiten dieses Komplexes, leider gibt es aber keinen

Abbildung 15 zeigt die verschiedenen Verlängerungsmöglichkeiten der Wadenmuskulatur und Achillessehne auf verschiedenen anatomischen Levels [24].



klaren Konsens über die beste Methode und demnach bisher kein standardisiertes Verfahren zur operativen Behandlung [24][40][35]. Diese Operationen werden auf verschiedenen anatomischen Levels durchgeführt (Abb.15) [24].

Intramuskuläre Verlängerungsmöglichkeiten des funktionellen Spitzfußes

Die Vulpus-Methode

Die erste Gastrocnemius-Soleus Verlängerung wurde 1924 von Vulpus und Stoffel beschrieben [42]. Bei der Vulpus-OP wird sowohl der M. Gastrocnemius als auch der M. Soleus verlängert [14]. Dabei wird auf dem 2. anatomischen Level (Abb. 15 bzw. Zone 2 in Abb.6) die gemeinsame Aponeurose des M. Gastrocnemius und M. Soleus durchtrennt [14][24]. Damit wird eine intramuskuläre Verlängerung erzeugt [24]. Die Indikation für eine Vulpus-Prozedur beinhaltet einen durchgeführten negativen Silfverskiöld-Test, da hier beide Muskeln verlängert werden und somit auch beide tonisch aktiv sein müssen [14].

Bei der Operation erfolgt ein etwa 2cm langer vertikaler, posteromedialer Schnitt auf Höhe des 2. Levels. Die Faszie wird durchtrennt und die gemeinsame Aponeurose von M. Gastrocnemius und M. Soleus dargestellt. Meistens liegt der N. suralis im Operationsfeld und sollte sorgfältig geschützt werden. Nun wird ein transversaler oder V-förmiger Schnitt durch die Aponeurose von medial nach lateral bei gestrecktem Fuß durchgeführt. Auch die sogenannte mediane Raphe, eine relativ konstant vorkommende Septierung der Faszie, wird

Einleitung

durchtrennt. Bei einer intraoperativen Dorsalextension von mind. 10° wird die Wunde wieder geschlossen und anschließend der Fuß mit einem Unterschenkel-Cast in Neutralstellung gehalten. Der Cast bleibt für 6 Wochen, danach wird eine Tagorthese für mind. 12 Monate verordnet. Eine veränderte Form beschreibt die Methode nach Baker, in der die Gastrocnemius-Soleus-Aponeurose zungenförmig inzidiert wird. [14][24]

Die Strayer-Prozedur

1950 modifizierte Strayer die Methode der Wadenmuskulaturverlängerung [39]. Bei dieser Operation wird nur der M. Gastrocnemius verlängert, sodass hier ein positiver Silferskjöld-Test vorausgesetzt wird [38]. Die Aponeurose des M. Gastrocnemius wird dabei auf Höhe des 3. anatomischen Levels (ebenfalls Zone 2) durchtrennt [24].

Es erfolgt eine 2cm lange posteromediale Längsinzision, hier jedoch auf Höhe des Übergangs der Muskelbäuche in die Gastrocnemius-Sehne. Der Schnitt wird auf 7cm geweitet, die Faszie wird im Längsschnitt durchtrennt und der N. suralis wird gesichert. Nun trennt man manuell mit dem Finger die Gastrocnemius-Aponeurose von der Soleus-Aponeurose. Während der Dorsalextension des Fußes wird jetzt ein distaler Schnitt kurz vor der Achillessehne durch die Gastrocnemiussehne durchgeführt. Die perioperative Dorsalextensionsverbesserung wird überprüft und die Gastrocnemiussehne danach proximal an die Soleusaponeurose genäht. Die Lücke, die dadurch entsteht, beträgt etwa 3cm. [39]

Die Baumann-Operation

1989 beschrieben Baumann und Koch eine weitere intramuskuläre Gastrocnemiusverlängerung, hier vor allem angewandt bei Kindern mit ICP [42].

Auch hier wird der M. Soleus nicht verlängert und es besteht vor der OP ein positiver Silferskjöld-Test [24]. Hier erfolgt auf dem 4. anatomischen Level (Zone 1) eine mehrfache schräge Durchtrennung der Gastrocnemiusaponeurose in der Tiefe zwischen M. Soleus und M. Gastrocnemius [24]. Die Aponeurose ist wenig elastisch, das bedeutet die Muskelfasern können sich durch aponeurotische Verlängerung ausdehnen, bleiben dabei erhalten und verlieren nicht an Funktion [45].

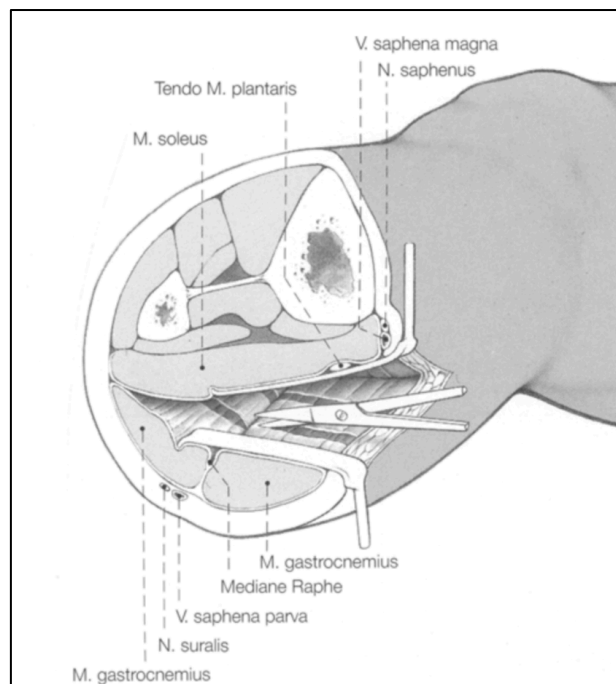


Abb. 16 - Baumann Prozedur [45]

Einleitung

Der Patient liegt in Rückenlage, das Bein wird nach außen rotiert, der Unterschenkel ist gebeugt. Der mediale 8-12cm lange Längsschnitt wird auf der Grenze zwischen proximalem und mittlerem Drittel des Unterschenkels um eine zweifache Fingerbreite nach dorsal angesetzt (Abb.17). Hier ist auf N. saphenus und V. saphena zu achten. Dann wird die oberflächliche Faszie des Unterschenkels (Fascia cruralis) gespaltet.

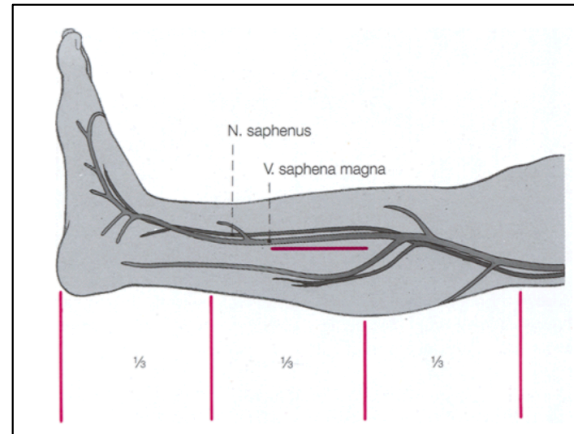


Abb. 17 – Hautschnitt bei Baumann [45]

Nun wird manuell mit dem Finger der M. Gastrocnemius vom M. Soleus getrennt. Bei Fußstreckung erfolgt ein transversaler Schnitt durch die Gastrocnemiusfaszie und das Septum intermusculare zwischen den Gastrocnemiusbäuchen. Auch der Musculus plantaris wird durchtrennt. Jetzt wird die Dorsalextension perioperativ geprüft. Bei ungenügendem Ergebnis kann ein weiterer Schnitt durch die Gastrocnemiusfaszie erfolgen (selektive Methode). Wenn keine ausreichende Dorsalextension erreicht werden kann, kann ein Schnitt durch die Soleusfaszie erwogen werden. [24]

Wie bei allen intramuskulären Verlängerungen spielt auch hier die Nachbehandlung wie Unterschenkelcasts und folgende Orthesennutzung mit Krankengymnastik eine wesentliche Rolle und trägt in hohem Ausmaß zu einem guten Ergebnis bei. [45]

Eine weitere operative Möglichkeit ist die proximale Gastrocnemius-Tenotomie (Versetzung der Ursprungsköpfe) nach Silferskjöld. Sie wirkt sich zwar günstig auf eine Kniebeugekontraktur aus, ergab aber hohe neurovaskuläre Komplikationen und kaum Auswirkung auf die Dorsalextension des oberen Sprunggelenkes, sodass diese Methode für eine Spitzfußbehandlung in den Hintergrund trat. [40][38]

Die Vor- und Nachteile der OP-Möglichkeiten, sowie Ergebnisse verschiedenster Studien werden in der Diskussion am Ende aufgegriffen, miteinander und mit der Methode des UKSH verglichen.

Studienablauf

An der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein am Campus Kiel wird seit wenigen Jahren eine modifizierte Form der intramuskulären Wadenmuskulaturverlängerung nach Vulpius an Patienten mit Spitzfüßen durchgeführt.

Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit

Mit dieser Arbeit soll anhand einer retrospektiven Untersuchung die Wirksamkeit der operativen Methode und der Nachbehandlung des dynamischen Spitzfußes am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus Kiel (UKSH) untersucht werden. Es wird eine höhere Mobilität des oberen Sprunggelenkes erwartet, dabei sollte für einen physiologischen Gang die passive Dorsalextension im Sprunggelenk bei gestrecktem Knie bei mindestens 5° postoperativ möglich sein. Die Operationsergebnisse werden in Abhängigkeit verschiedenster Patientenfaktoren miteinander verglichen. Der Bodenkontakt der Ferse und das vollständige Abrollen des Fußes sind die Hauptmerkmale eines zu erhofften verbesserten Gangbildes.

Die am UKSH verwendete Methode der operativen Versorgung von Spitzfüßen und die Nachbehandlung wird mit den bisher publizierten Versorgungsmethoden verglichen. Dabei wird das Augenmerk auf die OP-Technik sowie auf die Nachbehandlung gelegt. Rezidivrate, Komplikationen und Überkorrekturen werden ermittelt und mit der einschlägigen Literatur verglichen. Um das eigene Behandlungskonzept zu modifizieren, soll diese Arbeit Einflüsse sowohl innerhalb der Studie als auch in der Literaturrecherche aufdecken, welche das Ergebnis beeinträchtigen oder verbessern.

Patientenkollektiv

Einschlusskriterien

Für eine retrospektive Untersuchung wurden insgesamt 44 Patienten ausgewählt, die in dem Zeitraum von 2017 – 2019 an dem Universitätsklinikum Schleswig-Holstein in Kiel mit der intramuskulären Wadenmuskulaturverlängerung operiert wurden. Es wurden nur Patienten mit dieser Methode behandelt, welche einen funktionellen, neurogenen Spitzfuß aufwiesen, wo konservative Maßnahmen nicht zum Erfolg führten und die Patienten sichtbar im Alltag und Gangbild beeinträchtigt waren. Außerdem muss der Spitzfuß sowohl durch eine Verkürzung des M. Gastrocnemius als auch durch eine Verkürzung des M. Soleus bedingt sein. Desweiteren gibt es 3 immobile Patienten, die durch ihre ausgeprägte Behinderung (ICP) nicht gehen können und im Rollstuhl sitzen. Diese Patienten wurden mit der

Studienablauf

Wadenmuskulaturverlängerung operiert, um die Anbahnung des Stehens und Gehens (evtl. mit Walker) wieder zu ermöglichen.

Ausschlusskriterien

Die Ausschlusskriterien sind durch die Einschlusskriterien bedingt. Ausgeschlossen sind Patienten mit einem strukturellen Spitzfuß, welche primär mit einer klassischen Achillessehnenverlängerung operiert wurden.

Material und Methoden

Die intramuskuläre Wadenmuskulaturverlängerung am UKSH

Die am UKSH viel praktizierte Methode ist eine modifizierte Operation nach Vulpius. Die Operation ist ein recht einfacher und schneller Eingriff mit einer Dauer von ungefähr 30 Minuten. Bei dieser Methode erfolgt eine horizontale Durchtrennung der Aponeurose des M. Gastrocnemius und der Aponeurose des M. Soleus auf dem 2. anatomischen Level, des Septum intermuskulare und der Sehne des M. plantaris longus. Dies entspricht einer Modifikation der operativen Methode nach Vulpius mit modifizierter Nachbehandlung.

Indikation

Eine operative Versorgung ist indiziert bei einem progredienten neurogenen Spitzfuß mit permanentem Spitzfußlaufen. Es liegt eine Beeinträchtigung des Gangbildes vor und das Abrollen des Fußes über die Ferse ist nicht mehr möglich. Alle konservativen Maßnahmen wurden ausgeschöpft und führten nicht zum Erfolg.

Da bei der OP die gemeinsame Aponeurose des M. Gastrocnemius und M. Soleus durchtrennt wird, muss vor der operativen Versorgung geprüft werden, ob die Dorsalextension im Sprunggelenk bei Kniebeugung verbessert ist, um die neurogene Gastrocnemiusverkürzung festzustellen. Alle Patienten zeigten eine leichte Verbesserung der Dorsalextension im Sprunggelenk (um ca. 10°) bei Kniebeugung, dies bedeutet, dass der Gastrocnemiusonus offensichtlich erhöht ist, der Anteil des M. Soleus jedoch aufgrund einer nur leichten Verbesserung nicht zu vernachlässigen ist. Der Silferskjöld Test muss demnach erfahrungsgemäß nicht negativ sein, um die Indikation der zusätzlichen Verlängerung der Soleusaponeurose festzulegen.

