

Aus der Klinik für Chirurgie des Stütz- und Bewegungsapparates

Direktor: Prof. Dr. med. C. Jürgens

Sektion für Orthopädie

Leiter: Prof. Dr. med. M. Russlies

Klinische und funktionelle Langzeitergebnisse von behandelten Klumpfüßen

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck

- Aus der Sektion Medizin -

vorgelegt von

Louise Thieme

aus Berlin

Lübeck 2012

1. Berichterstatter/Berichterstatterin: Prof. Dr. med. Martin Russlies

2. Berichterstatter/Berichterstatterin: Priv.-Doz. Dr. med. Marc Thill

Tag der mündlichen Prüfung: 11.10.2013

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 11.10.2013

Promotionskommission der Sektion Medizin

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung.....	8
1. Einführung.....	8
2. Definition	8
3. Ätiologie	9
3.1. Exogene Einflüsse.....	10
3.2. Endogene Einflüsse.....	10
4. Pathogenese	10
4.1. Vaskulärer Defekt	11
4.2. Neurogener Defekt.....	11
4.3. Fibromatose.....	11
4.4. Muskulärer Defekt	11
5. Pathoanatomie und Pathomechanik	11
5.1. Knochen	11
5.2. Gelenke	12
5.3. Weichteile	12
6. Diagnostik	13
6.1. Klinische Diagnostik.....	13
6.2. Apparative Diagnostik	13
6.2.1. Röntgenaufnahmen	13
6.2.2. Sonographie	15
6.2.3. Pedobarographie	15
6.3. Klassifikation	15
7. Therapie	17
7.1. Konservative Therapie	17
7.2. Operative Therapie.....	18
7.3. Nachbehandlung	20
8. Therapieevaluation	21
8.1. Bewertungsscores	21
8.2. Rezidive	21
9. Ziele der Arbeit und Fragestellung	22
II. Material und Methoden	23
1. Patientenkollektiv	23

1.1. Kriterien der Patientenauswahl	23
1.2. Patientengut der Nachuntersuchung	23
1.3. Behandlungsmethoden der Klumpfüße an der Orthopädischen Klinik der Medizinischen Universität zu Lübeck	25
2. Nachuntersuchungsmethoden.....	26
2.1. Patientenfragebogen.....	27
2.2. Klinische Untersuchung.....	27
2.3. Scores.....	28
2.3.1. Score nach Addison	28
2.3.2. Score nach McKay	29
2.3.3. Score nach Laaveg-Ponseti	30
2.3.4. Score nach Wynne-Davies	31
2.4. Pedobarographie	31
III. Ergebnisse.....	34
1. Auswertung der Daten.....	34
1.1. Patientenangaben	34
1.2. Klinische Daten.....	34
1.3. Pedobarographie	34
2. Anamnestische Daten.....	35
2.1. Allgemeine Anamnese	35
2.2. Postoperative Weiterbehandlung	35
2.2.1. Ärztliche und physiotherapeutische Weiterbehandlung	35
2.2.2. Schuh- und Hilfsmittelversorgung.....	36
2.3. Sport und Gehstrecke	37
2.4. Schmerzen.....	37
2.5. Patientenbewertung.....	38
3. Klinische Beurteilung	39
3.1. Klinische Untersuchung.....	39
3.1.1. Gangbild und Muskelfunktion	39
3.1.2. Aussehen der Füße.....	39
3.1.3. Gelenkbeweglichkeit.....	40
3.2. Scores.....	42
3.2.1. Score nach Addison	42
3.2.2. Score nach Laaveg-Ponseti	43

3.2.3. Score nach McKay	44
3.2.4. Score nach Wynne-Davies	45
4. Pedobarographie	46
4.1. Messung ohne Einlagen (Klumpfußpatienten 1998, 2008 und gesundes Kollektiv 2008)	47
4.2. Messungen mit und ohne Einlagen (Klumpfußpatienten 2008 und gesundes Kollektiv 2008)	49
4.3. Vergleich der gesunden Kontrollkollektive von 1998 und 2008	50
4.4. Pedobarographische Darstellung im Vergleich (Isobarendarstellung)	51
4.5. Vergleich Pedobarographie und Scores	52
4.6. Vergleich der Lastabtragungslinie	53
IV. Diskussion	54
1. Behandlungsmethoden	54
2. Bewertungsschemata	54
2.1. Scores	55
2.2. Patientenbewertung	57
2.3. Klinische Untersuchung	58
3. Pedobarographie	59
V. Zusammenfassung	63
VI. Literaturverzeichnis	65
VII. Anhang	71
1. Pedobarographie	71
2. Richtlinie für die Boxfestlegung und COPP	74
3. Korrelationen	75
4. Pedobarographische Darstellung mit unterschiedlichem Scoreergebnis nach McKay 2008	77
5. Fragebogen	78
6. Nachuntersuchungsbogen	86

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Spitzfuß	9
Abbildung 2: Fersenvarus	9
Abbildung 3: Pes supinatus	9
Abbildung 4: Pes adduktus	9
Abbildung 5: Fersenfalte (a), mediale Hautfalte (c), Hohlfußkomponente (b)	13
Abbildung 6: Winkelmaße im seitlichen und im a.p.-Röntgenbild	14
Abbildung 7: Drei optische Beurteilungskriterien der Einteilung nach Catterall/Pirani	16
Abbildung 8: Tastpunkte und Beweglichkeit bei der Einteilung nach Catterall/Pirani.....	16
Abbildung 9: Dennis-Brown-Schiene [66].....	18
Abbildung 10: Boxeinteilung zur Auswertung.....	32
Abbildung 11: Beschreibung des Verlaufs der Lastabtragungslinie	33
Abbildung 12: Seitenverteilung der Klumpfüße Abbildung 13: Behandlungsmethode	35
Abbildung 14: Hilfsmittelversorgung im Vergleich.....	36
Abbildung 15: Schmerzangaben im Vergleich.....	37
Abbildung 16: Füße mit Schmerzangabe im Vergleich, nach Behandlungsmethode gegliedert	38
Abbildung 17: Benotung des Gesamtergebnisses 2008, nach Behandlungsmethode gegliedert	39
Abbildung 18: Scoreergebnisse nach Addison im Vergleich 1998/2008.....	42
Abbildung 19: Scoreergebnisse nach Laaveg-Ponseti im Vergleich 1998/2008.....	43
Abbildung 20: Scoreergebnisse nach McKay im Vergleich 1998/2008	44
Abbildung 21: Scoreergebnisse nach Wynne-Davies im Vergleich 1998/2008	45
Abbildung 22: Korrelation zwischen den Scoreergebnissen Wynne-Davies und McKay, $r=0,714$; $p<0,05$	46
Abbildung 23: Vergleich der Mittelwerte des Maximaldrucks ($n=30$)	47
Abbildung 24: Vergleich der Mittelwerte des Gesamtmaximaldrucks 2008 ($n=10$)	49
Abbildung 25: Vergleich der Mittelwerte des Gesamtmaximaldrucks zwischen den gesunden Füßen von 2008 und 1998	50
Abbildung 26: Gesunder Fuß 1998.... Abbildung 27: Gesunder Fuß 2008	51
Abbildung 28: Klumpfuß 1998..... Abbildung 29: Klumpfuß 2008.....	51
Abbildung 30: Korrelation des Score nach McKay mit den pedobarographischen Werten des Maximaldrucks unter der Großzehe im Vergleich	52
Abbildung 31: Korrelation des Score nach Wynne-Davies mit den pedobarographischen Werten des Maximaldrucks unter der Großzehe im Vergleich	53
Abbildung 32: Boxplotdarstellung des relativen Maximaldrucks.....	71
Abbildung 33: Boxplotdarstellung des relativen Berührungsdruckintegrals.....	71
Abbildung 34: Boxplotdarstellung des relativen Maximaldrucks mit Einlagen	72

Abbildung 35: Boxplotdarstellung des relativen Maximaldrucks ohne Einlagen der 10 Füße mit Einlagenversorgung	72
Abbildung 36: Boxplotdarstellung des relativen Berührungsdruckintegrals mit Einlagen	73
Abbildung 37: Boxplotdarstellung des relativen Berührungsdruckintegrals ohne Einlagen der 10 Füße mit Einlagenversorgung.....	73
Abbildung 38: Boxplotdarstellung des relativen Maximaldrucks und Berührungsdruckintegrals des gesunden Referenzkollektivs von 2008.....	74
Abb 39: gesunder Fuß 2008, Sensordarstellung	77
Abb 40: gesunder Fuß 2008, Isobarendarstellung.....	77
Abb 41: Klumpfuß, guter Score nach McKay, Sensordarstellung.....	77
Abb 42: Klumpfuß, guter Score nach McKay, Isobarendarstellung.....	77
Abb 43: Klumpfuß, mäßiger Score nach McKay, Sensordarstellung.....	77
Abb 44: Klumpfuß, mäßiger Score nach McKay, Isobarendarstellung.....	77
Abb 45: Klumpfuß, schlechter Score nach McKay, Sensordarstellung.....	77
Abb 46: Klumpfuß, schlechter Score nach McKay, Isobarendarstellung.....	77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassische Winkelmaße im Röntgenbild beim Normal- und beim Klumpfuß	14
Tabelle 2: Score nach Addison	28
Tabelle 3: Score nach McKay.....	29
Tabelle 4: Score nach Laaveg-Ponseti.....	30
Tabelle 5: Score nach Wynne-Davies.....	31
Tabelle 6: Hilfsmittelversorgung der Füße im Jahre 2008 nach Operationsmethode gegliedert.....	36
Tabelle 7: Vergleich klinischer Daten aus den Jahren 2008 und 1998 (n=30)	41
Tabelle 8: proximaler und distaler Deviationsquotient im Vergleich.....	53
Tabelle 9: Mittelwerte und (Standardabweichungen) für den relativen Maximaldruck	71
Tabelle 10: Mittelwerte und (Standardabweichungen) für das relative Berührungsdruckintegral	72
Tabelle 11: Mittelwerte und (Standardabweichungen) für den relativen Maximaldruck mit und ohne Einlagen	72
Tabelle 12: Mittelwerte und (Standardabweichungen) für das relative Berührungsdruckintegral mit und ohne Einlagen	73
Tabelle 13: Mittelwerte und (Standardabweichungen) für den Maximaldruck und das Berührungsdruckintegral des gesunden Referenzkollektivs von 2008.....	73
Tabelle 14: Korrelationskoeffizienten zwischen den Scores, Werte in Fettdruck sind von Null verschieden mit einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$	75

Tabelle 15: Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Scores und den relativen Maximaldrücken.....	75
Tabelle 16: Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Scores und des relativen Berührungsdruckintegrals.....	76
Tabelle 17: Korrelationskoeffizienten für Gewicht und Alter für den absoluten Maximaldruck und das absolute Berührungsdruckintegral.....	76

I. Einleitung

1. Einführung

Mit einem Vorkommen von ca. 1 auf 1000 Geburten ist der Klumpfuß die zweithäufigste kongenitale Anomalie des Bewegungsapparates nach der Hüftgelenksdysplasie, wobei die einzelnen Komponenten der Deformität unterschiedlich stark ausgeprägt sein können.

Schon zu Hippokrates' Zeiten wurde das Krankheitsbild des Klumpfußes ausführlich beschrieben. Die Methoden der manuellen Korrektur und der Fixierung sind in ihren Prinzipien bis heute gültig.

Trotz einer postpartal beginnenden und konsequenten Therapie kann in vielen Fällen die Fehlstellung, insbesondere der Spitzfußkomponente, nicht restlos und dauerhaft korrigiert werden. In der Vergangenheit wurden viele verschiedene Operationsmethoden zur Behandlung der residualen Deformitäten entwickelt, die von der einfachen subkutanen Achillotomie bis zu ausgedehnten Weichteileingriffen reichen. Kurzzeituntersuchungen der angewandten Operationsverfahren gibt es viele, Langzeitergebnisse der Patienten nach Wachstumsabschluss sind rar. Insbesondere die zahlreichen verschiedenen angewandten Bewertungsschemata zur Beurteilung des Therapieerfolges machen einen Vergleich der Ergebnisse und der Operationsmethoden schwierig. Dabei werden verschiedene Parameter wie radiologische Aufnahmen, klinische Untersuchungen, ganganalytische Faktoren und subjektive Patientenangaben in unterschiedlicher Gewichtung herangezogen. Seit einigen Jahren kommt vermehrt die dynamische Fußdruckmessung, die schon längere Zeit in der Orthopädie für andere Fragestellungen Anwendung findet, als objektiver Parameter in der Ergebnisbewertung des Klumpfußes zum Einsatz. Längsschnittuntersuchungen von Klumpfüßen, die einen eventuellen Progress der Deformität über das Wachstumsalter hinaus mithilfe pedobarographischer Analysen untersuchen, gibt es jedoch bis jetzt nicht.

2. Definition

Der Klumpfuß ist eine komplexe Fußdeformität, die charakteristische Komponenten aufweist. Es besteht eine Spitzfuß- und Varusstellung des Rückfußes und eine Adduktion und Supination des Vorfußes. Zudem weist der gesamte Fuß eine mehr oder minder ausgeprägte Hohlfußstellung auf. Der Klumpfuß wird daher auch als Pes equinovarus, excavatus, supinatus et adductus bezeichnet, oder als Talipes equinovarus, was das Gehen auf dem Knöchel beschreibt.



Abbildung 1: Spitzfuß



Abbildung 2: Fersenvarus



Abbildung 3: Pes supinatus



Abbildung 4: Pes adductus

Unterschieden werden muss zwischen dem kongenitalen idiopathischen Klumpfuß und dem sekundären Klumpfuß, der als Folge einer anderen Grunderkrankung auftritt (z. B. Myelodysplasien, infantile Zerebralparese, Muskeldystrophien, Spina bifida, Apoplex etc). Von dem primären und sekundären Klumpfuß ist zusätzlich die weiche Klumpfußhaltung abzugrenzen, die vollständig redressierbar ist und allenfalls in den ersten Lebenswochen einer krankengymnastischen Behandlung bedarf.

3. Ätiologie

Bis heute ist die Ätiologie des idiopathischen Klumpfußes nicht hinreichend bekannt. Es wird von einer multifaktoriellen Entstehung ausgegangen, bei der exogene wie auch endogene Einflüsse eine Rolle spielen.

3.1. Exogene Einflüsse

Lange Zeit wurde das Oligohydramnion als ursächlicher Faktor des primären Klumpfußes angenommen, das durch Kompression von außen die fetalen Füße in die Fehllhaltung zwingt. Zwar konnte tierexperimentell durch Erzeugen eines iatrogenen Oligohydramnions ein vermehrtes Auftreten von Klumpfüßen beobachtet werden, jedoch wurde sonographisch festgestellt, dass Feten auch in einer mit genügend Fruchtwasser gefüllten Amnionhöhle Klumpfüße entwickelten [1, 2].

Durch Einwirkung von verschiedenen Noxen soll es zu einem passageren Wachstumsstillstand der Fußwurzelknochen in einer klumpfußartigen Embryonalstellung kommen, was den idiopathischen Klumpfuß als eine Hemmungsfehlbildung erklären würde [3]. Andere Autoren sehen das Ausmaß der medioplantaren Deviation des primären Klumpfußes durch diese Hypothese jedoch nicht vollständig erklärt.

Des Weiteren werden unbekannte Umweltfaktoren wie Temperatur, Lebensmitteltoxine und Virusinfektionen ätiologisch in Betracht gezogen[4, 5].

3.2. Endogene Einflüsse

Aufgrund der deutlichen familiären Häufung geht man heute von einem polygenetischen Vererbungsmodus aus. Auch ein autosomal dominanter Erbgang mit unvollständiger Penetranz ist nach Meinung einiger Autoren nicht auszuschließen [6-8].

Bei einem erkrankten Geschwisterteil steigt die Inzidenz auf 3% an, bei einem erkrankten Elternteil sogar auf 8-11%. Dabei wurde beobachtet, dass bei erstgradigen Verwandten Frauen mehr betroffene Nachkommen haben als Männer [9]. Generell sind männliche Nachkommen ca. doppelt so häufig betroffen wie weibliche. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass bei Frauen mehr veränderte Gene vorliegen müssen als bei Männern, um zu einem Klumpfuß zu führen [10].

4. Pathogenese

Die zentrale Frage bei der Entstehung des Klumpfußes ist und bleibt, ganz im Sinne des „Henne-Ei-Problems“, ob es primär die Veränderungen des Muskel- und Bindegewebes sind, die sekundär zu Knochenfehlwachstum und Fehlstellungen führen oder umgekehrt. In der Literatur sind hierzu verschiedene Hypothesen zu finden.

4.1. Vaskulärer Defekt

Durch eine Hypo- oder Aplasie der Aa. dorsalis pedis, tibialis anterior, plantaris medialis oder des Arcus plantaris kann es über eine Minderversorgung im Sinus tarsi zu Schädigungen von Knochenkernen und so zu Fehlstellungen kommen [11-13]. Andere Autoren konnten im Vergleich zu gesunden Füßen keine Unterschiede in der Gefäßversorgung feststellen [14].

4.2. Neurogener Defekt

Eine reduzierte Muskelfaserzahl, ein geringerer Faserdurchmesser, ein vermehrter Ersatz der Typ-II-Fasern durch Typ-I-Fasern sowie eine zusätzliche Denervierung in der Wade und Peronäusmuskulatur und auffällige EMGs sprechen für eine neuronale Ursache. [15, 16]. Auf Rückenmarksebene konnten jedoch bis jetzt keine Korrelate gefunden werden.

4.3. Fibromatose

Einige Autoren sehen eine genetische Ursache im Sinne einer Fibromatose vergleichbar mit der Dupuytrenschen Kontraktur [17]. Durch eine vermehrte Kollagensynthese mit Fibrosierung im posteromedialen Fußbereich sowie vermehrt Myofibroblasten in diesem Bereich kommt es zu einer pathologischen Inversions- und Supinationsstellung, wodurch sich der wachsende Knochen sekundär deformiert [18].

4.4. Muskulärer Defekt

Pathologische Sehnenansätze oder akzessorische Muskeln führen zu einem Überwiegen der invertierenden Muskeln und begünstigen so den Zug in die Inversionsstellung [19, 20].

5. Pathoanatomie und Pathomechanik

5.1. Knochen

Der kleine nach hinten zugespitzte Talus weist einen schmalen Talushals mit Deviation nach medial und plantar auf, so dass ein erheblich kleinerer Corpus-Collum-Winkel von ca. 115°-135° im Gegensatz zum gesunden Fuß (150°-160°) besteht. Die hypoplastische Trochlea tali geht in den Talushals über, wobei nur der eingeschränkte Funktionsbereich mit Knorpel bedeckt ist. Während die posteriore Gelenkfacette kaum Veränderung aufweist, sind die anteriore und mediale Facette fusioniert und nach medial gedreht.

Der nur geringförmig deformierte Kalkaneus ist kleiner als normal mit einem minder entwickelten und etwas nach medial verlagerten Sustentaculum tali entsprechend der dysplastischen Gelenkflächen des Talus.

Das Os naviculare ist kleiner und keilförmig mit der Keilbasis nach medial konfiguriert. Der Metatarsale-V ist gegenüber den anderen oft verlängert, während der erste Strahl hypotrophiert erscheint. In Extremstellung berührt das Os naviculare den medialen Malleolus und kann eine pathologische Pseudoartikulation mit diesem bilden.

5.2. Gelenke

Über die Fehlstellung im oberen Sprunggelenk besteht bis heute Uneinigkeit. Je nach Autor und Untersuchungsmethode wurden Innenrotationen [21, 22], indifferente Positionen [23, 24] und Außenrotationen des Corpus tali gegenüber der Bimalleolarachse beschrieben [25-27]. Durch die Spitzfußkomponente rollt der Talus nach ventral und tendiert dann dazu, die Knöchelgabel nach ventral zu dislozieren. Im Talokalkaneargelenk ist die vordere der beiden Gelenkflächen nur gering ausgebildet, in schweren Fällen gibt es nur eine Gelenkfläche. Der Kalkaneus ist gegenüber dem Talus in allen drei Ebenen fehlrotiert. Dabei schiebt sich der Kalkaneus unter den Talushals, so dass die Achsen von Talus und Kalkaneus parallel liegen. Die Anteflexion kann so ausgeprägt sein, dass sich Kalkaneus und Malleolus lateralis berühren [28, 29].

Das Talonaviculargelenk ist stark nach mediopantar gerichtet und das Os naviculare steht in extremer Inversion. Dort, wo der Talus nicht mit dem Os naviculare artikuliert, atrophiert der Gelenkknorpel. Durch das Längenwachstum an dieser Stelle und den Zug der Tibialis-posterior-Sehne wird mit dem Wachstum die Medialdeviation des Talushalses verstärkt [30]. Einige sehen in diesem Gelenk die wichtigste Fehlstellung des Klumpfußes [31], andere betrachten das Kalkaneocuboidgelenk als die Hauptdeformität, bei dem das Kuboid vor dem Kalkaneus nach mediopantar verlagert und unter die Ossa cuneiformia und das Os naviculare verschoben sein kann [26].

5.3. Weichteile

Generell ist zu sagen, dass die Weichteilstrukturen an der Innenseite verkürzt, an der Fußaußenseite dagegen verlängert sind. Durch die Gelenkfehlstellung und dadurch verursachten relativen Verlagerung der Muskelansätze kommt es konsekutiv zu einer Medialisierung der Fußheber, welche durch den geänderten Muskelzug die Klumpfußstellung unterstützen und verstärken. Eventuell akzessorische Muskeln (M. soleus accessorius, M. flex dig longus accessorius) wirken zusätzlich invertierend. Die

Wadenmuskulatur ist hypoplastisch und zum Teil erheblich verkürzt, die Achillessehne ist dünn und inseriert weiter distal und medial am Kalkaneus [28].

6. Diagnostik

6.1. Klinische Diagnostik

Die klinische Diagnose des Klumpfußes ist einfach zu stellen. Die typische Fehlhaltung des Rückfußes in Varus- und Supinationshaltung und die Supination und Adduktion des Vorfußes sind bei dem Neugeborenen leicht zu erkennen. Bei einseitigem Befall fällt die Atrophie der Wade auf. Die verkürzte Achillessehne kann gegebenenfalls als derber Strang getastet werden. Lateral lässt sich der oft prominente Taluskopf tasten, über dem die Haut

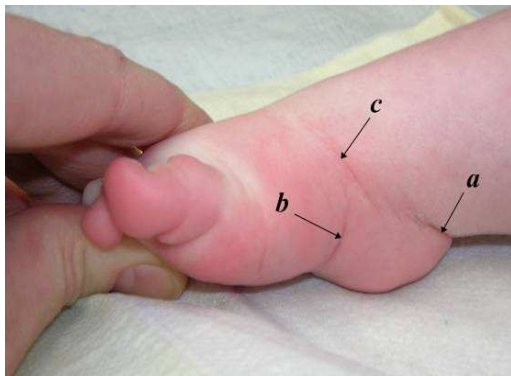


Abbildung 1: Fersenfalte (a), mediale Hautfalte (c), Hohlfußkomponente (b)

sehr dünn ist und beim Versuch der Korrektur eine feine Fältelung aufwirft. Der Spitzfuß lässt sich meist auch bei forcierter Dorsalextension nicht vollständig redressieren. Wegweisend können auch die charakteristischen Hautfalten über der Ferse und am medialen Mittelfuß sein. Die Klumpfußhaltung, die passiv vollständig redressierbar ist, weist eher quere Hautfalten über dem Fußrücken auf, die Hinweis auf eine ausreichende Dorsalextension sind.

6.2. Apparative Diagnostik

6.2.1. Röntgenaufnahmen

Das Anfertigen von standardisierten Röntgenaufnahmen (a.p. und lateraler Strahlengang) zur Dokumentation bei konservativer Behandlung, zur präoperativen Planung oder zur postoperativen Verlaufskontrolle hat heutzutage einen festen Platz in der Diagnostik. Bei der Interpretation der Aufnahmen muss an unreifere Knochenkerne, eventuell pathologisch nach ventrolateral disloziertes Talusossifikationszentrum und die erheblichen Interobserver-Varianz gedacht werden [28]. Die wichtigsten Winkel zur Begutachtung sind in Tabelle 1 bzw. in Abbildung 2 dargestellt.

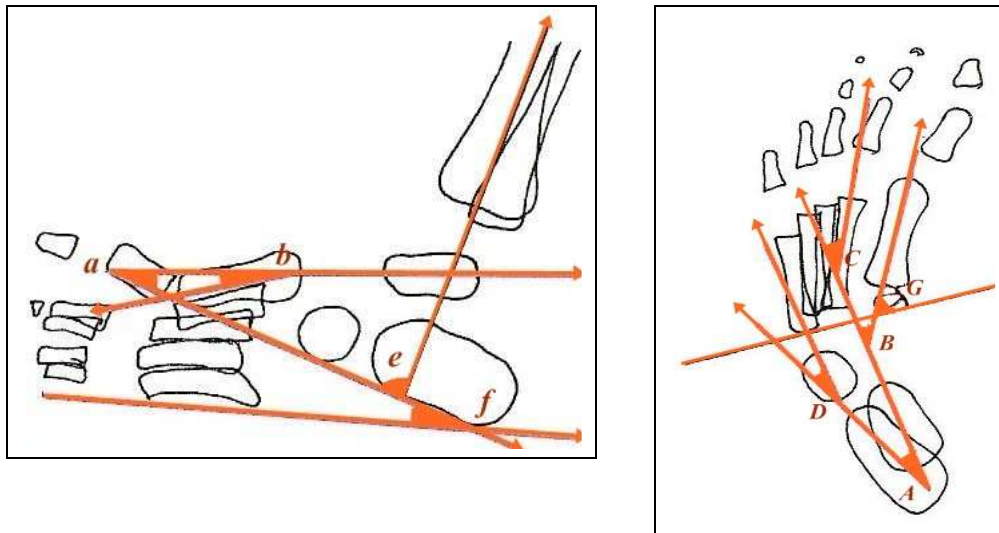


Abbildung 2: Winkelmaße im lateralen und im a.p.-Röntgenbild (aus Döderlein [28], S. 29)

Ansicht und Winkelmaß	Normalfuß	Klumpfuß
a.p.-Aufnahme		
Talokalkaneärer Winkel (A)	Kind 20°-40° Erw. 25°-30°	<20°
Talus-Metatarsale-I-Winkel (B)	Kind 0°-20° Erw. 9°-22°	>15°
Talus-Metatarsale-II-Winkel (C)	6°-42°	-
Kalkaneocuboideumwinkel (D)	4°-8°	-
I.-Strahl-Winkel (G)	55°-65°	>65°
laterale Aufnahme		
Talokalkaneärer Winkel (a)	Kind 35°-50° Erw. 25°-30°	<25°
Tibiokalkaneärer Winkel (e)	25°-60°	<25°
Talus-Metatarsale-I-Winkel (b)	Kind 0°-20° Erw. -4°-+4°	>20° (Exkavatus) <0° (Tintenlöscher)
Kalkaneus-Neigung (f) ("calcaneal pitch")	10°-30°	-
Talokalkaneärer Index nach Beatson und Pearson*	40°-85°	<40°

Tabelle 1: Klassische Winkelmaße im Röntgenbild beim Normal- und beim Klumpfuß ([28, 32-36])

* Der talokalkaneäre Index nach Beatson und Pearson ist die Summe der talokalkaneären Winkel in den beiden Ebenen. Er besagt, dass bei einem äußerlich befriedigend redressierten Klumpfuß ab einem Index von unter 40° die talokalkaneonaviculare Fehlstellung nicht behoben ist.

6.2.2. Sonographie

Die Untersuchung per Ultraschall hat sich trotz Entwicklung eines standardisierten Verfahrens mittels 7,5-MHz-Linearschallkopfs und zahlreichen Publikationen noch nicht in der Standarddiagnostik durchgesetzt [37-39]. Größere Bedeutung hat die Sonographie allerdings in der pränatalen Diagnostik des Klumpfußes. Dabei ist es jedoch zum einen nicht möglich, zwischen dem idiopathischen Klumpfuß und der Klumpfußhaltung zu unterscheiden, zum anderen, ob es sich um eine isolierte Deformität handelt oder der Klumpfuß Teil eines Syndroms ist. Assoziierte Anomalien sind bei beidseitigem Befall häufiger zu beobachten. Auch die falsch-positiv Rate der pränatalen Untersuchung fällt bei bilateralem Klumpfuß niedriger aus [40].

