

**Diplomarbeit**

**Langzeitergebnisse nach Versteifung des unteren  
Sprunggelenks im Jugendalter**

eingereicht von

**Fabian Wallisch**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie**

**Klinische Abteilung für Kinderorthopädie**

unter der Anleitung von

**Priv. Doz. Dr. Tanja Kraus**

**ao. Univ. Prof. Dr. Gerhardt Steinwender**

Graz, am 05.04.2017

*Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am 05.04.2017*

*Fabian Wallisch eh*

## Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen Menschen bedanken, die mich bei der Entstehung dieser Arbeit unterstützt haben.

Allen voran gilt mein Dank meiner Betreuerin, Frau Priv. Doz. Dr. Tanja Kraus, die mir alle meine Fragen in unzähligen Emails, Telefonaten aber auch persönlichen Treffen beantwortete, mich bei der Durchführung der Studie tatkräftig unterstützte und immer ein offenes Ohr für alle meine Anliegen hatte.

In weiterer Folge möchte ich mich bei meinen Eltern, Franz und Maria, und meinem Bruder Philipp bedanken, die mir mein Studium ermöglicht haben und mir immer unterstützend zur Seite standen und stehen.

Ein besonderer Dank gilt auch meiner Freundin Elisabeth, die mich fast seit Beginn meines Studiums begleitet, mir immer wieder Mut und Kraft gibt, die Welt mit mir bereist und mir immer aufs Neue zeigt wie schön das Leben ist.

# Zusammenfassung

## Einleitung

Die Tripelarthrodese ist die komplette Versteifung des unteren Sprunggelenkes und wird als Ultima Ratio durchgeführt um schmerzhafte Rückfußdeformitäten zu korrigieren. In dieser Arbeit wurden die klinisch-funktionellen und die radiologischen Langzeitergebnisse nach Tripelarthrodesen im Jugendalter untersucht. Auch die gesundheitsbezogene Lebensqualität der PatientInnen nach dieser Operation wurde erhoben.

## Material und Methoden

Alle PatientInnen, die von 1995-2007 eine Tripelarthrodese an der Abteilung für Kinderorthopädie der Medizinischen Universität Graz erhalten haben, wurden zur Nachuntersuchung eingeladen. Zur radiologischen Beurteilung wurden Röntgenbilder angefertigt. Die funktionellen Resultate der Füße und die Lebensqualität wurden mittels standardisierter Fragebögen erhoben (AOFAS, SF-36).

## Ergebnisse

Im genannten Zeitraum erhielten 24 PatientInnen eine Tripelarthrodese. 11 kamen zur Nachuntersuchung, 9 PatientInnen mit 12 Füßen konnten schließlich in die Studie eingeschlossen werden. Das mittlere Alter der PatientInnen zum OP-Zeitpunkt war 15,52 Jahre (SD 3,01; Range 12,3 – 23,77 Jahre). Die Länge des mittleren Follow-ups betrug 10,24 Jahre (SD 1,67; Range 8,31-13,64 Jahre). Beim AOFAS erreichten die PatientInnen im Durchschnitt 55,25 Punkte (SD 17,16) in der Ankle-Hindfoot-Scale und 53,75 Punkten (SD 19,17) in der Midfoot Scale. Keine/r der PatientInnen litt unter starken, dauerhaften Schmerzen. Der SF-36 ergab einen gemittelten Gesamtwert von 64,87 (SD 32,25). Die subjektiven Ergebnisse zeigten, dass alle 9 PatientInnen die OP noch einmal durchführen lassen würden.

## Fazit

Diese Studie zeigt, dass Tripelarthrodesen geeignet sind um schwere Fußdeformitäten an Jugendlichen zu korrigieren. Die PatientInnenzahl dieser Studie ist jedoch gering, und die Ergebnisse müssen mit Rücksicht darauf interpretiert werden. Es zeigten sich sehr gute subjektive Resultate, welche besser waren, als es die objektiven funktionellen Ergebnisse

vermuten ließen. Keine/r der PatientInnen gab an starke, dauerhafte Schmerzen in den Füßen zu verspüren.

**Schlüsselwörter**

Tripelarthrodese, Jugendliche, Lebensqualität, Langzeitergebnisse

# **Abstract**

## **Introduction**

Triple arthrodesis includes the fusion of the subtalar, talonavicular and calcaneocuboid joint and is a salvage procedure to correct hindfoot deformities. In this study we investigated the functional and radiologic long-term results after triple arthrodeses in ambulatory adolescents. Moreover, we checked the health-related quality of life in these patients.

## **Material and methods**

All patients who underwent triple arthrodesis between 1995 and 2007 at the pediatric orthopaedic department at the Medical University of Graz, were invited to take part in this study. X-rays were taken for radiological evaluation. The functional results of the feet and the quality of life were assessed by standardized questionnaires (AOFAS, SF-36).

## **Results**

In the stated period 24 patients underwent triple arthrodesis. 11 patients returned for check-up, finally 9 patients with a total of 12 feet were included in the study. Mean age of the patients at the time of operation was 15.52 years (SD 3.01). Mean follow up was 10.24 years (SD 1.67). The AOFAS-Scores showed a mean of 53.75 (SD 19.17) points in the Ankle-Hindfoot-Scale and 53.75 points (SD 19.17) in the Midfoot-Scale. No patient suffered strong, permanent pain. The mean of SF-36 was 64.87 (SD 32.25) in total. The subjective results indicated that all 9 patients would again choose to undergo the procedure.

## **Conclusion**

This study indicates that tripe arthrodeses are suitable to correct severe foot deformities in adolescents. However, the number of patients is low and the outcome has to be interpreted with care. We found high subjective satisfaction, which was better than functional results would suggest. No patient reported to suffer from strong, permanent pain.

**Key words:** triple arthrodesis, adolescents, quality of life, long-term results

# Inhaltsverzeichnis

Danksagungen .....	ii
Zusammenfassung .....	iii
Abstract.....	v
Inhaltsverzeichnis .....	vi
Glossar und Abkürzungen .....	viii
Abbildungsverzeichnis .....	x
Tabellenverzeichnis .....	xi
1 Einleitung .....	12
2 Grundlagen .....	13
2.1 Topographische Anatomie der Sprunggelenke .....	13
2.1.1 OSG .....	13
2.1.2 USG .....	14
2.1.3 Articulatio calcaneocuboidea .....	16
2.2 Funktionelle Anatomie der Sprunggelenke .....	17
2.2.1 OSG .....	17
2.2.2 USG .....	18
2.3 Anamnese und Beurteilung der Sprunggelenke.....	18
2.3.1 Anamnese .....	18
2.3.2 Klinische Untersuchung .....	19
2.3.3 Radiologische Untersuchung .....	20
2.3.4 Instrumentelle Ganganalyse .....	21
2.4 Fußdeformitäten bei Kindern und Jugendlichen.....	22
2.4.1 Angeborener Klumpfuß .....	22
2.4.2 Knick-Senk-Fuß/Knick-Platt-Fuß .....	24
2.4.3 Hackenfuß.....	27
2.4.4 Ballenhohlfuß .....	28
2.5 Syndrome und neurologische Erkrankungen mit assoziierten Fußdeformitäten ..	28
2.5.1 Spastische Cerebralparese .....	28
2.5.2 Arthrogryposis multiplex congenita .....	30
2.5.3 Charcot-Marie-Tooth-Syndrom.....	30
2.6 Historie der Arthrodesse des unteren Sprunggelenkes und der Tripelarthrodese .	31
2.7 Die Tripelarthrodese heute.....	34

2.7.1	Indikationen .....	34
2.7.2	Operationstechnik.....	35
2.7.3	Komplikationen .....	36
2.7.4	Wirkungsweise und Voraussetzungen.....	37
2.8	Literaturrecherche zur Tripelarthrodese .....	38
2.8.1	Erwachsene.....	38
2.8.2	Jugendliche .....	41
3	Studienziel .....	47
4	Material und Methoden .....	48
4.1	Klinische Untersuchung.....	48
4.2	Verwendete Scores und Fragebögen.....	49
4.2.1	AOFAS-Score.....	49
4.2.2	SF-36 .....	50
4.2.3	Fragebogen zu den subjektiven Langzeitergebnissen von Tripelarthrodesen.....	52
4.3	Radiologische Beurteilung.....	52
5	Ergebnisse.....	55
5.1	AOFAS-Score .....	56
5.2	SF-36.....	57
5.3	Radiologische Beurteilung.....	58
5.4	Subjektive Langzeitergebnisse von Tripelarthrodesen .....	61
5.5	ROM in Knie und Hüfte .....	62
5.5.1	Knie .....	62
5.5.2	Hüfte .....	62
6	Diskussion .....	64
7	Literaturverzeichnis.....	68
	Anhang – Ethikvotum.....	73
	Anhang – Fragebögen.....	75

## Glossar und Abkürzungen

a.p.	anterior-posterior
AMC	Arthrogryposis multiplex congenita
AOFAS	American Orthopaedic Foot and Ankle Society
Art.	Articulatio
ASV	Achillessehnenverlängerung
bds.	beidseits
CMT	Charcot-Marie-Tooth-Hoffmann Syndrom
CP	Cerebralparese, spastisch
D.M.	Diabetes Mellitus
HMSN	Hereditär motorisch-sensible Neuropathie
HRQoL	Health Related Quality of Life
Lig.	Ligamentum
LJ	Lebensjahr
M.	Musculus
MRCS	Medical Research Council Scale
MRT	Magnet-Resonanz-Tomographie
MT	Metatarsalknochen
MTP	Metatarsophalangealgelenk
MW	Mittelwert
OP	Operation
OSG	oberes Sprunggelenk
Rekap-Zeit	Rekapillarierungszeit
ROM	Range of Motion
SD	Standard Deviation (Standardabweichung)

SF-36	Short-Form 36
USG	unteres Sprunggelenk
Z.n.	Zustand nach

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Bandsicherung eines rechten Fußes, Ansicht von medial .....	13
Abb. 2: Bandapparat eines rechten Fußes, Ansicht von lateral .....	14
Abb. 3.: Gelenkflächen eines eröffneten USG .....	15
Abb. 4: Bewegungsachsen des Sprung- und Fußgelenke .....	17
Abb. 5 : Ossifikation des Fußes mit Knochenkernen und dem Zeitpunkt des jeweiligen Auftritts .....	20
Abb. 6: Rotation der subtalaren Fußplatte nach medial .....	23
Abb. 7.: a) Angeborener Schaukelfuß b) seitl. Röntgen mit Talus verticalis .....	25
Abb. 8: Links: Hohlfuß vor der Operation. Rechts: Z.n. Arthrodesse nach Dunn .....	32
Abb. 9: Links: OP-Methode nach Ryerson; Rechts: OP-Methode nach Lambrinudi .....	33
Abb. 10: A: Zugang nach Ollier; B: Rechts der abgelöste Musc. ext. dig. brevis, dahinter das eröffnete Talonaviculargelenk; C: Ein Spreizer im hinteren Anteil des Subtalargelenkes .....	36
Abb. 11 Bewertungskriterien für Ergebnisse der Tripelarthrodese von Angus und Cowell	41
Abb. 12: Winkelmessungen im seitlichen Röntgen. Links: Calcaneal-pitch-Winkel; Rechts: Talus-MT-I-Winkel .....	53
Abb. 13: Winkelmessungen im a.p.-Röntgen. Links: Talus-MT-I-Winkel; Rechts: Talocalcaneärer-Winkel .....	54
Abb. 14: Fuß Nr. 6 im seitlichen Röntgen mit Pseudarthrose im Chopart-Gelenk. Eingezeichnet sind die Längsachse des MT-1 und des Talus .....	59
Abb. 15: Fuß Nr. 7 im seitlichen Röntgen, die präoperative Ballenhohlfußdeformität wurde schön korrigiert, eingezeichnet zu sehen ist ein residueller, leicht dorsal konvexer Talus-MT-1 Winkel und ein Calcaneal-pitch-Winkel im physiologischen Bereich .....	61

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: oben: Formeln für die Berechnung der Subskalenwerte; unten: Formel zur Bildung der transformierten Skala.....	51
Tab. 2: Übersicht über die PatientInnen .....	55
Tab. 3: Gesamtpunktezahl der AOFAS-Scores (inkl. Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD)) .....	57
Tab. 4: Ergebnisse der Subskalen des SF-36 und ein gemittelter Gesamtwert mit mittlerer SD.....	58
Tab. 5: Ergebnisse der Winkelmessungen in den Röntgenbildern in Grad, Röntgenbilder im Stehen oder belastet (negative Werte für Talus-MT-1 im seitlichen Röntgen bedeuten „dorsal konvex“; im a.p. -Röntgen „Adduktion des Vorfußes“).....	60

# 1 Einleitung

Die Versteifung des unteren Sprunggelenkes ist eine Operation der letzten Wahl, die durchgeführt wird, um Rückfußdeformitäten zu korrigieren. Eine Vielzahl von unterschiedlichen Ätiologien kann eine Versteifung des unteren Sprunggelenkes notwendig machen, oftmals sind es jedoch, vor allem im Jugendalter, schwere Knick-Plattfüße und Klumpfüße oder deren Restdeformitäten, bei denen gelenkserhaltende Operationen nicht zur gewünschten Stabilisation geführt haben. Die Tripelarthrodese, wie die komplette Versteifung des USG aus dem Englischen auch genannt wird, umfasst die Versteifung des Subtalar-, des Talonavicular- und des Calcaneocuboidgelenkes und zielt immer auf eine plantigrade Einstellung des Rückfußes (1,2). An den korrigierten Rückfuß muss der Vorfuß dann entsprechend angepasst werden.

In dieser Arbeit werden einerseits die klinisch-funktionellen und radiologischen Langzeitergebnisse von Tripelarthrodesen im Jugendalter untersucht und andererseits auch die Lebensqualität der PatientInnen nach dieser Operation erhoben. Da nur wenige Studien über Langzeitergebnisse dieser Operation vorliegen, ist es das Ziel ebendiese Langzeitergebnisse besser abschätzen zu können um zukünftigen PatientInnen präoperativ eine bessere und realistischere Beratung anbieten zu können.

Im Folgenden wird zuerst ein Überblick über notwendiges Grundlagenwissen gegeben, welches zum Verständnis der vorliegenden Arbeit obligat ist: Nach Anatomie und funktioneller Anatomie, einer Einführung in die Beurteilung von Sprunggelenken, den verschiedenen Fußdeformitäten im Kindesalter und deren Ätiologien, welche eine Tripelarthrodese notwendig machen können, und einem Überblick über historische und aktuelle Entwicklungen der Tripelarthrodese, wird eine Übersicht über die aktuelle Literatur, sowohl bei Erwachsenen als auch bei Jugendlichen gegeben.

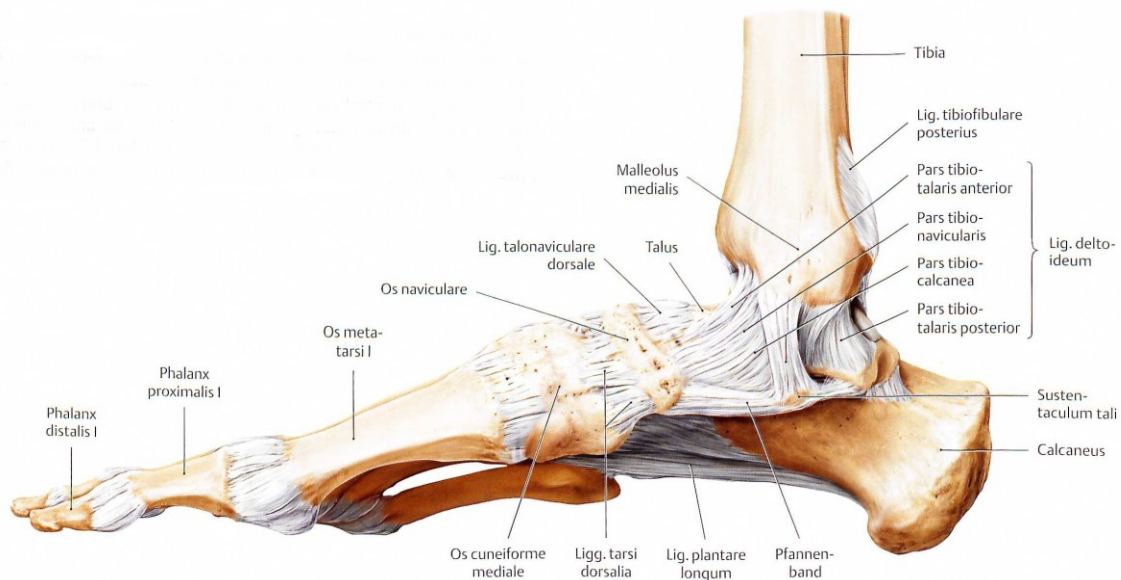
## 2 Grundlagen

### 2.1 Topographische Anatomie der Sprunggelenke

Das Sprunggelenk bildet den Übergang zwischen Unterschenkel und Fuß und kann in ein oberes Sprunggelenk (OSG, lat.: *Articulatio talocruralis*) und in ein unteres Sprunggelenk (USG) unterteilt werden. Letzteres kann weiter in ein vorderes unteres Sprunggelenk (*Art. talocalcaneonavicularis*) und hinteres unteres Sprunggelenk (*Art. subtalaris*) unterteilt werden.

#### 2.1.1 OSG

Die gelenkbildenden Knochen des OSG sind einerseits die Tibia und die Fibula – sie bilden die sogenannte Malleolengabel – und andererseits der Talus mit der Trochlea Tal. Es artikulieren die *Facies articularis inferior*, die *Facies articularis medialis* der Tibia und die *Facies articulares laterales* der Fibula mit den entsprechenden *Facies articulares superior, medialis et lateralis* des Talus (3).



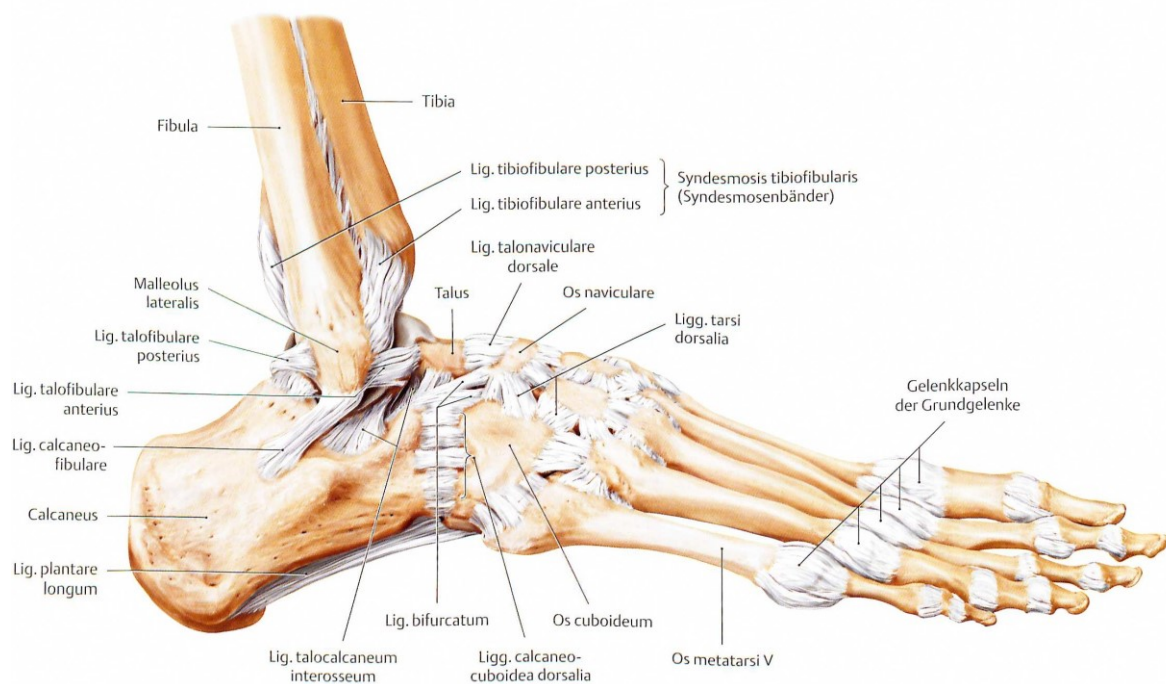
**Abb. 1: Bandsicherung eines rechten Fußes, Ansicht von medial (4)**

Die Syndesmosis tibiofibularis, mit dem Ligamentum tibiofibulare anterius und posterius, sichert die Stabilität der Malleolengabel und kann als distalere Verstärkung der Membrana interossea angesehen werden. Funktionell bildet die Syndesmose eine Einheit mit dem OSG (5). Die Gelenkkapsel setzt im Bereich der Knochen-Knorpel-Grenze an und enthält

vorne und hinten Falten in der Synovia (6). Diese sind mit den Sehnenscheiden der Extensoren verwachsen, um ein Einklemmen derselben beim Ausnutzen der ROM zu verhindern. Die Malleolen bleiben von der Kapsel ausgespart.

Die mediale Bandsicherung erfolgt über das Ligamentum collaterale mediale (auch: Ligamentum deltoideum), welches über oberflächlich verlaufende lange und tief verlaufende kurze Bandzüge verfügt. Seine Anteile verlaufen zwischen Tibia (Malleolus medialis), Talus, Calcaneus und Os naviculare und können namentlich in folgende Stränge geteilt werden: Pars tibio calcanea, Pars tibionavicularis und Pars tibiotalaris anterior und posterior (siehe Abb.1).

Lateral verlaufen die Bänder von der Fibula zu Talus und Calcaneus. Das Ligamentum talofibulare anterius, welches für die Stabilität des OSG von großer Bedeutung ist, bildet gemeinsam mit dem Ligamentum talofibulare posterius und dem Ligamentum calcaneofibulare das Ligamentum collaterale laterale (siehe Abb. 2) (3).

