

Aus der orthopädischen Abteilung
des Allgemeinen Krankenhauses Barmbek
Ltd. Arzt: Prof. Dr. med. E. Hille

Langzeitergebnisse nach operativer Korrektur einer angeborenen Klumpfußdeformität

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Joachim Mallwitz

2000

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.: Univ.-Prof. Dr. med. Dieter Häussinger

Referent: Prof. Dr. Hille

Korreferent: Prof. Dr. Krauspe

Gliederung

1. Einleitung	Seite
1.1. Erläuterung der Thematik	6
1.2. Problemstellung	14
1.3. Ziel der Untersuchung	15
2. Anatomie	
2.1. Anatomie des Fußes	16
2.1.1 Aufbau	16
2.1.1.1. oberes Sprunggelenk	17
2.1.1.2. unteres Sprunggelenk	18
2.1.1.3. queres Fußwurzelgelenk (Chopartsches Gelenk)	19
2.1.1.4. übrige gelenkige Verbindungen	19
2.1.2. Muskulatur	20
2.1.3. Gefäßversorgung	21
2.2. Anatomie des Klumpfußes	21
3. Patienten und Methode	
3.1. Patientenkollektiv	24
3.1.1. Verteilung der Behandlungsverfahren im Patientenkollektiv	24
3.1.2. Darstellung der Behandlungsverfahren im Patientenkollektiv	25
3.1.2.1. Die konservative Therapie	25
3.1.2.2. Das posteriore Release	27
3.1.2.3. Das 2-fach durchgeführte posteriore Release	28
3.1.2.4. Die mediale Entflechtung	29
3.1.2.5. Die Versetzung der Sehne des M. tibialis anterior	29
3.1.2.6. Die Versetzung der Sehne des M. tibialis anterior nach 2-fach durchgeführtem posteriorem Release	30
3.1.2.7. Die Rückversetzung der Sehne des M. tibialis anterior	30
3.1.2.8. Die knöchernen Korrekturingriffe	31
3.1.2.9. Die konservative präoperative Behandlung	31

3.1.2.10. Der primäre operative Eingriff und die Nachbehandlung	32
3.1.3. Die Gruppenbildung innerhalb des Patientenkollektives	32
3.2. Kontrollkollektiv	33
3.3. Der Untersuchungsablauf	33
3.3.1. Die Patientenanamnese	34
3.3.2. Der Fragebogen	34
3.3.3. Die klinische Untersuchung	35
3.3.4. Die pedographische Untersuchung	36
3.3.4.1. Das Meßsystem	36
3.3.4.2. Der Meßaufbau in der Klinik	38
3.3.4.3. Die Beschreibung des Meßvorganges	39
3.3.4.4. Die Auswertung	40
4. Ergebnisse	
4.1. Fragebogen	45
4.2. klinische Untersuchung	46
4.3. dynamische Pedographie	47
5. Diskussion	
5.1. Fragebogen	54
5.2. klinischer Score	55
5.3. dynamische Pedographie	56
5.4. Gesamtbewertung	60
6. Zusammenfassung	63
7. Literaturverzeichnis	64
8. Anhang	
Anhang 1: Fragebogen für Patienten nach Klumpfußoperationen	76
Anhang 2: Kodierung der Antworten des Fragebogens	80
Anhang 3: Untersuchungsprotokoll der Patienten nach Klumpfußoperation	82

Anhang 4:	Das Bewertungssystem für einen operierten Klumpfuß nach McKay	83
Anhang 5:	Das funktionelle Bewertungssystem für den Klumpfuß nach Laaveg und Ponseti	85
Anhang 6.1.:	kodierte Ergebnisse im klinischen Score nach McKay (Gruppe 1)	87
Anhang 6.2.:	kodierte Ergebnisse im klinischen Score nach McKay (Gruppe 2)	88
Anhang 7.1.:	kodierte Ergebnisse im klinischen Score nach Laaveg und Ponseti (Gruppe 1)	89
Anhang 7.2.:	kodierte Ergebnisse im klinischen Score nach Laaveg und Ponseti (Gruppe 2)	90

1. Einleitung:

1.1. Erläuterung der Thematik:

Der Klumpfuß ist die häufigste angeborene Extremitätenfehlbildung mit einer Häufigkeit von 0,06 - 0,68% aller Neugeborenen bei deutlichen regionalen und saisonalen Unterschieden^{3;20;38;78;132;135;143}. In ca. 50% ist er beidseitig angelegt. Jungen sind mehr als doppelt so häufig betroffen wie Mädchen^{38;42;118;135;172}.



Abbildung 1: ausgeprägte Klumpfüsse beidseits (aus Niethard, FU.: Kinderorthopädie¹¹⁸)

Die Ätiologie ist weitgehend ungeklärt^{26;37}. Eine multifaktorielle Ursache mit einer genetischen Prädisposition (evtl. ein polygener, latent rezessiver Erbgang bei stärkerer Penetranz beim männlichen Geschlecht) wird diskutiert^{30;40;78;97;132;140}. Daneben werden neuromuskuläre Ursachen^{49;77;98;100;125;133;151;163}, Durchblutungsstörungen im Bereich des medialen Fußrandes^{68;85;96;100;113;136;152;154;166} und ein primärer Differenzierungsdefekt im Fußbereich während der Entwicklungszeit der Fußknospe als Ursache angenommen^{55;74;76;83;135;145}. Weiterhin wird eine primäre Fibrose diskutiert, die eine

Skelettfehlentwicklung mit Muskelimbalance nach sich zieht⁷⁵. Darüberhinaus werden exogene Faktoren wie Temperatureinflüsse, Lebensmittelgifte oder Virusinfektionen in Betracht gezogen.

Pathogenetisch kommt es beim Klumpfuß zu einer Einwärtsdrehung der Fußwurzel unterhalb des Talus (Abbildung 2). Entsprechend rotieren Talus und Malleolengabel nach außen¹⁴⁷.

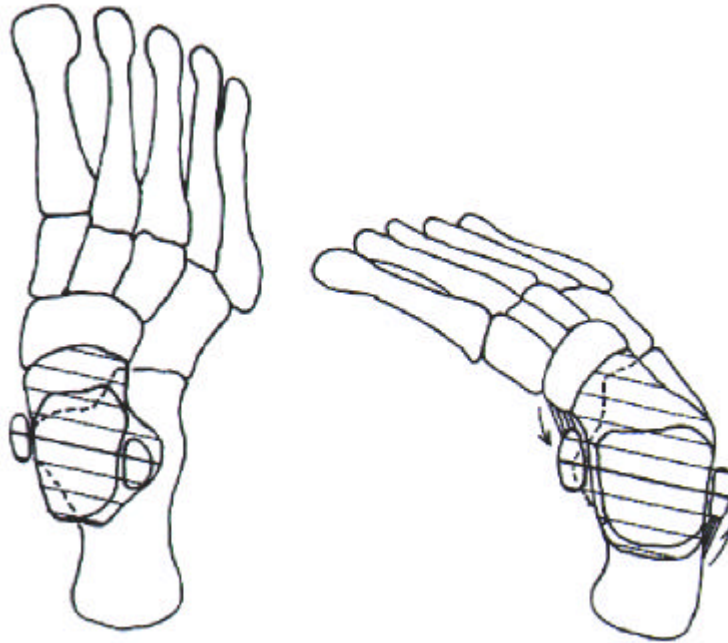


Abbildung 2: Darstellung der subtalaren Rotation nach innen als Pathomechanismus des angeborenen Klumpfußes, links der Normalfuß, rechts der Klumpfuß (aus Döderlein, L.: Der Klumpfuß⁴⁵)

Zwar wurde auch eine verminderte tibiale Außenrotation nachgewiesen⁸⁹, dies wurde jedoch später widerlegt^{36;36;70}. Das pathogenetische Korrelat besteht in einer derben Weichteilplatte (TN in Abbildung 3), die am Fußinnenrand Talus, Calcaneus, Naviculare und Innenknöchel aneinander fixiert^{55;70;144}.

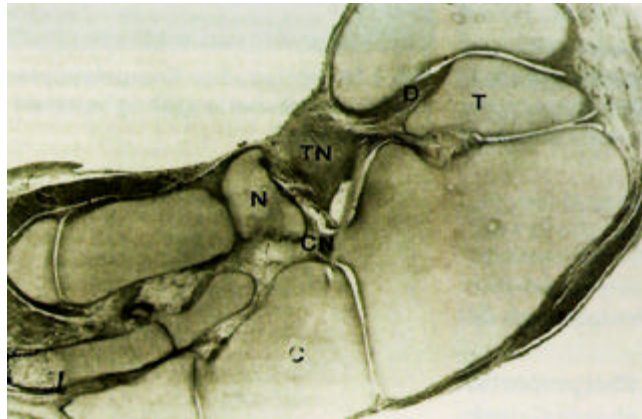


Abbildung 3: Darstellung der fibrösen Struktur (TN) im medialen Fußwurzelbereich (aus IPPOLITO, E. and PONSETI, I.V.: Congenital club foot in the human fetus. A histological study⁷⁵.)

Die veränderte Morphologie der Fußwurzel und besonders im Bereich des Talus wurde mehrfach makroskopisch^{24;47;70;74} und unter Verwendung bildgebender Untersuchungsverfahren dargestellt^{46;61;69;80;109;168}.

Die Diagnose wird anhand des klinischen Bildes und in Kombination mit der Bewertung der radiologischen Darstellung des Fußes gestellt. Die Klumpfußdeformität ist durch 4 Komponenten charakterisiert, die sich in der lateinischen Nomenklatur widerspiegeln: Pes equinovarus adductus supinatus (excavatus) – Spitzfuß, invertierte Ferse, Vorfußadduktion, angehobener medialer Fußrand, (Hohlfußkomponente). Darüberhinaus ist meist schon direkt nach der Geburt die hypoplastische Wadenmuskulatur zu erkennen. Die einzelnen Komponenten lassen sich, entsprechend des Schweregrades der Deformität, unterschiedlich gut passiv korrigieren. Die Spitzfußposition ist hierbei einer Redression am schwersten zugänglich.

Die radiologische Diagnostik umfaßt die Darstellung des Fußes im a.p und im seitlichen Strahlengang^{13;146}. Gemessen wird der Talus-Kalkaneus-Winkel in beiden Strahlengängen. Der Normwert beträgt ca 40° im seitlichen Strahlengang und der Winkel ist nach dorsal offen. Im Falle eines Klumpfußes wandert dieser Wert in Abhängigkeit von Schweregrad Richtung Null oder ist negativ, d.h. ist nach ventral offen. Der Talus-Kalkaneus-Winkel im a.p. Strahlengang beträgt in der Norm ca 40°, bei einer Klumpfußdeformität ist er deutlich kleiner

(Abbildung 4). Durch Addition beider Winkel wird der Talo-Calcaneal-Index bestimmt ^{13;165}. Dieser Index ist unterhalb eines Summationswertes von 40° als pathologisch zu bewerten ^{13;165}.

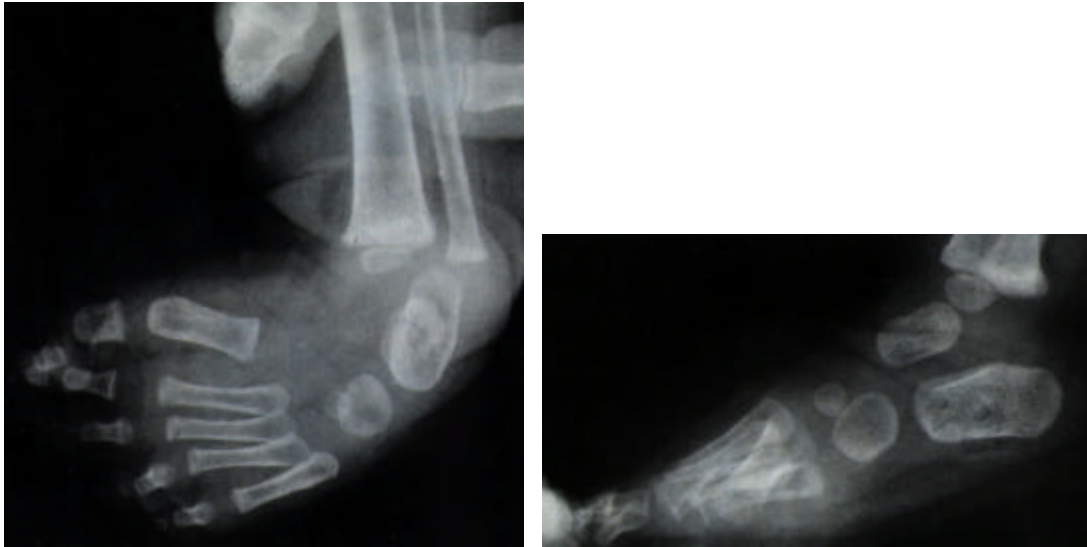


Abbildung 4: radiologische Darstellung des Klumpfußes im a.p. und im seitlichen Strahlengang (aus Niethard, FU.: Kinderorthopädie¹¹⁸)

Darüberhinaus wird der hintere Winkel zwischen Tibia- und Kalkaneus-Längsachse, der vordere Winkel zwischen Tibia- und Taluslängsachse, die Strecke zwischen dem Schnittpunkt der nach distal verlängerten Tibiaachse mit der Taluslängsachse und der dorsalen Talusbegrenzung und der Winkel zwischen Tibialängsachse und vertikaler Kalkaneusachse bestimmt. Zur Beurteilung der Vorfußadduktion wird der Talo-Metatarsale I- Winkel im a.p. Strahlengang bestimmt. Er beträgt in der Norm $0^\circ - 20^\circ$ und das Metatarsale I ist hierbei nach lateral abgewinkelt. Beim Klumpfuß ist dieser Winkelwert größer und das Metatarsale I ist nach medial abgewinkelt (Abbildung 5) ¹⁴⁶.

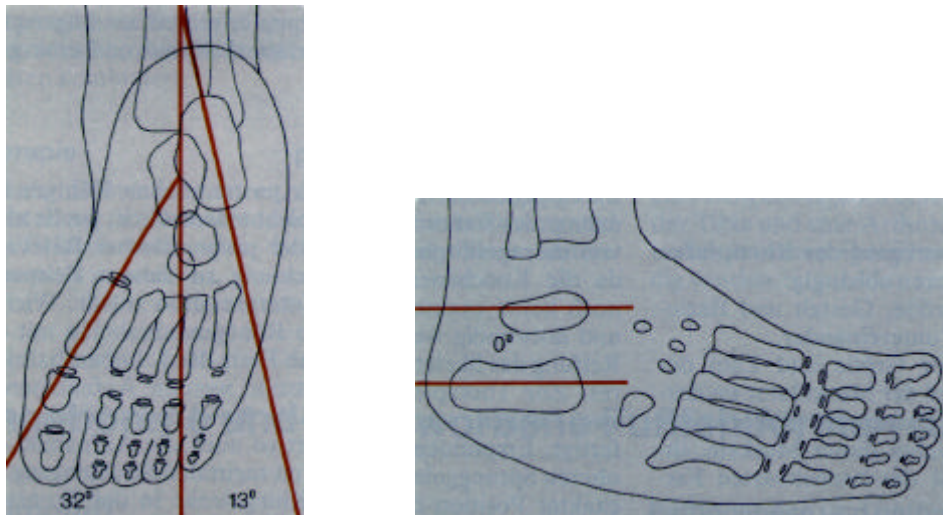


Abbildung 5: schematische Darstellung der Bestimmung des Talus-Calcanus-Winkels im a.p.- (links) und seitlichen Strahlengang (rechts). (aus Wirth,CJ und Jäger, M.: Praxis der Orthopädie¹⁷²)

Weiterhin ist die Beurteilung des Talo-Naviculargelenkes und des Calcaneo-Cuboid-Gelenkes wichtig. Die Positionsabweichungen der artikulierenden Knochen voneinander werden entsprechend ihres Ausmaßes klassifiziert. Für das Talo-Navicular-Gelenk geschieht dies im seitlichen Strahlengang in einer Abstufung von 0 bis +3¹⁰ und für das Calcaneo-Cuboid-Gelenk im a.p. Strahlengang ebenfalls in einer Abstufung 0 bis +3^{150;158}.

Das Ausmaß der Deformität im klinischen Bild, die Rigidität des Fußes unter der konservativen Therapie und die radiologische Darstellung beeinflussen die Entscheidung zur weiteren Behandlung. Anhand dieser Kriterien wird üblicherweise nach dem 3. Lebensmonat die Notwendigkeit einer operativen Maßnahme überprüft und ggf. die Art der operativen Intervention festgelegt.

Die Ultraschalldiagnostik des kindlichen Fußes wird begleitend eingesetzt^{64;65;103;114;161}. Neben der intrauterinen Darstellung kann prä-, intra- und postoperativ der Fuß beurteilt werden, die fehlende Strahlenbelastung ist hierbei ein Vorteil, besonders in der Verlaufbeurteilung. Eingang in die Routinediagnostik hat die Ultraschalluntersuchung des kindlichen Fußes bisher nicht gefunden. Zusätzliche radiologische Untersuchungsmethoden wie Computertomographie oder Magnetresonanztomographie werden in der Routinediagnostik bisher ebenfalls nicht eingesetzt¹²⁰.

In der Literatur wird neben einer konservativen Behandlung eine Vielzahl operativer Therapieformen mit unterschiedlichen Zugangswegen vorgestellt und begründet. Das Spektrum reicht von unterschiedlich umfangreichen Weichteileingriffen bis hin zu ausgedehnten knöchernen Korrekturen. Ein einheitliches Therapiekonzept in Abhängigkeit vom Schweregrad der Klumpfußdeformität ist weder im Säuglingsalter noch im Kleinkind- oder Jugendlichenalter ersichtlich²⁷. Einigkeit herrscht über notwendige konservative präoperative Behandlung, nicht jedoch über den idealen Zeitpunkt für die operative Intervention^{25;26;122;128}.

Die konservative Therapie wird üblicherweise am 1.Lebenstag eingeleitet und besteht aus einer manuellen Redressionsbehandlung und einer Sicherung der erreichten Korrektur im Oberschenkelgips.



Abbildung 6: Oberschenkelklumpfußgips beidseits (aus Niethard, FU.: Kinderorthopädie¹¹⁸)

Die Redression erfolgt schonend, streng an der pathologischen Position der Fußwurzelknochen orientiert und in Etappen, um die Entwicklung eines „Tintenlöscher-Fußes“ zu vermeiden. Die Behandlung wird zunächst täglich und bei erreichter Korrektur in 7-tägigen Abständen wiederholt^{73;81;84;118;171}. Unterstützend werden Orthesen eingesetzt (Abbildung 7), sowohl für eine isolierte konservative Therapie, als auch für die postoperative Nachbehandlung^{21;87;88;141;160;170;174;176}.



Abbildung 7: Barmbecker LSP-Schiene in der Ansicht von lateral und von vorn (Originalaufnahmen von M.Krebs⁸⁸)

Begleitend erfolgt die krankengymnastische Übungsbehandlung als manuelle Dehnungsbehandlung und in Form einer Reflextherapie (Abbildung 8).



Abbildung 8: Stimulationbehandlung des lateralen Fußrandes

Das Spektrum der Zugangswege reicht von einer perkutanen Achillotomie^{129;130} über unterschiedlich ausgedehnte mediale^{52;72;102;124} und laterale paraachilläre Zugangswege^{48;71} bis hin zum transversalen Zugang vom Calcaneocuboid-Gelenk bis zur Basis des Metatarsale I/ „Cincinnati Incision“^{35;107}. Ein kompletter Wundverschluß ist im Falle eines sehr ausgeprägten Befundes und einer deutlichen Korrektur intraoperativ nicht immer

möglich, aber auch nicht notwendig^{48;50;112;112;116}.

Zu den isolierten Weichteileingriffen gehören das posteriore Release (Imhäuser), das posteromediale Release (Turco), das posterolaterale Release, das posteromediale und posterolaterale Release (McKay¹⁰⁶) und das komplette subtalare Release (Simons^{148;149}).

Die reinen Weichteileingriffe werden zum Teil mit^{2;34;43;92;106;148;149} und zum Teil ohne temporäre Fixation über Kirschner-Drähte durchgeführt^{26;127;159}. Das Ausmaß des Releases und der Einsatz der Kirschner-Drähte wird vom intraoperativen Befund abhängig gemacht^{6;162}. Uneinigkeit besteht auch in der Frage, ob das Ligamentum interosseum belassen oder durchtrennt werden soll^{25;58} und ob die Sehne des M. tibialis posterior durchtrennt werden soll⁷.

Zu den knöchernen Korrekturingriffen zählen das posteromediale Release in Kombination mit einer Calcaneusosteotomie (Lichtblau), die Calcaneusosteotomie (Dwyer), die Korrekturosteotomie des os cuneiforme und des os cuboideum (MacHale), die Arthrodesse des Calcaneocuboidgelenkes (Dillwyn-Evans), die Arthrodesse des oberen Sprunggelenkes (modifiziert nach Chuinard und Peterson), die Triple-Arthrodesse (Ryerson, Galindo) und die Talektomie (Trumble). Die knöchernen Korrekturingriffe des Klumpfußes werden überwiegend bei älteren Kindern bzw Jugendlichen oder bei nötigen Wiederholungseingriffen durchgeführt^{9;14;23;57;67;79;90;93;104;117;137;153;157}.

Eine Sonderstellung nimmt die Ilizarov-Technik ein. Hierbei wird ein Ringfixateur eingesetzt (Abbildung 9), um die komplexe Fußfehlstellung zu korrigieren. Diese Technik wird überwiegend nach nicht erfolgreichen Weichteileingriffen eingesetzt oder bei älteren Kindern, bei denen die einzige Alternative eine Arthrodesse darstellt. Sie kann als isolierte Redressionsbehandlung, in Kombination mit einem Weichteileingriff oder auch in Kombination mit einem knöchernen Korrekturingriff eingesetzt werden. Die korrigierte Stellung der knöchernen Anteile des Fußes kann hierbei, über mehrere eingebrachte Kirschner-Drähte, gesichert oder auch im Verlauf kontinuierlich verändert werden^{41;51;53;59;60;94;121;138;167}.

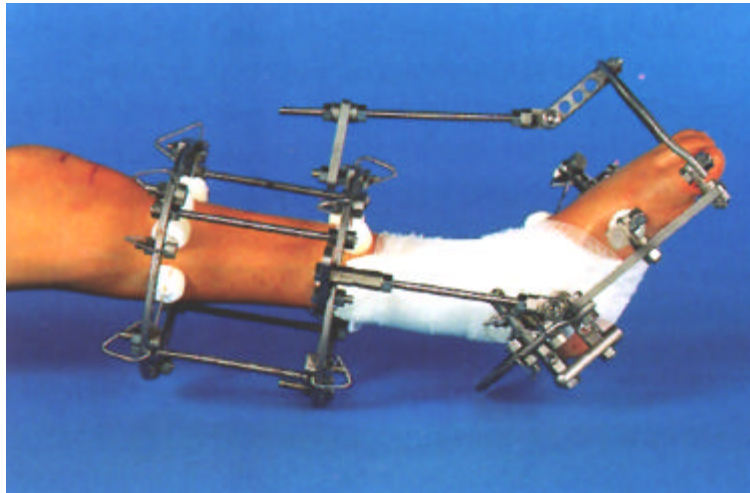


Abbildung 9: Ilizarov-Apparat (aus Döderlein, L.: Der Klumpfuß⁴⁵)

1.2. Problemstellung

Eine einheitliche Linie in der Klumpfußbehandlung bezogen auf die Therapieform, auch in Abhängigkeit von der Ausprägung der Deformität und dem Therapiealter, ist aus der Literatur nicht ersichtlich¹⁵. Bei der Vielzahl der Behandlungsformen mit unterschiedlichen Indikationsstellungen und verschiedenen Therapiezeitpunkten ist eine vergleichende Bewertung der Therapieergebnisse nur sehr eingeschränkt möglich, zumal die Bewertung des Erfolges meist anhand von klinischen und radiologischen Parametern und unter Verwendung unterschiedlichster Scores erfolgt. Die Bewertung anhand von radiologischen Kriterien muß generell in Frage gestellt werden, da keine strenge Übereinstimmung der radiologischen Ergebnisse mit den klinischen und subjektiven Ergebnissen nachgewiesen werden konnte³³. Darüberhinaus wird bei kurzen Nachuntersuchungszeiträumen die weitere Entwicklung während der Skelettreifung nicht berücksichtigt. Eine Beurteilung nach Abschluß der Skelettreifung und auch im weiteren Verlauf im Erwachsenenalter ist erforderlich. Diese Verlaufsbeurteilungen liegen bisher nur in sehr geringer Zahl vor.