6.2.3. Pedobarographie

Klinische Untersuchungen sind naturgemäß vom Untersucher abhängig, Röntgenaufnahmen korrelieren nicht unbedingt mit dem funktionellen Ergebnis [41]. Mit der Pedobarographie steht seit einigen Jahren eine weitere Methode zur dynamischen Untersuchung der Füße zur Verfügung, die schon seit geraumer Zeit in der Orthopädie und anderen Fachrichtungen für bestimmte Fragestellungen angewandt wird [42, 43]. In ihr sehen viele eine gute objektive Methode zur Darstellung der reaktiven Kräfte unter dem Fuß beim Gehen, um somit auch eventuell verborgene Restpathologien zu detektieren [44]. Dabei sind vor allem die Kraftentwicklung und die Schwerpunktverlagerung während des Laufens von Interesse, da die Aufzeichnung eines einfachen Fußabdruckes beim stehenden Patienten ohne die dynamische Entwicklung nicht aussagekräftig genug ist [45]. So können pathologische Druckverteilungen beim Gehen auch bei klinisch unauffälligen und beschwerdefreien Füßen detektiert werden [46]. In verschiedenen Untersuchungen wurde bisher diese Form der Diagnostik angewandt [44, 47-50]. Dabei ergaben sich gegenüber gesunden Füßen beim Klumpfuß im Allgemeinen erhöhte Druckwerte unter den lateralen Fußregionen sowie verminderte Drücke unter der Großzehe im Sinne einer pathologischen Abroll- und Abstoßfunktion [49, 51, 52]. Dies entspricht der charakteristischen Supinationsfehlstellung des Klumpfußes.

6.3. Klassifikation

Eine objektive und leicht reproduzierbare Einteilung des Klumpfußes nach Schweregrad ist nicht nur entscheidend für die Wahl der Behandlungsmethode, sondern erleichtert auch den Vergleich verschiedener Therapieergebnisse bei initial gleicher Ausprägung der Deformität. Mehrere Klassifikationssysteme wurden entwickelt und angewandt [53-55], die durch eine

teilweise hohe Anzahl angewandter Parameter zunehmende Fehlerquellen besaßen und nur eine geringe Reproduzierbarkeit aufwiesen. Durchgesetzt hat sich Dimeglios' Zwanzigpunkteklassifikation [56].

Die zweite häufig angewandte Einteilung, die auch in der Sektion für Orthopädie der Universität zu Lübeck Gebrauch findet, ist die Klassifikation nach Catterall und Pirani [53]. Hierbei werden für sechs klinische Zeichen bezüglich Aussehen, Beweglichkeit und Tastbarkeit jeweils Punkte von 0 (normal) bis 1 (pathologisch) vergeben, so dass eine „Schulnote“ resultiert.

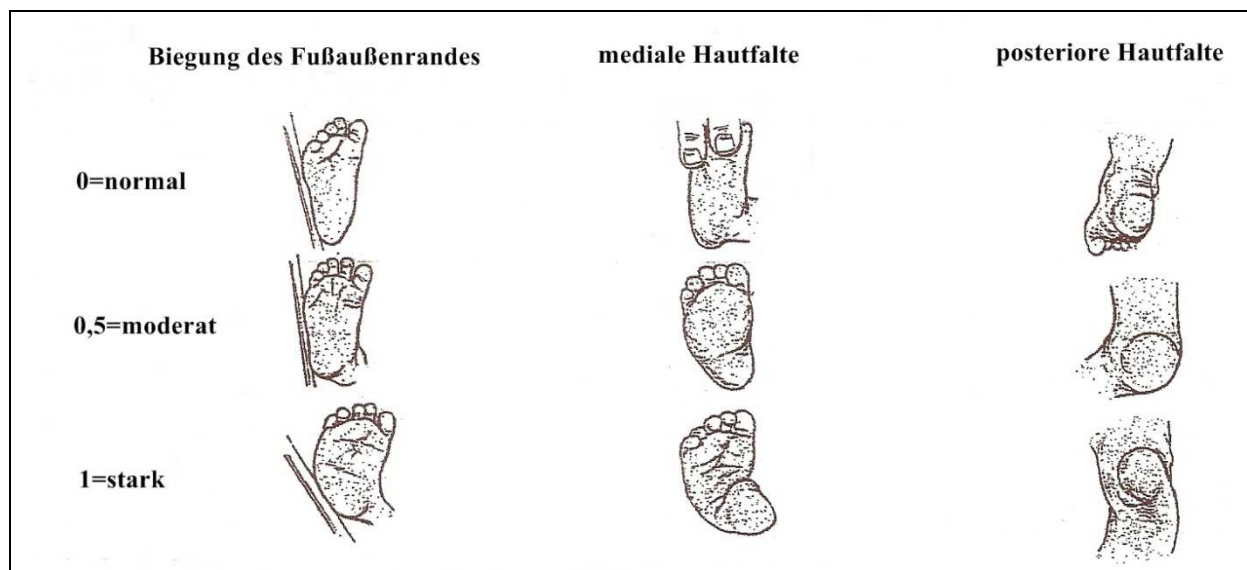


Abbildung 3: Drei optische Beurteilungskriterien der Einteilung nach Catterall/Pirani

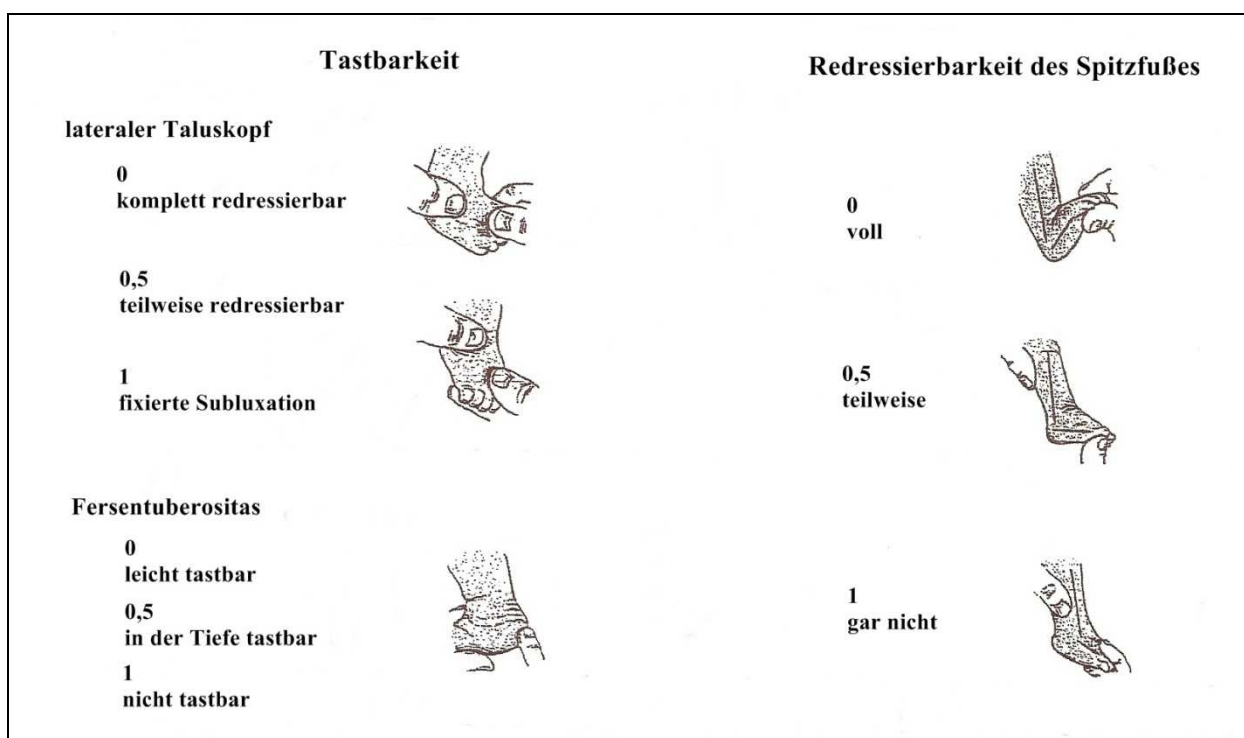


Abbildung 4: Tastpunkte und Beweglichkeit bei der Einteilung nach Catterall/Pirani

Jeder Fuß kann für die Mittelfußkomponente (lateralen Fußrand, mediale Hautfalte, lateraler Taluskopf) wie auch für die Rückfußkomponente (posteriore Hautfalte, Fersentastbarkeit, Spitzfußrigidität) zwischen 0 und 3 Punkte und für den gesamten Fuß 0 bis 6 Punkte erhalten. Je höher die Punktzahl, so ausgeprägter ist die Klumpfußdeformität.

Diese beiden Klassifikationssysteme haben in Untersuchungen eine gute Interobserverreliabilität aufgewiesen und eignen sich als standardisierte Methode zur Einteilung der Klumpfußschweregrade [57]. Füße mit initial leichter Schweregradeinteilung erzielen durchschnittlich bessere Behandlungsergebnisse als Füße mit höheren Punktwerten [58, 59].

7. Therapie

7.1. Konservative Therapie

Das Prinzip der manuellen Korrektur und der Fixierung mittels Redressionsverbänden ist bis heute gültig. Die Therapie sollte möglichst bald nach der Geburt begonnen werden, wenn der Fuß des Neugeborenen noch weich und korrigierbar ist. Dabei setzen die „Weichteile“ den Korrekturmaßnahmen den größten Widerstand entgegen, während die knorpeligen Strukturen leichter verformt, aber auch leichter geschädigt werden können [60]. Im letzten Jahrzehnt hat sich zunehmend die in den fünfziger Jahren von Ponseti entwickelte Methode zur Redression durchgesetzt [61-63], die mittlerweile zum Standardverfahren der konservativen Therapie avanciert ist [64-66].

Dabei werden nacheinander die einzelnen Komponenten der Fehlstellung etappenweise korrigiert und jeweils in einem Oberschenkelgips bei 90° gebeugtem Knie retiniert. In einem ersten Schritt wird unter Druck auf den lateralen Taluskopf und durch leichte Abduktion und Supination des Vorfußes die Hohlfußstellung korrigiert, die sich durch die noch weiche Plantaraponeurose meist schnell beheben lässt. In mehreren Gipswechseln wird danach der Vorfuß in Supinationshaltung zunehmend abduziert, wodurch auch das Fersenbein unter dem Talus allmählich invertiert und so die Varusstellung korrigiert wird. Bei den Korrekturmanövern wird kontinuierlich korrigierender Druck auf den lateralen Taluskopf ausgeübt. Erst nach maximal möglicher Korrektur wird versucht, die Spitzfußkomponente zu redressieren, wobei keine forcierte Dorsalextension ausgeführt wird, sondern unter Druck auf den Processus anterior calcanei von plantar der Talus zurück in die Malleolengabel gedrängt wird.

Oft lässt sich der Spitzfuß konservativ nicht vollständig korrigieren, so dass eine Achillotomie notwendig ist. Zu keiner Zeit der Redressionsmaßnahmen wird der Vor- oder Rückfuß proniert, da sich sonst die Hohlfußkomponente verstärken würde. Bei zu früher Korrektur des Spitzfußes – noch bevor der Kalkaneus unter dem Talus derotiert ist – oder zu starkem und punktuellen Druck kann es zu dem schwer therapierbaren Schaukelfuß (Tintenlöscherfuß) kommen. Auch auf die Verwendung von alleinigen Unterschenkelgipsen, die leicht verrutschen und Nervendruckläsionen verursachen können, sollte verzichtet werden.

Die Gipse werden anfangs alle ein bis zwei Tage, später ein- bis zweimal die Woche gewechselt, um so den am Anfang schnell wachsenden und noch weichen Fuß durch



häufige Manipulationen schonend zu korrigieren. Nach der Achillotomie erfolgt erneut eine Gipsversorgung für weitere vier Wochen. Ist die letzte Gipsabnahme erfolgt, werden die Kinder mit einer Dennis-Brown-Schiene versorgt, in der der Fuß in 70° Abduktion und 20° dorsalextendiert gehalten wird. Bei einseitigem Klumpfuß wird der gesunde Fuß weniger stark abduziert in der Schiene eingestellt (40°) [68]. Die Tragezeit der

Schiene in den nächsten drei Monaten liegt bei etwa 23 Stunden pro Tag, danach bis zum vierten Lebensjahr ca. 14 Stunden pro Tag. Begleitend wird eine physiotherapeutische Behandlung angestrebt, um die Beweglichkeit der Füße zu erhalten.

7.2. Operative Therapie

In den vergangenen Jahrzehnten sind verschiedene therapeutische Ansätze und Operationsmethoden in der Klumpfußbehandlung entwickelt worden, die von der alleinigen Redressionsbehandlung über die subkutane Achillotomie bis zur radikalen peritalaren Arthrolyse reichen. Die Indikation, der Zeitpunkt und die Art eines operativen Eingriffes müssen individuell gestellt werden und sind maßgeblich abhängig von der Restfehlstellung des Fußes nach erfolgter konservativer Therapie.

Das Ziel ist die einzeitige Korrektur von anatomischen und funktionellen Restfehlstellungen. Eine Achillessehnenverlängerung ist bei nahezu jedem Klumpfuß nötig [69]. Schon 1833 etablierte Ludwig Stromeyer das Verfahren der perkutanen Achillotomie mit möglichst kleiner Inzision, um das damals noch stark erhöhte Infektionsrisiko niedrig

zu halten. Diese Methode wird auch in der Behandlung nach Ponseti als einzige operative Intervention eingesetzt und kommt ebenfalls bei allen Autoren als Mindesteingriff vor. Bei alleiniger verbliebener Spitzfußkomponente mit korrigierter Vorfußadduktion und Fersenvarusstellung reicht sie als einzige operative Maßnahme aus.

Als Alternative zur rein perkutanen Achillotomie wird ein lateral der Achillessehne angelegter Längsschnitt durchgeführt und die Achillessehne Z-förmig verlängert, wobei der laterale Ansatzbereich am Kalkaneus verbleibt. Zusätzlich kann die Gelenkkapsel des oberen und teilweise auch des unteren Sprunggelenks quer eröffnet werden.

Bestehen neben der Spitzfußkomponente noch andere residuale Fehlstellungen, kann das Release auf das Lig. calcaneofibulare, den dorsalen Anteil des Deltabandes oder die peronealen Retinakula ausgedehnt werden [31]. Bei entsprechender Vorfußkomponente wird entweder ein gesonderter medialer Hautschnitt angelegt oder von vornherein eine dorsomediale Inzision vorgenommen sowie der Ursprung des M. abductor hallucis gelöst und die fibröse tibio-naviculare Verbindung durchtrennt. Durch Eröffnen des Talonaviculargelenks kann das Naviculare auf dem Taluskopf reponiert werden [31, 70]. Des Weiteren erfolgt eine Z-förmige Verlängerung der Sehne des M. tibialis posterior [71]. Je nach Autor werden zusätzlich noch die Sehnen der Mm. flexor hallucis longus und flexor digitorum longus verlängert [72, 73], das Kalkaneocuboidgelenk eröffnet [74] oder das Lig. talocalcaneum interosseum durchtrennt [75, 76].

Bei entsprechender Ausdehnung des dorsomedialen Zugangs kann der Eingriff auf ein plantares Release erweitert werden. Das laterale Release erfolgt dann durch eine gesonderte laterale Inzision. In den neunziger Jahren wurde zunehmend das komplette peritalare Release favorisiert, wobei durch die zusätzliche Kapsulotomie des Subtalargelenks und eine Spaltung der Plantaraponeurose der Talus vollständig befreit wird [76, 77]. Zudem wird mit je einem K-Draht das Os naviculare und der in seiner Rotationsfehlstellung korrigierte Kalkaneus am Talus fixiert. Bei diesem ausgedehnten Eingriff eignet sich zur besseren Übersicht der Cincinnati-Zugang, der bogenförmig vom ersten Tarsometatarsalgelenk über die Achillessehne auf Höhe des oberen Sprunggelenkes bis zum Cuboid verläuft und nach der Achillessehnendurchtrennung den Zugang zu allen Rückfußkomponenten ermöglicht [70, 78]. Die unterschiedlichen Operationsverfahren werden alle in Blutleere und Bauchlage durchgeführt.

Die angewendete Operationsmethode richtet sich nach der präoperativen Schweregradeinteilung des Klumpfußes und folgt dem Grundsatz „so viel wie nötig, so wenig wie möglich“. Dabei benötigen schlechtere Ausgangssituationen einen

ausgedehnten Weichteileingriff als leichtere Fälle, mit der Gefahr der Vernarbung des Operationsgebiets und konsekutiver Beeinträchtigung der Beweglichkeit oder der Überkorrektur [76]. Ein kleinerer Eingriff birgt andererseits die Gefahr einer unvollständigen Korrektur und die eventuelle Notwendigkeit eines Zweiteingriffs. Mittlerweile besteht ein Trend zu weniger invasiven Eingriffen, die ein besseres Langzeitergebnis erzielen sollen [79].

Bei Therapieversagen, primär unbehandelten Füßen und nachgewiesenem Überwiegen der Supinatoren können zusätzlich Sehnenverpflanzungen durchgeführt werden. Bei der operativen Erstbehandlung wird auf diese Korrekturmethode nicht zurückgegriffen. Zum einen kann die Sehne des M. tibialis anterior auf das Os cuneiforme II oder III, zum anderen die Sehne des M. tibialis posterior durch die Membrana interossea auf das Os cuneiforme III verpflanzt werden, wobei beide Sehnen zur Hälfte oder komplett transferiert werden können [80-82]. Das Risiko beim Sehnentransfer besteht in der Unter- oder Überkorrektur mit Ausbildung eines Knick-Senkfußes.

Knöcherne Operationsverfahren erfolgen generell meist erst in einem sehr späten Stadium bei wiederholten schweren Rezidiven oder bei älteren Klumpfüßen. Zur Anwendung kommen zum Beispiel die offene Os cuneiforme Osteotomie nach MacHale, zumeist in einer Kombination mit einer schließenden Cuboid-Osteotomie, die Kalkaneusosteotomie nach Dwyer, die Chopart-Gelenksarthrodese, die subtalare Arthrodese oder die Tripelarthrodese.

7.3. Nachbehandlung

Die Art und Dauer der postoperativen Nachbehandlung wird individuell abhängig von der Fußstellung getroffen. Häufig sind Tendenzen zur Vorfußadduktion, die eine Nachbehandlung nötig machen. Hierbei kommen zuerst Tages- und Nachtschienen, später nur noch Nachtschienen oder Drei-Backen-Einlagen zur Anwendung. Seltener sind Innenschuhe oder orthopädische Therapieschuhe notwendig. Eine weiterführende physiotherapeutische Behandlung sowie das selbstständige Durchführen redressierender Gymnastik wird empfohlen.

8. Therapieevaluation

8.1. Bewertungsscores

Ein echter Klumpfuß wird niemals ein normaler Fuß werden. Das darf letztlich auch nicht das Therapieziel sein. Angestrebt wird ein schmerzfreier, äußerlich möglichst unauffälliger Fuß, der es dem Patienten ermöglicht, Konfektionsschuhe zu tragen, ohne dass sich dadurch Druckstellen entwickeln. Außerdem sollte eine maximale Beweglichkeit erreicht werden, mindestens jedoch die Neutralnullstellung im oberen Sprunggelenk für einen plantigraden Bodenkontakt.

Zur Evaluation und zum Vergleich von Behandlungsergebnissen bedarf es eines standardisierten Bewertungsschemas, das mittels subjektiver und objektiver Parameter den Zustand des therapierten Fußes möglichst genau widerspiegelt und zudem leicht reproduzierbar ist. Eine endgültige Ergebnisbewertung ist außerdem erst nach Wachstumsabschluss aussagekräftig genug, da vorher noch mit Veränderungen der Fehlhaltungen gerechnet werden muss [83]. Dabei fließen mit jeweils unterschiedlicher Gewichtung subjektive Angaben der Patienten, klinische Untersuchungen, radiologische Aufnahmen und funktionelle Untersuchungen in die Ergebnisfindung mit ein, die meist durch ein Punktesystem erfolgt. Viele Autoren haben ihren eigenen Score zur Beurteilung des Behandlungserfolges entwickelt. Bisher konnte sich noch keiner als standardisierte Methode durchsetzen. Häufige und von uns eingesetzte sind der Score nach McKay [84] (siehe Tabelle 4, Seite 29), der Score nach Laaveg-Ponseti [85] (siehe Tabelle 5, Seite 30) sowie die Scores von Wynne-Davies [86] und Addison [87] (in bisherigen Studien seltener verwendet).

Die Aussagefähigkeit von Bewertungsscores ist begrenzt, da diese zum großen Teil subjektiv sind und nicht alle im Einzelfall notwendigen Punkte umfassen. Sie ermöglichen jedoch zumindest eine gewisse Standardisierung der Ergebnisse und machen einen internationalen Vergleich von Langzeituntersuchungen trotz aller Einschränkungen überhaupt erst möglich. Mit zunehmender Nachuntersuchungszeit sind die wichtigsten Kriterien für die Patienten, nämlich Schmerzen und funktionelle Einschränkungen, mit den gängigen Scores gut zu erfassen.

8.2. Rezidive

Im Durchschnitt treten bei 25% aller mit Weichteiloperation behandelten Klumpfüße ein Rezidiv auf. Je schwerer der Klumpfuß bezüglich seiner Rigidität ist, umso eher muss ein Rezidiv erwartet werden. Nach Ponseti muss bis zum vierten Lebensjahr mit einem Rezidiv

gerechnet werden [88]. Generell kann aber erst nach Wachstumsabschluss ein Rezidiv ausgeschlossen werden. Grundsätzlich können auch Rezidive konservativ behandelt werden, meistens ist jedoch eine erneute Operation notwendig.

9. Ziele der Arbeit und Fragestellung

Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung eines möglichen Progress' oder Veränderung der residualen Deformität bei Klumpfuß operierten Patienten nach Wachstumsabschluss im Längsschnitt mittels klinischer und funktioneller Untersuchungsmethoden. Dabei interessierte insbesondere, inwieweit sich die jeweiligen Langzeitergebnisse der Klumpfußpatienten in den beiden Untersuchungszeiträumen (1998 und 2008) unterscheiden, welche Veränderungen im Vergleich zu einem jeweils untersuchten gesunden Kontrollkollektiv bestehen und ob ein Zusammenhang zwischen den subjektiven Beschwerden und dem pedobarographischen Ergebnis zu verzeichnen ist.

II. Material und Methoden

Die Durchführung der folgenden Untersuchungen erfolgte mit Zustimmung durch die Ethikkommission der Universität zu Lübeck (Aktenzeichen 07-102).

1. Patientenkollektiv

1.1. Kriterien der Patientenauswahl

Von November 1980 bis Dezember 1995 wurden an der Orthopädischen Klinik der Medizinischen Universität zu Lübeck 148 operative Eingriffe an insgesamt 104 Patienten mit Klumpfüßen durchgeführt.

Im Jahr 1998 erfolgte eine erste Nachuntersuchung dieses Patientenkollektivs [89]. Von den 104 Patienten erfüllten 67 die damalig festgelegten Kriterien:

- Es handelt sich um einen kongenitalen Klumpfuß.
- Die Primär- und gegebenenfalls Rezidivoperation bestand in einem Weichteileingriff
- Bei Primäreingriffen wurden diese an der Orthopädischen Klinik der Universität zu Lübeck vorgenommen.
- Im Falle einer Rezidivoperation wurde diese ebenfalls an der Orthopädischen Klinik der Universität zu Lübeck durchgeführt, die Primäroperation konnte auch auswärts erfolgt sein.
- Die Patienten waren zum Zeitpunkt der Operation jünger als 6 Jahre.
- Das Alter bei der Nachuntersuchung betrug mindestens fünf Jahre.

Von diesen 67 in Frage kommenden Patienten konnten 47 Ende des Jahres 1998 nachuntersucht werden. 11 der verbliebenen Patienten waren unbekannt verzogen, bei 9 waren die Eltern zumeist wegen einer befürchteten psychischen Belastung nicht bereit, mit ihrem Kind an der Nachuntersuchung teilzunehmen.

1.2. Patientengut der Nachuntersuchung

Von diesen 47 Patienten konnten nach telefonischer Kontaktaufnahme und schriftlicher Einladung 21 (45%) zwischen Mai und Oktober 2008 nachuntersucht werden.

11 der verbleibenden 26 Patienten waren unbekannt verzogen und konnten auch mit Hilfe des Einwohnermeldeamtes nicht ausfindig gemacht werden. 4 Patienten hielten sich zu dem angesetzten Zeitpunkt der Nachuntersuchung für längere Zeit im Ausland auf oder waren dorthin gezogen. 6 Patienten lehnten aus Zeitmangel oder fehlendem Interesse eine Nachuntersuchung ab. 4 Patienten reagierten gar nicht auf die mehrfache schriftliche wie

auch telefonische Einladung. Ein Patient hatte sich zwei Wochen vor Kontaktaufnahme eine komplexe Unterschenkelfraktur auf der Seite des Klumpfußes zugezogen.

Von den 21 Patienten waren bei 12 ein Fuß und bei 9 beide Füße betroffen, so dass insgesamt 30 Füße nachuntersucht werden konnten. Davon waren 14 Mal der rechte und 16 Mal der linke Fuß betroffen.

Das Geschlechterverhältnis betrug 2,5:1 männliche zu weiblichen Patienten (15 Jungen, 6 Mädchen). Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung lag bei 18 Jahren und 10 Monaten (15-29 Jahre). Die Nachuntersuchung wurde durchschnittlich 19 Jahre und 2 Monate (15 Jahre 2 Monate – 29 Jahre 9 Monate) nach der ersten Operation durchgeführt.

Da die Rücklaufquote der nachuntersuchten Patienten 2008 sehr niedrig war (<50%) wurde eine Drop-out Analyse durchgeführt und die Daten von 1998 des Kollektivs der 21 Patienten, die 2008 zur erneuten Nachuntersuchung erschienen, mit denjenigen restlichen 26 Patienten, die nur 1998 untersucht wurden verglichen.

	n=21 Patienten oder n=30 Füße, wurden 2008 erneut nachuntersucht	n=26 Patienten oder n= 35 Füße, wurden 2008 nicht erneut nachuntersucht	
Alter Mittelwert(Standardabweichung)	9,33 (4,3) Jahre	10,9 (3,9) Jahre	p= 0,07 im t-Test
Gewicht Mittelwert(Standardabweichung)	39,23 (18,9) kg	46,14 (22,2) kg	p= 0,10 im t-Test
Geschlecht	m 15 (71%) w 6 (29%)	m 21 (81%) w 5 (19%)	p= 0,17 im Chi ² -Test
Betroffene Seite (rechts/links)	14/16 (n=30 Füße)	20/15 (n=35 Füße)	p= 0,17 im Chi ² -Test
Rezidiv	6 (20%) von 30	5 (19%) von 35	p= 0,17 im Chi ² -Test
Schmerzen	6 (29%) von 21	8 (31%) von 26	p= 0,32 im Chi ² -Test
McKay Mittelwert(Standardabweichung)	145 (20,0) Pkt	144 (18,9) Pkt	p= 0,42 im t-Test
McKay (Untergruppen)	Exzellente: 2(6,7%) Gut: 7(23,3%) Mäßig: 16(53,3%) Schlecht: 5(16,7%)	Exzellente: 2(5,7%) Gut: 7(20%) Mäßig: 21(60%) Schlecht: 5(14,3%)	p= 0,76 im Chi ² -Test

Tabelle 2: Vergleiche einiger Variablen zwischen den 21, zur erneuten Nachuntersuchung erschienenen und den restlichen 26 nicht erschienenen Patienten zum Zeitpunkt 1998

Es zeigt sich also, dass in allen relevanten Bereichen wie Alter, Geschlecht, Gewicht, initialer Schweregrad des Klumpfußes, Rezidivvorliegen und subjektive Beeinträchtigung, die zur erneuten Nachuntersuchung erfassbaren Patienten sich nicht signifikant von den restlichen 26 nicht erneut untersuchten Patienten von 1998 unterscheiden. Weder die 1998 besonders mild ausgeprägten symptomarmen Klumpfüße, noch die sehr schweren schmerzhaften Fälle sind in der erneuten Nachuntersuchung vermehrt vertreten. Es liegt somit keine systemische Selektion vor, die die Aussagefähigkeit der Untersuchung in Bezug auf die allgemeine zeitliche Entwicklung bei Klumpfußpatienten beeinträchtigen würde.

Als gesundes Kontrollkollektiv wurden 15 „fußgesunde“ Probanden, das heißt ohne bekannte Fußdeformitäten oder Voroperationen, pedobarographisch untersucht. Es konnten die Daten von 28 Füßen (14 rechte und 14 linke) verwendet werden. Das Geschlechterverhältnis betrug 1,14:1 männliche zu weiblichen Probanden (8 Jungen, 7 Mädchen). Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Untersuchung lag bei 22 Jahren und 2 Monaten (14-30 Jahre).

1.3. Behandlungsmethoden der Klumpfüße an der Orthopädischen Klinik der Medizinischen Universität zu Lübeck

Zunächst wurde jeder Klumpfuß postpartal konservativ behandelt. Dies erfolgte durch eine unspezifische manuelle Redression und Fixierung im Oberschenkelgips. Der Gipsverband wurde danach in den ersten beiden Behandlungswochen durchschnittlich alle zwei Tage gewechselt. Wenn durch diese konservative Behandlung keine zufrieden stellende Korrektur erzielt werden konnte, wurde individuell die Indikation für einen operativen Eingriff festgelegt. Dieser erfolgte überwiegend im 6. Lebensmonat.