Methode

Der Patient wird in der Regel auf dem Rücken gelagert, sodass die Wade gut erreichbar ist. Dies ist nur möglich bei Patienten mit guter Hüft- und Kniebeweglichkeit, einige Ausnahmen (z.B. starke Ausprägung der Spastik oder andere operative Verfahren die gleichzeitig

Studienablauf

stattfinden) müssen auf dem Bauch gelagert werden. Unter Blutsperre wird nun eine ca. 3cm lange Längsinzision über den Aponeurosen des M. Gastrocnemius und M. Soleus durchgeführt, welches der Höhe des 2. anatomischen Levels bzw. Zone 2 entspricht. Nun wird das Unterhautfettgewebe durch Spreizen mit einer Präparierschere stumpf durchtrennt. Dabei wird auf eine Schonung der V. saphena parva und des N. suralis geachtet, welche mit dem Haken vorsichtig nach lateral gehalten werden. Die Aponeurose des M. Gastrocnemius ist jetzt sichtbar. Es folgt eine Querinzision der Aponeurose mit Skalpell, dabei werden beide Aponeurosen (Gastrocnemius und Soleus) spürbar inzidiert. Mit einer Schere wird die Inzision nach medial und lateral erweitert, bis beide Aponeurosen vollständig durchtrennt sind. Der Muskel bleibt dabei vollständig intakt. Das Septum intermuskuläre und die Sehne des M. plantaris longus werden nun zusätzlich durchtrennt. Die Dorsalextension kann jetzt passiv überprüft werden. Bei ungenügendem Operationsergebnis kann ein weiterer transversaler Schnitt der Aponeurosen oberhalb oder unterhalb der Inzision erfolgen. Als letzte Maßnahme kann auch eine Z-förmige Achillessehnenverlängerung in Erwägung gezogen werden. Die Wunde wird nun mit fortlaufender Intracutannaht-Technik mit resorbierbaren Fäden schichtweise verschlossen. Es folgt eine Reinigung und Versorgung mit Steristrips und Pflasterverband. Die Redression erfolgt mit Unterschenkel-Cast aus Kunststoffgips in maximaler Dorsalextension.

Nachbehandlung

Für die postoperative Behandlung unserer Patienten hat eine Redression im oberen Sprunggelenk von mindestens 6 Wochen einen hohen Stellenwert. Die Ruhigstellung erfolgt zunächst mithilfe des Unterschenkel-Casts (Redressionsgips), welcher für 3-4 Tage getragen wird. Zusätzlich wird eine nächtliche Knieimmobilisationsschiene ohne Gelenk in 0° Stellung für 6 Wochen getragen für eine noch stärkere Dehnung der Wade. Die erste Mobilisation beginnt jedoch mit intermittierender Cast-Öffnung bereits am ersten postoperativen Tag, um einen Muskelabbau so früh wie möglich zu vermeiden. Nach der Cast-Versorgung wird der Patient mit Tag- und Nachthorhesen mit Gelenk ausgestattet, die regelmäßig und für mindestens 2 Monate getragen werden sollten. Der Patient kann die Nachorthese gleichzeitig mit der Knieimmobilisationsschiene tragen. Je nach Ausprägung und Grunderkrankung kann die Orthesennutzung angepasst werden. Einige der Patienten, vor allem Kinder mit einer stark ausgeprägten Spastik, tragen ihre Tag- und Nachthorhesen ihr Leben lang, andere können nach einigen Wochen den Fuß wieder vollständig abrollen und ohne Orthesen gehen. Die Tagorthesen sind mit Gelenk ausgestattet, sodass diese zum Laufen im Alltag eine angemessene Stabilität verleihen und die Wade dennoch dabei gedehnt wird. Die Nachthorhesen sind ohne Gelenk, damit der Fuß nicht über Nacht in Plantarflexion fällt und die Wade auch hier gedehnt bleibt.

Studienablauf

Da alle Patienten bereits vor der OP mit Krankengymnastik behandelt wurden, wurde auch diese weiterhin verordnet (meist 1-2x/Woche).

Pflaster und Steristrips werden nach 14 Tagen entfernt. Eine Vollbelastung kann mit Unterarmgehstützen und Orthesen direkt am ersten postoperativen Tag bei Beschwerdefreiheit erfolgen.

Datenerhebung

Jeder operierte Patient wurde entweder über einen Hausbesuch oder in der Klinik von derselben Person untersucht. Dazu wurden selbst entworfene standardisierte Methoden mit Fragebogen und Untersuchungsbogen verwendet, um eine einheitliche und fehlerfreie Datenerhebung zu gewährleisten.

Für zusätzliche Patienteninformationen wurden OP-Anmeldungsunterlagen und OP-Berichte aus dem internen Netzwerk des UKSH ausgedruckt und in einem Ordner gesichert. Dadurch wurden Daten, wie die präoperative Dorsalextension, die Operationstechnik und Nachbehandlungsplan herausgefiltert.

Fragebogen

Um die Subjektive Einschätzung des Patienten und die Patientencompliance zu erfassen, wurde ein geeigneter Fragebogen entwickelt.

Persönliche Daten, Fragen zur Operation und Nachbehandlung (Redressionsgips, Mobilisierung, regelmäßige Orthesennutzung, Physiotherapie, Komplikationen) und Schmerzen sowie Belastbarkeit (Ruheschmerz, Bewegungsschmerz, Hilfsmittel zum Gehen, Sport) konnten mithilfe des Bogens erfasst werden. Auch die subjektive Zufriedenheit des Patienten zum Gangbild und zur Fußbeweglichkeit (0: unzufrieden; 3: sehr zufrieden) wurden ermittelt. Am Ende des Fragebogens hatten die Patienten die Möglichkeit, Wünsche oder Anmerkung zu äußern.

Dieser Fragebogen wurde im Rahmen des Hausbesuchs oder der ambulanten Vorstellung nach Anamnese von dem Untersucher ausgefüllt.

Untersuchung

Um das Operationsergebnis einschätzen zu können, wurde ein einheitlicher Untersuchungsbogen erstellt, dieser beinhaltet die Beurteilung der Gelenkbeweglichkeit, Ausprägung der Narbe, Beinlängen, Sensibilität, quantitative Einschätzung der Spastik und Muskelkraft.

Nach der Anamnese mit Fragebogen begann nun eine umfangreiche körperliche Untersuchung. Die Ergebnisse wurden währenddessen vom Untersucher in den Untersuchungsbogen eingetragen. Hierzu gehörte die Beurteilung der Fußbeweglichkeit mit

Studienablauf

der klassischen Neutral-Null-Methode mithilfe eines Winkelmessgerätes. Die passive und aktive Dorsalextension des oberen Sprunggelenkes wurde bei gebeugtem und gestrecktem Knie beidseitig gemessen. Auch das Knie- und Hüftgelenk wurde mit der Neutral-Null-Methode untersucht. Beinlängen wurden von der Spina iliaca anterior superior bis zum Außenknöchel beidseits im Liegen mit einem Messband gemessen.

Des Weiteren konnte die Operationsnarbe anhand der Heilung und Härte beurteilt werden. Durch Berührung des Innervationsgebietes des N. suralis wurde die Sensibilität auf Störungen beidseitig geprüft.

Die Spastik wurde mithilfe des Ashworth Scales beurteilt. Hierzu kann mit einer ruckartigen passiven Dorsalextension des Fußes überprüft werden, ob der Muskeltonus erhöht ist oder sogar eine klonisch spastische Reaktion vorliegt (0: kein erhöhter Tonus; 4: erhebliche Erhöhung des Tonus).

Die Muskelkraft des M. Gastrocnemius und M. Soleus konnte mit dem Kraftgrad nach Janda gemessen werden. Hier wurden die Patienten dazu aufgefordert, gegen Widerstand der Hände des Untersuchers, den Fuß zu beugen (0: keine Kontraktion, komplette Lähmung; 5: normales Bewegungsausmaß gegen Widerstand).

Alle Patienten bzw. die Vormunde haben zu Beginn für die jeweilige Untersuchung eine Einwilligungserklärung unterschrieben.

Beurteilung		
Grad	Beschreibung	bitte zutreff. ankreuzen
0	Kein erhöhter Tonus	
1	Leichte Tonuserhöhung, die an einem „catch and release“ erkennbar wird oder an einem minimalen Widerstand am Ende des Bewegungsausmaßes, wenn das betroffene Gliedmaß in Flexion oder Extension bewegt wird.	
2	Leichte Tonuserhöhung, die an einem „catch“ erkennbar wird, der gefolgt wird von einem minimalen Widerstand durch den restlichen (weniger als die Hälfte des) Bewegungsweg.	
3	Stärker ausgeprägte Tonuserhöhung durch die meisten Anteile des Bewegungsweges, die betroffenen Gliedmaßen sind aber leicht beweglich.	
4	Erhebliche Erhöhung des Muskeltonus, passive Bewegung ist schwierig.	

Janda Score	Beschreibung	Angabe in %
5	normal, volles Bewegungsausmaß gegen Widerstand	100
4	gut, volles Bewegungsausmaß gegen leichten Widerstand	80
3	schwach, volles Bewegungsausmaß gegen die Schwerkraft	60
2	sehr schwach, volles Bewegungsausmaß ohne Schwerkraft	40
1	Spur, sicht-/tastbare Muskelaktivität	20
0	null, komplette Lähmung, keine Kontraktion	0

Abb. 18 – Ashworth Scale	Abb. 19 – Kraftgrad nach Janda
--------------------------	--------------------------------

Gangbild

Auch das Gangbild konnte nach der körperlichen Untersuchung beurteilt werden. Dazu wurde der Patient gebeten, einige Meter zu gehen. Dokumentiert wurden der Bodenkontakt der Ferse, Abrollen des Fußes, evtl. rezidivierendes Vorfußlaufen sowie Selbstständigkeit im freien Gehen oder mit Hilfsmitteln. Viele Patienten wurden während der Ganganalyse vom Untersucher gefilmt, um dem Untersuchenden zu einem späteren Zeitpunkt einen Rückblick zu gewähren.

Statistische Methoden

Speicherung und Aufarbeitung der Daten

Alle Daten wurden in einer Tabelle mit Microsoft Excel zusammengeführt. Dabei wurden die Patienten numerisch anonymisiert. Die geordneten Daten konnten anschließend manuell in eine Statistiksoftware (Graphpad Prism) übertragen werden, dabei wurde jede Übertragung von einer zweiten Person überprüft. Graphpad Prism ist ein Programm für wissenschaftliche Analysen und Graphenerstellung. Mithilfe dieses Systems konnten die Daten mit verschiedenen statistischen Analysen aufbereitet und die zugehörigen Graphen erstellt werden.

Deskriptive Statistik

Mithilfe einer deskriptiven Statistikanalyse konnte überprüft werden, ob die Stichprobe (n= 62 operierte Füße) repräsentativ ist. Die Zielgröße ist dabei die verbesserte Dorsalextension nach der OP. Einflussgrößen, welche die Zielgröße beeinflussen, sind Alter, Geschlecht, Nachbehandlung, Grunderkrankung, Zeitpunkt der Messung nach der OP etc. Mögliche Störgrößen sind zum Beispiel Patientencompliance, Schwere der Erkrankung oder psychische Faktoren.

2-Stichproben-t-Test (gepaart)

Da hier ein normalverteiltes stetiges Skalenniveau vorliegt und wir 2 abhängige Gruppen miteinander vergleichen (Messungen derselben Patienten vor und nach OP), wird hier ein gepaarter 2-Stichproben-t-Test ($p < 0,05$) verwendet, um auf signifikante Unterschiede zu testen, sowie Mittelwerte und Standardabweichungen zu ermitteln. Einige Analysen erfordern auch einen ungepaarten 2-Stichproben-t-Test (Analyse zweier verschiedener Gruppen innerhalb der Stichprobe).

Univariante Varianzanalyse (ANOVA)

Anhand der univariante Varianzanalyse (ANOVA) konnten mehrere Untergruppen des Patientenkollektivs miteinander verglichen und auch hier die Werte auf signifikante Unterschiede getestet werden.

Ergebnisse

Epidemiologie

Insgesamt wurden für die Studie 19 weibliche und 25 männliche Patienten aufgenommen. Das Alter variiert von 2 bis 59 Jahren. 26 Patienten leiden unter einer Infantilen Cerebralparese, 7 weitere wurden wegen eines Spitzfußes unbekannter Ursache operiert. Der Rest der Patienten liefen auf dem Vorfuß aufgrund eines Klumpfußes oder Spitzhohlfüßen, eines ischämischen Schlaganfalles oder einer Hirnblutung, einer Spina bifida oder einer Tuberosen Hirnsklerose. Von den 44 Patienten wurden 18 beidseitig operiert, sodass insgesamt 62 Operationsergebnisse ausgewertet wurden. Ziel war es, alle Patienten mit der gleichen Methode nachzubehandeln (Redressionsgips, Knieimmobilisationsschiene, Orthese). Jeder Patient wurde vor der OP konservativ und teilweise mit Botox behandelt, dies führte jedoch bei keinem der Patienten zu einem langanhaltenden verbesserten Ergebnis.

Sprunggelenksmobilität-Dorsalextension (Abb. 20 und 21).

Die passive Dorsalextension des OSG wurde vor der Operation und im Operationssaal nach Durchführung der Operation gemessen. Im Vergleich zeigt sich der erhoffte, signifikante Unterschied zwischen der Dorsalextension des oberen Sprunggelenkes vor der Operation und nach dem Schnitt im Operationssaal, gemessen von demselben Arzt. Es konnten jedoch nicht alle Ergebnisse aus dem OP-Saal erhoben werden, sodass sich hier nur 47 operierte Waden vergleichen lassen (Abb. 20; n=47). Die passive Dorsalextension, die für alle folgenden Grafiken verwendet wird, wurde immer in Kniestreckung gemessen. Der Operateur hat die Werte der passiven Dorsalextension präoperativ und postoperativ im OP-Saal auf einer Skala in 5er Schritten (-10°, -5°, 0°, 5°... usw.) bewertet (Abb. 20: orange- und braunfarbige

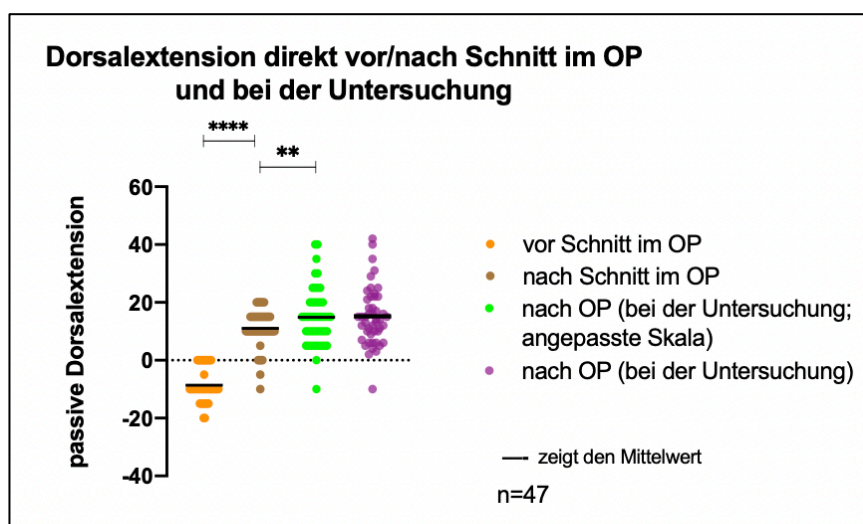


Abb. 20 – Dorsalextension Vorher/Während OP/Nachher

Ergebnisse).