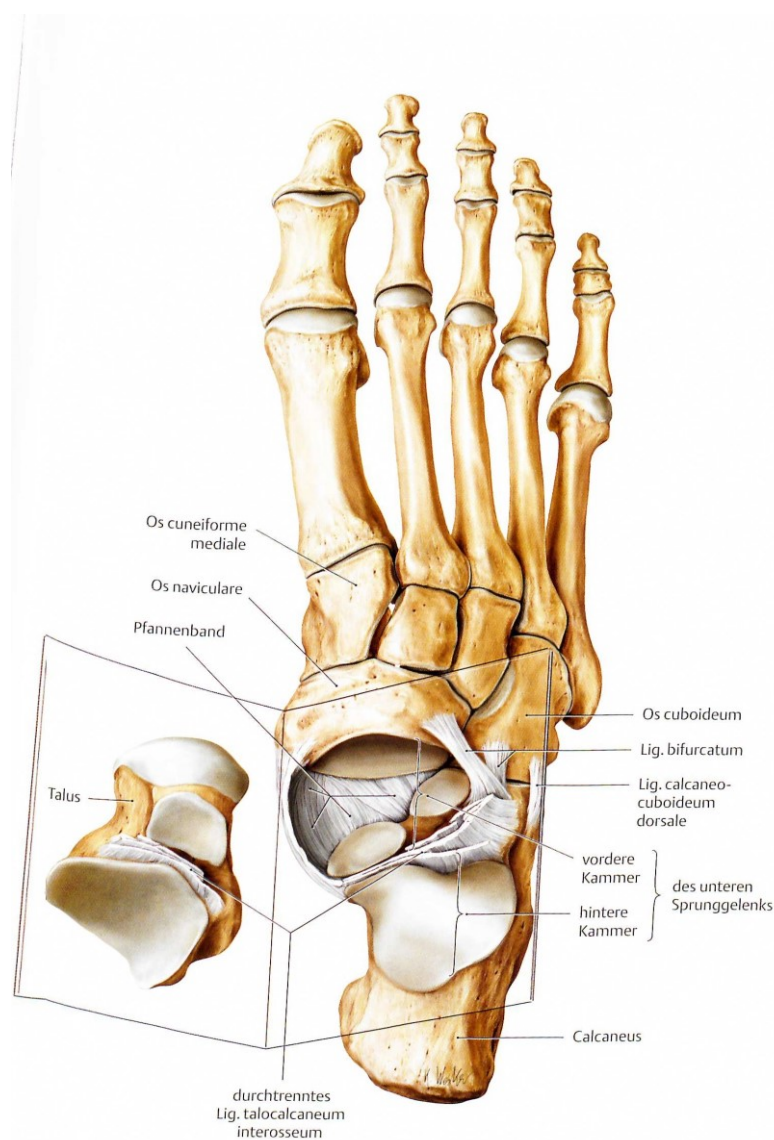


**Abb. 2: Bandapparat eines rechten Fußes, Ansicht von lateral (4)**

## 2.1.2 USG

Das Untere Sprunggelenk (USG) besteht - wie oben erwähnt - aus zwei Gelenken: Den beiden voneinander getrennten Teilgelenken, der Articulatio subtalaris, die hintere

Kammer, und der Articulatio talocalcaneonavicularis, der vorderen Kammer, welche funktionell jedoch eine Einheit bilden (3,6)



**Abb. 3.: Gelenkflächen eines eröffneten USG (4)**

In der Articulatio subtalaris artikulieren Talus und Calcaneus über die konkave Facies articularis calcanea posterior, des Ersteren, und über die Facies articularis talaris posterior des Zweiteren (siehe Abb.3). Zur Stabilisation des Gelenkes tragen einerseits die USG-spezifischen Ligamente talocalcaneum laterale und talocalcaneum mediale bei, aber auch zwei extraartikulär liegende Ligamente: Die Pars tibiocalcanea des Ligamentum deltoideum sowie das Ligamentum calcaneofibulare, welche auch schon oben bei der Bandsicherung des OSG erwähnt wurden (5). Die vordere Kammer, die Articulatio talocalcaneonavicularis, bildet sich aus den Gelenksflächen von Talus (Facies articulares

calcanea anterior, media und posterior), Calcaneus (Facies articulares talaris anterior und posterior auf dem Sustentaculum tali) und Os naviculare (dieses artikuliert über seine proximale Gelenkfläche, Facies articularis talaris, über das Ligamentum calcaneonaviculare plantare, in welches Faserknorpel eingelagert ist, mit dem Taluskopf). Zur Sicherung des Gelenks trägt dorsalseitig das Ligamentum talonaviculare dorsale, medial-dorsal die Pars talonaviculare des Ligamentum deltoideum bei. Zusätzlich stabilisiert das am Sustentaculum tali entspringende Ligamentum calcaneonaviculare mediale (Ligamentum neglectum) und das Ligamentum calcaneonaviculare als Teil des Ligamentum bifurcatum das Gelenk (3).

### **2.1.3 Articulatio calcaneocuboidea**

Lateral der Articulatio talonavicularis liegt die, von den sattelförmigen Gelenkflächen von Calcaneus und Os cuboideum gebildete, Articulatio calcaneocuboidea. Zusammen mit ebendieser bildet sie das sogenannte „Chopart-Gelenk“, auch Articulatio tarsi transversa genannt (3).

Die primär stabilisierenden Bänder sind einerseits die dorsal gelegene Pars calcaneocuboidea des Ligamentum bifurcatum und andererseits plantar das Ligamentum calcaneocuboideum plantare – diese beiden Bänder sind essentiell, um das Gelenk in den Randpositionen der Umwendbewegung zu führen. Superfiziell zum Ligamentum calcaneocuboideum plantare liegt das Ligamentum plantare longum – es zieht von der plantaren Fläche des Calcaneus mit seinen tiefen Fasern zur Tuberositas ossis cuboidei, und mit den langen Fasern bis zu den Basen der Ossa metatarsalia 2-5. Diese langen Fasern sind es auch, die einen Kanal für die Sehne des Musculus peroneus longus bilden. Die hauptsächliche Aufgabe dieses Bandes ist jedoch die Verspannung der Längswölbung des Fußskeletts (5).

Das Gelenk ist eine Amphiarthrose und kann funktionell nur in Verbindung mit der Articulatio talonavicularis betrachtet werden, weswegen die Funktion des Komplexes beim Kapitel USG angeführt ist (5,6).

## 2.2 Funktionelle Anatomie der Sprunggelenke

### 2.2.1 OSG

Das OSG ermöglicht in seiner Funktion als Scharniergelenk eine Plantarflexion und Dorsalextension. Durch die besondere Form der Trochlea tali – sie ist dorsal schmaler als ventral – können in Plantarflexion zusätzlich Wackelbewegungen durchgeführt werden, dies erlaubt auch im OSG Anpassungen an unebenen Untergrund (6). Je weiter das Gelenk dorsalflektiert wird, desto besser wird die knöchernen Führung in der Malleolengabel durch die breiter werdende Trochlea tali, zusätzlich steigt kontinuierlich die Bandspannung, was schließlich zur sogenannten „Closed-packed-position“ – der stabilsten Stellung des OSG – führt.

Die Bewegungsachse verläuft vereinfacht etwa transversal von medial-proximal nach lateral-distal durch die Spitzen der beiden Malleolen (siehe Abb.4). Der Bewegungsumfang im OSG variiert je nach betrachteter Studie: Für die Dorsalextension von  $10\text{-}30^\circ$  und für die Plantarflexion sogar von  $20\text{-}50^\circ$ . Diese beträchtlichen Unterschiede dürften daraus resultieren, dass bei der Dorsalextension der Bewegungsumfang durch die Intertarsalgelenke um bis zu  $10^\circ$ , bei der Plantarflexion sogar um bis zu  $20^\circ$  erweitert werden kann (5).

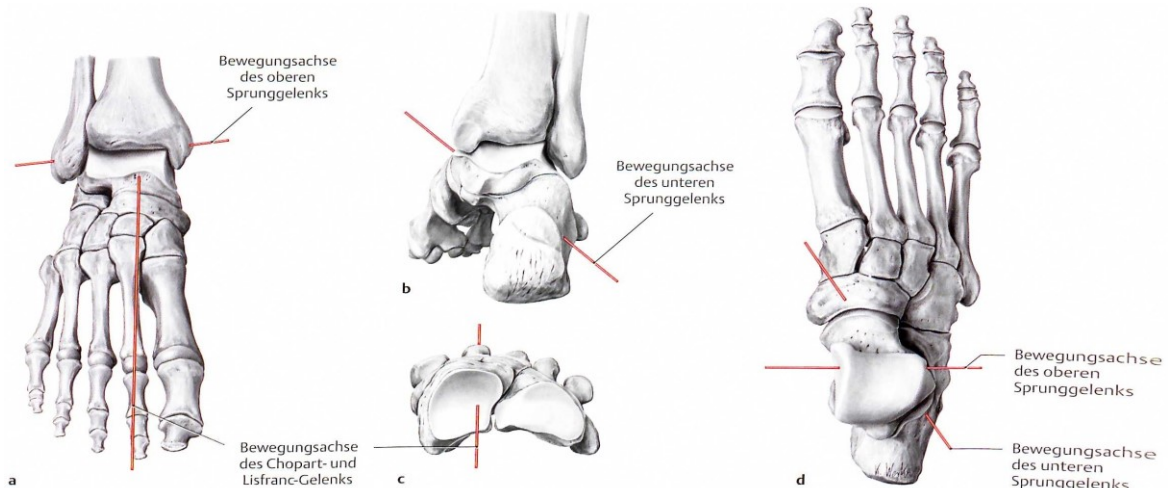


Abb. 4: Bewegungsachsen des Sprung- und Fußgelenke (4)

## **2.2.2 USG**

Funktionell betrachtet ist das untere Sprunggelenk ein Zapfen-Kugel-Gelenk, welches durch seine verschiedenen Kammern und Gelenkflächen – alleine zwischen Talus und Calcaneus besteht eine dreifache gelenkige Verbindung – eine komplexe Biomechanik hat. Näherungsweise wird deshalb von einer sogenannten „Kompromissachse“ gesprochen, welche vom Fersenbeinrücken von dorso-lateral, durch den Sinus tarsi an das Collum tali führt um dort medial-distal auszutreten (siehe Abb. 4).

Beim Bewegungsumfang um diese Achse muss zwischen einer belasteten Standbeinphase und einer unbelasteten Spielbeinphase unterschieden werden. In Belastung kann der Fuß um jeweils 30° im Sinne einer Pronation bzw. Supination bewegt werden, beim Spielbein spricht man hingegen von Eversion bzw. Inversion: Während bei der Eversion im Vergleich zur Pronation der Bewegungsumfang nicht zunimmt, sondern bei 30° bleibt, steigt bei der Inversion der Bewegungsumfang auf 60°. Ein Beispiel für eine Bewegung im Sinne einer Pro- und Supination am belasteten Fuß ist, abgesehen vom Gehen auf unebenem Grund, beim Schifahren gegeben: Die für den Parallelschwung notwendige Kantenschragstellung erfordert ebendiese Bewegung.

Gehemmt wird die Inversion von allen Bändern welche das Gelenk lateral sichern und die Supination vice versa (5).

Grundlegend muss gesagt werden, dass die schrägen Bewegungsachsen sowohl im OSG als auch im USG zu einer Koppelung der Bewegungen von Rückfuß und Vorfuß führen: Damit führt bei aufgesetztem Fuß die Außenrotation des Unterschenkels zu einer Supination des Vorfußes und in gleichem Maße die Innenrotation des Unterschenkels zu einer Pronation im Vorfuß (7).

## **2.3 Anamnese und Beurteilung der Sprunggelenke**

### **2.3.1 Anamnese**

Vor jeder Untersuchung steht – so auch beim Sprunggelenk – die Anamnese. Beim Sprunggelenk wird bei Beschwerden zwischen traumatischer Ursache und nichttraumatischer Ursache unterschieden. Erstere verlangt danach möglichst den genauen Unfallhergang zu kennen, bei Zweiterer ist eine genaue Schmerzanamnese (Wo? Wann?

Belastungsabhängig? Morgendlicher „Anlaufschmerz“?) umso wichtiger und kann helfen rheumatische Erkrankungen und Überlastungen zu diagnostizieren (8).

Liegt kein akutes Trauma vor muss auch an eine Infektion als Ursache gedacht werden. Zusätzlich wird nach vorangegangenen Verletzungen und deren Häufigkeit, Infektionen, eventuell stattgehabten Voroperationen gefragt und auch das Aktivitätsniveau inklusive Sportanamnese erhoben (9). Zu den Beschwerden nicht-traumatischer Ursache muss gesagt werden, dass es bei Fußdeformitäten wichtig ist eine Familienanamnese zu erheben, da einige Anomalien - wie z.B. Klumpfüße - familiär gehäuft auftreten (8).

### **2.3.2 Klinische Untersuchung**

Bei der tatsächlichen körperlichen Untersuchung ist es sinnvoll, einen immer gleichen Untersuchungsablauf zu wählen, um reproduzierbare Untersuchungsergebnisse zu bekommen: Schon beim Eintreten ins Untersuchungsraum wird das Gangbild der PatientInnen betrachtet, denn in dieser Situation werden keine bewussten Anpassungen vorgenommen (9). Hierbei wird darauf geachtet in welcher Phase des Ganges (Stand- oder Schwungphase) eine Veränderung den normalen Ganges besonders auffällig ist.

Danach sollte eine genaue Inspektion der Füße im Stehen, von allen Seiten, vorgenommen werden um Fußform, Ausprägung der Fußwölbungen oder Achsabweichungen – sowohl des Sprunggelenks als auch der gesamten unteren Extremität - zu beschreiben (10). Auch eine ungleiche Abnutzung der Schuhsohle kann Hinweise auf eine Achsfehlstellung geben. Die Palpation konzentriert sich auf symptomatische Areale, da Druckschmerz bei Verletzungen oft relativ genau einer verletzten anatomischen Struktur zugeordnet werden kann (9).

Der Bewegungsumfang wird im Seitenvergleich in Neutral-Null-Methode erfasst. Üblicherweise wird sowohl die aktive als auch die passive Beweglichkeit getestet, wobei die ROM bei der passiven Beweglichkeit meist höher ist.

Die Gelenkstabilität wird überprüft, indem einerseits der mediale und laterale Seitenbandapparat einem Inversions- und Eversionsstress ausgesetzt wird, der Talusvorschub getestet wird und andererseits indem die tibio-fibulare Syndesmose auf Intaktheit geprüft wird. Die Syndesmosentests weisen eine relativ geringe Sensitivität auf, weswegen es angebracht sein kann mehrere Tests (z.B. Cotton-Test, bei dem eine laterale Verschieblichkeit vom Fuß relativ zum US geprüft wird, und Squeeze-Test, bei dem es durch eine proximale Kompression des US zu Zug und damit Schmerzauslösung an der

verletzten Syndesmose kommt) zu kombinieren um zu einem validerem Ergebnis zu kommen (9).

Die klinische Untersuchung wird durch routinemäßige Überprüfung von Kraft nach der Medical Research Council Scale (MRCS - Einteilung in 6 Grade), Durchblutung (Rekap-Zeit und Puls tasten an Arteria tibialis posterior und Arteria dorsalis pedis) und Test von Sensibilität komplettiert (10).

### 2.3.3 Radiologische Untersuchung

Routinemäßig ist es angebracht, zur radiologischen Basisdiagnostik von Fuß und Sprunggelenk, ein konventionelles Knochenröntgenbild in zwei Ebenen (a.-p. und seitlich) anzufertigen. Dieses sollte immer unter Belastung, wenn möglich im Stehen, erfolgen (10). Der Vorteil der Röntgenuntersuchung ist hierbei die schnelle und ubiquitäre Verfügbarkeit, die günstigen Kosten und die hohe Detailerkennbarkeit an ossären Strukturen – vor allem bei Erwachsenen. Bei Säuglingen und Kleinkindern sind Röntgenbilder, bedingt durch den großen Knorpelanteil, weniger genau als beim Erwachsenen und – im äußersten Fall – vor Beginn der Ossifikation – nicht beurteilbar.

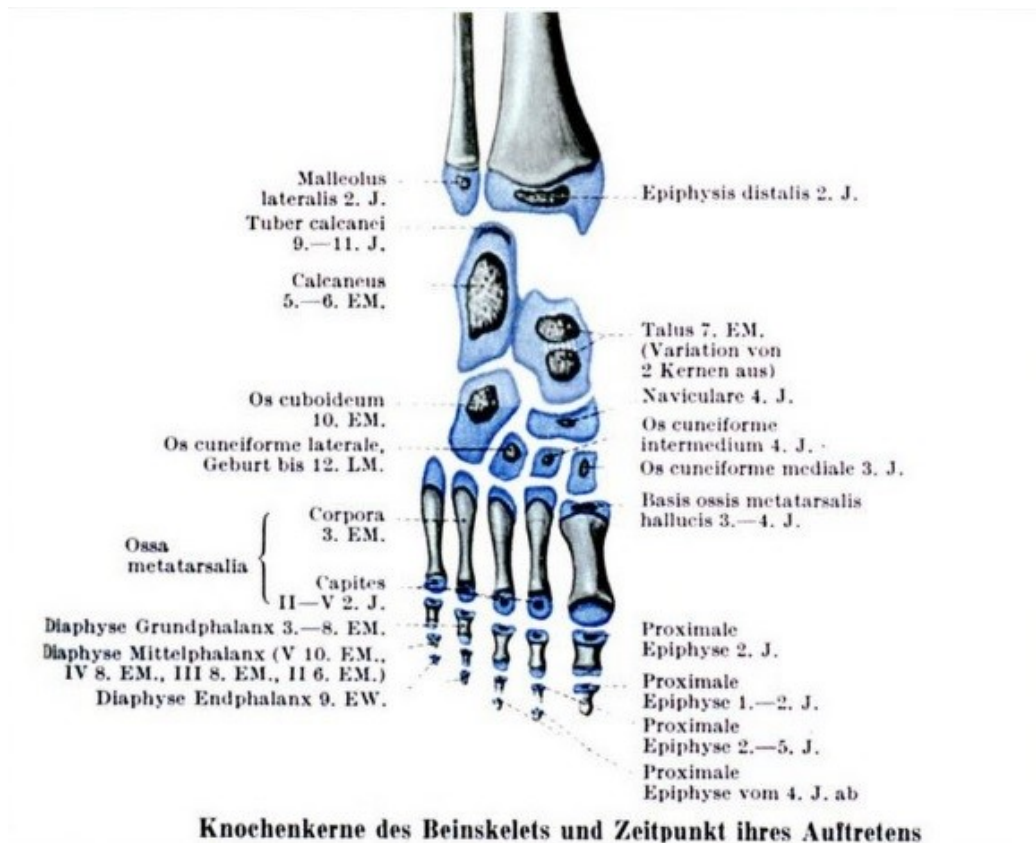


Abb. 5 : Ossifikation des Fußes mit Knochenkernen und dem Zeitpunkt des jeweiligen Auftretens (11)

Abgesehen davon, sind als Limitationen der konventionellen Röntgenuntersuchung die methodisch bedingt niedrige Aussagekraft über ligamentäre Strukturen, die schwere Erkennbarkeit von gelenksnahen Fragmenten und Ermüdungsfrakturen zu sehen. Höhere Genauigkeit für Ersteres bietet hier das MRT, welches direkte Aussagekraft über bindegewebige Strukturen liefert und zusätzlich die Möglichkeit bietet, spezielle Fragestellungen zu beantworten. Für die beiden letzteren ist die Computertomographie, unter Beachtung einer strengen Indikationsstellung und unter genauen Abwägens des Risiko-Nutzen-Verhältnisses in Hinblick auf die hohe Gefahr der späteren Ausbildung eines Malignoms, indiziert (12).

Der Ultraschall hat in der Kinderorthopädie auf Grund der nicht vorhandenen Strahlenbelastung eine Sonderstellung: Er kann zum Erkennen von Hüftgelenksdysplasien bis hin zur Diagnose von Gelenkinfektionen herangezogen werden, bei letzteren kann es angezeigt sein diagnostische oder therapeutische, ultraschallgezielte Gelenkpunktionen durchzuführen (13).

### **2.3.4 Instrumentelle Ganganalyse**

Ein neueres Diagnoseinstrument, welches nur in spezialisierten Zentren zur Verfügung steht, ist die instrumentelle Ganganalyse. Sie kann dazu benutzt werden funktionelle Einschränkungen genauer zu diagnostizieren und deren Auswirkungen auf den normalen Gangablauf besser zu verstehen und somit eine optimale ggf. operative Therapie zu planen (10).

Durchgeführt wird die instrumentelle Ganganalyse in einem Ganglabor. Hierzu werden spezielle, lichtreflektierende Kugeln an definierten Punkten des Skeletts aufgeklebt. Die PatientInnen werden angewiesen auf einer definierten Strecke im Raum auf und ab zu gehen, wobei der Bewegungsablauf des Körpers und der, der aufgeklebten Kugeln durch Videokameras dreidimensional erfasst wird. Somit können genauestens verschiedene Parameter wie Schrittlänge und –frequenz, Gehgeschwindigkeit aber auch die Winkel der betreffenden Gelenke, die Momente in ihnen und sogar dynamische Muskelaktivitäten mit dem Energieverbrauch ermittelt werden. Zusätzlich kann die Untersuchung mit einer Pedobarographie, bei der über Druckmessplatten das Belastungsverhalten des Fußes während des Ganges ermittelt wird, kombiniert werden (14).

In der standardisierten Ganganalyse wird der Fuß vereinfacht nur als starres Gebilde angenommen und demzufolge mit nur drei Markierungen erfasst. Da dies nicht

ausreichend ist um die komplexen Bewegungsabläufe bei Deformitäten zu erfassen, wurden unter anderem in Heidelberg und in Oxford komplexere Fußmodelle – beim Heidelberger Fußmodell werden bspw. 12 Markierungen verwendet - entwickelt, die dabei helfen die Bewegungen im Fuß zu verstehen und es ermöglichen diverse Fußgelenkwinkel zu berechnen (15).

## **2.4 Fußdeformitäten bei Kindern und Jugendlichen**

### **2.4.1 Angeborener Klumpfuß**

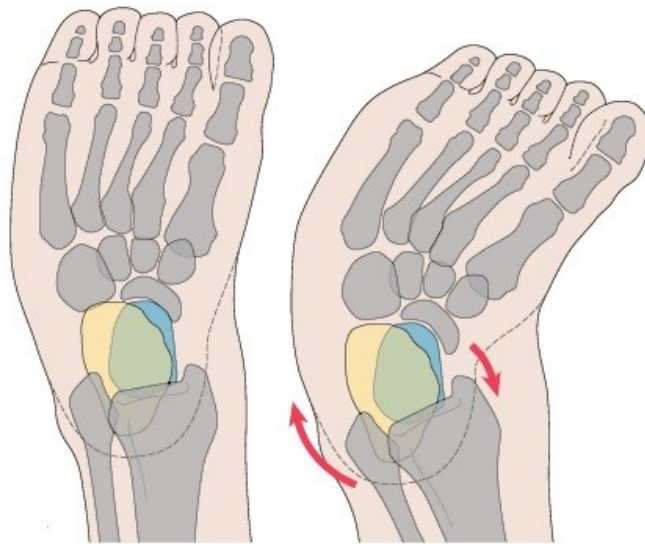
#### **2.4.1.1 Epidemiologie, Ätiologie und Pathomechanik**

Die Epidemiologie des angeborenen Klumpfußes, auch *Pes equinovarus* genannt, zeigt beträchtliche geographische und genetische Unterschiede: So beträgt die Prävalenz in Mitteleuropa und Nordamerika 1-2/1000 Lebendgeburten, und ist damit die häufigste angeborene Extremitätenfehlbildung. Bei chinesischen Neugeborenen tritt der Klumpfuß seltener auf (0.5-1/1000), in Polynesien jedoch bis zu 6 mal so häufig wie in Mitteleuropa (6-12/1000) (16). Die Hälfte der Fälle ist beidseitig betroffen und Jungen sind mit etwa 2/3 deutlich überrepräsentiert (10).

Zu Ätiologie und Pathogenese gibt es mehrere Theorien und man kann die Ursachen guten Gewissens als multifaktoriell bezeichnen: Als wichtigster Punkt wird derzeit ein pathologischer Aufbau des Kollagens am Fußinnenrand angeführt, welcher zu einer retrahierenden Fibrose der Bindegewebe führen soll. Zusätzlich sind Gefäß- und Muskelanomalien, Schädigungen der motorischen Vorderhornzellen - welche zu muskuläre Dysbalance führen sollen - und auch Umweltfaktoren wie Ernährung und Rauchen als Ursache in Diskussion (17). Darüber hinaus soll auch eine intrauterine Lageanomalie einen gewissen Einfluss haben und auch auf einen genetischen Aspekt gibt es Hinweise: Bei Verwandten von Klumpfußpatienten wurde eine erhöhte Inzidenz festgestellt (10).