Je nach Restfehlstellung wurden verschiedene Operationen durchgeführt:

1. Z-förmige Achillessehnenverlängerung und quere dorsale Kapsulotomie des oberen und unteren Sprunggelenkes über einen longitudinalen Zugang über der Achillessehne, in zwei Fällen Einbringen eines K-Drahtes zur Stabilisierung des Talonaviculargelenkes

(Gruppe 1, n = 14 Füße).

2. Erweiterte Operationen (Gruppe 2, n = 9 Füße):

- zusätzlich mediale Entflechtung (Kapsulotomie Talonavicular-, Navicular-Cuneiforme-I, Cuneiforme-I-Metatarsale-I-Gelenk über eine

zusätzliche Schräginzision zwischen Innenknöchel und Os cuneiforme I)
(n = 7)

- zusätzlich mediale sowie laterale Entflechtung (Kapsulotomie Calcaneo-Cuboid-MetatarsaleV-Gelenk über eine weitere Längsinzision parallel zum M. peroneus brevis) (n = 2)

3. Rezidiveingriffe (Gruppe 3, n = 7):

Es erfolgten jeweils die gleichen Eingriffe wie bei Gruppe 1 (n = 4) oder Gruppe 2 (n = 3).

Bei einem Fuß erfolgte der Primäreingriff nicht an der Medizinischen Universität zu Lübeck, bei allen anderen Füßen war sowohl der Erst- als auch der Rezidiveingriff an der Klinik für Orthopädie der Medizinischen Universität zu Lübeck durchgeführt worden. In der Gruppe der Rezidiveingriffe war an allen Füßen jeweils nur eine Rezidivoperation notwendig.

Postoperativ ruhig gestellt wurde der Fuß in einem gespaltenen Oberschenkelgips, der nach durchschnittlich 4 Tagen gewechselt wurde. Die Kinder blieben etwa 10 Tage in stationärer Behandlung und wurden mit einem zirkulären Gipsverband für durchschnittlich 5 Wochen nach Hause entlassen.

Nach Gipsentfernung und der Anfertigung eines Gipsabdruckes für eine weitere Schienenversorgung wurden die Kinder zur Schienenanpassung und intensiven Physiotherapie kurzzeitig wieder stationär aufgenommen. Die weitere Versorgung erfolgte mit einer Tages- und Nachtschiene, nachfolgend nur noch mit einer Nachtschiene. Falls nötig, schloss sich daran noch eine Behandlung mit Drei-Backen-Einlagen, Therapie- oder Innenschuh an.

2. Nachuntersuchungsmethoden

Die Nachuntersuchung wurde in drei Schwerpunkte gegliedert: die Angaben und Einschätzung des Patienten anhand eines Fragebogens, die klinische Untersuchung und die funktionelle Untersuchung mit Hilfe der Pedobarographie.

Auf eine radiologische Untersuchung wurde aus strahlenhygienischen Gründen bewusst verzichtet, zumal auch aus dem Jahr 1998 keine Vergleichsdaten vorgelegen hätten.

2.1. Patientenfragebogen

Nach schriftlicher oder telefonischer Kontaktaufnahme wurde dem Patienten ein Fragebogen zugesandt, der in Fragetypus und Informationsgehalt dem Fragebogen aus der Nachuntersuchung von 1998 glich (siehe Anhang ab Seite 78)

Es wurden folgende Daten erhoben:

- Anamnestische Angaben zur Schwangerschaft und Geburt
- Anamnestische Angaben zu Begleitfehlbildungen des Patienten
- Dauer und Art der ärztlichen Nachbehandlung
- Dauer und Art der postoperativ durchgeführten Physiotherapie
- Art der aktuellen Hilfsmittelversorgung wenn vorhanden
- Angaben zur aktuellen Schuhversorgung und deren Probleme
- Angaben zur Sportfähigkeit und -häufigkeit
- Angaben zum Gangbild und zur Gehstrecke
- Angaben zu Schmerzensationen (Häufigkeit, Lokalisation, Auslöser)
- Subjektive Einschätzung des Behandlungsergebnisses (Gesamtergebnis, kosmetisches Ergebnis, Beeinträchtigungen im Alltag)

Neben den vorgegebenen Fragen hatte der Patient außerdem am Ende des Fragebogens die Möglichkeit zu selbstverfassten Äußerungen.

2.2. Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung erfolgte stets an beiden Füßen, auch wenn nur ein einseitiger Klumpfuß vorlag. Die Ergebnisse wurden auf einem standardisierten Untersuchungsprotokoll dokumentiert, das auch schon bei der Nachuntersuchung 1998 zur Anwendung kam und sich nach den Auswertungskriterien der klinischen Scores von Addison, McKay, Laaveg-Ponseti und Wynne-Davies richtete (siehe Anhang Seite 86).

Es wurden folgende klinische Parameter erfasst:

1. Größe und Gewicht

2. aktive und passive Beweglichkeit der einzelnen Gelenke

- Dorsalextension und Plantarflexion im oberen Sprunggelenk bei gestrecktem und 90° gebeugtem Knie
- Inversion und Eversion
- Dorsalextension und Plantarflexion des Hallux
- Varus- und Valgusbewegung der Ferse

3. Bein- und Fußlänge, Fußbreite
4. Unterschenkelumfang
5. Durchblutung und Sensibilität der unteren Extremität
6. Allgemeines und funktionelles Gangbild (Zehengang, Hackengang, Außenkantengang, Innenkantengang)
8. Winkel der Bimalleolarachse zur Längsachse
9. Beurteilung der Fersenposition und der Fußform (Knick-Senkfuß: $>5^\circ$ Rückfußvalgus und abgeflachtes Längsgewölbe, Sichelfuß: $>5^\circ$ Adduktion des ersten Strahls, Spreizfuß: abgeflachtes Quergewölbe)
10. Andere Auffälligkeiten wie Beschwiellung und Narben

2.3. Scores

Um die Daten der klinischen Untersuchung besser bewerten und vergleichen zu können, werden die Ergebnisse der klinischen Untersuchung, wie auch schon 1998, zusätzlich anhand von vier klinischen Scores dargestellt. Die Scores von Addison, McKay, Laaveg-Ponseti und Wynne-Davies wurden schon in anderen Studien angewandt und beziehen sich ausschließlich auf klinische Parameter ohne die Notwendigkeit einer radiologischen Untersuchung.

2.3.1. Score nach Addison

Schmerzen	Keine	3
	Gering oder gelegentlich	2
	Mäßig	1
	Stark nach Belastung	0,5
	Die meiste Zeit	0
Beweglichkeit des oberen und unteren Sprunggelenks	Volle Mobilität	2
	Ein Gelenk steif	1
	Beide Gelenke steif	0
Schuhe	Normal, gleiche Größe	2
	Normal, aber verschieden große Füße	1
	Normal, kleinere Modifikationen	0,5
	Spezielle Schuhe	0
Sport- und Gehfähigkeit	Mannschaftssport	2
	alle gewünschten Sport- und Freizeitmöglichkeiten	1
	eingeschränkte Aktivität	0

Tabelle 3: Score nach Addison

Die Addition der Punkte ergibt das Gesamtergebnis:

Zufrieden stellend	5-9 Punkte
Nicht zufrieden stellend	0-4 Punkte

2.3.2. Score nach McKay

Beweglichkeit oberes Sprunggelenk*	>90° <90° total	
	10° 40° 50°	0
	10° 30° 40°	-10
	10° 25° 35°	-20
	<10° <25° <35°	-30
Winkel der Bimalleolarachse zur Längsachse**	83° - 90°	0
	76° - 82°	-10
	50° - 75°	-20
Kraft des Triceps surae	Zehenspitzenstand einbeinig	0
	Zehenspitzenstand zweibeinig	-10
	Zehenspitzenstand nicht möglich	-20
Fersenposition im Stand	0° - 5° Valgus	0
	5° - 10° Valgus	-5
	>10° Valgus	-10
	Varus	-20
Vorfußstellung	Neutral	0
	Bis 5° Adduktion oder Abduktion	-5
	>5° Ab- oder Adduktion	-10
Flexor hallucis longus	Funktion	0
	Keine Funktion	-10
Schmerzen im oberen Sprunggelenk	Dauernd vorhanden	-30
	Tolerabel bei Alltagsaktivitäten	-20
	Hinken am Tagesende	-10
	Nur beim Laufen auftretend	-5
Subtalare Schmerzen	Dauernd vorhanden	-20
	Tolerabel bei Alltagsaktivitäten	-15
	Hinken am Tagesende	-10
	Nur beim Laufen auftretend	-5
Schuhe	Normale Schuhe	-5
	Fuß deformiert den Schuh	-10
	Schuh passt nicht	-15
Sport	Teilnahme	0
	keine Teilnahme wegen des Fußes	-15

Tabelle 4: Score nach McKay

* gliedert sich in Dorsalextension (>90°) und Plantarflexion (<90°)

** bezeichnet den nach lateral proximal offenen Winkel, der von einer Geraden zwischen der Spitze der zweiten Zehe und der Fersenmitte (Fußlängsachse) und einer Geraden durch die Malleoli lateralis und medialis gebildet wird.

Von einem Maximum von 180 erreichbaren Punkten werden entsprechend der einzelnen Befunde die aufgeführten Werte subtrahiert.

Gesamtergebnis:	Exzellent	175 – 180 Punkte
	Gut	160 – 174 Punkte
	Mäßig	125 – 159 Punkte
	Schlecht	90 – 124 Punkte
	Versagen	< 90 Punkte

2.3.3. Score nach Laaveg-Ponseti

Zufriedenheit	<i>ich bin</i>	
	sehr zufrieden mit dem Ergebnis	20
	zufrieden mit dem Ergebnis	16
	weder zufrieden noch unzufrieden mit dem Ergebnis	12
	unzufrieden mit dem Ergebnis	8
Funktion	sehr unzufrieden mit dem Ergebnis	4
	<i>Im Alltagsleben limitiert mein Klumpfuß</i>	
	meine Aktivitäten nicht	20
	gelegentlich starke Aktivitäten	16
	gewöhnlich starke Aktivitäten	12
Schmerzen	gewöhnlich Routineaktivitäten	8
	mein Gehen	4
	<i>Mein Klumpfuß</i>	
	schmerzt nie	30
	schmerzt wenig, gelegentlich bei starken Aktivitäten	24
Fersenposition im Stand	schmerzt gewöhnlich nur nach starken Aktivitäten	18
	schmerzt gewöhnlich während Routineaktivitäten	12
	schmerzt beim Gehen	6
	Varus, etwas Valgus oder 0°	10
	Varus 1° - 5°	5
passive Beweglichkeit	Varus 6° - 10°	3
	Varus >10°	0
	Dorsalextension (1 Punkt pro 5°)	max. 5
Gangbild (10 Punkte)	gesamte Fersenbeweglichkeit in Varus/Valgus (1 Punkt/10°)	max. 3
	gesamte Inversion/Eversion des Fußes (1 Punkt/25°)	max. 2
	normal	6
	Zehengang möglich	2
	Fersengang möglich	2
	Hinken	-2
	kein Fersenaufsetzen	-2
	abnormale Abstoßphase	-2

Tabelle 5: Score nach Laaveg-Ponseti

Gesamtergebnis durch Addition der Punkte:

Exzellent	90 – 100 Punkte
Gut	80 – 89 Punkte
Mäßig	70 – 79 Punkte
Schlecht	< 70 Punkt

2.3.4. Score nach Wynne-Davies

Wadenumfangsdifferenz > 1 Inch (~2,45 cm)	1
nicht gerader Fuß	2
Schwielen	1
Beweglichkeit oberes Sprunggelenk: starke Einschränkung	2
geringe Einschränkung	1
deutlicher Fersenvarus	1
Durchblutungsstörung	1
subtalare Beweglichkeit: starke Einschränkung	2
geringe Einschränkung	1

Tabelle 6: Score nach Wynne-Davies

Beurteilt wird der „klinische Defekt“.

Von dem normalen Wert von 10 Punkten werden die entsprechenden Punkte abgezogen.

Gesamtergebnis:	Gut	8 – 10 Punkte
	Annehmbar	5 – 7 Punkte
	Schlecht	< 5 Punkte

2.4. Pedobarographie

Die Messung der Fußdrücke erfolgte mit dem *Fußdruckmesssystem* der Firma T&T medilogic® GmbH, Berlin in der Version 4.4. Bei den Sensoren in diesem System handelt es sich um oberflächenresistive Drucksensoren, das heißt, bei steigender Druckbelastung des Sensors vermindert sich der elektrische Widerstand am Sensor. Zur Erreichung einer hohen Genauigkeit wird vor Auslieferung des Systems jeder Sensor einzeln kalibriert. Die so ermittelten Kennlinien werden in Tabellen in der Sohlen- bzw. Plattenelektronik gespeichert. Eine Kalibrierung vor jeder Messung ist nicht notwendig, die Sensorik muss lediglich mindestens einmal jährlich oder aber nach 5000 Schritten zur computergestützten polybaren Kennlinienaufnahme durch den Hersteller eingesendet werden. Die Sensorzahl ist abhängig von der Sohlengröße und beträgt zwischen ca. 100 (Schuhgröße 37) und ca. 240 (Schuhgröße 49) Sensoren pro Fuß, das heißt, ca. 1 Sensor/cm². Der Messbereich der Sensoren reicht von 0,6 bis 64 N/cm², mit einem maximalen Messfehler von ±0,575 N/cm² und einer Messfrequenz von 50 Hz. Die Aufzeichnungen der Fußdrücke 1998 erfolgten mit dem Fast-Scan System der Firma MEGASCAN® GmbH, Boston in der Version 4.11, das ebenfalls mit oberflächenresistiven Drucksensoren arbeitet.

Die Messung erfolgte im eigenen Schuh des Patienten. Wenn eine orthopädietechnische Versorgung im Sinne von Schuheinlagen vorhanden war, erfolgte eine zweite Messung mit

diesen Einlagen. Dabei wurde die Messsohle zwischen Fuß und Schuh, bzw. zwischen Einlage und Schuh platziert. Es wurde darauf geachtet, dass die Messsohle faltenfrei lag. Stellte sich während einer Messung heraus, dass die Messsohle nicht optimal platziert war, wurde die Messung nach Korrektur der Sohlenposition wiederholt. Eine Sohle konnte für jeweils 2 Schuhgrößen verwendet werden (Gr. 37/38, Gr. 39/40 etc.)

Die Messung erfolgte im Gang der Poliklinik für Orthopädie der Medizinischen Klinik der Universität zu Lübeck, der eine standardisierte, ebene Laufstrecke von 10 Metern bot. Nach einigen Probeschritten wurde die Aufzeichnung gestartet. Dabei gingen die Patienten die Strecke einmal auf und ab in einer Geschwindigkeit, die dem eigenen Schrittempo entsprach. So konnten pro Fuß 15 bis 40 einzelne Schritte erfasst werden.

Zur Auswertung der Daten wurden pro Patient drei zufällig ausgewählte Schritte betrachtet. Der erste und letzte Schritt sowie die Umkehrschritte mit vorhergehendem und nachfolgendem Schritt wurden nicht mit in die Bewertung einbezogen, um die Variabilität zu senken. In der Nachuntersuchung von 1998 war zur Auswertung der Fußdrücke der Fuß in 8 Bereiche (so genannte Boxen) eingeteilt worden: großer Zeh, Ballen medial, lateral und Mitte, Mittelfuß medial und lateral sowie Ferse medial und lateral. Die Software des medilogic® *Fußmesssystems* teilt den Fuß nur in 6 Bereiche: Vorfuß medial und lateral, Mittelfuß medial und lateral, Rückfuß medial und lateral.

Zur besseren Vergleichbarkeit und Aussagekraft der beiden pedobarographischen Untersuchungen wurden die Füße nach den 1998 festgelegten Kriterien ebenfalls individuell in 8 Boxen eingeteilt. Die Einteilung der 8 Boxen erfolgte damals auf Grundlage der Veröffentlichungen von D'Amico und Henning [89, 90]. Die genaue Beschreibung für die Festlegung der Boxbegrenzung findet sich im Anhang ab Seite 74.

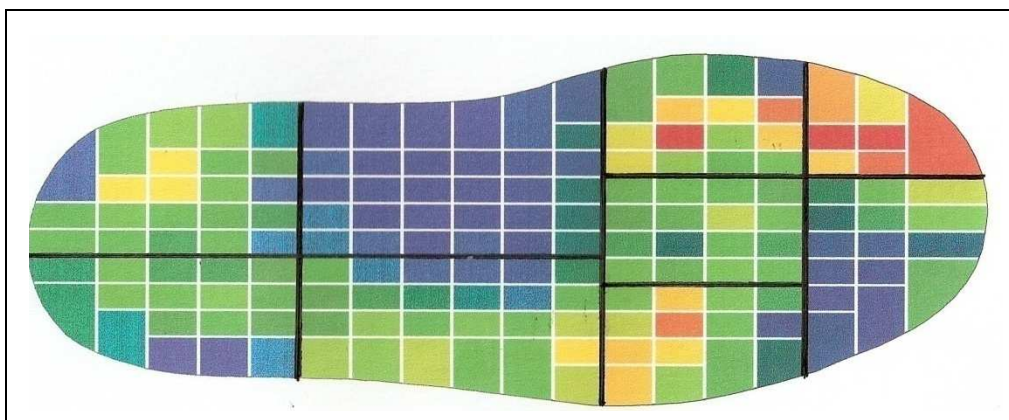


Abbildung 6: Boxeinteilung zur Auswertung

Nach diesem Prinzip wurden pro Box die Mittelwerte des Maximaldrucks (kPa) bestimmt. Zur besseren Beurteilung der dynamischen Komponente der Druckverteilung wurden pro Box die Mittelwerte des Berührungsdruckintegrals (kPa*s) ermittelt. Das Berührungsdruckintegral gibt die Druckentwicklung einer Zone über die Zeit an und verbessert so die Aussage über den zeitlichen Anteil der Belastung eines Bereiches während des Laufens [91]. Bei der Nachuntersuchung von 1998 lagen das Durchschnittsalter der Patienten bei 9 Jahren und 4 Monaten und das durchschnittliche Gewicht bei 39,3 kg. Zum Zeitpunkt der aktuellen Nachuntersuchung waren die Patienten durchschnittlich 10 Jahre älter und durchschnittlich 35 kg schwerer. Da der Maximaldruck und das Berührungsdruckintegral abhängig vom Alter und vom Körpergewicht des Patienten variieren, zogen wir zur Auswertung der Ergebnisse nicht die Absolutwerte der Messungen heran, sondern verglichen den jeweiligen prozentualen Anteil einer Box bezogen auf den Gesamtdruck unter dem Fuß [92].

Für die quantitative Beurteilung des Lastabtragungslinienvverlaufs wurde gemäß den angewandten Kriterien von 1998 der Abstand dieser Linie von der Fußlängsachse an zwei definierten Stellen (D distaler und P proximaler Messpunkt) gemessen und ins Verhältnis zur Fußlänge gesetzt [89]. Für eine einfache quantitative Bestimmung wurde der Abstand der Lastabtragungslinie von der Fußlängsachse in Zentimetern am Übergang des proximalen und distalen Drittels zum mittleren Drittel der auf der Fußlängsachse abgetragenen Länge der Lastabtragungslinie bestimmt. Die gemessenen Werte wurden mit der Fußlänge ins Verhältnis gesetzt, so dass sich ein so genannter „Deviationsquotient“ der Lastabtragungslinie von der Fußlängsachse für den proximalen und distalen Messpunkt ergab.

$$\text{Deviationsquotient} = \frac{\text{Abstand Lastabtragungslinie von Fußlängsachse (cm)}}{\text{Fußlänge (cm)}}$$

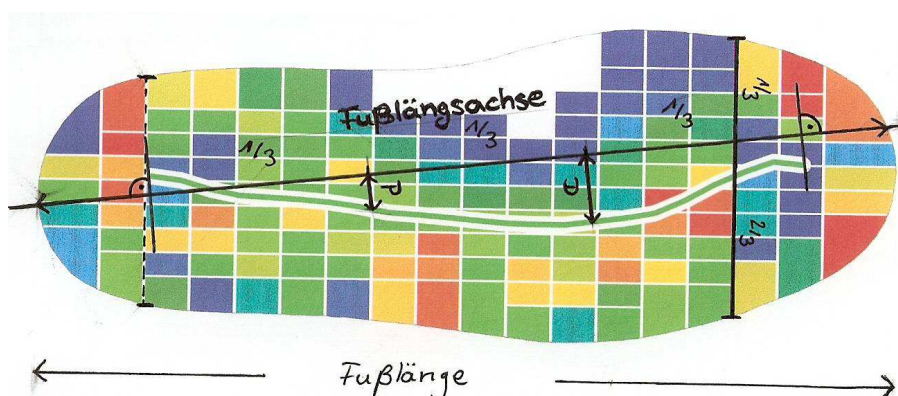


Abbildung 7: Beschreibung des Verlaufs der Lastabtragungslinie

III. Ergebnisse

1. Auswertung der Daten

Es wurden jeweils die Daten der Klumpfußpatienten der aktuellen Nachuntersuchung mit denen der Klumpfußpatienten der Untersuchung von 1998 verglichen, wobei nur die 21 Patienten berücksichtigt wurden von denen sowohl 1998 als auch 2008 Untersuchungsdaten vorlagen.

1.1. Patientenangaben

1. Vergleich der Art der Schuh- und Hilfsmittelversorgung
2. Vergleich der Schmerzsensationen bezüglich Auftreten, Intensität, Lokalisation
3. Vergleich der subjektiven Beurteilung (Beeinträchtigung im Alltag, kosmetisches und funktionelles Ergebnis)

1.2. Klinische Daten

1. Vergleich der klinischen Beurteilung des Gangbildes und des Aussehens der Füße
2. Gegenüberstellende Darstellung der klinischen Parameter aktive und passive Dorsalextension, Plantarflexion im OSG, Inversion/Eversion, Bimalleolarachse sowie Fersenposition im Stand
3. Gegenüberstellung der einzelnen Scoreergebnisse in Abhängigkeit der durchgeführten Operationsmethode
4. Korrelation der Scoreergebnisse untereinander (Pearson Test)

1.3. Pedobarographie

1. Vergleich des Maximaldrucks und des Berührungsdruckintegrals der 8 definierten Fußregionen ohne Einlagenversorgung der Klumpfußpatienten von 1998 und 2008 (Wilcoxon Test) und eines gesunden Kontrollkollektivs von 2008 (Mann-Withney-U Test)
2. Vergleich des Maximaldrucks und des Berührungsdruckintegrals der Klumpfußpatienten der Nachuntersuchung von 2008 mit und ohne Einlagenversorgung (Mann-Withney-U Test)
4. Vergleich der gesunden Kontrollkollektive von 1998 und 2008 untereinander (Mann-Withney-U Test)
5. Vergleich des Verlaufs der Lastabtragungslinie der Klumpfußpatienten von 1998 und 2008

6. Vergleich des funktionellen Ergebnisses in Form der Druckmessung mit dem klinischen Ergebnis aus den verschiedenen Scores und umgekehrt (Korrelationsanalyse) der Klumpfußpatienten in der Nachuntersuchung von 2008 (Pearson Test)

2. Anamnestische Daten

Alle Daten beziehen sich auf die Klumpfußpatienten von 2008. Zum Vergleich herangezogene Daten von 1998 werden kenntlich gemacht.

2.1. Allgemeine Anamnese

Es wurden 21 Patienten mit 30 operativ behandelten Klumpfüßen klinisch und mittels Pedobarographie nachuntersucht. Das Geschlechterverhältnis betrug 2,5:1, 15 männliche zu 6 weiblichen Patienten. Von den 21 Patienten waren 9 beidseitig und 12 einseitig betroffen. Dies entspricht einem beidseitigen Auftreten in 30% der Fälle. Bei einseitigem Klumpfuß war in 5 Fällen der rechte und in 7 Fällen der linke Fuß betroffen.

14 Füße wurden mittels einer Z-förmigen Achillessehnenverlängerung und einer dorsalen Kapsulotomie (Gruppe1) behandelt, bei 9 Füßen wurde zusätzlich ein mediales, bzw. ein mediales und laterales Release durchgeführt, und bei 7 Füßen war eine Rezidivoperation nötig (siehe operative Therapie Seite 18).

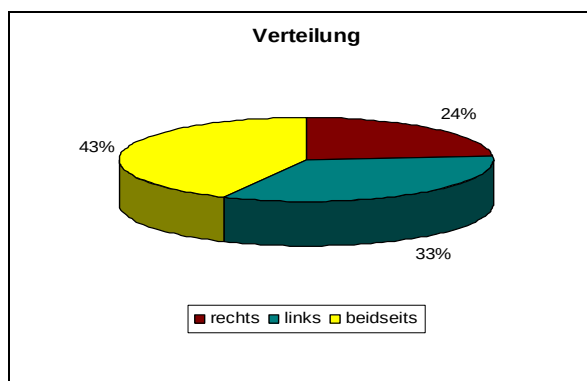


Abbildung 8: Seitenverteilung der Klumpfüße

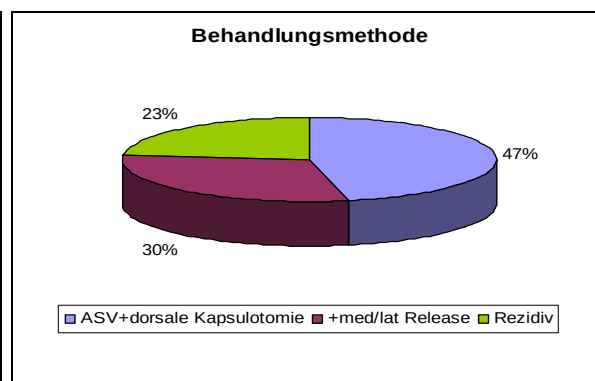


Abbildung 9: Behandlungsmethode

2.2. Postoperative Weiterbehandlung

2.2.1. Ärztliche und physiotherapeutische Weiterbehandlung

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung befanden sich noch 5 Patienten (24%, n=21) in regelmäßiger ärztlicher Betreuung, vorwiegend zur Einlagenversorgung. Von den restlichen 16 Patienten gaben 7 (33%) an, nie eine ärztliche Nachbehandlung in Anspruch genommen zu haben.

Drei Patienten (14%) gaben an, sich noch in regelmäßiger physiotherapeutischer Behandlung zu befinden; davon führen zwei Patienten regelmäßig selbstredressierende Gymnastik durch. Von den restlichen 18 Patienten gaben drei an, nie in physiotherapeutischer Behandlung gewesen zu sein.

2.2.2. Schuh- und Hilfsmittelversorgung

Allen Patienten (n=21) war das Tragen von normalen Konfektionsschuhen möglich; im Jahre 1998 waren es 87% (3 Patienten trugen orthopädische Schuhe). In 7 Fällen (33%) waren die Füße unterschiedlich groß, die Differenz betrug in 6 Fällen eine Schuhgröße, in einem Fall zwei Schuhgrößen. In 6 Fällen (29%) deformierte der Fuß den Schuh.

Eine orthopädische Hilfsmittelversorgung lag bei 11 Patienten (52%) vor, wobei in zehn Fällen Einlagen zum Einsatz kamen und in einem Fall eine Versorgung mit einer Nachtlagerungsschiene bestand. Im Jahre 1998 war dies bei 13 Patienten (62%) der Fall, wobei neben gewölbestützenden Einlagen und Nachtlagerungsschienen auch Drei-Backen-Einlagen, Tagesschienen, Innenschuhe und orthopädische Schuhe Anwendung fanden.

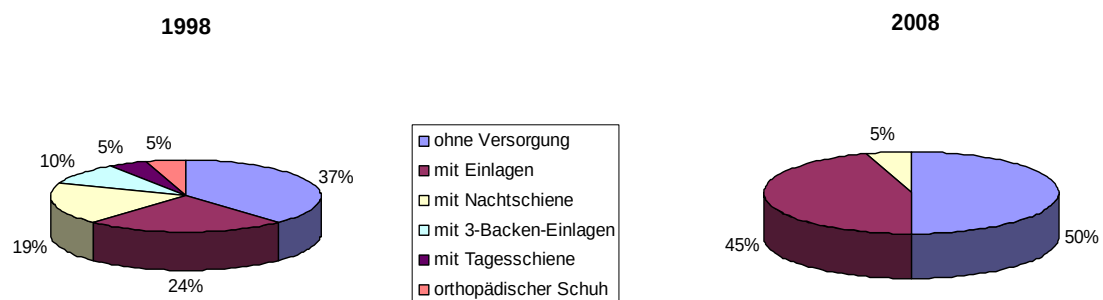


Abbildung 10: Hilfsmittelversorgung im Vergleich

In allen drei Gruppen war das Verhältnis zwischen Konfektionsschuhen mit und ohne Einlagenversorgung annähernd 1:1. Der Patient, der mit einer Nachtschiene versorgt war, gehörte der Gruppe der erweiterten Operation an.

