

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. W. Winkelmann

**Die subtalare Arthrorise mit dem Kalix®-Implantat  
in der Therapie des symptomatischen kindlichen Pes planovalgus -  
Eine Vergleichsstudie mit der extraartikulären Arthrodeese  
nach Grice-Green**

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae  
der Medizinischen Fakultät  
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von Wrenger, Marco  
geb. Schnitzer  
aus Bottrop  
2006

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Westfälischen Wilhelms – Universität Münster

Dekan:

Prof. Dr. H. Jürgens

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. D. Rosenbaum

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. B. Drerup

Tag der mündlichen Prüfung:

22. 05. 2006

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. W. Winkelmann  
Referent: Prof. Dr. D. Rosenbaum  
Koreferent: Prof. Dr. B. Drerup

### **Zusammenfassung**

## **Die subtalare Arthrorise mit dem Kalix®-Implantat in der Therapie des symptomatischen kindlichen Pes planovalgus – Eine Vergleichsstudie mit der extraartikulären Arthrodeese nach Grice-Green**

von Wrenger, Marco

Die Arbeit befasst sich mit den Ergebnissen der Nachuntersuchung von 21 Fußoperationen bei kindlichem Pes planovalgus, die als Arthrorise durchgeführt wurden, und 21 Operationen, bei denen eine Arthrodeese nach Grice und Green angewendet wurde. Bei 73% der Kalix- und 72% der Grice-Green-Patienten lag eine ICP vor, in den übrigen Fällen war die Deformität idiopathisch oder Folge von Bänderlaxizität. 15 von 21 Füßen mit dem Kalix-Implantat und 14 von 21 Füßen mit Grice-Green-Arthrodeese konnten vollständig per Fragebogenauswertung, klinisch, radiologisch, podoskopisch und pedobarografisch nachuntersucht werden. Innerhalb der Grice-Green-Gruppe zeigte sich eine Zufriedenheit von 84%, in 75% der Fälle wurde die Operation als erfolgreich bewertet. In der Nachuntersuchung zeigten sich signifikante bis hoch signifikante Verbesserungen der untersuchten Parameter. Die geäußerten Beschwerden reduzierten sich von 91,7% auf 33,3%. Die Mobilität konnte gesteigert werden, der Hilfsmittelgebrauch wurde gesenkt. Häufigste Komplikation war radiologisch feststellbare Spanresorption in 20% der Fälle. Zwischen ICP- und nicht paralytischen Patienten war hinsichtlich des Erfolges kein entscheidender Unterschied festzustellen.

Nach 28,6% aller Kalix-Implantationen musste das Implantat entfernt werden, in 5 von 6 Fällen wegen Luxation, in einem Fall wegen anhaltender Schmerzsymptomatik. Bei allgemeiner Beschwerdereduzierung von 73,3% auf 33,3% stellten Schmerzen das häufigste geäußerte Problem dar, auch direkt postoperativ lag die Angabe von Schmerzen mit 29,3% über der Quote von 7,7% bei den Grice-Green-Patienten. 30% der Kalix-Patienten klagten über Instabilitätsgefühle, der Hilfsmittelgebrauch lag höher als vor der Operation bei gering verbesserter Mobilität. Trotz mit der Grice-Green-Methode vergleichbar guter, signifikanter bis hoch signifikanter Verbesserung der objektiven Befunde erreichte die Arthrorise aufgrund der Komplikationen und Beschwerden nur in 36,9% der Fälle ein gutes oder sehr gutes Ergebnis bei insgesamt 73% Zufriedenheit der Patienten. Innerhalb des Kollektivs schnitten die ICP-Patienten bei der Arthrorise schlechter ab als die idiopathischen und nicht paralytischen Patienten.

Wir empfehlen den Einsatz der subtalaren Arthrorise als weniger invasives Verfahren für idiopathische und nicht paralytische symptomatische Pes planovalgi. Empfohlen wird allerdings ein Implantat mit nach bisherigem Kenntnisstand geringerer Luxationstendenz wie das Giannini-Implantat oder das MBA-Implantat nach Maxwell und Brancheau.

Bei durch ICP bedingten Fehlstellungen wird weiterhin der Einsatz der Methode nach Grice-Green empfohlen.