Pathomechanisch lässt sich die Fehlstellung des Klumpfußes so erklären, dass die retrahierende Fibrose am medialen Knöchel zu einem Varus im Rückfuß und einer Drehung der subtalaren Fußplatte nach Innen führt, wodurch das gesamte untere Sprunggelenk an Beweglichkeit verliert, das Os naviculare am Innenknöchel anstößt und der Calcaneus mit dem Außenknöchel in Verbindung tritt (Siehe Abb. 6) (17).

Auf einen besonderen Aspekt der Pathoanatomie zum Verständnis seines Behandlungskonzeptes verweist Ponseti: Während der Fuß insgesamt, und speziell der Rückfuß, in Supination steht, sind die Vorfußgelenke meist normal konfiguriert. Im Verhältnis zum Rückfuß steht der Vorfuß, und dort speziell der 1. Mittelfußstrahl, in Pronation (18).



**Abb. 6: Rotation der subtalaren Fußplatte nach medial (17)**

#### **2.4.1.2 Diagnostik und Therapie**

Der kanadische Arzt Dr. Pirani entwickelte eine Methode um bei Kindern unter zwei Jahren den Grad der Schwere eines kongenitalen, nicht voroperierten Klumpfußes zu klassifizieren (19). Er beschrieb in seiner Klassifikation sechs Parameter in einem 6-Punkte-System, jeweils drei Parameter für einen Rückfußscore und drei Parameter für einen Vorfußscore (16). Für jeden Parameter werden 0, 0,5 oder 1 Punkt vergeben, je nachdem ob keine Pathologie vorliegt, eine leichte Pathologie oder eine schwere Pathologie. Für den Mittelfußscore sind die Parameter die Biegung des lateralen Fußrandes, die mediale Hautfalte und die Bedeckung des Taluskopfes, für den Rückfußscore dagegen die posteriore Hautfalte, der fixierte Spitzfuß und der weiche Fersenpolster. Dieser Score eignet sich sowohl zur Diagnose, zur Dokumentation des Therapieerfolges, als auch um den richtigen Zeitpunkt für die Achillotenotomie (siehe Ponseti-Gipstechnik unten) festzustellen (19).

Eine zusätzliche Röntgenaufnahme in zwei Ebenen und Belastung oder durch Gegenhalt von einem Brettchen in maximal korrigierter Stellung sind, je nach Autor zumindest nach

dem dritten Lebensmonat zur Planung operativer Eingriffe sinnvoll (16), nützlich (17) oder obligat (10).

Therapeutisch stellt seit einigen Jahren die Ponseti-Gipstechnik den internationalen Goldstandard in der Behandlung von Klumpfüßen dar. Bei dieser Methode wird das Neugeborene mit einer Serie von 5-7 Oberschenkellangen Redressionsgipsen für jeweils eine Woche behandelt (17). Das Ziel ist eine subtalare Derotation (Abduktion, Supination) unter Fixation des Taluskopfes. Der Spitzfuß wird zunächst belassen, denn hier bestünde, bei Korrektur mittels Gips, die Gefahr der Ausbildung eines Schaukelfußes (16). Deshalb ist in den allermeisten Fällen an die Gipsbehandlung anschließend eine Achillotomie notwendig – nach welcher wiederum ein Gips für drei Wochen angelegt wird, bis die Achillessehne stabil verheilt ist. Um Rezidive zu vermeiden und den Behandlungserfolg zu stabilisieren, ist es danach zusätzlich notwendig, eine sogenannte Denis-Browne-Schiene für drei Monate ganztägig und bis zum vierten Lebensjahr zumindest zwölf Stunden in der Nacht zu tragen. In einigen Fällen, bei Kindern zwischen drei und fünf Jahren, welche beim Gehen einen persistierenden Varus und eine Supination aufweisen, ist es notwendig einen Sehnentransfer der Tibialis anterior Sehne nach lateral vorzunehmen (19). Mit dieser mehrdimensionalen Behandlung lassen sich bis zu 90% aller Klumpfüße zufriedenstellend korrigieren (17).

Größere operative Eingriffe wie zum Beispiel die klassische Klumpfußoperation, peritalare Arthrolyse genannt, sind mittlerweile therapieresistenten Klumpfüßen oder Rezidiven vorbehalten (20).

## **2.4.2 Knick-Senk-Fuß/Knick-Platt-Fuß**

### **2.4.2.1 Epidemiologie, Ätiologie und Pathomechanik**

Bei diesem Spektrum von kindlichen Fußformen muss, obwohl es keine standardisierten Definitionen gibt, unbedingt zwischen physiologischen Normvarianten und zwischen pathologischen Deformitäten unterschieden werden. Allen gemein ist ein Absinken der Fußlängswölbung, eine Innenrotation der Knöchelgabel mit entsprechendem prominentem Taluskopf am Fußinnenrand, einem Rückfuß in Valgus und ein Vorfuß in Abduktion und Supination (10).

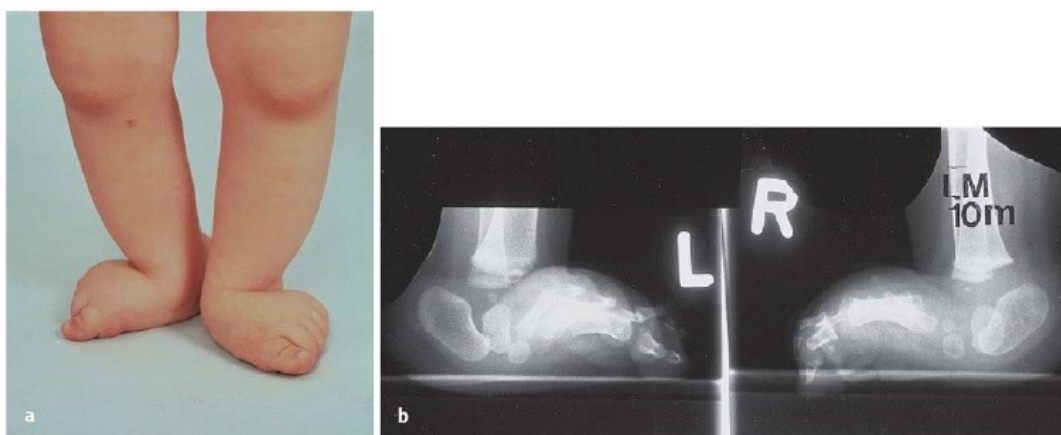
In Ermangelung einer standardisierten Definition des Knicks-Senk-Fußes bzw. des Plattfußes, variieren die Prävalenzzahlen in der Literatur, vor allem je nach Alter der

Kinder, sehr: Bei einer Studie über X-Beine fand Morley 1957 bei Kindern unter 1,5 Jahren in 97% einen Plattfuß – unter den Zehnjährigen fand er jedoch nur noch 4% (21), Pourghasem fand bei iranischen Kindern zwischen 6 und 18 Jahren bei 16,1% einen Plattfuß – welcher mit steigendem Alter seltener wurde und mit höherem BMI positiv korrelierte (22).

Die nicht-pathologisch zu wertende Normvariante, welche häufig bei ansonsten unauffälligen Kindern auftritt und mit aktiv und passiv korrigierbaren Füßen einhergeht, nennt man den lockeren primären Knick-Senk-Fuß des Kindesalters, den physiologischen Knick-Plattfuß oder auch den kindlichen Plattfuß. Er verlangt keine Therapie. Die Kinder klagen weder über Schmerzen noch Leistungseinschränkung und unbelastet zeigt der Fuß eine vorhandene Längswölbung (23).

Ätiologisch dürfte eine zu geringe Spannung des Kapsel-Band-Apparates, eventuell genetische Faktoren und Phasen von rascher Gewichts- und Größenzunahme eine Rolle bei der Ausbildung dieser Normvariante spielen (17).

Pathologische Formen hingegen sind durch Schmerzen und Ermüdungserscheinungen gekennzeichnet und gehen häufig mit strukturellen Veränderungen am Fuß wie einer Hypermobilität oder rigiden Bewegungseinschränkungen und Deformitäten einher (23). Die pathologischen Formen werden weiter in angeborene und erworbenen Formen unterteilt, wobei der angeborene Schaukelfuß (Talus verticalis) die schwerste Form des Knick-Platt-Fußes darstellt (17). Ihm liegt eine fehlerhafte Mechanik des Fußskelettes zu Grunde: Bei steil stehendem Talus liegt eine Luxation des Talonaviculargelenks nach dorsolateral vor (10) (siehe Abb. 7).



**Abb. 7.: a) Angeborener Schaukelfuß b) seitl. Röntgen mit Talus verticalis (23)**

### 2.4.2.2 Diagnostik und Therapie

Wie oben beschrieben, muss die Unterscheidung pathologischer und physiologischer Fußformen das Ziel der Untersuchung sein. Hierzu bietet es sich an eine vergleichende klinische Untersuchung, einmal unter Belastung und einmal unter Entlastung durchzuführen, dies markiert den Grad der Flexibilität der Fehlstellung. Zusätzlich kann im Zehenspitzenstand der Grad der aktiven Aufrichtbarkeit der Ferse von Valgus in Varus untersucht werden und die passive Redressierbarkeit getestet werden: Hierzu wird die Ferse passiv in den Varus bewegt und die Längswölbung durch Druck am Sustentaculum und Pronation des Vorfußes aufgerichtet (10).

Nicht alle Autoren sehen eine radiologische Untersuchung bei Plattfüßen als unerlässlich (23). Wenn sie jedoch durchgeführt wird, ist eine standardmäßige stehende Aufnahme in zwei Ebenen (a.-p. und seitlich) angezeigt, in dieser kann ein vergrößerter Talocalcaneärer-Winkel, die Abduktion im Talonavicular-Gelenk mittels des Talonavicularen-Überdachungswinkels und eine Verlängerung des medialen Fußrandes und vice versa betrachtet werden. Bei bestimmten Verdachtsmomenten kann zusätzlich eine Aufnahme für das OSG angefertigt werden, zum Beispiel um eine Schrägstellung der Malleolengabel nicht zu übersehen. Weiters bieten spezielle Schrägaufnahmen höhere Aussagekraft bei Verdacht auf Koalitionen von Fußwurzelknochen (17).

Eine Therapie ist beim flexiblen, symptomfreien Knick-Senk-Fuß nicht angezeigt, bringt auch kein besseres Outcome als keine Therapie (24). Anders bei symptomatischen, jedoch nicht dekompenzierten, nicht progredienten Plattfüßen: Hier können, in Sachen konservative Therapie, physiotherapeutische Maßnahmen bei verkürzter Wadenmuskulatur hilfreich sein, Orthesen OSG und USG stabilisieren und bei besonderen Befunden wie zum Beispiel Marfan-Syndrom auch orthopädische Schuhe indiziert sein (23). Beim Talus verticalis hat sich, angeregt durch die guten Ergebnisse der Ponseti-Technik beim Klumpfuß, die sogenannte „reversed Ponseti-Technik“, also eine Serie von redressierenden Gipsen, die den Fuß in die genau entgegengesetzte Richtung wie beim Klumpfuß drehen sollen, etabliert (17).

Indikationen zur operativen Therapie sind zum Beispiel der Talus verticalis, welcher idealerweise im ersten LJ., nach vorhergehender Gipstherapie, aufgerichtet werden sollte. Auch symptomatische Koalitionen können eine OP-Indikation darstellen, allerdings meistens erst im Jugendalter (23). Der symptomatische aber flexible Plattfuß kann gering invasiv mittels Arthrorise-Technik stabilisiert werden (20). Als Ultima Ratio kann ein rigider, schmerzhafter Plattfuß auch mittels Tripelarthrodese korrigiert werden.

### 2.4.3 Hackenfuß

Von einem Pes calcaneus, wie der Hackenfuß auch genannt wird, spricht man bei Vorliegen einer Fußdeformität mit verstärkter Dorsalflexion im OSG, dem muskuläres Ungleichgewicht zu Grunde liegt (10). Mehrere Ursachen bzw. Varianten des Hackenfußes sind beschrieben: Grundsätzlich muss zwischen einem angeborenen und einem erworbenen Hackenfuß unterschieden werden (25): Wirth beschreibt den (angeborenen) Hackenfuß, als eine der häufigsten Fußdeformitäten beim Neugeborenen, und weiters als nichtstrukturelle Fußdeformität bei der keine knöchernen oder gelenkigen Veränderungen vorliegen. Die Prognose desselben beschreibt er als gut, mit spontaner Remission innerhalb der ersten Lebenswochen (26). Ursache dürften intrauterine Zwangshaltungen sein (25). Davon abzugrenzen ist der erworbene Hackenfuß, dem meist neuromuskuläre Ursachen zugrunde liegen: Entweder kann eine Insuffizienz der Wadenmuskulatur vorliegen, oder eine Verkürzung der Fußheber bestehen. Ursache der Insuffizienz der Wadenmuskulatur kann zum Beispiel eine schlaffe Lähmung durch Schädigung der motorischen Vorderhornzelle sein, wie dies bei der Spina bifida, der häufigsten Ursache eines Hackenfußes, oder der Poliomyelitis vorkommt (10).

Teilweise ist die Ursache jedoch auch iatrogen: Eine Überkorrektur mit einer Achillessehnenverlängerung beim angeborenen Klumpfuß oder beim spastischen Spitzfuß kann zum Hackenfuß führen (10,27).

Beim erworbenen Hackenfuß ist bedingt durch die erheblichen funktionellen Einbußen in den allermeisten Fällen eine Therapie erforderlich. Wenn die Fehlstellung passiv korrigierbar ist, ist eine Orthese mit Anschlag der Dorsalflexion angezeigt, eine operative Therapie ist bei gehfähigen PatientInnen in wenigen Fällen zielführend, da die Wadenmuskelkraft zu gering ist, um das Sprunggelenk zu stabilisieren (10). Allenfalls kann sie in Kombination mit einer Orthese wirken, oder Druckstellen bei sitzfähigen PatientInnen verhindern (10).

#### **2.4.4 Ballenhohlfuß**

Der Ballenhohlfuß, auch Pes cavus genannt, ist durch eine Höherstellung der Fußlängswölbung und damit einhergehenden steil stehenden Mittelfußknochen gekennzeichnet. Teilweise treten assoziiert eine Fersenvarusstellung und Klauenzehen auf. Wie häufig bei Fußdeformitäten ist auch beim Ballenhohlfuß eine physiologische Variante, die familiär gehäuft vorkommt, und eine pathologische Variante, die häufig in Verbindung mit neurologischen Grunderkrankungen auftritt, beschrieben (13). Ursächlich für die pathologische Variante können beispielsweise das Charcot-Marie-Tooth-Syndrom (HMSN), Myelodysplasien (Spina bifida), Poliomyelitis eine spinale Muskelatrophie aber auch neurale Tumoren sein, von denen man allen annimmt, dass sie zu einem muskulären Ungleichgewicht führen, welches die Entstehung des Ballenhohlfußes bedingt. Die Fehlstellung führt oftmals zu Schuhkonflikten durch den hohen Rist und zu Metatarsalgien durch die steil stehenden Mittelfußknochen (28).

Therapeutisch bietet sich bei leichten pathologischen Formen oder bei physiologischen Formen, welche Beschwerden verursachen, die Möglichkeit der Einlagenversorgung: Spezielle Einlagen mit treppenförmiger, retrokapitaler Abstützung können die Belastung von den Mittelfußköpfchen nehmen. Bei schwereren Formen ist eine operative Therapie angezeigt. Hier reichen die Möglichkeiten von plantaren Fasziotomien und Sehentransfers bei flexiblen Hohlfüßen über Umstellungsosteotomien bis zur Tripelarthrodese bei rigiden Ballenhohlfüßen, die die Gehfähigkeit einschränken oder verhindern (13).

### ***2.5 Syndrome und neurologische Erkrankungen mit assoziierten Fußdeformitäten***

#### **2.5.1 Spastische Cerebralparese**

Der spastischen Cerebralparese, kurz CP, liegt eine frühkindliche Hirnschädigung zugrunde, die prä-, peri-, oder postnatal auftreten kann. Die Ursachen der Hirnschädigung können vielgestaltig sein, oft ist es jedoch ein Sauerstoffmangel. Die CP tritt bei etwa 2,4-2,7 Kindern pro 1000 Lebendgeburten auf.

Die Symptome variieren je nach dem Bereich des Gehirns, welcher von der Schädigung betroffen ist, und auch die Intensität der jeweiligen Symptome schwanken stark. In diesem

Kapitel wird speziell nur auf den Zusammenhang der Cerebralparese mit Fußdeformitäten eingegangen (29). Immerhin findet sich bei bis zu 93% aller Kinder mit CP irgendeine Art von Fußdeformität (27).

Die häufigste Fußdeformität im Rahmen der CP ist der Spitzfuß, oder Pes equinus. Ätiologisch liegt dem Spitzfuß eine spastische Lähmung zu Grunde, die zu einer Tonus erhöhenden Überaktivität des Trizeps surae führt, welche bedingt durch eine Übersteigerung des Streckreflexes ist (10). Pathomechanisch ist diese Übersteigerung auf die Persistenz primitiver Reflexschablonen zurückzuführen – dies führt dazu, dass jede Aktivität der Betroffenen und jede Dehnung die Wadenmuskulatur aktiviert und damit zu Anregung des Streckreflexes führt. Therapeutisch bieten sich hier tonussenkende Botoxbehandlungen und operative Eingriffen wie Muskel- und Achillessehnenverlängerungen an (30). Etwa 20-25% aller Kinder mit CP erhalten wegen eines Spitzfußes einen chirurgischen Eingriff (31).

Die zweite Gruppe der Deformitäten im Rahmen der CP ist der spastische Klumpfuß: Ihm liegt eine muskuläre Dysbalance zwischen Invertoren und Evertoren zu Grunde – die Invertoren, speziell M. tibialis ant. und post., sind relativ stärker als die Evertoren. Eine Verkürzung des M. trizeps surae trägt, wie oben beim Spitzfuß, den Equinusanteil bei.

Therapeutisch zeigen sich nicht-operative Verfahren als meist nicht erfolgreich, auch Botulinumtoxin zeigen in Studien keinen kurativen Langzeiteffekt (29). Operativ bietet sich die Möglichkeit passiv korrigierbare, spastische Klumpfüße mittels Muskel- und Sehnentransfers bzw. –verlängerungen zu therapieren: Beispielsweise mit Verlängerung des M. trizeps surae und jeweils hälftiger Verlagerung von M. tibialis anterior und posterior. Bei strukturellen, spastischen Klumpfüßen wird ein kombinierter Eingriff aus muskelbalancierenden Eingriffen und knöchernem Eingriff (Calcaneusosteotomie oder Tripelarthrodese) notwendig (27,29).

Spastische Plattfüße treten ebenfalls häufig bei PatientInnen mit CP auf: Bei einer Studie in Toronto fand man bis zu 25% spastische Spitzplattfüße bei jungen Erwachsenen mit CP (31). Bei PatientInnen mit Diplegien findet man in bis zu 42% und bei PatientInnen mit Tetraplegien bis zu 68% Spitzplattfüße (32).

Ursächlich kann dem spastischen (Spitz-)Plattfuß eine Spastizität der Mm. peroneii, eine Schwäche des M. tibialis posterior oder ein verkürzter M. trizeps surae zugrunde liegen, auch die Kombination aus mehreren ist möglich (29).

In der Therapie muss bei spastischen Plattfüßen immer der Spitzfuß und der Plattfuß getrennt behandelt werden – es liegt immer eine kombinierte muskuläre und knöcherne

Fehlstellung vor. Bei jungen Kindern ohne Schmerzen kann mit einer Therapie zugewartet werden, bei Schmerzen kann eine Orthose Abhilfe schaffen. Sehnentransfers und –verlängerungen sind bei spastischen Plattfüßen nicht angezeigt, operativ können nur knöcherne Eingriffe eine dauerhafte Korrektur bewirken. In Frage kommende Eingriffe sind die extra-artikuläre Arthrodese nach Grice, laterale Fußrandverlängerung, Calcaneusosteotomien und die Tripelarthrodese (27,29).

### **2.5.2 Arthrogryposis multiplex congenita**

Arthrogryposis multiplex congenita (AMC) ist eher als eine Symptomenkomplex zu verstehen, denn als einzelne Krankheit. Allen gemein sind verringerte fetale Bewegungen und angeborene Gelenksteife in diversen Gelenken. Einige Formen der Arthrogryposis sind beschrieben, die häufigste und trotzdem sehr seltene ist die klassische Arthrogrypose, mit einer Häufigkeit von 1 in 10.000 Lebendgeburten. Eine weitere Form ist die distale Arthrogryposis, die sich speziell durch Bewegungseinschränkungen in Hand- und Fußgelenken auszeichnet (33).

Es gibt ätiologisch viele verschiedenen Ursachen für die Entstehung einer AMC: Genetische und nicht-genetische Formen, wobei die Letzteren fetal (neurogen, myogen etc.) und maternal (Infektionen, Medikamente oder mechanisch durch Oligohydramnion) bedingt sein können (34).

Bei der klassischen Form finden sich bei den Füßen reine Spitzfußstellungen oder ein Talus verticalis, wobei die Füße meist, bis auf minimale Restbeweglichkeit, steif in der Position stehen, die die Füße einnehmen. Die Bewegungseinschränkung bei der distalen Form ist ähnlich, man findet ebenfalls einen Talus verticalis oder angeborene Klumpfüße. Die genaue (operative) Therapie muss, durch die große Variabilität der Fehlstellungen, von Fall zu Fall geplant werden, vor allem da in vielen Fällen gewisse Gelenksstrukturen gar nicht angelegt sind (33).

### **2.5.3 Charcot-Marie-Tooth-Syndrom**

Das Charcot-Marie-Tooth-Syndrom (CMT) gehört zu Gruppe der „Hereditären motorischen und sensiblen Neuropathien“ (HMSNs) und ist eine der häufigsten Erbkrankheiten des peripheren Nervensystems. Die Inzidenz von allen Formen beträgt

etwa 1 von 2500-5000 Lebendgeburten. Das CMT zeigt sich durch symmetrischen Muskelschwund, verminderte Nervenleitgeschwindigkeit, Parästhesien und Fußdeformitäten (35), auf welche hier besonders eingegangen wird: Die häufigste Fehlstellung am Fuß bei CMT-PatientInnen ist der Ballenhohlfuß. PatientInnen mit bilateralen Ballenhohlfüßen haben in bis zu 78% CMT. Auf Grund der Denervation der intrinsischen Fußmuskulatur bei CMT, werden diese durch Kollagen ersetzt. Diese pathologischen Veränderungen führen zu einer Erhöhung der Längswölbung des Fußes, was zu schmerzhaftem Druck auf den Köpfchen der Metatarsalia und Schwielenbildung ebendort führt.

Therapeutisch bieten sich langfristig nur operative Therapien an, da die Fehlstellung mit der Zeit fixiert wird. Wenn frühzeitig operiert wird, reicht eventuell eine Weichteileingriff mit Spaltung der Plantarfaszie, Sehnentransfers und Kapsulotomien aus, ansonsten wird eine Tripelarthrodese notwendig (36).