Die Dorsalextension wurde im Rahmen der Hausbesuche, einige Wochen bis Jahre nach der Operation, von der Doktorandin genauer mit einem Winkelmessgerät gemessen (Abb. 20: lilafarbige Ergebnisse). Um einen akkuraten

Vergleich darstellen zu können, wurden die Ergebnisse der

Ergebnisse

Doktorandin (lila) an die Skala des Operators angepasst, wobei ein Ergebnis von 13° auf 15° und ein Ergebnis von 12° auf 10° gerundet wurde (Abb. 20: grünfarbige Ergebnisse).

Die durchschnittliche passive Dorsalextension der 47 Fälle liegt präoperativ bei -8,6° und im OP-Saal postoperativ mit einer signifikanten Verbesserung bei 11,1° (Abb. 20; **** (0,0001) bei $p < 0,05$). Die durchschnittliche passive Dorsalextension, gemessen während der Nachuntersuchung, liegt bei 14,9° auf der angepassten Skala und bei 15,2° mit den exakten Messdaten. So haben wir auch hier eine signifikante Verbesserung in der Sprunggelenksbeweglichkeit (Abb.20; ** (0,0079) bei $p < 0,05$). Die Dorsalextension hat sich also um insgesamt 23,8° verbessert.

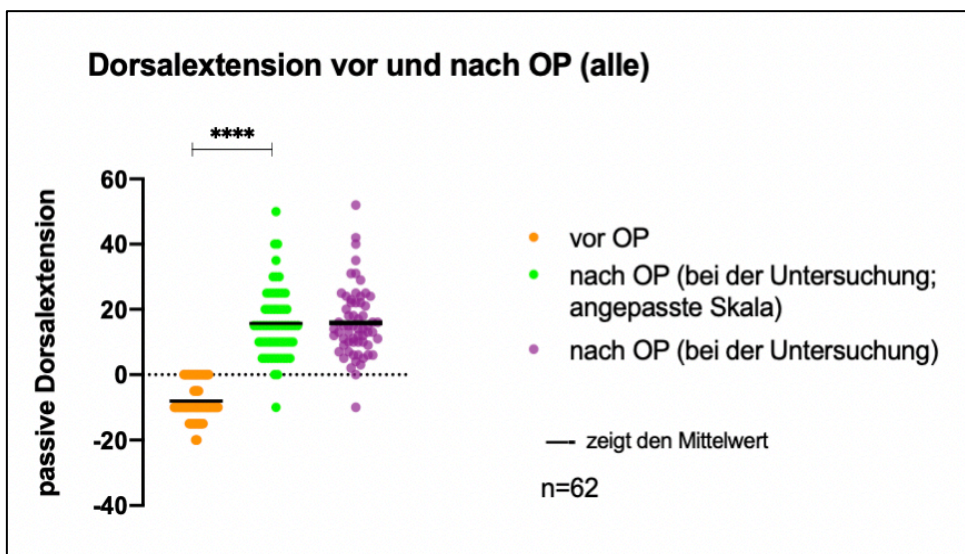


Abb. 21 – Dorsalextension Vorher/Nachher

Die bei der Nachuntersuchung gemessene passive Dorsalextension **aller** operierten Waden (n=62; Abb.21) zeigt ebenso eine deutliche Verbesserung, hier um insgesamt 24° (durchschnittlich -8,1° präoperativ (orange), 15,7° bei der Nachuntersuchung auf der angepassten Skala (grün) und 15,9° im Durchschnitt postoperativ mit den genauen Messdaten (lila; Abb.21; **** (0,0001) bei $p < 0,05$).

15 behandelte Füße (24%) zeigen ein Operationsergebnis von weniger als 10° Dorsalextension im OSG. Von diesen 15 Spitzfüßen haben 7 ein sehr gutes Gangbild mit physiologischem Abrollen der Ferse und guter subjektiver Zufriedenheit. 5 (8%) aller operierten Spitzfüße können eine Dorsalextension von nur weniger als 5° erreichen. Von diesen 5 sind 4 Spitzfußoperationen auf zwei Patienten zurückzuführen, welche bei möglicher schlechter Patient compliance eine nicht regelrechte Nachbehandlung erfuhren.

2 Patienten wurden wegen eines Spitzfußrezidivs nach operativer Spitzfußbehandlung mithilfe einer anderen Operationsmethode operiert. Beide erzielten eine postoperative Dorsalextension von 6° und 16°.

Ergebnisse

Die aktive Dorsalextension ist physiologisch geringer als die passive. Postoperativ ergibt sich eine durchschnittliche aktive Dorsalextension von 5,9° (n=60).

Unterschiedliche Patientenfaktoren

Die Operationsergebnisse werden in Abhängigkeit von verschiedenen Patientenfaktoren dargestellt, um deren Einfluss auf das Ergebnis erkennen zu können. Zu den Patientenfaktoren gehören Geschlecht, grundlegende Erkrankung, Alter des Patienten, die Intensität der Krankengymnastik, die Abweichung von der standardisierten Nachbehandlung (Regelmäßigkeit in der Tag- und Nachorthesennutzung und Castbehandlung) sowie die unterschiedlichen Untersuchungszeiträume.

Geschlecht (Abb. 22)

Die Operationsergebnisse zeigen abhängig vom Geschlecht keinen signifikanten Unterschied. Bei den männlichen Patienten kann im Durchschnitt zwar eine etwas bessere Dorsalextension gemessen werden, zu beachten ist jedoch, dass der postoperative spastische Tonus der männlichen im Durchschnitt bei 0,9 (Ashworth Scale) liegt und bei den weiblichen Patienten bei 1,4.

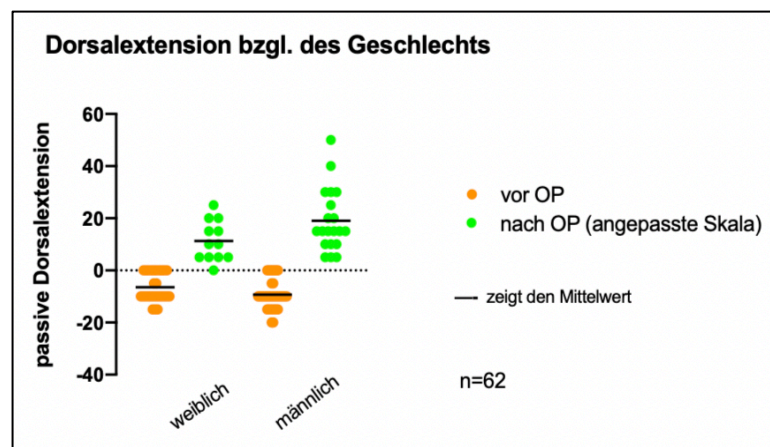


Abb. 22 – Geschlechtabhängigkeit

Alter (Abb. 23)

In der folgenden Abbildung wird die passive Dorsalextension des OSG nach der Operation in Abhängigkeit vom Patientenalter zum Operationszeitpunkt aufgeführt. Auch hier zeigt sich kein signifikanter Unterschied der verschiedenen Altersklassen.

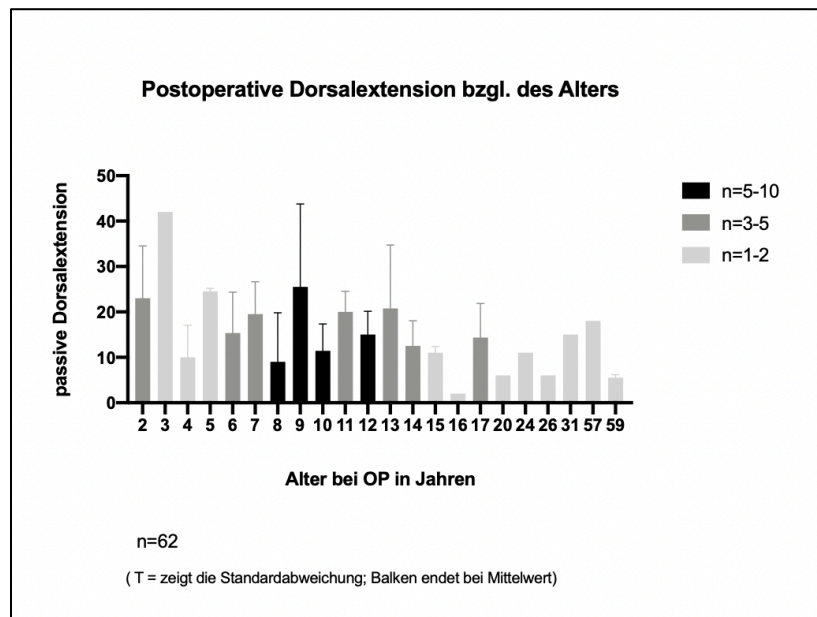


Abb. 23 – Altersabhängigkeit

Die meisten Patienten wurden im Alter von 7 bis 14 Jahren operiert.

Ergebnisse

Grundlegende Erkrankung (Abb. 24)

Die Operationsergebnisse unterscheiden sich abhängig von der grundlegenden Erkrankung der Patienten nicht signifikant. In der Abbildung 24 ist zu erkennen, dass vor allem die Patienten mit infantiler Zerebralparese eine sehr gute postoperative Sprunggelenksmobilität haben.

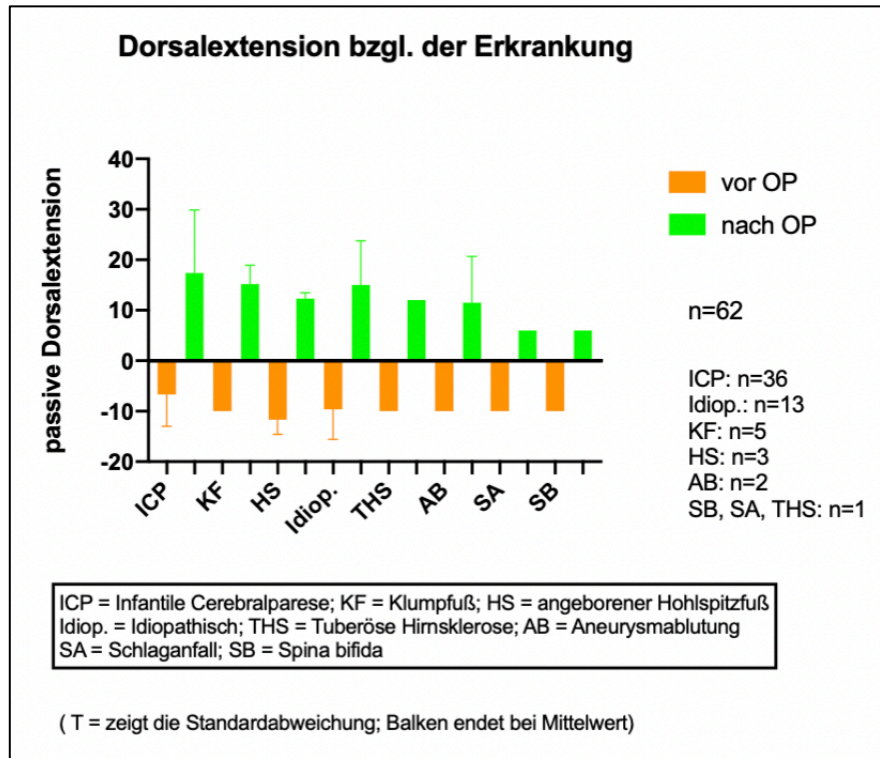


Abb. 24 – Grundlegende Erkrankung

Untersuchungszeiträume

(Abb. 25)

Die Patienten wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten untersucht. Die Hausbesuche fanden im Schnitt 12 Monate (+/-7,95) nach der jeweiligen Operation statt. Der früheste Untersuchungszeitpunkt war 6 Wochen und der späteste 3 Jahre postoperativ. Es gibt keinen messbaren Zusammenhang zwischen dem Untersuchungszeitpunkt und dem Operationsergebnis.

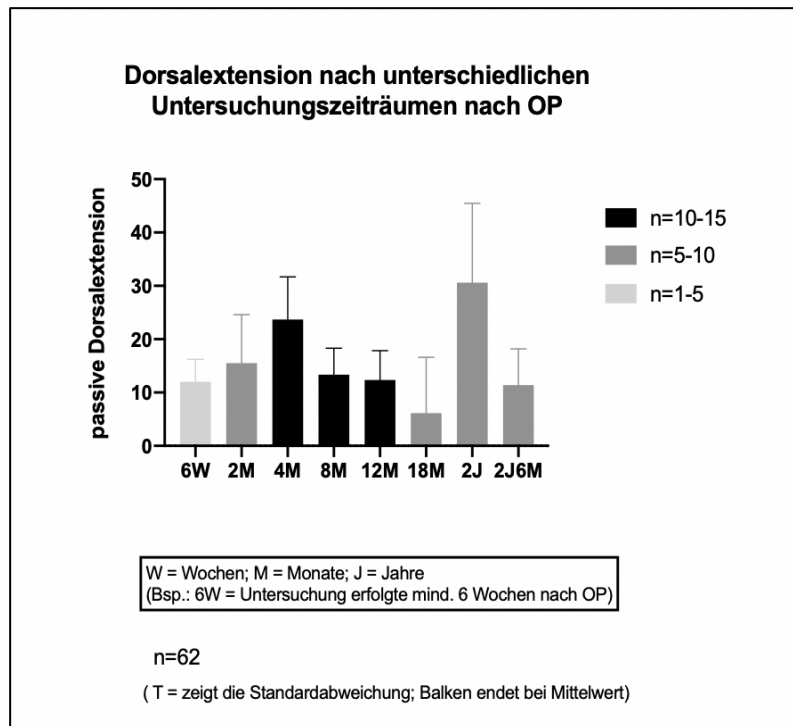


Abb. 25 – Untersuchungszeiträume

Ergebnisse

Orthesennutzung (Abb. 26)

Das Tragen der Tag- und Nachtorthesen konnte trotz Empfehlung aus unbekanntem Gründen nicht bei allen Patienten eingehalten werden. Viele Patienten (n=21) trugen sowohl eine Tag- als auch eine Nachtorthese regelmäßig. Das bedeutet, die Orthesen wurden beide für mindestens 2 Monate, mindestens 5x/Woche und die Tagorthese mindestens 5 Stunden am Tag getragen, ansonsten wird die Nutzung als unregelmäßig eingestuft. Bei 14 Patienten wurde entweder die Tagorthese oder die Nachtorthese unregelmäßig oder gar nicht genutzt. Die dritte Patientengruppe (n=8) berichtet von einer unregelmäßigen oder keiner Nutzung beider Orthesen.