Es bedarf also neben einer subjektiven Beurteilung des Operationsergebnisses auch einer objektiven und vom Untersucher unabhängigen Beurteilung der Fußfunktion und eines

kritischen Vergleichs mit einer gesunden Kontrollgruppe. Darüberhinaus sollte sowohl die konservative Vorbehandlung als auch der klinische Befund vor einem operativen Eingriff bzw. das Ansprechen auf die konservative Vorbehandlung für eine vergleichende Bewertung des Erfolges einer operativen Maßnahme bekannt sein. Die erforderliche exakte präoperative Klassifikation wurde bereits mehrfach vorgeschlagen^{26;28;44;134}.

1.3. Ziel der Untersuchung

Ziel dieser Untersuchung ist die vergleichende Bewertung der Funktion des Erwachsenenfußes nach einer operativen Korrektur der angeborenen Klumpfußdeformität in der Kindheit anhand von subjektiven und objektiven Kriterien und im Vergleich zum gesunden Erwachsenenfuß.

Hierzu wird eine Gruppe, die in Form eines isolierten posterioren Releases behandelt wurde, mit einer Gruppe, die in Form eines kombinierten mehrzeitigen postero-medialen Releases behandelt wurde, untereinander und mit einer gesunden Kontrollgruppe verglichen. Sowohl ein Fragebogen zur subjektiven Bewertung, als auch zwei klinische Scores und die dynamische Pedographie werden zur Bewertung herangezogen und zusätzlich bezüglich ihrer Aussagekraft miteinander verglichen. Kriterien, die zwischen einer erfolgreichen und einer nicht erfolgreichen Therapie differenzieren können, werden vorgestellt. Auf eine radiologische Darstellung wurde verzichtet, da sich die Patienten in der Nachuntersuchung sehr ablehnend gegenüber einer erneuten radiologischen Darstellung ihrer Füße äußerten und es sich darüberhinaus in der Literatur zeigte, daß ein gutes oder schlechtes Ergebnis nicht anhand der radiologischen Darstellung vorhergesagt werden konnte^{33;66}.

2. Anatomie

2.1. Anatomie des Fußes

2.1.1. Aufbau

Der Fuß ist das Stützorgan des Menschen. Somit sind seine Skelettelemente, die den Hauptteil der Druckkräfte aufnehmen, besonders massiv gebaut. Dies trifft vor allem für Talus und Calcaneus sowie für die Knochen des 1. Strahles zu.

Das Fußskelett ist in Form eines Längs- und eines Quergewölbes konstruiert.

Die Querwölbung resultiert aus der Lage von Calcaneus, Talus und Os naviculare sowie der keilförmigen Anordnung der Ossa cuneiformia und des Os cuboideum. Die Querwölbung setzt sich in den Bereich der Mittelfußknochen fort. Den höchsten Bogen des Längsgewölbes bildet der 2.Strahl mit 2.Zehne, Os metatarsale II, Os cuneiforme intermedium, Os naviculare und Calcaneus. Die Verspannung der Knochen im Gefüge der Fußwölbungen erfolgt durch Muskeln, Bänder und Sehnen im Bereich der Planta pedis. Die wichtigsten Bestandteile des ligamentären plantaren Verspannungssystems, Plantaraponeurose, Ligamentum plantare longum und Pfannenband, liegen in drei Ebenen. Durch die mehrfache Verspannung wird die Beanspruchung der Mittelfußknochen im Sinne einer Zuggurtung verringert.

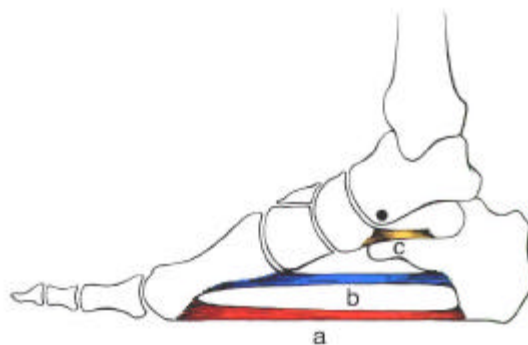


Abbildung 10: schematische Darstellung der plantaren Verspannungsmechanismen des Fußgewölbes durch die Plantaraponeurose (a), das Ligamentum plantare longum (b) und das Pfannenband (c) (aus Rauber, Kopsch – Anatomie des Menschen – Bd. 1 Bewegungsapparat¹³⁹)

2.1.1.1 oberes Sprunggelenk

Das obere Sprunggelenk stellt die Verbindung zwischen Unterschenkel und Fuß her und ist der Ort der Kraftübertragung vom Unterschenkel auf den Vor- und Rückfuß. Es artikulieren Tibia, Fibula und Talus miteinander. Die distalen Enden von Tibia und Fibula werden durch die Syndesmosis tibiofibularis zur Malleolengabel vereinigt, die den Talus von drei Seiten umfaßt. Die Gelenkkapsel entspringt im medialen, lateralen und hinteren Bereich der Malleolengabel sowie an der Trochlea tali nahe der Knorpel-Knochen-Grenze. Die seitlichen Anteile werden durch kräftige Bänder verstärkt. Die Seitenbänder ziehen fächerförmig von den Malleolen nach distal zu den Fußwurzelknochen. Durch diese Anordnung ist in jeder Stellung des Gelenkes ein Teil des Bandapparates angespannt und stabilisiert so das obere Sprunggelenk. Der Form nach ist es ein Scharniergelenk mit einer Plantarflexionsmöglichkeit von 40 - 50° und einer Dorsalextensionmöglichkeit von 20 - 30°. Kinematisch gesehen sind die Bewegungen im oberen Sprunggelenk mit geringen Rotationsbewegungen des Talus kombiniert. Bei Plantarflexion des Fußes dreht sich der Talus nach medial innen. Diese Einwärtsdrehung setzt sich kontinuierlich in den Bewegungsablauf der Inversion und Adduktion des Fußes in den subtalaren Gelenken fort. Bei Dorsalextension ist der Vorgang umgekehrt.

Die Bewegungsachse für die Plantarflexion und die Dorsalextension verläuft transversal und ist gegen die Tibiaachse um ca. 82° nach lateral geneigt.

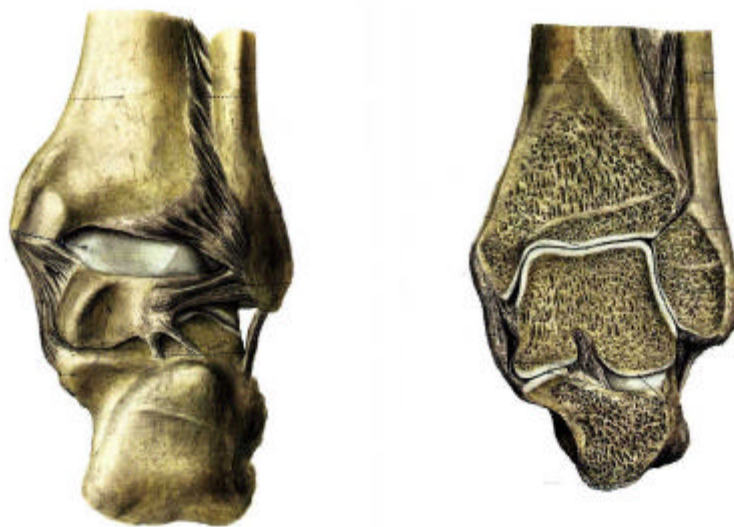


Abbildung 11: oberes Sprunggelenk in der Ansicht von dorsal (aus Rauber, Kopsch – Anatomie des Menschen – Bd. 1 Bewegungsapparat¹³⁹)

2.1.1.2. unteres Sprunggelenk

Anatomisch besteht das untere Sprunggelenk aus zwei vollständig durch Gelenkkapseln voneinander getrennten Gelenken. Die Zusammenfassung der gelenkigen Verbindungen des Talus mit dem Calcaneus und dem Os naviculare geschieht unter funktionellen Gesichtspunkten. In der hinteren Kammer artikulieren Talus und Calcaneus und in der vorderen Kammer Talus, Calcaneus und Os naviculare sowie das Pfannenband. Die Gelenkkapseln werden teilweise durch Bänder verstärkt und zwischen den Kammern verläuft das Ligamentum talocalcaneum interosseum. Vordere und hintere Kammer sind durch den Sinus und Canalis tarsi voneinander getrennt. Das untere Sprunggelenk kann als kombiniertes Zapfen-Kugelgelenk aufgefaßt werden, dessen gemeinsame Bewegungsachse vom lateralen plantaren Bereich des Tuber calcanei schräg nach medial-dorsal durch den Talushals verläuft. Sie schneidet im Sinus tarsi die Achse des oberen Sprunggelenkes. Bei Inversion findet gegenüber dem Talus gleichzeitig eine Adduktion statt, bei Eversion eine Abduktion. Über das untere Sprunggelenk werden die Skelettelemente des Vor- und Rückfußes belastet.

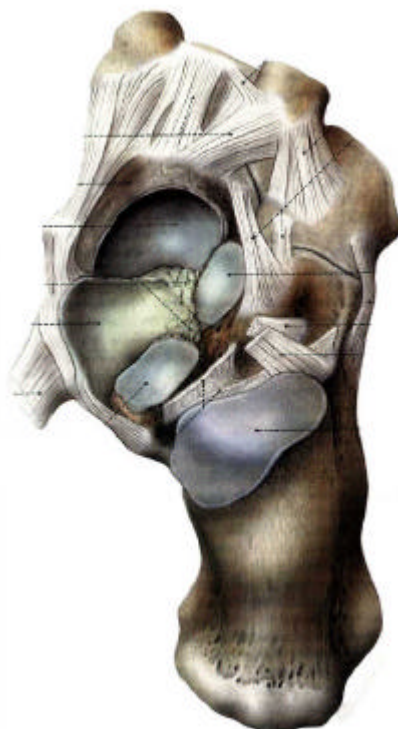


Abbildung 12: unteres Sprunggelenk in der Ansicht von oben (aus Rauber, Kopsch – Anatomie des Menschen – Bd. 1 Bewegungsapparat¹³⁹)

2.1.1.3. queres Fußwurzelgelenk (Chopartsches Gelenk)

Als Chopartsche Gelenklinie bezeichnet man die Gelenkspalten der *Articulatio talonavicularis* und der *Articulatio calcaneocuboidea*. Sie verläuft transversal und ist s-förmig gekrümmt. Das Chopartsche Gelenk wird dorsal und plantar von kräftigen Bändern überbrückt, läßt aber Drehbewegungen des Rückfußes gegenüber dem Vorfuß im Sinne einer Pronation und Supination zu.

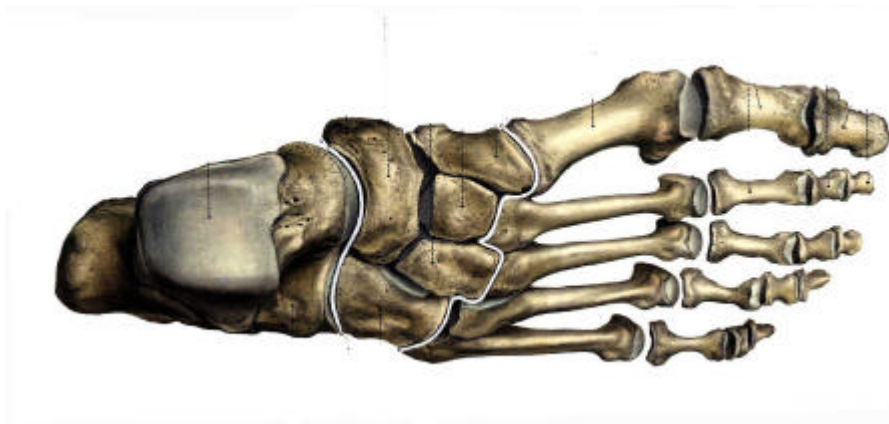


Abbildung 13: rechter Fuß in der Ansicht von dorsal mit Chopartscher und Lisfrancscher Gelenklinie (aus Rauber, Kopsch – Anatomie des Menschen – Bd. 1 Bewegungsapparat¹³⁹)

2.1.1.4. übrige gelenkige Verbindungen

Die übrigen gelenkigen Verbindungen der Fußwurzelknochen untereinander und mit den Mittelfußknochen sind durch kräftige Bandverbindungen gesichert und erlauben nur geringe Bewegungsauslässe. Dies gilt auch für die *Articulationes tarsometatarsae* und für die *Articulationes intermetatarsae*. Auf die Anatomie der *Articulationes metatarsophalangeae* und auf die *Articulationes interphalangeae* wird nicht eingegangen, da sich diese Bereiche für die vorliegende Arbeit als nicht relevant darstellen.

2.1.2. Muskulatur

Die für die Ausrichtung des Fußes im Raum verantwortliche Muskulatur hat ihren Ursprung am Unterschenkel. Alle Muskeln wirken auf mehrere Gelenke, es wird hier jedoch nur die Wirkung auf die Sprunggelenke angegeben.

Für die Dorsalextension sind der M. tibialis anterior, der M. extensor digitorum longus und der M. extensor hallucis longus verantwortlich, da sie ventral der Bewegungsachse des oberen Sprunggelenkes verlaufen.

Für die Plantarflexion sind der M. triceps surae, die Mm. peronei longi et brevis, der M. flexor digitorum longus und der M. tibialis posterior verantwortlich, da sie dorsal der Achse des oberen Sprunggelenkes verlaufen.

Für die Pronation sind die Mm. peronei longi et brevis, der M. extensor digitorum longus und der M. peroneus tertius verantwortlich, da sie lateral der Bewegungsachse des unteren Sprunggelenkes verlaufen.

Für die Supination sind der M. triceps surae, der M. tibialis posterior, der M. flexor hallucis longus und der M. tibialis anterior verantwortlich, da sie medial der Gelenkachse des unteren Sprunggelenkes verlaufen.

Der Verlauf und die Funktion des M. tibialis posterior wird genauer dargestellt, da dieser Muskel wiederholt als Klumpfußmuskel dargestellt wurde.

Er entspringt von allen Anteilen der tiefen Flexorenloge des Unterschenkels und zieht nach distal. Hierbei unterkreuzt er im distalen Drittel des Unterschenkels den M. flexor digitorum longus, sodaß seine Ansatzsehne beim Verlauf im Sulcus malleolaris tibiae vor der Sehne des langen Zehenbeugers liegt. Die Ansatzsehne des M. tibialis posterior verläuft, umhüllt von einer eigenen Sehnenscheide, durch das vordere Sehnensfach. Die Sehnenscheide beginnt etwa 5 cm oberhalb des Malleolus medialis und endet in seinem Ansatzbereich in Höhe des Os naviculare. Nach der Passage des Sulcus malleolaris tibiae, der der Sehne als Widerlager dient, biegt sie nach vorn um und verläuft zwischen Sustentaculum tali des Calcaneus und der tuberositas ossis navicularis am medialen Fußrand. Hier spaltet sich die Ansatzsehne normalerweise in zwei Stränge. Der kräftige tibiale Teil inseriert an der Tuberositas ossis navicularis, der schwächere fibulare Zipfel zieht fächerförmig zu den ossa cuneiformia intermedium und laterale, zum os cuboideum und zu den Basen der Ossa metatarsalia II-V. Der tibiale Schenkel der Ansatzsehne hat enge Beziehung zum Ligamentum calcaneonaviculare plantare (Pfannenband) und zum Taluskopf. Die Sehne hat an dieser Stelle die Struktur einer Gleitsehne. Der M. tibialis posterior beteiligt sich an der Plantarflexion

im oberen Sprunggelenk und ist ein kräftiger Supinator im unteren Sprunggelenk. Aufgrund der fächerförmigen Ausdehnung seiner Ansatzsehne übt der Muskel eine mechanisch bedeutende aktive Verspannung auf die Längs- und Querwölbung des Fußes aus.

2.1.3. Gefäßversorgung

Die ventrale Unterschenkelregion und der Fußrücken wird von der aus der Arteria poplitea entspringenden A. tibialis anterior versorgt. Sie verläuft mit ihren Begleitvenen und dem Nervus peroneus profundus in der Tiefe zwischen der Sehne des M. tibialis anterior und dem M. extensor hallucis longus und versorgt in ihrem weiteren Verlauf als Arteria dorsalis pedis den Fußrücken.

Die dorsale Unterschenkelregion wird von den ebenfalls aus der Arteria poplitea entspringenden Arteria tibialis posterior und peronea versorgt. Diese Gefäßversorgung unterliegt Varietäten. Im Regelfall zieht die Arteria tibialis posterior an der Hinterfläche der Tibia abwärts, gelangt in die Regio retromalleolaris medialis und teilt sich in die Arteria plantares auf. Die Arteria peronea zieht nahe der Fibula abwärts und endet im Bereich des Malleolus lateralis.

2.2. Anatomie des Klumpfußes

Im Folgenden werden nur die Besonderheiten der Klumpfußdeformität im Gegensatz zur normalen Anatomie des Fußes aufgezeigt.

Die Pathoanatomie der Klumpfußdeformität beinhaltet neben ossären und ligamentären Veränderungen auch neuromuskuläre und vaskuläre Auffälligkeiten. Die ossären und musculo-ligamentären Besonderheiten wurden durch makroskopische, mikroskopische, und histochemische Untersuchungsmethoden nachgewiesen^{22;24;31;39;46;47;54;55;70;74;75;83;89;144;145}.

Die neuromuskulären und neurophysiologischen Auffälligkeiten konnten elektrophysiologisch und histochemisch dargestellt werden^{49;77;100;125;151;163}. Vaskuläre Einflüsse wurden histochemisch, angiographisch und dopplersonographisch aufgezeigt^{68;85;96;100;113;136;152}.

Das obere Sprunggelenk zeigt eine ventrale Dislokationstendenz des Talus in Spitzfußstellung in der Knöchelgabel und das untere Sprunggelenk steht bedingt durch die Innenrotation der subtalaren Fußplatte in Inversionsstellung. Sowohl das Naviculare als auch das Cuboideum sind in medioplantarer Richtung disloziert und es kommt zu einer Annäherung des Naviculare an den Innenknöchel und des Tuber calcaneum an den Außenknöchel. Der Mittel- und Vorfuß steht in Adduktions- und Supinationsposition. Insgesamt ist die untere Extremität hypoplastisch.

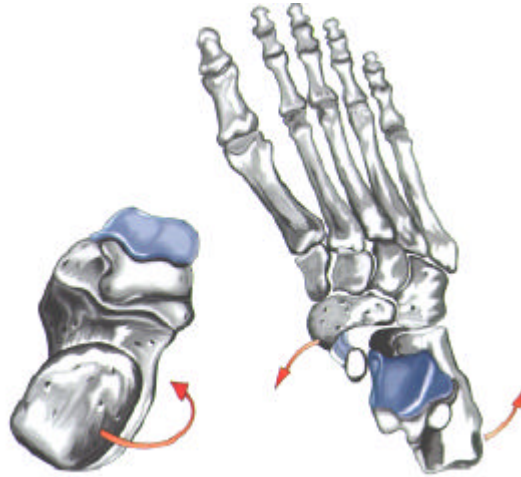


Abbildung 14: Darstellung der subtalaren Rotation nach innen (aus Niethard, FU.: Kinderorthopädie¹¹⁸)

Die ossären Veränderungen bestehen in einer abnormen Gestalt des Talus und des Calcaneus. Der Talus ist deformiert, der Talushals nach medial abgewinkelt.

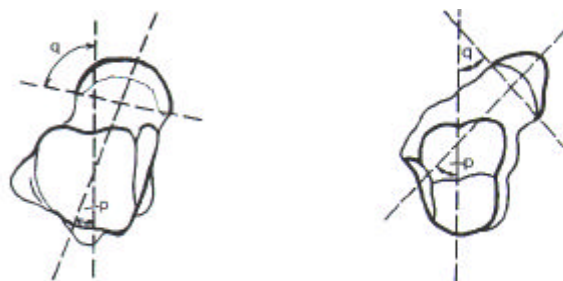


Abbildung 15: veränderte Morphologie des Talus des Klumpfußes (rechts) im Vergleich zum Normalfuß (aus Döderlein, L.: Der Klumpfuß⁴⁵ – modifiziert nach Hjelmstedt und Sahlstedt 1974)

Der hypoplastische Calcaneuskörper ist nach medial geneigt und unterhalb des Talus nach medial rotiert. Sowohl der Talus als auch der Calcaneus stehen in Plantarflexionsposition. Die Neigung des Talus und die mediale Neigung und Rotation des Calcaneus resultieren in einer Varusposition des Rückfußes. Die Varus- und Adductus-Position der Ferse und der Fußwurzel bedingen die Supinationsstellung des Vorfußes. Die Vorfußadduktion resultiert aus einer medial ausgerichteten Verschiebung des keilförmig deformierten Naviculare im Talo-navicular-Gelenk und in einer medial ausgerichteten Verschiebung des Cuboids im Calcaneo-cuboid-Gelenk¹⁰⁵. Hierdurch verändern sich die Muskelzugrichtungen und verstärken zusätzlich die Klumpfußstellung. Zusätzlich auftretende Muskeln wie der M. soleus accessorius und der M. flexor digitorum accessorius longus wirken ebenfalls invertierend.

Die ligamentären Veränderungen bestehen in einer Fibrosierung der distalen dorsalen Unterschenkelmuskulatur, ihrer Sehnenscheiden und der benachbarten Fascien. Dies insbesondere im Bereich des M. trizeps surae und des M. tibialis posterior. Darüberhinaus sind die tibionavicularen und die plantaren calcaneonavicularen Bandverbindungen zu einer fibrösen Masse (TN in Abbildung 3) in medialen Fußwurzelbereich verkürzt und verdickt. Die neuromuskulären und neurophysiologischen Auffälligkeiten bestehen in einer reduzierten Muskelfaserzahl, einem geringeren Faserdurchmesser und einem Ersatz von Typ I-Fasern durch Typ II-Fasern im Bereich der postero-medialen Unterschenkelmuskulatur. Da der Muskelfasertyp durch die Innervation bestimmt wird, liegt eine neurogene Beteiligung nahe. Darüber hinaus zeigen sich Veränderungen im Reflexverhalten besonders des M. trizeps surae und des M. tibialis posterior.

Die vaskulären Besonderheiten bestehen in einer verminderten Kapillardichte und einem verringerten Kapillar/Faser-Verhältnis im M. trizeps surae. Zusätzlich zeigen sich Gefäßmalformationen bis hin zum Nichtvorhandensein einiger Gefäße am distalen Unterschenkel.

3. Patienten und Methode:

3.1. Patientenkollektiv

In der orthopädischen Abteilung des AK Barmbek, Hamburg, wurden in den Jahren 1970 bis 1980 331 Patienten mit einer angeborenen Klumpfußdeformität betreut. 183 Patienten wurden stationär operativ behandelt. Hiervon kamen 42 Patienten mit insgesamt 68 Klumpfüßen der Einladung zu einer Nachuntersuchung nach. Das Verhältnis Mädchen zu Jungen betrug 1 : 2,23 und das Verhältnis einseitiger Klumpfuß zu beidseitigen Klumpfuß betrug 1 : 1,47.