## ***2.6 Historie der Arthrodese des unteren Sprunggelenkes und der Tripelarthrodese***

Nachdem Ladislaus Ledon Freiherr von Lesser 1879 erstmals eine operative Versteifung des oberen Sprunggelenkes durchführte, diese jedoch nicht Arthrodese nannte, gilt offiziell der österreichisch-böhmische Chirurg Eduard Albert als Urheber des Wortes Arthrodese. Arthrodese ist ein griechisches Kunstwort, welches wörtlich übersetzt Gelenksbindung bedeutet (37). Albert versteifte beide Kniegelenke eines an Poliomyelitis erkrankten Kindes und erreichte Standfestigkeit (38).

Durch das Versteifen des OSG ergaben sich jedoch keine ausreichenden Korrekturmöglichkeiten für Fehlstellungen im Fuß, auf Grund dessen wurde begonnen distalere Gelenke zu versteifen. Albert führte die sogenannte pantalare Arthrodese ein, bei der der Talus vorübergehend exstirpiert wurde um die Malleolengabel und das untere Sprunggelenk zu entknorpeln. Nach dem Wiedereinsetzen des Talus wurde sowohl das OSG als auch das USG mit K-Drähten und Gips fixiert. Whitman wandte den Talus betreffend eine ähnliche Technik an: Bei seiner Talusexstirpation, damals noch Astragalektomie genannt, entfernte er den Talus komplett, was jedoch schlechte knöcherne Einheilungsraten hatte und deswegen wieder verlassen wurde.

Generell wurde das USG damals, auf Grund der komplizierten Anatomie und der schwierigen Zugangswege selten alleine versteift (37). Zu dieser Zeit war es üblich, dass PatientInnen mit Fußdeformitäten entweder gar nicht behandelt wurden und nur mit ihrer Deformität angepassten Schuhen versorgt wurden, oder nur vorübergehend erfolgreich mittels redressierender Verbände (39). Erst Naughton Dunn erfand 1912 eine Methode zur Behandlung des Hohlfußes, die als erste eigenständige USG-Arthrodesese gesehen werden kann: Er exzidierte das Os naviculare, den Taluskopf und das Calcaneocuboidalgelenk zusätzlich zu einer Resektion des Subtalargelenkes. So konnten Hohlfußdeformitäten korrigiert, der Mittelfuß verkürzt und der gesamte Tarsus nach dorsal verschoben werden (37) (siehe Abb.8).



**Abb. 8: Links: Hohlfuß vor der Operation. Rechts: Z.n. Arthrodesese nach Dunn (37)**

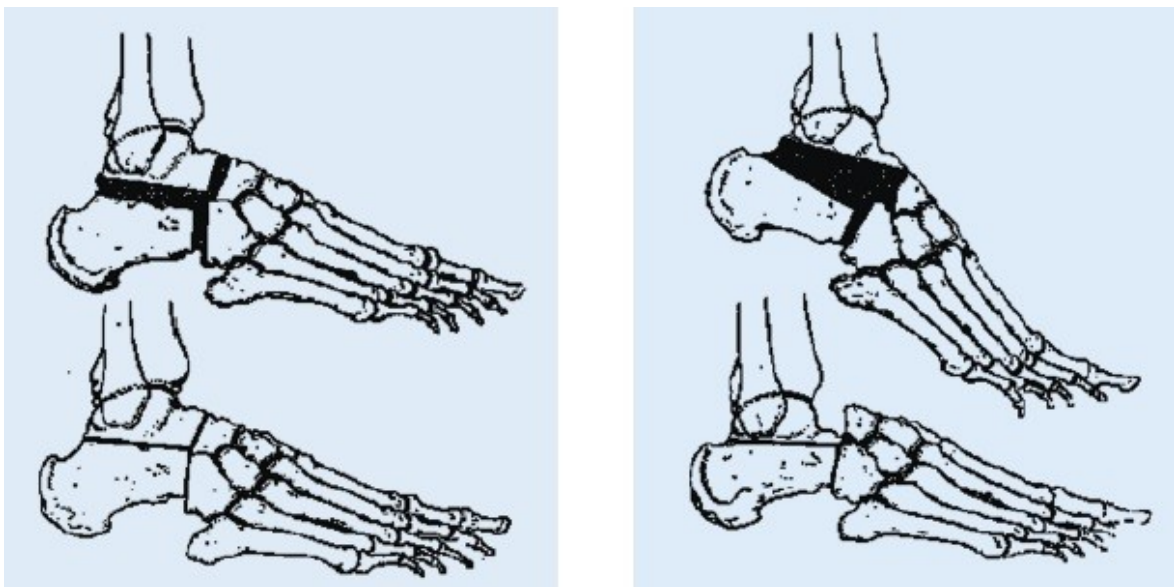
Die nächste Modifikation der USG-Arthrodesesen wurde von Michael Hoke 1921 eingeführt: Er führte auch eine subtalare Arthrodesese durch, entfernte den Taluskopf jedoch nur um ihn nach der erfolgten Entknorpelung wieder einzusetzen (40), mit dem Sinn der leichteren technischen Durchführbarkeit der Entknorpelung (37).

1923 schließlich beschrieb Ernest W. Ryerson erstmals die Tripelarthrodesese nach heutiger Art und gilt auch als Urheber dieser Bezeichnung: Er beschrieb in seiner Arbeit „Arthrodesing Operations on the Feet“ die Beobachtung, dass das Gangbild selbst bei kompletten künstlichen Füßen und Beinen besser war als bei PatientInnen mit Poliomyelitis. Er folgerte, dass dies daran lag, dass die Prothesen nur Bewegungen um eine transversale Achse ermöglichten, nämlich Flexion und Extension ohne die Möglichkeit lateraler Instabilitäten. Sein Therapieansatz war es nun, alle Knochen des Rückfußes fix mit dem Talus, welcher selbst eine gute knöchernen Führung in der Malleolengabel genießt, zu verbinden und somit laterale Abweichung sprich funktionshemmende Varus- und Valgusdeformitäten zu beseitigen (39). Teilweise erweiterte er seine Versteifung sogar auf

die Gelenke distal des Chopart-Gelenks, nämlich auf das Naviculocuneiforme- und das Cuboidometatarsalgelenk (37) (siehe Abb. 9 links).

Lambrinudi änderte die Operation 1927 dahingehend, dass er das Subtalargelenk großzügiger entknorpelte und vor allem den Talus unter Miteinbeziehung eines Korrekturwinkels resezierte – dies ermöglichte größere Bewegungsumfänge im OSG bei verkürzter Achillessehne bzw. Wadenmuskulatur (siehe Abb. 9 rechts) (37).

Abschließend soll noch die Methode nach Grice erwähnt werden, welche er 1952 vorstellte: Hierbei handelt es sich um eine extraartikuläre Arthrodesese bei der ein Knochenspan – z.B. vom Beckenkamm oder aus der Fibula entnommen – in den Sinus tarsi eingebracht wird um das subtalare Gelenk zu versteifen. Vorteil dieser Methode ist die, durch die extraartikuläre Lage der Arthrodesese, geringe Interferenz mit dem Wachstum des Fußes (41).



**Abb. 9: Links: OP-Methode nach Ryerson; Rechts: OP-Methode nach Lambrinudi (37)**

## 2.7 Die Tripelarthrodese heute

### 2.7.1 Indikationen

Ursprünglich wurden versteifende Operationen an den Füßen hauptsächlich angewandt um Residuen der Poliomyelitis, den so genannten Hängefuß, zu versorgen (42). Durch die Einführung der Polioimpfung Mitte des 20. Jahrhunderts, trat diese Indikation immer mehr in den Hintergrund und durch die Verbesserung der medizinischen Versorgung wurde auch die zweite Domäne dieser Operationen, nämlich Zustände nach primär unbehandelten angeborenen Klumpfüßen, immer seltener.

Das heutige Indikationsspektrum lässt sich ätiologisch in neurogene Fehlstellungen und nicht-neurogene Fehlstellungen unterteilen. Die Neurogenen können weiter in spastische und schlaffe Lähmungen unterteilt werden: Beispiele für Krankheiten in der Gruppe der spastischen Lähmungen sind die spastische Cerebralparese, welche vor allem bei Kindern und Jugendlichen einen großen Anteil der Indikationen darstellt, und der Zustand nach Apoplex. Bei der Gruppe der schlaffen Lähmungen sind es vor allem PatientInnen mit Charcot-Marie-Tooth-Syndrom (HMSN), Spina bifida, neurogenen Muskeldystrophien oder eben, wenn ungeimpft, Poliomyelitis (1).

Die nicht-neurogene Gruppe setzt sich ätiologisch bei Erwachsenen vor allem aus degenerativen Insuffizienzen der Tibialis posterior Sehne, rheumatischen Erkrankungen sowie posttraumatische Fehlstellungen und in zunehmendem Maße Charcot-Füße durch steigende Diabetes Zahlen, zusammen. Bei Jugendlichen und Kindern sind es naturgemäß häufiger angeborene Fußdeformitäten, welche konservativ nicht suffizient therapierbar waren, und erworbene komplexe Rückfußinstabilitäten.

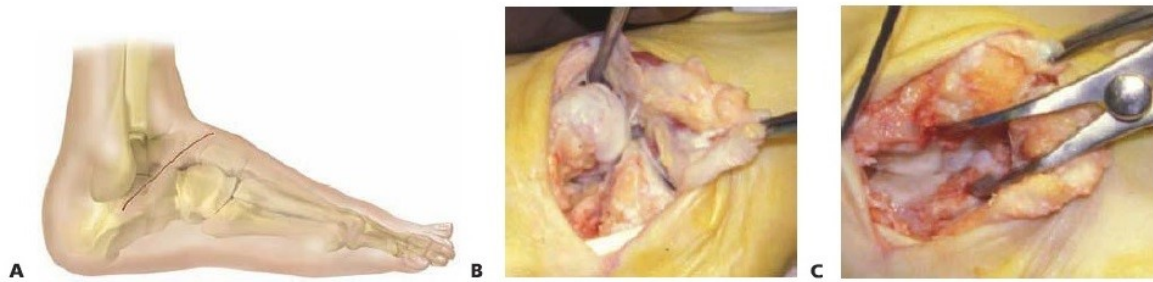
Döderlein stellt der Einteilung der Indikationen nach Ätiologie auch eine Einteilung nach Fehlstellungen im Fuß gegenüber, und unterteilt in (1):

- Rückfußinstabilitäten (wie beim schweren Knickplattfuß)
- Strukturelle Rückfußdeformitäten (Talus verticalis, Klumpfuß, Ballenhohlfuß)
- Ossäre Spitzfüße
- Fehlende muskuläre Sprunggelenkskontrolle (Hackenfuß)
- Persistierende Druckstellen (z.B.: an der Ferse beim Hackenfuß oder am Fußaußenrand beim Klumpfuß)

## 2.7.2 Operationstechnik

Die Operation wird in Rückenlage durchgeführt, Knie und Gesäß werden mit Pölstern unterlagert. Ist eine Technik nach Grice mit der Einfügung eines autologen Knochenspans geplant, so wird dieser inklusive Spongiosa vor Beginn der Fußoperation aus dem Beckenkamm oder der Fibula entnommen. Auch wenn eine andere Technik geplant ist, kann es als Vorsichtsmaßnahme trotzdem ratsam sein den ipsilateralen Beckenkamm mit zu waschen und abzudecken. Die Verwendung einer Blutsperre obliegt dem Operateur, bei eingeschränkter Durchblutungssituation des Fußes sollte sie eher unterbleiben, das Vorhandensein eines Bildwändlers im OP zur Kontrolle der postoperativen FußEinstellung und Lage der Schrauben bzw. Kirschner-Drähte ist jedoch unbedingt erforderlich (1).

Die Hautschnitte werden auch heutzutage ähnlich wie von Ryerson 1923 beschrieben durchgeführt: Er beschrieb einen medialen Hautschnitt von unterhalb des Malleolus medialis, über das Talonaviculargelenk etwa bis zur Mitte des Os metatarsale I, anschließend erfolgt ein dem zuvor getätigten ähnlicher Schnitt auf lateraler Seite: Von unterhalb des Malleolus lateralis, bis zur Basis des Metatarsale V reichend (39). Häufig unterbleibt heutzutage der mediale Zugang und es wird nur über den lateralen Zugang (Zugang nach Ollier) operiert: Dann reicht der Hautschnitt von distal des Malleolus lateralis quer über den Sinus tarsi (siehe Abb. 10) (43). Falls der mediale Zugang erfolgt, wird dort die Tibialis posterior-Sehne identifiziert, ihre Sehnenscheide eröffnet und die Sehne dorsalwärts retrahiert. Lateral wird der Ursprung des M. extensor digitorum brevis inklusive eines kleinen Knochenteiles gelöst und nach distal umgeschlagen: dies ermöglicht eine gute Sicht im OP-Gebiet auf das Talonavicular-, das Calcaneocuboid- und den vorderen Anteil des Subtalargelenkes. Nach erfolgter Darstellung aller Gelenke, wird die Kappung aller kapsulär-ligamentären Strukturen an allen zu arthrodetisierenden Gelenken vorgenommen. Liegen strukturell verkürzte Muskeln vor, so müssen diese durch Sehnenverlängerungen einer plantigraden Einstellung gemäß angepasst werden. Erst nach Sicherstellung einer guten Rundumsicht, welche durch spezielle Knochenspreizer unterstützt werden kann, wird mittels Meißeln daran gegangen die Gelenke zu entknorpeln – dies erfolgt immer in gleicher Reihenfolge: Talonavicular von medial, calcaneocuboidal von lateral, talonavicular von lateral und schließlich talocalcanear, wobei hier zuerst der hintere, dann der vordere Anteil entknorpelt wird.



**Abb. 10: A: Zugang nach Ollier; B: Rechts der abgelöste *Musc. ext. dig. brevis*, dahinter das eröffnete Talonaviculargelenk; C: Ein Spreizer im hinteren Anteil des Subtalargelenkes (43)**

Sind alle Verbindungen zwischen den Knochen gekappt und vollständig mobilisiert, kann der Fuß in Korrekturstellung gebracht werden, welche mit Kirschner-Drähten, Schrauben oder speziellen Fußplatten fixiert wird - bei Kindern und Jugendlichen verbleiben die Kirschner-Drähte als endgültige Osteosynthese (1). Beim Erwachsenen werden normalerweise drei Spongiosaschrauben verwendet, wovon eine vom Talus in den Calcaneus, eine vom Os naviculare in den Talus und eine von Os Cuboideum in den Calcaneus ragt. Von den meisten Operateuren werden Schrauben den Klammern vorgezogen, da diese eine bessere Kompression am Arthrodesenspalt erzeugen. Postoperativ werden die PatientInnen zwölf Wochen in Orthesen oder Unterschenkelgips ruhiggestellt, wobei der Gips bei Kindern und Jugendlichen auf Grund der unsicheren Compliance vorgezogen wird. Mindestens sechs von den zwölf Wochen sollte der Fuß nicht belastet werden (44).

### 2.7.3 Komplikationen

Da das Auftreten der verschiedenen Komplikationen je nach Studie und PatientInnenkollektiv mehr oder minder stark variiert, werden die genauen Häufigkeiten derselben in der Literaturübersicht in Kapitel 2.7 behandelt und hier nur ein allgemeiner Überblick über die verschiedenen Komplikationen gegeben.

Zu unterscheiden sind prinzipiell Frühkomplikationen, welche mit zeitlicher Nähe zur Operation auftreten, und Spätkomplikationen. Zu den ersteren zählen die üblichen OP-Risiken wie Blutung, Infektion und Wundheilungsstörungen, aber auch seltene Erkrankungen wie das CRPS (Morbus Sudeck) oder eine avaskuläre Talusnekrose. Weiters

kann nach der Operation ein Korrekturverlust auftreten, dieser kommt durch zu frühe Belastung oder mangelnde Osteosynthese zustande und sollte bei grobem Verlust, genau wie eine Schraubenfehllage, revidiert werden.

Nach mehreren Wochen und knöcherner Verheilung der Operation spricht man von den zuvor genannten Spätkomplikationen, bei denen sicherlich die Pseudarthrose eine der häufigsten ist, und eben genau das Ausbleiben der normal zu diesem Zeitpunkt zu erwartenden knöchernen Konsolidierung bezeichnet. Ebenfalls relativ häufig ist die, durch die biomechanisch höhere Belastung bedingte, Arthrose in den Anschlussgelenken um die Arthrodese. Hiervon sind sowohl OSG als auch die Gelenke der Lisfranc-Gelenklinie betroffen (1).

#### **2.7.4 Wirkungsweise und Voraussetzungen**

Da die Tripelarthrodese alle gelenkigen und ligamentären Verbindungen zwischen Talus, Calcaneus, Os naviculare und Os cuboideum trennt, ist es mit dieser Operationsmethode möglich, eine Korrektur des physiologischen Kardanmechanismus des Rückfußes sowohl in transversaler, sagittaler als auch in frontaler Ebene zu erreichen. Das Ziel der Operation ist eine plantigrade Einstellung des Fußes, wobei Czurda einen physiologischen Calcaneovalgus von  $5^\circ$  beschreibt (45), Fink von  $5-10^\circ$  Rückfußvalgus und  $3^\circ$  Vorfußvalgus (44) und Döderlein von einer physiologischen Inversion des Rückfußes und der dazu pronatorische Verwringung des Vorfußes spricht (1), welche durch die Wiederherstellung folgender drei anatomischer Prinzipien gesichert werden soll:

- **Wiederherstellung der talocalcanearen Divergenz**

Dies beschreibt die Besonderheit, dass Talus und Calcaneus fersenwärts übereinander, zehenwärts jedoch nebeneinander gelegen sind (das Ausmaß kann mit dem sogenannten Kite's Angle angegeben werden).

- **Rezentrierung der Talonaviculargelenkes**

Das Os naviculare sollte nicht nach lateral abgewichen sein, sondern im Gegenteil medial den Taluskopf etwas überragen, dorsal sollte es bündig abschließen.

- **Rezentrierung des Calcaneocuboidgelenkes**

Auch dieses Gelenk sollte lateral und dorsal bündig abschließen.

Trotz der großen Variabilität der Deformitäten, welche mit der Tripelarthrodese korrigiert werden können, gibt es gewisse Voraussetzungen, die notwendig sind, um ein möglichst gutes postoperatives Ergebnis zu erhalten: Vor der Operation muss das OSG strukturell gesund sein, da dieses nach der Tripelarthrodese auf unebenem und hartem Grund durch fehlende Dämpfung tendenziell höheren Belastungen ausgesetzt wird. Präexistente Arthrosen, Instabilitäten und angeborene Fehlstellungen müssen ausgeschlossen werden oder zumindest muss ein Therapiekonzept für das OSG miteinbezogen werden. Weiters müssen die übrigen Tarsalia strukturell in Ordnung sein – ein Charcot-Fuß oder rheumatoide Erkrankungen sollten nicht vorliegen, das OP-Gebiet nicht zu stark vernarbt sein und die Durchblutungssituation stabil sein (1).

## **2.8 Literaturrecherche zur Tripelarthrodese**

Da sich Indikationen zur Operation sowie Komplikationen in Auftreten und Häufigkeit unterscheiden, werden die gefundenen Arbeiten hier aufgeteilt in solche Studien, welche an Erwachsenen durchgeführt wurden, und solche welche Jugendliche zum Thema haben.

### **2.8.1 Erwachsene**

Eine der größten Studien zu den Ergebnissen der Tripelarthrodesen von Erwachsenen wurde 1998 von Richard Pell veröffentlicht. Er und sein Team untersuchten 132 Füße an 111 PatientInnen mit einem durchschnittlichen Follow-up von 5,7 Jahren nach. Das Durchschnittsalter der PatientInnen zum Zeitpunkt der OP lag bei 54,9 Jahren und bezogen auf die präoperativen Diagnosen handelte es sich hauptsächlich um drei Gruppen: posttraumatische Füße (Fußwurzelknochen-Frakturen), chronische Polyarthrititis und allen voran mit 53% Risse oder Fehlfunktionen der Tibialis posterior-Sehne. Die große Mehrheit der PatientInnen zeigte mit 77% eine Valgus-Deformität.

Erhoben wurde die Zufriedenheit der Patienten auf einer Skala von 0-10, der AOFAS-Score (mit maximaler Punktzahl von 94, da die sechs Punkte für USG-Beweglichkeit abgezogen wurden) und das postoperative Auftreten von Arthrosen wurde mittels stehendem Röntgen in zwei Ebenen ermittelt.

Pell fand eine durchschnittliche PatientInnenzufriedenheit von 8,3 und einen durchschnittlichen AOFAS von 60,7, wobei sich beide nicht signifikant nach präoperativer Diagnose oder Deformität unterschieden, die Zufriedenheit jedoch signifikant mit besserem Alignment korrelierte. 60% der Untersuchten zeigten postoperativ klare Zeichen der Arthrose im OSG, im Vergleich zu 7% präoperativ eine statistisch signifikante Steigerung. Die knöcherne Konsolidierung zeigte sich im Schnitt nach 10,7 Wochen, wobei sich zum Zeitpunkt der Studienuntersuchung 3 Pseudarthrosen (2.2%) fanden.

Sonstige Komplikationen waren oberflächliche Wundinfektionen (3%) und jeweils einzelne Fälle einer Neuritis nervi peronei, einer Achillessehnenruptur, einer Entzündung der Peronealsehnen und einem Charcot-Fuß bei einer Patientin die einen D.M. in der Follow-up Periode entwickelte (46).

Ebenfalls mit der Frage des Einflusses einer Tripelarthrodese auf das OSG beschäftigte sich DeHeus. Er untersuchte 37 Tripelarthrosen im Mittel zehn Jahre postoperativ nach, das Durchschnittsalter der PatientInnen bei OP lag bei 25 Jahren. Von den 37 Tripelarthrosen waren 14 auf Grund einer neurologischen Grunderkrankung indiziert und 23 auf Grund von Deformitäten oder post-traumatischen Veränderungen.

In der Studie untersucht wurden die Funktion des OSG, erhoben mittels Mazur-Score, und das Vorhandensein bzw. die Verschlimmerung einer Arthrose im OSG, erhoben im stehenden Röntgen und klassifiziert in vier Schweregrade – wobei hier auch die nicht operierte Seite als Vergleich herangezogen wurde. Als Ergebnis der Studie zeigte sich, dass 79% der Tripelarthrosen ein gutes oder exzellentes funktionelles Ergebnis im OSG mit dem Mazur-Score zeigten, 5% ein mittelmäßiges und 16% ein schlechtes. In den radiologischen Nachuntersuchungen zeigte sich bei 65% der Tripelarthrosen keine Veränderung der Arthrose nach zehn Jahren, bei 27% eine Verschlechterung der Arthrose um ein Grad, wobei bei diesen PatientInnen zu etwa 50% auch eine Verschlechterung um ein Grad auf der nicht-operierten Seite festgestellt werden konnte. Bei etwa 8% der Tripelarthrosen verschlechterte sich die Arthrose um zwei Grad. Beinahe alle Füße bei welchen ein Verschlechterung des Arthrose-Score eintrat hatten präoperativ existente Arthrosen – nach Ansicht von DeHeus sollten präexistente Arthrosen im OSG deshalb als relative Kontraindikation zur Tripelarthrodese gesehen werden (47).

