

2. Material und Methoden

2.1. Patientengut

In den Jahren 1994 bis 2000 wurden an der orthopädischen Klinik der Charité 31 Kinder (22 Jungen und 9 Mädchen) mit insgesamt 43 Klumpfüßen (13 x nur rechts, 6 x nur links und 12 x beidseits) erstmalig am idiopathischen Klumpfuß operiert.

Alle Kinder wiesen bis auf die Fußfehlbildung keine weiteren Anomalitäten auf.

Eine Gipsredressionsbehandlung wurde vom ersten Lebenstag an durchgeführt.

Der Gips, der den Oberschenkel, den Unterschenkel und den Fuß einbezog, wurde bis zum Zeitpunkt der Operation mehrmals wöchentlich gewechselt.

Die genaue Anzahl der bereits konservativ erfolgreich behandelten Kinder, welche sich somit keiner operativen Korrektur unterzogen, ist uns nicht bekannt. Erfahrungsgemäß war dieser Anteil jedoch vernachlässigbar gering.

Von diesen 31 Kindern mit 43 Klumpfüßen standen 23 Kinder mit 33 Klumpfüßen (77%) für diese Nachuntersuchung zur Verfügung.

3 Familien (3 Kinder mit 3 Klumpfüßen) haben wegen einer zu hohen Entfernung (nach Umzug) abgesagt, 4 Familien (4 Kinder mit 6 Klumpfüßen) sind unbekannt verzogen, eine Familie (1 Klumpfuß) ist trotz mehrmaliger Terminvergabe und telefonischer Benachrichtigung nicht zu den Untersuchungen erschienen.

Von den 33 Klumpfüßen, die Thema dieser Arbeit sind, wurde neben einer z-förmigen Achillessehnenverlängerung an 7 Füßen ein dorsales und an 26 Füßen ein dorsomediales Release durchgeführt. Zusätzlich wurde bei 4 Füßen eine z-förmige Verlängerung des M. tibialis posterior durchgeführt.

Die temporäre Fixation von Talus, Kalkaneus und Os Naviculare erfolgte durch einen bzw. zwei Kirschnerdrähte.

Bei 4 Kindern mit 6 Klumpfüßen kam es aufgrund eines Rezidivs zu einer erneuten Operation in externen Krankenhäusern. Unterlagen über diese Eingriffe lagen uns nicht vor. Die Füße mit Rezidivoperation wurden in diese Studie mit einbezogen.

Als Standard zum Vergleich der erhobenen Daten dient eine Gruppe von 21 fußgesunden Kindern (9 Jungen und 12 Mädchen) bzw. von 42 gesunden Füßen.

Bei den Kindern dieser Kontrollgruppe handelt es sich um Geschwister von Patienten mit Klumpfuß oder um Mädchen und Jungen aus der Kindertagesstätte des Campus Virchow der Charité (Tab. 1).

	Kinder mit Klumpfüßen	Kontrollen
Probandenzahl	23	21
Anzahl der Füße	33 x CTEV	42 (und 13 x gesunde Seite einseitig betroffener CTEV-Kinder)
Medianes Alter in Monaten (25%; 75%)	64 (58; 79)	60 (52; 75)
Gewicht in kg (25%; 75%)	21 (16; 23)	21 (16; 27)

Tab.1) Probandeninformationen

2.2. Hardware

Die dynamische Pedobarographie wurde mit der Fußdruckplattform „EMED st p9“ der Firma Novel GmbH aus München durchgeführt.

Bei den EMED Plattformen handelt es sich um kapazitive Aufnehmer, die als Nachfolger der „matrix mat“ von Nicol und Hennig⁵⁰ angesehen werden können³⁶.

Diese Messplattform besitzt eine Sensorfläche von 360 x 190 mm² und eine Ortsauflösung von 9 Sensoren pro cm² (insgesamt 5992), die mit einer Abtastfrequenz von 25 Hz messen.