3.1.1. Verteilung der Behandlungsverfahren im Patientenkollektiv

Folgende Therapieformen fanden in diesem Patientenkollektiv Anwendung:

- a) 4 Füße - konservative Therapie
- b) 12 Füße - einfach durchgeführtes posteriores Release
- c) 5 Füße - zweifach durchgeführtes posteriores Release
- d) 5 Füße - einfach durchgeführtes posteriores Release
und mediale Entflechtung
- e) 11 Füße - einfach durchgeführtes posteriores Release,
mediale Entflechtung und Versetzung des
M.tibialis anterior
- f) 5 Füße - zweifach durchgeführtes posteriores Release,
mediale Entflechtung und Versetzung des
M.tibialis anterior
- g) 5 Füße - einfach durchgeführtes posteriores Release, mediale
Entflechtung und Versetzung sowie Rückversetzung des
M.tibialis anterior
- h) 10 Füße - knöcherner Korrekturingriff

Die in den Jahren 1970-1980 übliche Behandlungsstrategie machte ein häufig mehrzeitiges operatives Vorgehen notwendig. 75% der untersuchten Patienten wurden mehrfach operiert (Abbildung 16).

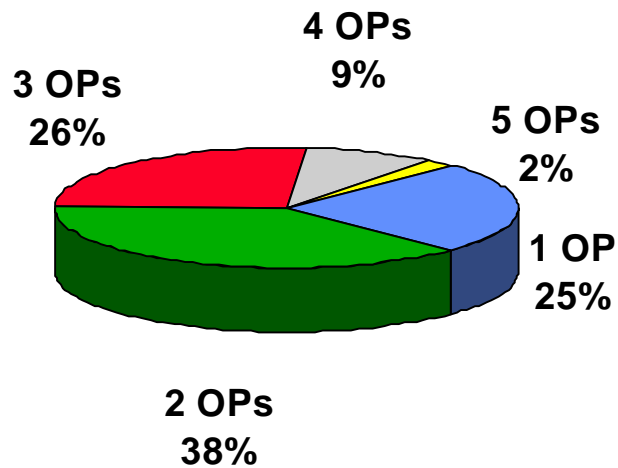


Abbildung 16: Prozentuale Anteile des Patientenkollektivs bezogen auf die Operationsanzahl.

3.1.2. Darstellung der Behandlungsverfahren im Patientenkollektiv

3.1.2.1 Die konservative Therapie

Die konservative Therapie wurde direkt nach der Geburt eingeleitet. Zunächst erfolgte ein manuelles Redressment der Fußfehlform (Abbildung 15) und anschließend wurde die erreichte Korrektur mittels eines Oberschenkelgipses in 90° Kniebeugung, der am lateralen Fußrand eröffnet wurde, gesichert (Abbildung 18 und 19).



Abbildung 17: manuelles Redressment (aus Döderlein, L.: Der Klumpfuß⁴⁵)



Abbildung 18: Gipsanlage
(aus Döderlein, L.: Der Klumpfuß⁴⁵)



Abbildung 19: Oberschenkelgips

Durch die laterale Öffnung ist ein Ausweichen in die Korrekturrichtung möglich und der Fuß einer Stimulationsbehandlung zugänglich. Die Eltern wurden angehalten die Stimulationsbehandlung mehrfach täglich durchzuführen. Die Behandlungen erfolgten zunächst täglich und wurden in der Folge befundabhängig auf wöchentlich ausgedehnt. Nach der 12. Lebenswoche wurden die Füße im a.p. und im seitlichen Strahlengang in der maximalen Korrekturposition gehalten und geröntgt. Die Operationsindikation wurde in Abhängigkeit von dem klinischen Bild und der radiologischen Darstellung gestellt. Im Falle einer Entscheidung zu einem weiteren konservativen Vorgehen wurde die Gipsbehandlung fortgeführt bzw später auch eine Retentionsorthese eingesetzt und mit einer krankengymnastischen Behandlung kombiniert. Die Orthese wurden 24 Stunden pro Tag

getragen. Bei Laufbeginn erhielten die Patienten eine 3-Backen-Einlage (Abbildung 20) und die Klumpfußorthese zur Nacht. In Abhängigkeit vom Verlauf wurde ein Auslaßversuch durchgeführt, die jungen Patienten wurden dann engmaschig vorgestellt.

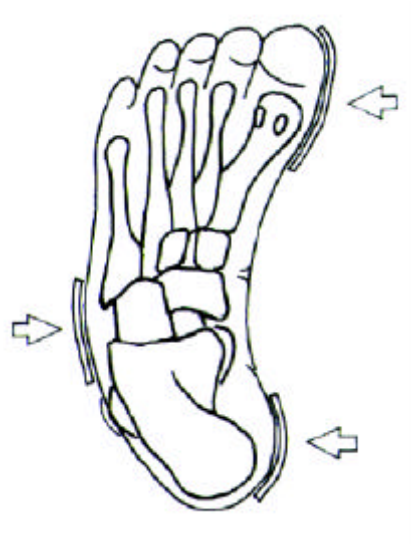


Abbildung 20: schematische Darstellung des Wirkmechanismus der 3-Backen-Einlage (aus Döderlein, L.: Der Klumpfuß⁴⁵)

3.1.2.2. Das posteriore Release

Das posteriore Release wurde in Form einer Z-Plastik der Achillessehne (Abbildung 21) nach einem dorsalen, vertikalen Zugang und in Kombination mit einer Eröffnung des oberen und unteren Sprunggelenkes (Abbildung 22) durchgeführt.

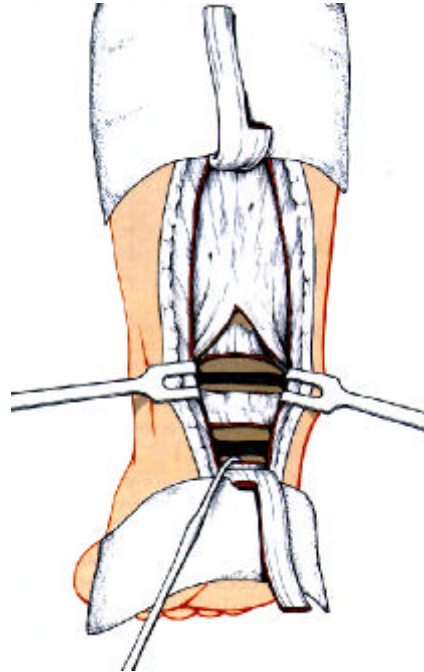
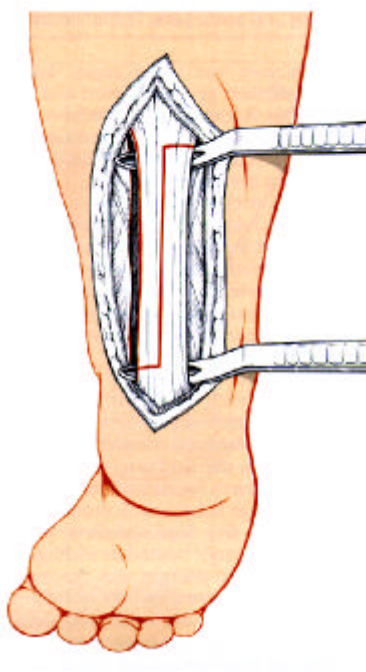


Abbildung 21: Z-Plastik der Achillessehne Abbildung 22: Kapseleröffnung des OSG und des USG (aus Wirth, C.J. and Jäger, M.: Praxis der Orthopädie¹⁷²)

Das Ausmaß des Releases wurde vom intraoperativen Befund abhängig gemacht. Postoperativ erfolgte die Ruhigstellung im Oberschenkelgips, wiederum mit Eröffnung des Gipses am lateralen Fußrand. Zum Zug des Nahtmaterials wurde ein Gipswechsel vorgenommen und befundabhängig die Gipsbehandlung fortgeführt. In weiteren Verlauf wurde die Gipsbehandlung durch eine krankengymnastische Behandlung ersetzt. Bei Laufbeginn wurde eine 3-Backen-Einlage angefertigt. Ein Auslaßversuch wurde individuell vorgenommen.

3.1.2.3. Das 2-fach durchgeführte posteriore Release

Ein erneutes posteriores Release wie oben beschrieben wurde bei einem Rezidiv der Spitzfußkomponente durchgeführt. Die Operationstechnik und die Nachbehandlung erfolgte wie bereits unter 3.1.2.2. beschrieben.

3.1.2.4. Die mediale Entflechtung

Die mediale Entflechtung wurde nach einem vorausgegangenen posterioren Release bei einem Persistieren der Vorfußadduktion durchgeführt. Hierbei wurden nach einem bogenförmigen Zugang am medialen Fußrand die Gelenkkapseln der Artic. talonavicularis, der Artic. cuneonavicularis und wenn nötig auch die Artic. cuneiforme-metatarsale I eröffnet. Das Ausmaß des medialen Releases und die Entscheidung, ob die erreichte Korrektur mittels Kirschner-Drähten fixiert werden mußte, wurde intraoperativ getroffen. Die postoperative Nachbehandlung erfolgte analog zu dem Vorgehen nach einem posterioren Release im Oberschenkelgips mit Eröffnung des Gipses am lateralen Fußrand.

3.1.2.5. Die Versetzung der Sehne des M. tibialis anterior

Die Indikation zu einer zusätzlichen Transposition der Sehne des M. tibialis anterior wurde bei einer Einschränkung des aktiven Pronationsvermögens gestellt. Hierbei wurde der Ansatz der Sehne distal über einen Hautschnitt dargestellt und mobilisiert und nach einem zweiten Zugang oberhalb der Malleolenebene über der Sehnenscheide hochgezogen. Ein dritter Zugang wurde über dem lateralen Fußrand gelegt und, nach Untertunnelung zum zweiten Zugang, die Sehne durchgezogen und angeheftet (Abbildung 23 und 24). Die Nachbehandlung erfolgt wiederum mittels einer postoperativen Gipsruhigstellung.

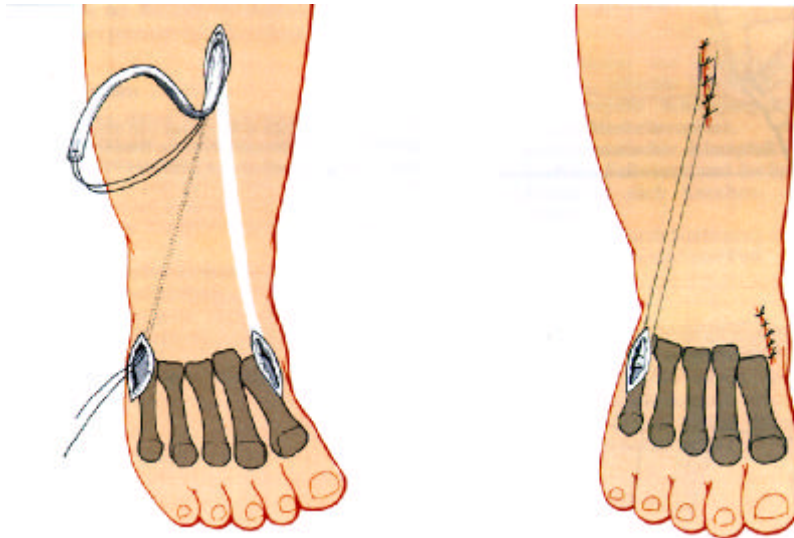


Abbildung 23 und 24: Transposition der Sehne des M.tibialis anterior vom 1.Strahl auf den 5.Strahl (aus Wirth, C.J. and Jäger, M.: Praxis der Orthopädie¹⁷²)

3.1.2.6. Die Versetzung der Sehne des M. tibialis anterior nach 2-fach durchgeführtem posteriorem Release

In dieser Gruppe wurde das posteriore Release zweifach durchgeführt. Das weitere operative Vorgehen entspricht dem der Gruppe 3.1.2.5.

3.1.2.7 Die Rückversetzung der Sehne des M. tibialis anterior

Die operative Technik dieser Patientengruppe erfolgt wie bereits oben beschrieben. Es wurde zunächst ein posteriores Release durchgeführt. Bei einer deutlichen Vorfußadduktion mit entsprechender Kontraktur wurde der mediale Fußrand wie bereits oben beschrieben entfesselt und die Sehne des M. tibialis anterior versetzt. Zeigte sich im weiteren Verlauf eine Überkorrektur im Sinne einer vermehrten Pronation so wurde die Sehne des M.tibialis anterior wie bereits oben beschrieben rückversetzt.

3.1.2.8. Die knöchernen Korrekturingriffe

In dieser Gruppe sind die Patienten zusammengefaßt, bei denen ein knöcherner Korrekturingriff durchgeführt wurde. Dazu gehörten unter anderem die subtalare Arthrodese (Abbildung 25 und 26) und dorsale sowie laterale Keilosteotomien der Fußwurzel. Da sich die operative Technik in dieser Gruppe inhomogen darstellt, wurde sie nicht berücksichtigt. Darüber hinaus fanden sich zusätzliche relevante Störungen des Bewegungsapparates mit weiteren operativen Eingriffen an der unteren Extremität.

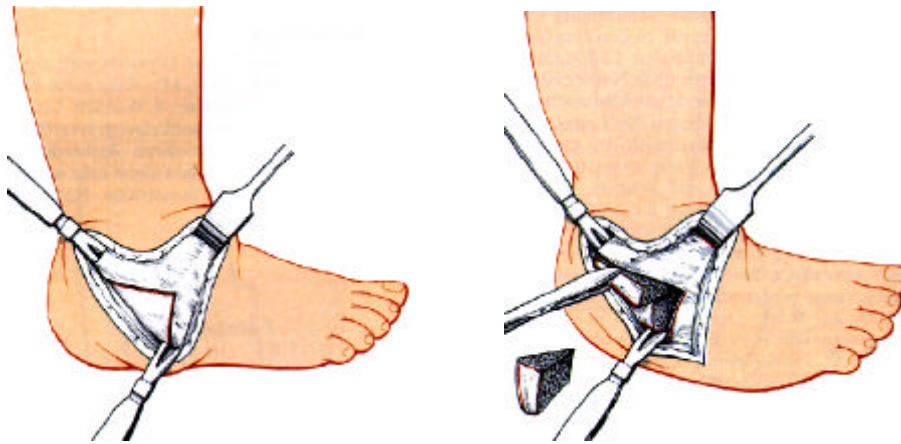


Abbildung 25 und 26: subtalare Arthrodese mit dorsolateraler Keilentnahme (aus Wirth, C.J. and Jäger, M.: Praxis der Orthopädie¹⁷²)

3.1.2.9 Die konservative präoperative Behandlung

Alle Patienten wurden direkt nach der Geburt konservativ vorbehandelt, in Form eines manuellen Redressments (Abbildung 17) und einer anschließenden Sicherung der erreichten Korrektur im Oberschenkelgips (Abbildung 18 und 19). Die Behandlung erfolgte wie bereits unter 3.1.2.1. beschrieben. Nach insgesamt 12 Wochen der rein konservativen Therapie erfolgte die radiologische Darstellung des Fußes im a.p. Strahlengang und gehalten in maximaler Korrekturstellung im seitlichen Strahlengang. In Abhängigkeit sowohl vom klinischen als auch vom radiologischen Befund wurde dann die Operationsindikation gestellt.

3.1.2.10 Der primäre operative Eingriff und die Nachbehandlung

Der primäre operative Eingriff erfolgte durchschnittlich im 10. Lebensmonat und stellte in allen Fällen ein isoliertes posteriores Release in Form einer Z-förmigen Verlängerung der Achillessehne (der laterale Anteil wurde am Calcaneus belassen) in Kombination mit einer Kapsulotomie des oberen und unteren Sprunggelenkes über einen vertikalen paraachillären Zugang dar (Abb 21 und 22). Das Ausmaß des Releases wurde vom intraoperativen Befund abhängig gemacht und solange unter Schonung der Gefäß- und Nervenbündel erweitert bis intraoperativ der Calcaneus ausreichend mobil und distalisiert war. Auf einen zusätzlichen medialen oder lateralen Zugang mit entsprechendem Release wurde im Rahmen des Ersteingriffes verzichtet. Eine Sicherung intraoperativ mit K-Drähten erfolgt routinemäßig nicht. Postoperativ wurde der Fuß in einem Oberschenkelgips in Korrekturstellung und in 90° Kniebeugung für 5 Wochen ruhiggestellt (Abbildung 19). Der Gips wurde im Bereich des lateralen Fußrandes eröffnet, um ein Ausweichen in die Korrekturrichtung zu ermöglichen und um eine Stimulationsbehandlung durchführen zu können. Ein Gipswechsel zum Zug des Nahtmaterials und ggf. zum Gipsabdruck für eine Klumpfußretentionsorthese erfolgte nach 3 Wochen. Im Anschluß an die Gipsbehandlung erfolgte die Sicherung der Korrektur über die Orthese und parallel erfolgte eine krankengymnastische Übungsbehandlung. Bei Laufbeginn wurde der Patient für den Tag mit 3-Backen-Einlagen versehen und die Orthese/ Schiene in der Nacht angelegt. Ein Auslaßversuch bzw. der Abschluß der Behandlung wurde befundabhängig vorgenommen.

3.1.3. Die Gruppenbildung innerhalb des Patientenkollektives

Die Gruppen b) und c) mit insgesamt 17 Füßen wurden zu der Gruppe (1) des isolierten dorsalen Eingriffes (posteriores Release) und die Gruppen d), e), f) und g) mit insgesamt 26 Füßen zu der Gruppe (2) des kombinierten mehrzeitigen dorso-medialen Releases (postero-mediales Release) zusammengefaßt. Keine Berücksichtigung im Rahmen der statistischen Auswertung fanden die Gruppe der rein konservativen Behandlung (a) und die Gruppe der knöchernen Korrekturingriffe (h). Durch diese Gruppenbildung wird ein Vergleich der operativen Vorgehensweise möglich.

Das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Erstoperation, der Nachuntersuchungszeitraum

nach der letzten Operation, das Alter zum Zeitpunkt der ersten Operation und die Anzahl der durchgeführten Operationen sind in der Tabelle 1 für die Gruppe 1 (isoliertes posteriores Release) und die Gruppe 2 (kombiniertes mehrzeitiges postero-mediales Release) dargestellt.

	Gruppe 1	Gruppe 2
	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)
Alter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	24J 8Mo (±4J 2Mo)	24J 10Mo (±4J 4Mo)
Nachuntersuchungszeitraum nach der letzten Operation	21J 4Mo (±4J 4Mo)	16J 6Mo (±5J 8Mo)
Alter zum Zeitpunkt der ersten Operation	9Mo (±0J 8Mo)	8Mo (±0J 8Mo)
Anzahl der durchgeführten Operationen	1,3 (±0,5)	2,7 (±0,8)

Tabelle 1: Darstellung der zeitlichen Charakteristika der Gruppen

3.2. Das Kontrollkollektiv

Als Kontrollgruppe dienten 20 Ärzte, Krankengymnasten und Studenten mit jeweils gesunden unverletzten und unter Belastung schmerzfreien Füßen.

Das Durchschnittsalter der Kontrollgruppe betrug zum Zeitpunkt der Untersuchung 28 Jahre 8 Monate (STDAW ±3 Jahre 10 Monate).

3.3. Der Untersuchungsablauf

Die Untersuchung gliedert sich in 4 Anteile, die zeitlich nacheinander durchgeführt wurden. Hierzu zählen die Erhebung der Patientenanamnese, die subjektive Bewertung des Fußes und seiner Funktion mittels eines Patientenfragebogens, die klinische Untersuchung und die dynamische Pedographie.

3.3.1. Die Patientenanamnese:

Teil 1 stellt die Erhebung der Patientenanamnese dar. Die Operationsberichte und der entsprechende klinische Befund präoperativ wurden ebenso wie die Nachbehandlung und der weitere Verlauf den Krankengeschichtsakten entnommen. Zusätzlich wurde mittels des Fragebogens erfragt, ob zusätzliche Operationen an den Füßen oder an der unteren Extremität an anderen Kliniken durchgeführt wurden. Hiernach wurde im Rahmen der Untersuchung speziell gefragt.

3.3.2. Der Fragebogen

Teil 2 stellt der Fragebogen dar, der in Anlehnung an den Fragebogen aus der Arbeit von Cooper und Dietz³³ erstellt wurde. Der Fragebogen wurde mit der Einladung zur Untersuchung und Druckverteilungsmessung versandt. Hierbei wurden neben den persönlichen Daten mehrere Fragen zur Fußfunktion, zur Leistungs- und Belastungsfähigkeit, zur Beschwerdesymptomatik und zum kosmetischen Bild bzw. der Akzeptanz gestellt. Die einzelnen Fragen wurden bei Bedarf gemeinsam im Rahmen der Untersuchung besprochen. Der komplette Fragebogen ist im Anhang 1 aufgelistet.

Die Antworten wurden für die statistische Auswertung mit Punktwerten in aufsteigender Folge versehen, so daß ein größerer Wert einem schlechteren Ergebnis, zum Beispiel einer größeren Beeinträchtigung oder einer größeren Schmerzintensität, entspricht.

Die Spalte 1 entfällt (persönliche Daten) und die Antworten zu Frage 2 nach der beruflichen Tätigkeit wurden codiert mit 1 Punkt für eine sitzende Tätigkeit, mit 2 Punkten für eine körperliche Arbeit und mit 3 Punkten für eine schwere körperliche Arbeit.

Die Bewertung der Antworten bzw. die Codierung der einzelnen Fragen ist im Anhang 2 aufgelistet. In die statistische Auswertung gingen die Fragen 5 bis 17 ein. Die Antworten wurden hinsichtlich ihrer Differenzierungsmöglichkeit zwischen den Gruppen 1 und 2 überprüft.

3.3.3. Die klinische Untersuchung

Teil 3 stellt die klinische Untersuchung dar, die neben den Bewegungsumfängen im OSG und USG auch die Fußfunktion und das Erscheinungsbild bewertet. Das komplette Untersuchungsprotokoll ist im Anhang 3 aufgelistet. Die Untersuchung wurde vor der Druckverteilungsmessung vorgenommen. Die Auswertung erfolgte anhand der Scores nach McKay (Anhang 4) und des Scores nach Laaveg und Ponseti (Anhang 5). Beide Scores beinhalten subjektive und objektive Kriterien. Diese Scores wurden ausgewählt, da sie keine radiologische Bewertung erfordern und in der Literatur Verwendung finden.

Der Score nach McKay¹⁰⁷ setzt sich aus 10 Teilbewertungen zusammen. Von einer maximal möglichen Gesamtpunktzahl von 180 Punkten werden entsprechend des objektiven Befundes in den Teilbereichen Bewegungsfähigkeit im OSG, Malleolenachse, Kraft des M. triceps surae, Fersenstellung, Vorfußposition und Funktion des M. flexor hallucis longus jeweils bis zu 30 Punkten subtrahiert. Der subjektive Anteil dieses Scores besteht aus 4 Fragen zu den Beschwerden im OSG und im Fuß/ subtalar, sowie zu den Schuhen und der möglichen Sportausübung.

Von 180 maximal zu erzielenden Punkten werden bis zu 100 Punkte der objektiven Bewertung abgezogen und bis zu 80 Punkte der subjektiven Bewertung abgezogen. Somit stellt der Score nach McKay einen mit 55% überwiegend objektiven Score dar. Objektiv bedeutet in diesem Zusammenhang Bewertung durch den Untersucher.

Die Ergebnisklassifikation wird in den folgenden Abstufungen vorgenommen: excellent 175-180 Punkte, good 160-174 Punkte, fair 125-159 Punkte, poor 90-124 Punkte und failure unter 90 Punkte.

Der Score nach Laaveg und Ponseti⁹¹ wurde zusätzlich zur Bewertung herangezogen, da er eine überwiegend subjektive Bewertung zuläßt und darüber hinaus mehrfach in der Literatur bei ähnlichen Nachuntersuchungszeiträumen Verwendung findet. Somit sind die Ergebnisse teilweise vergleichbar. Dieser Score setzt sich aus 3 subjektiven und 3 objektiven Teilbereichen zusammen. Von maximal 100 zu vergebenden Punkten können bis zu 70 über die Beantwortung der Fragen nach Zufriedenheit, Funktionseinschränkung und Schmerz vergeben werden. Die übrigen 30 Punkte werden anhand des objektiven klinischen Untersuchungsbefundes in den Teilbereichen Fersenposition, passive Bewegungsausmaße und Gangbild vergeben.

Somit stellt der Score nach Laaveg und Ponseti einen mit 70% überwiegend subjektiven Score dar.