Vergleicht man die regelmäßige Verwendung beider Orthesen (Abb. 26; orange) mit der dritten Gruppe (Abb. 26; blau), so ist ein signifikanter Unterschied (** (0,0087) bei $p < 0.05$) zu erkennen. Der Unterschied in der passiven Dorsalextension der Gruppen untereinander zeigt keine Signifikanz (Abb. 26; ns= non significant). Ein Unterschied in den Mittelwerten ist deutlich zu sehen (Abb. 26; Mittelwert Gruppe 1: 19° , Gruppe 2: $15,1^\circ$, Gruppe 3: $8,9^\circ$).

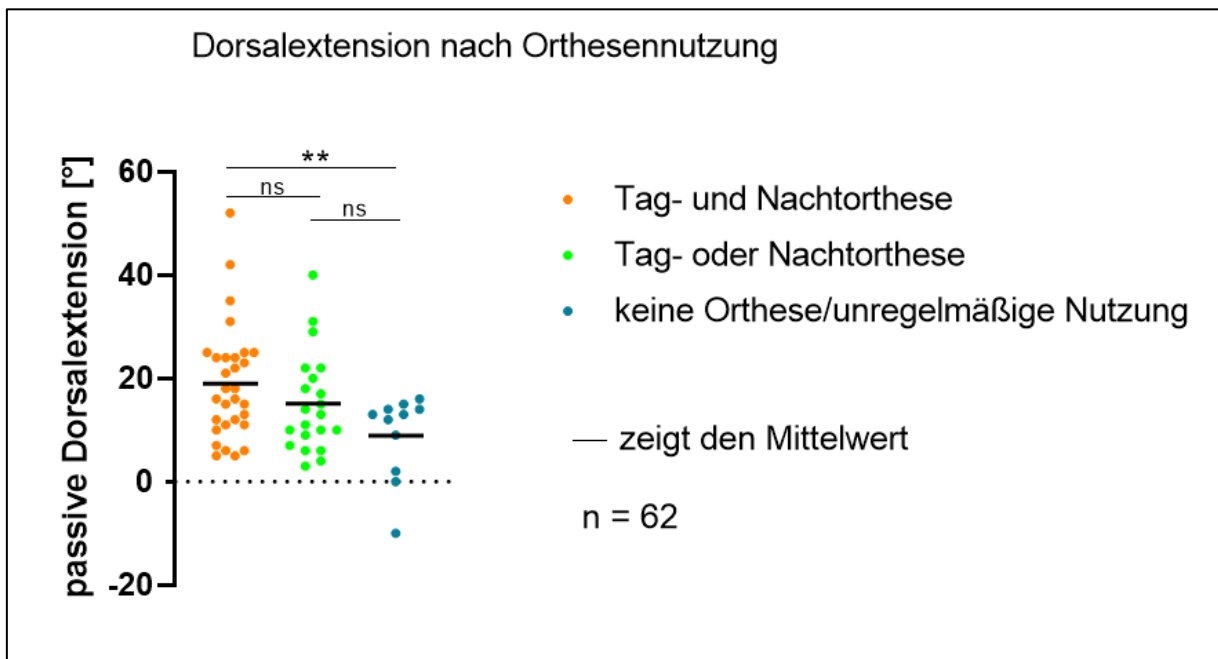


Abb. 26 – Orthesennutzung

Ergebnisse

Krankengymnastik (Abb. 27)

Die meisten Patienten haben 2x/Woche die Physiotherapie besucht. Vergleicht man die Patientengruppen mit unterschiedlicher Therapieintensität, ist kein signifikanter Unterschied erkennbar. Die letzte Gruppe mit hoher Intensität von >2x/Woche (Abb. 27; grün) ist mit einem Mittelwert von 21° gegenüber dem Mittelwert der ersten Gruppe mit keiner Physiotherapie (Abb. 27; orange, 15,8°) erhöht. In der ersten Gruppe wurden Patienten eingeschlossen, die nur in den ersten postoperativen Tagen bis wenigen Wochen Krankengymnastik erhielten.

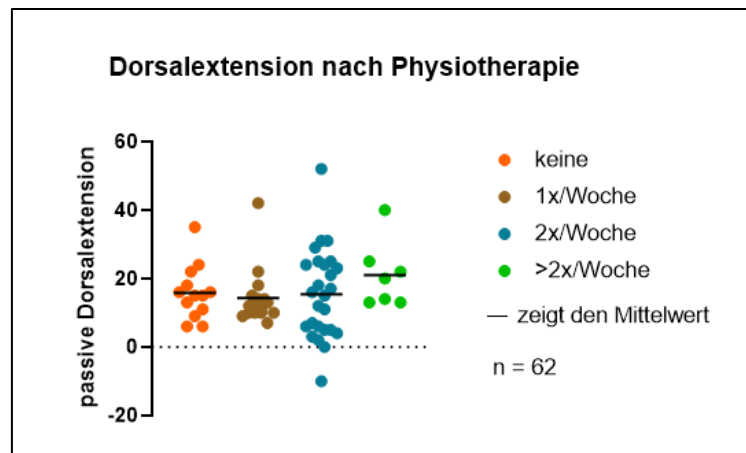


Abb. 27 – Krankengymnastik

Unterschenkelcast

Der Unterschenkelcast wurde standardmäßig für 3-4 Tage getragen. Da die Anfertigung der Orthesen manchmal länger dauerte als erwartet, wurden wenige Casts auch bis zu zwei Woche getragen. In sehr seltenen Fällen wurde der Cast erst nach 6 Wochen entfernt, ein Einfluss auf das Operationsergebnis konnte nicht festgestellt werden. Der Vorteil der Orthesen in diesem frühen Zeitraum ist das frühzeitige Lauftraining und die bequemere bzw. handlichere Ruhigstellung für den Patienten.

Spastischer Muskeltonus und Muskelkraft

Muskeltonus (Abb. 28)

Der postoperative Muskeltonus liegt bei den einseitigen Spitzfußläufern einseitig im Schnitt bei ca. 1,4 (Ashworth Scale: 0= kein erhöhter Tonus; 3= stark erhöhter Tonus). Bei den beidseitigen Vorfußläufern liegt der durchschnittliche Muskeltonus beidseits

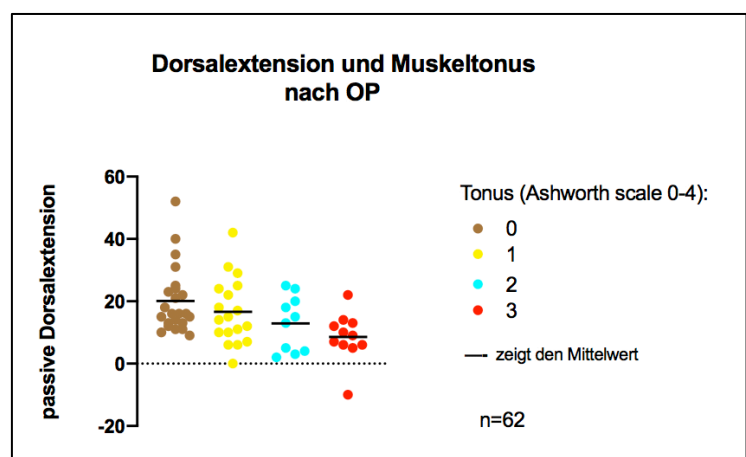


Abb. 28 – Dorsalextension und Muskeltonus

bei 0,9. Die passive Dorsalextension wird in Abhängigkeit vom Muskeltonus eindeutig schlechter (Abb. 28). Die Patienten mit idiopathischem Spitzfuß und schwächerer ICP

Ergebnisse

Ausprägung haben mit einem geringeren Muskeltonus eine sehr gute Dorsalextension. Auch Patienten mit höherem Tonus zeigen gute Ergebnisse von einer durchschnittlichen postoperativen Sprunggelenksmobilität von 8,5°.

Muskelkraft (Abb. 29)

Die Gastrocnemiuskraft der einseitigen Vorfußläufer liegt im Durchschnitt auf der kranken Seite bei 3,9 (Kraftgrad nach Janda: 0=keine Kraft, 5= volle Kraft vorhanden). Die Kraft der beidseitig operierten

liegt bei 4,7. Die Patienten mit idiopathischem Spitzfuß haben einen

Kraftgrad von 5. Jeder Kraftverlust im M. Gastrocnemius ist mit einer grundlegenden Erkrankung assoziiert. In der Abbildung 29 ist die Gastrocnemiuskraft in Abhängigkeit von der Dorsalextension dargestellt. Eine Patientin verstand die Aufforderung der aktiven Dorsalextension durch ihr sehr junges Alter nicht und wurde somit aus der Auswertung rausgenommen (n=61).

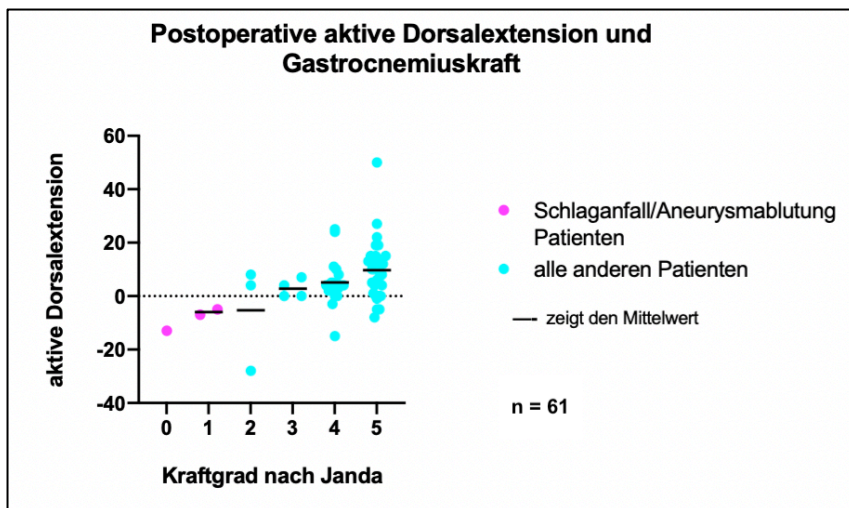


Abb. 29 – Gastrocnemiuskraft

Gangbild (Abb. 30)

Ein physiologisches Gangbild setzt den Bodenkontakt der Ferse und ein natürliches Abrollen des Fußes voraus. Im folgenden Diagramm ist der Anteil aller behandelten Füße mit Fersen-Bodenkontakt, Abrollmöglichkeit und Rezidiven dargestellt. Ein Rezidiv wird dabei als Tendenz wieder auf dem Vorfuß zu laufen definiert, und zwar unabhängig von der Dorsalextension. Das Rezidiv kann außerdem auch durch eine Dorsalextension von weniger als 0° entstehen.

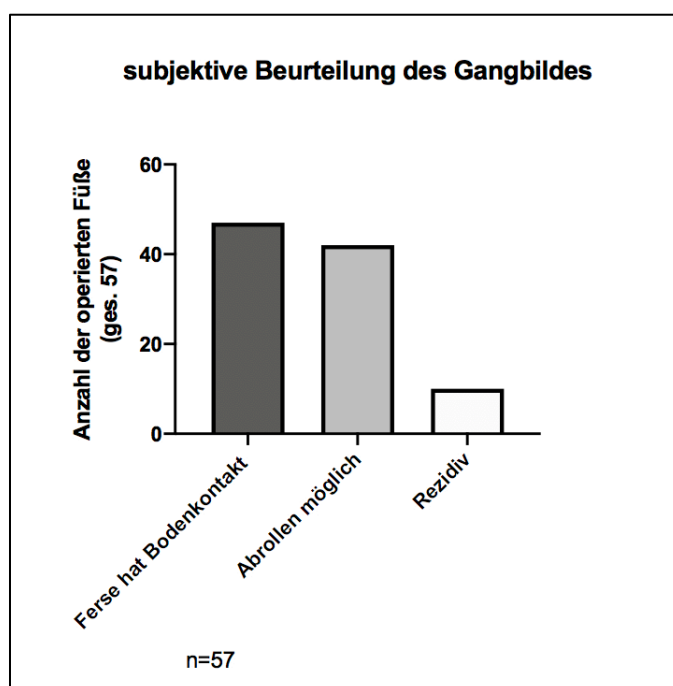


Abb. 30 – Gangbild

Ergebnisse

In 5 Fällen (3 Patienten, 8%) ist das Laufen zum Untersuchungszeitpunkt nicht möglich gewesen (immobil im Rollstuhl), somit wurden von dem Gesamtkollektiv 5 abgezogen (n=57). Von diesen 5 gab es kein Spitzfußrezidiv. In 13 (21%) Fällen benötigen die Patienten Hilfsmittel zum Gehen (Rollator, Walker, Gehstock...), der Bodenkontakt der Ferse ist dennoch bei 12 von 13 Fällen vorhanden und ein Abrollen des Fußes bei 8 von 13 möglich. Von den insgesamt 18 Fällen (Rollstuhl oder Hilfsmittel nötig) sind alle pathologischen Gangbilder auf eine grundlegende Erkrankung zurückzuführen, diese traten demnach auch schon vor der Operation auf.

In 47 Fällen ist postoperativ ein Fersen-Boden-Kontakt vorhanden. Die restlichen 10 Fälle zeigen wieder ein leichtes Vorfußlaufen, dabei ist die passive Dorsalextension bei 7 von 10 über 10° möglich. In 9 von 10 Fällen kommt es wieder zu einem leicht federnden Gang. Insgesamt ist nur 1 Rezidiv auf eine postoperative Dorsalextension von unter 0° zurückzuführen. Rezidive treten vor allem bei Spitzfußpatienten mit idiopathischer Ursache auf.