Ähnlich wie Pell beschäftigte sich deGroot 2006 mit den funktionellen Ergebnissen mittels AOFAS Ankle-Hindfoot-Scale, der subjektiven Zufriedenheit und der Rate der Pseudarthrosen. Seine Studienpopulation setzte sich aus 36 PatientInnen von im Schnitt 43 Jahren zusammen, welche im Schnitt sechs Jahre postoperativ nachuntersucht wurden. Die

funktionellen Ergebnisse sind mit denen Pells durchaus zu vergleichen: Der durchschnittliche AOFAS-Wert betrug 63 (im Vergleich zu 60 bei Pell). Jedoch gaben nur 53% der PatientInnen an mit dem Ergebnis der OP zufrieden zu sein, was niedrig erscheint, nichts desto weniger würden 73% die Operation unter selben Umständen noch einmal durchführen lassen. Weiters korrelierte die Zufriedenheit signifikant mit dem Aligment des Fußes. Die Pseudarthrosenrate war in dieser Studie deutlich höher mit 29% Pseudarthrose in einem Gelenk und 12% in zwei Gelenken (48).

Eine in Österreich von Czurda und seinem Team durchgeführte Studie verwendete einen ähnlichen Studienaufbau mit Nachkontrolle mittels Röntgen, AOFAS-Score, subjektive Zufriedenheit und zusätzlich Pedobarographie. Das kleinere PatientInnenkollektiv setzte sich aus 24 Arthrodesen in 20 PatientInnen mit einem Durchschnittsalter von 63 Jahren zusammen, welche nach im Mittel 22 Monaten nachuntersucht wurden.

Der AOFAS-Score betrug postoperativ im Mittel 74 Punkte, 95,8% waren mit dem Ergebnis der Operation zufrieden und 91% würden dieser Operation unter ähnlichen Umständen erneut zustimmen. Eine Pseudarthrose wurden nur in einem Fall (4,2%) gefunden. Die Ergebnisse der Pedobarographie zeigten, dass es mittels der Tripelarthrodese möglich war, dem physiologischen Fuß ähnliche Druckverhältnisse an der Fußsohle herzustellen, mit Ausnahme im Bereich des Mittelfußes wo auch nach der OP erhöhte Drücke zu messen waren (45).

Einen etwas anderen Aspekt der Tripelarthrodesen beleuchtete Ishikawa in seiner Arbeit: Er untersuchte den Einfluss des Rauchens von Zigaretten auf die Pseudarthrosenrate bei Rückfußarthrodesen – in diese Studie flossen außer Tripelarthrodesen also auch Subtalar-, Talonavicular- und Calcaneocuboid-Arthrodesen ein, was die Vergleichbarkeit mit den Pseudarthrosenraten der zuvor genannten Studien beeinträchtigen kann. Nichtsdestoweniger fand er, dass die non-union-Rate in der Nichtraucher-Gruppe 7,1% betrug, wohingegen diese Komplikation in der Raucher-Gruppe in 18,6% der Fälle auftrat und dieser Unterschied weiters statistisch signifikant ist. Die Studienpopulation setzte sich aus 148 PatientInnen mit 160 Arthrodesen zusammen, wobei nicht aufgeschlüsselt wurde wie viele davon Tripelarthrodesen waren. Keiner der anderen untersuchten Faktoren wie Alter, Geschlecht, Art der verwendeten Fixierung oder Einsatz eines autologen Knochenspans veränderte die Pseudarthrosenrate signifikant (49).

## 2.8.2 Jugendliche

Als erste Studie soll hier die 1986 veröffentlichte Studie von Angus und Cowell besprochen werden, da in dieser Studie ein System zur Bewertung der Operationsergebnisse verwendet wurde, welches auch in einigen Folgestudien zur Anwendung kam. Die Autoren untersuchten 80 Tripelarthrodesen in 62 PatientInnen, die zum Operationszeitpunkt durchschnittlich 14,4 Jahre alt waren, im Schnitt nach 13 Jahren Follow-up nach. Die Hauptindikationen zur OP waren zu 26% spastische Cerebralparese, zu 21% Klumpfüße und zu 13% Poliomyelitis – der Rest setzte sich aus tarsalen Koalitionen, Myelodysplasien, Arthrogyriposis, Talus Verticalis und einzelnen anderen Diagnosen zusammen. Operiert wurde hauptsächlich nach der von Ryerson beschriebenen Methode, jedoch wurden nur bei 12 Füßen interne Osteosynthesematerialien verwendet. Es wurde eine subjektive Zufriedenheit der PatientInnen erhoben und klinische und radiologische Nachkontrollen durchgeführt. Als Kriterien in den Score um das Ergebnis zu klassifizieren flossen Schmerz, Restdeformität, Beschwielung, Pseudarthrose und Arthrosen im OSG ein – es wurde, nach den Kriterien aus Abb. 11, in gute, mittlere und schlechte Ergebnisse unterteilt.

<b>Rating</b>	<b>Signs and symptoms</b>
<b>Good</b>	No pain or minimal pain after heavy use No deformity or minimal deformity No callosities No pseudarthrosis No joint degeneration
<b>Fair</b>	Pain after light use Moderate deformity Single callosity Single pseudarthrosis Mild joint degeneration
<b>Poor</b>	Pain on standing or at rest Severe deformity Multiple callosities Multiple pseudarthroses Severe joint degeneration

Abb. 11 Bewertungskriterien für Ergebnisse der Tripelarthrodese von Angus und Cowell

Es zeigte sich, dass die subjektive Zufriedenheit – 91,5% der PatientInnen beurteilten ihre Füße als sehr verbessert oder verbessert –, deutlich höher war, als die objektiven Scores nahelegten: 25% der Füße wurden als gut, 42,5% als mittelmäßig und 32,5% als schlecht bewertet. Pseudarthrosen fand man in 22,5% aller Füße, wobei das Talonaviculargelenk am häufigsten betroffen war, und eine avaskuläre Talusnekrose trat in 9% der Fälle auf – wobei davon ausschließlich präoperativ schwere Spitzfußdeformitäten betroffen waren (50).

Die Ergebnisse über einen noch längeren Zeitraum als Angus und Cowell verfolgten Saltzmann und sein Team: Sie verfolgten 57 PatientInnen das erste Mal über durchschnittlich 25 Jahre und schlossen dem eine zweite Nachuntersuchung im Schnitt 44 Jahre nach der Operation an. Durch diese lange follow-up Periode ergibt sich bei dieser Studie die Besonderheit, dass die Hauptindikation der - zum Zeitpunkt der OP im Mittel 16 Jahre alten - PatientInnen, zu 55% die Poliomyelitis war, da zum Zeitpunkt der OP der Impfstoff gegen Poliomyelitis erst klinisch getestet wurde. Danach folgten die mit den anderen Studien vergleichbaren OP-Indikationen wie Klumpfuß (10%), CMT (9%), Koalitionen (9%), Rückenmarksfehlbildungen (6%) und abgeschlagen die Cerebralparese (4%).

Erhoben wurden jeweils das Vorhandensein von Schmerzen und Restdeformitäten, die maximale Gehstrecke und die Notwendigkeit von Gehhilfen, die Beweglichkeit im OSG und mittels Röntgen die Rate an Pseudarthrosen. Zur Bewertung der erhobenen Daten wurde das oben erwähnte Scoring von Angus und Cowell verwendet.

Postoperative Komplikationen wurden in 12% der Fälle gefunden: Am häufigsten waren mit 6% gipsbedingte Druckgeschwüre, gefolgt von Naht-Dehiszenz in 4% der Fälle und Wundinfektion mit 2%.

Aus dem Gesamtergebnis in der Methode nach Angus und Cowell ergab sich, dass zum Zeitpunkt der ersten Nachuntersuchung 75% der Füße als gut und 25% als mittelmäßig bewertet wurden. Bis zur zweiten Nachuntersuchung verschlechterte sich das jedoch auf nur noch 28% gute Ergebnisse, 69% als mittelmäßige und 3% als schlechte. Diese Verschlechterung des Outcomes war statistisch hochsignifikant. Trotzdem gab es überraschenderweise keinen statistischen Zusammenhang zwischen dem Bedarf an Gehhilfen, der neurologischen Funktion und dem Bewegungsumfang im oberen Sprunggelenk mit dem Gesamtergebnis. Weiters fand man, dass bei der ersten Nachuntersuchung 45% der PatientInnen über Schmerzen klagten, wohingegen bei der zweiten Nachuntersuchung 55% Schmerzen im operierten Fuß angaben.

Pseudarthrosen wurden in 18% der Füße gefunden, wobei hierzu die Röntgenbilder der ersten Nachuntersuchung ausgewertet wurden. Interessanterweise korrelierte bei der ersten Nachuntersuchung das Auftreten von Schmerzen mit dem Vorhandensein einer Pseudarthrose (relatives Risiko 1,66) wohingegen bei der zweiten Nachuntersuchung Schmerzen gleich häufig in den Gruppen mit Pseudarthrose und ohne Pseudarthrose auftraten (51).

Eingehender mit dieser Besonderheit beschäftigte sich eine neuere Studie von Wicks aus dem Jahr 2016: Es wurden 159 Füße an 111 PatientInnen nachuntersucht und der Frage nachgegangen ob eine komplette oder teilweise Pseudarthrose einen Einfluss auf das Auftreten von Schmerzen oder das funktionelle Ergebnis hat. Zu diesem Zweck wurden postoperative Röntgenbilder in zwei Ebenen durchgesehen. Die PatientInnen waren zum OP-Zeitpunkt im Schnitt 11,4 Jahre alt. Falls nach einem Jahr radiologisch nicht mindestens 80% fusioniert waren wurde eine Pseudarthrose („non-union“) angenommen, anderenfalls das Gelenk als fusioniert bezeichnet. Zusätzlich wurde ein klinisches Outcome, bestehend aus Vorhandensein von Schmerzen oder anderen klinischen Symptomen, nachfolgend notwendige weitere Operationen und die Rückkehr zu Beruf bzw. vorherigem Aktivitätsniveau erhoben.

8,8% der Füße erreichten keine vollständige Frakturheilung. Beim Vergleichen der beiden Gruppen der fusionierten bzw. nicht-fusionierten wurde festgestellt, dass sich die beiden Gruppen weder im Auftreten von Schmerzen (86% bzw. 85% in der fusionierten Gruppe hatten keine oder nur nach starker Belastung Schmerzen), in der Rückkehr zum Aktivitätsniveau (100% in beiden Gruppen) oder in Komplikationen bzw. notwendigen Revisionsoperationen signifikant unterschieden. Unterschiedlich waren die beiden Gruppen nur in den Faktoren, dass die PatientInnen in der Pseudarthrosen Gruppe die Füße postoperativ länger nicht belasteten, älter waren, weniger vorhergehende Operationen hatten und andere zur OP führende Erkrankungen hatten: In der Pseudarthrosen Gruppe waren deutlich mehr PatientInnen mit CMT-Syndrom und tarsalen Koalitionen und weniger Klumpfüße und neurologische Erkrankungen (2).

Welchen Einfluss unterschiedliche Indikationen auf das Outcome haben, beleuchtet auch die Studie von Daglar et al.: 25 Füße an 20 PatientInnen wurden im Schnitt 55 Monate postoperativ nachuntersucht. Das Durchschnittsalter war mit 24,9 Jahren höher als bei vergleichbaren Studien, wird jedoch in dieser Literaturstudie trotzdem im Kapitel Jugendliche angeführt, da in dieser Studie die Indikationen zur OP mit Klumpfüßen, CMT-Syndrom, Poliomyelitis, Hohlfüßen, Spina bifida und spastischer Cerebralparese dem

Indikationsspektrum der jugendlichen Gruppe ähnlicher war als dem, der erwachsenen Gruppe.

Es wurde je nach Ätiologie eine Gruppe mit neurogener Ursache und eine Gruppe mit nicht-neurogener Ursache unterschieden. Die PatientInnen wurden sowohl prä- als auch postoperativ geröntgt, klinisch-untersucht, es wurden AOFAS-Score und die Lebensqualität mittels SF36 erhoben. Zusätzlich wurden auf den Röntgenbildern Talus-Metatarsale-I-Winkel und Talocalcaneärer Winkel bestimmt.

Sowohl die neurogene als auch die nicht-neurogene Gruppe profitierte im funktionellen Ergebnis und beim radiologischen Alignment. Es zeigte sich, dass die postoperativen AOFAS-Scores bei nicht-neurogenen Füßen höhere Werte erreichten (77) als bei neurogenen Füßen (64), die Höhe des Anstiegs des AOFAS-Scores sich jedoch nicht signifikant zwischen beiden Gruppen unterschied. Auch die gemessenen Winkel verbesserten sich, mit Ausnahme des Talocalcaneären Winkels in AP-Projektion, bei beiden Gruppen, ohne sich gegeneinander signifikant zu unterscheiden. Die Notwendigkeit der Orthesenversorgung sank ebenfalls: Präoperativ mussten 10 von 25 Füßen versorgt werden, postoperativ nur noch 4 von 25 (wobei all jene in der neurogenen Gruppe waren). Im Bezug auf die Lebensqualität im SF-36 unterschieden sich die Gruppen weder prä- noch postoperativ signifikant, jedoch war die Verbesserung durch die OP – auf 62 in der neurogenen Gruppe und auf 63 in der nicht-neurogenen – signifikant. Die subjektiven Ergebnisse waren wie schon in anderen Studien mehrfach gezeigt gut, 90% der PatientInnen waren mit dem Ergebnis zufrieden (52).

Vlachou und Dimitriadis benutzten bei ihren untersuchten 52 Tripelarthrodesen an 38 PatientInnen ebenfalls das Bewertungssystem von Angus und Cowell. Das Alter der PatientInnen bei OP betrug im Mittel 14,2 Jahre, die Nachuntersuchung fand im Durchschnitt 10,2 Jahre danach statt. Die zur OP-führenden Hauptindikationen waren zu 42% die spastische Cerebralparese, zu jeweils 13% CMT und Poliomyelitis und zu jeweils 6% Klumpfüße und Myelomeningocelen.

Im Zug der Nachuntersuchung wurden Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen durchgeführt, das Vorhandensein von Schmerz und die persönliche Zufriedenheit abgefragt, das Alignment überprüft und der Fuß auf Restdeformität und Beschwielung untersucht.

Es fanden sich 33% gute, 54% mittlere und 13% schlechte Ergebnisse nach oben erklärtem Bewertungsschema, wobei gute Ergebnisse im Allgemeinen in Ballenhohlfüßen und Knick-Platt-Füßen zu finden waren, schlechte Ergebnisse fanden sich in drei Füßen mit

Calcaneoplanovalgus-Deformität, in zwei mit Equinocalcaneovalgus-Deformität und einem Klumpfuß der zuerst mit einem Weichteil-Release therapiert worden war.

Eine Pseudarthrose wurde in zwei Fällen (4%) gefunden und in ebenso vielen Füßen fanden sich degenerative Veränderungen im Knorpel am OSG, letztere beide an Knick-Platt-Füßen. Arthrotische Veränderungen in den Mittelfußgelenken fanden sich in vier Füßen. Stärkere Schmerzen traten – nicht ganz konkordant mit anderen Studien – nur in Verbindung mit Pseudarthrosen auf, leichtere Schmerzen nur in den Fällen welche arthrotische Nachbargelenke hatten (53).

Die Nachuntersuchung der Tripelarthrodese in einer bestimmten PatientInnengruppe haben Wetmore et al. vorgenommen: Sie haben Langzeitergebnisse bei PatientInnen mit Charcot-Marie-Tooth Syndrome untersucht. Dazu wurden 16 PatientInnen, bei der OP im Mittel 15 Jahre, mit 30 Arthrosen im Schnitt 21 Jahre postoperativ nachuntersucht. Die PatientInnen wurden zu Schmerzen befragt und den Einfluss der Arthrodese auf den Lebensstil und die Fähigkeit zu Gehen. Weiters wurde Stabilität, Beweglichkeit und Restdeformität des Fußes untersucht und Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen durchgeführt um das Alignment und den Grad der Fusion zu überprüfen. Zur Bewertung der Ergebnisse wurde eine 4-stufige Skala herangezogen: Exzellent (normaler Gang, normale Funktion, keine Pseudarthrosen, Instabilitäten, Schmerzen und Aktivitätseinschränkungen), Gut (leichte Schmerzen und Instabilitäten, relativ gutes Gangbild, Konfektionsschuhe), Mittelmäßig (Restdeformität, mittlere Schmerzen, verminderte Gehleistung, Orthesenbedarf) und Schlecht (starke Restdeformität, schlechter Gang und Balance, starke Schmerzen, schwere Instabilitäten, Pseudarthrosen und große Einschränkung der Aktivität).

Bei der Auswertung zeigten 7% ein exzellentes Ergebnis, 17% ein gutes, 30% ein mittelmäßiges und 46% ein schlechtes. Von allen 14 Füßen welche ein schlechtes Ergebnis zeigten, hatten vier fortgeschrittene Arthrosen und wurden bereits mit einer Arthrodese des OSG behandelt. Fünf hatten schmerzhaft Restdeformitäten, zwei waren instabile Spitzfüße, die zur Stabilisierung ebenfalls im OSG versteift worden waren, ein Fuß war ein überkorrigierter Plattfuß, einer hatte eine Metatarsalgie mit zusätzlicher Arthrose im OSG und ein letzter entwickelte eine Osteomyelitis. Von den schlechten Ergebnissen hatten also sechs eine OSG-Versteifung, die übrigen acht benötigten Orthesen. Insgesamt entwickelten 77% Arthrosen entweder im OSG oder in den Mittelfußgelenken. Pseudarthrosen fanden sich in zwei Fällen (7%), beide im Talonaviculargelenk, wobei insgesamt 26% mäßige bis stärkere Schmerzen verspürten. Zusätzlich wurde in der Studie ein Zusammenhang

zwischen längerem Follow-up und schlechterem Ergebnis festgestellt: Unter den fünf Füßen welche weniger als 10 Jahre Follow-up hatten war kein schlechtes Ergebnis, unter den 16 Füßen welche über 20 Jahre verfolgt wurden jedoch zehn (54).

### **3 Studienziel**

Das Ziel der Studie war es, durch Auswertung der Langzeitergebnisse, 10 bis 20 Jahre nach einer Tripelarthrodese, zukünftigen PatientInnen präoperativ eine bessere Beratung zu Teil werden zu lassen und ihnen eine realistischere Einschätzung der zu erwartenden Ergebnisse bieten zu können. Hierzu wurden die PatientInnen klinisch und radiologisch untersucht, standardisierte Fragebögen zur Fußuntersuchung (AOFAS), und auch zur Lebensqualität (SF-36) erhoben. In einem selbst erstellten Fragebogen gaben die PatientInnen außerdem an, ob sie die OP nochmals durchführen lassen würden und ob sie die OP weiterempfehlen würden.

## **4 Material und Methoden**

Alle gehfähigen PatientInnen, die von 1995-2007 an der Klinischen Abteilung für Kinderorthopädie des Landeskrankenhauses Graz eine Versteifung des unteren Sprunggelenkes mittels Tripelarthrodese erhalten hatten, wurden in die Studie eingeschlossen. Die für die Studie zuständige Ethikkommission in Graz erteilte ihre Zustimmung zur Durchführung der Studie am 29.02.2016 (Nummer des Ethikantrages: 28-218 ex 15/16).

Die PatientInnendatenakquise wurde mittels MEDOCS durchgeführt. MEDOCS ist ein, in der Steirischen Krankenanstalten Ges.m.b.H. verwendetes, Computerprogramm zur Dokumentation, Kommunikation und PatientInnenverwaltung, welches auf dem Programm „SAP Enterprise-Resource-Planning“ des gleichnamigen deutschen Softwareherstellers SAP SE basiert.

In den genannten Zeitraum fielen 24 PatientInnen, die den Kriterien entsprachen. Bei diesen wurde postalisch mittels eines Einladungsschreiben das Interesse, an der Nachuntersuchung teilzunehmen, abgefragt. Im Falle einer Nicht-Antwort wurde versucht die PatientInnen telefonisch zu erreichen. Zwei PatientInnen waren im Zeitraum des Follow-up verstorben, elf weitere waren verzogen, auf postalischen oder telefonischem Wege nicht erreichbar oder hatten kein Interesse an der Nachuntersuchung teilzunehmen.

Im Zuge der Nachuntersuchung gaben alle PatientInnen oder deren gesetzlicher Vormund das schriftliche Einverständnis zur Teilnahme an der Studie.

### **4.1 Klinische Untersuchung**

Bei allen PatientInnen wurden die für die AOFAS-Scores relevanten Punkte, Bewegungsumfänge im OSG (Dorsalflexion und Plantarflexion sitzend mit hängenden Beinen) und USG (Inversion und Eversion sitzend mit hängenden Beinen), die Stabilität des OSG, mit anterior-posteriorer Talusverschieblichkeit und lateraler Aufklappbarkeit, sowie das Gangbild der PatientInnen, erhoben. Auch die angrenzenden Gelenke wurden untersucht: Hierbei wurden die passiven Bewegungsumfänge der Hüfte (Flexion in Rückenlage und Extension mittels Thomas-Handgriff, Innenrotation und Außenrotation in Rückenlage mit gebeugter Hüfte und Knie, und Abduktion und Adduktion in Rückenlage) und Knies (Flexion und Extension in Rückenlage) erhoben.

## **4.2 Verwendete Scores und Fragebögen**

Bilder aller verwendeten Scores und Fragebögen finden sich im Anhang. Alle Scores und Fragebögen wurden gemeinsam mit den PatientInnen ausgefüllt.

### **4.2.1 AOFAS-Score**

AOFAS steht für American Orthopaedic Foot and Ankle Society und ist namensgebend für diesen Score, da er von dieser wissenschaftlichen Gesellschaft 1994 vorgestellt wurde (55). In dieser Studie wurden zwei Varianten des AOFAS-Scores verwendet: Erstens die „AOFAS-Ankle-Hindfoot-Scale“ und die „AOFAS Midfoot-Scale“, beide jeweils in ihren deutschen validierten Versionen. Die AOFAS-Hindfoot-Scale bewertet die drei Teilbereiche Schmerz, Funktion und Achsenstellung. Maximal erreichbar sind insgesamt 100 Punkte, wobei 40 Punkte für die Kategorie Schmerzen, 50 Punkte für die Kategorie Funktion und 10 Punkte für die Kategorie Ausrichtung bzw. Achsenstellung vergeben werden. Der Schmerz wird von „Kein Schmerz“ bis „heftig, fast immer“ kategorisiert. In die Kategorie Funktion fließen das Zurechtkommen im Alltag inklusive der Notwendigkeit von Gehhilfen, die maximale Gehstrecke, das Gehen auf unebenem Grund, der Grad der Gangabnormität, der Grad der Beweglichkeit in OSG und USG und die Stabilität der Sprunggelenke ein. Die Achsenstellung wird nur klinisch erhoben, eine radiologische Beurteilung fließt nicht mit ein.