Die Ergebnisklassifikation wird in folgender Abstufung vorgenommen: excellent 90-100 Punkte, good 80-89 Punkte, fair 70-79 Punkte und poor weniger als 70 Punkte

3.3.4. Die pedographische Untersuchung

Teil 4 stellt die dynamische Druckverteilungsmessung dar. Hierzu wurde das EMED-SF-System der Firma Novel, München benutzt ^{108;110;111;169}.

3.3.4.1. Das Meßsystem

Das EMED-SF-System ist ein elektronisches Druckverteilungsmeßsystem. Das Meßverfahren basiert auf kapazitiven Sensoren. Die benutzte Druckmeßplatte enthält auf einer Fläche von 340 x 582 mm 2736 Sensoren. Erfasst wird die vertikale Komponente der Bodenreaktionskraft. Die gemessenen Größen sind der Druck (in [Newton/cm²]) in Abhängigkeit von der Zeit (in [ms]). Das System ermöglicht statische und dynamische Messungen mit einer Meßgeschwindigkeit von maximal 150.000 Sensoren pro Sekunde.

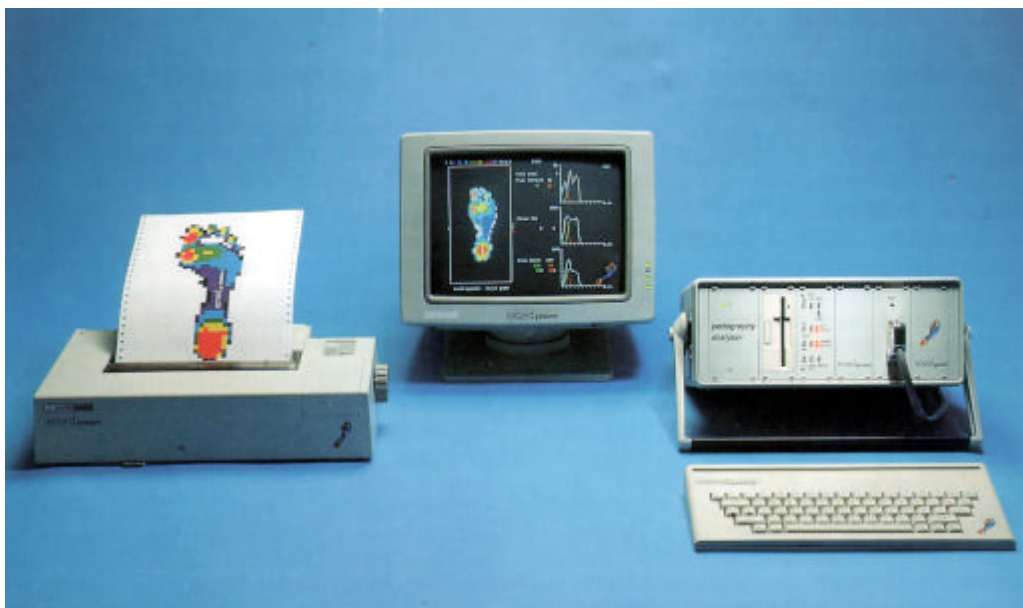


Abbildung 27: Druckverteilungsmeßsystem EMED-SF

Kernstück dieser Anlage stellt die Meßplattform dar. Sie besteht aus einer Metallbasis und einer Kunststoffoberfläche mit matrixartig kreuzenden Leiterbahnen. Die jeweiligen Schnittpunkte entsprechen kleinen Kondensatoren, die abhängig von der Druckbelastung ihren Plattenabstand verändern. Diese unterschiedlichen Kapazitäten werden von einem Mikroprozessor erfaßt, in Meßsignale transformiert, anschließend durch einen A/D-Wandler digitalisiert und auf einem PC gespeichert. Zudem wird die auf der Plattform registrierte Druckverteilung als farbiges Bild dargestellt, welches auf dem Monitor erscheint.



Abbildung 28: die Druckmeßplatte

Die im Rahmen dieser Studie verwendete Plattform des EMED-Systems besitzt 2736 Sensoren mit einer Ortsauflösung von 4 Sensoren/ cm^2 , einer Druckauflösung von 1 Newton/ cm^2 und einer Abtastgeschwindigkeit von 150.000 Sensoren/ sec., hierdurch ergibt sich eine Meßfrequenz von 50Hz.

Der Meßvorgang wird beim Berühren der Meßplattform im ersten Drittel automatisch gestartet. Unmittelbar nach Beendigung des Abrollvorganges erscheint auf dem Monitor das Maximaldruckbild mit entsprechenden Maximaldruck-, Kraft- und Kontaktflächenverlaufskurven.

Mit Hilfe der Tastatur können zusätzliche Informationen, wie z.B. Code-Nummer,

Patientenname, Geburtsdatum etc. diesem Bild hinzugefügt werden.

Die gewonnenen Daten können entweder durch den Farbdrucker oder aber auf Diskette abgespeichert werden.

3.3.4.2. Der Meßaufbau in der Klinik

Für die Untersuchung wurde die Meßplattform in einen hölzernen Laufsteg ebenerdig eingelassen (Abbildung 29).



Abbildung 29: Meßaufbau in der Klinik

Der Laufsteg war 6 m lang und 1 m breit. Die Anlaufstrecke hatte eine Länge von ca. 3 m. Der Monitor wurde so positioniert, daß er von dem Probanden während des Meßvorganges nicht eingesehen werden konnte. Hierdurch wurde gewährleistet, daß die Versuchsperson nicht durch die unmittelbar nach Beendigung des Abrollvorganges auf dem Bildschirm

erscheinenden Bilder abgelenkt wurde und somit die Messung verfälscht wird.

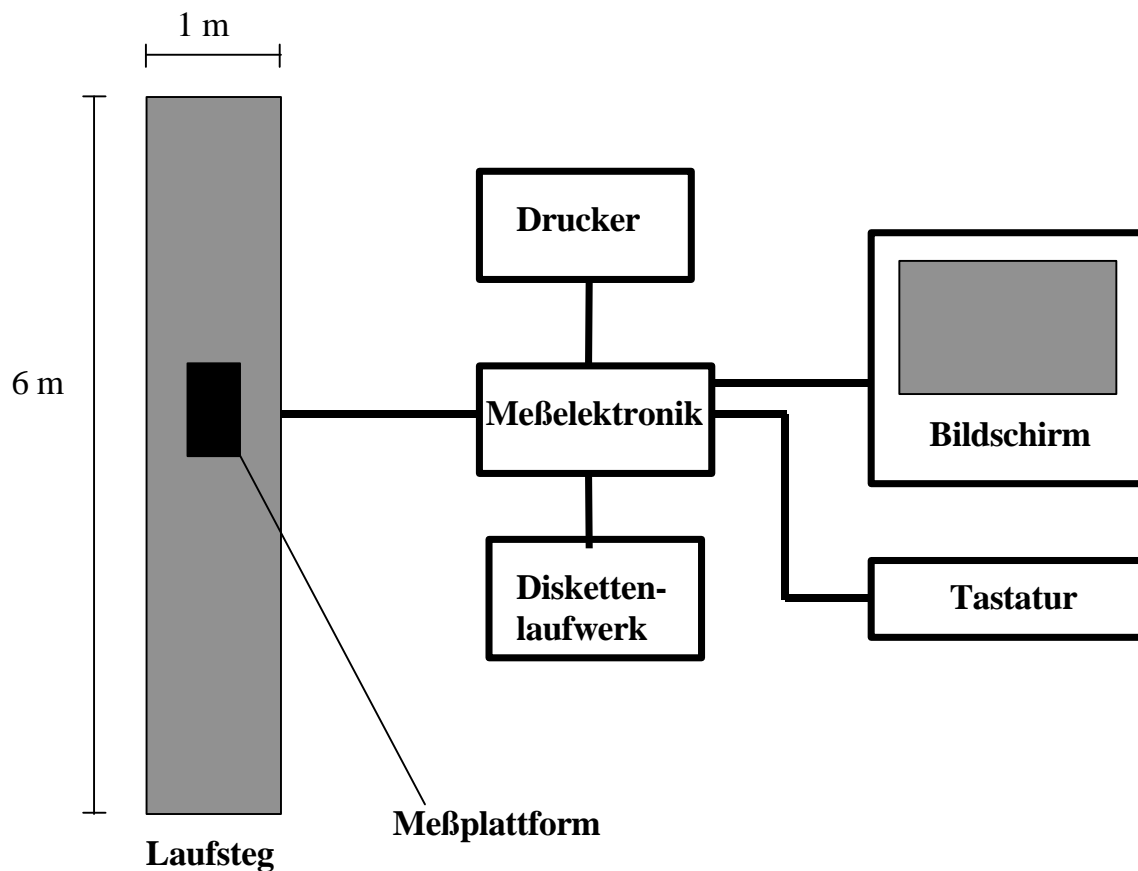


Abbildung 30: Schematischer Aufbau des EMED-SF-Systems zur pedographischen Untersuchung

3.3.4.3. Beschreibung des Meßvorganges

Nach dem Erheben der persönlichen Daten wurde dem Patienten der Versuchsablauf erklärt und demonstriert. Die Probanden wurden daraufhingewiesen, normal, mit einer konstanten Geschwindigkeit und Schrittlänge auf dem Laufsteg zu gehen. Beide Größen wurden nicht vorgegeben und entsprachen somit den Gewohnheiten der Patienten. Sie sollten den Schritt zur Meßplattform nicht betonen und eine Sichtfixation der Platte vermeiden.

Zunächst absolvierte der Patient einige Probeläufe über den Laufsteg und die Meßplattform. Hierbei wurde die individuelle Schrittlänge ermittelt, indem 3 Doppelschrittlängen gemessen wurden und die Summe durch 6 dividiert wurde. Die persönliche Startposition wurde festgelegt, indem 3 einfache Schrittlängen von dem Zentrum der Meßplattform aus rückwärts

eine Linie angelegt wurde. So wurde gesichert, daß der Patient immer mit dem dritten Schritt die Meßplattform traf, d.h. die Schrittfolge wurde immer mit dem zu messenden Fuß eingeleitet. War der individuelle Startpunkt gefunden, so wurden erneut einige Probeläufe durchgeführt, bei denen nun der Sichtkontakt zur Plattform vermieden werden sollte. Weiterhin wurde darauf geachtet, daß der Patient nicht nach dem Meßvorgang direkt abstoppte, sondern noch weitere Schritte in identischer Weise bis ans Ende des Laufsteges vollführte. Die Probeläufe wurden über den Monitor beurteilt. Zeigte sich im Verlauf ein identisches Muster der Druckverteilung, so wurde mit dem Meßvorgang begonnen. Der Meßvorgang wurde insgesamt 5 mal durchgeführt und abgespeichert. Anschließend wurde in identischer Vorgehensweise der Fußabdruck der Gegenseite gewonnen. Die Probanden der Kontrollgruppe absolvierten in identischer Weise das Meßprotokoll.

3.3.4.4. Die Auswertung

Das EMED-Programm liefert eine Vielzahl von Parametern, die zur Auswertung herangezogen werden können^{108;110;111;169}.

Im Folgenden werden nur diejenigen vorgestellt, die im Rahmen dieser Arbeit Verwendung fanden.

- Der maximale Druck (P_{max} [N/cm^2])

Im Maximaldruckbild erscheinen die Druckmaxima einer jeden Meßstelle während eines Abrollvorganges farbkodiert auf dem Bildschirm. Die verwendeten 7 Farbabstufungen repräsentieren 1-3-6-10-15-22-30 N/cm^2 . Hierdurch lassen sich Zonen hoher Druckmaxima optisch sehr gut lokalisieren und den anatomischen Regionen zuordnen.

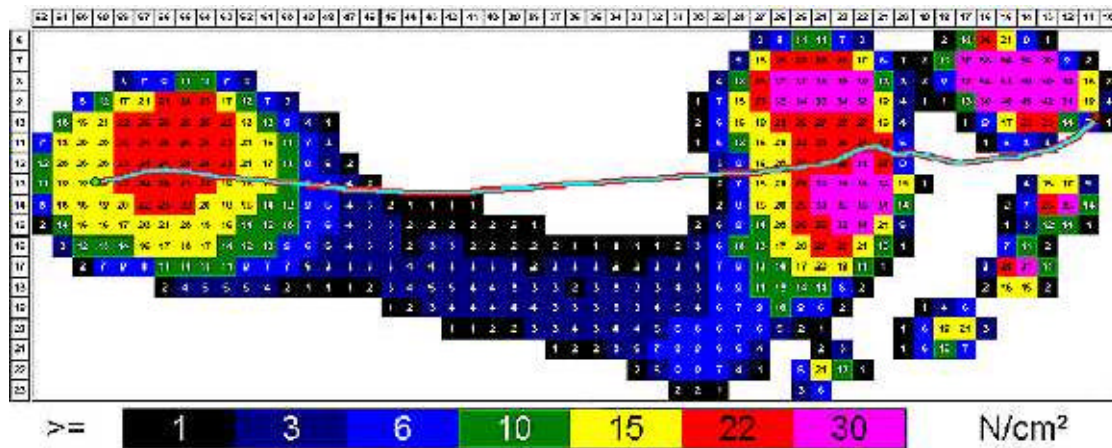


Abbildung 31: Maximaldruckbild mit Kraftangriffspunktlinie

Als Zahlenwert erscheint zusätzlich der maximal registrierte Druck bezogen auf den gesamten Fuß und alle Sensoren. Der zeitliche Ablauf wird in einem Koordinatensystem dargestellt. Die Kraftangriffspunktlinie wird jeweils auf das Maximaldruckbild projiziert. Sie stellt im zeitlichen Ablauf die Aneinanderreihung der berechneten Koordinaten des Massenschwerpunktes dar.

- Die belastete Fläche (A [cm^2])

Die belastete Fläche wird als Gesamtfläche aller belasteten Sensoren während eines Abrollvorganges darstellt.

- Das Kraft-Zeit-Integral

Das Kraft-Zeit-Integral gibt an, wieviel des Impulses über die entsprechenden Fußgebiete fließt.

- Die Kontaktzeit [msec]

Die Kontaktzeit wird als Gesamtkontaktzeit und für die einzelnen Fußgebiete getrennt bestimmt. Außerdem erscheinen auf dem Monitor die Zeitverlaufskurven der Kontaktfläche A , der Gesamtkraft F und des Maximaldruckes P_{max} .

- Die Maskeneinteilung

Zur differenzierten Beurteilung des Fußabdruckes wird dieser in sogenannte „regions of interest“ oder Masken unterteilt. Diese Untergliederung kann abhängig von der klinischen Fragestellung vorgenommen werden. Für diese Untersuchung wurde der Fußabdruck in 11

Masken unterteilt (Abbildung 32).

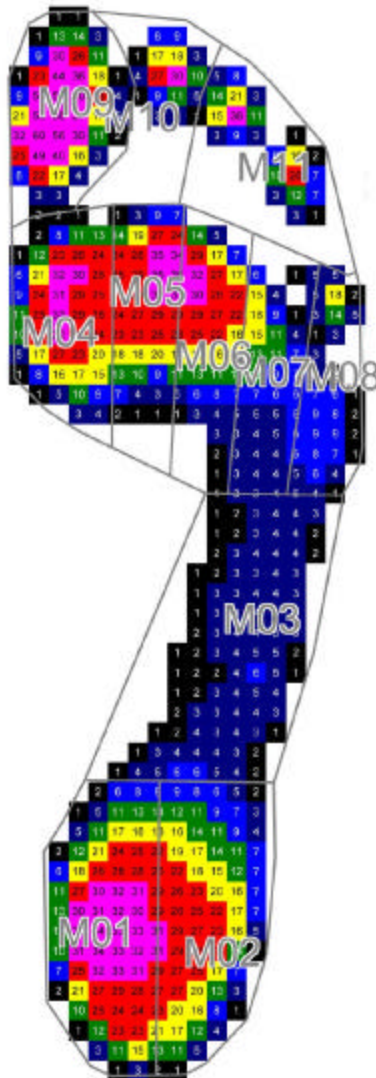


Abbildung 32: Einteilung der Masken (regions of interest)

Die Masken entsprechen folgenden anatomischen Bereichen: Calcaneus mediale Hälfte (M1), Calcaneus laterale Hälfte (M2), Mittelfuß (M3), Vorfuß bestehend aus Metatarsale 1-5 (M4-8), erster Zeh (M9), zweiter Zeh (M10), Zehen 3-5 (M11).

Die Grenze zwischen Ferse und Mittelfuß wird nach 69% der Gesamtfußlänge von den Zehen bis zur Ferse gelegt. Die Grenze zwischen dem Mittelfuß und dem Vorfuß wird nach 50% der Gesamtfußlänge gelegt. Die Grenzen zwischen dem Vorfuß und den Zehen und den Zehen

selbst werden über die individuellen Druckmaxima und die abfallenden Druckwerte in der Umgebung identifiziert und festgelegt. Die Winkel, welche die Metatarsalköpfchen identifizieren, sind über prozentuale Anteile des langen plantaren Fußwinkels definiert. Dieser lange plantare Fußwinkel wird mittels zweier Tangenten festgelegt, die an der medialen und lateralen Begrenzung des Maximaldruckbildes angelegt werden. Von der medialen bis zur lateralen Begrenzung sind die Metatarsalköpfchen definiert als 30%, 17%, 17%, 17% und 19% des langen plantaren Fußwinkels. Die Masken werden nach den oben genannten Kriterien vom Computerprogramm für den individuellen Fußabdruck berechnet und auf das Maximaldruckbild projiziert. Vor der statistischen Bearbeitung wurden die Masken und ihre Lage bei jedem aufgezeichneten Maximaldruckbild auf Plausibilität geprüft. Die anatomische Zuordnung der Masken M1-M11 ist in Tabelle 2 wiedergegeben. Zur Vereinfachung der Interpretation wurden die Masken M1 und M2 zur Region Ferse, die Maske M3 zur Region Mittelfuß, die Masken M4 – M8 zur Region Vorfuß und die Masken M9 – M11 zur Region Zehen zusammengefaßt.

Maske	Anatomische Struktur	Regionen
M 1	Calcaneus, medialer Anteil	Ferse
M 2	Calcaneus lateraler Anteil	Ferse
M 3	Mittelfuß	Mittelfuß
M 4	Metatarsale I	Vorfuß
M 5	Metatarsale II	Vorfuß
M 6	Metatarsale III	Vorfuß
M 7	Metatarsale IV	Vorfuß
M 8	Metatarsale V	Vorfuß
M 9	Digitus I	Zehen
M 10	Digitus II	Zehen
M 11	Digitus III-V	Zehen

Tabelle 2: Zuordnung der Masken

Berechnet wurden für die Gruppen 1 und 2, sowie für die Kontrollgruppe:

1. maximaler Druck (über die gesamte belastete Fläche und jeweils in den 4 Regionen Zehen, Vorfuß, Mittelfuß und Ferse)
2. belastetes Fußgebiet (Gesamtfläche und jeweils in den 4 Regionen Zehen, Vorfuß, Mittelfuß und Ferse)
3. Kraft/Zeit-Integral normiert auf den Gesamtimpuls als Maß für die Belastung in den 4 Bereichen
4. Kontaktzeit (Gesamtkontaktzeit und jeweils einzeln in den 11 Masken)
5. Kraft (maximale Kraft normiert auf das Körpergewicht gesamt und jeweils in den 4 Bereichen)

- Statistische Methoden

Zur Überprüfung der gefundenen Unterschiede auf statistische Signifikanz wurden einfaktorielle Varianzanalysen mit Tukey-B post hoc Vergleichen für sämtliche abhängigen Meßgrößen mit der Gruppenzugehörigkeit als unabhängiger Faktor mit Hilfe des Programmes SPSS for Windows (Version 6.1.3.c) durchgeführt. Alle Analysen wurde mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% ($\alpha=0,05$) ausgeführt.

4. Ergebnisse

Die Ergebnisse werden zur besseren Übersicht auch in Tabellenform dargestellt. Die Unterschiede werden aufgelistet und bei statistisch signifikanten Differenzen mit dem entsprechenden Signifikanzniveau aufgeführt. Stellen sich die Ergebnisse beider OP-Gruppen und der Kontrollgruppe jeweils signifikant unterschiedlich dar, so sind diese Werte gelb unterlegt.

4.1. Fragebogen

Die Auswertung der subjektiven Beurteilung (Tabelle 3) des Operationserfolges im Fragebogen anhand der Kriterien aktuelle Leistungsfähigkeit, Schmerz, Akzeptanz und Schuhversorgung ergibt ein besseres Ergebnis für die Gruppe 2 (postero-medial operierten Patienten).

Für die Fragen 5 (Einschränkungen durch den operierten Fuß), 6 (Schmerzen in Abhängigkeit von der Belastung) und 16 (maximale Schmerzintensität) ist es zudem ein signifikant ($p < 0,001$) besseres Ergebnis. Dies bedeutet, daß die Gruppe der isoliert nur posterior operierten Patienten (Gruppe 1) sich durch den operierten Fuß mehr in ihrer Leistungsfähigkeit eingeschränkt fühlten, bei Belastung mehr Schmerzen empfanden und eine größere maximale Schmerzintensität angaben.

Die übrigen Fragen zeigten in der statistischen Auswertung zwar keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, jedoch erzielte die Gruppe der mehrzeitig postero-medial operierten Patienten mit Ausnahme der Frage 8 (Häufigkeit der Sportausübung) jeweils ein besseres Ergebnis.

Frage	Gruppe 1 post. R.	Gruppe 2 post.-med. R.	Signifikanzniveau
	Mw (\pm StdAw)	Mw (\pm StdAw)	
5	2,65* (\pm 1,66)	1,77 (\pm 0,99)	p< 0,001
6	2,94* (\pm 1,43)	2,15 (\pm 1,08)	p< 0,001
7	2,06 (\pm 1,43)	1,96 (\pm 1,04)	
8	1,65 (\pm 1,54)	2,27 (\pm 1,08)	
9	1,65 (\pm 1,27)	1,50 (\pm 1,07)	
10	2,53 (\pm 1,55)	2,04 (\pm 0,96)	
11	2,35 (\pm 0,99)	1,88 (\pm 1,03)	
12	2,53 (\pm 0,72)	2,46 (\pm 0,90)	
13	2,24 (\pm 1,30)	2,00 (\pm 1,10)	
14	2,18 (\pm 2,46)	1,96 (\pm 2,46)	
15	2,35 (\pm 2,71)	1,38 (\pm 1,92)	
16	5,12* (\pm 3,26)	3,23 (\pm 3,09)	p< 0,001
17	2,82 (\pm 1,88)	2,15 (\pm 1,35)	

Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichung der Fragen 5 -17 der Gruppe 1 und 2

4.2. klinische Bewertung anhand des Scores nach McKay und des Scores nach Laaveg und Ponseti

Die Auswertung der Beurteilung des Operationserfolges anhand des Scores nach McKay und des Scores nach Laaveg und Ponseti (Tabelle 4) zeigt den deutlichen Einfluß der subjektiven Bewertung bzw. die Diskrepanz zwischen der subjektiven und der objektiven Bewertung (klinische Untersuchung) auf. Die Verwendung des annähernd gleich subjektiv und objektiv gewichteten Scores nach McKay (44% subjektiv, 56% objektiv) ergibt keinen relevanten Unterschied in der Bewertung des Operationsergebnisses der Gruppe 1 und der Gruppe 2. Die durchschnittliche Punktzahl beträgt für die Gruppe des posterioren Releases 147,65 Punkte und für die Gruppe des postero-medialen Releases 155,58 Punkte bei einer maximal zu

erreichenden Punktzahl von 180 und wird somit nach McKay jeweils als „poor“ klassifiziert. Befriedigende Ergebnisse wurden in der Gruppe 1 in 72% der Fälle und in der Gruppe 2 in 75% der Fälle erhoben.

Der überwiegend subjektive Score nach Laaveg und Ponseti (76% subjektive Bewertung und 24% objektive Kriterien) ergibt einen deutlicheren Unterschied zwischen beiden Gruppen.