Bei 42 der operierten Spitzfüße ist das Abrollen des Fußes wieder möglich. Der Rest der Patienten kann das Abrollen bei starker Ausprägung der Erkrankung durch fehlende Muskelkraft nicht mehr kompensieren. Dies entsteht zum Beispiel durch einen Fallfuß (v.a. bei Schlaganfall oder ausgeprägter ICP) und führt damit zu einem Steppergang. Hier kann der Fuß dennoch durch ein gutes Operationsergebnis während der Standphase gedehnt werden.

Komplikationen

Kein Patient oder OP-Bericht gibt Komplikationen während der Operation an.

Milde postoperative Komplikationen wurden bei 16 Patienten (n=23 Füße) festgestellt.

Schmerzen (Abb. 31)

Postoperative Schmerzen wurden während der Anamnese abgefragt. Diese beziehen sich nur auf die operierte Wade und den Bereich der Achillessehne. 9 Patienten (15%, n=13 Füße) klagen über **leichte** Schmerzen in Ruhe, nach

längerem Gehen oder intensiver sportlicher Aktivität. 3 Patienten wurden aufgrund ihres jungen Alters ausgeschlossen (n= 59).

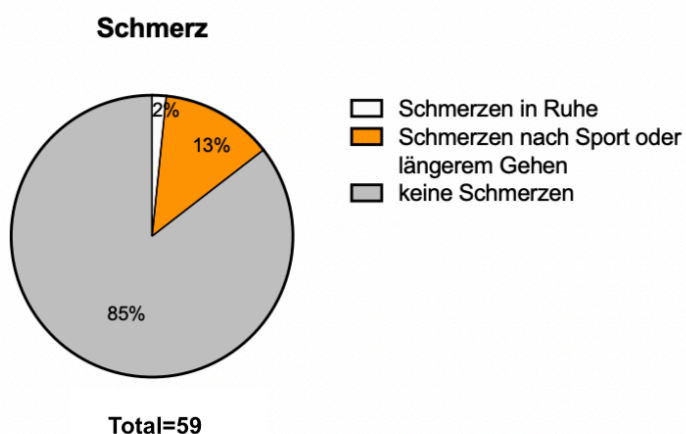


Abb. 31 – Schmerz

Ergebnisse

Sensibilitätsstörungen

(Abb. 32)

Postoperative

Sensibilitätsstörungen

beziehen sich auf das Versorgungsgebiet des N. suralis (siehe S. 4; Abb.7).

7 Patienten (n=8 Füße; 14%) empfinden in diesem Bereich unterschiedliche Sensibilitätsstörungen.

Auch hier wurden dieselben 3 Patienten aufgrund ihres jungen Alters ausgeschlossen (n= 59).

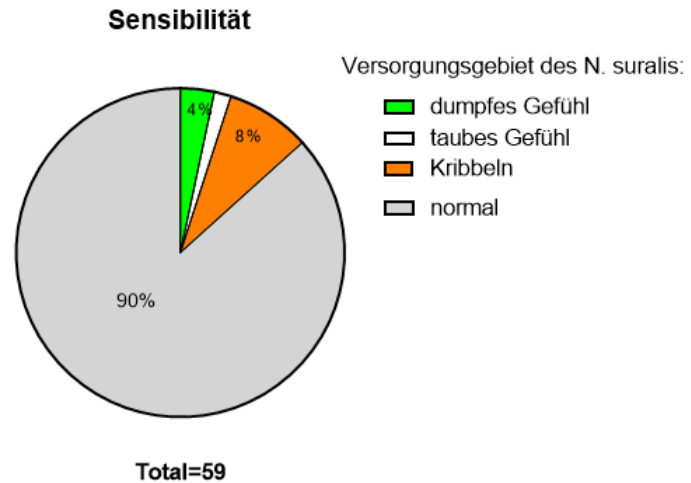


Abb. 32 – Sensibilität

Narbenentwicklung

(Abb. 33)

Die Operationsnarbe der Patienten ist insgesamt sehr gut verheilt. 8% der Fälle klagen über einen leichten Druckschmerz über der Narbe. 10% der Narben sind leicht verhärtet.

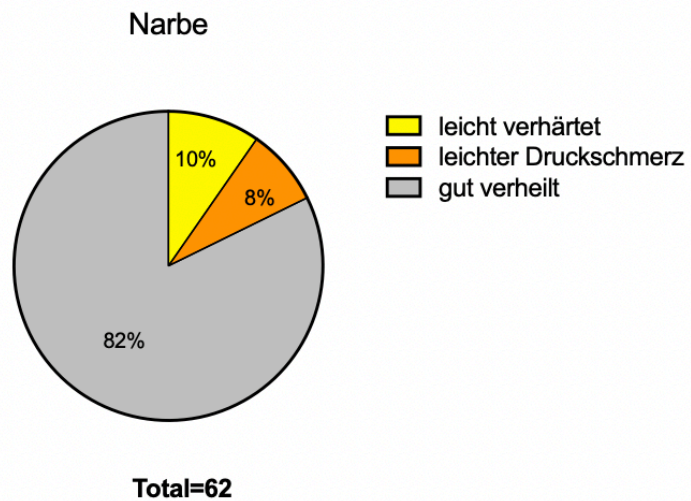
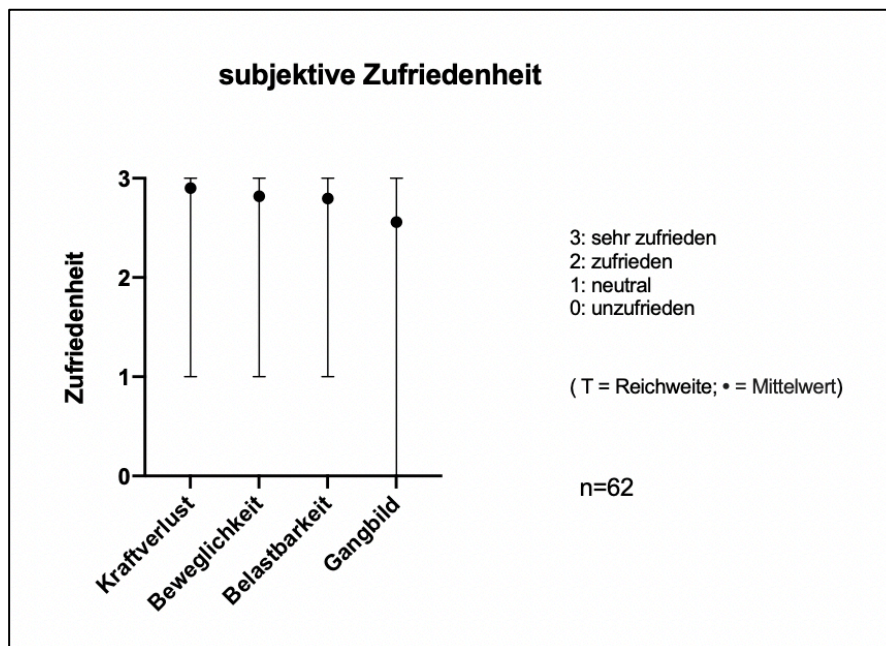


Abb. 33 – Narbe

Ergebnisse

Patientenzufriedenheit

Die Zufriedenheit der Patienten wurde mit einer Skala von 0-3 bezogen auf Kraftverlust, Beweglichkeit, Belastbarkeit und Gangbild abgefragt. Zu beachten ist, dass die Zufriedenheit auf jeweils ein Operationsergebnis bezogen ist, sodass



beidseitig operierte Patienten jeweils 2 Bewertungen abgeben durften. In 5 Fällen erfolgte keine subjektive

Abb. 34 – Subjektive Zufriedenheit der Patienten

Beurteilung der Belastbarkeit und des Gangbildes, da in 5 Fällen die Patienten im Rollstuhl saßen. Bei sehr jungen Patienten bewerteten die Eltern das Operationsergebnis.

Der subjektive Kraftverlust aller operierten Waden wird mit einem Mittelwert von 2,9 beurteilt. Die Patienten sind mit einer durchschnittlichen Bewertung von 2,8 mit der Beweglichkeit und Belastbarkeit des oberen Sprunggelenkes sehr zufrieden. Mit einer durchschnittlichen Bewertung von 2,6 wird auch das Gangbild als ein gutes subjektives Ergebnis eingestuft (Patienten im Rollstuhl wurden hierzu nicht befragt). Insgesamt sehen 4 Patienten weder eine Besserung noch eine Verschlechterung ihres Gangbildes (neutral), mit der Sprunggelenksmobilität, Kraft und der Belastbarkeit sind sie aber zufrieden. Eine Patientin ist bei einer Dorsalextension von -10° mit ihrem Gang und der Sprunggelenksmobilität unzufrieden.

Insgesamt sind ca. 63% der Patienten mit dem jeweiligen Operationsergebnis sehr zufrieden. Ca. 35% sind zufrieden, ca. 9% aller Patienten (unter anderem ein im Rollstuhl sitzender Patient) sind neutral und ca. 2% (eine Patientin) sind mit ihrem Gesamtergebnis unzufrieden.

Diskussion

Sprunggelenksmobilität- Dorsalextension

Für ein physiologisches Gangbild ist eine Dorsalextension von mindestens 5° notwendig. Das Erreichen dieses Wertes ist daher das primäre Ziel der Operation. Im untersuchten Kollektiv wurden im Durchschnitt 15,9 +/- 10,6° erreicht. Ähnliche Ergebnisse sind von anderen Gruppen berichtet worden, obwohl es insgesamt wenig Literatur über die Anwendung der Prozedur gibt [54].

Im Einklang mit der vorhandenen Literatur erscheint das Verfahren jedoch sehr effektiv. In der vorliegenden Nachuntersuchung wurde die Dorsalextension nicht nur direkt nach der Operation, sondern auch mit deutlicher zeitlicher Verzögerung und beim wachen Patienten untersucht. Es kann hervorgehoben werden, dass die später gemessenen Werte die postoperativen sogar noch übertreffen. Der Grund dafür könnte in der konsequenten Nachbehandlung liegen, die im untersuchten Verfahren immer angestrebt wurde.

Das Ergebnis aus Abbildungen 20 und 21 unterstreichen das Ziel der Operation: eine bessere Mobilität im Sprunggelenk, sowie eine durchschnittliche Dorsalextension von mindestens 5° postoperativ. Insgesamt kann in 92% aller Fälle eine passive Dorsalextension von mindestens 5° erreicht werden und bei 76% eine Sprunggelenksmobilität von mindestens 10°. In der Abbildung 20 (n=47) erreichen 77% eine bessere Dorsalextension in der Nachuntersuchung als in der OP nach dem Schnitt, dies kann auf die Nachbehandlung zurückzuführen sein.

Fast jedes unzureichende Ergebnis (Dorsalextension von unter 5° oder Patientenunzufriedenheit) kann mit einer unregelmäßigen Orthesennutzung assoziiert werden. Auch in Abbildung 26 wird der Einfluss der Orthesennutzung auf das Ergebnis deutlich, die regelmäßige und langanhaltende Dehnung der Wade scheint eine große Rolle zu spielen.

Vergleich zur Baumann-Technik

Bei der Operation nach Baumann wird die Aponeurose des M. Gastrocnemius durchtrennt. Die Muskelfasern werden durch Faserdehnung verlängert, somit verliert der Muskel nicht an funktioneller Länge und es kommt zu keinem Kraftverlust. [45][24]

Einige Studien zeigen eine Verbesserung der postoperativen Dorsalextension nach der Baumann-Operation: Herzenberg und seine Kollegen konnten mithilfe einer Kadaver-Studie an gesunden Erwachsenen eine verbesserte Dorsalextension des OSG bei Kniestreckung messen. Hier gelang eine Verbesserung nach 1. Gastrocnemius-Schnitt um 8° und nach 2. Gastrocnemius-Schnitt um insgesamt 14° (durchschnittlich präoperativ bei 1° und postoperativ bei 15°). Ähnliche Ergebnisse zeigt die Studie von Rong und Kollegen, in der eine

Diskussion

postoperative Dorsalextension, hier jedoch an lebendigen Patienten, nach einer Baumann-Prozedur bei Kniestreckung um $13,6^\circ$ verbessert werden konnte. [24][52]

In der Langzeitstudie nach Svehlik, Kraus und Kollegen wurden 18 Kinder mit diplegischer ICP über 10 Jahre beobachtet. Die maximal gemessene Dorsalextension im oberen Sprunggelenk lag präoperativ durchschnittlich bei $-6,4^\circ$ und 10 Jahre nach der Operation bei durchschnittlich $9,1^\circ$, dabei ergibt sich eine Verbesserung der Dorsalextension bei gestrecktem Kniegelenk um $15,5^\circ$. [35]

Dreher, Buccoliero und Koll. zeigen nach einer Langzeitstudie von 44 diplegischen, mit der Baumann-Prozedur operierten Patienten, eine Verbesserung der Dorsalextension bei gestrecktem Knie von -3° auf 8° ein Jahr nach der Operation. Hier wurde jedoch bei 41% der Patienten zusätzlich die Soleusaponeurose inzidiert [50].

Baumann selbst konnte eine Verbesserung der Dorsalextension bei gestrecktem Knie von durchschnittlich -21° präoperativ auf durchschnittlich 6° unmittelbar nach der Operation messen [45].

Ein Vorteil der Baumann-Prozedur ist die Möglichkeit einer kontrollierten, sequentiellen Verlängerung durch mögliche multiple Inzisionen in der Gastrocnemiusaponeurose. Außerdem bleibt die Aponeurose des M. Soleus intakt. Darüber hinaus ist die Methode nicht so invasiv und kompliziert wie die Strayer-Prozedur. [24][35]

Vergleich zur Strayer-Prozedur

Die Erhebungen von Studienergebnissen der Strayer-OP und der Vulpius-OP gestalteten sich im Gegensatz zur Baumann-Methode weitaus schwieriger, da hier bisher nur wenige Publikationen veröffentlicht wurden. [53][14]

Bei der Operation nach Strayer wird auf dem 3. anatomischen Level die Aponeurose des M. Gastrocnemius durchtrennt [24]. Auch bei der Strayer-Prozedur konnte eine signifikante Verbesserung der Dorsalextension gemessen werden [55]. Duthon und Kollegen beobachteten eine Verbesserung der durchschnittlichen Dorsalextension um 13° (von -6° auf 7°) [56].