Die numerischen Werte wurden vom ursprünglichen Autorenteam nicht in Ergebnisgruppen (z.B.: exzellent, gut, mittelmäßig, schlecht) eingeteilt. Grundsätzlich eignet sich die AOFAS-Ankle-Hindfoot-Scale zur Beurteilung des OSG, Subtalar-, Talonavicular- und Calcaneocuboidgelenkes und kann zur Bewertung von Sprunggelenksprothesen, Arthrodesen, Instabilitätsoperationen und nach Frakturen angewandt werden (55).

Vom grundsätzlichen Aufbau her ähnlich ist die AOFAS-Midfoot-Scale: Es werden ebenfalls Schmerz (40 Punkte), Funktion (45 Punkte) und Achsenstellung (15 Punkte) bewertet, die Gewichtung ist jedoch etwas anders als bei der Ankle-Hindfoot-Scale. Die einzelnen Items sind grundsätzlich gleich, jedoch fließt in die Midfoot-Scale zusätzlich das Schuhwerk (normale Konfektionsschuhe, Schuhe mit Einlagen oder orthopädische Schuhe) mit ein. Die Beweglichkeit wird jedoch nicht bewertet, da es klinisch nicht möglich ist die

Beweglichkeit der einzelnen Intertarsalgelenke zu bestimmen. Dieser Score wurde geschaffen um das laterale Cuneiformecuboid-, das Naviculocuneiform- und die Tarsometatarsalgelenke nach Arthrodesen und Frakturen in diesem Bereich zu bewerten (55), fließt jedoch trotzdem in diese Arbeit ein, um die Auswirkungen der Tripelarthrodese auf die benachbarten Gelenke zu dokumentieren.

#### 4.2.2 SF-36

Der SF-36 ist einer der weltweit am häufigsten verwendeten Fragebögen zur Erhebung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HRQoL). SF-36 steht für Short Form 36, wobei 36 die Anzahl der Fragen widerspiegelt. Entwickelt wurde der SF-36 im Rahmen der amerikanischen MOS (Medical Outcome Study), welche durchgeführt wurde um die Leistungsfähigkeit von Versicherungen zu evaluieren.

Jede Frage, die Fragen werden auch Items genannt, soll so beantwortet werden wie es der subjektiven Wahrnehmung der PatientInnen am nächsten kommt: Die Varianten der Items reichen von simplen „ja-nein“-Fragen bis zu 5- oder 6-stufigen Fragen, die mit „überhaupt nicht“ bis „sehr“ oder „immer“ bis „nie“ zu beantworten sind (56). Jede dieser 36 Fragen ist Teil einer von acht Subskalen welche die Teilbereiche der Lebensqualität beschreiben (57). Diese acht Subskalen sind (in Klammer die jeweils gängigen englischen Abkürzungen):

1. **Körperliche Funktionsfähigkeit (PF)**: In dieser Skala wird erhoben in wie weit der Gesundheitszustand körperliche Aktivitäten wie die Selbstversorgung, das Treppen steigen oder das Bücken beeinflusst.
2. **Körperliche Rollenfunktion (RP)**: erhebt die Beeinträchtigung bei der Arbeit oder Einschränkungen bei anderen täglichen Aktivitäten.
3. **Körperliche Schmerzen (BP)**: beschreibt das Ausmaß der Schmerzen und deren Einfluss auf die Arbeit.
4. **Allgemeiner Gesundheitszustand (GH)**: zeigt die subjektive Beurteilung der Gesundheit inklusive der zukünftigen Erwartungen der PatientInnen.
5. **Vitalität (VT)**: erfasst den Grad der Energie der Person – fühlt sie sich energiegeladen oder erschöpft?
6. **Soziale Funktionsfähigkeit (SF)**: beschreibt den Grad der Beeinträchtigung von sozialen Aktivitäten durch körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme.

7. **Emotionale Rollenfunktion (RE):** zeigt das Ausmaß in dem die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten durch emotionale Probleme beeinträchtigt sind.
8. **Psychisches Wohlbefinden (MH):** schließlich bezeichnet die allgemeine psychische Gesundheit einschließlich Angst, Depression oder positiver Grundgestimmtheit

Ausgewertet wird der SF-36 indem der, jeder Itembeantwortung zugewiesene, numerische Wert pro Subskala addiert wird, für manche Items zuvor jedoch – entsprechend der Anweisungen des Manuals – recodiert oder rekaliert werden muss. Welches Item zu welcher Subskala gehört ist dem Manual zu entnehmen (siehe Tab. 1. oben), anschließend wird mittels einer Formel aus dem Manual (siehe Tab. 1. unten) die sogenannte transformierte Skala gebildet, damit jede Subskala einen Wert zwischen 0 und 100 beschreibt (58).

Scale	Sum Final Item Values (after recoding items as in Tables 6.1-6.8)	Lowest and highest possible raw scores	Possible raw score range
Physical Functioning	$3a+3b+3c+3d+3e+3f+3g+3h+3i+3j$	10, 30	20
Role-Physical	$4a+4b+4c+4d$	4, 8	4
Bodily Pain	$7+8$	2, 12	10
General Health	$1+11a+11b+11c+11d$	5, 25	20
Vitality	$9a+9e+9g+9i$	4, 24	20
Social Functioning	$6+10$	2, 10	8
Role-Emotional	$5a+5b+5c$	3, 6	3
Mental Health	$9b+9c+9d+9f+9h$	5, 30	25

$$\text{Transformed Scale} = \left[ \frac{(\text{Actual raw score} - \text{lowest possible raw score})}{\text{Possible raw score range}} \right] \times 100$$

**Tab. 1: oben: Formeln für die Berechnung der Subskalenwerte; unten: Formel zur Bildung der transformierten Skala (58)**

Ausgehend von diesen acht Subskalen können zusätzlich zwei sogenannte Summenscores gebildet werden: Erstens der „physical health component summary score“ (PCS), der die Dimension der körperlichen Gesundheit abbildet und der „mental health component summary score“ (MCS) der die Dimension der psychischen Gesundheit abbildet. Die

ersten vier Skalen (PF, RP, BP und GH) haben eine mehr oder minder starke Assoziation mit dem PCS wohingegen die anderen vier Skalen (VT, SF, RE und MH) unterschiedlich stark, jedoch grundsätzlich mit dem MCS korrelieren (59). Auf die Bildung dieser Summenscores wurde in dieser Studie jedoch verzichtet, da sich nach Ellert bei Errechnung und Interpretation dieser Summenskalen methodische und inhaltliche Schwierigkeiten ergeben, die eine Verwendung der acht Subskalen als sinnvoller erscheinen lässt (59).

### **4.2.3 Fragebogen zu den subjektiven Langzeitergebnissen von Tripelarthrodesen**

Dieser kurze, eigens für die Studie zusammengestellte, Fragebogen wurde zur Erhebung der subjektiven Zufriedenheit der PatientInnen mit der Operation in die Studie aufgenommen. Er setzt sich aus zwei Fragen zusammen:

- „Würden Sie die OP nochmals durchführen lassen?“
- „Würden Sie die OP weiterempfehlen?“

Beide konnten mit fünf Antwortmöglichkeiten von „Stimme völlig zu“ bis „Lehne völlig ab“ beantwortet werden. Der Fragebogen wurde nicht auf die gängigen Gütekriterien eines Fragebogens (Validität, Reliabilität etc.) getestet, da er nur ein grobes Stimmungsbild der subjektiven Zufriedenheit wiedergeben sollte.

## **4.3 Radiologische Beurteilung**

Bei weiblichen Studienteilnehmern wurde/n Patientin und/oder Eltern gefragt ob eine Schwangerschaft mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann, andernfalls wäre das Röntgen nicht durchgeführt worden.

An den Röntgenbildern, welche unter Belastung des Fußes in anterior-posteriorer und seitlicher Ebene angefertigt wurden, beurteilten wir die Durchbauung der Arthrodesen (ja/nein), bzw. Vorliegen einer Pseudarthrose (ja/nein). Ein Gelenk wurde als durchbaut angenommen, wenn mehr als die Hälfte der Gelenksfläche im Röntgenbild knöchern durchbaut war. Zusätzlich wurden folgende Winkel gemessen:

seitliche Aufnahme

- Talus-Metatarsale-I-Winkel (Meary's angle)
- Calcaneal Pitch-Winkel

Interpretation dieser Winkel:

Beim Talus-MT-I-Winkel sollte beim gesunden belastetem Fuß die Mittellinie der Längsachse des Talus in einer Linie mit der Längsachse des 1. Metatarsalknochen sein (siehe Abb. 12 rechts). Eine Abweichung von mehr als  $4^\circ$  konvex dorsalwärts deutet auf einen Hohlfuß hin (60). Eine Abweichung bis zu  $15^\circ$  konvex plantarwärts spricht für einen leichten Senk- oder Plattfuß,  $15-30^\circ$  für einen mittelschweren und mehr als  $30^\circ$  für einen schweren Plattfuß (61).

Der Calcaneal-pitch-Winkel beschreibt die Inklination des Calcaneus unter Belastung, wobei der Winkel zwischen der Horizontalebene und einer Linie vom plantarsten Punkt des Calcaneus und dem plantarsten Punkt des Calcaneocuboidgelenkes gemessen wird (siehe Abb. 12 links). Winkel zwischen  $18^\circ$  und  $20^\circ$  (teilweise bis  $32^\circ$ ) werden als normal angegeben, ein niedrigerer Winkel ist ein Hinweis auf einen Plattfuß (60).



Abb. 12: Winkelmessungen im seitlichen Röntgen. Links: Calcaneal-pitch-Winkel; Rechts: Talus-MT-I-Winkel (60)

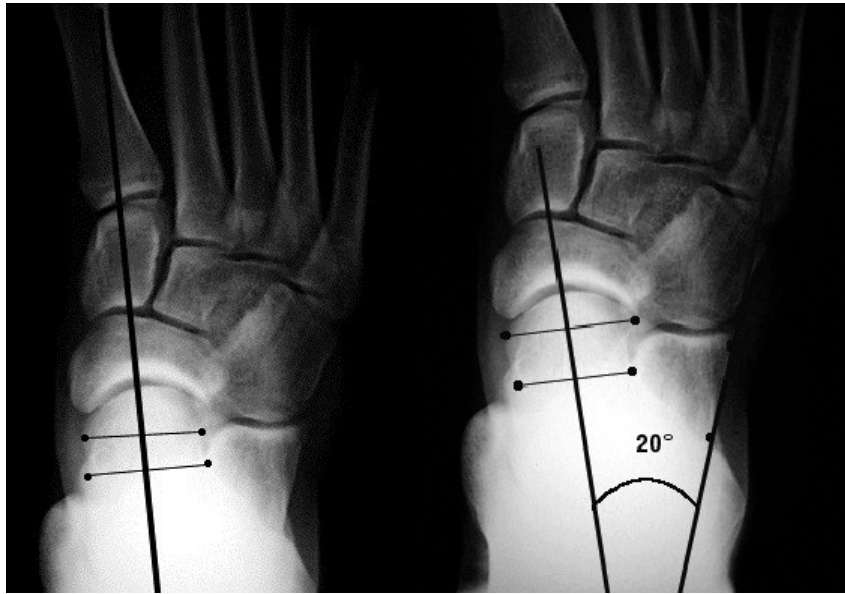
anterior-posterioren Aufnahme:

- Talus-Metatarsale-I-Winkel
- Talocalcaneärer-Winkel (Kite's Angle)

Interpretation dieser Winkel:

Der Talus-MT-I-Winkel in der a.p.-Aufnahme ist eine Möglichkeit das Maß an Mittelfuß- und Vorfußabduktion zu messen – beim gesunden Fuß sollte eine Achse durch die

Mittellinie des Collums des Talus lateral der Mittelachse des 1. Metatarsalknochens liegen (siehe Abb. 13 links). Liegt sie medial davon, spricht dies für einen Platt- oder Senkfuß. Beim Talocalcarearen-Winkel, welcher zwischen einer Mittellinie durch Caput und Collum des Talus und einer Linie, welche dem lateralen Rand des Calcaneus anliegt (siehe Abb. 13 rechts), liegt, sind die Normwerte bei gesunden Fuß zwischen  $15^{\circ}$ - $30^{\circ}$ . Alles darüber spricht für einen Rückfuß-Valgus und zeigt damit einen Senk- oder Plattfuß an (60).



**Abb. 13: Winkelmessungen im a.p.-Röntgen. Links: Talus-MT-I-Winkel; Rechts: Talocalcaneärer-Winkel (60)**

## 5 Ergebnisse

Im Zeitraum zwischen 1995-2007 erhielten 24 PatientInnen eine operative Versorgung mittels Tripelarthrodese. 11 PatientInnen davon kamen zur Nachuntersuchung, wobei die Eltern eines Patienten vor Ort die Teilnahme an der Studie abbrachen. Ein weiterer Patient wurde von uns aus der Studie ausgeschlossen, da er zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nicht mehr gehfähig war. Es blieben also 9 PatientInnen mit insgesamt 12 Tripelarthrodesen, welche die Studienpopulation bildeten. Die PatientInnen, fünf Männer und vier Frauen, waren zum OP-Zeitpunkt im Mittel 15,52 Jahre (SD 3,01; Range 12,3 – 23,77) alt. Die Nachuntersuchung wurde im Schnitt 10,24 Jahre (SD 1,67; Range 8,31-13,64 Jahre) nach der Tripelarthrodese durchgeführt.

Detaillierte Informationen zu den teilnehmenden PatientInnen sind in Tabelle 2 dargestellt. Ebenfalls sind dort additive Operationen außerhalb der Tripelarthrodese aufgeführt.

Bei 8 PatientInnen war der Anlass der Tripelarthrodese eine Fußdeformität im Rahmen einer angeborenen Grunderkrankung: Sechs PatientInnen hatten eine infantile Cerebralparese. Jeweils eine Patientin litten unter dem Charcot-Marie-Tooth-Hoffmann Syndrom und der Arthrogryposis multiplex congenita und eine letzte Patientin hatte zwar beidseitige, primäre Plattfüße, war jedoch ansonsten gesund.

Pat. Nr.	Fuß Nr.	Geschl.	Alter bei OP	Alter bei NU	Ätiologie	preop. Deformität	Additive Operationen
1	1	M	16,06	27,93	CP, Diparese	Plattfuß, sekundär	Derotationsosteotomie Femur und Tibia
2	2	W	13,57	25,88	Plattfuß, primär	Plattfuß, primär	Keilentnahme im Chopart-Gel. u. Spanent. im Beckenkamm
	3		14,39				
3	4	M	16,27	24,97	CP, Tetraparese	Plattfuß, sek.	Plantar-Flexions-Osteomie MT-I, Weichteilkorr. nach McBride
	5		16,66				
4	6	W	13,69	22,55	AMC	Plattfuß, sek.	Arthrodese MTP-I, Keilentnahme aus dem Chopart
5	7	W	12,30	21,70	CMT	Ballenhohlfuß sek.	perkutane ASV, Sehnenverlagerung Tib. Ant.
6	8	W	16,64	30,27	CP	Plattfuß, sek.	Osteotomie MT-I, Verl. des Tibialis ant. u. Per. long. et brevis
7	9	M	13,46	22,79	CP, Diparese	Plattfuß, sek.	Flexions. u. Außenrotationsosteotomie des MT I rechts
8	10	M	23,77	33,05	CP, Diparese	Plattfuß, sek.	Osteotomie mit Achsenkorrektur Metatarsalia u Phalangen
9	11	M	13,87	23,69	CP	Plattfuß, sek.	Flexionsosteotomie des 1. Strahls rechts
	12		13,87				

Tab. 2: Übersicht über die PatientInnen

Postoperative Komplikationen ließen sich auf Grund des langen Follow-up nicht mehr mit letztgültiger Genauigkeit erheben, jedoch fand sich bei 10 Füßen kein Hinweis auf postoperative Komplikationen. Bei Fuß Nr. 2 fand sich eine oberflächliche Wundinfektion, und bei Fuß Nr. 7 eine Entzündung um die Eintrittsstelle eines Kirschnerdrahtes.

## **5.1 AOFAS-Score**

### **Ankle-Hindfoot Scale**

In der Gesamtpunktezahl erreichten die PatientInnen im Durchschnitt 55,25 Punkte (SD 17,16; Range 28-84) von 100 maximal erreichbaren. Im Teilbereich Schmerzen waren es im Mittel 30 Punkte (SD 7,39; Range 20-40), bei einem Maximum von 40 Punkten - keine/r der PatientInnen gab also an „heftige, fast immer“ andauernde Schmerzen zu haben, „mittelmäßiger, täglicher“ Schmerz wurde in drei Füßen (25%) beschrieben. Diese drei Füße gehörten zu zwei Patientinnen (Fuß Nr. 6 und 7) und einem Patienten (Fuß Nr. 10), ätiologisch handelte es sich bei diesen zweimal um Plattfüße im Rahmen einer Cerebralparese und einmal um einen Ballenhohlfuß im Rahmen eines Charcot-Marie-Tooth-Syndroms. Keiner der drei Füße wies im Röntgen eine Pseudarthrose auf.

Der Teilbereich Funktion ergab in der Auswertung einen Mittelwert von 21,08 Punkten (SD 13,02; Range 8-44) bei einem Maximalwert von 50. Im letzten Teilbereich Ausrichtung bzw. Achsenstellung ergab sich ein Wert von 4,58 im Mittel (SD 4,5; Range 0-10), was im Schnitt am ehesten einen „ausreichend plantigraden Fuß, mit einigen Grad Abweichung in der Gelenk-Hinterfußachse ohne Symptome“ beschreibt.

### **Midfoot-Scale**

Bei der Midfoot-Scale fand sich bei den PatientInnen eine Gesamtpunktezahl von, im Mittel, 53,75 Punkten (SD 19,17; Range 27-78) mit 100 als höchstem zu erreichendem Wert. Der Unterpunkt Schmerzen wurden von den PatientInnen im Mittel mit 30 Punkten (SD 7,39; Range 20-40) bei 40 Maximalwert bewertet, auch hier fand sich, wie bei der Ankle-Hindfoot Scale, kein/e PatientIn, die/der „heftige, fast immer“ andauernde Schmerzen hatte. Im funktionellen Teilbereich fand sich ein mittlerer Wert von 14,58 (SD 15,19; Range 0-40) bei 45 Höchstpunktezahl. Die Ausrichtung bzw. Achsenstellung mittelte bei einem Wert von 9,17 (SD 5,32; Range 0-15), was einem „ausreichend plantigraden Fuß, mit einigen Grad Mittelfuß-Achsabweichung ohne Symptome“ am nächsten kommt.

AOFAS-Score		
Fuß	Ankle-Hindfoot-Scale	Midfoot-Scale
1	64	67
2	79	78
3	84	78
4	57	53
5	62	53
6	60	70
7	44	42
8	28	27
9	64	74
10	33	35
11	46	30
12	42	38
MW	55,25	53,75
SD	17,16	19,17

Tab. 3: Gesamtpunktezahl der AOFAS-Scores (inkl. Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD))

## 5.2 SF-36

Die Detailergebnisse aller acht Subskalen des SF-36 sind in Tabelle 4 abgebildet. Zusätzlich wurde ein gemittelttes Gesamtergebnis errechnet. Auffallend sind die niedrigen Werte in den beiden Subskalen „Körperliche Funktionsfähigkeit“ und „Körperliche Rollenfunktion“, die allerdings möglicherweise durch die neurologische Grunderkrankungen der PatientInnen zu erklären wären.

Ergebnisse SF-36	Mittelwert der Subskala	Standardabweichung der Subskala
Körperliche Funktionsfähigkeit	41,50	37,72
Körperliche Rollenfunktion	52,50	50,62
Körperliche Schmerzen	66,10	29,46
Allgemeine Gesundheit	67,40	22,31
Vitalität	58,89	23,02
Soziale Funktionsfähigkeit	85,00	26,22
Emotionale Rollenfunktion	73,33	43,89
Psychisches Wohlbefinden	74,22	24,75
Gesamt (MW)	64,87	32,25

Tab. 4: Ergebnisse der Subskalen des SF-36 und ein gemittelter Gesamtwert mit mittlerer SD

### 5.3 Radiologische Beurteilung

#### Pseudarthrosen

Bei der Auswertung der Röntgenbilder fanden sich Pseudarthrosen in 2 Füßen (16,67%). Einmal im linken Fuß einer Patientin mit Arthrogryposis multiplex congenita (AMC) und beidseitig angeborenen Plattfüßen, wobei der mit der Tripelarthrodese versorgte linke Fuß (Fuß Nr. 6) präoperativ einen Talus verticalis, also einen angeborenem Schaukelfuß, aufwies. Die Pseudarthrose betraf das gesamte Chopart-Gelenk: Talonaviculargelenk und Calcaneocuboidgelenk gaben auf Belastung nach, das Längsgewölbe sah auf dem stehenden Röntgenbild durchgebrochen aus (siehe Abb. Nr. 14). Die Patientin gab nur leichte, gelegentliche Schmerzen nach Belastung an.

Die zweite Pseudarthrose fand sich in einem Patienten mit spastischer Diplegie auf Grund einer infantilen Cerebralparese: Hier war im Röntgenbild des rechten Fußes (Fuß Nr. 10) eine Non-Union zwischen Talus und Calcaneus erkennbar. Dieser Patient beschrieb mittelmäßige, jedoch tägliche spürbare Schmerzen.



**Abb. 14: Fuß Nr. 6 im seitlichen Röntgen mit Pseudarthrose im Chopart-Gelenk. Eingezeichnet sind die Längsachse des MT-1 und des Talus**

### **Winkelmessungen**

Gemäß den im Kapitel Material und Methoden beschriebenen Mess- und Bewertungsmethoden fanden sich im seitlichen Röntgen folgende Ergebnisse: Im Talus-MT-1-Winkel fanden sich bei 2 Füßen der Hinweis auf einen leichten Knick-Senk- oder Knick-Platt-Fuß ( $10^\circ$  und  $14^\circ$ ), bei 3 Füßen auf einen mittelschweren Knick-Senk- oder Knick-Platt-Fuß ( $20^\circ$ ,  $22^\circ$  und  $26^\circ$ ) und bei 3 Füßen - in der Tabelle 5 ist der dorsal konvexe Winkel mit negativem Vorzeichen versehen - der Hinweis auf einen Hohlfuß ( $-11^\circ$ ,  $-15^\circ$  und  $-16^\circ$ ). 3 Füße waren genau, oder mit physiologischen Abweichungen, in Achse ( $0^\circ$ ,  $0^\circ$  und  $-3^\circ$ ). Der letzte verbliebene Fuß (Nr. 6) wurde auf Grund der Pseudarthrose und dadurch bedingten nicht vorhandenen Aussagekraft nicht vermessen. Im Mittel betrug der Wert des Talus-MT-1-Winkels  $4,27^\circ$  bei einer Standardabweichung von  $15,05^\circ$ .

Beim Calcaneal-Pitch-Winkel zeigte sich, dass nur ein Fuß im physiologischen Bereich des Winkels war (Fuß Nr. 7,  $18^\circ$ ), alle anderen darunter, was ein Anzeichen für Restzustände von Knick-Platt-Füßen ist. Der Mittelwert des Winkels betrug  $7,75^\circ$  bei einer Standardabweichung von  $6,15^\circ$ .

Im anterior-posterioren Bild zeigte sich beim Talus-MT-1-Winkel, dass 9 Füße entweder in Achse, leicht adduziert – was physiologisch ist, oder wenige Grad abduziert waren. Nur 3 Füße zeigten ein größeres Maß an Abduktion (12°, 21°, 30°). Der durchschnittliche Winkel war 5,83° bei einer Standardabweichung von 10,39°.