Der Messbereich für den Druck liegt zwischen 10 und 1270 Kilopascal für die Umgebungstemperatur zwischen 10 und 40 Grad Celsius.

Die Plattform wurde über einen Transformator an einen Computer angeschlossen (Abb.1). Die erhobenen Messungen konnten somit zeitgleich in Daten umgewandelt und abgespeichert werden.

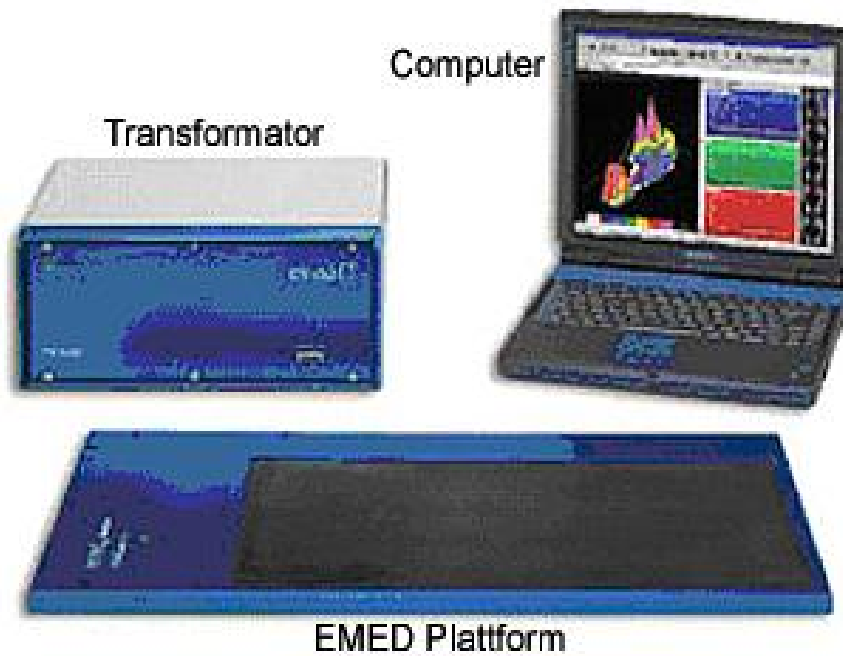


Abb.1) Fußdruckplattform EMED st p-9, Transformator und Laptop

Einen ersten visuellen Eindruck bekommt man direkt nach der Messung, wenn die Druckverteilungsmuster farbkodiert als zwei- oder dreidimensionale Druckgebirge dargestellt werden (Abb.2).