Die aktuelle Studie von Holtmann untersuchte 64 operierte Waden im Verlauf nach durchschnittlich 30,5 Monaten nach der Operation. Hier gelang eine verbesserte Dorsalextension im OSG um durchschnittlich $13,3^\circ$ (von $1,9^\circ$ auf $15,2^\circ$). [54]

Vergleich zur klassischen Vulpius-Prozedur

Bei der Methode nach Vulpius und Stoffel wird auf dem 2. anatomischen Level sowohl die Aponeurose des M. Gastrocnemius als auch des M. Soleus verlängert [14][24].

Diskussion

Tinney und Koll. führten eine retrospektive Studie mit 26 operierten Kindern mit Hemiplegie und Diplegie durch. Hier verbesserte sich die durchschnittliche Dorsalextension der hemiplegischen Kinder um $24,5^\circ$ (von $-16,4^\circ$ zu $8,1^\circ$) und der diplegischen Kinder um $28,5^\circ$ (von $-21,3^\circ$ zu $7,2^\circ$). [14]

Takahashi und Koll. konnten mit ihrer Studie die Dorsalextension des OSG von 140 operierten Patienten beobachten. Hier gelang eine verbesserte Sprunggelenkmobilität um 10° (von $1,5^\circ$ auf $11,5^\circ$). [37]

Unsere Operationsmethode am UKSH ist eine modifizierte Form der Vulpius-Prozedur. Die Patienten von Tinney und Co. und des UKSH zeigen im Vergleich zu bisher publizierten Studien die mit Abstand größte Verbesserung in der Dorsalextension (UKSH durchschnittlich um 24° verbessert). Desweiteren konnten die Patienten vom UKSH mit einer durchschnittlichen postoperativen Dorsalextension von $15,9^\circ$, im Vergleich zu den beschriebenen Studien, das bisher beste Ergebnis erzielen. [14]

Der Silferskjöld Test wird bei der klassischen Vulpius-Methode als wichtiger Indikationsfaktor betrachtet [14]. Anhand unserer Ergebnisse kann man feststellen, dass der Operationserfolg unabhängig von einem negativen Silferskjöld Test ist, da auch viele unserer Patienten präoperativ keinen negativen Silferskjöld Test vorweisen. Hier erwies sich die Durchtrennung der Soleusaponeurose ohne Überkorrektur jedoch als sinnvoll und erfolgreich. Die Durchtrennung beider Aponeurosen mithilfe der modifizierten Vulpius-Methode am UKSH setzt demnach keinen negativen Silferskjöld Test voraus (siehe S. 16).

Altersabhängigkeit

Die intramuskuläre Wadenmuskulaturverlängerung des UKSH kann in jedem Alter erfolgen, auch ältere Patienten zeigen hier sehr gute Ergebnisse (Abb. 23). Die in der Abb. 23 (S.23) insgesamt schlechtere OSG-Beweglichkeit mit zunehmendem Alter, ist physiologisch bedingt. Ältere Patienten mit Hemiparese (durch Schlaganfall oder Aneurysmablutung) leiden oft neben einem spastischen Spitzfuß unter einem zusätzlichen Fallfuß. Hier kann der Gang mithilfe einer intramuskulären Wadenmuskulaturverlängerung trotz Fallfuß positiv beeinflusst werden (Abb. 24), die Schwungphase bleibt aber schwierig. Die Standphase fällt den Patienten jedoch durch die bessere Dorsalextension um einiges leichter.

Bei der modifizierten Vulpius-Methode wird auch bei sehr jungen Patienten die Indikation für die Operation großzügig gestellt. Der kindliche Fuß ist mit mehr Lernpotential viel flexibler und besser adaptierbar [34].

Vergleich zur Baumann-Technik

Baumann betont bei seiner Methode die Altersabhängigkeit, er bevorzugt die Durchführung der Operation nach Abschluss des Wachstums, da das Muskellängenwachstum durch den Eingriff bzw. die Narbenbildung beeinflusst werden kann. [45]

Grundlegende Erkrankung

Die operative Methode von Dr. Diedrichs und Prof. Dr. Lippross am UKSH kann unabhängig von der Ausprägung des Spitzfußes bzw. der grundlegenden Erkrankung erfolgen. Hier kann die Operation auch bei Patienten mit stark ausgeprägtem Muskeltonus eine sehr gute passive Dorsalextension bewirken (Abb. 29). In Abbildung 24 ist zu erkennen, dass dem 59-jährigen Patienten mit Schlaganfall, mit trotz stark ausgeprägter Hemiparese, eine Verbesserung der Dorsalextension im OSG von -10° auf 6° gelingt. Auch die 6-jährige Patientin mit Spina bifida zeigt mit schwerer Behinderung und ohne die Fähigkeit laufen zu können, eine Verbesserung von 0° auf 6° .

Untersuchungszeiträume

Die Nachuntersuchung fand zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Operation statt. Dies hat den Vorteil, dass hier langfristige Ergebnisse bis zu 3 Jahren beurteilt werden können, andere Operationsergebnisse werden jedoch recht früh postoperativ beurteilt. Hier gibt es kein einheitliches Schema.

Nachbehandlung

Krankengymnastik

Intensive Krankengymnastik kann das Operationsergebnis verbessern (Abb. 27), andererseits ist der Einfluss unterschiedlicher Häufigkeiten von Physiotherapie auf die Dorsalextension nicht so deutlich, wie die der Orthesennutzung. Eine Korrelation eines verbesserten Gangbildes und intensiver Physiotherapie kann nicht hergeleitet werden. Einige der Patienten mit intensiver Krankengymnastik sind an einen Rollstuhl gebunden. Viele Patienten zeigen bei mäßig intensiver Physiotherapie ein ebenso gutes Gangbild wie andere mit intensiver Krankengymnastik.

In der Abbildung 27 sehen wir Patienten, die ohne Physiotherapie trotzdem ein gutes Ergebnis zeigen. Diese Patienten haben postoperativ nur für einige Tage Krankengymnastik erhalten. Einige darunter hatten bereits präoperativ einen weniger stark ausgeprägten Spitzfuß und früh postoperativ ein physiologisches Gangbild.

Hier sollte demnach noch einmal deutlich festgehalten werden, dass die Ergebnisse nicht allgemein gegen eine Physiotherapie sprechen. Auch die bisher einschlägige Literatur beweist

den unterstützenden Effekt auf die Dehnung der Wadenmuskulatur und die Tonusreduktion [30][5][22].

Orthesennutzung und Unterschenkelcast

Allgemein wird bei allen Methoden versucht, die Wade mithilfe eines Castes, einer Nachtschiene und einer Orthese bei frühzeitiger Mobilisation für mindestens 2 Monate zu dehnen. Diese Nachbehandlung zeigt überall bei geringer unterschiedlicher Modifikation ein sehr gutes Ergebnis im Verlauf.

Regelmäßige Orthesennutzung kann das Ergebnis deutlich verbessern (Abb. 26). 5 Patienten sorgen für einen unerwarteten guten Durchschnitt mit unregelmäßiger Orthesennutzung. Ein Patient mit Spitzhohlfüßen erreicht ein Ergebnis von 13° und 14°, hier wurden die Orthesen zu Beginn für einige Tage getragen, aus unbekanntem Gründen jedoch früh nicht mehr verwendet. Dieser Patient trug auch bereits vor der Operation keine Orthesen, die OP-Indikation beruhte auf die bereits progrediente anatomische Veränderung der Füße. Drei weitere Patienten mit einer postoperativen Dorsalextension von 16°, 12°, 14° und 13° trugen ihre Tag- und Nachtorthesen nur für 4-6 Wochen streng regelmäßig. Der letzte Patient (15°) besitzt angefertigtes, sehr stabiles Schuhwerk, welche mit einer Tagorthese vergleichbar ist.

Nach der Wadenmuskulaturverlängerung am UKSH kann bei 47 behandelten Füßen im Durchschnitt eine verbesserte Dorsalextension um 4,2° nach erfolgter Nachbehandlung gemessen werden. 12 (23%) dieser 47 Füße zeigen eine in der Nachuntersuchung gemessene schlechtere Dorsalextension als im Operationssaal nach dem Schnitt beschrieben. Von diesen 12 Fällen sind 9 nach regelrechter Nachbehandlung mit dem Gesamtergebnis sehr zufrieden. Bei den restlichen 3 findet sich eine nicht regelrechte Orthesennutzung. (Abb. 20; S. 21)

Vergleich zur Baumann-Technik

Die Nachbehandlung wird in einigen Studien unterschiedlich beschrieben. Baumann selbst legt einen Redressionsgips für 8 Tage mit zusätzlich angebaute Kniestreckschiene (vom distalen Unterschenkel zum proximalen Oberschenkel reichend) an, danach wird eine US-Orthese für mindestens ein Jahr verordnet [45]. Bei Svehlik, Kraus und Kollegen bekamen die Patienten nach der Operation nach Baumann einen Unterschenkel-Cast für 3 Wochen und danach eine Versorgung mit Sprunggelenks- oder Unterschenkelorthese und zusätzlich 3-6 Wochen Physiotherapie mit Gehtraining im Krankenhaus [35]. Rong und Koll. verschreiben einen Redressionscast für 2 Wochen mit frühzeitiger Mobilisation, um die Wade dann mit einem speziellen Schuh für mindestens ein Jahr zu dehnen. Dreher und Koll. nutzen den Unterschenkelcast für 4-5 Wochen mit früher Mobilisation, sowie eine kurze

Diskussion

Sprunggelenkstagorthese mit Gelenk und eine Nachorthese in Neutralposition für ein Jahr [50].

Vergleich zur Strayer-Prozedur

Holtmann versorgte die Patienten 2 Wochen mit einem Unterschenkelgips und anschließend mit einer nächtlichen Orthese. Seine Patienten konnten nach der Strayer-OP eine durchschnittliche postoperative Dorsalextension von $15,2^\circ$ erzielen. Die durchschnittliche präoperative Dorsalextension lag jedoch schon bei $1,9^\circ$, was dazu beitragen kann, dass hier keine Rezidive beobachtet werden konnten. Angaben zum postoperativen Gangbild gibt es keine. Holtmann verwendet keine Orthesen, unsere Ergebnisse zeigen jedoch eine signifikante Besserung der Dorsalextension bei regelmäßiger Orthesennutzung. Die Orthesen scheinen vor allem bei Patienten mit einer präoperativen Dorsalextension von unter 0° einen großen Einfluss auf die Dorsalextension im Verlauf zu haben. Zusätzlich geben die meisten unserer Patienten an, mit den Orthesen subjektiv eine bessere Stabilität und einen flüssigeren Gang zu haben. [54]

Vergleich zur klassischen Vulpius-Prozedur

Die Nachbehandlung von Tinney und Koll. beinhaltet einen Redressionscast für 6 Wochen und danach eine Umstellung auf Sprunggelenksorthesen, welche nur das Sprunggelenk stabilisieren. Die Sprunggelenksorthese wird für mindestens 12 Monate getragen. Außerdem wird eine frühe Mobilisation angestrebt. [14]

Takahashi und Co. verwenden eine andere Nachbehandlungsmethode. Die Patienten erhielten keinen Cast, sondern eine elastische Bandage für eine Woche. Die Mobilisation wird auch hier schon am 1. postoperativen Tag angestrebt. Danach wurden die Patienten entweder mit einer Unterschenkelorthese oder einer Sprunggelenksorthese versorgt. [37]

Takahashi und Koll. verwenden nach der klassischen Vulpius-Methode eine elastische Bandage statt eines Castes. Hier kann jedoch eine Verbesserung der Sprunggelenksbeweglichkeit um nur 10° beobachtet werden. [37]

Ein mit unserer Studie vergleichbares sehr gutes Operationsergebnis zeigen Tinney und Co., deren Nachbehandlung sehr ähnlich zu unserer Nachbehandlung (6 Wochen Ruhigstellung und danach Umstellung auf Orthesen mit früher Mobilisation) ist. Der positive Einfluss auf das Gangbild wird auch hier deutlich. [14]

Im Vergleich kann festgestellt werden, dass eine Redression des Sprunggelenkes mit einem Unterschenkelcast für einige Tage mit früher Mobilisation sinnvoll ist. Außerdem sollte die

Diskussion

Wade mithilfe einer Knieimmobilisationsschiene für weitere 6 Wochen gedehnt werden. Eine Tag- und Nachorthese sollte schon innerhalb dieser 6 Wochen getragen werden. Optimal wäre eine Orthesennutzung von mindestens 2 Monaten, dabei sollte die Orthese täglich bzw. nächtlich angelegt werden. Um Rezidive vorzubeugen, wird jedoch empfohlen, die Orthesen solange wie möglich zu tragen.

Da alle der operierten Patienten auch mit einer Dorsalextension von 5-10° ein sehr gutes Gangbild zeigen, kann das Operationsziel auf mind. 5° gemindert werden. Auch Firth und Co. schlagen eine postoperative Dorsalextension von mindestens 5° vor [49].

Spastischer Muskeltonus und Muskelkraft

Die Patienten mit idiopathischem Spitzfuß haben alle einen Kraftgrad von 5. Dabei ist jeder Kraftverlust im M. Gastrocnemius mit einer grundlegenden Erkrankung assoziiert. Aus diesem Grund haben Patienten mit geringerer Kraft im M. Gastrocnemius auch eine geringere Kraft im M. tibialis anterior und demnach eine schlechtere aktive Dorsalextension auf der betroffenen Seite, wie zum Beispiel bei Patienten mit Schlaganfall oder Aneurysmablutung (Abb.29).

Vergleich zur Strayer-Technik

Da bei der Strayer-OP, ähnlich wie bei der Baumann-OP, nur die Gastrocnemiusaponeurose durchtrennt wird, bleibt die Kraft des M. Soleus und der Achillessehne erhalten [42].

Jedoch kann durch die Strayer-Methode einerseits die Wadenmuskulatur mehr an struktureller Länge gewinnen und damit eine verbesserte OSG-Beweglichkeit erzielen, andererseits kann aber durch den funktionellen Längenverlust ein postoperativer Kraftverlust des M. triceps surae auftreten [5][45]. Molund und Koll. beschreiben einen Kraftverlust bei 22% ihrer operierten Patienten, welche daraufhin über Probleme beim Treppensteigen und Laufen klagten [53].