	ASV + dorsale Kaps	+ med/lat Release	Rezidiv	gesamt
mit Einlagen	7	4	4	15
ohne Einlagen	7	5	3	15
gesamt	14	9	7	30

Tabelle 7: Hilfsmittelversorgung der Füße im Jahre 2008 nach Operationsmethode gegliedert

2.3. Sport und Gehstrecke

Die allgemeine Sportfähigkeit war in keinem der Fälle (n=21) beeinträchtigt. In 11 Fällen (52%) wurde mehrmals pro Woche, in 5 Fällen (24%) bis zu einmal pro Woche Sport ausgeübt. 5 Patienten (24%) betrieben selten bis keinen Sport. Leistungssport wurde nicht betrieben. In 95% (20 von 21) war die Gehstrecke unbegrenzt. Nur in einem Fall war die Gehstrecke durch den Klumpfuß aufgrund von Schmerzen auf 1 km reduziert.

2.4. Schmerzen

In 9 Fällen (43%, n=21) traten im operierten Klumpfuß Schmerzen auf, 1998 war dies bei 6 Patienten (29%) der Fall gewesen. Von diesen 6 gaben aktuell nur noch die Hälfte Schmerzempfindungen an. Dabei traten die Schmerzen in allen Fällen jeweils nur nach starken Belastungen auf. Schmerzen bei alltäglichen Aktivitäten oder beim Gehen bestanden bei den Patienten weder 1998 noch zum Zeitpunkt der aktuellen Nachuntersuchung.

Diese belastungsabhängigen Schmerzempfindungen wurden in 5 Fällen im Bereich des OSG, in 4 Fällen in der Ferse und in einem Fall im Mittelfuß wahrgenommen. Das durchschnittliche Alter lag in beiden Gruppen (mit oder ohne Schmerzempfindung) bei 18 Jahren und 3 Monaten.

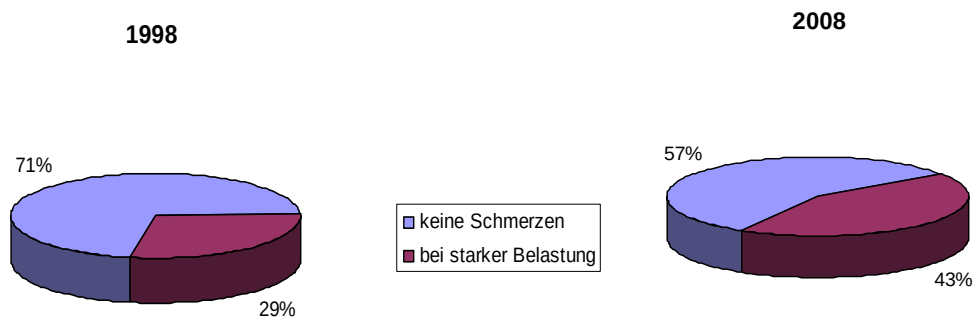


Abbildung 11: Schmerzangaben im Vergleich

Die meisten schmerzfreien Füße fanden sich mit 55% (10 von 18 Füßen) in der OP Gruppe 1 (Achillessehnenverlängerung). Die Füße, bei denen es zu Schmerzangaben kam, stammten jedoch zu annähernd gleichen Teilen aus den drei verschiedenen Behandlungsgruppen.

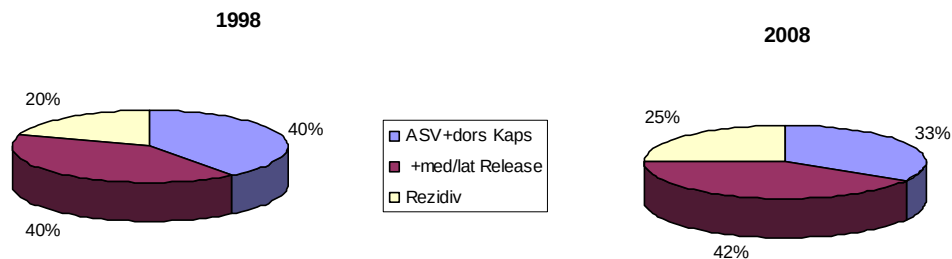


Abbildung 12: Füße mit Schmerzangabe im Vergleich, nach Behandlungsmethode gegliedert

2.5. Patientenbewertung

12 Patienten (57%, n=21) fühlten sich durch ihren Klumpfuß im Alltag nicht beeinträchtigt (1998: 14 Patienten (67%)). 7 Patienten (33%) fühlten sich bei starken Aktivitäten, 2 Patienten (10%) bei alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt. Im Vergleich dazu gaben 1998 6 Patienten (29%) Einschränkungen bei starken Aktivitäten und ein Patient bei alltäglichen Aktivitäten an. Der Grund für die Einschränkung war in allen Fällen das Auftreten von Schmerzen sowie in 3 Fällen zusätzlich die Probleme beim Schuhkauf durch unterschiedliche Schuhgrößen.

Zur Beurteilung des Gesamtergebnisses und getrennt dazu des kosmetischen Ergebnisses konnten Noten entsprechend der Schulnoten von 1-5 (1=sehr gut, 5=schlecht) vergeben werden. Es ergab sich zu beiden Nachuntersuchungszeitpunkten (1998 und 2008) die gleiche durchschnittliche Note von 1,8. Der Grund für eine weniger gute Beurteilung war in fast allen Fällen das Aussehen des Fußes, bzw. der Narbe oder Wade. Nur in einem Fall war das Auftreten von Schmerzen ausschlaggebend für eine schlechtere Beurteilung. Das kosmetische Ergebnis wurde mit einer durchschnittlichen Note von 2,3 bewertet, sowohl in der aktuellen Nachuntersuchung wie auch 1998.

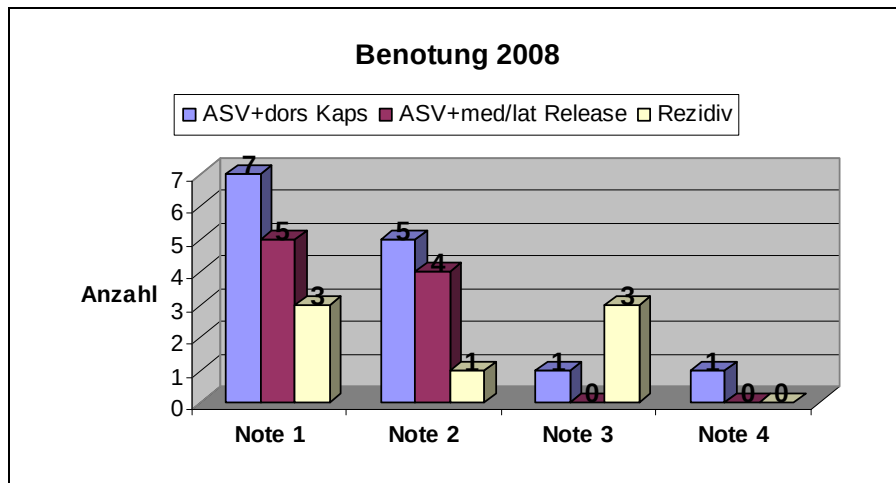


Abbildung 13: Benotung des Gesamtergebnisses 2008, nach Behandlungsmethode gegliedert

3. Klinische Beurteilung

Alle Daten beziehen sich auf die Klumpfußpatienten von 2008. Zum Vergleich herangezogene Daten von 1998 werden kenntlich gemacht.

3.1. Klinische Untersuchung

3.1.1. Gangbild und Muskelfunktion

Je 9,5% (n=21) gaben auf Befragen an, gelegentlich über ihre Füße zu stolpern oder nach längerem Laufen zu hinken, 1998 waren es 9,5% (Hinken) bzw. 14,3% (Stolpern). Bei diesen Angaben war eine Mehrfachantwort möglich. Die Hälfte der Patienten zeigte ein normales Gangbild. 20% der Patienten zeigten ein innenrotiertes Gangbild im Sinne eines Kneeing-in, zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung von 1998 waren es noch 50%. Ein außenrotiertes Gangbild war in 30% der Fälle festzustellen, 1998 waren es 6,7%.

Bei 4 Füßen (13,3%, n=30) war die Kraft des M. triceps surae reduziert, so dass die Patienten nicht in der Lage waren, sich im Einbeinstand auf die Zehenspitzen zu erheben, im beidbeinigen Stand war dies möglich. Bei 2 Füßen war die Funktion des M. flexor hallucis longus eingeschränkt (Kraftgrad: 3/5).

3.1.2. Aussehen der Füße

Bezüglich der Fußform (n=30) lagen 13 normale, 12 Knick/Senk-, 5 Sichel- und 2 Spreizfüße in unterschiedlicher Ausprägung vor (Mehrfachnennung möglich). Im Jahr 1998 waren es 9 normale, 7 Knick/Senk-, 12 Sichel- und 2 Spreizfüße (Sichelfuß: >10° Vorfußadduktion).

Aktuell hatten 40 % der Füße mit Achillessehnenverlängerung und dorsaler Kapsulotomie (6 von 15) eine normale Fußform, 53,3 % (8 von 15) einen Knick/Senkfuß. Ein Sichelfuß wurde in dieser Gruppe nicht beobachtet. In der Gruppe der erweiterten Operationen lagen 44,5 % (4 von 9) normale, 22 % (2 von 9) Sichel- und 33 % (3 von 9) Knick/Senkfüße vor. Die Rezidivfüße wiesen zu je 37,5 % eine normale bzw. eine Sichelfußform auf; je 12,5 % zeigten einen Knick/Senk- bzw. einen Spreizfuß.

Bezüglich des Vorfußes wiesen 18 Füße (60 %) eine gerade Form, 12 Füße (40 %) eine adduzierte Form ($> 5^\circ$) auf. Eine Vorfußabduktion war bei keinem Fuß zu beobachten. Das entspricht in etwa den Beobachtungen der Nachuntersuchung von 1998 (53,3 % normale Füße; 46,7 % adduzierte Füße, kein abduzierter Fuß).

Die Fußlängendifferenz bei einseitigem Auftreten betrug durchschnittlich 1,24 cm (0-3 cm), wobei der Klumpfuß immer der kleinere Fuß war. Die Fußbreite differierte im Durchschnitt um 0,43 cm (0-1 cm), wobei der Klumpfuß der schmalere als auch der breitere Fuß sein konnte. Die durchschnittliche Beinlängendifferenz lag bei 1,07 cm (0-3 cm), die des Unterschenkelumfangs bei 2,12 cm (0-5,5 cm), wobei die Seite des Klumpfußes die jeweils kürzere bzw. dünnere war. Dies entspricht verhältnismäßig den Beobachtungen von 1998.

3.1.3. Gelenkbeweglichkeit

Die aktive und passive Beweglichkeit im oberen und unteren Sprunggelenk war bei allen Klumpfüßen reduziert. Trat der Klumpfuß einseitig auf, war die aktive Dorsalextension im Vergleich zur gesunden Seite durchschnittlich um 11° geringer, die aktive Plantarflexion um durchschnittlich 10° . Diese Messwerte entsprechen hinsichtlich der Bewegungsdifferenz zwischen betroffener und gesunder Seite denen der Nachuntersuchung von 1998. Jeweils 4 Patienten (19%, n=21), jedoch nicht die gleichen, konnten den Zehengang bzw. den Hackengang nicht durchführen.

Die aktive und passive Eversion der Patienten war deutlicher eingeschränkt als die Inversion (Eversionsdifferenz $> 1/3$, Inversionsdifferenz $< 1/3$; jeweils im Vergleich zur vorhandenen gesunden Seite). 2 Patienten (9,5%) konnten nicht auf den Außenkanten laufen. Die meisten Schwierigkeiten bestanden jedoch beim Innenkantengang, der bei 16 Füßen (53,3%, n=30) gar nicht oder nur sehr mühevoll und unsicher durchgeführt werden konnte, 1998 bestand diese Schwierigkeit sogar bei 22 Füßen (73,3%). Dies ist durch die insgesamt deutlich reduzierte Eversionsfähigkeit erklärt.

klinische Daten	2008 Mittelwert (kleinster/größter Wert)	1998 Mittelwert (kleinster/größter Wert)
aktive Dorsalextension OSG	5° (-10°/15°)	1,29° (-10°/20°)
passive Dorsalextension OSG	7,1° (0°/15°)	7,1° (0°/25°)
aktive Plantarflexion OSG	43,1° (10°/70°)	34,7° (10°/55°)
passive Plantarflexion OSG	43,9° (10°/70°)	38,4° (10°/60°)
aktive Inversion (Angabe in 1/3-2/3-1)	0,84 (0/1)	0,83 (0/1)
passive Inversion (Angabe in 1/3-2/3-1)	0,95 (0/1)	0,99 (2/3/1)
aktive Eversion (Angabe in 1/3-2/3-1)	0,54 (-1/3/1)	0,33 (0/1)
passive Eversion (Angabe in 1/3-2/3-1)	0,72 (0/1)	0,73 (1/3/1)
Bimalleolarachse	75,1° (63°-87°)	73,8° (55°/85°)
Fersenposition im Stand	3,24° Valgus (15° Valgus/10° Varus)	3,29° Valgus (10° Valgus/5° Varus)

Tabelle 8: Vergleich klinischer Daten aus den Jahren 2008 und 1998 (n=30)

Der Vergleich zwischen den Daten der aktuellen Nachuntersuchung und denen von 1998 zeigt, dass das aktive Bewegungsausmaß im oberen Sprunggelenk größer geworden ist (um fast 4° für die Dorsalextension und um fast 10° für die Plantarflexion), während das passive Bewegungsausmaß annähernd gleich geblieben ist. Für das untere Sprunggelenk sind sowohl für die passive als auch für die aktive Inversion gleiche Bewegungsumfänge beobachtet worden. Die aktive Eversion ist im Vergleich zu 1998 größer (Differenz von 0,21 bezogen auf die Drittelung). Das spiegelt sich in der immer noch stark eingeschränkten aber häufiger auftretenden Fähigkeit zum Innenkantengang wieder.

3.2. Scores

3.2.1. Score nach Addison

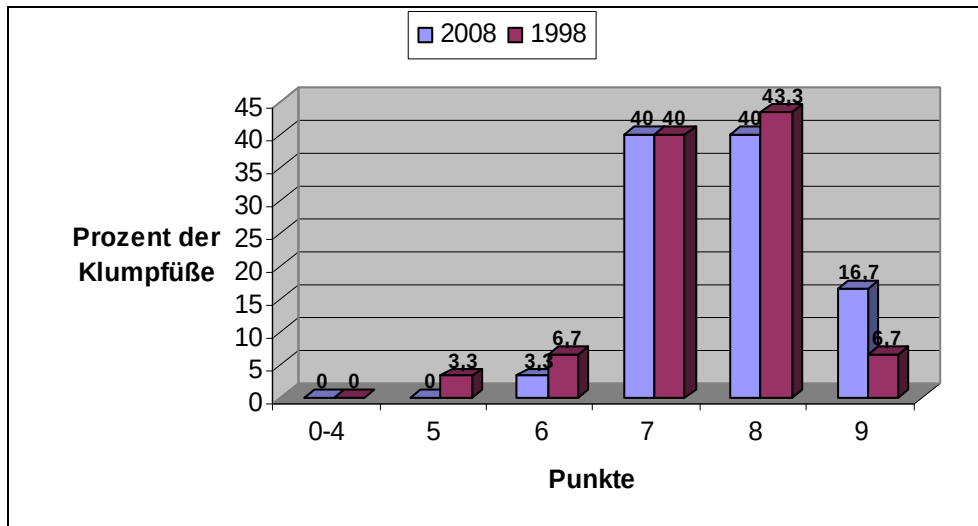


Abbildung 14: Scoreergebnisse nach Addison im Vergleich 1998/2008 ($p=0,19$ im χ^2 -Test)

Das Ergebnis aller Füße war mit einem durchschnittlichen Punktwert von 7,7 leicht besser als 1998 (durchschnittlicher Punktwert: 7,45). Kein Fuß wies nach dem Addison-Score ein nicht zufrieden stellendes Ergebnis (0-4 Punkte) auf. Die zufrieden stellenden Ergebnisse insgesamt lagen größtenteils im oberen Punktebereich. 79% der Füße mit Achillessehnenverlängerung und dorsaler Kapsulotomie kamen auf Werte zwischen 8 und 9 Punkten. Alle Füße der Gruppe der erweiterten Operationen und 71% der Rezidivfüße belegten Werte zwischen 7 und 8 Punkten. Das schlechteste Scoreergebnis von 6 Punkten war ein Rezidivfuß. Im Vergleich zum Jahr 1998, in dem auch kein nicht zufrieden stellendes Ergebnis beobachtet wurde, wiesen mehr Füße die Höchstpunktzahl von 9 Punkten auf und weniger Punktwerte im unteren Bereich (5 und 6 Punkte). Insgesamt zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede im χ^2 -Test.

3.2.2. Score nach Laaveg-Ponseti

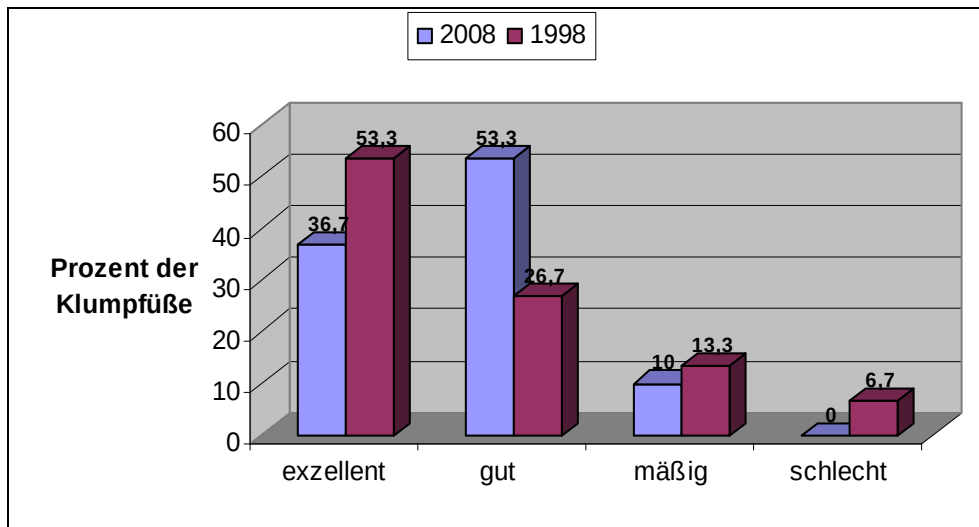


Abbildung 15: Scoreergebnisse nach Laaveg-Ponseti im Vergleich 1998/2008 ($p < 0,01$ im χ^2 -Test)

Die durchschnittlichen Punktwerte aller Füße ergaben zu beiden Nachuntersuchungszeitpunkten ein gutes Ergebnis und waren annähernd gleich (1998: 88 Punkte; 2008: 87 Punkte). Kein Fuß wies nach dem Score von Laaveg-Ponseti ein schlechtes Ergebnis auf. 93% der Füße mit Achillessehnenverlängerung und dorsaler Kapsulotomie und alle Füße der Gruppe der erweiterten Operationen (80% aller Füße) wiesen ein exzellentes oder gutes Ergebnis auf. Die Rezidivfüße wiesen zu annähernd gleichen Teilen exzellente, gute als auch mäßige Ergebnisse auf. Im Vergleich zum Jahr 1998 konnten mehr gute Ergebnisse und kein schlechtes Ergebnis beobachtet werden, allerdings erhielten auch weniger Füße ein exzellentes Ergebnis. Insgesamt zeigten sich statistisch hochsignifikante Unterschiede im χ^2 -Test.

3.2.3. Score nach McKay

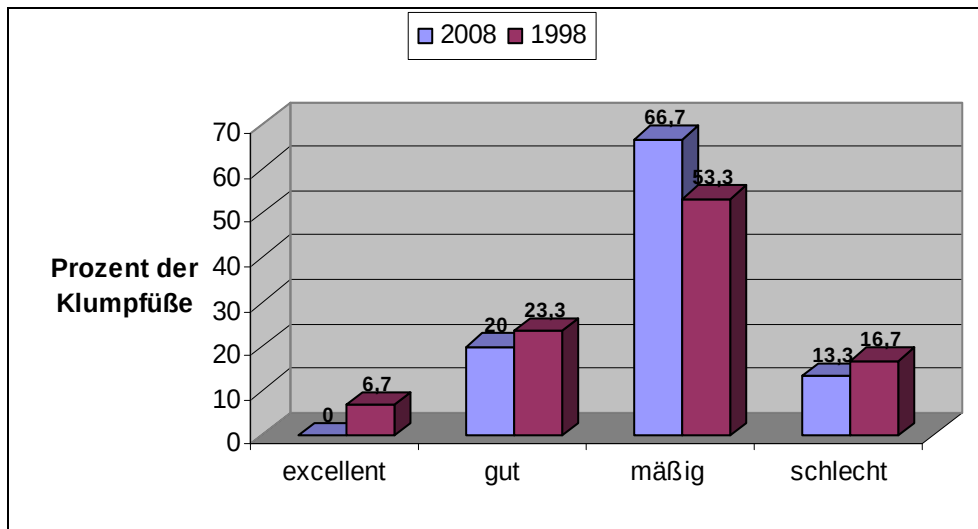


Abbildung 16: Scoreergebnisse nach McKay im Vergleich 1998/2008 ($p=0,5$ im χ^2 -Test)

Die durchschnittlichen Punktwerte waren mit 145 (1998) und 143 (2008) vergleichbar und entsprachen jeweils einem mäßigen Ergebnis. Ein Versagen nach dem Score nach McKay (<90 Punkte) lag bei keinem der Füße vor, allerdings auch kein exzellentes Ergebnis. Alle Füße mit Achillessehnenverlängerung und dorsaler Kapsulotomie konnten gute und mäßige Ergebnisse, 78% der Füße der Gruppe der erweiterten Operationen hauptsächlich mäßige Ergebnisse erzielen (87% aller Füße). Die Rezidivfüße wiesen zu fast gleichen Teilen mäßige und schlechte Ergebnisse auf, ein gutes Ergebnis war in dieser Gruppe nicht zu beobachten. Im Vergleich zum Jahr 1998 waren weniger schlechte und mehr mäßige Ergebnisse, allerdings auch weniger gute und keine exzellenten Ergebnisse zu verzeichnen. Insgesamt zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede im χ^2 -Test.

3.2.4. Score nach Wynne-Davies

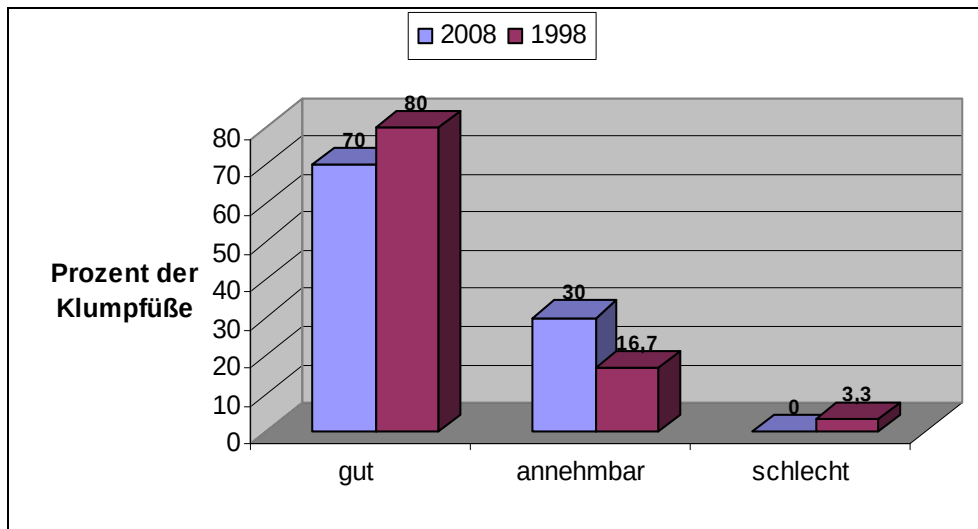


Abbildung 17: Scoreergebnisse nach Wynne-Davies im Vergleich 1998/2008 ($p=0,10$ im χ^2 -Test)

Die durchschnittlichen Punktwerte differierten nur leicht (1998: 8,7 Punkte; 2008: 8,2 Punkte). Kein Fuß wies nach dem Score von Wynne-Davies ein schlechtes Ergebnis auf. 70% aller Füße zeigten ein gutes Ergebnis. 30% zeigten ein annehmbares Ergebnis, wobei alle drei Behandlungsgruppen zu gleichen Teilen vertreten waren. Im Vergleich zum Jahr 1998 waren auch hier wieder weniger gute, dafür mehr annehmbare und kein schlechtes Ergebnis zu beobachten. Insgesamt zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Zusammenfassend konnte für alle Scores im Vergleich zum Jahr 1998 ein Trend zu mittleren Punktzahlen festgestellt werden, es zeigten sich in fast allen Bewertungsschemata weniger schlechte aber auch weniger exzellente oder gute Ergebnisse.

Im Vergleich der Scoreergebnisse untereinander zeigte sich in allen Kombinationen bis auf einer (Score nach Addison mit Score nach Wynne-Davies) eine unterschiedlich starke aber immer statistisch signifikante ($p<0,05$) positive Korrelation zwischen den jeweiligen Scoreergebnissen (siehe Tabelle 15, Seite 75 im Anhang).

Die stärkste Korrelation ergab sich zwischen dem Score nach McKay und dem Score nach Wynne-Davies ($r=0,714$), so dass bei einem guten Scoreergebnis nach Wynne-Davies auch auf ein Ergebnis in den oberen Punktwerten im Score nach McKay geschlossen werden kann.

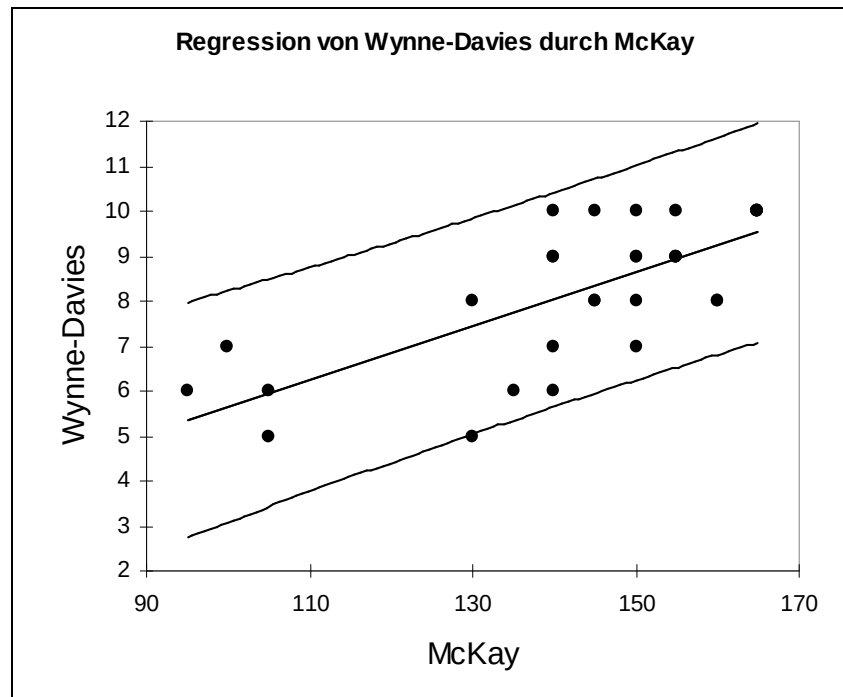


Abbildung 18: Korrelation zwischen den Scoreergebnissen Wynne-Davies und McKay, $r=0,714$; $p<0,05$

4. Pedobarographie

Grundsätzlich besteht eine Korrelation zwischen dem Körpergewicht einerseits und dem Alter andererseits mit dem plantaren Druck beim Gehen [93, 94] (siehe Tabelle 18, Seite 76 im Anhang).

Da die Patienten zum Zeitpunkt der aktuellen Nachuntersuchung durchschnittlich 10 Jahre älter und 35 kg schwerer waren als 1998 (siehe Seite 33 im Methodenteil) und mit dem *Fußmesssystem* medilogic® keine Eichung auf das Gewicht vor jeder Messung vorgenommen werden konnte, wurden zur Auswertung nicht die Absolutwerte für den Maximaldruck und das Berührungsdruckintegral herangezogen, sondern von beiden Messzeitpunkten (1998 und 2008) die Relativwerte in Prozent am Gesamtanteil des Maximaldrucks bzw. des Berührungsdruckintegrals unter dem Fuß berechnet.