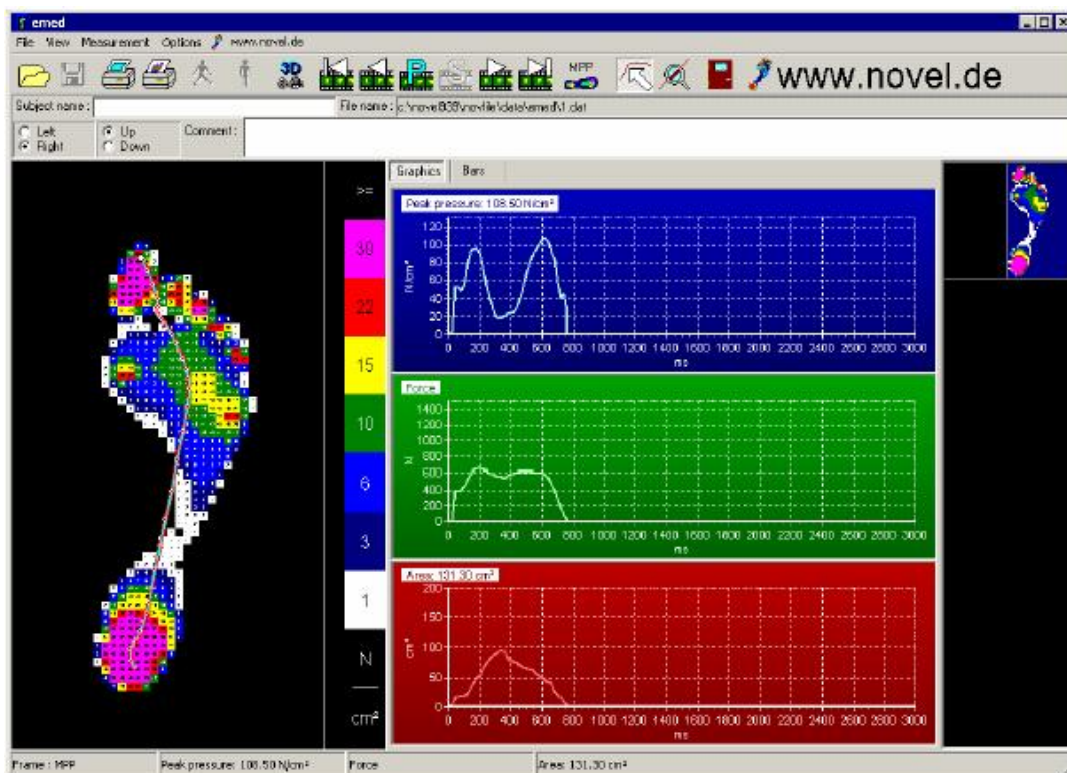


Abb.2) Bildschirmpräsentation während einer Fußdruckmessung

2.3. Dynamische Pedobarographie

2.3.1. Untersuchungstechnik:

Die Kinder sind bei normaler Raumtemperatur auf einer ca. 5 Meter langen Bahn, in deren Verlauf die EMED-Plattform lag, barfuß und spontan in Richtung Elternteil (oder teilweise Erzieher bei der Kontrollgruppe) gelaufen, so dass sie nach einer drei Meter langen Einlaufphase mit einem Fuß auf die Sensorfläche traten und anschließend eine zwei Meter lange Auslaufphase hatten.

Die jeweilige zu messende Fußseite wurde dem Kind nicht vorgegeben, so dass jeder Fußabdruck als Zufallstreffer resultierte.

Dieses Prinzip entspricht der empfohlenen Methode, reliable Messergebnisse eines möglichst normalen Schrittes zu erhalten⁵⁷.

Als gültige Messung wurde eine Messung gewertet, wenn der Fußdruck im Ganzen innerhalb der Sensorfläche lag und wenn es sich um einen flüssigen Gangablauf handelte (und nicht z.B. einen Sprung auf die Platte oder einen für die Kinder häufig lustigen Zehenspitzenengang).

2.3.2. Mittelung der Einzelmessungen

Nach 3 bis 5 Probeversuchen pro Kind lag die Zahl der gewerteten Messungen pro Fuß in der Klumpfußgruppe bei 6,1 (2-9) und in der Kontrollgruppe bei 3,5 (2-5).

Hughes et al konnten an Messungen mit dem Emed F System (2 Sensoren/cm², 20 Hz) eine sehr gute Reliabilität mit einem Koinzidenzintervall von über 0,9 bei durchschnittlich etwa 3,5 Messungen pro Fuß feststellen²⁸.

Die Maximaldruckbilder jeder gültigen Messung eines Fußes wurden mit Hilfe der Novelsoftware gemittelt, so dass jedem gemessenen Fuß nur noch ein repräsentatives Druckbild zugeordnet werden konnte⁴¹ (Abb.3).