Gangbild

Um das Gesamtergebnis beurteilen zu können, spielt das postoperative Gangbild eine große Rolle. Der Gang ist jedoch aufgrund individueller Faktoren, wie Grunderkrankung, Ausprägung, zusätzliche Erkrankungen, die den Gang unabhängig vom Spitzfuß beeinflussen etc. schwer zu beurteilen. Als Kriterium zur Gesamtbeurteilung des Gangbildes legen wir den Fersenkontakt zum Boden und das Abrollen des Fußes fest. Hier konnte mit insgesamt 83% Fersen-Boden-Kontakt und 74% mögliches Abrollen postoperativ ein sehr gutes Ergebnis erzielt werden. Es ist vor allem die Tagorthese von vielen Patienten gelobt worden, da sie zum alltäglichen Gehen eine gute Stabilität und Sicherheit verleiht.

Diskussion

Die vereinfachte Ganganalyse zeigt wie bei den anderen beschriebenen Methoden eine deutliche postoperative Verbesserung mit einer durchschnittlichen Patientenzufriedenheit von 2,6 bei maximal 3.

Vergleich zur Baumann-Operation

Mithilfe der Langzeit-Studie von Svehlik und Co. konnte durch eine 3-D-Ganganalyse die Entwicklung des Gangbildes über 10 Jahre nach der Baumann-Prozedur beobachtet werden. Hier konnte eine bessere Balance, eine verbesserte Dorsalextension während der Schwungphase, ein besseres Timing und ausreichende Muskelkraft sowie Hebelfunktion beobachtet werden. [35]

Vergleich zur klassischen Vulpius-Prozedur

Über die Auswirkung der OP auf den Gang gibt es bisher wenige Studien. Tinney und Koll. beobachteten den Gang ihrer Patienten 3, 6, 9 und 12 Monate nach der Operation mithilfe eines Klassifikationssystems unter Messung von kinematischen und kinetischen Daten. Die Gangfunktion hat sich grundsätzlich stark verbessert, wobei die diplegischen Patienten bessere Ergebnisse aufweisen. [14]

Auch die Studie von Takahashi zeigt eine signifikante Verbesserung des Ganges mit oder ohne Gehhilfsmitteln [37].

Rezidivrate

Die Rezidivrate der UKSH Patienten liegt mit 16% im Vergleich zu den anderen eher im mittleren Bereich. Hier ist jedoch zu betonen, dass ein Rezidiv in der Literatur offiziell erst vorhanden ist, sobald die Dorsalextension nicht mehr über 0° möglich ist. Dies ist in unserer Untersuchung nur bei einer Patientin der Fall (2%), nach dieser Klassifikation wäre unsere Rezidivrate sehr niedrig. Die anderen 14% resultieren aus wieder leichtem Vorfußlaufen mit physiologischer passiver Dorsalextension bei Kniestreckung im Liegen. Diese Patienten sind mit ihrem Gangbild insgesamt trotzdem zufrieden. Eine Korrelation zwischen geringer Orthesennutzung und Rezidivrate ist nicht festzustellen.

Vergleich zur Baumann-Operation

Die Rezidivrate der Baumann-Prozedur ist nicht zu vernachlässigen. Die Literatur gibt eine Rezidivrate nicht-neurologischer Patienten von 10% und neurologischer Patienten von 24% an [36]. Svehlik und Koll. zeigen eine Spitzfußrezidivrate von 23,8%. Auch bei Dreher und Co. traten bei 24% ein Rezidiv auf [50]. Außerdem können M. Soleus und M. Gastrocnemius im Laufe miteinander verwachsen mit der Folge einer mangelhaften Korrektur [45].

Vergleich zur Strayer-Technik

Die Rezidivrate der Strayer-Technik wird in der Literatur kontrovers diskutiert, auch dazu gibt es kaum Publikationen [54]. DeHeer beobachtete eine allgemeine Rezidivrate einer isolierten Gastrocnemiusrezektion von 10-35% [36]. Andere Studien weisen nach einem Follow-up einige Monate nach der Operation, keine Rezidive auf [54]. Auch die Studie von Holtmann beobachtete kein Rezidiv [54].

Vergleich zur klassischen Vulpius-Prozedur

Die Rezidivrate von Tinney und seinen Kollegen liegt bei 15,4% [14]. Takahashi und Koll. konnten jedoch kein Spitzfußrezidiv bei ihren Patienten beobachten [37].

Überkorrekturrate

Im Gegensatz zur Baumann und Strayer-Prozedur ist eine Überkorrektur in den Hackenfuß bei UKSH Patienten nicht beobachtet worden. Dies kann auch auf den geringen Kraftverlust des M. Triceps surae zurückgeführt werden und ist ein starker Vorteil gegenüber den anderen intramuskulären Wadenmuskulaturverlängerungen.

Vergleich zur Baumann-Operation

Die Überkorrektur in den Hackenfuß nach einer Operation sollte unbedingt vermieden werden (s.S. 12). Diese Gefahr wird bei Baumann in der Literatur als gering eingeschätzt [36][45]. Svehlik und Kraus beschreiben in ihrer Studie jedoch eine Überkorrekturrate von 9,5% [35]. Auch bei Dreher, Buccoliero und Koll. konnte bei 10% der operierten Patienten eine Überkorrektur in den Hackenfuß festgestellt werden [50].

Vergleich zur Strayer-Technik

Durch den Kraftverlust ist die Überkorrekturrate in den Hackenfuß bei Strayer höher als bei der Baumann-Prozedur, jedoch immer noch geringer als bei der klassischen Achillessehnenverlängerung [5][36]. Ein Rezidiv kann ein zweites Mal operiert werden, ein Hackenfuß ist jedoch schwer zu therapieren und stellt damit eine problematische Komplikation einer Strayer-OP dar [14].

Vergleich zur klassischen Vulpius-Prozedur

Keiner der Patienten sowohl von Tinney und Koll. als auch von Takahashi zeigen eine postoperative Überkorrektur in den Hackenfuß [14][37].

Komplikationen

Schmerzen

Schmerzen wurden in der Literatur bisher wenig beschrieben. Jedoch klagen ca. 15% der Patienten des UKSH über einen leichten Schmerz im Wadenbereich nach intensiver Belastung oder seltener in Ruhe.

Sensibilitätsstörungen

Eine Sensibilitätsstörung durch Schädigung des N. suralis tritt mit ca. 14% der Fälle am UKSH deutlich seltener auf, als bei der Strayer-OP. Patienten, die mit der klassischen Vulpius Methode operiert wurden, zeigen dagegen keine Sensibilitätsstörungen.

Weitere Komplikationen sind im Gegensatz zur Strayer und Baumann-Methode selten. Bis auf einer leicht verhärteten Narbe bei ca. 10% der am UKSH operierten Waden, wurden weder Wundheilungsstörungen noch Wachstumsstörungen beobachtet.

Vergleich zur Baumann-Operation

Auch bei der Baumann-Operation können eine Schädigung des N. saphenus und der V. saphena magna, sowie Sensibilitätsstörungen aufgrund von Nervenschädigung auftreten [45].

Vergleich zur Strayer-Technik

Bei der Strayer Prozedur leiden die Patienten postoperativ oft unter einer Suralisnerv-Neurapraxie [40][39]. Bei ungefähr 57% der Patienten liegt der N. suralis hinter der zu operierenden Aponeurose, dadurch ist der Nerv auf den ersten Blick schwer zu identifizieren und es kann somit leicht zu Verletzungen kommen [39]. Holtmann konnte eine N. suralis Schädigung bei 33% ihrer Patienten beobachten [54].

Vergleich zur klassischen Vulpius-Prozedur

Eine Schädigung des N. suralis konnte bei Tinney und Co. nicht beobachtet werden [14]. Auch bei Takahashi und Koll. gibt es keine postoperativen Komplikationen wie Wundheilungsstörungen oder Infektionen [37].

Narbenentwicklung

Die Operationsnarben der Patienten sind insgesamt sehr gut verheilt. Nur 10% der Narben sind leicht verhärtet.

Vergleich zur Baumann-Operation

Vorteil bei der Baumann Prozedur ist die Entwicklung der Narbe, die Haut ist an der proximalen Wade um einiges dicker als distal, somit zieht sich die Narbe proximal nicht so stark ein und

Diskussion

verhärtet nicht so schnell mit einem besseren kosmetischen Ergebnis. Die Länge der Narbe kann jedoch bis zu 12cm reichen und ist damit im Vergleich zu anderen Methoden recht lang. [24]

Vergleich zur Strayer-Technik

Postoperative Komplikationen werden bei der Strayer-OP öfter diskutiert. Hier kommt es oft zu Wundheilungsstörungen sowie Verhärtungen und Einziehungen der Operationsnarbe [36][54]. Auch Mollund und Koll. beschreiben eine Komplikationsrate von 38% [53]. Wie bei der Baumann-Prozedur, kann auch hier während der Wachstumsphase eine Verwachsung bzw. Narbengewebe das Längenwachstum beeinträchtigen [38].

Damit eine retrospektive Analyse aussagekräftig bleibt, sollte der individuelle Funktionsstatus mithilfe von Scores erhoben werden, die Datenerhebung sollte standardisiert erfolgen und detaillierte OP- und Nachbehandlungsberichte sollten zur Verfügung stehen bzw. erhoben werden [51]. Dies sind klare Stärken dieser Studie: Standardisiertes Nachuntersuchungsverfahren mithilfe von Fragebögen und Untersuchungsbögen, einheitliche Bewertungen mithilfe von Scores, eine umfassende Datenerhebung durch OP-Berichte, Aufnahmebefunde und Arztbriefe. Der größte Vorteil der Beurteilung dieser Studie ist die einheitlich durchgeführte, standardisierte Behandlung und Nachbehandlung der Patienten, dadurch können die Operationsergebnisse gut miteinander verglichen werden.

Die Schwächen dieser Studie sind das Fehlen der Ganganalysen vor der Operation und die nicht standardisierte, subjektiv bewertete Ganganalyse ohne Score nach der Operation. Außerdem wurde die Messung der Dorsalextension prä- und postoperativ von 2 verschiedenen Untersuchern durchgeführt, welche aber beide mit derselben Methode (Neutral-Null-Methode mit Winkelmessgerät) gemessen haben. Da intramuskuläre Wadenmuskulaturverlängerungen oft durch die vielseitige Erkrankung der Infantilen Zerebralparese in Kombination mit anderen gesundheitlichen Problemen auftreten, gibt es viele Faktoren, die das Operationsergebnis beeinflussen können. Diese Faktoren sind schwer herauszukristallisieren und erfordern oft eine subjektive, aber möglichst einheitliche Einschätzung des Untersuchers.

Zusammenfassung

Der Spitzfuß ist mit einer maximalen Dorsalextension von unter 0° eine weit verbreitete Fußdeformität und kann sich erheblich auf den Gang und Alltag auswirken. Die neurogenen Spitzfüße entstehen vor allem durch einen spastisch erhöhten Muskeltonus der Wade, welcher mithilfe einer Wadenmuskulaturverlängerung gedehnt werden kann. Aufgrund von wenigen Publikationen und unterschiedlichen Operationsmethoden gibt es bis heute jedoch keine Einigung für eine standardisierte operative Spitzfußbehandlung. Ein gutes Ergebnis einer Wadenmuskulaturverlängerung beinhaltet dabei eine bessere postoperative Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk, möglichst ohne Kraftverlust der Wadenmuskulatur, sowie ein verbessertes Gangbild.

Die intramuskuläre modifizierte Wadenmuskulaturverlängerung nach Vulpius wird seit einigen Jahren am UKSH durchgeführt. Hier werden vor allem neurogene Spitzfüße von Kindern und Erwachsenen mit Infantiler Zerebralparese oder Schlaganfall behandelt. Auch idiopathische Spitzfüße werden nach Ausschöpfung aller konservativen Möglichkeiten operiert.

Mithilfe einer retrospektiven Analyse von 44 am UKSH operierten Patienten können sehr gute Ergebnisse der postoperativen Sprunggelenksmobilität beobachtet werden. Vor allem im Vergleich zur einschlägigen Literatur ist die modifizierte Operation nach Vulpius mit einer durchschnittlichen postoperativen Dorsalextension von $15,9^\circ$ und einer Verbesserung um insgesamt 24° anderen Methoden überlegen. Die Nachbehandlung erfolgt bei allen Operationsmethoden ähnlich. Hier sollte für einige Tage ein Redressionscast angelegt werden mit einer folgenden Ruhigstellung und Dehnung der Wade mit einer Tag- und Nachthorse, sowie einer nächtlichen Kniemobilisationsschiene für 6 Wochen. Wichtig ist eine Ruhigstellung für mindestens 6 Wochen, die Orthesennutzung sollte währenddessen und auch danach noch einige Monate kontinuierlich folgen, bei ausgeprägter Grunderkrankung auch lebenslang. Außerdem ist die frühzeitige Mobilisation (1. Postoperativer Tag) eine sehr gute Methode, um eine frühzeitige Muskelatrophie zu verhindern und ein stabiles Gangbild zu fördern.

Mit einer optimalen Verbesserung der Sprunggelenksbeweglichkeit, minimalem bis keinem Kraftverlust, geringer Rezidiv- und Komplikationsrate, sowie einer Überkorrekturrate von 0% ist die modifizierte Operation nach Vulpius wahrscheinlich anderen Operationen vorzuziehen.