Hier erzielt die Gruppe 1 eine durchschnittliche Punktzahl von 69,6 Punkten und die Gruppe 2 eine durchschnittliche Punktzahl von 78,1 Punkten bei einer maximal zu erzielenden Punktzahl von 100 Punkten. Befriedigende Ergebnisse wurden in der Gruppe 1 in 69% der Fälle und in der Gruppe 2 in 81% der Fälle erzielt.

	<u>McKay</u>	<u>McKay</u>	<u>Laaveg und Ponseti</u>	<u>Laaveg und Ponseti</u>
	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 1	Gruppe 2
Mittelwert	147,65 Pkte	155,58 Pkte	69,6 Pkte	78,1 Pkte
excellent	29 %	15 %	1 %	19 %
good	24 %	39 %	37 %	31 %
fair	29 %	31 %	31 %	31 %
poor	12 %	15 %	31 %	19 %
failure	6 %	0 %		
satisfactory	72 %	75 %	69 %	81 %

Tabelle 4: Ergebnisse der klinischen Scores und ihre differenzierte Bewertung

4.3. dynamische Pedographie

Mittels der dynamischen Pedographie wurden eine Vielzahl von Parametern bestimmt und berechnet. Genannt werden die klinisch relevanten Ergebnisse.

Der maximale Druck (P_{max} [N/cm^2]) ist in der Gruppe der postero-medial operierten

Patienten (Gruppe 2) signifikant größer als in der Gruppe der isoliert posterior operierten Patienten (Gruppe 1) oder auch der Kontrollgruppe. Die Mittelwerte der Gruppe 1 und der Kontrollgruppe unterscheiden sich nicht signifikant. In der Tabelle 5 sind die Mittelwerte und die Standardabweichungen der Gruppen 1 - 3 aufgelistet.

Maximaler Druck P_{\max}	Gruppe 1 (post. R.)	Gruppe 2 (post.-med. R.)	Gruppe 3 (Kontrollgrp.)	Signifikanzniveau
[N/cm ²]	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	
Gesamtfläche	55,1 (±22,2)	70,8* (±23,6)	58,7 (±19,2)	P< 0,001

Tabelle 5: maximaler Druck über der Gesamtfläche des belasteten Fußgebietes

Der maximale Druck ist in den 4 Regionen Ferse, Mittelfuß, Vorfuß und Zehen, bezogen auf die Verhältnisse zueinander, sehr uneinheitlich.

So unterscheiden sich die Drücke aller 3 Gruppen nicht statistisch signifikant in der Region Ferse, jedoch die Gruppen 1 und 2 jeweils statistisch signifikant von der Kontrollgruppe in der Region Mittelfuß und Zehen. In diesen beiden Regionen zeigt sich zwischen den Gruppen 1 und 2 kein signifikanter Unterschied. Anders stellen sich die Verhältnisse in der Region Vorfuß dar. In dieser Region ist der maximale Druck in der Gruppe 2 am größten. Die Gruppe 1 zeigt einen signifikant geringeren maximalen Druck, ebenso wie die Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppe und die Gruppe 1 unterscheiden sich nicht signifikant.

Maximaler Druck P_{\max}	Gruppe 1 (post. R.)	Gruppe 2 (post.-med. R.)	Gruppe 3 (Kontrollgrp.)	Signifikanzniveau
[N/cm ²]	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	
Ferse	32,8 (±12,1)	36,5 (±13,4)	36,5 (±12,6)	
Mittelfuß	18,9* (±13,9)	17,9* (±13,8)	6,6 (±4,0)	P< 0,001
Vorfuß	45,3 (±25,4)	60,7* (±23,9)	41,3 (±16,9)	P< 0,001
Zehen	39,1 (±16,1)	46,9* (±27,2)	49,3* (±23,3)	P=0,0035

Tabelle 6: maximaler Druck in den 4 Regionen

Die Gesamtfläche des belasteten Fußgebietes ist sowohl nach einem posterioren Release, als auch nach einem postero-medialen Release im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant größer. Zwischen der Gruppe 1 und der Gruppe 2 gibt es keinen signifikanten Unterschied. Dies zeigt, daß trotz des kürzeren und schmaleren Klumpfußes, die während der Abrollphase benutzte Gesamtfläche des Fußes nach der jeweiligen Operation signifikant größer ist.

Fläche	Gruppe 1 (post. R.)	Gruppe 2 (post.-med. R.)	Gruppe 3 (Kontrollgrp.)	Signifikanz- niveau
[cm²]	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	
Gesamt- fläche	148,6* (±19,4)	150,9* (±23,9)	136,0 (±15,8)	P< 0,001

Tabelle 7: Gesamtfläche des belasteten Fußgebietes

In der Bewertung der belasteten Fläche der 4 Regionen (Tabelle 8) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen 1 und 2. In den Regionen Ferse, Mittelfuß und Vorfuß ist die belastete Fläche der Kontrollgruppe jeweils signifikant kleiner. In der Region der Zehen unterscheiden sich alle 3 Gruppen nicht mehr.

Fläche/ Region	Gruppe 1 (post. R.)	Gruppe 2 (post.-med. R.)	Gruppe 3 (Kontrollgrp.)	Signifikanz- niveau
[cm²]	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	
Ferse	42,9* (±4,4)	43,9* (±7,1)	39,1 (±8,2)	P< 0,001
Mittelfuß	21,2* (±7,5)	20,8* (±8,7)	13,2 (±6,4)	P< 0,001
Vorfuß	58,2* (±9,6)	60,3* (±8,9)	54,4 (±11,3)	P< 0,001
Zehen	26,3 (±3,4)	25,8 (±4,5)	25,6 (±5,6)	

Tabelle 8: belastete Fläche in den 4 Regionen

Das Kraft-Zeit-Integral normiert auf den Gesamtimpuls (Tabelle 9) als Maß für die Belastung in den 4 Regionen, zeigt für die Gruppe 1 statistisch signifikant geringere Werte im Vorfußbereich und statistisch signifikant höhere Werte im Mittelfußbereich im Vergleich zur Gruppe 2. In beiden Fällen liegt der Wert der Gruppe 2 näher an dem Wert der Kontrollgruppe. Die Belastung der Ferse und der Zehen ergibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen 1 und 2, jedoch jeweils zur Kontrollgruppe. Die Werte der Kontrollgruppe liegen im Bereich der Ferse unter den Gruppen 1 und 2. Im Bereich der Zehen liegen die Werte der Kontrollgruppe höher.

Kraft-Zeit-Integral	Gruppe 1 (post. R.)	Gruppe 2 (post.-med. R.)	Gruppe 3 (Kontrollgrp.)	Signifikanz-niveau
[%]	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	
Ferse	31,3* (±13,8)	29,9 (±9,2)	27,7 (±7,6)	P=0,0108
Mittelfuß	11,5** (±8,4)	9,2* (±7,3)	2,4 (±2,2)	P< 0,001
Vorfuß	44,0** (±13,6)	48,5* (±9,8)	51,7 (±10,9)	P< 0,001
Zehen	13,2 (±5,2)	12,4 (±6,6)	15,5* (±6,8)	P< 0,001

Tabelle 9: Kraft-Zeit-Integral normiert auf den Gesamtimpuls in den 4 Regionen

Die Gesamtkontaktzeiten (Tabelle 10) der Füße der Gruppen 1 und 2 unterscheiden sich nicht, jedoch sind sie in beiden Fällen im Vergleich zur Kontrollgruppe statistisch signifikant länger, das heißt die operierten Patienten gehen langsamer.

Kontaktzeit	Gruppe 1 (post. R.)	Gruppe 2 (post.-med. R.)	Gruppe 3 (Kontrollgrp.)	Signifikanz-niveau
[ms]	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	
Gesamt	873* (±126)	891* (±100)	837 (±149)	P=0,0010

Tabelle 10: Gesamtkontaktzeit

Betrachtet man die einzelnen Regionen, so zeigt sich im Vergleich der Werte der Gruppen 1 und 2 eine statistisch signifikant längere Kontaktzeit des medialen Vorfußbereiches, entsprechend Metatarsale 1 und 2 (Maske 4 und 5), in der Gruppe der postero-medial operierten Patienten. Die Masken 1 – 3, 7, 8, 11 ergeben keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 2, jedoch jeweils zur kürzeren Kontaktzeit der Kontrollgruppe. Die Maske 6 zeigt eine signifikant längere Kontaktzeit der Gruppe 2 im Vergleich zur Kontrollgruppe, darüberhinaus unterscheiden sich die anderen Gruppen untereinander nicht. Die Masken 9 und 10 unterscheiden sich in allen 3 Gruppen nicht signifikant voneinander. In Tabelle 11 sind die Meßwerte der einzelnen Gruppen mit entsprechendem Signifikanzniveau dargestellt.

Kontaktzeit [%]	Gruppe 1 (post. R.)	Gruppe 2 (post.-med. R.)	Gruppe 3 (Kontrollgrp.)	Signifikanz- niveau
Maske	Mw (±StdAw)	Mw(±StdAw)	Mw(±StdAw)	
1	59* (±13)	58* (±10)	51 (±12)	P< 0.001
2	61* (±10)	60* (±10)	50 (±11)	P< 0.001
3	65* (±9)	62* (±9)	45 (±16)	P< 0.001
4	72 (±10)	84** (±7)	75* (±13)	P< 0.001
5	78 (±6)	84** (±7)	77 (±13)	P< 0.001
6	82 (±5)	83* (±6)	79 (±14)	P< 0.007
7	83* (±5)	82* (±6)	78 (±14)	P< 0.001
8	76* (±7)	76* (±7)	69 (±14)	P< 0.001
9	68 (±16)	70 (±14)	71 (±16)	
10	68 (±10)	65 (±15)	64 (±14)	
11	71* (±11)	74* (±10)	62 (±17)	P< 0.001

Tabelle 11: Kontaktzeiten in Prozenten der Gesamtkontaktzeit in den 11 Masken

Die maximale Bodenreaktionkraft (Tabelle 12) normiert auf das Körpergewicht zeigt mit 114 – 116% in allen 3 Gruppen einen physiologischen Wert. Die differenzierte Beurteilung in den Regionen Zehen, Vorfuß, Mittelfuß und Ferse erbringt deutliche Unterschiede in den Gruppen 1 – 3. In der Zehenregion unterscheiden sich die Gruppen 1 und 2 nicht untereinander,

jedoch jeweils signifikant zur Kontrollgruppe. Die maximale Kraft im Zehenbereich ist in der Kontrollgruppe größer. Im Vorfußbereich unterscheiden sich die Gruppen 1 und 2. Die Gruppe der posterior operierten Patienten zeigt signifikant geringere maximale Kraftwerte im Vergleich zur Gruppe der postero-medial operierten Patienten und auch der Kontrollgruppe. In der Mittelfußregion zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen allen drei Gruppen. Die maximale Kraft ist in diesem Bereich für die Gruppe 1 am höchsten, die der Kontrollgruppe am geringsten. In der Fersenregion unterscheiden sich die 3 Gruppen nicht voneinander.

Die einzelnen Werte sind in Tabelle 12 dargestellt.

Maximale Kraft	Gruppe 1 (post. R.)	Gruppe 2 (post.-med. R.)	Gruppe 3 (Kontrollgrp.)	Signifikanzniveau
[%]	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	Mw (±StdAw)	
Gesamt	116 (±9)	114 (±7)	116 (±7)	
Ferse	76 (±18)	77 (±14)	77 (±18)	
Mittelfuß	26** (±19)	21* (±15)	8 (±6)	P< 0,001
Vorfuß	83 (±21)	93* (±16)	93 (±20)	P< 0,001
Zehen	34 (±11)	31 (±15)	40* (±14)	P< 0,001

Tabelle 12: Die maximale Kraft normiert auf das Körpergewicht [%] gesamt und in den 4 Regionen

5. Diskussion

Für die Bewertung der Teilergebnisse dieser Untersuchung ist es zwingend erforderlich die Aussagen der Bewertungsmethoden zu gewichten, eine übergeordnete Aussage zu definieren und die Teilergebnisse in der Folge hierzu in Bezug zu setzen. Diese übergeordnete Aussage stellt das Ergebnis der dynamischen Pedographie dar. Der Grund für diese Entscheidung lag in der strengen Objektivität der Meßergebnisse, die in einem standardisierten Untersuchungsprotokoll und somit in identischer Weise für alle 3 Untersuchungsgruppe erhoben wurden. Je näher die Meßwerte dem gesunden Kontrollkollektiv kommen, desto physiologischer wurde diese Funktion bewertet. So zeigten sich in der Beurteilung des auf den Gesamtimpuls normierten Kraft-Zeit-Integrals, als Maß für die Belastung einer Fußregion, statistisch signifikante Unterschiede zwischen den drei Gruppen. Physiologischere, dem gesunden Kontrollkollektiv nähere, Belastungsverhältnisse lassen sich in der Gruppe der postero-medial operierten Patienten nachweisen.

Darüberhinaus ist es wichtig, die primäre Ausprägung der Deformität zu klassifizieren. Da in den vorliegenden Akten ein präoperatives Klassifikationssystem nicht angewendet wurde, muß dies retrospektiv erfolgen. Nach der Strategie der Klumpfußbehandlung der orthopädischen Abteilung des AK Barmbek in den Jahren 1970 – 1980 wurde, nach einer jeweils durchgeführten konservativen Behandlung, zunächst immer ein posteriores Release durchgeführt. In der Folge wurden in Abhängigkeit vom klinischen Befund und vom Verlauf weitere posteriore oder auch postero-mediale Eingriffe durchgeführt. Hierdurch ist die große Anzahl operativer Eingriffe erklärlich. Retrospektiv bedeutet dies jedoch auch, daß die mehrzeitig postero-medial operierten Patienten eine ausgeprägtere Deformität aufwiesen.

In die Bewertung gehen 3 unterschiedliche Methoden (Fragebogen, klinischer Score und dynamische Pedographie) ein, die jeweils isoliert diskutiert und hinsichtlich ihrer Aussagefähigkeit bewertet werden. Darüberhinaus werden die Ergebnisse der Methoden auch miteinander verglichen.

5.1. Fragebogen

Ein Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Funktion und der Leistungsfähigkeit des Fußes durch den Patienten stellt ein häufig verwendetes Bewertungsverfahren dar. Dies spiegelt sich auch in der großen Anzahl unterschiedlichster klinischer Scores wieder. Häufig enthalten sie innerhalb des Scores eine unterschiedlich gewichtete subjektive Bewertungseinheit ^{1;11;56;91;92;101;173}.

Die Gruppe der postero-medial operierten Patienten wird subjektiv besser bewertet, dies trotz der größeren Zahl an operativen Eingriffen (Gruppe 1 im Mittel 1,3 Operationen und Gruppe 2 im Mittel 2,7 Operationen – Tabelle 1) und in Anbetracht einer ausgeprägteren Deformität. Die größere Zufriedenheit drückt sich, statistisch signifikant, in den Fragen 5, 6 und 16 aus (Tabelle 3). Die übrigen Fragen werden tendenziell ebenfalls besser durch die Gruppe der postero-medial operierten Patienten beantwortet. Somit ist ein zeitlich gestaffeltes Vorgehen nicht zwingend mit einem schlechteren subjektiven Funktionsergebnis, bzw. mit einer geringeren Akzeptanz verbunden. Dies steht im Gegensatz zu einer zunächst vermuteten größeren Narbenbildung mit folglich steiferem und funktionseingeschränkterem Fuß nach einer größeren Anzahl operativer Eingriffe. Lediglich in der Beantwortung der Frage 8 (Häufigkeit der Sportausübung) erzielte die Gruppe der postero-medial operierten Patienten ein schlechteres Ergebnis, daß heißt die Gruppe der posterior operierten Patienten gingen häufiger pro Zeiteinheit einer sportlichen Betätigung nach. Dies mag an der geringeren Anzahl operativer Eingriffe liegen, denn die Gruppe der postero-medial operierten Patienten wurde im Mittel doppelt so häufig operiert wie die Vergleichsgruppe. Somit mußte die erstgenannte Gruppe folglich auch häufiger durch eine Operation und die Nachbehandlung ihre sportliche Betätigung unterbrechen bzw. die Sportgruppe verlassen und wurden darüber hinaus bewußt von einer sportlichen Betätigung ferngehalten bzw. befreit, um den funktionsbeeinträchtigten und operierten Fuß zu schonen.

Der Einsatz eines Fragebogens unter Verwendung der Fragen nach Belastbarkeit, Funktionseinschränkung und Schmerz mit dem Ziel der subjektiven Bewertung des Operationserfolges ermöglicht damit eine Differenzierung zwischen beiden Operationsverfahren bzw. zwischen einem besseren und einem schlechteren Ergebnis in der dynamischen Pedographie. Allein durch die Auswertung der Beantwortung dieser Fragen ist es möglich zwischen einem besseren und einem schlechteren Operationsergebnis zu unterscheiden.

5.2. klinischer Score

Die Bewertung eines Behandlungsergebnisses erfolgt in der Literatur meist anhand von klinischen Scores^{8;171;11;56;91;92;101;134;173}. Die Scores setzen sich überwiegend aus einer klinischen Untersuchung, einer radiologischen Beurteilung und einer subjektiven Bewertung durch den Patienten zusammen. Die einzelnen Bereiche werden unterschiedlich gewichtet. Die Aussage eines klinischen Scores muß aber differenziert betrachtet werden. Ein klinischer Score, der sich überwiegend aus einer Bewertung des klinischen Untersuchungsergebnisses zusammensetzt, ist nicht in der Lage, zwischen beiden Gruppen zu differenzieren. Dies wurde durch den zuerst verwendeten Score nach McKay (44% subjektive Kriterien und 56% objektive/ klinische Kriterien) deutlich. Die Mittelwerte der erzielten Punktzahlen unterscheiden sich um nur 5% und in der abschließenden Klassifikation der Ergebnisse differieren beide Gruppe im Bereich der befriedigenden Ergebnisse um 3% (Tabelle 4). Gleichzeitig wurde der Score nach Laaveg und Ponseti (76% subjektive und 24% objektive/ klinische Kriterien) angewendet. Durch die jetzt überwiegenden subjektiven Kriterien und die bereits zuvor dargestellten besseren Ergebnisse der Gruppe 2 in der isolierten subjektiven Beurteilung (Fragebogen) differiert das Score-Ergebnis deutlicher. Die Mittelwerte der Gruppen unterscheiden sich um 11% und in der abschließenden Klassifikation der Ergebnisse differieren beide Gruppen im Bereich der befriedigenden Ergebnisse um 15%.

Damit ist die vergleichende Bewertung zweier operativer Strategien eines Krankheitsbildes durch eine klinische Untersuchung und die Einbindung in einen Score nicht möglich. Die klinischen Scores können lediglich zur Bewertung des Ergebnisses innerhalb einer Therapieform oder einer Beurteilung im Verlauf herangezogen werden.

Die Verwendung von radiologischen Kriterien und hier besonders Winkelbestimmungen ist ebenfalls nicht sinnvoll, da Cooper und Dietz³³ zeigen konnten, daß lediglich der Winkel zwischen Calcaneus und Metatarsale 5 geeignet ist, zwischen einem guten und einem schlechten Ergebnis zu unterscheiden. Leider konnte die Aussage in dieser Arbeit nicht überprüft werden, da die Patienten mehrheitlich eine erneute radiologische Darstellung des Fußes auch in Anbetracht der vielen Voraufnahmen ablehnten.

In der Literatur erfolgt die Bewertung von Operationsergebnissen besonders in den älteren Studien über die Anwendung der Scores nach McKay oder nach Laaveg und Ponseti. Die Anwendung dieser Scores auf die Gruppen 1 und 2 ergab in beiden Fällen ein besseres Ergebnis für die Gruppe der postero-medial operierten Patienten (Tabelle 4). Die Bewertung

der Operationsgruppen über den klinischen Score nach Laaveg und Ponseti (76% subjektive Kriterien und 24% objektive/ klinische Kriterien) ergab hierbei in 81% befriedigende Ergebnisse für die Gruppe 2 und in nur 69% befriedigende Ergebnisse für die Gruppe 1. In der Literatur wird eine große Anzahl Nachuntersuchungen mit posterior oder postero-medial operierten Patienten vorgestellt, die sich aufgrund der kurzen Nachuntersuchungszeiträume aber nicht mit dieser Studie vergleichen lassen. Darüberhinaus sind sie in Anbetracht einer nicht abgeschlossenen knöchernen Reifung zum Zeitpunkt der Bewertung nur bedingt aussagefähig^{4;12;16;19;29;32;48;52;82;95;119;123;126;142;155;164;175;177}. Zudem beinhaltet diese ausgewählte Literatur nur 3 Arbeiten, die zwei Operationstechniken miteinander vergleichen. In allen drei Fällen scheint das erweiterte Release im direkten Vergleich das bessere Endergebnis zu erzielen^{119;123;142}. Nur 8 Arbeiten mit einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von mehr als 10 Jahren wurden veröffentlicht^{33;63;72;86;91;102;130;173}. Hiervon vergleichen lediglich 2 Arbeiten^{63;102} verschiedene Operationstechniken und in beiden Fällen erzielt das ausgedehntere Release ein besseres Ergebnis. Dies stimmt mit den Ergebnissen dieser Studie überein. Die übrigen 6 Arbeiten vergleichen ein sehr inhomogenes Patientenkollektiv bezogen auf die Therapieform (zum Teil konservativ und operativ behandelte Patienten in einer Nachuntersuchungseinheit), Therapiealter und Schweregrad der Deformität. Darüber hinaus werden unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe benutzt.

5.3. dynamische Pedographie

Die dynamische Pedographie ermöglicht die Beurteilung der Fußfunktion im freien unbeschuhten Gang und ohne zusätzliches Meßinstrumentarium am Patienten selbst. Es werden mittels einer Druckmeßplatte Kraft, Fläche, Zeit und die sich hieraus ableitbaren Größen bestimmt. Hierdurch ist eine streng objektive und vom Untersucher unabhängige Funktionsbeschreibung des Fußes möglich. Durch den Vergleich mit einer Kontrollgruppe kann die Differenz zur physiologischen Fußfunktion aufgezeigt werden.

Hierbei zeigt sich, daß die Fußfunktion der postero-medial operierten Patienten der Fußfunktion der gesunden Kontrollgruppe näher kommt und somit als physiologischer bewertet wird. Die Teilbereiche der dynamischen Pedographie werden jeweils isoliert

diskutiert.

Der maximale Druck bezogen auf die Gesamtfläche des belasteten Fußgebietes ergibt für die postero-medial operierten Patienten statistisch signifikant höhere Werte. Das mediale Release scheint eine Verschiebung der Druckmaxima auf den Vorfuß- und Zehenbereich zu bedingen. Dies kann bedeuten, daß der Vorfuß- und Zehenbereich aktiver eingesetzt wird oder daß der Fuß durch das mediale Release ein reduziertes elastisches Verformungsvermögen aufweist. Abbildung 33 zeigt ein physiologisches Maximaldruckbild in dreidimensionaler Darstellung.

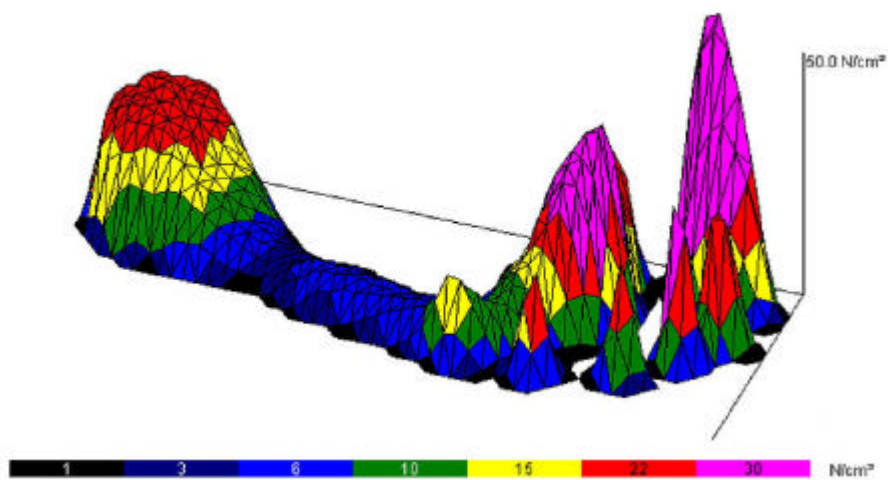


Abbildung 33: physiologisches Maximaldruckbild in dreidimensionaler Darstellung

Im Maximaldruckbild wird die Verschiebung der Belastungsverhältnisse nach einem posterioren Release in Richtung der Mittelfußregion besonders deutlich. Ein Beispiel ist in Abbildung 34 dargestellt. Das zusätzliche mediale Release erbringt eine Verschiebung der Druckmaxima in den Vorfuß- und Zehenbereich (Abbildung 35).