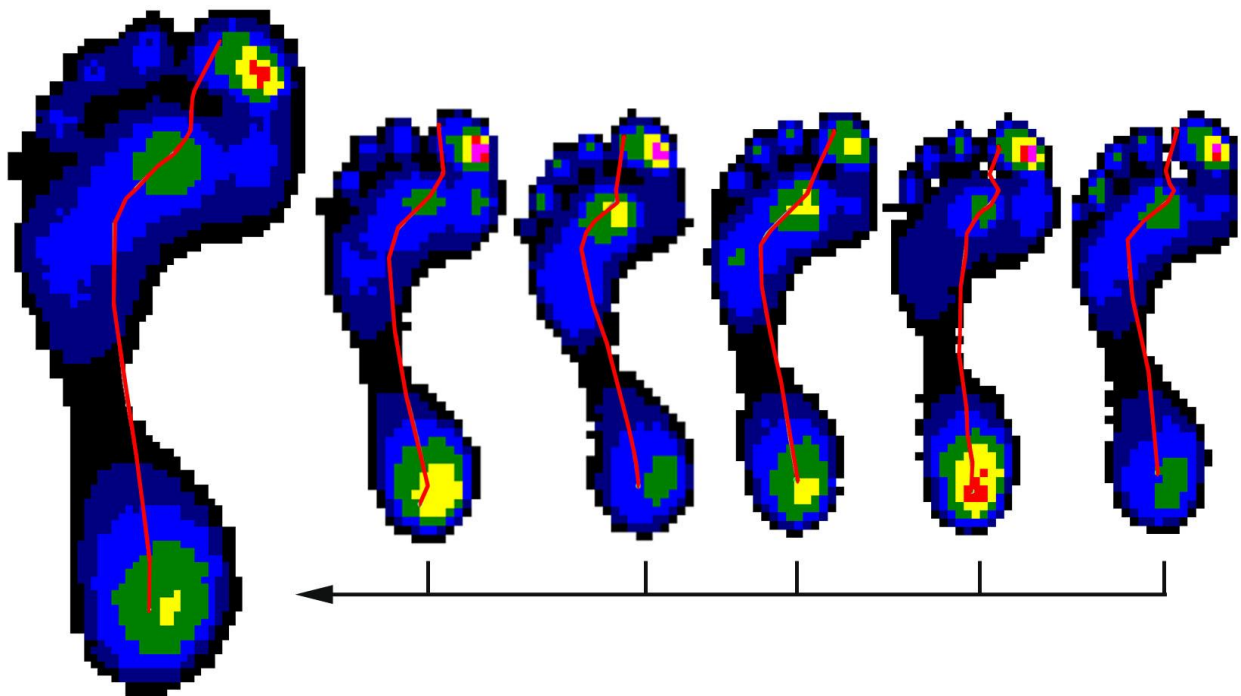


Abb.3) Mittelung von 5 Einzelmessungen. Die verschiedenen Farben geben unterschiedliche Druckwerte wieder. Die rote Linie entspricht den zentralen Kraftangriffspunkten (Ganglinie)

2.3.3. Einteilung des Fußes in 11 separate Regionen

Die Auswertung der gemessenen Werte erfolgte sowohl für den Fuß als Ganzes als auch separat für Teilbereiche des Fußes, welche verschiedenen anatomischen Strukturen entsprechen.

Für diese Einteilung (sog. Maskierung) wurde die Maskenvorlage mit dem Namen „11-masks standard deviation“ gewählt. Sie wird von der Novel-Software anhand eines geometrischen Algorithmus (Abb.4) in folgender Weise erstellt:

- Maske 1: Medialer Rückfuß
- Maske 2: Lateraler Rückfuß
- Maske 3: Mittelfuß
- Maske 4: Metatarsale 1
- Maske 5: Metatarsale 2
- Maske 6: Metatarsale 3
- Maske 7: Metatarsale 4
- Maske 8: Metatarsale 5
- Maske 9: Hallux
- Maske 10: Digitus 2
- Maske 11: Digitus 3, 4, 5