4.1. Messung ohne Einlagen (Klumpfußpatienten 1998, 2008 und gesundes Kollektiv 2008)

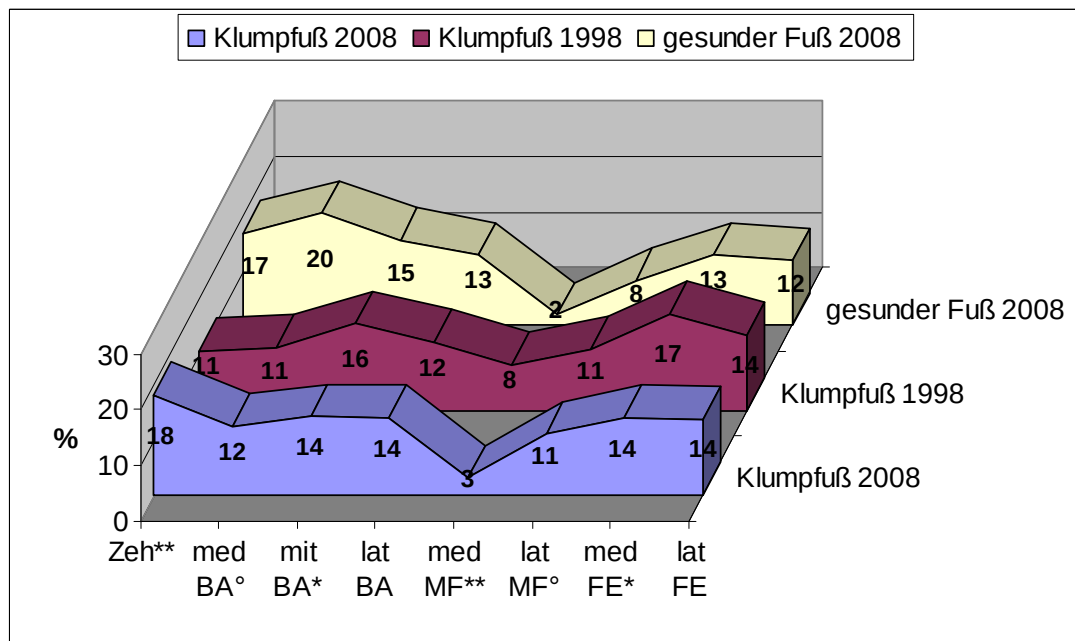


Abbildung 19: Vergleich der Mittelwerte des Maximaldrucks (n=30)

- * signifikanter Unterschied im Wilcoxon-Test (Klumpfuß 1998 und 2008, $p < 0,05$)
 - ** hochsignifikanter Unterschied im Wilcoxon-Test (Klumpfuß 1998 und 2008, $p < 0,01$)
 - ° hochsignifikanter Unterschied im Mann-Whitney-U-Test (Klumpfuß und gesunder Fuß 2008, $p < 0,01$)
- BA=Ballen, MF=Mittelfuß, FE=Ferse

In der aktuellen Nachuntersuchung zeigten die Patienten einen hochsignifikant ($p < 0,01$) höheren Anteil am Gesamtmaximaldruck unter der Großzehe und einen hochsignifikant ($p < 0,01$) niedrigeren unter dem medialen Mittelfuß, sowie einen jeweils signifikant ($p < 0,05$) niedrigeren Anteil am Gesamtmaximaldruck unter dem mittleren Ballen und der medialen Ferse als im Jahr 1998 (Boxplotdarstellung und Zahlenwerte siehe Abbildung 28, Tabelle 10, Seite 71 im Anhang).

Für das Berührungsdruckintegral zeigten sich ebenfalls signifikant höhere Werte für die Großzehe und signifikant niedrigere für den medialen Mittelfuß (Boxplotdarstellung und Zahlenwerte siehe Abbildung 29, Tabelle 11, Seite 72 im Anhang).

In der aktuellen Nachuntersuchung wurden die pedobarographischen Daten der Klumpfußpatienten erneut mit denen eines gesunden Kontrollkollektives verglichen. Hierbei zeigte sich für den Maximaldruck bei dem Klumpfußpatienten ein statistisch hochsignifikant ($p < 0,01$) niedrigerer Wert unter dem medialen Ballen und ein statistisch hochsignifikant ($p < 0,01$) höherer Wert unter dem medialen und lateralen Mittelfuß.

Für das Berührungsgdruckintegral zeigten sich zusätzlich zu den auch hier hochsignifikanten Unterschieden für den medialen Ballen und den gesamten Mittelfußbereich ein statistisch hochsignifikant ($p < 0,01$) niedrigerer Wert unter dem mittleren Ballenbereich. Für den Bereich unter der Großzehe konnten weder für den Maximaldruck, noch für das Berührungsgdruckintegral signifikante Unterschiede festgestellt werden, es zeigt sich vielmehr eine annähernd gleiche prozentuale Belastung (Boxplotdarstellung und Zahlenwerte siehe Abbildung 34, Tabelle 14, Seite 73 im Anhang).

Im Jahr 1998 wurde in den pedobarographischen Messungen der Klumpfußpatienten im Vergleich zu einem gesunden Kontrollkollektiv ein statistisch signifikanter Unterschied in drei Fußregionen (Großzehe, medialer Mittelfuß und lateraler Mittelfuß) festgestellt. Dabei waren bei den Klumpfußpatienten der Druck unter der Großzehe signifikant geringer und der Druck unter dem medialen und lateralen Mittelfuß signifikant höher. In zwei von den drei Fußregionen (Großzehe und medialer Mittelfuß) konnten jetzt statistisch signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede in Form einer Annäherung an physiologische bzw. „fußgesunde“ Werte festgestellt werden.

Auch in Bezug auf das Berührungsgdruckintegral konnte im Jahr 1998 ein signifikanter Unterschied unter der Großzehe und dem medialen und lateralen Mittelfuß zum gesunden Kontrollkollektiv festgestellt werden, so dass auch für das Berührungsgdruckintegral von einer Annäherung zu physiologischen Werten unter der Großzehe und unter dem medialen Mittelfuß ausgegangen werden kann.

4.2. Messungen mit und ohne Einlagen (Klumpfußpatienten 2008 und gesundes Kollektiv 2008)

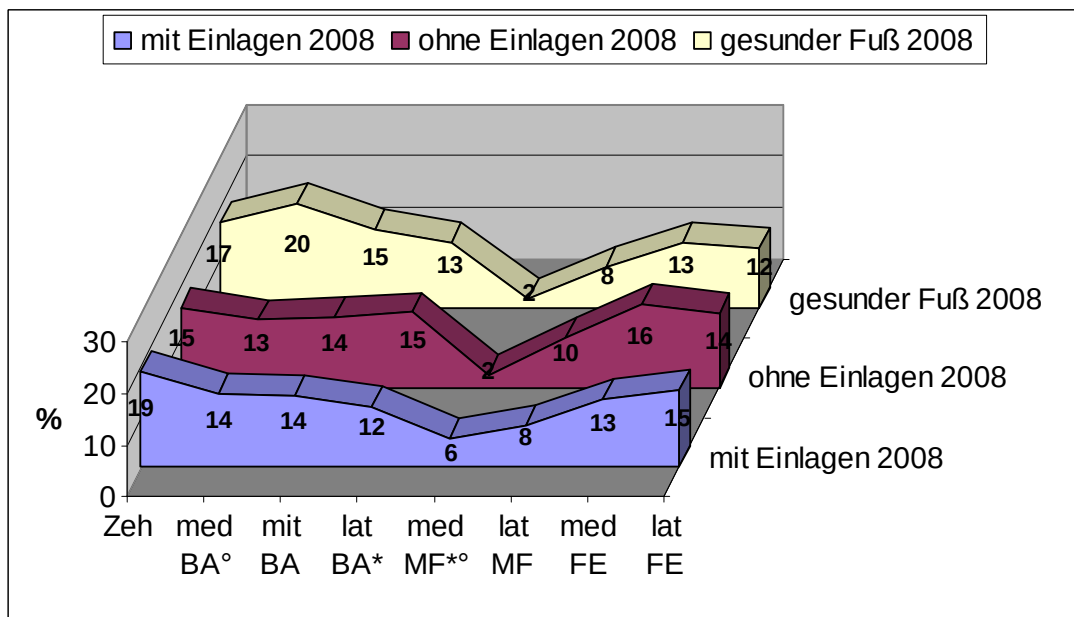


Abbildung 20: Vergleich der Mittelwerte des Gesamtmaximaldrucks 2008 (n=10)

* statistisch signifikanter Unterschied im Mann-Whitney-U-Test (im Vergleich zum Ergebnis ohne Einlage, $p < 0,05$)

° statistisch signifikanter Unterschied im Mann-Whitney-U-Test (mit Einlage im Vergleich zum gesunden Kontrollkollektiv, $p < 0,05$)

Bei vorhandener Einlagenversorgung wurde je eine Messung mit und eine ohne Einlagen durchgeführt. Für den Maximaldruck zeigte sich in der Messung mit Einlagen unter der Großzehe und unter dem medialen Mittelfuß im Vergleich zur Messung ohne Einlagen ein höherer Anteil am Gesamtmaximaldruck, wobei der Unterschied unter dem medialen Mittelfuß statistisch signifikant war. Für die laterale Ferse sowie den medialen und mittleren Ballen zeigten sich vergleichbare Werte. Höhere Werte wurden unter dem lateralen Ballen, dem lateralen Mittelfuß und der medialen Ferse gemessen, wobei der Unterschied unter dem lateralen Ballen statistisch signifikant war (Boxplotdarstellung und Zahlenwerte siehe

Abbildung 30 und Abbildung 31, Tabelle 12, Seite 72 im Anhang).

Für das Berührungsdruckintegral wurden mit Einlagen unter der Großzehe, dem mittleren und lateralen Ballen und der lateralen Ferse annähernd gleiche, unter dem lateralen Mittelfuß und der medialen Ferse niedrigere und unter dem medialen Ballen höhere Werte gemessen als ohne Einlagen. Unter dem medialen Mittelfuß wurden mit Einlagen statistisch signifikant höhere Werte gemessen als ohne Einlagen (Boxplotdarstellung und Zahlenwerte siehe Abbildung 32 und Abbildung 33, Tabelle 13, Seite 73 im Anhang).

Im Vergleich zum gesunden Kontrollkollektiv zeigten sich für den Maximaldruck bei den Messungen mit vorhandenen Einlagen ein statistisch signifikant höherer Wert unter dem medialen Mittelfuß sowie ein signifikant niedrigerer Wert unter dem medialen Ballen. Insgesamt kann man für die Messungen mit Einlagen eine etwas niedrigere Belastung des lateralen Fußbereiches und eine etwas höhere des medialen Fußbereiches als ohne Einlagen feststellen, die jedoch immer noch erhebliche, teilweise statistisch signifikante Unterschiede zu einem gesunden Fuß aufweisen.

4.3. Vergleich der gesunden Kontrollkollektive von 1998 und 2008

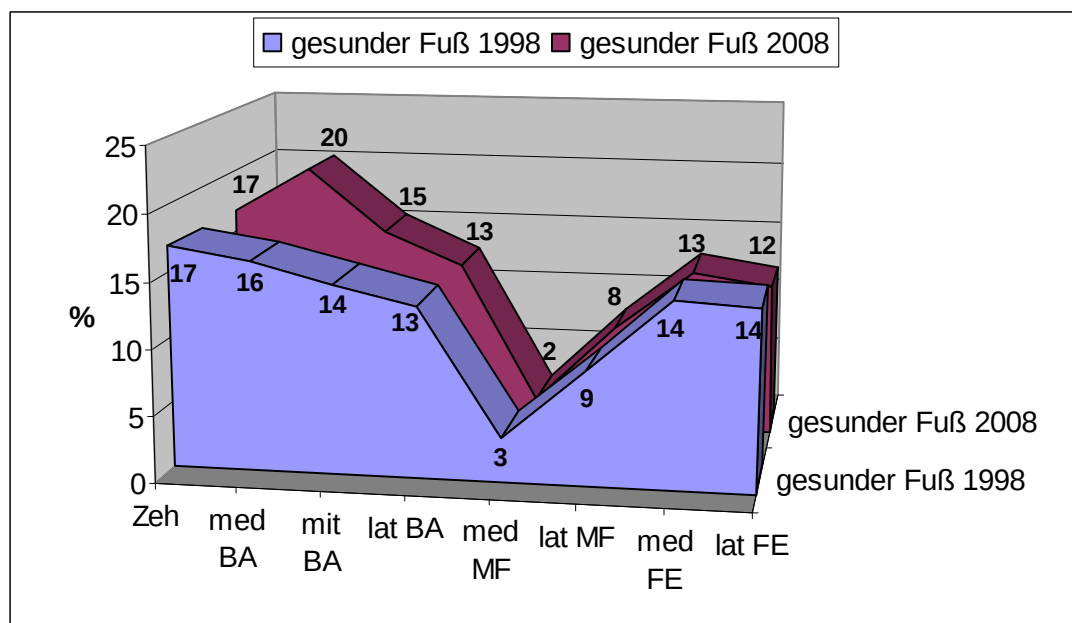


Abbildung 21: Vergleich der Mittelwerte des Gesamtmaximaldrucks zwischen den gesunden Füßen von 2008 (n=28) und 1998 (n=42)

Um eventuelle physiologische Varianzen darzustellen, erfolgte der Vergleich der beiden gesunden Kontrollkollektive der jeweiligen Nachuntersuchungen. Hierbei zeigte sich eine fast identische Druckverteilung unter den jeweiligen Fußregionen. Lediglich für die Region unter dem medialen Ballen wiesen die gesunden Füße der aktuellen Nachuntersuchung höhere Werte als diejenigen von 1998 auf. Dieser Unterschied ist jedoch statistisch nicht signifikant.

4.4. Pedobarographische Darstellung im Vergleich (Isobarendarstellung)

a) gesunder Fuß

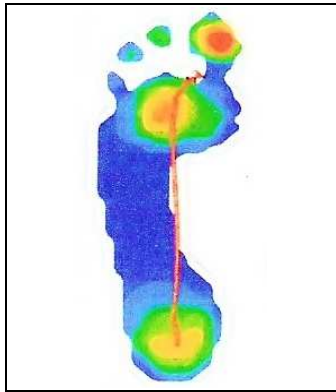


Abbildung 22

1998
weiblich
17 Jahre
70 kg

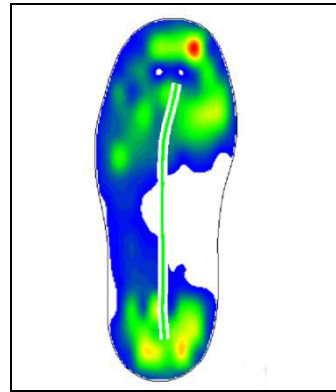


Abbildung 23

2008
weiblich
23 Jahre
65 kg

b) operierter Klumpfuß

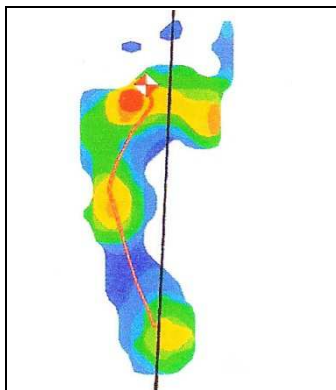


Abbildung 24

1998
S.G.
männlich
5 Jahre
21,5 kg

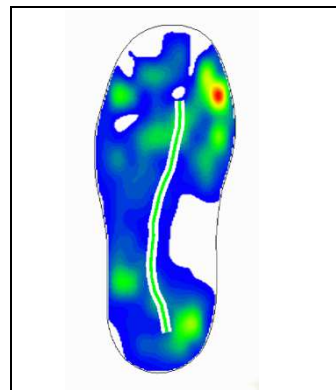


Abbildung 25

2008
S.G.
männlich
15 Jahre
52 kg

4.5. Vergleich Pedobarographie und Scores

Die Punktwerte der einzelnen Scores wurden mit den relativen Werten des Maximaldrucks und des Berührungsdruckintegrals der verschiedenen Fußregionen korreliert. Eine positive Korrelation besagt, dass mit steigenden Punktwerten (=besseres Ergebnis) der prozentuale Anteil am Gesamtdruck bzw. Gesamtintegral unter der entsprechenden Fußregion steigt und einer physiologischen Erhöhung entspricht. Bei einer negativen Korrelation sinkt mit steigendem Scoreergebnis der Anteil am Gesamtdruck bzw. Gesamtintegral unter der entsprechenden Fußregion und entspricht einer pathologischen Verminderung. Für die Ermittlung einer statistischen Korrelation zwischen dem funktionellen (Pedobarographie) und klinischen (Scores) Ergebnis eignete sich vor allem die Region unter der Großzehe, da sie einerseits 1998 im Vergleich zum gesunden Kontrollkollektiv und andererseits im Vergleich zur aktuellen Nachuntersuchung signifikante Unterschiede für den Maximaldruck und das Berührungsdruckintegral aufwies. Mit den relativen Anteilen am Gesamtmaximaldruck und Gesamtberührungsdruckintegral unter der Großzehe zeigten die Scores nach McKay und Wynne-Davies sowohl 1998 als auch aktuell eine unterschiedlich schwache ($r=0,364-0,542$) aber immer statistisch signifikante Korrelation ($p<0,05$). Der Score nach Laaveg-Ponseti korrelierte statistisch signifikant mit den Werten des relativen Maximaldrucks der Großzehe von 2008, jedoch nicht mit denen von 1998 oder mit den Werten für das Berührungsdruckintegral. Der Score nach Addison ergab keine signifikante Korrelation mit den Werten unter der Großzehe (Zahlenwerte siehe Tabelle 16, Tabelle 17, Seite 76 im Anhang).

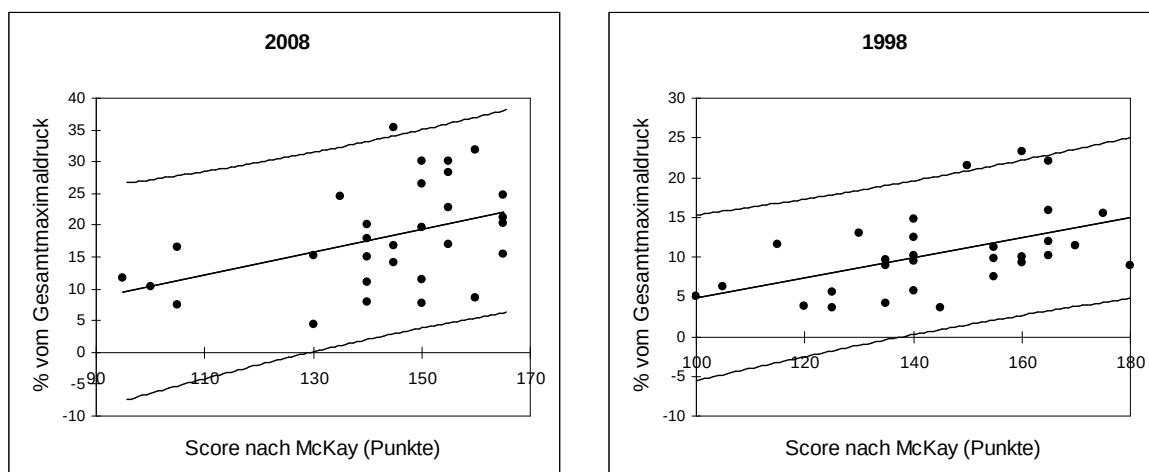


Abbildung 26: Korrelation des Score nach McKay mit den pedobarographischen Werten des Maximaldrucks unter der Großzehe im Vergleich (2008: $y=-7,76+0,18*x$) (1998: $y=-7,72+0,13*x$), $p<0,05$

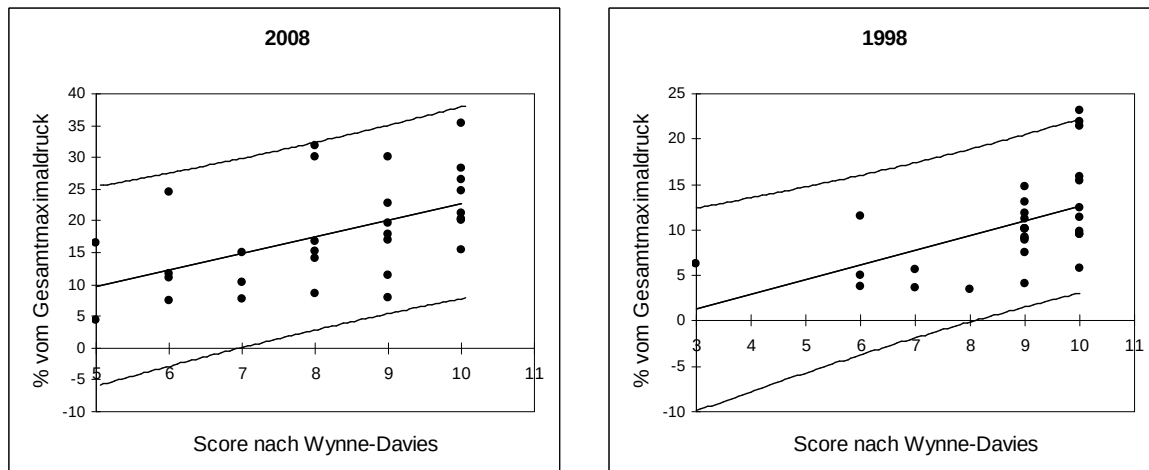


Abbildung 27: Korrelation des Score nach Wynne-Davies mit den pedobarographischen Werten des Maximaldrucks unter der Großzehe im Vergleich (2008: $y = -3,4 + 2,63 \cdot x$) (1998: $y = -3,61 + 1,62 \cdot x$), $p < 0,05$

4.6. Vergleich der Lastabtragungslinie

Der Verlauf der Lastabtragungslinie war bei den Klumpfüßen im Vergleich zum gesunden Fuß (bei einseitigem Klumpfuß) um durchschnittlich 0,4 cm kürzer, verlief weiter lateral und bogenförmiger. Der 2008 gemessene durchschnittliche proximale Deviationsquotient war kleiner, der durchschnittliche distale Quotient größer als 1998, jedoch in keinem Fall statistisch signifikant.

		2008	1998
proximaler Deviationsquotient	Mittelwert	0,044	0,057
	Standardabweichung	0,024	0,092
distaler Deviationsquotient	Mittelwert	0,068	0,059
	Standardabweichung	0,027	0,022

Tabelle 9: proximaler und distaler Deviationsquotient im Vergleich

IV. Diskussion

1. Behandlungsmethoden

Die Behandlung unseres Patientenkollektivs erfolgte vor der „Ponseti-Ära“ zunächst durch eine unspezifische Gipsredressionstherapie, dann durch eine dem klinischen Ausprägungsgrad des Klumpfußes angepasste Operationsmethode. Es wurden alleinige Z-förmige Achillessehnenverlängerungen in Kombination mit einem dorsalen Release durchgeführt, wie auch erweiterte Operationen mit zusätzlicher medialen oder lateralen Entflechtung (siehe Seite 25). Allerdings erfolgte zu Beginn der Therapie noch keine standardisierte Einteilung nach Schweregraden der Füße. Die Operation erfolgte bei 73,3% (22 von 30 Füßen) zwischen dem dritten und dem neunten Lebensmonat und damit in dem für das Langzeitergebnis günstigstem Zeitraum [33, 95]. Jeweils vier Füße wurden vor dem dritten bzw. nach dem neunten Lebensmonat operiert.

Durch das Fehlen einer Schweregradeinteilung der Füße zu Beginn der Therapie lassen sich keine Vergleiche zwischen den einzelnen Operationsmethoden erstellen, da davon auszugehen ist, dass primär schlechte Füße auch postoperativ schlechtere Ergebnisse erzielen [58]. Zudem benötigen sie einen ausgedehnteren Weichteileingriff als leichtere Fälle, so dass eine Vorselektion stattfindet und keine einheitliche Therapieform für alle Schweregrade besteht [96].

2. Bewertungsschemata

Voran gestellt sei, dass zu beachten ist, dass der Fragebogen, aus dem sich Daten der subjektiven Bewertung als auch einige Parameter zur Score-Einteilung herleiten, im Jahr 1998 in den meisten Fällen von den Eltern der Patienten, im Jahr 2008 jedoch ausnahmslos von den Patienten selbst beantwortet wurden. 1998 waren mehr als die Hälfte der Patienten jünger als 11 Jahre, so dass die Mitarbeit der Eltern selbstverständlich notwendig und das Studiendesign im Längsschnitt diesbezüglich auch alternativlos war. Hierbei kann es natürlich zu methodenbedingten Gruppenunterschieden kommen, im Sinne von subjektiv unterschiedlicher Bewertung zu den einzelnen Angaben zwischen den Eltern und des Patienten. Eine vermeintlicher Verbesserung oder Verschlechterung, die durch die jeweils unterschiedliche Schweregradeinteilung durch Eltern vs. Patient angezeigt wird, liegt möglicherweise gar nicht vor; oder anders herum: es könnten Unterschiede vorliegen, die durch einheitliche Angaben jedoch nicht auffindbar zu machen sind. Diese Fehlerquelle muss bei der Beurteilung der Studienergebnisse unbedingt bedacht werden.

2.1. Scores

Es existiert eine große Anzahl an verschiedenen Scores zur Bewertung des Therapieerfolges nach einer Klumpfußtherapie, von denen keiner als allgemein gültig anerkannt ist. Die Vielzahl erschwert die genaue und umfassende Beschreibung eines behandelten Klumpfußes und den aussagekräftigen Vergleich zu den Ergebnissen aus anderen klinischen Studien. In Bezug auf die Reliabilität der einzelnen Scores fanden Cummings et al. heraus, dass von 37 getesteten Parametern nur 12 tatsächlich reproduzierbar waren [99]. Dabei differieren die einzelnen Scores teilweise erheblich in der Gewichtung von Patientenangaben, klinischen Untersuchungen und Röntgenaufnahmen. Pedobarographische Analysen kommen bislang in keinem bekannten klinisch angewandten Score vor [100]. Nach Meinung einiger Autoren korrelieren radiologische Beurteilungen nicht mit dem tatsächlichen klinischen und funktionellen Ergebnis und sind somit nicht zwingend erforderlich [101]. Des Weiteren ist die Messung der Winkel im Röntgenbild oft ungenau, untersucherabhängig und erhöht nicht die Objektivität der Scores [102-104]. Andere Autoren sehen radiologische Aufnahmen gerade im Hinblick auf Langzeitergebnisse und eine eventuell zu erwartende frühzeitige Arthrose als wesentliche Bestandteile der Bewertung von Behandlungsergebnissen [105]. Patientenbezogene Daten werden von einigen als bessere Parameter zur Beurteilung der Langzeitfunktion des Fußes betrachtet als klinische Daten oder Röntgenaufnahmen [51, 106]. Die Uneinigkeit über die Gewichtung der einzelnen Faktoren und die große Anzahl an bereits existierenden Scores erschwert das Entstehen eines allgemein akzeptierten Bewertungssystems. Studien über den Vergleich einzelner Scores zueinander haben oft nur die Kreation eines neuen Scores zur Folge [107].

Bei unserem Patientenkollektiv zogen wir die gleichen Scores wie schon in der Nachuntersuchung von 1998 heran, deren damalige Auswahl sich nach dem Verbreitungsgrad richtete [108]. Die vier angewandten Scores nach Addison, Laaveg-Ponseti, McKay und Wynne-Davies enthielten zudem keine radiologischen Beurteilungsparameter. Da aus oben genannten Gründen schon 1998 auf eine radiologische Untersuchung der Füße verzichtet wurde, fertigten wir bei unseren Patienten auch 2008 keine Röntgenaufnahmen an.

Nach dem Score nach Addison wiesen alle Füße unseres Patientenkollektivs ein zufriedenstellendes Ergebnis auf und erzielten damit bessere Ergebnisse als bei der Nachuntersuchung des Autors selbst (66,7%, n=37). Allerdings bestand sein Patientengut hauptsächlich aus Rezidiven mit schon primär schlechter Schweregradeinteilung [87]. Hohe

Punktzahlen wurden bei diesem Score vor allem durch die Sportfähigkeit und die uneingeschränkte Teilnahme an alltäglichen Aktivitäten erzielt, die bei unseren Patienten ausnahmslos vorhanden waren.