Der Talocalcaneare-Winkel zeigte sich bei allen Füßen, bis auf zwei, im physiologischen Rahmen von 15-30°. Die beiden Ausnahmen waren einmal ein Fuß (Nr. 11), bei dem Talus und Calcaneus beinahe parallel standen und deshalb der Winkel sehr gering war (2°) und einmal ein erhöhter Winkel (44° bei Fuß Nr. 8), als ein postoperativer Restzustand eines instabile Knick-Platt-Fußes. Im Mittel war der Winkel 21,55° groß, bei einer Standardabweichung von 9,9°.

Fuß	seitliches Röntgen		a.p.-Röntgen	
	Talus-MT-1	Calcaneal Pitch	Talus-MT-1	Talocalcanear
1	0	9	0	25
2	-16	9	0	21
3	-15	15	7	21
4	10	11	21	26
5	0	14	1	16
6	non poss	0	-4 non poss	
7	-11	18	-3	25
8	-3	0	30	44
9	22	0	4	19
10	14	8	4	19
11	26	3	-2	2
12	20	6	12	19
MW	4,27	7,75	5,83	21,55
SD	15,05	6,15	10,39	9,90

Tab. 5: Ergebnisse der Winkelmessungen in den Röntgenbildern in Grad, Röntgenbilder im Stehen oder belastet (negative Werte für Talus-MT-1 im seitlichen Röntgen bedeuten „dorsal konvex“; im a.p.-Röntgen „Adduktion des Vorfußes“)



**Abb. 15: Fuß Nr. 7 im seitlichen Röntgen, die präoperative Ballenhohlfußdeformität wurde schön korrigiert, eingezeichnet zu sehen ist ein residueller, leicht dorsal konvexer Talus-MT-1 Winkel und ein Calcaneal-pitch-Winkel im physiologischen Bereich**

#### **5.4 Subjektive Langzeitergebnisse von Tripelarthrodesen**

Auf die Frage, ob die PatientInnen die Operation nochmals durchführen lassen würden, stimmten 4 PatientInnen zu und 5 PatientInnen völlig zu. Ähnlich gut waren die Ergebnisse auf die Frage ob die PatientInnen die Operation weiterempfehlen würden, hier stimmten 3 PatientInnen zu und 6 PatientInnen völlig zu.

## **5.5 ROM in Knie und Hüfte**

Die Ergebnisse der passiven Bewegungsumfänge werden hier nach Ätiologie der PatientInnen unterteilt präsentiert, da die jeweiligen Grunderkrankungen teilweise großen Einfluss auf den Bewegungsumfang haben.

### **5.5.1 Knie**

Es zeigte sich, dass bei den untersuchten PatientInnen mit spastischer Cerebralparese 7 von 8 Knien der operierten Seite die Neutral-Null-Position nicht erreichten und unter einem Streckdefizit litten: Dies betraf die Füße 1, 4, 5, 9, 10, 11 und 12. Der verbleibende Fuß, Nr. 8, hatte trotz einer CP kein Streckdefizit. Im Mittel zeigte sich ein Streckdefizit von  $13,12^\circ$  (SD  $7,99^\circ$ ), dies zeigt die weite Verbreitung der Beinbeugerkontraktur bei PatientInnen mit CP. Bei der Beugung erreichten die PatientInnen mit CP im Schnitt  $120^\circ$  (SD  $20,7^\circ$ ), was leicht vermindert gegenüber einer normalen Beweglichkeit ist (62).

Fuß 2 und 3 gehörten zu einer Patientin mit primären Plattfüßen ohne sonstiger Erkrankung, dementsprechend zeigte sie an beiden Knien eine normale Extension von  $5^\circ$  aber eine leicht eingeschränkte Flexion von  $120^\circ$ .

Fuß 6 gehörte zu einer Patientin mit AMC, die ja durch Gelenksversteifungen geprägt ist, dennoch zeigte sie im Knie interessanterweise eine normale Beweglichkeit mit  $5^\circ/0/150^\circ$  Extension und Flexion.

Fuß Nr. 7, an einer Patientin mit CMT, zeigte ebenfalls eine relativ normale Beweglichkeit am Knie mit  $5^\circ/0/130^\circ$  Extension und Flexion.

### **5.5.2 Hüfte**

Bei der Hüft-ROM zeigte sich, dass bei den untersuchten PatientInnen mit spastischer Cerebralparese 6 von 8 Hüften unter einem Streckdefizit litten: Dieses betraf die Füße 1, 4, 5, 8, 9, 10. Die Füße 11 und 12 erreichten die Neutralposition. Insgesamt mittelte das Streckdefizit bei  $13,75^\circ$  (SD  $9,16^\circ$ ). Die Beugungswerte mittelten bei  $91,25^\circ$  (SD  $15,52^\circ$ ), was deutlich niedriger ist als die in der Literatur angegebenen Werte von  $130^\circ$  (62).

Die PatientInnen mit CP zeigten auch bei der Bewegung um die Longitudinalachse verminderte Werte, in einem Fall (Fuß Nr. 5) sogar ein Außenrotationsdefizit. Im Mittel

betragen die Werte der ROM  $17,5^\circ$  (SD  $11,64^\circ$ ) für die Innenrotation und  $16,25^\circ$  (SD  $14,07^\circ$ ) für die Außenrotation. Keine Defizite, jedoch wiederum Einschränkungen der ROM zeigten die PatientInnen mit CP bei den Bewegungen um die Sagittalachse. Im Mittel betragen die Werte  $15^\circ$  (SD  $7,56^\circ$ ) für die Abduktion und  $20^\circ$  (SD  $0^\circ$ ) für die Adduktion.

Fuß 2 und 3 , an der Patientin mit primären Plattfüßen, zeigten an beiden Hüften eine normale Extension von  $10^\circ$  und eine normale Flexion von  $130^\circ$ . Ebenso physiologisch waren Innenrotation/Außenrotation ( $40^\circ/0/40^\circ$ ) und Abduktion/Adduktion ( $40^\circ/0/30^\circ$ ).

Fuß 6, an der Patientin mit AMC, zeigte interessanterweise, wie am Knie, eine relative normale Beweglichkeit:  $10^\circ/0/120^\circ$  Extension und Flexion,  $40^\circ/0/50^\circ$  Innenrotation und Außenrotation und  $50^\circ/0/40^\circ$  Abduktion und Adduktion.

Fuß Nr. 7, an der Patientin mit CMT, zeigte eine nur leicht verminderte Beweglichkeit der Hüfte mit  $10^\circ/0/110^\circ$  Extension und Flexion,  $20^\circ/0/30^\circ$  Innenrotation und Außenrotation und  $30^\circ/0/30^\circ$  Abduktion und Adduktion.

## 6 Diskussion

In dieser Studie wurden die Langzeitergebnisse von Tripelarthrodesen an 9 Jugendlichen bzw. 12 Füßen betrachtet. Es wurden einerseits die klinisch-funktionellen und radiologischen Langzeitergebnisse der Tripelarthrodesen untersucht und andererseits auch die Lebensqualität der PatientInnen nach dieser Operation erhoben. Weiters wurde die subjektive Zufriedenheit der PatientInnen mit der Operation abgefragt.

Ein Blick auf die PatientInnen dieser Studie und die jeweilige zur Tripelarthrodeseführende Ätiologie zeigt, dass - konkordant mit anderen, ähnlichen Studien (2,50,51,53,54) – ein Großteil der PatientInnen (in unserer Studie 8 der 9 untersuchten PatientInnen) an einer neuromuskulären Grunderkrankung leidet. Folglich sind sekundäre Fußdeformitäten neuromuskulärer Erkrankungen eindeutig die häufigste zur Tripelarthrodeseführende Ätiologie. Nur eine Patientin hatte in unserer Studie eine angeborene, primäre Fußfehlstellung.

Es muss hervorgehoben werden, dass keine/r der PatientInnen angab starke, dauerhafte Schmerzen in den Füßen zu verspüren. Die meisten PatientInnen (75% der Füße) gaben an keine oder gelegentlich leichte Schmerzen zu haben. Dies zeigt, dass die Tripelarthrodesedurchaus eine geeignete Methode ist, langfristige relative Schmerzfreiheit, auch bei präoperativ schweren Deformitäten, zu erreichen. In der Literatur wird die Häufigkeit von Schmerzen (aller Intensitätsstufen) ungefähr bei 45-55% (zwei Nachuntersuchungen) (51) und 56% (50) angegeben, wobei signifikante Schmerzen (täglich, nach leichter Belastung) in 15% (2) - 24% (50) beschrieben wurden, teilweise nur im Zusammenhang mit Pseudarthrosen (53) und teilweise unabhängig von Pseudarthrosen (2). In unserer Studie berichteten die PatientInnen in 25% von signifikanten Schmerz (mittelstarke, tägliche Schmerzen), jedoch keiner von heftigem, dauerhaftem Schmerz, ein Ergebnis, welches mit dem der anderen Arbeiten zu vergleichen ist.

Ein gutes Ergebnis zeigt sich auch bei der Rate an Pseudarthrosen. Diese variiert in der Literatur von 8.8% - 22.5% (2,50,51), die von uns gefundenen 16,67% liegen ebenfalls innerhalb dieser Spannweite.

Wie schon in anderen Studien gezeigt (50,52), ist die subjektive postoperative Zufriedenheit der PatientInnen nach Tripelarthrodesehoch, meist höher als die objektiv-funktionellen Resultate es vermuten ließen. Diese Feststellung lässt sich in dieser Studie insofern bestätigen, als alle PatientInnen die OP noch einmal durchführen lassen, bzw. sie weiterempfehlen würden, die Mittelwerte der AOFAS-Scores jedoch nur 55,25 von 100 in

der Ankle-Hindfoot-Scale bzw. 53,75 in der Midfoot-Scale betragen. Diese Werte müssen jedoch unbedingt in Zusammenschau mit den oben genannten neurologischen Grunderkrankungen und einem sehr niedrigen funktionellen Ausgangsniveau der PatientInnen betrachtet werden: Daglar fand in seiner Studie einen durchschnittlichen AOFAS-Ankle-Hindfoot-Scale Wert von 64 bei PatientInnen mit neurologischer Grunderkrankung (52) – was auf einem ähnlichen Niveau ist, wie die von uns gefundenen 55 Punkte.

Einschränkend muss hier jedoch erwähnt werden, dass die Vergleichbarkeit von Studien der Tripelarthrodese bei Jugendlichen auf Grund der Seltenheit der Operation und den damit zusammenhängenden geringen PatientInnenzahlen, ebenso auf Grund der unterschiedlichen Ätiologien und dem damit verbundenem stark unterschiedlichem Funktionalitätsniveau, schwierig ist.

Ein gutes Resultat zeigt sich auch beim Blick auf die Ergebnisse der Lebensqualität beim SF-36: Beim Vergleich unserer Ergebnisse mit den Ergebnissen der Normstichprobe der US-Population, welche dem Manual des SF-36 von Ware (58) entnommen wurden, zeigt sich, dass die Werte der Subskala „Körperliche Schmerzen“ mit 66,1 Punkten nur rund 9 Punkte niedriger waren als der Wert der amerikanischen Durchschnittsbevölkerung (75,15 Punkte). Auch die Subskalen Allgemeine Gesundheit, Vitalität, Soziale Funktionsfähigkeit, Emotionale Rollenfunktion und Psychisches Wohlbefinden sind durchaus mit den Werten der US-Normstichprobe zu vergleichen – der Wert in der Subskala Soziale Funktionsfähigkeit liegt sogar über dem Wert der Normstichprobe. In den Subskalen „Körperliche Funktionsfähigkeit“ und „Körperliche Rollenfunktion“ fanden sich im Vergleich mit der US-Normpopulation erwartbar niedrige Werte, die sicherlich stark durch die neurologischen Grunderkrankungen der PatientInnen beeinflusst waren: Eine Studie von van der Slot et al. fand bei der Untersuchung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität von PatientInnen mit infantiler Cerebralparese, dass in jenen Subskalen, die die physische Funktionsfähigkeit betrafen, niedrige Werte gemessen wurden, bei den Subskalen welche auf die psychische Verfassung abzielten, jedoch Werte, welche ziemlich mit denen der Normstichprobe vergleichbar waren (63). Die einzige Studie, welche die gesundheitsbezogene Lebensqualität an PatientInnen mit Tripelarthrodese mittels SF-36 erhob, war die von Daglar et al.: Sie fanden in der neurogenen Gruppe einen Wert von 64,1 in der Subskala „Körperliche Funktionsfähigkeit“ – was interessanterweise ein höherer Wert als in der nicht-neurogenen Gruppe war (dieser lag bei 61,9) – im Vergleich betrug der Wert in unserer Studienpopulation 41,5, was wesentlich tiefer ist. Im gemittelten

Gesamtergebnis des SF-36 fand Daglar jedoch einen Wert in der Höhe von 62,6 (62 in der neurogenen Gruppe) – was interessanterweise trotz der Unterschiede in der Subskala der körperlichen Funktionsfähigkeit auf einem sehr ähnlichen Niveau wie die von uns gefundenen 64,87 Punkte ist. Die Werte der anderen Subskalen sind in der Auswertung der Studie von Daglar nicht näher aufgeschlüsselt (52).

Die Winkelmessungen ergaben beim lateralen Talus-MT-I-Winkel, teilweise Überkorrekturen, hauptsächlich jedoch, genau wie beim Calcaneal-pitch-Winkel, mehr oder minder deutliche Knick-Plattfuß-Deformitäten. Ob diesen eine zu geringe Korrektur perioperativ zu Grunde liegt, oder es postoperativ, während der Follow-up-Phase, zu einem Korrekturverlust gekommen ist, ist aus heutiger Sicht nicht mehr beurteilbar. Dies ist auch der nicht durchgehenden Verfügbarkeit von kurz postoperativ angefertigten Röntgenbildern in unserer Studienpopulation geschuldet.

Im a.p.-Röntgen zeichnen die Ergebnisse kein so klares Bild: Es fanden sich im Talus-MT-I-Winkel nur bei 3 Füßen größere Abduktionswerte, welche für einen Knick-Platt-Fuß sprächen, und auch im Talocalcanearen Winkel zeigten sich die Werte größtenteils im Normbereich. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich in unserer Studienpopulation mit der Tripelarthrodese die Wiederherstellung der Talocalcanearen Divergenz und die Rezentrierung des Talonaviculargelenkes langfristig gut bewerkstelligen ließen, die dauerhafte Wiederaufrichtung der Längswölbung des Fußes jedoch Schwierigkeiten bereitete. Dies ist mit der Aussage von Vlachou konkordant, dass die Korrektur der Plattfuß-Fehlstellung komplizierter ist, als die des Hohlfußes (53) und deckt sich mit der Aussagen von Angus und Cowell, dass Füße mit präoperativer Plano-Valgus-Stellung zu einer hohen Rate von postoperativen Restdeformitäten neigen (50).

Die gemessenen Winkel sind jedoch eher als Richtwerte denn als genaues Winkelmaß zu verstehen, da, wie auch beispielsweise Bennett feststellt, die Winkelmessung an arthrodetsierten Sprunggelenken schwierig ist: Durch die Operation sind die anatomischen Strukturen schwer erkennbar und die Winkel deshalb nicht mit letztgültiger Genauigkeit bestimmbar (64).

Die relativ eingeschränkten Bewegungsumfänge sind unserer Meinung nach hauptsächlich auf die, bei fast allen PatientInnen, vorliegende neurologische Grunderkrankung zurückzuführen und dürften nicht mit der Tripelarthrodeseversorgung zusammenhängen. Um dies sicher auszuschließen, war jedoch die Gruppe der PatientInnen ohne neurologische Grunderkrankung in unserer Studienpopulation zu klein.

Als Limitation der vorliegenden Arbeit ist sicher generell das kleine PatientInnenkollektiv, welches es uns nicht erlaubt hat verschiedene Gruppen der Ätiologie nach zu vergleichen, zu nennen. Weiters wäre die Aussagekraft vieler Werte höher, wenn präoperative Vergleichswerte und präoperative Röntgenbilder vorgelegen hätten – einerseits um die Schwere der Deformitäten besser vergleichen zu können, andererseits um ein funktionelles Ausgangsniveau zu kennen. Hierzu muss auch gesagt werden, dass die PatientInnen an unterschiedlichen Grunderkrankungen litten, welche eine stark unterschiedliche Beeinträchtigung nach sich ziehen. Die Durchbauung der Arthrosen und das Vorhandensein von Pseudarthrosen wurde nur mittels Röntgenbild überprüft, hätte jedoch 3-dimensional mittels CT sicherlich genauer bestimmt werden können.

Alle subjektiv von den PatientInnen zu beantwortenden Fragen krankten daran, dass es, auf Grund mentaler Retardierungen, nicht in allen Fällen möglich war, dass die PatientInnen selbst die Fragen beantworteten. Durch die Erhebung über die Eltern floss ein schwer zu quantifizierender Anteil an subjektiver Einschätzung der Eltern mit ein. Beim SF-36 stellt sich die Frage, wie sehr dieser geeignet war die Lebensqualität nach Tripelarthrodese darzustellen oder ob er hauptsächlich die Lebensqualität der neurologischen Grunderkrankung gemessen hat – hier wäre ein Vergleich zwischen prä- und postoperativen Werten wichtig gewesen.

Conclusio: Die Tripelarthrodese ist dazu geeignet für die PatientInnen langfristig zufriedenstellende Resultate zu erzielen und eine relative Schmerzfreiheit, sowie ein gutes Resultat hinsichtlich Pseudarthrosen zu bieten. Die funktionellen Ergebnisse müssen immer unter Berücksichtigung etwaiger Grunderkrankungen und einem präoperativem Funktionsniveau betrachtet werden. Die Lebensqualität unserer Studienpopulation ist auf einem ähnlichen Niveau wie in der Literatur beschrieben und dieses ähnelt – mit Ausnahme der körperlichen Subskalen – durchaus dem der US-Normstichprobe.

## 7 Literaturverzeichnis

- (1) Döderlein L. Prinzipien der reorientierenden Tripelarthrodese. *Orthopäde* 2006;35(4):405-421.
- (2) Wicks E, Morscher M, Newton M, Steiner R, Weiner D. Partial or non-union after triple arthrodesis in children: does it really matter? *J Child Orthop* 2016 2. April 2016;10(2):119-125.
- (3) Schmidt HM, Prescher A. Bein, untere Gliedmaße, Membrum inferius. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R, editors. *Waldeyer Anatomie des Menschen*. 18.th ed. Berlin: Walter de Gruyter; 2009. p. 1128-1134.
- (4) Schünke M, Schumacher U, Schulte M. Untere Extremität - 1. Knochen, Bänder, Gelenke. In: Schünke M, Schumacher U, Schulte M, editors. *Prometheus Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem Lernetlas der Anatomie*. 4th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2014. p. 448-458.
- (5) Pretterklieber ML. Anatomie und Kinematik der Sprunggelenke des Menschen. *Radiologe* 1999;39(1):1-7.
- (6) Platzer W. Untere Extremität - Knochen, Bänder und Gelenke. *Taschenatlas Anatomie, Band 1: Bewegungsapparat*. 11th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2013. p. 216-230.
- (7) Putz R, Müller-Gerbl M. Funktionelle Anatomie des Fußes. *Orthopäde* 1991;20(1):2-10.
- (8) Hefti F. Oberes Sprunggelenk und Fuß. *Kinderorthopädie in der Praxis*. 1st ed. Berlin Heidelberg: Springer; 2006. p. 382-385.
- (9) Reuter P, Klestil T, Buchhorn T. Klinische Untersuchung des Sprunggelenks. *Arthroskopie* 2015;28(2):78-85.
- (10) Niethard F, Carstens C, Döderlein L, Peschgens T. Unterschenkel und Fuß – Belastungskonzentration auf kleiner Fläche. *Kinderorthopädie*. 2nd ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2010. p. 161-184.
- (11) Maier E, Killmann M. Kinderfuß und Kinderschuh: Entwicklung der kindlichen Beine und Füße und ihre Anforderungen an fußgerechte Schuhe 1st ed. München: Verlag Neuer Merkur GmbH; 2003.
- (12) Braunschweig R, Schilling O, Wawro W, Herrmann M. Aktuelle und effektive bildgebende Diagnostik von Sprunggelenk und Fuß. *Trauma Berufskrankh* 2003;5(2):156-162.
- (13) Matussek J. Erkrankungen der kindlichen Bewegungs- und Halteorgane. *Kinderorthopädie und Kindertraumatologie*. 1.th ed. Berlin Heidelberg: Springer Verlag; 2013. p. 108-115.

- (14) Döderlein L, Wolf S. Der Stellenwert der instrumentellen Ganganalyse bei der infantilen Zerebralparese. *Orthopäde* 2004;33(10):1103-1118.
- (15) Wolf SI. Rolle der Bewegungsanalyse in Orthopädie und Unfallchirurgie. *Trauma Berufskrankh* 2013;15(4):266-275.
- (16) Weimann-Stahlschmitt K, Krauspe R, Westhoff B. Kongenitaler Klumpfuß. *Orthopäde* 2010;39(11):1071-1086.
- (17) Döderlein L, Multerer C. Fußdeformitäten im Kindesalter – Wann behandeln? Wie behandeln? - Teil 1. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 2012;7(1):47-61.
- (18) Westhoff B, Weimann-Stahlschmitt K, Krauspe R. Der Kongenitale Klumpfuß. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 2008;3(2):95-115.
- (19) Staheli L editor. *Der Klumpfuß Die Ponseti Methode*. 2nd ed.: Global-HELP Organization; 2009.
- (20) Döderlein L, Multerer C. Fußdeformitäten im Kindesalter – Wann behandeln? Wie behandeln? - Teil 2. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 2012;7(1):67-78.
- (21) Morley AJM. Knock-knee in children. *TheBMJ* 1957;2(5051):976-979.
- (22) Pourghasem M, Kamali M, Farsi M, Soltanpour M. Prevalence of flatfoot among school students and its relationship with BMI. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2016;50(5):554-557.
- (23) Schmidt C, Parsch K. Der kindliche Knick-Senk-Fuß. *Orthopäde* 2003;32(3):253-263.
- (24) Wenger DR, Mauldin D, Speck G, Morgan D, Lieber RL. Corrective shoes and inserts as treatment for flexible flatfoot in infants and children. *J bone and joint Surg* 1989;71(6):800-810.
- (25) Pschyrembel Redaktion. Pschyrembel Online / Hackenfuß. 01.12.2016; Available at: <https://www.pschyrembel.de/hackenfu%C3%9F/K0GQA/doc/>. Accessed 01/18, 2017.
- (26) Wirth T, Eberhardt O. Fußfehlstellungen im Kindesalter. *Monatschr Kinderheilkd* 2011;159(1):44-52.
- (27) Döderlein L. Das operative Management bei spastischen Fußdeformitäten. *Orthopäde* 2004 Online publiziert: 26. Juni 2004;33(10):1152-1162.
- (28) Fuhrmann R. Ballenhohlfuß - Engelhardt Lexikon für Orthopädie und Unfallchirurgie. Available at: <http://www.lexikon-orthopaedie.com/pdx.pl?dv=0&id=00321>. Accessed 02/14, 2017.
- (29) Karol LA. Section VI Neuromuscular Disorders Chapter 35 Disorders of the Brain. In: Herring JA, Tachdjian MO, editors. *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics*. 5th ed. Philadelphia: Saunders; 2013.