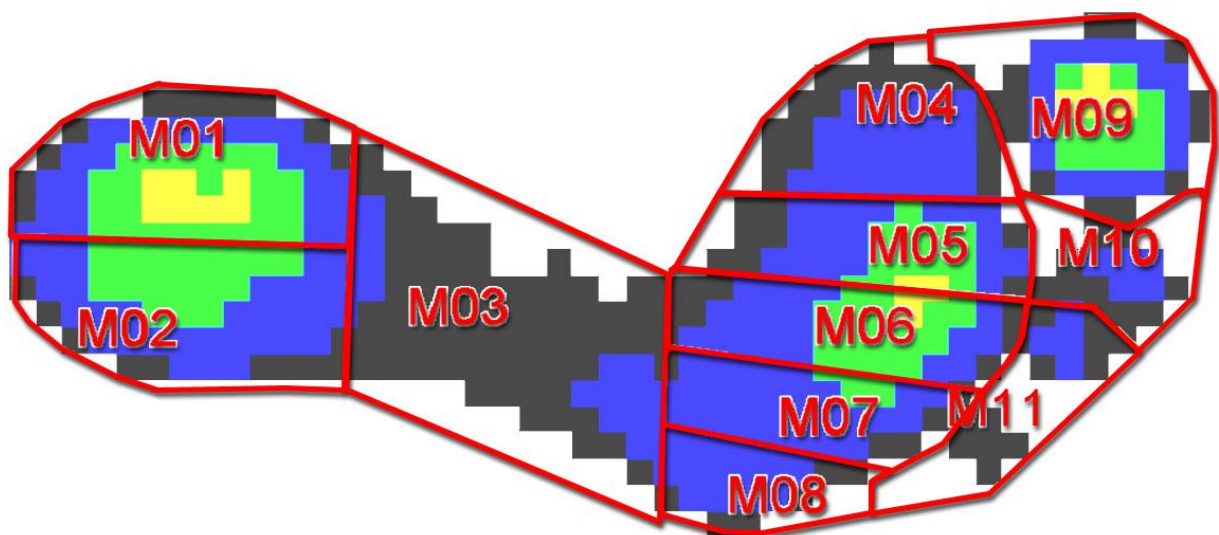


Abb.4) Einteilung des Fußdruckes in 11 Masken.

Die „Areas of interest“ und somit die ausgewerteten Regionen in dieser Studie sind der mediale und laterale Rückfuß, der Mittelfuß, die Regionen unter den Ossa Metatarsalia 1, 3 und 5 sowie der große Zeh.

Da bei großen Fußdeformitäten das Programm nicht mehr in der Lage ist, die entsprechenden Orientierungspunkte zu finden, wurde jede Messung zusätzlich durch den Untersucher überprüft und die Maskenerstellung gegebenenfalls korrigiert.

2.3.4. Analysierte Parameter:

Die gemessenen Daten wurden mit den Softwareprogrammen Novel-Ortho und Novel-win 7.09 ausgewertet.

Analysiert wurden:

- die Dauer der Bodenkontaktzeit, gemessen in % vom gesamten Abrollvorgang,
- die Spitzendrücke als Momentaufnahme und im zeitlichen Verlauf,
- das Druck-Zeit-Integral als Maß für die Belastung des Fußes sowie
- der mediale Plantarwinkel.

2.3.5. Medialer Plantarwinkel:

Den medialen Plantarwinkel erhält man, indem man zuerst eine Tangente durch die am weitesten medial liegenden Punkte des Vor- und Rückfußes zieht.

Der mediale Plantarwinkel liegt am rückfußigen Schnidepunkt zwischen dieser medialen Tangente und der Längsachse des Fußes, die man durch eine Verbindungslinie durch das Zentrum des Rückfußes und des zweiten Zehs bekommt (Abb.5).

Entfernen sich die mediale Tangente und die Längsachse in Richtung Rückfuß voneinander, erhält man einen negativen Winkel.

Der mediale Plantarwinkel kann unseres Erachtens als Maß für die Ausprägung einer Vorfußadduktion herangezogen werden.