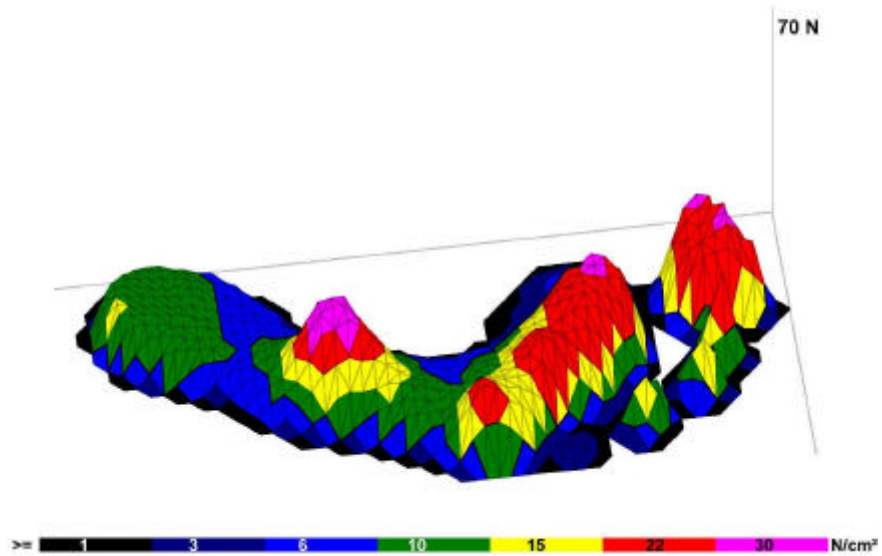


Abbildung 34: Maximaldruckbild nach posterioren Release in dreidimensionaler Darstellung

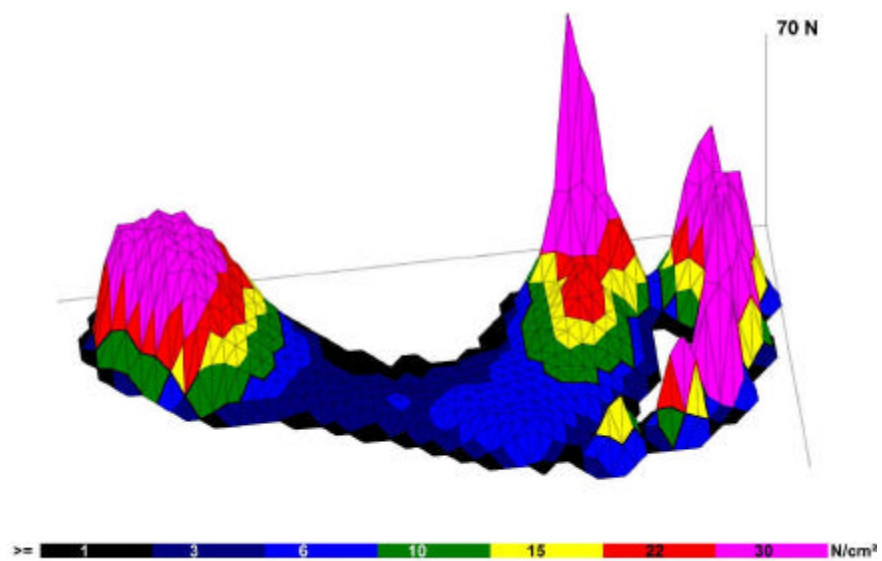


Abbildung 35: Maximaldruckbild nach postero-medialem Release in dreidimensionaler Darstellung

Die belastete Gesamtfläche der operierten Füße sind statistisch signifikant größer im Vergleich zur Kontrollgruppe, unterscheiden sich jedoch innerhalb der Gruppen nicht (Tabelle 7).

Der operierte Klumpfußpatient benutzt mehr Fläche obwohl sein Fuß kürzer und schmaler ist. Am deutlichsten wird dies im Mittelfußbereich, hier liegt die benutzte Fläche um mehr als 50% über der Kontrollgruppe. Die Deformität ist demnach durch beide operativen Eingriffe nicht auf physiologische Verhältnisse zu korrigieren. Der Mittelfuß bleibt bezogen auf die Fläche vergrößert. Die Regionen Ferse und Vorfuß zeigen ebenfalls eine signifikant größere Fläche, jedoch nicht so ausgeprägt wie im Falle des Mittelfußes (Tabelle 8).

Das Kraft-Zeit-Integral normiert auf den Gesamtimpuls als Maß für die Belastungsverhältnisse in den 4 Regionen zeigt erneut deutlich den Effekt des zusätzlichen medialen Releases auf. Die Vorfuß- und die Mittelfußregion wird physiologischer belastet. Zudem ist die Fersenbelastung der posterior operierten Patienten statistisch signifikant größer, als die der Kontrollgruppe oder der Gruppe der postero.medial operierten Patienten.

Die Betrachtung der maximalen Kraftwerte normiert auf das Körpergewicht zeigt wiederum die größten Werte im Mittelfußbereich der posterior operierten Patienten. Die Kraftverhältnisse konnten nicht ausreichend auf den Vorfuß- und Zehenbereich verschoben werden. Besser gelingt dies durch das postero-mediale Release. Die maximale Gesamtkraft zeigt für alle 3 Gruppen mit 114 - 116% des Körpergewichtes physiologische Verhältnisse.

Die operierten Patienten beider Gruppen haben längere Gesamtkontaktzeiten als die Kontrollgruppe, sie gehen also langsamer. Sie unterscheiden sich jedoch nicht. Ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen wird in der Beurteilung der prozentualen Kontaktzeitanteile der einzelnen Masken deutlich. Die postero-medial operierten Patienten scheinen durch das zusätzliche mediale Release in die Lage versetzt, den medialen Vorfußbereich länger zu belasten (Maske 4 und 5), während die isoliert posterior operierten Patienten bezogen auf das Metatarsale I (Maske 4) eine signifikant kürzere prozentuale Kontaktzeit aufweisen. Das mediale Release verlängert also die Kontaktzeit im medialen Vorfußbereich. Die Betrachtung der übrigen Masken ergibt keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen 1 und 2.

5.4. Gesamtbewertung

Das Gesamtergebnis und die Teilergebnisse der Untersuchung zeigen deutliche Vorteile der Patientengruppe nach einem postero-medialen Eingriff gegenüber den Patienten nach einem isolierten posterioren Eingriff. Es ist durch das zusätzliche mediale Release möglich, die Belastungsverhältnisse in die Region des Vorfußes und der Zehen zu verschieben und somit der physiologischen Situation näher zu kommen. Die weiterhin nachweisbare Diskrepanz zu den Verhältnissen in der Kontrollgruppe kann in einem nicht durchgeführten lateralen Release vermutet werden. Hierbei ist hervorzuheben, daß, in Anbetracht der nicht durchgeführten präoperativen Klassifikation, retrospektiv die Klumpfüße der mehrfach und auch medial operierten Patienten als die rigideren und ausgeprägteren Formen einzustufen sind. Dies insbesondere, weil sich die präoperative bzw. konservative Behandlung in allen Fällen identisch darstellte und in der ersten Stufe der operativen Therapie in allen Fällen ein isoliertes posteriores Release durchgeführt wurde.

Die Betrachtung der retrospektiven Studien in der Literatur zu verschiedenen Klumpfußbehandlungsformen zeigt deutlich die nur bedingte Vergleichbarkeit vieler klinischer Nachuntersuchungen auf. Der Schweregrad der Deformität, der Zeitpunkt des Behandlungsbeginns, die Art und das Ansprechen auf die konservative Therapie, die Indikation, der Zeitpunkt und die Art der operativen Therapie, die Form der Nachbehandlung, der Zeitpunkt und die Form der Nachuntersuchung bzw. der Bewertung des Ergebnisses sind sehr unterschiedlich.

So sinken zum Beispiel die Erfolgsraten der konservativen Therapie von nahezu 100% in den 30er Jahren^{84;171} über 50-70% in den Jahren 1989-1990^{18;81;174} und 30-50% 1991⁵ auf 20% 1996¹¹⁵. Da sich aber das Erkrankungsbild und das Verfahren der konservativen Therapie nur unwesentlich geändert hat, muß sich das Bewertungsschema unterscheiden, bzw. die Ausgangssituation verschieden sein.

Eine ähnliche Varianz der Ergebnisse kann für die in der Literatur dargestellten Nachuntersuchungen für operative Therapieformen aufgezeigt werden. Klinisch gute Ergebnisse bei einem Nachuntersuchungszeitraum von 15 Jahren wurden in 59% für das frühe posteriore Release angegeben⁶², bei einem Nachuntersuchungszeitraum von 10,5 Jahren in

68% für das postero-laterale Release⁷¹ und für einen Nachuntersuchungszeitraum von 10-15 Jahren in 87,8% für das postero-mediale Release¹⁶⁴.

Diese große Varianz in den Ergebnissen der dargestellten Literatur ist Ausdruck einer großen Unsicherheit und führt wiederum zu einer großen Unsicherheit in der Behandlung der angeborenen Klumpfußdeformität¹⁵. Sie läßt sich nur durch einheitliche Nachuntersuchungen mit streng objektiven und untersucherunabhängigen Funktionsbewertungen (zum Beispiel der dynamischen Pedographie) auflösen. Nur der direkte Vergleich unterschiedlicher Operationsmethoden bei homogenem Kollektiv und mit einer Kontrollgruppe ist geeignet, das zu favorisierende Verfahren zu identifizieren.

Die Ergebnisse des Fragebogens und der dynamischen Pedographie belegen, daß die operative Korrektur einer Klumpfußdeformität in Form eines isolierten posterioren Releases nicht ausreichend ist. In der subjektiven und der objektiven Bewertung (Pedographie) stehen die Ergebnisse der Gruppe des postero-medialen Releases dem gesunden Kontrollkollektiv näher. Dies ist um so eindrucksvoller, da die mehrfach und auch medial operierten Patienten, als die schwierigeren Klumpfußfälle eingestuft werden müssen. Das zeitlich gestaffelte Vorgehen stellt somit keinen Nachteil dar und vermindert die Gefahr der Überkorrektur. Es besteht darüber hinaus jedoch noch ein relevanter Unterschied zum Kontrollkollektiv, so daß ein zusätzliches operatives Vorgehen im Bereich des lateralen Fußrandes (calaneo-cuboidal) notwendig erscheint. Die Bedeutung des Calcaneo-Cuboid-Gelenkes wurde bereits mehrfach dargestellt^{26;71;71;99;99;131;150;156;158}.

Dies bedeutet jedoch nicht, daß in jedem Fall der größt-mögliche Eingriff gewählt werden sollte. Die Art der operativen Korrektur einer Klumpfußdeformität sollte vom klinischen Bild bestimmt werden. Überwiegt die Rückfußdeformität, so kann ein isoliertes posteriores Release ausreichend für ein gutes klinisches Ergebnis sein. Imponiert jedoch auch eine Mittel- und Vorfußkomponente, so ist ein zusätzliches mediales Release zu erwägen. An dieser Stelle muß daraufhingewiesen werden, daß auch in dieser Nachuntersuchung der klinische Schweregrad der Klumpfußdeformität nicht bekannt war. Zur besseren Bewertung der Operationsverfahren ist dies erforderlich. Mehrfach wurde dies bereits gefordert und Vorschläge für Klassifikationssysteme vorgestellt^{28;44}.

Die objektive Bewertung der Fußfunktion mittels der dynamischen Pedographie zeigt ein dem Kontrollkollektiv nähere und somit physiologischer Funktion des Klumpfußes nach einem

mehrzeitigen postero-medialen Release. Dies deckt sich mit der subjektiven Bewertung des operierten Fußes im Patientenfragebogen. Konträr hierzu stellt sich das (objektive) klinische Untersuchungsergebnis dar. Folglich muß auch ein klinischer Score, der zur Bewertung einer Operation herangezogen wird, differenziert betrachtet werden. Überwiegen die (objektiven) klinischen Untersuchungskriterien, so ist er nicht in der Lage, zwischen den Gruppen zu differenzieren, bzw. zwei Operationstechniken vergleichend zu bewerten.

6. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, daß die angeborene Klumpfußdeformität, bei Vorliegen einer Indikation zu einem operativen Vorgehen, suffizienter durch ein kombiniertes postero-mediales Release, im Vergleich zu einem isolierten posterioren Release, behandelt wird. Das zeitlich gestaffelte Vorgehen stellt hierbei keinen Nachteil dar. Dennoch bestehen relevante Unterschiede zum gesunden Kontrollkollektiv, so daß ein zusätzliches operatives Vorgehen im Bereich des Calcaneo-cuboidal-Gelenkes zu diskutieren ist. Die bisher übliche Verwendung eines klinischen Scores mit überwiegend objektiven (klinische Untersuchung) Kriterien ist nicht geeignet, zwei operative Behandlungsformen vergleichend zu bewerten. Sie sollten nur für Verlaufsbeurteilungen verwendet werden. Die objektive Funktionsbeurteilung mittels der dynamischen Pedographie deckt sich mit der subjektiven Einschätzung der Fußfunktion durch den Patienten und stellt besonders für den direkten Vergleich verschiedener Therapieverfahren eine sehr verlässliche Methode dar.

7. Literaturverzeichnis

1. ADDISON, A.; FIXSEN, J.A.; and LLOYD-ROBERTS, G.C.: A review of the Dillwyn Evans type collateral operation in severe club feet. *J Bone Joint Surg [Br]*, **65**: 12-14, 1983.
2. ADELAAR, R.S. and KYLES, M.K.: Surgical correction of resistant talipes equinovarus: observations and analysis - preliminary report. *Foot Ankle*, **2**: 126-137, 1981.
3. ANDERSEN MO; BUUS L; HOLST H; and SOOLGARD S: Increasing incidence of clubfoot in the county of Frederiksborg. *Ugeskr Laeger*, **160(28)**:4215-4217,1998
4. ARONSON, J. and PUSKARICH, C.L.: Deformity and disability from treated clubfoot. *J Pediatr Orthop*, **10**: 109-119, 1990.
5. ATAR, D.; LEHMAN, W.B.; and GRANT, A.D.: Complications in clubfoot surgery. *Orthop Rev*, **20**: 233-239, 1991.
6. ATAR, D.; LEHMAN, W.B.; and GRANT, A.D.: Complete soft-tissue clubfoot release with and without internal fixation. *Orthop Rev*, **22**: 1015-1016, 1993a.
7. ATAR, D.; LEHMAN, W.B.; and GRANT, A.D.: Excision of the posterior tibial tendon during clubfoot release. *Foot Ankle*, **14**: 123-124, 1993b.
8. ATAR, D.; LEHMAN, W.B.; GRANT, A.D.; and STRONGWATER, A.: Pediatric update #14. Functional rating system for evaluating the results of clubfoot surgery. *Orthop Rev*, **19**: 730-735, 1990a.
9. ATAR, D.; LEHMAN, W.B.; GRANT, A.D.; and STRONGWATER, A.: Revision surgery in clubfeet. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst*, **50**: 149-159, 1990b.
10. ATAR, D.; LEHMAN, W.B.; GRANT, A.D.; and STRONGWATER, A.: Tarsal navicular position after complete soft-tissue clubfoot release. *Clin Orthop*, 252-258, 1993.
11. ATAR, D.; LEHMAN, W.B.; GRANT, A.D.; and STRONGWATER, A.M.: Fractional lengthening of the flexor tendons in clubfoot surgery. *ClinOrthop*, 267-69, 1991.
12. ATAR, D.; LEHMAN, W.B.; GRANT, A.D.; and STRONGWATER, A.M.: Revision surgery in clubfeet. *Clin Orthop*, 223-230, 1992.
13. BEATSON T.R. and PEARSON J.R.: A Method of Assessing Correction in Club Feet. *J Bone Joint Surg [Br]*, **46(1)**: 40-50, 1966.
14. BENNETT, G.L.; GRAHAM, C.E.; and MAULDIN, D.M.: Triple arthrodesis in adults. *Foot Ankle*, **12**: 138-143, 1991.
15. BENSACHEL, H.; CATTERALL, A.; and DIMEGLIO, A.: Practical applications in idiopathic clubfoot: a retrospective multicentric study in EPOS. *J Pediatr Orthop*, **10**: 186-188, 1990.

16. BENSANEL, H.; CSUKONYI, Z.; DESGRIPPES, Y.; and CHAUMIEN, J.P.: Surgery in residual clubfoot: one-stage medioposterior release "a la carte". *J Pediatr Orthop*, **7**: 145-148, 1987.
17. BENSANEL, H.; DIMEGLIO, A.; and SOUCHET, P.: Final evaluation of clubfoot. *J Pediatr Orthop B*, **4**: 137-141, 1995.
18. BENSANEL, H.; GUILLAUME, A.; CZUKONYI, Z.; and DESGRIPPES, Y.: Results of physical therapy for idiopathic clubfoot: a long-term follow-up study. *J Pediatr Orthop*, **10**: 189-192, 1990.
19. BLAKESLEE, T.J. and DEVALENTINE, S.J.: Management of the resistant idiopathic clubfoot: the Kaiser experience from 1980-1990. *J Foot Ankle Surg*, **34**: 167-176, 1995.
20. BOO, N.Y. and ONG, L.C.: Congenital talipes in Malaysian neonates: incidence, pattern and associated factors. *Singapore Med J*, **31(6)**: 539-542, 1990.
21. BRAND, P.W.: A personal revolution in the development of clubfoot correction. *Clin Podiatr Med Surg*, **14**: 1-7, 1997.
22. CAHUZAC JP; BAUNIN C; LUU S; ESTIVALEZES E; SALES DE GAUZY J; and HOBATHO MC: Assessment of hindfoot deformity by three-dimensional MRI in infant club foot. *J Bone Joint Surg [Br]*, **81**: 97-101, 1999.
23. CAMPBELL, P.: Arthrodesis of the ankle with modified distraction-compression and bone-grafting. *J Bone Joint Surg [Am]*, **72(4)**: 552-556, 1990.
24. CARROLL, N.C.: Congenital clubfoot: pathoanatomy and treatment. *Instr Course Lect*, **36**: 117-121, 1987.
25. CARROLL, N.C.: Controversies in the surgical management of clubfoot. *Instr Course Lect*, **45**: 331-337, 1996.
26. CARROLL, N.C.: Clubfoot: what have we learned in the last quarter century? [editorial] [see comments]. *J Pediatr Orthop*, **17**: 1-2, 1997.
27. CARROLL, N.C. and GROSS, R.H.: Operative management of clubfoot. *Orthopedics*, **13**: 1285-1296, 1990.
28. CATTERALL, A.: A method of assessment of the clubfoot deformity. *Clin Orthop*, **48**: 53, 1991.
29. CHANG, Y.L.; HUANG, S.C.; and LIU, T.K.: Surgical management of resistant idiopathic congenital clubfoot. *J Formos Med Assoc*, **90**: 1186-1193, 1991.
30. CHESNY D; BARKER S; MIEDZYBRODZKA Z; HAITES N; and MAFFULLI N: Epidemiology and genetic theories in the etiology of congenital talipes equinovarus. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst*, **58**: 59-64, 1999.

31. CHITTARANJAN, B.S.; BABU, N.V.; and ABRAHAM, G.: Accessory soleus muscle: a problem of awareness. *Aust N Z J Surg*, **64**: 503-505, 1994.
32. COHEN-SOBEL, E.; CASELLI, M.; GIORGINI, R.; GIORGINI, T.; and STUMMER, S.: Long-term follow-up of clubfoot surgery: analysis of 44 patients. *J Foot Ankle Surg*, **32**: 411-423, 1993.
33. COOPER, D.M. and DIETZ, F.R.: Treatment of idiopathic clubfoot. A thirty-year follow-up note [see comments]. *J Bone Joint Surg Am*, **77(10)**: 1477-89, 1995.
34. CRAWFORD, A.H. and GUPTA, A.K.: Clubfoot controversies: complications and causes for failure. *Instr Course Lect*, **45**: 339-346, 1996.
35. CRAWFORD, A.H.; MARXEN, J.L.; and OSTERFELD, D.L.: The Cincinnati Incision: A Comprehensive Approach for Surgical Procedures of the Foot and Ankle in Childhood. *J Bone Joint Surg Am*, **64**: 1355-1358, 1982.
36. CUEVAS, d.A.; GUILLE, J.T.; BOWEN, J.R.; and HARCCKE, H.T.: Computed tomography for femoral and tibial torsion in children with clubfoot. *Clin Orthop*, (**353**): 203-209, 1998.
37. CUMMINGS, R.J. and LOVELL, W.W.: Operative treatment of congenital idiopathic club foot [see comments]. *J Bone Joint Surg Am*, **70**: 1108-1112, 1988.
38. DANIELSSON, L.G.: Incidence of congenital clubfoot in Sweden. 128 cases in 138,000 infants 1946-1990 in Malmo. *Acta Orthop Scand*, **63(4)**: 424-426, 1992.
39. DANIELSSON, L.G.; EL-HADDAD, I.; and SABRI, T.: Clubfoot with supernumerary soleus muscle. Report of 2 cases. *Acta Orthop Scand*, **61**: 371-373, 1990.
40. DE, A.M.; BARNHOLTZ, J.S.; AMOS, C.I.; LOCHMILLER, C.; SCOTT, A.; RISMAN, M.; and HECHT, J.T.: Segregation analysis of idiopathic talipes equinovarus in a Texan population. *Am J Med Genet*, **79(2)**: 97-102, 1998.
41. DE, I.H.: Correction of the neglected clubfoot by the Ilizarov method. *Clin Orthop*, 89-93, 1994.
42. DEBRUNNER, A.: *Orthopädie*. Bern, Verlag Hans Huber, 1985.
43. DEPUY, J. and DRENNAN, J.C.: Correction of idiopathic clubfoot: a comparison of results of early versus delayed posteromedial release. *J Pediatr Orthop*, **9**: 44-48, 1989.
44. DIMEGLIO, A.; BENSANEL, H.; SOUCHET, P.; MAZEAU, P.; and BONNET, F.: Classification of clubfoot. *J Pediatr Orthop B*, **4**: 129-136, 1995.
45. DOEDERLEIN, L.; WENZ, W.; and SCHNEIDER, U.: *Fussdeformitäten - Der Klumpfuß*. Berlin Heidelberg, Springer Verlag, 1999.