Als einziger unter den angewandten Scores zeigte sich bei dem Score nach Laaveg-Ponseti ein signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) zwischen den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten. Die Mehrheit der Patienten erzielte gute bis sehr gute Ergebnisse und zwar 90% in der aktuellen Nachuntersuchung und 80% in der von 1998 ($n=30$). Laaveg und Ponseti ($n=70$) erhielten nach verschiedenen operativen Behandlungsmethoden ähnliche Ergebnisse [85]. Lampasi et al. erzielten in einer Nachuntersuchung von 38 Rezidivfüßen nach durchschnittlich 24,8 Jahren und teilweise ausgedehnten Operationen nur in 53% gute bis sehr gute Ergebnisse. Bei 11 Füßen wurde ein Therapieversagen festgestellt [109]. Auch van Gelder et al. ($n=58$) fanden 16 Jahre nach OP eher mittelmäßige Ergebnisse mit 22% mäßigen, 14% schlechten Füßen und 9% Therapieversagen. Allerdings wurde bei allen Patienten ein ausgedehntes posteriomediales Release durchgeführt, was auf initial schwerer ausgeprägte Klumpfüße schließen lässt; eine präoperative Einteilung ist jedoch nicht erfolgt [110]. Deniz et al. ($n=30$) konnten nach verschiedenen Operationsmethoden (posteromediales und subtalares Release) bei einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von fast 10 Jahren insgesamt 75% gute bis sehr gute Ergebnisse verzeichnen [51]. Vergleichende Studien am selben Patientenkollektiv zu unterschiedlichen Zeiträumen unter Nutzung des Scores nach Laaveg-Ponseti haben wir nicht gefunden; Cooper et al. schließen zwar in ihre Langzeituntersuchung Patienten von Laaveg-Ponseti aus dem Jahr 1980 mit ein, jedoch erfolgt hier keine Einteilung nach deren Score [51].

Nach dem Score nach McKay erzielten unsere Patienten 1998 wie auch in der aktuellen Nachuntersuchung überwiegend mäßige und einige gute Ergebnisse. In 13% ($n=30$) wurde ein schlechtes Ergebnis erreicht. Dabei waren im Vergleich zum Jahr 1998 zwar geringfügig weniger gute Ergebnisse aber auch weniger schlechte Ergebnisse erzielt worden. In einer Studie von Yamamoto et al. ($n=31$, posteromediales Release) wurden mit zusammen 70% guten und exzellenten Einstufungen weitaus bessere Ergebnisse erzielt [111]. Das Nachuntersuchungsalter bei dieser Studie (4-12 Jahre) war allerdings deutlich niedriger als bei unseren Patienten, was in unserer Nachuntersuchung neben unterschiedlich angewandten Operationsmethoden ein Grund für die besseren Ergebnisse sein kann [112]. Einige Autoren beschreiben eine Verschlechterung von Ausgangsbeurteilungen im Laufe des Wachstums. Bei Krauspe et al. zeigten sich eine reziproke Relation zwischen dem Ergebnis und der Dauer der Nachuntersuchungszeit [70]. Anfangs akzeptable Ergebnisse

nach dem Score von McKay in den ersten 10 Jahren nach der Behandlung fanden sich nicht mehr nach der Skelettreife (>50% mäßig und schlecht) und entsprechen in etwa unseren Beobachtungen. Allerdings wurde bei unserem Patientenkollektiv keine dermaßen deutliche Verschlechterung der Ergebnisse nach weiteren 10 Jahren beobachtet, sondern eher eine Tendenz zur Mitte mit weniger Extremen (weniger exzellente und weniger schlechte Ergebnisse, bez. kein Therapieversagen).

Mit 70% guten, 30% annehmbaren und keinen schlechten Ergebnissen nach dem Score von Wynne-Davies (n=30) beobachteten wir bessere Resultate als in einer Untersuchung von Papiez et al. (46,6% gute, 26,7% annehmbare und 26,7% schlechte Ergebnisse). Allerdings waren seine Patienten (n=105) zum Zeitpunkt der Operation (peritales Release) älter als ein Jahr und fast die Hälfte der Füße waren präoperativ als „stiff“ eingestuft [113].

Das Ergebnis eines einzelnen Patienten in den verschiedenen Scores konnte bei unserer Nachuntersuchung variieren, was auf die unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Parameter zurückzuführen ist [114]. Es bestand eine unterschiedlich starke Korrelation zwischen den einzelnen Scores, am stärksten zwischen dem Score nach McKay und dem Score nach Wynne-Davies. Dies verdeutlicht die Schwierigkeit, Vergleiche zwischen den Ergebnissen einzelner Nachuntersuchungen mit unterschiedlichen Bewertungssystemen zu ziehen. Hinzu kommen die oft variierenden Operationsmethoden und Zeitpunkte. Es existieren nur sehr wenige Studien, die dasselbe Patientenkollektiv zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Sinne einer Langzeitnachsorge untersucht haben. Die von den Autoren beschriebene Verschlechterung der Ergebnisse der Scores im Laufe der Zeit konnten wir bei unseren Patienten nicht in diesem Ausmaß beobachten [70, 106]. Die Unterschiede zwischen den Resultaten von 1998 und 2008 waren marginal. Auch Cooper et al. fand 1995 im Allgemeinen zufrieden stellende Ergebnisse bei der Nachuntersuchung einiger Patienten (n=29) aus der Studie von Laaveg und Ponseti von 1980 [51].

2.2. Patientenbewertung

Im Vergleich zur Untersuchung von 1998 traten bei mehr Patienten Schmerzen auf (1998: 29%; 2008: 43%). Der Schmerz, bedingt durch eine beginnende sekundäre Arthrose in den Fußwurzelgelenken auf dem Boden einer anatomisch nicht ganz exakten Korrektur, wird von vielen als der entscheidende Faktor im Langzeitverlauf gesehen [115, 116]. Trotz dieser Zunahme der Schmerzsensationen wurde das Gesamtergebnis gleich gut benotet (Schulnote: 1,8). Es fiel auf, dass bei der Angabe von Gründen für ein Ergebnis der Note 2 oder schlechter nur einmal das Auftreten von Schmerzen ausschlaggebend war. In den meisten Fällen war das kosmetische Ergebnis Grund für eine schlechtere Bewertung. Die

Note für das alleinige kosmetische Ergebnis war mit einer durchschnittlichen Note von 2,3 auch wesentlich schlechter als die Note für das Gesamtergebnis. In keinem bislang veröffentlichten Bewertungsscore wurde die Zufriedenheit des Patienten bezüglich des kosmetischen Aspektes mit einbezogen. Ausschlaggebend waren stets Angaben zur Möglichkeit der Teilnahme an Aktivitäten des täglichen Lebens oder an sportlicher Betätigung. Diese waren nur bei sehr wenigen unserer Patienten und dann auch nur leichtgradig eingeschränkt, was das als gut eingeschätzte Gesamtergebnis erklärt. Damit kommen wir zu ähnlichen Ergebnissen wie auch Wallander et al. (n=83, vorwiegend konservativ oder mit perkutaner Achillotomie) und Bjönness et al. (n=95), die in ihren Langzeituntersuchungen feststellten, dass sich selbst Patienten mit klinisch schlechtem Ergebnis im Alltag gar nicht oder kaum eingeschränkt fühlten und ihr Behandlungsergebnis positiv bewerteten [117, 118].

Zudem besteht die Möglichkeit, dass der Nachuntersuchungszeitraum unserer Patienten von durchschnittlich 19 Jahren und 2 Monaten nach der Operation zu kurz bemessen ist, um die Bedeutung des Schmerzes als einschränkendes Kriterium zu erfassen. In der Langzeitstudie von Huber et al. (n=19, dorsales Release) waren zum 16. Lebensjahr alle Patienten noch schmerzfrei. Erste Schmerzsensationen tauchten im Mittel erst im 35. Lebensjahr auf. Eine Bewegungseinschränkung des Rückfußes machte sich, wenn überhaupt, auch erst nach dem 16. Lebensjahr bemerkbar [52].

2.3. Klinische Untersuchung

Ein verminderter Umfang der Wadenmuskulatur ist die häufigste Begleiterscheinung beim Klumpfuß und selbst bei leicht ausgeprägten Fällen nahezu immer zu beobachten. Auch bei frühzeitiger Therapie im Säuglingsalter zeigten 95% unserer Patienten (n=21) nach Wachstumsabschluss bei der Nachuntersuchung eine schmal ausgeprägte Wadenmuskulatur.

Ein innenrotiertes Gangbild fiel uns bei der aktuellen Nachuntersuchung deutlich weniger häufig auf (1998: 50%, 2008: 20%, n=21). Dies erklärt sich durch die im Kindesalter höhere Antetorsion des Schenkelhalses und ein gehäuftes Vorkommen einer Coxa valga antetorta, die mit einem innenrotierten Gangbild im Sinne eines Kneeing-In einhergeht. Sie nimmt jedoch in den meisten Fällen bis zum 11. Lebensjahr ab [97]. Des Weiteren wiesen im Vergleich zur Untersuchung von 1998 weniger Vorfüße eine Sichelform auf (1998: 12 Füße, 2008: 5 Füße), so dass ein innenrotiertes Gangbild weniger oft von einem Toeing-In verursacht wurde.

Eine unterschiedlich stark ausgeprägte aktive und passive Bewegungseinschränkung, besonders der Dorsalextension, war bei jedem betroffenen Fuß festzustellen. Dabei fiel auf, dass die absoluten Werte des aktiven Bewegungsausmaßes im Vergleich zu 1998 größer waren, die der passiven Bewegungen sich aber kaum änderten. Es ist jedoch zu beachten, dass die Differenz des Bewegungsausmaßes zwischen gesunder und betroffener Seite im Vergleich zur Untersuchung von 1998 gleich geblieben ist, so dass man hier von einer allgemeinen Verbesserung der Beweglichkeit unabhängig vom Klumpfuß ausgehen muss. Auf jeden Fall konnte keine weitere Einschränkung der Beweglichkeit nach Wachstumsabschluss, z. B. durch Vernarbung – bei den teilweise ausgedehnten und wiederholten Eingriffen – festgestellt werden, wie sie von einigen Autoren beschrieben wurde [98]. Cooper et al. glauben, dass das standardisierte Testen der passiven Beweglichkeit keine genauen Aussagen über die tatsächlichen Bewegungsausmaße beim Laufen zulässt [51].

Nicht auszuschließen ist eine gewisse Interobservervarianz. Durch den Einsatz eines standardisierten Untersuchungsprotokolls, das zu beiden Untersuchungszeitpunkten verwendet wurde, sowie der Verwendung der gleichen Hilfsmittel (Handgoniometer, Maßband) wurde versucht, die untersucherbedingten Unterschiede zu minimieren.

3. Pedobarographie

Es existieren mittlerweile viele verschiedene Systeme, die sich hinsichtlich der Messmethoden unterscheiden. Neben dem Prinzip der resistiven Messmethode, wie sie in den von uns angewandten Systemen genutzt wird, gibt es auch ein Prinzip der kapazitiven Messung (z. B. EMED®) und der piezoelektrischen Messung (PAROTEC®). So kamen in den Nachuntersuchungen unserer Patienten zwar zwei Systeme von unterschiedlichen Herstellern zum Einsatz (1998: Fast-Scan®, 2008: medilogic®), die jedoch auf dem gleichen Prinzip der resistiven Messung beruhen. Generell wurde die Pedobarographie in mehreren Studien, mit einer geringen intraindividuellen Variabilität der Ergebnisse, als eine reproduzierbare Messmethode eingestuft [119-121]. Hughes et al. fanden heraus, dass Messungen an dem gleichen Patientenkollektiv mit zwei verschiedenen Messsystemen vergleichbare Ergebnisse lieferten [122]. Trotz vieler Versuche der pedobarographischen Analyse des „normalen Fußes“ [123], ist die Grenze zwischen noch gesundem und schon pathologischem Fuß schwer zu ziehen, da inapparente Fußanomalien (z.B. Knick-Senkfuß, Spreizfuß, etc.) in der beschwerdefreien Bevölkerung häufig sind. Daher wird nach dem

Mehrheitsprinzip der Begriff Normalität auf klinisch nicht auffällige beschwerdefreie Personen angewandt [124].

In der Untersuchung unserer Klumpfußpatienten aus dem Jahr 1998 (n=47) wurden, im Vergleich zu einem gesunden Referenzkollektiv (n=42), für den Maximaldruck und das Berührungsdruckintegral signifikant höhere Werte unter dem medialen und lateralen Mittelfuß und signifikant niedrigere unter der Großzehe gemessen. Für das Berührungsdruckintegral zeigten sich bei den Klumpfußpatienten zusätzlich noch signifikant höhere Werte unter der lateralen Ferse. Die unterschiedliche Einteilung des Fußes in den publizierten Studien in drei bis zu zehn Bereichen macht einen Vergleich schwierig. Jeans et al. (n=151, konservative Therapie) berichten ebenfalls von erhöhten Werten (Maximaldruck und Berührungsdruckintegral) unter dem lateralen Mittelfuß und dem lateralen Ballen sowie erniedrigten Werten unter der Großzehe bei einem durchschnittlichen Alter der Patienten von zwei Jahren [49]. Cooper et al. beobachteten bei ihren durchschnittlich 35 Jahre alten Patienten ebenso signifikant höhere Werte unter dem gesamten Mittelfuß [51]. Sinclair et al. (n=20, Therapie nach Ponseti) stellten bei ihren Untersuchungen nach durchschnittlich 3 Jahren zwar keine signifikanten Unterschiede unter dem Mittelfuß, aber ebenfalls erniedrigte Werte unter der Großzehe fest [47]. Huber et al. (n=19) beschreiben lediglich eine vermehrte Belastung der lateralen Fußregionen nach einem Zeitraum von durchschnittlich 41 Jahren [52].

All diese verschiedenen Untersuchungen zeigen bei einigen Unterschieden im Detail übereinstimmend eine vermehrte Belastung des lateralen Fußrandes sowie einen veränderten Abrollvorgang im Sinne einer verminderten Abstoßfunktion der Großzehe an, also einer postoperativ noch verbleibenden Restdeformität vor allem der Supinationskomponente des ehemaligen Klumpfußes.

Unsere Messungen in der aktuellen Nachuntersuchung ergaben, dass bei den Klumpfußpatienten der prozentuale Anteil der Großzehe am Gesamtmaximaldruck hochsignifikant ($p < 0,001$) und am Berührungsdruckintegral signifikant ($p < 0,05$) höher war als 1998 gemessen. Außerdem waren die relativen Werte für den medialen Mittelfußbereich hochsignifikant (Maximaldruck) bzw. signifikant (Berührungsdruckintegral) niedriger. Damit wurden in Fußregionen, die, im Vergleich zu einem 1998 gesunden Referenzkollektiv gemessen, als pathologisch relevante Bereiche beschrieben worden sind, signifikante Veränderungen, im Sinne einer Annäherung zu einer physiologischen Druckbelastung des Fußes, festgestellt. Der erneute Vergleich der Klumpfußpatienten zu einem gesunden Referenzkollektiv 2008 ergab für den Bereich der Großzehe weder für den

Maximaldruck noch für das Berührungsdruckintegral einen signifikanten Unterschied, so dass von einer verbesserten Abstoßfunktion über die Großzehe im Langzeitverlauf auszugehen ist. Im Mittelfußbereich, medial wie auch lateral, zeigten die Klumpfußpatienten zwar im Vergleich zu den gesunden Füßen weiterhin signifikant höhere Werte für den Maximaldruck und das Berührungsdruckintegral, gleichzeitig jedoch signifikant niedrigere als im Längsschnittvergleich zur Untersuchung von 1998. Somit konnte keinerlei Rezidivtendenz mehr im Langzeitverlauf festgestellt werden. Es ist vielmehr ein weiterer positiver Effekt auf den Gangablauf durch die Alltagsbelastung anzunehmen. Für andere Bereiche des Fußes, wie Ferse oder lateraler Mittelfuß, konnten keine signifikanten Veränderungen in der pedobarographischen Messung erhoben werden. Der Vergleich zwischen den Druckwerten mit und ohne Schuheinlagen zeigte zwar eine gering niedrigere Belastung der lateralen Fußbereiche und eine höhere der medialen Anteile, jedoch weisen diese Werte im Vergleich zu einem gesunden Fuß immer noch, teilweise statistisch signifikante, Unterschiede auf. Die Einlagenversorgung kann somit die Aufteilung der Druckbelastung optimieren, zu einer wirklich physiologischen Gangbelastung führt sie allerdings nicht. Nach unserem Wissen wurden bis dato keine weiteren Längsschnittstudien, die die Pedobarographie bei Klumpfußpatienten zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten einsetzte, publiziert, so dass ein Vergleich unserer Ergebnisse mit anderen Einrichtungen nicht möglich ist.

Schon beim Betrachten der Fußdruckbilder fiel der „laterale shift“ der Lastabtragungslinie der Klumpfüße im Vergleich zur gesunden Seite bei einseitigem Befall auf. Dies entspricht den qualitativen Beschreibungen anderer Autoren [45, 125]. Die quantitative Erfassung dieser Lateralisierung erfolgte 1998 mit Hilfe eines so genannten Deviationsquotienten. Dieser setzte den Abstand der Lastabtragungslinie zur Fußlängsachse an zwei festgelegten Punkten (distaler und proximaler Messpunkt) ins Verhältnis zur Fußlänge und ermöglichte so einen Vergleich unabhängig von der Fußgröße und -breite. Jeans et al. versuchten ebenfalls eine Quantifizierung der Lateralbewegung. Sie teilten den Fuß in einen medialen und einen lateralen Bereich (Ferse bis zweiter Zeh) und berechneten das Integral zwischen den jeweils nach medial bzw. lateral reichenden Abstand der Lastabtragungslinie [49]. Wir griffen in der aktuellen Nachuntersuchung die Berechnung des lateralen und medialen Deviationsquotienten von 1998 wieder auf, stellten jedoch keine signifikanten Unterschiede gegenüber früheren Ergebnissen fest. Das heißt, dass der Körperschwerpunkt der Klumpfußpatienten beim Gehen auch nach Wachstumsabschluss in dem gleichen Ausmaß lateraler verläuft als bei einer gesunden Kontrollgruppe wie auch schon 10 Jahre zuvor.

Dies widerspricht nicht den zuvor beschriebenen signifikanten Unterschieden in Maximaldruck und Berührungsdruckintegral. Laut McPoil et al. und anderen repräsentiert die Lastabtragungslinie vielmehr die Körper- und nicht die Fußbewegungen und ist von vielen Faktoren wie z. B. Schrittlänge und -geschwindigkeit abhängig [126, 127].

Zur Ermittlung einer Korrelation zwischen dem klinischen (Scores) und dem funktionellen Ergebnis (Pedobarographie) eigneten sich vor allem die vorher als relevante Fußbereiche definierten und signifikante Unterschiede aufzeigenden Regionen unter der Großzehe und unter dem medialen Mittelfuß. Dabei korrelierten nach Pearson die beiden Scores nach McKay und Wynne-Davies positiv und statistisch signifikant mit dem relativen Maximaldruck und dem relativen Berührungsdruckintegral unter der Großzehe und umgekehrt. So gilt die Annäherung an die Druckverteilung eines gesunden Fußes (höhere Werte unter der Großzehe und niedrigere unter dem medialen Mittelfuß) als gutes funktionelles Ergebnis. Allerdings weist die Regression im 95%-Konfidenzintervall eine große Streubreite auf, so dass im Einzelfall von einem hohen Wert unter der Großzehe nicht auch auf ein gutes Scoreergebnis nach McKay geschlossen werden kann. Die Meinungen über die Aussagekraft der Pedobarographie unter den Autoren differieren. Einige sehen in den Messungen ein gutes objektives Instrument, um den Schweregrad von Fußanomalien zu detektieren [43, 48], andere finden keine Korrelation zwischen den gemessenen Druckwerten und dem funktionellen Ergebnis [47]. Einigkeit besteht darin, dass die Pedobarographie in Kombination mit der klinischen Untersuchung, der Einschätzung des Patienten und ggf. radiologischen Aufnahmen ein probates Mittel zur Befunderhebung nach Klumpfußtherapie ist und gerade bei beschwerdefreien Patienten Aufschluss über eventuell klinisch stumme Ganganomalien geben kann [44, 128, 129]. Durch die höhere Objektivität der Messung im Vergleich zur klinischen Untersuchung eignet sie sich zum internationalen Vergleich von Nachuntersuchungen, so dass sich ihr Platz in der Befunderhebung in kommenden Studien festigen wird.

Doch letzten Endes ist der Patient der entscheidende Beurteiler seines Fußes und damit des Therapieerfolges.

V. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht anhand einer retrospektiven Längsschnittstudie (durchschnittlicher Nachuntersuchungszeitraum 19 Jahre [15,2-29,8 Jahre]) die klinischen und funktionellen Langzeitergebnisse von am Klumpfuß operierten Patienten nach Wachstumsabschluss im Vergleich zu den Ergebnissen einer früheren Nachuntersuchung (durchschnittlicher Nachuntersuchungszeitraum von 10 Jahren [4,8-19,8 Jahre]) desselben Patientenkollektivs. Es konnten 21 Patienten mit insgesamt 30 Klumpfüßen nachuntersucht werden (NU-Rate 45%).

Die klinischen Ergebnisse wurden anhand von vier verschiedenen Bewertungsscores mit folgenden Ergebnissen dargestellt (2008/1998): MCKAY sehr gut (0%/6,7%), gut (20%/23,3%), mäßig (66,7%/53,3%), schlecht (13,3%/16,7%); WYNNE-DAVIES gut (70%/80%), annehmbar (30%/16,7%), schlecht (0%/3,3%); LAAVEG-PONSETI sehr gut (36,7%/53,3%), gut (53,3%/26,7%), mäßig (10%/13,3%), schlecht (0%/6,7%); ADDISON zufrieden stellend (100%/100%), nicht zufrieden stellend (0%/0%). Es zeigte sich in allen Bewertungsscores ein Trend zu mittleren Punktwerten mit weniger schlechten aber auch weniger sehr guten oder guten Ergebnissen im Vergleich zur Nachuntersuchung von 1998.

Obwohl mehr Patienten (43%) über gelegentliche Schmerzen im operierten Fuß klagten (1998: 29%), wurde das subjektive Gesamtergebnis durch die Patienten zu beiden Untersuchungszeitpunkten gleich gut bewertet (durchschnittliche Note 2008 und 1998: 1,8); und selbst Patienten mit klinisch schlechtem Ergebnis fühlten sich im Alltag gar nicht oder nur wenig eingeschränkt und bewerteten ihr Behandlungsergebnis positiv. Das kosmetische Ergebnis erhielt jedoch durchgehend weniger gute Benotungen und war auch öfter Grund einer schlechteren Gesamtbewertung als das Auftreten von Schmerzen oder funktionellen Einschränkungen.

Die funktionelle Untersuchung erfolgte zu beiden Zeitpunkten mittels Pedobarographie. Signifikante Unterschiede zeigten sich für die Druckwerte unter der Großzehe und des medialen Mittelfußes. Somit wurden in Fußregionen, die 1998, im Vergleich zu einem gesunden Referenzkollektiv gemessen, als pathologisch relevante Bereiche beschrieben worden sind, 2008 signifikante Veränderungen – im Sinne einer Annäherung zu einer physiologischeren Druckbelastung des Fußes – festgestellt. Dabei korrelierten die klinischen Ergebnisse der Scores unterschiedlich stark mit den funktionellen Ergebnissen der Pedobarographie.

Zusammenfassend konnte keinerlei Rezidivtendenz mehr im Langzeitverlauf festgestellt werden. Die pedobarographischen Ergebnisse zeigen eher eine Verbesserung des Gangablaufes im 10-Jahreszeitraum.

VI. Literaturverzeichnis

1. Jeanty, P., et al., *In utero sonographic detection of hand and foot deformities*. J Ultrasound Med, 1985. 4(11): p. 595-601.
2. Tredwell, S.J., D. Wilson and M.A. Wilmink, *Review of the effect of early amniocentesis on foot deformity in the neonate*. J Pediatr Orthop, 2001. 21(5): p. 636-41.
3. Victoria-Diaz, A. and J. Victoria-Diaz, *Pathogenesis of idiopathic clubfoot*. Clin Orthop Relat Res, 1984(185): p. 14-24.
4. Robertson, W.W., Jr. and D. Corbett, *Congenital clubfoot. Month of conception*. Clin Orthop Relat Res, 1997(338): p. 14-8.
5. Edwards, M.J., *The experimental production of clubfoot in guinea-pigs by maternal hyperthermia during gestation*. J Pathol, 1971. 103(1): p. 49-53.
6. Palmer, R.M., *The Genetics of Talipes Equinovarus*. J Bone Joint Surg Am, 1964. 46: p. 542-56.
7. Wang, J.H., R.M. Palmer and C.S. Chung, *The role of major gene in clubfoot*. Am J Hum Genet, 1988. 42(5): p. 772-6.
8. Alvarado, D.M., et al., *Familial isolated clubfoot is associated with recurrent chromosome 17q23.1q23.2 microduplications containing TBX4*. Am J Hum Genet. 87(1): p. 154-60.
9. Wynne-Davies, R., *Family studies and aetiology of club foot*. J Med Genet, 1965. 2(4): p. 227-32.
10. Palmer, R.M., P.M. Conneally and P.L. Yu, *Studies of the inheritance of idiopathic talipes equinovarus*. Orthop Clin North Am, 1974. 5(1): p. 99-108.
11. Sodre, H., et al., *Arterial abnormalities in talipes equinovarus as assessed by angiography and the Doppler technique*. J Pediatr Orthop, 1990. 10(1): p. 101-4.
12. Atlas, S., L.C. Menacho and S. Ures, *Some new aspects in the pathology of clubfoot*. Clin Orthop Relat Res, 1980(149): p. 224-8.
13. Merrill, L.J., et al., *Vascular abnormalities correlate with decreased soft tissue volumes in idiopathic clubfoot*. Clin Orthop Relat Res. 469(5): p. 1442-9.
14. Vispo Seara, J.L., et al., *[Arterial blood flow in congenital idiopathic clubfoot]*. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 1996. 134(6): p. 533-6.
15. Feldbrin, Z., et al., *Muscle imbalance in the aetiology of idiopathic club foot. An electromyographic study*. J Bone Joint Surg Br, 1995. 77(4): p. 596-601.
16. Isaacs, H., et al., *The muscles in club foot--a histological histochemical and electron microscopic study*. J Bone Joint Surg Br, 1977. 59-B(4): p. 465-72.
17. Zimny, M.L., et al., *An electron microscopic study of the fascia from the medial and lateral sides of clubfoot*. J Pediatr Orthop, 1985. 5(5): p. 577-81.
18. Sano, H., et al., *Pathogenesis of soft-tissue contracture in club foot*. J Bone Joint Surg Br, 1998. 80(4): p. 641-4.
19. Karapinar, L., et al., *Congenital clubfoot associated with an accessory soleus muscle*. J Am Podiatr Med Assoc, 2008. 98(5): p. 408-413.
20. Bensahel, H., et al., *[Echography of the foot in newborn infants. Preliminary study]*. Chirurgie, 1994. 120(12): p. 105-106.
21. Ponseti, I.V., et al., *A radiographic study of skeletal deformities in treated clubfeet*. Clin Orthop Relat Res, 1981(160): p. 30-42.
22. Ippolito, E. and I.V. Ponseti, *Congenital club foot in the human fetus. A histological study*. J Bone Joint Surg Am, 1980. 62(1): p. 8-22.
23. Sherman, F.C. and G.W. Westin, *Plantar release in the correction of deformities of the foot in childhood*. J Bone Joint Surg Am, 1981. 63(9): p. 1382-9.