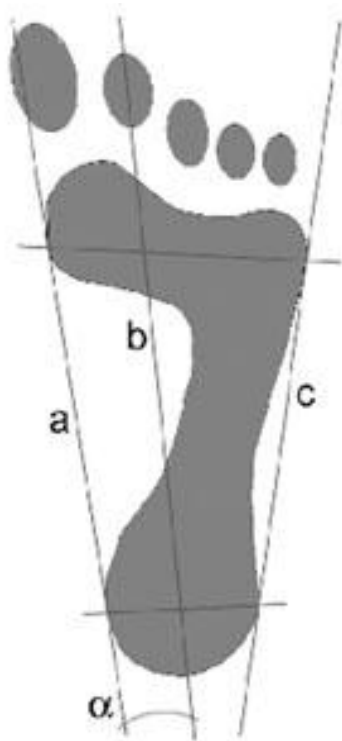


Abb.5) Berechnung des medialen Plantarwinkels α ; a:mediale Tangente, b:Fußlängsachse, c:laterale Tangente.

Die Auswertung des medialen Plantarwinkels erfolgte anhand jeder Einzelmessung eines Fußes, da die Software der Firma Novel lediglich die Möglichkeit bietet, das Mittelwertsbild der Druckmessungen und nicht das geometrischen Mittelwertsbild zu berechnen.

2.4. Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung der Kinder aus beiden Gruppen basiert auf dem von McKay empfohlenen Bewertungsschema für postoperative Ergebnisse nach Klumpfußoperation⁴⁵.

Der McKay Score enthält eine Kombination aus Bewertungen für den Schmerz, die Form und die Funktion des Fußes (Tab.2).

Der McKay-Score richtete sich jeweils nach dem Fuß mit dem schlechteren Ergebnis.

Postoperatives Bewertungssystem des Klumpfußes von McKay	
	Punktzahl von 180 abziehen
1. OSG-Bewegungsumfang	
• 50°	• 0
• 40°	• 10
• 35°	• 20
• <35°	• 30
2. Winkel Bimalleolarebene – Longitudinalebene Fuß	
• 83°-90°	• 0
• 76°-82°	• 10
• 50°-75°	• 20
3. Kraft des M. triceps surae	
• Einbeiniger Zehenstand	• 0
• Beidbeiniger Zehenstand	• 10
• Zehenstand nicht möglich	• 20
4. Ferse	
• 0-5° Valgus	• 0
• 5-10° Valgus	• 5
• >10° Valgus	• 10
• Varus	• 10
5. Vorfuß	
• Neutral	• 0
• bis 5° Adduktion oder Abduktion	• 5
• >5° Adduktion oder Abduktion	• 10
6. M. flexor hallucis longus	
• Funktional	• 0
• Nichtfunktional	• 10
7. Knöchelschmerz	
• Permanent behindernd	• 30
• Im Alltag akzeptabel	• 20
• Abendliches Hinken	• 10
• Nur beim Rennen behindernd	• 5
8. Subtalarer Schmerz	
• Permanent behindernd	• 20
• Im Alltag akzeptabel	• 15
• Abendliches Hinken	• 10
• Nur beim Rennen behindernd	• 5
9. Schuhe	
• Modische Schuhe nicht möglich zu tragen	• 5
• Fuß deformiert Schuhe	• 10
• Schuhe passen nicht	• 15
10. Sport	
• Wettkampfsport	• 0
• Kein Wettkampfsport wegen Fuß	• 15

Tab.2) McKay-Score

Ausgehend von einer maximal erreichbaren Punktzahl von 180 teilt McKay folgende fünf Gruppen ein:

1. 175 – 180 Punkte, exzellent
2. 160 – 174 Punkte, gut
3. 125 – 159 Punkte, befriedigend
4. 90 – 124 Punkte, schlecht
5. <90 Punkte, Therapieversager

2.5. Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS 12.0 für Windows. Nach Rücksprache mit dem Institut für medizinische Biometrie der Charité wurde zur Signifikanzprüfung der Mann-Whitney-U-Test für unverbundene Stichproben gewählt und als obere Grenze für die statistische Signifikanz ein Alphafehler von 5% bestimmt. ($p \leq 0,05$).

Zur Kontrolle wurde das gleiche Prozedere separat für alle rechten Füße sowohl aus der Klumpfuß- als auch aus Kontrollgruppe durchgeführt, um eine mögliche statistische Verfälschung durch Vergleich von zwei gegenseitigen Füßen zu erkennen.