46. DOWNEY, D.J.; DRENNAN, J.C.; and GARCIA, J.F.: Magnetic resonance image findings in congenital talipes equinovarus. *J Pediatr Orthop*, **12**: 224-228, 1992.
47. EPELDEGUI, T. and DELGADO, E.: Acetabulum pedis. Part II: Talocalcaneonavicular joint socket in clubfoot. *J Pediatr Orthop B*, **4**: 11-16, 1995.
48. ESSER, R.D.: The medial sagittal approach in the treatment of the congenital clubfoot. A follow-up report of a 15-year experience. *Clin Orthop*, 156-163, 1994.
49. FELDBRIN, Z.; GILAI, A.N.; EZRA, E.; KHERMOSH, O.; KRAMER, U.; and WIENTROUB, S.: Muscle imbalance in the aetiology of idiopathic club foot. An electromyographic study. *J Bone Joint Surg Br*, **77**: 596-601, 1995.
50. FERLIC, R.J.; BREED, A.L.; MANN, D.C.; and CHERNEY, J.J.: Partial wound closure after surgical correction of equinovarus foot deformity. *J Pediatr Orthop*, **17**: 486-489, 1997.
51. FRANKE, J.; GRILL, F.; HEIN, G.; and SIMON, M.: Correction of clubfoot relapse using Ilizarov's apparatus in children 8- 15 years old. *Arch Orthop Trauma Surg*, **110**: 33-37, 1990.
52. FRANKE, J. and HEIN, G.: Our experiences with the early operative treatment of congenital clubfoot. *J Pediatr Orthop*, **8**: 26-30, 1988.
53. FRIEDMAN H.E. and LEVITZ S.: A Literature Review of the Ilizarov Technique and Some Applications for Treating Foot Pathology. *J Foot Ankle Surg*, **33** (1): 30-36, 1994.
54. FRITSCH H and EGGERS R: Ossification of the calcaneus in the normal fetal foot and in clubfoot. *J Pediatr Orthop*, **19**: 22-26, 1999.
55. FUKUHARA, K.; SCHOLLMEIER, G.; and UHTHOFF, H.K.: The pathogenesis of club foot. A histomorphometric and immunohistochemical study of fetuses. *J Bone Joint Surg Br*, **76**: 450-457, 1994.
56. GHALI, N.N.; SMITH, R.B.; CLAYDEN, A.D.; and SILK, F.F.: The results of pantalar reduction in the management of congenital talipes equinovarus. *J Bone Joint Surg [Br]*, **65**: 1-7, 1983.
57. GRAHAM, G.P. and DENT, C.M.: Dillwyn Evans operation for relapsed club foot. Long-term results. *J Bone Joint Surg [Br]*, **74**: 445-448, 1992.
58. GRANT, A.D. and ATAR, D.: Highlights of talipes equinovarus deformity [see comments]. *Am J Orthop*, **24**: 393-399, 1995.
59. GRANT, A.D.; ATAR, D.; and LEHMAN, W.B.: The Ilizarov technique in correction of complex foot deformities. *Clin Orthop*, 94-103, 1992.
60. GRANT, A.D. and LEHMAN, W.B.: Clubfoot correction using the Ilizarov technique. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst*, **51** : 84-87, 1991.

61. GRAYHACK, J.J.; ZAWIN, J.K.; SHORE, R.M.; TROMBINO, L.J.; POZNANSKI, A.K.; and CARROLL, N.C.: Assessment of calcaneocuboid joint deformity by magnetic resonance imaging in talipes equinovarus. *J Pediatr Orthop B*, **4**: 36-38, 1995.
62. GREEN, A.D. and LLOYD-ROBERTS, G.C.: The results of early posterior release in resistant club feet. A long- term review. *J Bone Joint Surg [Br]*, **67**:588-93, 1985.
63. HAASBEEK, J.F. and WRIGHT, J.G.: A comparison of the long-term results of posterior and comprehensive release in the treatment of clubfoot. *J Pediatr Orthop*, **17**: 29-35, 1997.
64. HAMEL, J. and BECKER, W.: Sonographic assessment of clubfoot deformity in young children. *J Pediatr Orthop B*, **5**: 279-286, 1996.
65. HAMEL, J.; GROSSMANN, P.; SCHRAMM, J.; and BECKER, W.: [Sonographic diagnosis of the juvenile tarsus. Clinical application possibilities demonstrated by examples]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, **133**: 43-49, 1995.
66. HERBSTHOFER, B.; ECKARDT, A.; ROMPE, J.D.; and KULLMER, K.: Significance of radiographic angle measurements in evaluation of congenital clubfoot. *Arch Orthop Trauma Surg*, **117**: 324-329, 1998.
67. HJELMSTEDT, A. and SAHLSTEDT, B.: Role of talocalcaneal osteotomy in clubfoot surgery: results in 31 surgically treated feet. *J Pediatr Orthop*, **10**: 193-197, 1990.
68. HOOTNICK, D.R.; PACKARD, D.S.J.; and LEVINSOHN, E.M.: Necrosis leading to amputation following clubfoot surgery. *Foot Ankle*, **10**: 312-316, 1990.
69. HOWARD, C.B. and BENSON, M.K.: The ossific nuclei and the cartilage anlage of the talus and calcaneum. *J Bone Joint Surg [Br]*, **74**: 620-623, 1992.
70. HOWARD, C.B. and BENSON, M.K.: Clubfoot: its pathological anatomy. *J Pediatr Orthop*, **13**: 654-659, 1993.
71. HUDSON, I. and CATTERALL, A.: Posterolateral release for resistant club foot [see comments]. *J Bone Joint Surg Br*, **76**: 281-284, 1994.
72. HUTCHINS, P.M.; FOSTER, B.K.; PATERSON, D.C.; and COLE, E.A.: Long-term results of early surgical release in club feet. *J Bone Joint Surg [Br]*, **67**: 791-799, 1985.
73. IKEDA, K.: Conservative treatment of idiopathic clubfoot. *J Pediatr Orthop*, **12**: 217-223, 1992.
74. IPPOLITO, E.: Update on pathologic anatomy of clubfoot. *J Pediatr Orthop B*, **4**: 17-24, 1995.
75. IPPOLITO, E. and PONSETI, I.V.: Congenital club foot in the human fetus. A histological study. *J Bone Joint Surg [Am]*, **62**: 8-22, 1980.

76. IRANI R.N. and SHERMAN M.S.: The Pathological Anatomy of Club Foot. *J Bone Joint Surg Am*, **46(1)**: 45-52, 1963.
77. ISAACS, H.; HANDELSMAN, J.E.; BADENHORST, M.; and PICKERING, A.: The muscles in club foot--a histological histochemical and electron microscopic study. *J Bone Joint Surg [Br]*, **59-B**: 465-472, 1977.
78. JAMES, L.M.: Maps of birth defects occurrence in the U.S., Birth Defects Monitoring Program (BDMP)/CPHA, 1970-1987. *Teratology*, **48(6)**: 551-646, 1993.
79. JOHNSON, G.R.; HAN, P.; and GIACOPELLI, J.A.: Role of talectomy in the treatment of rigid talipes equinovarus deformities. *J Am Podiatr Med Assoc*, **85**: 189-197, 1995.
80. JOHNSTON, C.E.; HOBATHO, M.C.; BAKER, K.J.; and BAUNIN, C.: Three-dimensional analysis of clubfoot deformity by computed tomography. *J Pediatr Orthop B*, **4**: 39-48, 1995.
81. KARSKI, T. and WOSKO, I.: Experience in the conservative treatment of congenital clubfoot in newborns and infants. *J Pediatr Orthop*, **9**: 134-136, 1989.
82. KAUSCH, T.; RUTT, J.; HACKENBROCH, M.H.; and FUNFGELD, B.: [Treatment results of Imhauser's method of treating neonatal clubfeet]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, **133**: 524-529, 1995.
83. KAWASHIMA, T. and UHTHOFF, H.K.: Development of the foot in prenatal life in relation to idiopathic club foot. *J Pediatr Orthop*, **10**: 232-237, 1990.
84. KITE J.H.: The Treatment of Congenital Club-Feet. *Surgery, Gynecology and Obstetrics*, **61**: 190-200, 1935.
85. KITZIGER, K. and WILKINS, K.: Absent posterior tibial artery in an infant with talipes equinovarus. *J Pediatr Orthop*, **11**: 777-778, 1991.
86. KRANICZ, J.; THAN, P.; and KUSTOS, T.: Long-term results of the operative treatment of clubfoot: a representative study. *Orthopedics*, **21**: 669-674, 1998.
87. KREBS M.: Nachtschienenversorgung bei Klump- und Sichelfuß. *Orthopädie Technik*, **2**: 72-78, 1990.
88. KREBS M.: Die Klumpfußretentionsorthese. *Orthopädie Technik*, **11**: 942-947, 1995.
89. KRISHNA, M.; EVANS, R.; SPRIGG, A.; TAYLOR, J.F.; and THEIS, J.C.: Tibial torsion measured by ultrasound in children with talipes equinovarus. *J Bone Joint Surg [Br]*, **73**: 207-210, 1991.
90. KUMAR, P.N.; LAING, P.W.; and KLENERMAN, L.: Medial calcaneal osteotomy for relapsed equinovarus deformity. Long-term study of the results of Frederick Dwyer. *J Bone Joint Surg Br*, **75**: 967-971, 1993.
91. LAAVEG, S.J. and PONSETI, I.V.: Long-term results of treatment of congenital club foot. *J Bone Joint Surg [Am]*, **62**: 23-31, 1980.

92. LAU, J.H.; MEYER, L.C.; and LAU, H.C.: Results of surgical treatment of talipes equinovarus congenita [see comments]. *Clin Orthop*, 219-226, 1989.
93. LEHMAN, W.B.; ATAR, D.; GRANT, A.D.; and STRONGWATER, A.M.: Re-do clubfoot: surgical approach and long-term results. *Bull N Y Acad Med*, **66**: 601-617, 1990.
94. LEJMAN, T.; SULKO J.; and KOWALCZYK B: Treatment for recurrent clubfoot with the Ilizarov technique. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol*, **63(1)**: 39-45, 1998.
95. LEVIN, M.N.; KUO, K.N.; HARRIS, G.F.; and MATESI, D.V.: Posteromedial release for idiopathic talipes equinovarus. A long-term follow-up study. *Clin Orthop*, 265-268, 1989.
96. LEVINSOHN E.M.; HOOTNICK, D.R.; and PACKARD, D.S.J.: Consistent Arterial Abnormalities Associated with a Variety of Congenital Malformations of the Human Lower Limb. *Invest-Radiol*, **26(4)**: 364-373, 1991.
97. LOCHMILLER, C.; JOHNSTON, D.; SCOTT, A.; RISMAN, M.; and HECHT, J.T.: Genetic epidemiology study of idiopathic talipes equinovarus. *Am J Med Genet*, **79(2)**: 90-96, 1998.
98. LOREN GJ; KARPINSKY NC; and MUBARAK SJ: Clinical implications of clubfoot histopathology. *J Pediatr Orthop*, **18**: 765-769, 1998.
99. LUOR, S.I.; HUANG, S.C.; CHENG, P.Y.; and LIU, T.K.: Calcaneocuboid joint deformity in clubfoot. *J Formos Med Assoc*, **91**: 304-308, 1992.
100. MAFFULLI, N.; CAPASSO, G.; TESTA, V.; and BORRELLI, L.: Histochemistry of the triceps surae muscle in idiopathic congenital clubfoot. *Foot Ankle*, **13**: 80-84, 1992.
101. MAGONE, J.B.; TORCH, M.A.; CLARK, R.N.; and KEAN, J.R.: Comparative review of surgical treatment of the idiopathic clubfoot by three different procedures at Columbus Children's Hospital. *J Pediatr Orthop*, **9**: 49-58, 1989.
102. MAIN, B.J.; CRIDER, R.J.; POLK, M.; LLOYD-ROBERTS, G.C.; SWANN, M.; and KAMDAR, B.A.: The results of early operation in talipes quino-varus. A preliminary report. *J Bone Joint Surg [Br]*, **59**: 337-341, 1977.
103. MAIZA, D.; THEMAR-NOEL, C.; LEGRAND, I.; BENSACHEL, H.; and HASSAN, M.: Ultrasonographic approach to the neonatal foot: preliminary study. *J Pediatr Orthop B*, **4**: 123-128, 1995.
104. MCHALE, K.A. and LENHART, M.K.: Treatment of residual clubfoot deformity--the "bean-shaped" foot--by opening wedge medial cuneiform osteotomy and closing wedge cuboid osteotomy. Clinical review and cadaver correlations [see comments]. *J Pediatr Orthop*, **11**: 374-381, 1991.
105. MCKAY, D.W.: New concept of and approach to clubfoot treatment: section I--principles and morbid anatomy. *J Pediatr Orthop*, **2**: 347-356, 1982.

106. MCKAY, D.W.: New concept of and approach to clubfoot treatment: section II-- correction of the clubfoot. *J Pediatr Orthop*, **3**: 10-21, 1983a.
107. MCKAY, D.W.: New concept of and approach to clubfoot treatment: Section III-- evaluation and results. *J Pediatr Orthop*, **3**: 141-148, 1983b.
108. MITTLMEIER, T. and MORLOCK, M.: Statische und dynamische Belastungsmessungen am posttraumatischen Fuß. *Orthopäde*, **20**: 22-32, 1991.
109. MIYAGI, N.; IISAKA, H.; YASUDA, K.; and KANEDA, K.: Onset of ossification of the tarsal bones in congenital clubfoot. *J Pediatr Orthop*, **17**: 36-40, 1997.
110. MORLOCK, M. and MITTLMEIER: Modern Gait Analysis: A tool to improve shoes, insoles and the understanding of foot function. *Acta Orthopaedica Belgica*, **62**: 11-16, 1996.
111. MORLOCK, M. and MITTLMEIER, T.: Dynamische Pedographie - Die Zeit ist reif. *Orthopädie Technik*, **3**: 171-177, 1993.
112. MOUNTNEY, J.; KHAN, T.; DAVIES, A.G.; and SMITH, T.W.: Scar quality from partial or complete wound closure using the Cincinnati incision for clubfoot surgery. *J Pediatr Orthop B*, **7**: 223-225, 1998.
113. MUIR, L.; LALLOTIS, N.; KUTTY, S.; and KLENERMAN, L.: Absence of the dorsalis pedis pulse in the parents of children with club foot. *J Bone Joint Surg Br*, **77**: 114-116, 1995.
114. NAPIONTEK, M.: Intraoperative ultrasound for evaluation of reduction in congenital talipes equinovarus. *J Pediatr Orthop B*, **4**: 55-57, 1995.
115. NAPIONTEK, M.: Clinical and radiographic appearance of congenital talipes equinovarus after successful nonoperative treatment. *J Pediatr Orthop*, **16**: 67-72, 1996a.
116. NAPIONTEK, M.: Transposed skin graft for wound closure after Cincinnati incision. Experience in 7 patients with severe foot deformities. *Acta Orthop Scand*, **67**: 280-282, 1996b.
117. NAPIONTEK, M. and NAZAR, J.: Tibial osteotomy as a salvage procedure in the treatment of congenital talipes equinovarus. *J Pediatr Orthop*, **14**: 763-767, 1994.
118. NIETHARD, F.: *Kinderorthopädie*. Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1997.
119. NIMITYONGSKUL, P.; ANDERSON, L.D.; and HERBERT, D.E.: Surgical treatment of clubfoot: a comparison of two techniques. *Foot Ankle*, **13**: 116-124, 1992.
120. O'CONNOR PJ; BOS CF; and BLOEM JL: Tarsal navicular relations in club foot: is there a role for magnetic resonance imaging ? *Skeletal Radiol*, **27**: 440-44, 1998.

121. OGANESIAN, O.V. and ISTOMINA, I.S.: Talipes equinovarus deformities corrected with the aid of a hinged-distraction apparatus. *Clin Orthop*, 42-50, 91.
122. OSTERMAN, K. and MERIKANTO, J.: Critical aspects of neonatal surgery in clubfoot. *J Pediatr Orthop B*, **5**: 55-56, 1996.
123. OTREMSKI, I.; SALAMA, R.; KHERMOSH, O.; and WIENTROUB, S.: An analysis of the results of a modified one-stage posteromedial release (Turco operation) for the treatment of clubfoot. *J Pediatr Orthop*, **7**: 149-151, 1987.
124. PANDEY, S. and PANDEY, A.K.: Soft tissue release in clubfoot by double incision. *J Foot Ankle Surg*, **34**: 163-166, 1995.
125. PATON, R.W. and FREEMONT, A.J.: A clinicopathological study of idiopathic CTEV. *J R Coll Surg Edinb*, **38**: 108-109, 1993.
126. PAZZAGLIA, U.E.; RICCARDI, C.; VALLE, L.; PEDROTTI, L.; and FINARDI, E.: Clinical and radiographic evaluation of the Codivilla method of surgical correction of congenital club foot. Medium-term follow-up of 235 cases. *Ital J Orthop Traumatol*, **18**: 371-378, 1992.
127. PONS J.G. and DIMEGLIO A.: Neonatal surgery in clubfoot. *Orthop Clin North Am*, **9**: 233-240, 1978.
128. PONSETI, I.V.: Treatment of congenital club foot. *J Bone Joint Surg [Am]*, **74**: 448-454, 1992.
129. PONSETI, I.V.; EL-KHOURY, G.Y.; IPPOLITO, E.; and WEINSTEIN, S.L.: A radiographic study of skeletal deformities in treated clubfeet. *Clin Orthop*, 30-42, 1981.
130. PONSETI, I.V. and SMOLEY E: Congenital Club Foot: The Results of Treatment. *J Bone Joint Surg [Am]*, **45**: 261-275, 1963.
131. PORAT, S. and KAPLAN, L.: Critical analysis of results in club feet treated surgically along the Norris Carroll approach: seven years of experience. *J Pediatr Orthop*, **9**: 137-143, 1989.
132. PORTER, R.W.: Clubfoot: congenital talipes equinovarus. *J R Coll Surg Edinb*, **40(1)**: 66-71, 1995.
133. PORTER, R.W.: An anomalous muscle in children with congenital talipes. *Clin Anat*, **9**: 25-27, 1996.
134. PORTER, R.W.; ROY, A.; and RIPPSTEIN, J.: Assessment in congenital talipes equinovarus. *Foot Ankle*, **11**: 16-21, 1990.
135. PRYOR, G.A.; VILLAR, R.N.; RONEN, A.; and SCOTT, P.M.: Seasonal variation in the incidence of congenital talipes equinovarus. *J Bone Joint Surg [Br]*, **73(4)**: 632-634, 1991.

136. QUILLIN, S.P. and HICKS, M.E.: Absent posterior tibial artery associated with clubfoot deformity: an unusual variant. *J Vasc Interv Radiol*, **5**: 497-499, 1994.
137. RAAB P and KRAUSPE R: Recurrent club foot. *Orthopade*, **28**: 110-116, 1999.
138. RAJACICH, N.; BELL, D.F.; and ARMSTRONG, P.F.: Pediatric applications of the Ilizarov method. *Clin Orthop*, 72-80, 1992.
139. RAUBER A and KOPSCH F: *Anatomie des Menschen*. Stuttgart, New York, Thieme, 1987.
140. REBBECK, T.R.; DIETZ, F.R.; MURRAY, J.C.; and BUETOW, K.H.: A single-gene explanation for the probability of having idiopathic talipes equinovarus. *Am J Hum Genet*, **53(5)**: 1051-1063, 1993.
141. REIMAN I. and LYQUIST E.: Dynamic Splint used in the Treatment of Club Foot. *Acta Orthop Scand*, **40**: 817-824, 1970.
142. RICCIARDI-POLLINI, P.T.; IPPOLITO, E.; TUDISCO, C.; and FARSETTI, P.: Congenital clubfoot: results of treatment of 54 cases. *Foot Ankle*, **5**: 107-17, 1984.
143. ROBERTSON, W.W.J. and CORBETT, D.: Congenital clubfoot. Month of conception. *Clin Orthop*, 14-18, 1997.
144. SANO, H.; UHTHOFF, H.K.; JARVIS, J.G.; MANSINGH, A.; and WENCKEBACH, G.F.: Pathogenesis of soft-tissue contracture in club foot. *J Bone Joint Surg Br*, **80**: 641-644, 1998.
145. SHAPIRO, F. and GLIMCHER, M.J.: Gross and histological abnormalities of the talus in congenital club foot. *J Bone Joint Surg [Am]*, **61**: 522-530, 1979.
146. SIMONS, G.W.: Analytical radiography of club feet. *J Bone Joint Surg [Br]*, **59-B**: 485-489, 1977a.
147. SIMONS, G.W.: External rotational deformities in club feet. *Clin Orthop*, 239-45, 1977b.
148. SIMONS, G.W.: Complete subtalar release in club feet. Part I--A preliminary report. *J Bone Joint Surg [Am]*, **67**: 1044-1055, 1985a.
149. SIMONS, G.W.: Complete subtalar release in club feet. Part II--Comparison with less extensive procedures. *J Bone Joint Surg [Am]*, **67**: 1056-1065, 1985b.
150. SIMONS, G.W.: Calcaneocuboid joint deformity in talipes equinovarus: an overview and update. *J Pediatr Orthop B*, **4**: 25-35, 1995.
151. SIRCA, A.; ERZEN, I.; and PECAK, F.: Histochemistry of abductor hallucis muscle in children with idiopathic clubfoot and in controls. *J Pediatr Orthop*, **10**: 477-482, 1990.

152. SODRE, H.; BRUSCHINI, S.; MESTRINER, L.A.; MIRANDA, F.J.; LEVINSOHN, E.M.; PACKARD, D.S.J.; CRIDER, R.J.J.; SCHWARTZ, R.; and HOOTNICK, D.R.: Arterial abnormalities in talipes equinovarus as assessed by angiography and the Doppler technique. *J Pediatr Orthop*, **10**: 101-104, 1990.
153. SOLUND, K.; SONNE-HOLM, S.; and KJOLBYE, J.E.: Talectomy for equinovarus deformity in arthrogryposis. A 13 (2-20) year review of 17 feet. *Acta Orthop Scand*, **62**: 372-374, 1991.
154. STANITSKI, C.L.; WARD, W.T.; and GROSSMAN, W.: Noninvasive vascular studies in clubfoot. *J Pediatr Orthop*, **12**: 514-517, 1992.
155. STROMQVIST, B.; JOHNSON, R.; JONSSON, K.; and SUNDEN, G.: Early intensive treatment of clubfoot. 75 feet followed for 6-11 years. *Acta Orthop Scand*, **63**: 183-188, 1992.
156. TARRAF, Y.N. and CARROLL, N.C.: Analysis of the components of residual deformity in clubfeet presenting for reoperation. *J Pediatr Orthop*, **12**: 207-216, 1992.
157. TAYTON, K. and THOMPSON, P.: Relapsing club feet. Late results of delayed operation. *J Bone Joint Surg [Br]*, **61-B**: 474-480, 1979.
158. THOMETZ, J.G. and SIMONS, G.W.: Deformity of the calcaneocuboid joint in patients who have talipes equinovarus. *J Bone Joint Surg Am*, **75**: 190-195, 1993.
159. THOMPSON, G.H.; RICHARDSON, A.B.; and WESTIN, G.W.: Surgical management of resistant congenital talipes equinovarus deformities. *J Bone Joint Surg [Am]*, **64**: 652-665, 1982.
160. TOENGES, F.: Shoe therapy. Past and present treatments. *Clin Podiatr Med Surg*, **14**: 209-214, 1997.
161. TOLAT, V.; BOOTHROYD, A.; CARTY, H.; and KLENERMAN, L.: Ultrasound: a helpful guide in the treatment of congenital talipes equinovarus. *J Pediatr Orthop B*, **4**: 65-70, 1995.
162. TOZUN, R.; HAMZAOGLU, A.; PINAR, H.; and SEYHAN, F.: Complete subtalar release in clubfeet. *J Foot Surg*, **29**: 436-438, 1990.
163. TRONTELJ, J.V. and PAVLOVCIC, V.: Calf-tendon jerks are altered in congenital equinovarus deformity. *Dev Med Child Neurol*, **34**: 966-971, 1992.
164. 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]*, **61**: 805-814, 1979.
165. VANDERWILDE, R.; STAHELI LT; CHEW DE; and MALAGON V: Measurements on Radiographs of the Foot in Normal Infants and Children. *J Bone Joint Surg [Am]*, **70**: 407-415, 1988.