24. Irani, R.N. and M.S. Sherman, *The pathological anatomy of idiopathic clubfoot*. Clin Orthop Relat Res, 1972. 84: p. 14-20.
25. Carroll, N.C., R. McMurtry and S.F. Leete, *The pathoanatomy of congenital clubfoot*. Orthop Clin North Am, 1978. 9(1): p. 225-232.
26. Herzenberg, J.E., et al., *Clubfoot analysis with three-dimensional computer modeling*. J Pediatr Orthop, 1988. 8(3): p. 257-62.
27. Imhäuser, G., *Die Behandlung des idiopathischen Klumpfußes*, ed. F.E. Verlag. 1984, Stuttgart.
28. Döderlein, L., W. Wenz and U. Schneider, *Der Klumpfuß. Fußdeformitäten*, ed. S. Verlag. 1999, Berlin Heidelberg New York. 281.
29. Perugia, L., P.T. Pollini and E. Ippolito, *Radiographic study of congenital club foot*. Ital J Orthop Traumatol Suppl, 1976(2): p. 53-8.
30. McKay, D.W., *New concept of and approach to clubfoot treatment: section I-principles and morbid anatomy*. J Pediatr Orthop, 1982. 2(4): p. 347-56.
31. Turco, V.J. and A.J. Spinella, *Current management of clubfoot*. Instr Course Lect, 1982. 31: p. 218-34.
32. Scurran, B.L. and S.J. Devalentine, *Clubfoot considerations in the older child*. Clin Podiatr Med Surg, 1987. 4(1): p. 247-65.
33. DePuy, J. and J.C. Drennan, *Correction of idiopathic clubfoot: a comparison of results of early versus delayed posteromedial release*. J Pediatr Orthop, 1989. 9(1): p. 44-48.
34. Kite, J.H., *Nonoperative treatment of congenital clubfoot*. Clin Orthop Relat Res, 1972. 84: p. 29-38.
35. Wisbrun, W., *[Malposition of the heel in congenital clubfoot.]*. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 1954. 84(3): p. 451-8.
36. LeNoir, J.L., *A perspective focus on the indicated surgical treatment of resistant clubfoot in the infant*. South Med J, 1976. 69(7): p. 837-43.
37. Hamel, J. and W. Becker, *Sonographic assessment of clubfoot deformity in young children*. J Pediatr Orthop B, 1996. 5(4): p. 279-86.
38. Aurell, Y., et al., *Ultrasound anatomy in the neonatal clubfoot*. Eur Radiol, 2002. 12(10): p. 2509-17.
39. Grill, F., *[Congenital idiopathic clubfoot. Etiology, pathomorphology, therapy and results]*. Padiatr Padol, 1989. 24(4): p. 279-287.
40. Mammen, L. and C.B. Benson, *Outcome of fetuses with clubfeet diagnosed by prenatal sonography*. J Ultrasound Med, 2004. 23(4): p. 497-500.
41. Oto, M., et al., *Correlation between selective pedobarographic and radiographic measures in the assessment of surgically treated CTEV patients*. Eklem Hastalik Cerrahisi. 22(3): p. 145-8.
42. Young, M.J., et al., *The effect of callus removal on dynamic plantar foot pressures in diabetic patients*. Diabet Med, 1992. 9(1): p. 55-7.
43. Park, E.S., et al., *Dynamic foot pressure measurements for assessing foot deformity in persons with spastic cerebral palsy*. Arch Phys Med Rehabil, 2006. 87(5): p. 703-709.
44. Hee, H.T., E.H. Lee and G.S. Lee, *Gait and pedobarographic patterns of surgically treated clubfeet*. J Foot Ankle Surg, 2001. 40(5): p. 287-94.
45. Brand, R.A., et al., *The center of pressure path in treated clubfeet*. Clin Orthop Relat Res, 1981(160): p. 43-47.
46. Aksahin, E., et al., *Quantitative gait characteristics of children who had successful unilateral clubfoot operation*. Acta Orthop Traumatol Turc. 44(5): p. 378-84.
47. Sinclair, M.F., et al., *Pedobarographic analysis following Ponseti treatment for congenital clubfoot*. Clin Orthop Relat Res, 2009. 467(5): p. 1223-30.

48. Chang, C.H., F. Miller and J. Schuyler, *Dynamic pedobarograph in evaluation of varus and valgus foot deformities*. J Pediatr Orthop, 2002. 22(6): p. 813-818.
49. Jeans, K.A. and L.A. Karol, *Plantar pressures following ponseti and French physiotherapy methods for clubfoot*. J Pediatr Orthop, 2010. 30(1): p. 82-89.
50. Karol, L.A., K. Jeans and R. ElHawary, *Gait analysis after initial nonoperative treatment for clubfeet: intermediate term followup at age 5*. Clin Orthop Relat Res, 2009. 467(5): p. 1206-1213.
51. Cooper, D.M. and F.R. Dietz, *Treatment of idiopathic clubfoot. A thirty-year follow-up note*. J Bone Joint Surg Am, 1995. 77(10): p. 1477-1489.
52. Huber, H. and M. Dutoit, *Dynamic foot-pressure measurement in the assessment of operatively treated clubfeet*. J Bone Joint Surg Am, 2004. 86-A(6): p. 1203-1210.
53. Catterall, A., *A method of assessment of the clubfoot deformity*. Clin Orthop Relat Res, 1991(264): p. 48-53.
54. Dal Monte, A., et al., *Congenital clubfoot: results and therapeutic guidelines*. Ital J Orthop Traumatol, 1983. 9(1): p. 25-38.
55. Goldner, J.L., *Clubfoot*. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 1995. 24(10): p. 784, 790.
56. Dimeglio, A., et al., *Classification of clubfoot*. J Pediatr Orthop B, 1995. 4(2): p. 129-136.
57. Flynn, J.M., M. Donohoe and W.G. Mackenzie, *An independent assessment of two clubfoot-classification systems*. J Pediatr Orthop, 1998. 18(3): p. 323-7.
58. Harrold, A.J. and C.J. Walker, *Treatment and prognosis in congenital club foot*. J Bone Joint Surg Br, 1983. 65(1): p. 8-11.
59. Goriainov, V., J. Judd and M. Uglow, *Does the Pirani score predict relapse in clubfoot?* J Child Orthop. 4(5): p. 439-44.
60. Hefti, F., *Kinderorthopädie in der Praxis*, ed. S. Verlag. Vol. 2. 2006, Heidelberg.
61. Bor, N., J.A. Coplan and J.E. Herzenberg, *Ponseti treatment for idiopathic clubfoot: minimum 5-year followup*. Clin Orthop Relat Res, 2009. 467(5): p. 1263-1270.
62. Halanski, M.A., et al., *Ponseti method compared with surgical treatment of clubfoot: a prospective comparison*. J Bone Joint Surg Am. 92(2): p. 270-278.
63. Ponseti, I.V., et al., *Treatment of the complex idiopathic clubfoot*. Clin Orthop Relat Res, 2006. 451: p. 171-176.
64. Ponseti, I.V., *The treatment of congenital clubfoot*. J Orthop Sports Phys Ther, 1994. 20(1): p. 1.
65. Ponseti, I.V., *Correction of the talar neck angle in congenital clubfoot with sequential manipulation and casting*. Iowa Orthop J, 1998. 18: p. 74-5.
66. Boden, R.A., G.H. Nuttall and R.W. Paton, *A 14-year longitudinal comparison study of two treatment methods in clubfoot: Ponseti versus traditional*. Acta Orthop Belg. 77(4): p. 522-8.
67. www.klumpfuss-info.ch/gallery.html?g2_itemId=342. Dennis-Brown-Schiene. letzter Zugriff: 29.01.2011].
68. Janicki, J.A., et al., *A comparison of ankle foot orthoses with foot abduction orthoses to prevent recurrence following correction of idiopathic clubfoot by the Ponseti method*. J Bone Joint Surg Br. 93(5): p. 700-4.
69. McKay, D.W., *New concept of and approach to clubfoot treatment: section II--correction of the clubfoot*. J Pediatr Orthop, 1983. 3(1): p. 10-21.
70. Krauspe, R. and K. Parsch, *Correction of the clubfoot through a peritalar release using the Cincinnati approach*. Orthop Traumatol, 1995. 4: p. 121-136.
71. Bensahel, H., et al., *Surgery in residual clubfoot: one-stage medioposterior release "a la carte"*. J Pediatr Orthop, 1987. 7(2): p. 145-148.

72. Paulos, L., S.S. Coleman and K.M. Samuelson, *Pes cavovarus. Review of a surgical approach using selective soft-tissue procedures*. J Bone Joint Surg Am, 1980. 62(6): p. 942-53.
73. Metaizeau, J.P., et al., *[A computer-assisted study of the surgical treatment of talipes equinovarus]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1987. 73(6): p. 491-500.
74. Carroll, N.C. and R.H. Gross, *Operative management of clubfoot*. Orthopedics, 1990. 13(11): p. 1285-96.
75. Turco, V.J., *Resistant congenital club foot--one-stage posteromedial release with internal fixation. A follow-up report of a fifteen-year experience*. J Bone Joint Surg Am, 1979. 61(6A): p. 805-814.
76. Simons, G.W., *Complete subtalar release in club feet. Part II--Comparison with less extensive procedures*. J Bone Joint Surg Am, 1985. 67(7): p. 1056-1065.
77. McKay, D.W., *Surgical correction of clubfoot*. Instr Course Lect, 1988. 37: p. 87-92.
78. Brougham, D.I. and R.O. Nicol, *Use of the Cincinnati incision in congenital talipes equinovarus*. J Pediatr Orthop, 1988. 8(6): p. 696-698.
79. Alaei, F., S. Boehm and M.B. Dobbs, *A new approach to the treatment of congenital vertical talus*. J Child Orthop, 2007. 1(3): p. 165-174.
80. Ezra, E., et al., *Tibialis anterior tendon transfer for residual dynamic supination deformity in treated club feet*. J Pediatr Orthop B, 2000. 9(3): p. 207-11.
81. Fahmy, W.M., *Retrofibular transfer of tibialis posterior to control residual adduction deformity of clubfoot*. Int Orthop, 1983. 7(3): p. 191-3.
82. Grzegorzewski, A., et al., *[Split tibialis posterior tendon transfer on peroneus brevis for equinovarus foot in CP children]*. Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol, 2007. 72(2): p. 117-20.
83. Seringe, R. and R. Atia, *[Idiopathic congenital club foot: results of functional treatment (269 feet)]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1990. 76(7): p. 490-501.
84. McKay, D.W., *New concept of and approach to clubfoot treatment: Section III--evaluation and results*. J Pediatr Orthop, 1983. 3(2): p. 141-148.
85. Laaveg, S.J. and I.V. Ponseti, *Long-term results of treatment of congenital club foot*. J Bone Joint Surg Am, 1980. 62(1): p. 23-31.
86. Wynne-Davies, R., *Talipes Equinovarus. A Review of Eighty-Four Cases after Completion of Treatment*. J Bone Joint Surg Br, 1964. 46: p. 464-76.
87. Addison, A., J.A. Fixsen, and G.C. Lloyd-Roberts, *A review of the Dillwyn Evans type collateral operation in severe club feet*. J Bone Joint Surg Br, 1983. 65(1): p. 12-14.
88. Ponseti, I.V., *Relapsing clubfoot: causes, prevention, and treatment*. Iowa Orthop J, 2002. 22: p. 55-6.
89. Stoeck, K., *Langzeitergebnisse und Pedobarographie mit dem F-Scan nach operativer Therapie angeborener idiopathischer Klumpfüße und Vergleich mit einem gesunden Kollektiv*. Med Diss Lübeck, 2001.
90. D'Amico, J.C., *The F-Scan system with EDG module for gait analysis in the pediatric patient*. J Am Podiatr Med Assoc, 1998. 88(4): p. 166-75.
91. Bumann, M., *13. Biomechanik des Ganges und Messmethoden der Ganganalyse*, ed. 179-184.
92. Hegewald, G., *Ganganalytische Bestimmung und Bewertung der Druckverteilung unterm Fuß und von Gelenkwinkelverhältnissen - eine Methode für Diagnose und Therapie im medizinischen Alltag und für die Qualitätssicherung in der rehabilitationstechnischen Versorgung*. HU Berlin, 2000.

93. Lampe, R., et al., [*Plantar pressure measurement in children and youths during sports activities*]. *Klin Padiatr*, 2005. 217(2): p. 70-5.
94. Drerup, B., C. Beckmann and H.H. Wetz, [*Effect of body weight on plantar peak pressure in diabetic patients*]. *Orthopade*, 2003. 32(3): p. 199-206.
95. Burgkart, R., et al., [*Congenital clubfoot*]. *MMW Fortschr Med*, 2003. 145(14): p. 33-36.
96. Blockey, N.J. and M.G. Smith, *The treatment of congenital club foot*. *J Bone Joint Surg Br*, 1966. 48(4): p. 660-665.
97. Speer C.P., G.M., *Pädiatrie*, ed. S. Verlag. Vol. 2, Seite 985. 2005.
98. Dobbs, M.B., R. Nunley and P.L. Schoenecker, *Long-term follow-up of patients with clubfeet treated with extensive soft-tissue release*. *J Bone Joint Surg Am*, 2006. 88(5): p. 986-996.
99. Cummings, R.J., et al., *Can clubfeet be evaluated accurately and reproducibly? The Clubfoot. The present and the view of the future.*, ed. G.W. Simmons. Vol. 1. Auflage. 1994, New York: Springer-Verlag.
100. Ramanathan, A.K., et al., *A new scoring system for the evaluation of clubfoot: the IMAR-Clubfoot scale*. *Foot (Edinb)*, 2009. 19(3): p. 156-60.
101. Kalenderer, O., et al., [*Correlation of clinical and radiologic results of complete subtalar release in congenital clubfoot*]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2003. 37(5): p. 368-373.
102. Haasbeek, J.F. and J.G. Wright, *A comparison of the long-term results of posterior and comprehensive release in the treatment of clubfoot*. *J Pediatr Orthop*, 1997. 17(1): p. 29-35.
103. Herbsthofer, B., et al., *Significance of radiographic angle measurements in evaluation of congenital clubfoot*. *Arch Orthop Trauma Surg*, 1998. 117(6-7): p. 324-329.
104. Radler, C., et al., *Interobserver reliability of radiographic measurements of contralateral feet of pediatric patients with unilateral clubfoot*. *J Bone Joint Surg Am*. 92(14): p. 2427-35.
105. Miller, J.H. and S.M. Bernstein, *The roentgenographic appearance of the "corrected clubfoot"*. *Foot Ankle*, 1986. 6(4): p. 177-183.
106. Ippolito, E., et al., *Long-term comparative results in patients with congenital clubfoot treated with two different protocols*. *J Bone Joint Surg Am*, 2003. 85-A(7): p. 1286-1294.
107. Munshi, S., R.A. Varghese and B. Joseph, *Evaluation of outcome of treatment of congenital clubfoot*. *J Pediatr Orthop*, 2006. 26(5): p. 664-672.
108. Krämer, K.L. and F.P. Maichl, *Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie*, ed. T. Verlag. 1993, Stuttgart, New York.
109. Lampasi, M., et al., *Transfer of the tendon of tibialis anterior in relapsed congenital clubfoot: long-term results in 38 feet*. *J Bone Joint Surg Br*. 92(2): p. 277-83.
110. van Gelder, J.H., et al., *Long-term results of the posteromedial release in the treatment of idiopathic clubfoot*. *J Pediatr Orthop*. 30(7): p. 700-4.
111. Yamamoto, H. and K. Furuya, *One-stage posteromedial release of congenital clubfoot*. *J Pediatr Orthop*, 1988. 8(5): p. 590-595.
112. Magone, J.B., et al., *Comparative review of surgical treatment of the idiopathic clubfoot by three different procedures at Columbus Children's Hospital*. *J Pediatr Orthop*, 1989. 9(1): p. 49-58.
113. Papiez, M., A. Tokarowski and B. Wojcik, [*Clinical evaluation of surgical treatment of congenital clubfoot by peri-talar release*]. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol*, 1992. 57(4-6): p. 363-367.

114. Schleicher, I., et al., *Follow up of complete subtalar release for clubfoot--Evolution of different scores*. Foot Ankle Surg. 18(1): p. 55-61.
115. Wei, S.Y., R.J. Sullivan and R.S. Davidson, *Talo-navicular arthrodesis for residual midfoot deformities of a previously corrected clubfoot*. Foot Ankle Int, 2000. 21(6): p. 482-485.
116. Huber, H., R. Galantay and M. Dutoit, *Avascular necrosis after osteotomy of the talar neck to correct residual club-foot deformity in children. A long-term review*. J Bone Joint Surg Br, 2002. 84(3): p. 426-30.
117. Wallander, H., et al., *Patient-reported outcome at 62 to 67 years of age in 83 patients treated for congenital clubfoot*. J Bone Joint Surg Br, 2009. 91(10): p. 1316-21.
118. Bjorness, T., *Congenital clubfoot. A follow-up of 95 persons treated in Sweden from 1940-1945 with special reference to their social adaption and subjective symptoms from the foot*. Acta Orthop Scand, 1975. 46(5): p. 848-856.
119. Riad, J., et al., *Reliability of pediobarographs for paediatric foot deformity*. J Child Orthop, 2007. 1(5): p. 307-312.
120. Andriesse, H., G. Hagglund and P.E. Isberg, *Reliability and validity of motion analysis in children treated for congenital clubfoot according to the Clubfoot Assessment Protocol (CAP) using inexperienced assessors*. BMC Res Notes, 2009. 2: p. 103.
121. Hopson, M.M., T.G. McPoil and M.W. Cornwall, *Motion of the first metatarsophalangeal joint. Reliability and validity of four measurement techniques*. J Am Podiatr Med Assoc, 1995. 85(4): p. 198-204.
122. Hughes, J., et al., *A comparison of two studies of the pressure distribution under the feet of normal subjects using different equipment*. Foot Ankle, 1993. 14(9): p. 514-519.
123. Imamura, M., et al., *Pedobarometric evaluation of the normal adult male foot*. Foot Ankle Int, 2002. 23(9): p. 804-10.
124. Mittlmeier, T. and M.M. Morlock, *[Static and dynamic loading measurements of the post-traumatic foot]*. Orthopade, 1991. 20(1): p. 22-32.
125. Widhe, T. and L. Berggren, *Gait analysis and dynamic foot pressure in the assessment of treated clubfoot*. Foot Ankle Int, 1994. 15(4): p. 186-190.
126. McPoil, T.G. and M.W. Cornwall, *Variability of the center of pressure pattern integral during walking*. J Am Podiatr Med Assoc, 1998. 88(6): p. 259-67.
127. Cornwall, M.W. and T.G. McPoil, *Comparison of 2-dimensional and 3-dimensional rearfoot motion during walking*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1995. 10(1): p. 36-40.
128. Tareco, J., et al., *Percutaneous fixation in clubfoot surgery: a radiographic and gait study*. J Pediatr Orthop B, 2002. 11(2): p. 139-142.
129. Hutchinson, R.J., et al., *Assessment of Ilizarov correction of club-foot deformity using pedobarography. A preliminary report*. J Bone Joint Surg Br, 2001. 83(7): p. 1041-5.

VII. Anhang

1. Pedobarographie

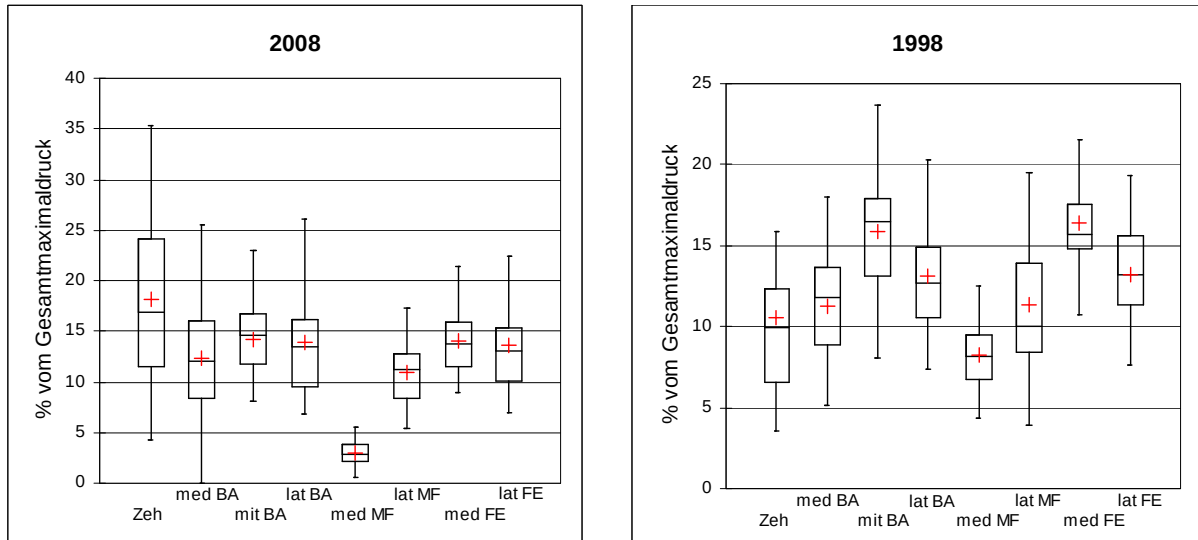
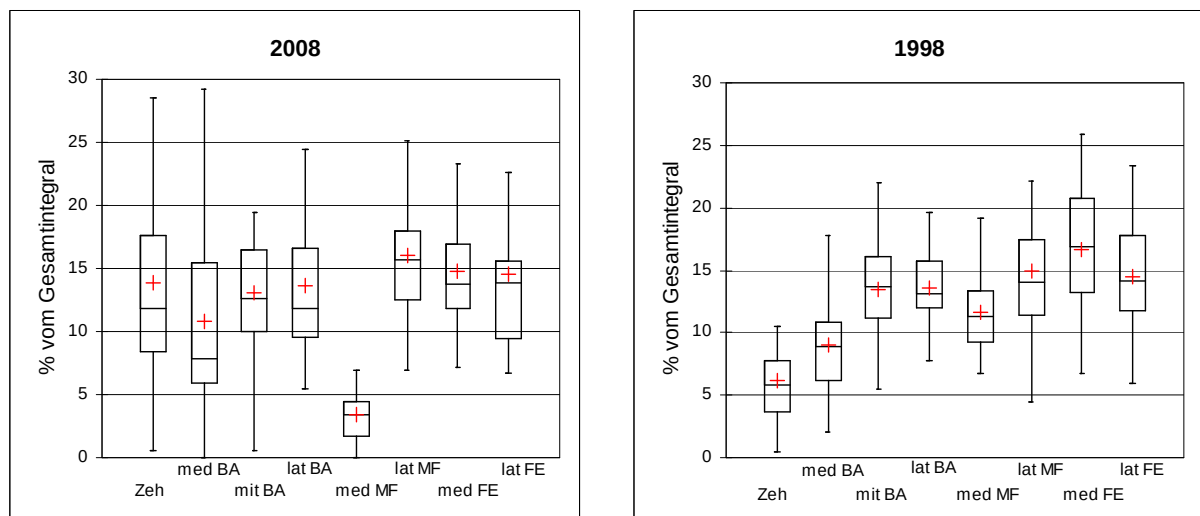


Abbildung 28: Boxplotdarstellung des relativen Maximaldrucks mit Minimum, 1. Quartil, Mittelwert (+), Median, 3. Quartil, Maximum (siehe Abbildung 19, S. 47)

	Zeh	med BA	mit Ba	lat BA	med MF	lat MF	med FE	lat FE
2008	18,13 (8,00)	12,37 (6,19)	14,13 (4,20)	13,86 (5,00)	3,05 (1,55)	10,86 (3,16)	14,00 (3,08)	13,61 (4,47)
1998	10,54 (5,14)	11,25 (3,23)	15,86 (3,75)	13,09 (3,26)	8,26 (2,31)	11,32 (4,92)	16,43 (4,34)	13,24 (3,07)

Tabelle 10: Mittelwerte und (Standardabweichungen) für den relativen Maximaldruck (Abbildung



19,S.47)

Abbildung 29: Boxplotdarstellung des relativen Berührungsdruckintegrals mit Minimum, 1. Quartil, Mittelwert (+), Median, 3. Quartil, Maximum

	Zeh	med BA	mit BA	lat BA	med MF	lat MF	med FE	lat FE
2008	13,83 (6,81)	10,76 (7,01)	13,02 (5,29)	13,68 (5,50)	3,36 (2,24)	16,00 (5,19)	14,81 (5,18)	14,54 (6,90)
1998	6,17 (3,86)	8,97 (3,75)	13,52 (3,66)	13,57 (3,39)	11,68 (3,19)	14,90 (5,33)	16,69 (5,71)	14,50 (4,32)

Tabelle 11: Mittelwerte und (Standardabweichungen) für das relative Berührungsdruckinteral

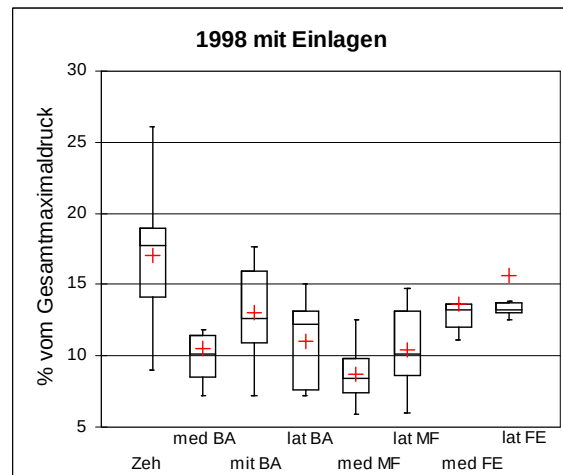
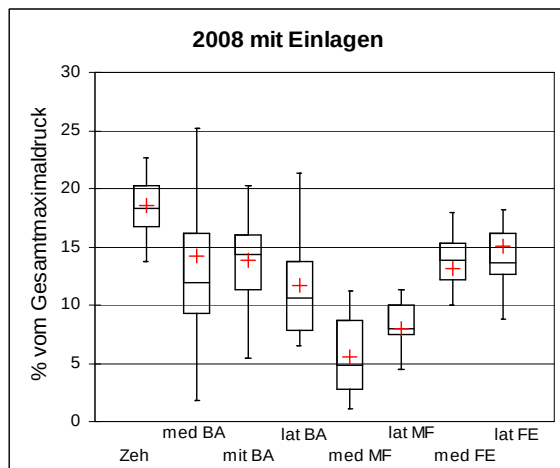


Abbildung 30: Boxplotdarstellung des relativen Maximaldrucks mit Einlagen mit Minimum, 1. Quartil, Mittelwert (+), Median, 3. Quartil, Maximum (siehe Abbildung 20, S. 49)

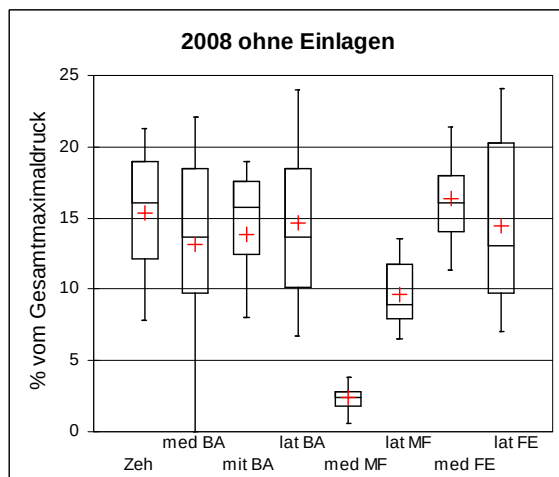


Abbildung 31: Boxplotdarstellung des relativen Maximaldrucks ohne Einlagen der 10 Füße mit Einlagenversorgung mit Minimum, 1. Quartil, Mittelwert (+), Median, 3. Quartil, Maximum (siehe Abbildung 20, S. 49)

	2008 mit Einlagen	1998 mit Einlagen	2008 ohne Einlagen
Zeh	18,56 (5,54)	17,10 (5,38)	15,39 (4,26)
med BA	14,16 (8,57)	10,48 (2,84)	13,18 (6,73)
mit BA	13,86 (4,07)	13,02 (3,25)	13,86 (5,26)
lat BA	11,68 (4,85)	11,06 (2,99)	14,65 (5,68)
med MF	5,52 (3,42)	8,71 (2,07)	2,41 (1,13)
lat MF	8,00 (2,42)	10,40 (2,92)	9,67 (2,34)
med FE	13,17 (3,99)	13,61 (2,16)	16,39 (3,08)
lat FE	15,04 (5,06)	15,61 (6,61)	14,46 (5,93)

Tabelle 12: Mittelwerte und (Standardabweichungen) für den relativen Maximaldruck mit und ohne Einlagen (siehe Abbildung 20, S. 49)

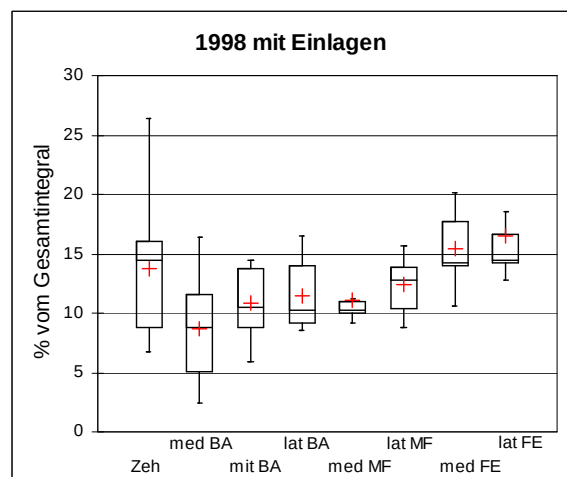
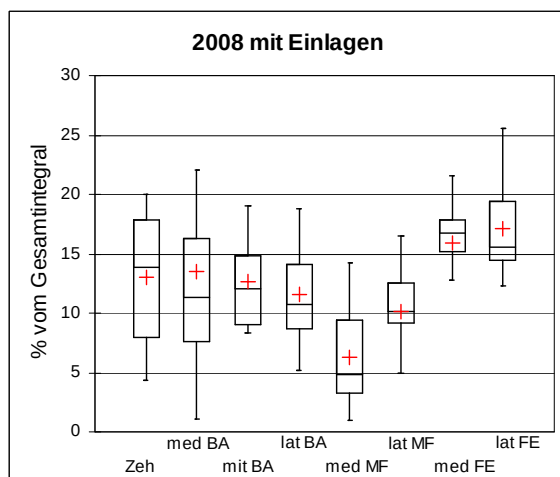