- (30) Westhoff B, Weimann-Stahlschmitt K, Krauspe R. Spastischer Spitzfuß. *Orthopäde* 2011;40(7):637-648.
- (31) Bennet GC, Rang M, Jones D. Varus and Valgus Deformities of the Foot in Cerebral Palsy. *Develop Med Child Neurol* 1982;24(5):499-503.
- (32) O'Connell P, D'Souza L, Dudeney S, Stephens M. Foot Deformities in Children with Cerebral Palsy. *J Pediatr Orthop* 1998;18(6):743-747.
- (33) Johnston II CE. Section VII Other Orthopaedic Disorders  
Chapter 41 Orthopaedic Related Syndroms. In: Herring JA, Tachdjian MO, editors. *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics*. 5th ed. Philadelphia: Saunders; 2013.
- (34) Bauer H, Correll J, Heller R, Recktenwald S. Interessengemeinschaft Arthrogryposis e.V. Available at: [http://www.arthrogryposis.de/iga/fachinfo\\_mediziner](http://www.arthrogryposis.de/iga/fachinfo_mediziner). Accessed 02/28, 2017.
- (35) Kandler S. Charcot-Marie-Tooth-Syndrom. Available at: <http://www.cmt-austria.at/cms/index.php/medizinisches/charcot-marie-tooth-syndrom>. Accessed 2/28, 2017.
- (36) Karol LA. Section VI Neuromuscular Disorders  
Chapter 38 Disorders of the Peripheral Nerval System. In: Herring JA, Tachdjian MO, editors. *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics*. 5th ed. Philadelphia: Saunders; 2013.
- (37) Arabmothlag M, Richolt J, Scale D, Rauschmann M. Korrigierende Arthrodesen des Klauenhohlfußes aus historischer Sicht. *Orthopäde* 2006;35(4):372-379.
- (38) Hohmann G. Die Arthrodesse und Arthrorise. Fuß und Bein: ihre Erkrankungen und deren Behandlung. 2nd ed. Berlin Heidelberg: Springer Verlag; 2013. p. 400-401.
- (39) Brand RA, Ryerson EW. Arthrodesing Operations on the Feet. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466(1):5-14.
- (40) Steindler A. THE TREATMENT OF THE FLAIL ANKLE; PANASTRAGALOID ARTHRODESIS *J Bone and Joint Surg* 1923 Apr 5;5(2):284-294.
- (41) Grice DS.  
AN EXTRA-ARTICULAR ARTHRODESIS OF THE SUBASTRAGALAR JOINT FOR CORRECTION OF PARALYTIC FLAT FEET IN CHILDREN *J Bone and Joint Surg Am* 1952 Oct.;34(4):927-956.
- (42) Schwetlick G, Syré F. Schwere Fußdeformitäten im Jugend- und Erwachsenenalter - Techniken nach Imhäuser, Lelièvre und Lambrinudi. *Orthopäde* 2006;35(4):422-427.
- (43) Flynn JM, Wiesel SM. Triple Arthrodesis. *Operative Techniques in Pediatric Orthopaedics*. 1st ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012. p. 575-580.
- (44) Fink B. Arthrodesse des unteren Sprunggelenkes. *Trauma Berufskrankh* 2005;7(Suppl 1):S85-S89.

- (45) Czurda T, Seidl M, Seiser AS, Schuh R, Trnka H-, Ritschl P. Die Triple-Arthrodesis in der Therapie degenerativer Rückfußfehlstellungen: Klinische, radiologische und pedobarografische Resultate. *Z Orthop Unfall* 2009;147(3):356-361.
- (46) Pell RF, Myerson MS, Schon LC. Clinical Outcome After Primary Triple Arthrodesis. *J Bone and Joint Surg* 2000;82(1):47-57.
- (47) DeHeus JAC, Marti RK, Besselaar PP, Albers GHR. THE INFLUENCE OF SUBTALAR AND TRIPLE ARTHRODESIS ON THE TIBIOTALAR JOINT. *J Bone and Joint Surg [Br]* 1997;79-B(4):644-647.
- (48) deGroot IB, Reijman M, Luning HAF. Long-term results after a triple arthrodesis of the hindfoot: function and satisfaction in 36 patients. *International Orthopaedics (SICOT)* 2008;32(2):237-241.
- (49) Ishikawa SN, Murphy GA, Richardson EG. The Effect of Cigarette Smoking on Hindfoot Fusions. *Foot&Ankle International* 2002;23(11):996-998.
- (50) Angus PD, Cowell HR. Triple Arthrodesis - A Critical Long Term View. *J Bone and Joint Surg [Br]* 1986;68-B(2):260-265.
- (51) Saltzmann CL, Fehrle MJ, Cooper RR, Spencer EC, Ponseti IV. Triple Arthrodesis: Twenty-five and Forty-four-Year Average Follow-up of the Same Patients. *J Bone Joint Surg* 1999;81(10):1391-1402.
- (52) Daglar B, Deveci A, Delialioglu OM, Kanatli U, Tasbas BA, Bayrakci K, et al. Results of triple Arthrodesis: effect of primary etiology. *J Orthop Sci* 2008;13(4):341-347.
- (53) Vlachou M, Dimitriadis D. Results of triple arthrodesis in children and adolescents. *Acta Orthop Belg* 2009;75(3):380-388.
- (54) Wetmore RS, Drennan JC. Long-Term Results of Triple Arthrodesis in Charcot-Marie-Tooth Disease. *J Bone and Joint Surg* 1989;71(3):417-422.
- (55) Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS. Clinical Rating Systems for the Ankle-Hindfoot, Midfoot, Hallux, and Lesser Toes. *Foot&Ankle International* 1994;15(7):349-353.
- (56) Bullinger M, Morfeld M. Der SF-36 Health Survey. In: Schöffski O, Graf v.d. Schulenburg JM, editors. *Gesundheitsökonomische Evaluationen*. 3.th ed.; 2008. p. 387-400.
- (57) Bullinger M, Kirchberger I. SF-36 - Handbuch. -; Available at: <http://www.unifr.ch/ztd/HTS/infest/WEB-Informationssystem/de/4de001/ee8e3ab0685e11d4ae5a0050043beb55/hb.htm>. Accessed 01/20, 2017.
- (58) Ware JE, Snow KK, Kosinski M, Gandek B. SF-36 Health Survey Manual and Interpretation Guide. Boston: Nimrod Press; 1993.

- (59) Ellert U, Kurth B-. Methodische Betrachtungen zu den Summenscores des SF-36 anhand der erwachsenen bundesdeutschen Bevölkerung. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2004;47(11):1027-1032.
- (60) University of Washington Department of Radiology. Pes\_Planus [Foot Alignment]. 2016; Available at: [http://uwmsk.org/footalignment/doku.php?id=pes\\_planus](http://uwmsk.org/footalignment/doku.php?id=pes_planus). Accessed 01/18, 2017.
- (61) Pedowitz WJ, Kovatis P. Flatfoot in the Adult. J Am Acad Orthop Surg 1995;3(5):293-302.
- (62) Salis-Soglio GF. Spezielle Messung der Beweglichkeit. In: Salis-Soglio GF, editor. Die Neutral-0-Methode Mit Längen- und Umfangsmessung. 7th ed. Berlin Heidelberg: Springer; 2015. p. 13-54.
- (63) van der Slot W, Nieuwenhuijsen C, van den Berg- Emons R, Wensink- Boonstra AE, Stam H, Roebroek ME. PARTICIPATION AND HEALTH-RELATED QUALITY OF LIFE IN ADULTS WITH SPASTIC BILATERAL CEREBRAL PALSY and THE ROLE OF SELF-EFFICACY. J Rehabil Med 2010;42(6):528-535.
- (64) Bennett GL, Graham CE, Mauldin DM. Triple Arthrodesis in Adults. Foot&Ankle 1991;12(3):138-143.

# Anhang – Ethikvotum

## Ethikkommission



Medizinische Universität Graz

Auenbruggerplatz 2, A-8036 Graz  
ethikkommission@medunigraz.at  
Tel.: +43 / 316 / 385-13928, Fax: -14348

### VOTUM gültig bis 28.02.2017

**EK-Nummer:** 28-218 ex 15/16  
**Studientitel:** Long-term results of subtalar joint arthrodesis in adolescents  
**Prüfer:** Priv. Doz. Dr. Tanja Kraus  
Medizinische Universität Graz, Klinische Abteilung für Kinderorthopädie  
**Sponsor:** Medizinische Universität Graz  
**Ansprechpartner:** Priv. Doz. Dr. Tanja Kraus, 8036 Graz, Auenbruggerplatz 2  
**CRO:** -  
**Antragsteller:** Medizinische Universität Graz, Univ. Klinik für Kinderchirurgie, Abteilung für  
**Ansprechpartner:** Fabian Wallisch

Die o.a. Studie wurde von der Ethikkommission erstmals in der Sitzung 04-15/16 am 18.01.2016 behandelt.

Die Ethikkommission ist zu folgendem Schluss gekommen:

**Es besteht kein Einwand gegen die Durchführung der Studie in der vorliegenden Form.**

Stimmberechtigte bzw. anwesende Mitglieder bei der Behandlung waren: Siehe beiliegende Liste vom 18.01.2016.

Kommissionsmitglieder, die für diesen Tagesordnungspunkt als befangen anzusehen waren und daher gemäß Geschäftsordnung an der Entscheidungsfindung und Abstimmung nicht teilgenommen haben: keine

#### Zur Beurteilung vorliegende Dokumente:

##### Dokumente eingegangen am 27.12.2015, begutachtet in der Sitzung 04-15/16 am 18.01.2016

✓ Antragsformular ECS	27.12.2015
Originalprotokoll Studienprotokoll Version 1.0	27.12.2015
Informed Consent Form Patienteneinwilligung Version 1.0 Eltern 1.0	20.12.2015
Informed Consent Form Patienteneinwilligung Kinder 1.0	20.12.2015
✓ Conflict of Interest Erklärung Erklärung von Interessenskonflikten 1.0	25.12.2015
✓ CV CV_Tanja_Kraus_08.12.2015 1.0	08.12.2015
✓ Sonstiges: Fragebogen AOFAS-Score 1.0	27.12.2015
✓ Sonstiges: Antrag auf Erlassung des Bearbeitungsbetrages 1.0	27.12.2015

##### Dokumente eingegangen am 08.01.2016, begutachtet in der Sitzung 04-15/16 am 18.01.2016

✓ Antragsformular ECS Unterschriftenseiten	04.01.2016
--	------------

##### Dokumente eingegangen am 15.02.2016, begutachtet im 'expedited Review' am 29.02.2016

✓ Originalprotokoll 2	13.02.2015
✓ Informed Consent Form Jugendliche 2.0	14.02.2016
✓ Informed Consent Form Eltern 2.0	14.02.2016
✓ Informed Consent Form 1.0	14.02.2016
✓ Sonstiges: Anschreiben an die PatientInnen	14.02.2016
✓ Sonstiges: Stellungnahme zur Bearbeitungsmittelung	13.02.2016

EK-Nummer: 28-218 ex 15/16

Votum (29.02.2016)

Seite 1 von 2

Medizinische Universität Graz, Auenbruggerplatz 2, A-8036 Graz. [www.medunigraz.at](http://www.medunigraz.at)

Rechtsform: Juristische Person öffentlichen Rechts gem. Universitätsgesetz 2002. Information: Mitteilungsblatt der Universität und [www.medunigraz.at](http://www.medunigraz.at). DVR-Nr. 210 9494. UID: ATU 575 111 79. Bankverbindung: Bank Austria Creditanstalt BLZ 12000 Konto-Nr. 500 948 400 04, Raiffeisen Landesbank Steiermark BLZ 38000 Konto-Nr. 49510.

Die Ethikkommission geht - rechtlich unverbindlich - davon aus, dass es sich um keine klinische Prüfung nach AMG bzw. MPG handelt.

Es handelt sich um eine Studie im Rahmen einer Diplomarbeit.

Das Votum der Ethikkommission berührt in keiner Weise die alleinige Verantwortung der Prüferin / des Prüfers / der Prüfer für die ordnungsgemäße Durchführung der Studie unter Einhaltung aller einschlägiger gesetzlicher Bestimmungen und Richtlinien.

Weiters machen wir darauf aufmerksam, dass der Kommission unverzüglich zu melden sind:

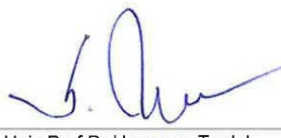
- Abweichungen vom Protokoll aus Sicherheitsgründen oder Protokolländerungen
- Änderungen, die das Risiko der Teilnehmer/-innen erhöhen oder die Durchführung der Studie wesentlich beeinflussen
- Mutmaßliche unerwartete schwerwiegende Nebenwirkungen - SUSARs (AMG-Studien ab 1.5.2004) oder schwerwiegende unerwünschte Ereignisse - SAEs (andere Studien)
- Jegliche Information über sonstige Umstände, die die Sicherheit der Teilnehmer/-innen oder die Durchführung der Studie beeinträchtigen können

Dieses Votum gilt für ein Jahr ab dem Datum der Ausstellung. Bei längerer Studiendauer ist rechtzeitig vor Ablauf der Gültigkeit des Votums ein Zwischenbericht vorzulegen (Berichtsformular), um eine etwaige Verlängerung zu erlangen.

Graz, 29. Februar 2016



Univ. Prof. Dr. Josef Haas  
Vorsitzender



Univ. Prof. Dr. Hermann Toplak  
Stv. Vorsitzender

**Achtung:** Bitte bei allen das Projekt betreffende Schreiben oder telefonischen Anfragen die EK-Nummer angeben!

# Anhang – Fragebögen

## AOFAS-Scores

### Klinik für Fuß- und Sprunggelenkchirurgie Rummelsberg / Nürnberg

#### American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Score

#### Rückfuß Sektion / Hindfoot Section

(Validierte deutsche Version, max. 100 Punkte)

<b>Schmerz:</b>	1: kein	<input type="checkbox"/>	40 Pkt.
	2: leicht, gelegentlich	<input type="checkbox"/>	30 Pkt.
	3: mittelmäßig, täglich	<input type="checkbox"/>	20 Pkt.
	4: heftig, fast immer	<input type="checkbox"/>	00 Pkt.
<b>Funktion:</b>	1: keine Einschränkung, keine Stütze/ Hilfe	<input type="checkbox"/>	10 Pkt.
	2: keine Einschränkung bei den täglichen Aktivitäten Einschränkung bei Freizeitaktivitäten, keine Hilfen	<input type="checkbox"/>	07 Pkt.
	3: Einschränkungen bei den tägl. Aktivitäten, Freizeitaktivitäten, Stock	<input type="checkbox"/>	04 Pkt.
	4: Starke Einschränkungen bei tägl. Aktivitäten, Gehstütze, Krücke, Rollstuhl, Korsett	<input type="checkbox"/>	00 Pkt.
<b>Gehstrecke (in Blocks):</b>	1: mehr als 6	<input type="checkbox"/>	05 Pkt.
	2: 4 bis 6	<input type="checkbox"/>	04 Pkt.
	3: 1 bis 3	<input type="checkbox"/>	02 Pkt.
	4: weniger als 1	<input type="checkbox"/>	00 Pkt.
<b>Gehen auf Oberfläche:</b>	1: keine Schwierigkeiten auf sämtlichen Oberflächen	<input type="checkbox"/>	05 Pkt.
	2: geringe Schwierigkeiten auf unebenem Terrain, Treppen, Neigung, Leiter	<input type="checkbox"/>	03 Pkt.
	3: große Schwierigkeiten auf unebenem Terrain, Treppen, Neigungen, Leiter	<input type="checkbox"/>	00 Pkt.
<b>Gangabnormalität:</b>	1: keine, leichte	<input type="checkbox"/>	08 Pkt.
	2: augenscheinlich	<input type="checkbox"/>	04 Pkt.
	3: erhebliche	<input type="checkbox"/>	00 Pkt.
<b>Sagittale Bewegung:</b>	1: normal, leichte Einschränkung. (30° oder mehr)	<input type="checkbox"/>	08 Pkt.
	2: mäßige Einschränkung (15°-29°)	<input type="checkbox"/>	04 Pkt.
	3: starke Einschränkung (weniger als 15°)	<input type="checkbox"/>	00 Pkt.
<b>Hinterfußbewegung (Inversion/ Eversion):</b>	1: normal, oder leichte Einschränkungen (75%- 100% von normal)	<input type="checkbox"/>	06 Pkt.
	2: mäßige Einschränkungen (25%-74%)	<input type="checkbox"/>	03 Pkt.
	3: massive Einschränkungen (weniger als 25%)	<input type="checkbox"/>	00 Pkt.
<b>Gelenk-Hinterfuß-Sta- bilität (ap, varus/valgus)</b>	1: stabil	<input type="checkbox"/>	08 Pkt.
	2: definitiv instabil	<input type="checkbox"/>	00 Pkt.
<b>Achse:</b>	1: gut plantigrader Fuß, Gelenk-Hinterfußachse norm.	<input type="checkbox"/>	10 Pkt.
	2: ausreichend plantigrader Fuß, um einige Grad der Gelenk-Hinterfußachse abweichend o. Symptome	<input type="checkbox"/>	05 Pkt.
	3: nicht plantigrader Fuß, erhebliche Abweichung der Gelenk-Hinterfußachse mit Symptomen	<input type="checkbox"/>	00 Pkt.

# Zentrum für Fuß- und Sprunggelenkschirurgie Rummelsberg / Nürnberg

---

## American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Score

### Mittelfuß Sektion / Midfoot Section

(Validierte deutsche Version, max. 100 Punkte)

<b>Schmerz:</b>	1: kein 2: leicht, gelegentlich 3: mittelmäßig, täglich 4: heftig, fast immer	<input type="checkbox"/> 40 Pkt. <input type="checkbox"/> 30 Pkt. <input type="checkbox"/> 20 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
<b>Funktion:</b>	1: keine Einschränkungen, keine Stütze/ Hilfe 2: keine Einschr. bei den tägl. Aktivitäten, Einschr. bei Freizeitakt., keine Hilfen 3: Einschr. bei den tägl. Aktivitäten/ Freizeitakt, Stock 4: starke Einschr. bei den tägl. Aktivitäten, Freizeitaktivitäten, Gehstütze, Krücke, Rollstuhl	<input type="checkbox"/> 10 Pkt. <input type="checkbox"/> 07 Pkt. <input type="checkbox"/> 04 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
<b>Schuhwerk:</b>	1: modische Konfektionsschuhe ohne Einlagen 2: Konfektionsschuhe mit Einlagen 3: orthopädische Schuhe	<input type="checkbox"/> 05 Pkt. <input type="checkbox"/> 03 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
<b>Gehstrecke (in Blocks):</b>	1: mehr als 6 2: 4 bis 6 3: 1 bis 3 4: weniger als 3	<input type="checkbox"/> 10 Pkt. <input type="checkbox"/> 07 Pkt. <input type="checkbox"/> 04 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
<b>Oberfläche:</b>	1: keine Schwierigkeiten auf sämtlichen Oberflächen 2: geringe Schwierigkeiten auf unebenem Terrain, Treppen, Neigung, Leiter 3: große Schwierigkeiten auf unebenem Terrain, Treppen, Neigungen, Leiter	<input type="checkbox"/> 10 Pkt. <input type="checkbox"/> 05 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
<b>Gangabnorm:</b>	1: keine, leichte 2: augenscheinlich 3: erhebliche	<input type="checkbox"/> 10 Pkt. <input type="checkbox"/> 05 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
<b>Achse:</b>	1: gut plantigrader Fuß, Mittelfußachse ausgerichtet 2: ausreichend plantigrader Fuß um einige Grad in der Mittelfußachse abweichend, keine Symptome 3: schlecht, non plantigrader Fuß, erhebliche Abweichung der Mittelfußachse, Symptome	<input type="checkbox"/> 15 Pkt. <input type="checkbox"/> 08 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.

In diesem Fragebogen geht es um Ihre Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.

Bitte beantworten Sie jede der folgenden Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben ?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Ausgezeichnet..... 1  
Sehr gut..... 2  
Gut..... 3  
Weniger gut..... 4  
Schlecht..... 5

2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben ?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Derzeit viel besser als vor einem Jahr..... 1  
Derzeit etwas besser als vor einem Jahr..... 2  
Etwa so wie vor einem Jahr..... 3  
Derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr..... 4  
Derzeit viel schlechter als vor einem Jahr..... 5

3. Im folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

TÄTIGKEITEN	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
a. anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
b. mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
c. Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
d. mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
e. einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
f. sich beugen, knien, bücken	1	2	3
g. mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
h. mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
i. eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
j. sich baden oder anziehen	1	2	3

4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

SCHWIERIGKEITEN	JA	NEIN
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
d. Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung (z.B. ich mußte mich besonders anstrengen)	1	2

5. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten) ?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

SCHWIERIGKEITEN	JA	NEIN
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Überhaupt nicht..... 1  
 Etwas..... 2  
 Mäßig..... 3  
 Ziemlich..... 4  
 Sehr..... 5

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen ?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Ich hatte keine Schmerzen..... 1  
 Sehr leicht ..... 2  
 Leicht..... 3  
 Mäßig..... 4  
 Stark..... 5  
 Sehr stark..... 6

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagsaktivitäten zu Hause und im Beruf behindert ?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Überhaupt nicht..... 1  
 Ein bißchen..... 2  
 Mäßig..... 3  
 Ziemlich..... 4  
 Sehr..... 5

9. In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht). Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen...

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

BEFINDEN	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manch-Mal	Selten	Nie
a. ...voller Schwung	1	2	3	4	5	6
b. ...sehr nervös	1	2	3	4	5	6
c. ...so niedergeschlagen, daß Sie nichts aufheitern konnte ?	1	2	3	4	5	6
d. ...ruhig und gelassen	1	2	3	4	5	6
e. ...voller Energie?	1	2	3	4	5	6
f. ...entmutigt und traurig	1	2	3	4	5	6
g. ...erschöpft	1	2	3	4	5	6
h. ... glücklich	1	2	3	4	5	6
i. ...müde	1	2	3	4	5	6

9. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Immer..... 1  
 Meistens..... 2  
 Manchmal..... 3  
 Selten..... 4  
 Nie..... 5

10. Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu ?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

AUSSAGEN	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
a. Ich schein etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5
b. Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
c. Ich erwarte, daß meine Gesundheit nachläßt	1	2	3	4	5
d. Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5

11. Wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben ?

sehr gut  gut  mittelmäßig  schlecht  sehr schlecht

## Fragebogen zu den subjektiven Langzeitergebnissen von Tripelarthrodesen

<b>Name</b>					
<b>Geburtsdatum</b>					
	<b>Stimme völlig zu</b>	<b>Stimme zu</b>	<b>Neutral</b>	<b>Lehne ab</b>	<b>Lehne völlig ab</b>
Würden Sie die OP nochmals durchführen lassen?					
Würden Sie die OP weiterempfehlen?					
	Ja		Nein		
Gab es Komplikationen im Rahmen der OP?					
Falls ja, welche Komplikationen?					
<b>Zusätzliche Kommentare:</b>					