166. VISPO, S.J.; ARNOLD, J.P.; LORENZ, M.; and KRAUSPE, R.: [Arterial blood flow in congenital idiopathic clubfoot]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, **134**: 533-536, 1996.
167. WALLANDER, H.; HANSSON, G.; and TJERNSTROM, B.: Correction of persistent clubfoot deformities with the Ilizarov external fixator. Experience in 10 previously operated feet followed for 2-5 years. *Acta Orthop Scand*, **67**: 283-287, 1996.
168. WANG C; PETURSDOTTIR S; LEIFSDOTTIR I; REHNBERG L; and AHLSTROM H: MRI multiplanar reconstruction in the assessment of congenital talipes equinovarus. *Pediatr Radiol*, **29**: 262-267, 1999.
169. WIDHE T: Foot Deformities at Birth: A Longitudinal Prospective Study over a 16-Year Period. *J Pediatr Orthop*, **17**: 20-24, 1997.
170. WIENTROUB, S. and KHERMOSH, O.: A new orthosis for the management of clubfoot and other foot and leg deformities in infancy and early childhood. *J Pediatr Orthop*, **11**: 485-487, 1991.
171. WISBRUN W.: Neue Gesichtspunkte zum Redressement des angeborenen Klumpfußes und daraus sich ergebende Schlußfolgerungen bezüglich der Ätiologie. *Arch Orthop Unfallchir*, **31**: 451-464, 1932.
172. WITH C.J. and JÄGER, M.: *Praxis der Orthopädie*. Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1992.
173. WYNNE-DAVIES, R.: Talipes Equinovarus. A Review of Eighty-four Cases after Completion of Treatment. *J Bone Joint Surg Br*, **46-B**: 464-476, 1964.
174. YAMAMOTO, H. and FURUYA, K.: Treatment of congenital club foot with a modified Denis Browne splint. *J Bone Joint Surg [Br]*, **72**: 460-463, 1990.
175. YAMAMOTO, H.; MUNETA, T.; ISHIBASHI, T.; and FURUYA, K.: Posteromedial release of congenital club foot in children over five years of age. *J Bone Joint Surg Br*, **76**: 555-558, 1994.
176. YAMAMOTO, H.; MUNETA, T.; and MORITA, S.: Nonsurgical treatment of congenital clubfoot with manipulation, cast, and modified Denis Browne splint. *J Pediatr Orthop*, **18**: 538-542, 1998.
177. YNGVE, D.A.; GROSS, R.H.; and SULLIVAN, J.A.: Clubfoot release without wide subtalar release. *J Pediatr Orthop*, **10**: 473-476, 1990.

Anhang 1

Fragebogen für Patienten nach Klumpfußoperationen

1. Name: Vorname: Geburtsdatum:
Größe: Gewicht:
Adresse:
Telefonnummer (tagsüber): Telefonnummer (abends):

Bitte kreuzen Sie nun die passende Antwort an !

2. Beruf:

- a) zur Zeit: (seit wann?)
- b) früher: (und wie lange?)
- c) früher: (und wie lange?)

3. Schulausbildung/ Schulabschluß:

- a) ohne
- b) Volksschule
- c) Realschule
- d) Gymnasium
- e) Universität

4. Familienstand:

- a) ledig
- b) verheiratet
- c) geschieden

5. Im täglichen Leben:

- a) begrenzt mein operierter Fuß nicht meine Aktivitäten
- b) begrenzt mein operierter Fuß gelegentlich meine Aktivitäten
- c) begrenzt mein operierter Fuß starke körperliche Belastungen
- d) begrenzt mein operierter Fuß mich in den Anforderungen des täglichen Lebens
- e) begrenzt mein operierter Fuß mich beim Spaziergehen

6. Mein operierter Fuß:

- a) schmerzt nie
- b) schmerzt gelegentlich in milder Stärke
- c) schmerzt nur nach starker körperlicher Belastung
- d) schmerzt nach Belastungen im täglichen Leben
- e) schmerzt nach dem Spaziergehen
- f) schmerzt in Ruhe oder in der Nacht

7. Ich treibe regelmäßig Sport:

- a) hierbei treten keine Beschwerden am operierten Fuß auf
- b) hierbei treten geringe Beschwerden am operierten Fuß auf
- c) wegen der Beschwerden am operierten Fuß kann ich keine Sportart ausüben
- d) ich habe nie eine Sportart ausgeübt
- e) folgende Sportarten habe ich ausgeübt (bitte unterstreichen)
Freizeitsport/ organisierter Vereinssport/ Mannschaftssport/
Leistungssport

8. Häufigkeit der Sportausübung:

- a) täglich
- b) 2-3 mal pro Woche
- c) 1 mal in der Woche
- d) 1 mal im Monat
- e) weniger als 1 mal im Monat
- f) folgende Sportarten wurden von mir ausgeübt (bitte auflisten):

9. Ich bin in der Lage:

- a) uneingeschränkt durch den Fuß Sport zu treiben
- b) eingeschränkt zu laufen, nicht jedoch eingeschränkt zu gehen
- c) eingeschränkt zu gehen
- d) nur auf ebenem Untergrund zu gehen
- e) nur mit Hilfsmitteln/ orthopädischem Schuhwerk zu gehen

10. Mein operierter Fuß sieht aus:

- a) wie ein „normaler“ Fuß
- b) unterscheidet sich von einem „normalen“ Fuß, aber es stört mich nicht
- c) unterscheidet sich von einem „normalen“ Fuß, und dies stört mich gelegentlich
- d) unterscheidet sich von einem „normalen“ Fuß, und dies stört mich häufig
- e) unterscheidet sich von einem „normalen“ Fuß, und dies stört mich so sehr, daß ich den Fuß nicht in der Öffentlichkeit zeige

11. Meine Schuhgröße:

- a) ist für beide Füße gleich
- b) ist für beide Füße gleich, aber ein Schuh ist zu groß
- c) unterscheidet sich um eine Nummer in der Größe
- d) unterscheidet sich um zwei Nummern in der Größe
- e) unterscheidet sich um drei oder mehr Nummern in der Größe

12. Ich trage bevorzugt folgende Schuhe:

- a) Sportschuhe
- b) bequeme Freizeitschuhe
- c) Straßenschuhe/ Anzugschuhe
- d) hochhackige Schuhe
- e) orthopädische Schuhe nach Maß
- f) andere:

13. Meine Schuhe:

- a) trage ich normal ab
- b) verändern sich und sind abgetragen innerhalb eines Jahres
- c) verändern sich und sind abgetragen innerhalb eines halben Jahres
- d) verändern sich und sind abgetragen innerhalb eines Vierteljahres
- e) verändern sich und sind abgetragen innerhalb von 1 bis 2 Monaten

14. Zur Behandlung meiner Füße:

- a) bin ich in ärztlicher Betreuung
- b) nehme ich Medikamente (Name):
nötig pro Tag: nötig pro Woche: nötig pro Monat:
- c) war eine Operation nötig,
bitte Art und Zeitpunkt der Operation angeben (eventuell mehrere Operationen auflisten)
- d) trage ich einen Stützverband
- e) benutze ich Einlagen
- f) benutze ich einen Handstock oder Unterarmgehstützen

15. Bitte kreuzen Sie auf der Liste an, welche Zahl erfahrungsgemäß Ihrer durchschnittlichen Schmerzintensität im täglichen Leben bezogen auf den operierten Fuß entspricht.

Kein Schmerz 0---1---2---3---4---5---6---7---8---9---10 starker Schmerz

16. Bitte kreuzen Sie an, welche Zahl dem Ausmaß Ihrer stärksten Schmerzen im operierten Fuß entspricht.

Kein Schmerz 0---1---2---3---4---5---6---7---8---9---10 starker Schmerz

17. Ich kann gehen:

- a) jede Distanz ohne Beeinträchtigung durch den operierten Fuß
- b) ca. 15-20 Kilometer ohne Beeinträchtigung durch den operierten Fuß
- c) ca. 10-15 Kilometer ohne Beeinträchtigung durch den operierten Fuß
- d) ca. 5-10 Kilometer ohne Beeinträchtigung durch den operierten Fuß
- e) ca. 1-5 Kilometer ohne Beeinträchtigung durch den operierten Fuß
- f) weniger als 1 Kilometer ohne Beeinträchtigung durch den operierten Fuß

18. Meine Aktivitäten sind nicht durch Schmerzen im Bereich des operierten Fußes gemindert, sondern durch:

- a) Rückenbeschwerden
- b) Hüftgelenksbeschwerden
- c) Kniegelenksbeschwerden
- d) Armbeschwerden
- e) andere Beschwerden (bitte auflisten)

Vielen Dank für Ihre Mühe!

Anhang 2

Kodierung der Antworten des Fragebogens aus Anhang 1

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0	3	3	1	3	3	1	2	3	3	4	3	1	5	2	4	4	2
2	0	1	3	1	1	2	2	4	1	1	1	2	1	1	0	1	2	1
3	0	2	2	2	1	1	1	3	1	1	1	4	1	0	0	0	1	1
4	0	1	3	1	2	1	1	2	2	2	2	1	3	5	0	0	3	2
5	0	1	4	1	1	1	4	3	0	1	1	2	1	0	0	0	1	0
6	0	1	4	2	3	3	2	3	2	3	4	3	2	5	2	6	4	1
7	0	1	4	2	5	5	4	5	3	3	2	2	3	5	2	6	5	1
8	0	3	3	2	5	5	4	0	2	4	2	3	1	5	8	8	5	1
9	0	1	4	1	1	1	1	3	1	2	1	3	1	0	0	0	1	0
10	0	3	2	1	5	5	3	5	5	5	4	2	3	5	6	8	5	2
11	0	2	3	2	5	5	4	0	2	5	2	5	3	0	7	7	5	2
12	0	1	4	1	3	3	2	2	3	2	3	2	2	5	2	8	4	3
13	0	1	4	1	2	2	2	2	1	3	2	2	2	0	2	2	1	3
14	0	1	5	1	2	2	2	1	3	5	2	3	5	5	0	5	1	2
15	0	1	3	2	5	5	3	0	3	3	2	3	3	5	4	10	5	3
16	0	2	5	1	1	1	1	2	1	2	3	5	2	4	0	0	4	2
17	0	2	3	1	1	2	2	2	1	1	3	1	1	0	0	2	2	0
18	0	1	5	1	1	3	1	2	1	1	4	2	1	5	1	10	1	0
19	0	1	3	1	5	5	5	2	2	5	2	2	2	1	7	8	5	2
20	0	1	3	1	2	3	2	3	2	2	4	2	2	5	4	5	5	0
21	0	2	2	1	1	3	2	2	1	3	2	3	2	0	1	4	1	3

22	0	3	2	1	1	6	2	5	1	2	4	1	5	0	1	1	1	1
23	0	3	2	1	1	1	4	0	0	1	1	3	2	0	0	0	1	0
24	0	1	3	1	1	1	1	2	1	2	1	5	2	5	0	0	1	2
25	0	1	3	1	2	3	4	0	3	5	2	3	2	0	2	10	5	0
26	0	1	5	1	1	2	2	2	1	1	1	3	1	5	0	2	1	0
27	0	2	3	2	2	3	4	0	0	1	2	3	1	0	0	8	5	3
28	0	3	2	1	1	1	1	2	1	2	2	3	1	0	0	0	1	1
29	0	1	3	2	2	2	2	2	4	3	1	2	2	5	5	5	3	3
30	0	1	4	1	2	2	0	0	2	2	4	2	3	0	3	7	2	2
31	0	1	4	1	2	3	1	3	1	1	3	2	1	0	2	6	2	0
32	0	1	4	1	3	2	0	0	0	3	4	3	3	5	1	8	3	2
33	0	2	3	1	2	5	3	0	2	2	2	3	4	0	6	8	6	2
34	0	1	3	1	5	5	0	0	3	3	2	3	4	0	5	8	6	3
35	0	3	2	1	3	2	1	4	1	2	1	2	1	0	0	2	2	1
36	0	1	5	2	1	3	2	2	2	2	1	1	4	0	3	9	4	1
37	0	2	2	1	1	1	1	3	1	1	3	4	4	0	0	0	1	3
38	0	2	3	1	1	3	2	3	1	2	2	3	4	0	2	6	2	0
39	0	1	3	1	2	2	2	2	1	1	3	2	4	5	1	4	1	0
40	0	1	3	1	2	4	3	3	2	3	2	3	1	0	1	4	2	3
41	0	1	4	2	1	1	1	4	1	2	2	4	4	0	0	0	4	0
42	0	1	5	1	2	3	2	1	1	2	1	2	2	5	1	2	2	4

Untersuchungsbefund der Patienten nach Klumpfußoperation

a) im aufrechten Stand:

Zehenstellung
Vorfußposition
Fußlängsgewölbe
Rückfuß-/ Fersenposition
Narbenverhältnisse
Erscheinung der Wadenmuskulatur
Beinachsenstellung
Lage der Malleolenachse

b) Funktionsbeschreibung (Schmerzprovokation?)

Zehenstand
Hackengang
Hocksitz
Beinlängendifferenz
Kraftverhältnisse (Dorsalextension, Plantarflexion, Pronation, Supination,
Zehenextensoren, Zehenflexoren)
Muskelverkürzungen der unteren Extremität

c) im Liegen

Durchblutungsverhältnisse
Sensibilitätsstörungen
Beschwellung
Einschränkungen der Bewegungsumfänge von Hüft- und Kniegelenken
Bewegungsumfänge: Dorsalext./Plantarfl.
(schmerzhaft?) Inversion/ Eversion
Pronation/ Supination
Fersenmobilität (valgus/ varus)
Translation im OSG und USG
Umfangmaße: med. Kniegelenksspalt
15 cm distal des med. Kniegelenksspaltes
maximaler Wadenmuskulaturumfang
oberhalb der Malleolenebene
auf Malleolenebene
auf Höhe des os naviculare
Vorfuß

Anhang 4

Das Bewertungssystem für einen operierten Klumpfuß nach McKay
(McKay DW, J Pediatr Orthop, Vol 3, No 2, 1983, 141-48)

von 180 Gesamt-Punkten
zu subtrahierende Punkte

1. Bewegungsausmaße im OSG

>90	<90	total	
10	40	50	0
10	30	40	-10
10	25	35	-20
<10	<25	<35	-30

2. Winkel der Malleolenachse zur Fußlängsachse

83° - 90°	0
76° - 82°	-10
50° - 75°	-20

3. Kraft des M. trizeps surae

Zehenspitzenstand einbeinig möglich	0
Zehenspitzenstand beidbeinig möglich	-10
kein Zehenspitzenstand möglich	-20

4. Fersenstellung

0° - 5° valgus	0
5° - 10° valgus	-5
mehr als 10° valgus	-10
varus	-10

5. Vorfußstellung

neutral	0
bis zu 5° Adduktion oder Abduktion	-5
mehr als 5° Adduktion oder Abduktion	-10

6. Funktion der M. flexor hallucis longus

Funktion erhalten	0
keine Funktion	-10

7. Schmerzen im Bereich des OSG

Dauerschmerz	-30
in milder Ausprägung bei Belastungen des täglichen Lebens	-20
nach Belastung am Ende des Tages	-10
Schmerzen nur nach sportlicher Betätigung/ starker körperlicher Belastung	-5

8. Schmerzen im Bereich des Fußes/ subtalar

Dauerschmerz	-20
in milder Ausprägung bei Belastungen des täglichen Lebens	-15
nach Belastung am Ende des Tages	-10
Schmerzen nur nach sportlicher Betätigung/ starker körperlicher Belastung	-5

9. Schuhe

Modeschuhe können nicht getragen werden	-5
der operierte Fuß verändert die Schuhe	-10
Schuhe passen nicht	-15

10. Sport

Wettkampfsport ist möglich	0
wegen des operierten Fußes ist Wettkampfsport nicht möglich	-15

Anhang 5

Das funktionelle Bewertungssystem für den Klumpfuß nach Laaveg und Ponseti (Laaveg SJ, Ponseti IV, JBJS A, Vol 62-A, No 1, 1980)

1. Zufriedenheit (20 Punkte)

Ich bin

- | | |
|------------------------------------------------------|---------|
| a) sehr zufrieden mit dem Ergebnis | 20 Pkte |
| b) zufrieden mit dem Ergebnis | 16 Pkte |
| c) weder zufrieden noch unzufrieden mit dem Ergebnis | 12 Pkte |
| d) unzufrieden mit dem Ergebnis | 8 Pkte |
| e) sehr unzufrieden mit dem Ergebnis | 4 Pkte |

2. Funktion (20 Punkte)

Im täglichen Leben, mein Klumpfuß

- | | |
|-----------------------------------------------------------|---------|
| a) beeinträchtigt mich nicht in meinen Aktivitäten | 20 Pkte |
| b) begrenzt gelegentlich starke körperliche Anforderungen | 16 Pkte |
| c) begrenzt gewöhnlich starke körperliche Anforderungen | 12 Pkte |
| d) beeinträchtigt mich gelegentlich im täglichen Leben | 8 Pkte |
| e) beeinträchtigt mich beim Gehen | 4 Pkte |

3. Schmerz (30 Punkte)

Mein Klumpfuß

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| a) schmerzt nie | 30 Pkte |
| b) schmerzt gelegentlich in geringer Ausprägung bei starken körperlichen Anforderungen | 24 Pkte |
| c) schmerzt gewöhnlich nur nach starken körperlichen Anstrengungen | 18 Pkte |
| d) schmerzt gelegentlich im täglichen Leben | 12 Pkte |
| e) Schmerzt während des Gehens | 6 Pkte |

4. Fersenstellung im Stand (10 Punkte)

- | | |
|------------------------------------------------|---------|
| a) Varusstellung, oder diskrete Valgusstellung | 10 Pkte |
| b) 1-5° Varusstellung | 5 Pkte |
| c) 6-10° Varusstellung | 3 Pkte |
| d) mehr als 10° Varusstellung | 0 Pkte |

5. passive Bewegungsumfänge (10 Punkte)

- a) Dorsalextension
- b) Ferse varus-valgus
- c) Inversion-Eversion

1 Pkt pro 5° (max. 5 Pkte)
1 Pkt pro 10° (max. 3 Pkte)
1 Pkt pro 25° (max. 2 Pkte)

6. Gang (10 Punkte)

- a) normal
- b) Zehengang möglich
- c) Hackengang möglich
- d) Hinken
- e) kein Fersenkontakt
- f) unphysiologischer Zehenabdruck

6 Pkte
2 Pkte
2 Pkte
-2 Pkte
-2 Pkte
-2 Pkte

Anhang 6.1

kodierte Ergebnisse im klinischen Score nach McKay
(McKay DW, J Pediatr Orthop, Vol 3, No 2, 1983, 141-48)

Gruppe 1 (posteriores Release)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	gesamt	Bewert.
P02 li	0	0	0	0	0	0	0	-5	0	0	175	excellent
p13 re	0	0	0	0	0	0	0	-5	0	0	175	excellent
p15 li	-30	0	-10	0	0	0	-5	-5	-5	-15	110	poor
p26 li	-10	0	0	0	0	0	0	-5	0	0	165	good
p26 re	0	0	0	0	0	0	-5	0	0	0	175	excellent
p08 li	-20	0	0	-10	0	0	0	-5	0	0	145	fair
p10 re	0	0	0	0	-5	0	-10	-10	-10	-15	130	fair
p13 li	0	0	0	-5	0	0	-5	-5	0	0	165	good
p14 re	-10	0	-10	-10	0	0	-5	0	0	0	145	fair
p17 li	0	-10	0	0	0	0	0	-5	0	0	165	good
p19 li	-30	-20	-20	-10	0	0	-10	-10	-5	-15	60	failure
p27 re	0	0	0	0	0	0	0	-5	0	0	175	excellent
p30 li	-20	0	-10	0	-5	0	0	-5	-5	-15	120	poor
p31 re	-10	0	0	0	0	0	0	-5	0	0	165	good
p32 li	-30	0	0	-10	0	0	0	-5	0	0	135	fair
p34 re	-20	0	-10	0	0	0	-5	-5	0	-15	125	fair
p37 re	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	excellent

Anhang 6.2

kodierte Ergebnisse im klinischen Score nach McKay
(McKay DW, J Pediatr Orthop, Vol 3, No 2, 1983, 141-48)

Gruppe 2 (postero-mediales Release)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	gesamt	Bewert.
p03 re	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	excellent
p21 re	0	0	-10	0	0	0	0	0	0	0	170	good
p28 re	-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	good
p29 re	0	0	0	-10	0	0	0	-5	-5	-15	145	fair
p38 re	-20	0	0	-5	0	0	0	-5	-5	-15	145	fair
p05 li	-10	0	0	0	-5	0	0	0	0	0	165	good
p11 li	-30	0	0	0	-5	0	-10	-10	-10	-15	100	poor
p12 re	0	0	0	-5	0	0	0	-5	0	-15	155	fair
p18 li	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	good
p20 li	-10	0	-10	0	0	0	0	-5	0	0	155	fair
p23 li	-10	0	0	-10	0	0	0	0	0	0	160	good
p23 re	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	excellent
p29 li	-30	0	0	0	0	0	0	-5	-5	-15	125	fair
p35 li	-20	0	-10	-10	0	0	0	-5	0	0	135	fair
p35 re	-30	-20	-10	-10	0	0	0	-5	0	0	105	poor
p40 li	-30	0	-20	-10	-5	0	-5	-5	0	0	105	poor
p01 li	-30	-10	0	-10	0	0	0	0	0	-15	115	poor
p09 li	0	-10	0	0	-5	0	0	0	0	0	165	good
p09 re	0	0	0	0	-5	0	0	0	0	0	175	excellent
p36 li	-10	0	0	0	0	0	0	-5	0	0	165	good
p36 re	-10	0	0	0	0	0	0	-5	0	0	165	good
p02 re	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	excellent
p04 li	-10	0	0	-15	0	0	0	0	0	0	155	fair
p04 re	-10	0	0	-10	0	0	0	0	0	0	160	good
p39 li	-30	0	0	-10	0	0	0	-5	0	0	135	fair
p39 re	-10	0	0	0	0	0	0	-5	0	0	165	good

Anhang 7.1

kodierte Ergebnisse im klinischen Score nach Laaveg und Ponseti
(Laaveg SJ, Ponseti IV, JBJS A, Vol 62-A, No 1, 1980)

Gruppe 1 (posteriores Release)

	1	2	3	4	5	6	gesamt	Bewertung
P02 li	20	20	24	10	5	8	87	good
p13 re	12	16	24	10	5	10	77	fair
p15 li	12	4	6	10	4	8	44	poor
p26 li	20	20	24	10	3	10	87	good
p26 re	20	20	24	10	4	10	88	good
p08 li	8	4	6	10	6	8	42	poor
p10 re	4	4	6	10	5	10	39	poor
p13 li	12	16	24	10	5	8	75	fair
p14 re	4	16	24	10	8	8	70	fair
p17 li	20	20	24	10	3	10	87	good
p19 li	4	4	6	10	7	8	39	poor
p27 re	20	16	18	10	6	10	80	good
p30 li	16	16	24	10	6	10	82	good
p31 re	20	16	18	10	3	10	77	fair
p32 li	12	12	24	10	4	8	70	fair
p34 re	12	4	6	10	5	8	45	poor
p37 re	20	20	30	10	5	10	95	excellent

Anhang 7.2

kodierte Ergebnisse im klinischen Score nach Laaveg und Ponseti
(Laaveg SJ, Ponseti IV, JBJS A, Vol 62-A, No 1, 1980)

Gruppe 2 (postero-mediales Release)

	1	2	3	4	5	6	gesamt	Bewertung
p03 re	20	20	30	10	3	8	91	excellent
p21 re	12	20	18	10	4	8	72	fair
p28 re	16	20	30	10	2	8	86	good
p29 re	12	16	24	5	2	8	67	poor
p38 re	16	20	18	10	3	8	75	fair
p05 li	20	20	30	10	6	10	96	excellent
p11 li	4	4	6	10	1	8	33	poor
p12 re	16	12	18	10	7	10	73	fair
p18 li	20	20	18	10	9	8	85	good
p20 li	16	16	18	10	9	10	79	fair
p23 li	20	20	30	5	4	6	85	good
p23 re	20	20	30	10	5	8	93	excellent
p29 li	12	16	24	10	4	8	74	fair
p35 li	16	12	24	5	4	10	71	fair
p35 re	16	12	24	5	3	8	68	poor
p40 li	12	16	12	5	4	6	55	poor
p01 li	12	12	18	10	3	8	63	poor
p09 li	16	20	30	10	6	8	90	excellent
p09 re	16	20	30	10	6	8	90	excellent
p36 li	16	20	18	10	6	10	80	good
p36 re	16	20	18	10	5	10	79	fair
p02 re	20	20	24	10	5	10	89	good
p04 li	16	16	30	10	6	10	88	good
p04 re	16	16	30	10	6	10	88	good
p39 li	20	16	24	5	4	8	77	fair
p39 re	20	16	24	10	4	10	84	good