Abbildung 32: Boxplotdarstellung des relativen Brührungsdruckintegrals mit Einlagen mit Minimum, 1. Quartil, Mittelwert (+), Median, 3. Quartil, Maximum

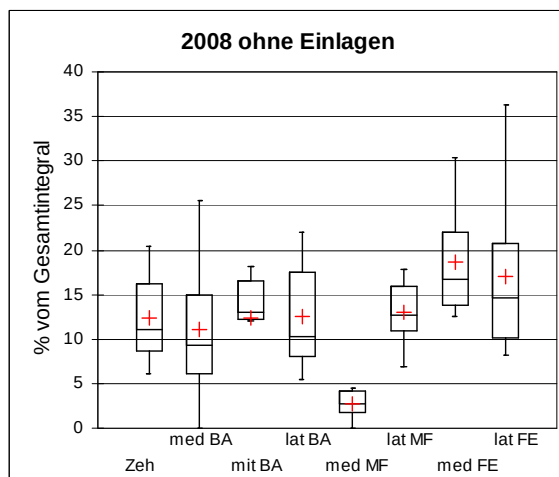


Abbildung 33: Boxplotdarstellung des relativen Brührungsdruckintegrals ohne Einlagen der 10 Füße mit Einlagenversorgung mit Minimum, 1. Quartil, Mittelwert (+), Median, 3. Quartil, Maximum

	2008 mit Einlagen	1998 mit Einlagen	2008 ohne Einlagen
Zeh	13,01 (5,35)	13,72 (5,54)	12,41 (4,57)
med BA	13,50 (9,13)	8,63 (4,08)	11,07 (7,08)
mit BA	12,64 (3,83)	10,81 (2,81)	12,42 (5,28)
lat BA	11,52 (4,52)	11,50 (2,73)	12,57 (5,59)
med MF	6,32 (4,25)	11,05 (1,92)	2,73 (1,56)
lat MF	10,07 (3,79)	12,36 (2,16)	13,04 (3,23)
med FE	15,85 (4,76)	15,41 (2,97)	18,65 (5,91)
lat FE	17,10 (4,39)	16,52 (4,88)	17,10 (8,93)

Tabelle 13: Mittelwerte und (Standardabweichungen) für das relative Brührungsdruckintegral mit und ohne Einlagen

gesunder Fuß	Zeh	med BA	mit BA	lat BA	med MF	lat MF	med FE	lat FE
Maximaldruck	16,73 (5,25)	20,39 (4,27)	15,39 (2,73)	12,79 (2,91)	1,99 (1,26)	8,07 (2,35)	12,80 (2,53)	11,85 (2,84)
Berührungsdruck-integral	11,45 (4,13)	19,66 (5,86)	17,70 (3,77)	12,68 (3,55)	1,44 (1,45)	8,48 (3,56)	15,55 (5,09)	13,02 (3,82)

Tabelle 14: Mittelwerte und (Standardabweichungen) für den Maximaldruck und das Brührungsdruckintegral des gesunden Referenzkollektivs von 2008 (siehe Abbildung 34, S. 74)

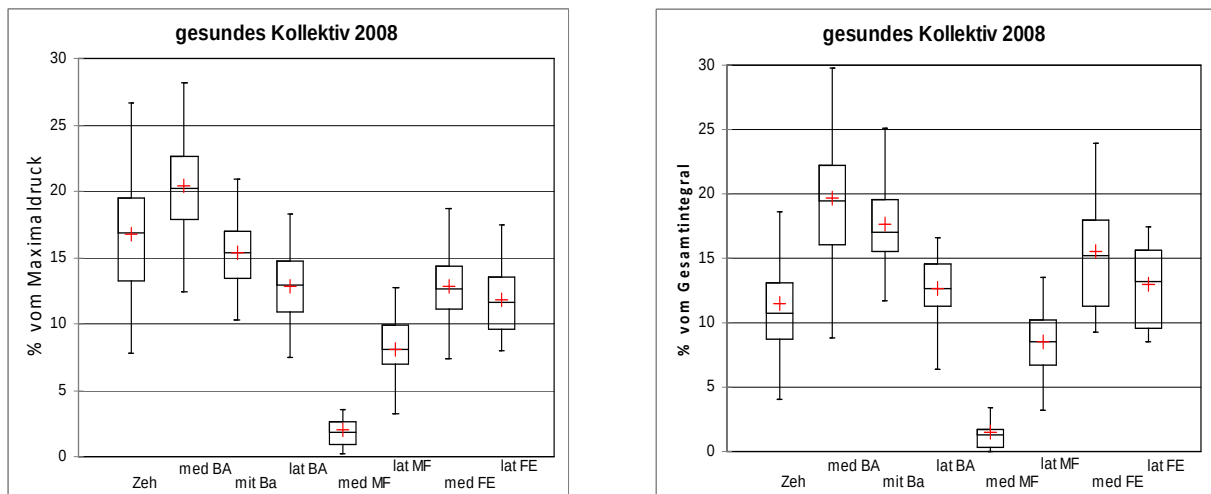


Abbildung 34: Boxplotdarstellung des relativen Maximaldrucks und Berührungsdruckintegrals des gesunden Referenzkollektivs von 2008 mit Minimum, 1. Quartil, Mittelwert (+), Median, 3. Quartil, Maximum (siehe Abbildung 19, S. 47 und Abbildung 20, S. 49 und Abbildung 21, S. 50)

2. Richtlinie für die Boxfestlegung und COPP

Für die Festlegung der Boxbegrenzung (siehe Abbildung 6, Seite 32) galten folgende Regeln:

Die distale Abgrenzung des Ballens zu den Zehen wurde dort gezogen, wo sich die längste waagerechte Reihe abgrenzen ließ, in der sich drei Kästchen (Druckmesspunkte) gleichen Ranges nebeneinander befanden. Die proximale Begrenzung in Längsrichtung des Fußes lag dort, wo sich die längste waagerechte Reihe in Richtung Mittelfuß mit mindestens zwei Kästchen (nicht unbedingt direkt nebeneinander) abgrenzen ließ. Die weitere Aufteilung des Fußes in Mittelfuß- und Fersenbereich erfolgte durch Halbierung der Strecke. War eine Kästchenanzahl ungerade, wurde der Mittelfußbereich eine Reihe größer gewählt. Mediale und laterale Mittelfuß- bzw. Fersenbox ergaben sich aus Halbierung der Breite, bei ungerader Kästchenzahl wurde hier die jeweils laterale Box schmäler gewählt. Konnte der Ballenbereich z. B. wegen breiter Belastungszone im Mittelfußbereich beim Knick-Senkfuß nicht zu diesem abgegrenzt werden, wurde der gesamte Fuß ohne den Zehenbereich in Längsrichtung in drei gleich große Teile geteilt. War die Teilung in drei gleiche Teile nicht möglich, wurden die Ballen- und Fersenboxen immer in gleicher Größe gewählt, die Mittelfußboxen konnten davon abweichend eine Kästchenreihe größer oder kleiner sein. Die gleichen Kriterien galten auch für die Dreiteilung des Ballens von medial nach lateral, wobei medialer und lateraler Ballenbereich gleich groß waren, der mittlere Ballenbereich jedoch größer oder kleiner ausfallen konnte.

Wir führten manuell an den auf DIN A4 ausgedruckten Fußabdrücken folgende Schritte in der Auswertung durch (siehe Abbildung 7, Seite 33):

Die Fußlängsachse wurde durch eine Verbindungslinie zwischen der Fersenmitte und dem medialen Drittel des distalen Ballens festgelegt. Auf dieser Hilfslinie wurden der Beginn und das Ende der Lastabtragungslinie im rechten Winkel dazu markiert. Die entstehende Strecke wurde in drei gleich große Teile geteilt und der Abstand der Lastabtragungslinie (COPP) von der Fußlängsachse bei 1/3 und 2/3 der markierten Strecke bestimmt. So konnte der Abstand der COPP von der Fußlängsachse im distalen und proximalen Messpunkt in Zentimetern angegeben werden. Die auf der Fußlängsachse gemessene Fußlänge in Zentimetern wurde zum gemessenen distalen und proximalen Abstand der COPP ins Verhältnis gesetzt: Es ergab sich der distale bzw. proximale „Deviationsquotient“.

3. Korrelationen

	Addison	Laaveg-Ponseti	McKay	Wynne-Davies
Addison	1	0,458	0,417	0,211
Laaveg-Ponseti	0,458	1	0,578	0,636
McKay	0,417	0,578	1	0,714
Wynne-Davie	0,211	0,636	0,714	1

Tabelle 15: Korrelationskoeffizienten zwischen den Scores, Werte in Fettdruck sind von Null verschieden mit einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$, graphische Darstellung der unterstrichenen Korrelation in Abbildung 18, Seite 46

Score	Jahr	Zeh	med BA	mit BA	lat BA	med MF	lat MF	med FE	lat FE
Addison	1998	0,205		0,460	-0,019	-0,426	-0,257	-0,258	-0,164
	2008	0,313	0,360 0,328	0,194	-0,430	-0,059	-0,474	-0,017	-0,371
Laaveg-Ponseti	1998	0,313	-0,161	-0,001	0,168	-0,180	-0,004	-0,266	-0,014
	2008	0,439	0,083	0,051	-0,365	0,315	-0,272	-0,140	-0,361
McKay	1998	0,489	0,402	0,322	0,002	-0,635	-0,565	-0,038	-0,198
	2008	0,431	0,270	0,367	-0,392	0,176	-0,412	-0,434	-0,521
Wynne-Davies	1998	0,518	0,352	0,364	-0,021	-0,537	-0,713	0,027	-0,148
	2008	0,518	0,069	0,007	-0,359	-0,218	-0,438	-0,151	-0,288

Tabelle 16: Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Scores und den relativen Maximaldrücken, Werte in Fettdruck sind von Null verschieden mit einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$, graphische Darstellung der unterstrichenen Korrelationen in Abbildung 26 und Abbildung 27, Seite 53

Score	Jahr	Zeh	med BA	mit BA	lat BA	med MF	lat MF	med FE	lat FE
Addison	1998	0,029	0,321	0,452	0,065	-0,468	-0,329	-0,126	-0,164
	2008	0,328	0,236	0,241	-0,117	0,078	-0,142	-0,199	-0,422
Laaveg- Ponseti	1998	-	-0,153	-0,043	0,178	-0,346	-0,137	0,022	0,035
	2008	0,355 0,341	0,062	0,024	-0,238	0,516	0,031	-0,135	-0,318
McKay	1998	0,505	0,475	0,471	0,369	-0,776	-0,584	-0,072	-0,163
	2008	0,364	0,297	0,397	-0,065	0,277	-0,088	-0,450	-0,600
Wynne- Davies	1998	0,542	0,516	0,537	0,255	-0,680	-0,698	-0,031	-0,184
	2008	0,458	0,077	0,024	-0,143	0,312	-0,142	-0,148	-0,318

Tabelle 17: Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Scores und des relativen Berührungsdruckintegrals, Werte in Fettdruck sind von Null verschieden mit einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$

Fußbereich	Jahr	Maximaldruck		Berührungsdruckintegral	
		Gewicht	Alter	Gewicht	Alter
Zeh	1998	0,342	0,375	0,528	0,371
	2008	0,534	0,347	0,503	0,408
med BA	1998	0,213	0,312	0,387	0,322
	2008	0,227	0,136	0,085	0,324
mit BA	1998	0,495	0,511	0,756	0,562
	2008	0,320	0,119	0,190	0,239
lat BA	1998	0,531	0,492	0,686	0,553
	2008	0,329	0,011	0,283	0,085
med MF	1998	0,014	0,008	0,389	0,257
	2008	0,538	0,087	0,570	0,048
lat MF	1998	0,138	0,170	0,369	0,299
	2008	0,347	0,073	0,261	0,029
med FE	1998	0,494	0,528	0,814	0,655
	2008	0,577	0,085	0,356	0,104
lat FE	1998	0,727	0,750	0,846	0,686
	2008	0,258	0,123	0,089	0,061

Tabelle 18: Korrelationskoeffizienten für Gewicht und Alter für den absoluten Maximaldruck und das absolute Berührungsdruckintegral, Werte in Fettdruck sind von Null verschieden mit einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$

4. Pedobarographische Darstellung mit unterschiedlichem Scoreergebnis nach McKay 2008

gesunder Fuß,
weiblich,
23 Jahre, 65 kg

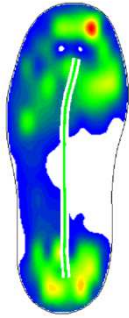


Abbildung 35

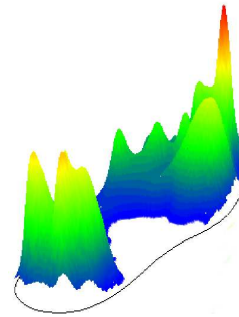


Abbildung 36

Klumpfuß,
männlich,
27 Jahre, 77 kg,
GUTER Score nach
McKay

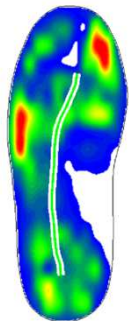


Abbildung 41

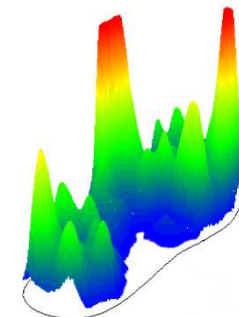


Abbildung 372

Klumpfuß,
weiblich,
16 Jahre, 76 kg,
MÄßIGER Score
nach McKay

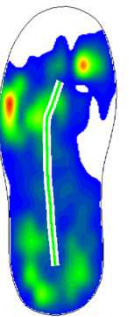


Abbildung 38

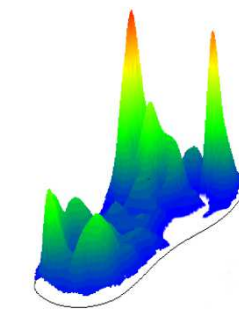


Abbildung 39

Klumpfuß,
männlich,
19 Jahre, 70 kg,
SCHLECHTER
Score nach McKay

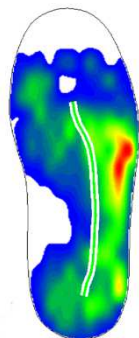


Abbildung 40

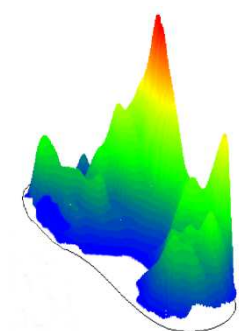


Abbildung 41

5. Fragebogen

Fragebogen zur Klumpfußbehandlung

Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich
Zwilling: nein ☐ ja ☐ wenn ja, sind Sie: ☐ eineiig ☐ zweieiig ☐
Waren Sie das erste Kind? Ja ☐ nein ☐ ich war das _____ Kind.
Alter: _____ Jahre

Klumpfuß: rechts ☐ links ☐ beidseits ☐

Sind andere Fehlbildungen (z.B. angeborene Hüftluxation und andere) **vorhanden?**

Nein ☐ ja ☐

wenn ja,

welche: _____

Bekannte Fehlbildungen in der Familie:

Mutter: _____

Vater: _____

Geschwister: _____

Großeltern: _____

Schwangerschaft: ☐ normaler Verlauf
☐ Probleme welche: ☐ Blutung
☐ Hoher Blutdruck
☐ Andere: _____

Geburt: ☐ zum Termin (14 Tage vor oder nach errechnetem Termin)
☐ Frühgeburt

☐ Nach dem errechneten Termin (später als 42. Woche)

☐ Aus normaler Lage

☐ Aus Beckenendlage

☐ Aus Querlage

☐ Aus einer anderen Lage welche? _____

Entbindung:

☐ normal

☐ Kaiserschnitt

☐ Zange (Forceps)

☐ Saugglocke (Vakuumextraktion)

☐ sonstiges warum: _____

Mutter:

Das Alter Ihrer Mutter in der Schwangerschaft: _____ Jahre

Hat Ihre Mutter in der Schwangerschaft geraucht? ☐ nein ☐ ja

wenn ja, wie viele Zigaretten pro Tag? _____

Hat Ihre Mutter in der Schwangerschaft Alkohol getrunken?

☐ nein ☐ ja

wenn ja, was und wie viel _____

Hat Ihre Mutter in der Schwangerschaft Medikamente eingenommen?

☐ nein ☐ ja

wenn ja, welche _____

Spezielle Fragen

1. Mit welchen Hilfsmitteln sind Sie zur Zeit versorgt?

Wie lange insgesamt?

a) Einlagen	☐ ja	☐ nein	_____Wo/M/Jahre
b) Tagesschiene	☐ ja	☐ nein	_____Wo/Mo/Jahre
c) Nachtschiene	☐ ja	☐ nein	_____Wo/Mo/Jahre
d) Orthopädische Schuhe	☐ ja	☐ nein	_____Wo/Mo/Jahre
e) andere: _____	☐ ja	☐ nein	_____Wo/Mo/Jahre

2. Welche Art von Schuhen tragen Sie? Wie lange insgesamt?

a) normale Konfektionsschuhe ☐ ja ☐ nein

_____Wo/Mo/Jahre

b) Orthopädische Schuhe ☐ ja ☐ nein

_____Wo/Mo/Jahre

3. Wenn Sie normale Schuhe tragen,

a) haben Sie Probleme mit dem Schuh? ☐ ja ☐ nein

b) deformiert der Fuß den Schuh? ☐ ja ☐ nein

c) passen die Schuhe? ☐ ja ☐ nein

d) haben Sie verschiedene Schuhgrößen? ☐ ja ☐ nein

wenn ja, welche? rechts: _____ links: _____

4a. Waren Sie nach den Kontrolluntersuchungen in der Uniklinik noch weiter wegen des Fußes/ wegen der Füße in ärztlicher Behandlung?

☐ ja ☐ nein

b. Wenn ja, wo waren Sie in Behandlung? Weshalb? (z. B. zur Schienenversorgung)

1) ☐ beim Kinderarzt _____

2) ☐ beim Orthopäden _____

3) ☐ beim Hausarzt _____

4) ☐ bei einem anderen Arzt _____

welcher? _____

c. Wie lange sind / waren Sie bei dem betreffenden Arzt in Behandlung?

Arzt-Nr: _____ Zeitraum: _____ Wo / Mo / Jahre

Arzt-Nr: _____ Zeitraum: _____ Wo / Mo / Jahre

5. Machen Sie Krankengymnastik in einer Krankengymnastikpraxis?

a) Habe ich früher gemacht. ☐ ja ☐ nein

wenn ja, wie lange? _____Wo/Mo/Jahre

b) Mache ich zur Zeit. ☐ ja ☐ nein

wenn ja, wie oft? ☐ 1x pro Woche ☐ 2x pro Woche

☐ 3x pro Woche ☐ 4x pro Woche

6. Machen Sie selbstständig redressierende Gymnastik?

a) aktuell: ☐ ja ☐ nein

wenn ja, wie oft? _____Mal pro Tag/Woche

b) früher: ☐ ja ☐ nein

wenn ja, wie oft? _____Mal pro Tag/Woche

7a. Üben Sie einen Sport aus? ☐ ja ☐ nein

Wenn ja, welche Sportart(en)? : _____

in der Schule/Universität/Ausbildungsstätte ☐ ja ☐ nein

in der Freizeit ☐ ja ☐ nein

im Verein ☐ ja ☐ nein

- Wie oft? ☐ selten ☐ gelegentlich
 ☐ 1x pro Woche ☐ mehrmals pro Woche

b. Können Sie wegen Ihres Fußes / Ihrer Füße keinen Sport machen?

- ☐ ja, stimmt ☐ nein, ich kann Sport machen

8. Hinken Sie?

- ☐ nein ☐ ja

Wenn ja, wann hinken Sie?

- ☐ beim normalen Gehen
☐ nach längerem Gehen
☐ beim Laufen
☐ nach längerem Laufen

9. Stolpern Sie über Ihre Füße?

- ☐ nein
☐ ja ☐ beim Gehen
 ☐ beim Laufen
 ☐ wenn ich müde bin

10. Fällt Ihnen bei Ihrem Gangbild etwas auf?

- ☐ die Füße sind beim Gehen nach innen gedreht
☐ die Füße sind beim Gehen nach außen gedreht
☐ ich rolle über die Fußaußenkante ab
☐ anderes _____

11. Haben Sie Schmerzen im operierten Fuß?

☐ ja ☐ nein

12. Wenn ja, wann treten Schmerzen auf?

(bitte nur **eine Antwort** ankreuzen)

- a) in Ruhe / dauernd ☐
- b) *gelegentlich* unter alltäglicher Belastung ☐
- c) *gelegentlich* unter starker Belastung ☐
- d) *immer* am Ende eines Tages mit körperlicher Belastung ☐
- e) beim Gehen ☐
- f) *nur* nach starker Belastung (z.B. Laufen, Sport) ☐
- g) bei bestimmten Bewegungen ☐

⇒ welche? _____

13. Wo sind die Schmerzen am stärksten?

(Bitte nur **eine Antwort** ankreuzen)

- a) an der Ferse ☐
- b) am Sprunggelenk ☐
- c) am gesamten Fuß ☐
- d) am Mittelfuß ☐
- e) am Vorfuß ☐
- f) an anderer Stelle ☐

wo? _____

14. Welche Strecke können Sie ohne Schmerzen zurücklegen?

- ☐ 50 Meter
- ☐ 100 Meter
- ☐ 500 Meter
- ☐ 1 Kilometer
- ☐ 2 Kilometer
- ☐ mehr als 2 Kilometer

15. Wie sind Sie mit dem erzielten Ergebnis zufrieden?

- ☐ sehr zufrieden (Note 1)
- ☐ teilweise zufrieden (Note 2)
- ☐ weder zufrieden noch unzufrieden (Note 3)
- ☐ teilweise unzufrieden (Note 4)
- ☐ sehr unzufrieden (Note 5)

Wenn Sie Note 2 oder schlechter gewählt haben, warum sind Sie unzufrieden?
(Mehrfachauswahl möglich)

- ☐ Schmerzen
- ☐ Aussehen des Fußes
- ☐ Behinderung im Alltag
- ☐ sonstiges : _____

16. Wie finden Sie das kosmetische Ergebnis (Unterschenkel, Wade Fußstellung)?

- ☐ sehr gut
- ☐ gut
- ☐ befriedigend
- ☐ schlecht
- ☐ sehr schlecht

17. Fühlen Sie sich im täglichen Leben beeinträchtigt?

- ☐ ja ☐ nein

Wenn ja, wodurch? _____

18. Der Klumpfuß (Bitte nur **eine Antwort** ankreuzen)

- ☐ schränkt meine Aktivität nicht ein
- ☐ schränkt *gelegentlich* starke Aktivitäten ein
- ☐ schränkt *immer* starke Aktivitäten ein
- ☐ schränkt *gelegentlich* meine alltäglichen Aktivitäten ein
- ☐ schränkt *immer* meine alltäglichen Aktivitäten ein
- ☐ tut beim Gehen weh

19. Würden Sie die gleiche Operation nochmals durchführen lassen?

- ☐ ja ☐ nein

20. Platz für Äußerungen, Kritiken, Anregungen.....

6. Nachuntersuchungsbogen

<u>Nachuntersuchungsbogen</u>			
Gewicht _____ kg Größe _____ m			
Datum:	rechts		links
Dorsalextension OSG (aktiv, passiv)	a	p	a p
Dorsalextension OSG (90° KG-Flex)	a	p	a p
Plantarflexion OSG (aktiv, passiv)	a	p	a p
Plantarflexion OSG (90° KG-Flex)	a	p	a p
Inversion (aktiv, passiv)	a	p	a p
Eversion (aktiv, passiv)	a	p	a p
Dorsalextension / Plantarflexion Hallux (akt/pass)	a	p	a p
Varusbewegung /Valgusbewegung Ferse			
Tricepskraft Einbeinstand			
Tricepskraft beide Beine			
Flexor hallucis longus Funktion(Voll,Partial,Nicht)			
Beinlänge (SIAS-Malleolus lat) RL / Stand	/		/
Unterschenkellänge (lat KG-Spalt-Mail lat)			
Fußlänge / Fußbreite	/		/
Unterschenkelumfang(25% d BL lat KG-Sp dist)			
Unterschenkel (schmalste / dickste Stelle)	s	d	s d
Oberschenkelumfang(25% d BL lat KG-Sp prox)			
Bimalleolar-longitudinal- Achse			
Puls / Durchblutung			
Sensibilität			
Zehengang / Hackengang	/		/
Innenkantengang / Außenkantengang	/		/
Gangbild (Irot, Arot, normal)			
Fersenpositon im Stehen(Neutral,Varus,Valgus)			
Vorfußaussehen (Neutral, Abd, Add)			
Supinationsstellung			
Fußform (Hacken,Knick,Normal,Platt,Schaukel, Senk,Sichel)			
Schwielen / Druckstellen			
Narben			
deformierter Schuh			
Sonstiges			

Danksagung

An erster Stelle möchte ich meinem Betreuer, Herrn Prof. Dr. med. Martin Russlies danken, der meine Arbeit sorgfältig begleitet und mich durch seine kritischen und konstruktiven Hinweise immer wieder zu neuen Verbesserungen angeregt hat. Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. med. Barbara Behnke, die meine Arbeit in allen fachlichen und organisatorischen Bereichen ständig unterstützt hat.

Ein Dank gilt auch Herrn Hilmar Hochmuth für die technische Unterstützung während der klinischen Untersuchung und so mancher Überstunde, die er dabei auf sich genommen hat. Natürlich bedanke ich mich auch bei den Schwestern und Mitarbeitern der Poliklinik für Orthopädie in der Universitätsklinik Lübeck für die unkomplizierte Hilfe beim Suchen nach den relevanten Akten und Adressen sowie für die Organisation der Untersuchungstermine. Ein herzliches Dankeschön geht auch an Frau Dr. med. Katja Stöhr für die Überlassung der Daten aus der ersten Untersuchungsreihe.

Danken möchte ich auch meinen Eltern für inspirierende und ermutigende Gespräche zum Fortgang der Arbeit.

Lebenslauf

Louise Thieme
geb. am: 28.04.1985



Universitäre Ausbildung

Oktober 2003-November 2009

Studium der Humanmedizin an der Universität zu Lübeck

5. September 2005

Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung nach neuer AO, Note: gut (2,5)

9. November 2009

Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung nach neuer AO, Note: gut (2,0)

30. April 2010

Erhalt der Approbation

Praktisches Jahr

Innere-Tertial

18. August 2008-7. Dezember 2008

Sana-Klinik Lübeck

Chefarzt: PD Dr. med. Sebastian Fetscher

Chefarzt: PD Dr. med. Matthias J. Bahr

Chirurgie-Tertial

8. Dezember 2008-29. März 2009

Spital Lachen, Schweiz

Chefarzt: Dr. med. J. Knaus

Wahltertial

30. März 2009-19. Juli 2009

Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
Campus Lübeck

Klinik für Orthopädie

Chefarzt: Prof. Dr. med. Martin Russlies

Famulaturen

August 2006

Klinik für HNO

Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
Campus Lübeck

März 2007

Klinik für Gefäß- und Thoraxchirurgie
Sana Klinik Lübeck

September 2007

Traumatologie et Chirurgie orthopédique
Hôpital Lariboisière
Paris, Frankreich

Februar 2008

Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
Campus Lübeck

März 2008	Praxisfamulatur Dr. med. Rainer Striemer, Facharzt für Innere Medizin, Berlin
1. Juni 2004-31. August 2004	Praktikum in der chirurgischen Praxis Dr. med. Steffen Bunge, Berlin
<u>Studienbegleitende Tätigkeiten</u> Seit Oktober 2005	Pflegerische Hilfskraft, sog. Extrawache DRK-Schwesternschaft Lübeck Haupteinsatzort: Klinik für Herzchirurgie
Lübeck	
1. – 31. März 2004	Pflegepraktikum, Klinik für Chirurgie Parkklinik Berlin-Weißensee

Beruflicher Werdegang

seit 01.07.2010	Assistenzärztin in der Weiterbildung zum Facharzt für Unfallchirurgie und Orthopädie, Vivantes Klinikum am Friedrichshain, Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Chefarzt: PD Dr. med. Wolfgang Zenker
-----------------	---

Promotion

Juli 2007	Annahme des Promotionsthemas
Juli 2007-Februar 2008	Patientenselektion, Anschreibung, Literaturrecherche
Mai 2008-Oktober 2008	klinische Untersuchungen
Dezember 2008-November 2009	PJ, Auslandsaufenthalt, Examensvorbereitung
bis Februar 2010	Datenauswertung
ab Februar 2010	Fertigung der Dissertationsschrift und der Posterveröffentlichung, Unterbrechung nach Antritt der ersten Arbeitsstelle

Veröffentlichung

07.-11.02.2012	Posterpräsentation auf dem Kongress der AAOS in San Francisco: „Mid- and Long-term Results after Surgical Treatment of Idiopathic Clubfoot: a Clinical and Pedobarographic Study”
----------------	---