Literaturverzeichnis

- [1] Volker Ewerbeck. (2007). *Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie* (3.Aufl.) S. 771-774; Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- [2] Oetgen ME, Peden S (2012) Idiopathic Toe Walking. *JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 20:292–300
- [3] Fritz Hefti. (2015). *Kinderorthopädie in der Praxis* (3.Aufl.) S.498-499; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [4] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S. 61; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [5] Westhoff B, Weimann-Stahlschmidt K, Krauspe R (2011) Spastischer Spitzfuß. *Orthopäde* 40:637–648
- [6] Caserta AJ, Pacey V, Fahey MC, Gray K, Engelbert RH, Williams CM (2019) Interventions for idiopathic toe walking. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 10:CD012363
- [7] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S. 2; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [8] Horsch A, Götze M, Geisbüsch A, Beckmann N, Tsitlakidis S, Berrsche G, Klotz M (2019) Prevalence and classification of equinus foot in bilateral spastic cerebral palsy. *World J Pediatr* 15:276–280
- [9] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S. 258-261; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [10] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S. 50; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag

Literaturverzeichnis

- [11] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S. 105-110; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [12] Engström P, Tedroff K (2012) The Prevalence and Course of Idiopathic Toe-Walking in 5-Year-Old Children. *Pediatrics* 130:279–284
- [13] McMulkin ML, Gordon AB, Tompkins BJ, Caskey PM, Baird GO (2016) Long term gait outcomes of surgically treated idiopathic toe walkers. *Gait & Posture* 44:216–220
- [14] Tinney A, Thomason P, Sangeux M, Khot A, Graham HK (2015) The transverse Vulpius gastrocsoleus recession for equinus gait in children with cerebral palsy. *The Bone & Joint Journal* 97-B:564–571
- [15] Carl DC (2015) Rupture of the Medial Head of the Gastrocnemius Muscle in Late-Career and Former Elite Jūdōka: A Case Report. 8
- [16] Blitz NM, Eliot DJ (2008) Anatomical Aspects of the Gastrocnemius Aponeurosis and its Muscular Bound Portion: A Cadaveric Study—Part II. *The Journal of Foot and Ankle Surgery* 47:533–540
- [17] Blitz NM, Rush SM (2007) The gastrocnemius intramuscular aponeurotic recession: a simplified method of gastrocnemius recession. *J Foot Ankle Surg* 46:133–138
- [18] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S.34-37; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [19] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S.99-102; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [20] Fritz Hefti. (2015). *Kinderorthopädie in der Praxis* (3.Aufl.) S.428-431; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag

Literaturverzeichnis

- [21] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S.79; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [22] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S.194-197; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [23] Oetgen ME, Peden S (2012) Idiopathic Toe Walking. *JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 20:292–300
- [24] Herzenberg JE, Lamm BM, Corwin C, Sekel J (2007) Isolated recession of the gastrocnemius muscle: the Baumann procedure. *Foot Ankle Int* 28:1154–1159
- [25] Lindsjö U, Danckwardt-Lillieström G, Sahlstedt B (1985) Measurement of the motion range in the loaded ankle. *Clin Orthop Relat Res* 68–71
- [26] Buckup, Johannes; Hoffmann, Reinhard (2019). *Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln* (6. Überarbeitete und erweiterte Aufl.) S. 404-405; Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- [27] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S.261; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [28] Jan Matussek. (2013). *Kinderorthopädie und Kindertraumatologie* S.69; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [29] Chen W, Liu X, Pu F, Yang Y, Wang L, Liu H, Fan Y (2017) Conservative treatment for equinus deformity in children with cerebral palsy using an adjustable splint-assisted ankle-foot orthosis. *Medicine (Baltimore)* 96:e8186
- [30] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S.270-276; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [31] Jan Matussek. (2013). *Kinderorthopädie und Kindertraumatologie* S.109; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag

Literaturverzeichnis

- [32] Fritz Hefti. (2015). *Kinderorthopädie in der Praxis* (3.Aufl.) S.501-504; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [33] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S.135; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [34] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S.425-427; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [35] Svehlík M, Kraus T, Steinwender G, Zwick EB, Saraph V, Linhart WE (2012) The Baumann procedure to correct equinus gait in children with diplegic cerebral palsy: long-term results. *J Bone Joint Surg Br* 94:1143–1147
- [36] DeHeer PA (2017) Equinus and Lengthening Techniques. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery* 34:207–227
- [37] Takahashi S, Shrestha A (2002) The Vulpius procedure for correction of equinus deformity in patients with hemiplegia. *The Journal of Bone and Joint Surgery British volume* 84-B:978–980
- [38] Herold D, Kusch J, Martin S, Tenger A, Siebert CH (2007) Operation nach Strayer-Thom. *OP-JOURNAL* 23:160–163
- [39] Stephen J Pinney MD, Med (FRCS(C)) (2004) Strayer procedure (gastrocnemius recession). *Operative Techniques in Orthopaedics* 14:6–10
- [40] Chen L, Greisberg J (2009) Achilles lengthening procedures. *Foot Ankle Clin* 14:627–637
- [41] Jan Matussek. (2013). *Kinderorthopädie und Kindertraumatologie* S.96, 101; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag

Literaturverzeichnis

- [42] Barske HL, DiGiovanni BF, Douglass M, Nawoczenski DA (2012) Current Concepts Review: Isolated Gastrocnemius Contracture and Gastrocnemius Recession. *Foot Ankle Int* 33:915–921
- [43] Tashjian RZ, Appel AJ, Banerjee R, DiGiovanni CW (2003) Anatomic Study of the Gastrocnemius–Soleus Junction and its Relationship to the Sural Nerve. *Foot Ankle Int* 24:473–476
- [44] Craß D, Gerheuser F, Schwemmer U (2019) Periphere Regionalanästhesie: Blockaden im Bereich des Fußes. In: Rossaint R, Werner C, Zwißler B (eds) *Die Anästhesiologie*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 937–939
- [45] Baumann JU, Koch HG (1989) Ventrale aponeurotische Verlängerung des Musculus gastrocnemius. *Operat Orthop Traumatol* 1:254–258
- [46] Patricia M. Davies. (2002). *Hemiplegie. Ein umfassendes Behandlungskonzept für Patienten nach Schlaganfall und anderen Hirnschädigungen.*(2. Auflg.) S. 193 ;Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [47] Shy ME, Lupski JR, Chance PF, Klein CJ, Dyck PJ (2005) Chapter 69 - Hereditary Motor and Sensory Neuropathies: An Overview of Clinical, Genetic, Electrophysiologic, and Pathologic Features. In: Dyck PJ, Thomas PK (eds) *Peripheral Neuropathy* (Fourth Edition). W.B. Saunders, Philadelphia, pp 1623–1658
- [48] Wening JV, Katzer A, Phillips F, Jungbluth KH, Lorke DE (1996) Nachweis der Sehne des Musculus plantaris longus — bildgebende diagnostik und anatomisches Korrelat. *Unfallchirurgie* 22:30–35
- [49] Firth G, Passmore E, Sangeux M, Thomason P, Rodda J, Donath S, Selber P, Graham K (2013) Multilevel Surgery for Equinus Gait in Children with Spastic Diplegic Cerebral Palsy: Medium-Term Follow-up with Gait Analysis. *The Journal of bone and joint surgery American volume* 95:931–8

Literaturverzeichnis

- [50] Dreher T, Buccoliero T, Wolf S, Heitzmann D, Gantz S, Braatz F, Wenz W (2012) Long-Term Results After Gastrocnemius-Soleus Intramuscular Aponeurotic Recession as a Part of Multilevel Surgery in Spastic Diplegic Cerebral Palsy. *The Journal of bone and joint surgery American volume* 94:627–37
- [51] Leonhard Döderlein. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Aufl.) S. 249-250; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [52] Rong K, Ge W, Li X, Xu X (2015) Mid-term Results of Intramuscular Lengthening of Gastrocnemius and/or Soleus to Correct Equinus Deformity in Flatfoot. *Foot Ankle Int* 36:1223–1228
- [53] Molund M, Paulsrud Ø, Ellingsen Husebye E, Nilsen F, Hvaal K (2014) Results after gastrocnemius recession in 73 patients. *Foot and Ankle Surgery* 20:272–275
- [54] Holtmann JA (2015) Achillessehnenverlängerung nach Strayer: retrospektive Nachuntersuchungsstudie.
- [55] Chimera NJ, Castro M, Davis I, Manal K (2012) The effect of isolated gastrocnemius contracture and gastrocnemius recession on lower extremity kinematics and kinetics during stance. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 27:917–923
- [56] Duthon VB, Lübbecke A, Duc SR, Stern R, Assal M (2011) Noninsertional Achilles tendinopathy treated with gastrocnemius lengthening. *Foot Ankle Int* 32:375–379

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Der spastische Spitzfußgang	2
Abbildung 2	Der scheinbare Spitzfuß	2
Abbildung 3	Der Vorfußspitzfuß	2
Abbildung 4	Anatomie der Wade des rechten Beines	4
Abbildung 5	Aponeurose des Gastrocnemius und Soleus	4
Abbildung 6	Die 3 Zonen des Gastrocnemius-Soleus-Komplexes	4
Abbildung 7	Das sensible Innervationsgebiet des N. suralis	4
Abbildung 8	Verlauf des N. suralis	5
Abbildung 9	Die Unterteilung des normalen Gangablaufes in Stand- und Schwungphase	5
Abbildung 10	Der asymmetrische Spitzfußgang (Kauergang)	6
Abbildung 11	Patient mit Controlwalker	6
Abbildung 12	Der Silferskjöld Test	8
Abbildung 13	Unterschenkelgips/Redressionsgips	9
Abbildung 14	Funktionelle Unterschenkelorthese mit und ohne Gelenk	10
Abbildung 15	Die unterschiedlichen Verlängerungsmöglichkeiten der Wadenmuskulatur und Achillessehne auf verschiedenen auf verschiedenen anatomischen Levels.	12
Abbildung 16	Baumann Prozedur	13
Abbildung 17	Hautschnitt bei Baumann	14
Abbildung 18	Ashworth Scale	19
Abbildung 19	Kraftgrad nach Janda	19
Abbildung 20	Dorsalextension vorher/während OP/nachher	21
Abbildung 21	Dorsalextension vorher/nachher	22
Abbildung 22	Geschlechtsabhängigkeit	23
Abbildung 23	Altersabhängigkeit	23
Abbildung 24	Grundlegende Erkrankungen	24
Abbildung 25	Untersuchungszeiträume	24
Abbildung 26	Orthesennutzung	25
Abbildung 27	Krankengymnastik	26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 28	Dorsalextension und Muskeltonus	26
Abbildung 29	Gastrocnemiuskraft	27
Abbildung 30	Gangbild	27
Abbildung 31	Komplikationen - Schmerzen	29
Abbildung 32	Komplikationen - Sensibilität	29
Abbildung 33	Komplikationen - Narbe	29
Abbildung 34	Subjektive Zufriedenheit der Patienten	30

Die Verwendung der Bilder erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Copyright Clearance Center des Springer Verlags.

Anhang

Danksagung

Die vorliegende Dissertation wurde in der Abteilung für Unfallchirurgie und Orthopädie am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus Kiel unter der Leitung von Prof. Dr. Sebastian Lippross angefertigt. Hiermit möchte ich mich bei allen beteiligten Personen für die Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit herzlich bedanken.

Professor Dr. Sebastian Lippross war mir als Doktorvater über den gesamten Zeitraum eine ganz besondere Hilfe. Es ist ein großes Glück, über Herrn Lippross nicht nur eine geeignete Arbeit gefunden, sondern auch eine außergewöhnliche Betreuung erfahren zu haben. Ich bedanke mich für das große Engagement, eine unkomplizierte Zusammenarbeit und für einen Ratgeber, dessen Hilfe ich jederzeit in Anspruch nehmen konnte. Die Hilfe bei der Organisation, der Aufarbeitung der Dissertation und die statistische, graphische Auswertung wäre ohne Herrn Prof. Dr. Lippross nicht möglich gewesen. Mit der eifrigen Hilfe von Herrn Mathis Wegner und Frau Dr. Katharina Koyro konnte diese Arbeit in einem Artikel festgehalten werden.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Dr. med. Volker Diedrichs. Selten findet man einen so engagierten und hilfsbereiten Betreuer. Mit einer ausgesprochenen Ruhe und Geduld war Herr Diedrichs jederzeit erreichbar und füllte die Gespräche mit wertvollen Ratschlägen. Sei es die Vermittlung der Operationsmethode im OP-Saal, die Aufarbeitung des Untersuchungs- und Fragebogens oder jegliche Fragen zu seinen Patienten, ich konnte jederzeit auf seine Hilfe zählen. Somit möchte ich ihm auch hiermit für eine harmonische Zusammenarbeit herzlich danken.

Außerdem bedanke ich mich bei meiner Familie für das Engagement und die Motivation während des gesamten Studiums. Ein einfaches Dankeschön an meine Eltern kann ihre liebevolle Unterstützung für all die Jahre niemals hiermit rechtfertigen. Zu guter Letzt möchte ich meinem Partner Erik meine Dankbarkeit aussprechen. Nur durch seinen Rückhalt, seiner liebevollen Zuwendung und seine aufmunternden Worte, gewann ich die Geduld diese Dissertation zu schreiben.

Erklärung und Veröffentlichung

Hiermit versichere ich, Louisa Kosegarten, an Eides statt, dass ich meine Dissertation, abgesehen von Ratschlägen meines akademischen Betreuers, nach Form und Inhalt meine eigene Arbeit ist und dass ich außer den in der Arbeit aufgeführten keine weiteren Hilfsmittel benutzt habe. Meine Arbeit wurde bisher, weder ganz noch in kleinen Teilen, keiner anderen akademischen Stelle als Dissertation vorgelegt. Die vorliegende Arbeit entstand unter Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Teile dieser Arbeit wurden in dem folgenden Artikel veröffentlicht:

Wegner, Mathis, Katharina I. Koyro, Louisa Kosegarten, Anna K. Hell, Heiko M. Lorenz, Volker Diedrichs, and Sebastian Lippross. (2022) Continuous Wear of Night and Day Orthosis Is a Key Factor for Improvement of Fixed Equinus Deformity after the Transverse Vulpius Procedure Children 9, no. 2: 209.

<https://doi.org/10.3390/children9020209>

Akademischer Lebenslauf

Name	Louisa Kosegarten
Geboren am/in	06. 12. 1994/Eutin
Staatsangehörigkeit	deutsch

Bildungsweg

2022	Dissertation an der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel betreut von Prof. Dr. Sebastian Lippross. Publikation: Children 2022, 9(2), 209; https://doi.org/10.3390/children9020209 (registering DOI)
2018	Christian-Albrechts-Universität Kiel Studiengang: Humanmedizin, klinischer Abschnitt
2015 - 2017	Semmelweis Universität Budapest, Ungarn Studiengang: Humanmedizin (1. Staatsexamen)
2014	Abitur am Gymnasium Stiftung Louisenlund

Praxiserfahrungen

2021	Medizinische Freiwilligenarbeit in Ghana (4 Wochen)
2019-2022	Nebenjob: Nachtdienste im Schlaflabor, ZIP UKSH
2018	Famulatur (4 Wochen) Anästhesie, Klinikum Friedrichshafen Famulatur (4 Wochen) Orthopädie und Unfallchirurgie, Uniklinik Kiel
2017	Famulatur (4 Wochen) in der orthopädischen Praxis Dr. med. Kosegarten, Schleswig

Auszeichnungen

2006-2008	Jugend musiziert: 1.,2. Und 3. Preis auf Landesebene (Klavier Solo und Begleitung)
-----------	---