**Tag der mündlichen Prüfung: 22. 05. 2006**

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Grundlagen	2
1.1.1	Definition und Diagnose des kindlichen Pes planovalgus	2
1.1.2	Das biomechanische Konzept zur Entstehung des Pes planovalgus	3
1.1.3	Differentialdiagnose des abgeflachten Fußgewölbes	4
1.1.3.1	Der kongenitale Pes planovalgus	4
1.1.3.1.1	Pes planovalgus bei Bindegewebsstörungen	4
1.1.3.1.2	Pes planovalgus bei Knochendeformitäten	4
1.1.3.1.3	Pes planovalgus bei Chromosomenanomalien	5
1.1.3.2	Der erworbene Pes planovalgus	5
1.1.3.2.1	Der neurogen bedingte Pes planovalgus	5
1.1.3.2.2	Andere Ursachen	6
1.1.4	Indikationen zur Therapie beim kindlichen Pes planovalgus	6
1.1.5	Historie der untersuchten Operationsverfahren	8
1.1.5.1	Die extraartikuläre Arthrorese nach Grice und Green	8
1.1.5.1.1	Rückblick	8
1.1.5.1.2	Die Methode nach Grice und Green	8
1.1.5.1.3	Indikationen und Kontraindikationen	11
1.1.5.2	Die subtalare Arthrorise	12
1.1.5.2.1	Rückblick	12
1.1.5.2.2	Die unterschiedlichen Verfahren	12
1.1.5.3	Die Arthrorise mit dem Kalix-Implantat	17
1.1.5.4	Indikationen und Kontraindikationen	19

2	Material und Methoden	21
2.1	Operierte Patienten	21
2.1.1	Grunderkrankung	22
2.1.2	Nebendiagnosen	24
2.1.3	Begleitende Weichteiloperationen	24
2.1.4	Alter bei Operation	25
2.1.5	Nachuntersuchte Patienten	25
2.2	Methoden	26
2.2.1	Patientenakten	27
2.2.2	Fragebogen	27
2.2.3	Klinische Untersuchung	27
2.2.4	Podoskopische Untersuchung	28
2.2.5	Pedobarografische Untersuchung	29
2.2.6	Radiologische Untersuchung	32
2.2.7	Bewertung	35
2.2.8	Subtalarer Stabilisationsscore (STSS)	36
2.2.9	Statistische Auswertung	38
3	Ergebnisse	39
3.1	Patientenakten	39
3.1.1	Ersttherapiebeginn und präoperative Therapiedauer	39
3.1.2	Operationsverlauf	39
3.2	Auswertung der Fragebögen	40
3.2.1	Postoperative Zufriedenheit	40
3.2.2	OP noch mal?	41
3.2.3	Beschwerden	42
3.2.4	Mobilität	43
3.2.5	Hilfsmittelgebrauch	45

3.3	Klinische Untersuchungsergebnisse	47
3.3.1	Deformitäten und Funktionsstörungen	47
3.3.2	Gangbild	48
3.3.3	Rückfußstellung	50
3.3.4	Vorfußstellung	51
3.3.5	Fußgewölbe	52
3.3.6	Klinische Fallbeispiele	55
3.4	Radiologische Untersuchung	59
3.4.1	Winkelverhältnisse	59
3.4.2	Radiologisch erkennbare Komplikationen	63
3.4.3	Radiologische Fallbeispiele	64
3.5	Pedobarografische Untersuchung	68
3.5.1	Pedobarografische Daten	68
3.5.2	Pedobarografische Fallbeispiele	72
3.6	Postoperatives Ergebnis	76
3.7	Auswertung des Subtalaren Stabilisationsscores (STSS)	78
3.8	Unterschiede im Operationserfolg nach zugrunde liegender Diagnose	80
4	Diskussion	82
5	Zusammenfassung	93
6	Literaturverzeichnis	99
	Danksagung	112
	Lebenslauf	123

## Abbildungsverzeichnis

Abb.1	Hautschnitt	11
Abb.2	Darstellung des Sinus tarsi	11
Abb.3	Spanbettpräparation	11
Abb.4	Spanpositionierung	12
Abb.5	Korrekte Position des Spans bei Kirschnerdrahtfixierung im Röntgenbild	12
Abb.6	Korrekte Spanposition in der Skizze (10)	12
Abb.7	Polyethylen STA-Peg (123)	15
Abb.8	Viladot-Implantat (142)	16
Abb.9	Valenti-Implantat (138)	17
Abb.10	Pisani-Implantat (99)	17
Abb.11	Giannini-Implantat (46)	18
Abb.12	Polyethylenimplantat nach Franchin et al. (40)	18
Abb.13	MBA-Implantat mit Führungsstab (33)	19
Abb.14	MBA-Implantat in vier Größen (33)	19
Abb.15	Kalix-Implantat	20
Abb.16	Inzision	20
Abb.17	Darstellung des Sinus	20
Abb.18	Einführen des Probeimplantats	20
Abb.19	Einbringen und Aufspreizen des Implantats	21
Abb.20	Korrekte Position des Implantats am Modell	21
Abb.21	Darstellung eines luxierten Implantats	21
Abb.22	Entfernen des luxierten Implantats	21
Abb.23	Operierte Patienten Kalix	23
Abb.24	Operierte Patienten Grice-Green	24
Abb.25	Grunderkrankungen Kalix-Patienten	25
Abb.26	Grunderkrankungen GG-Patienten	25
Abb.27	Einteilung der Podoskopergebnisse nach Tachdjian (132)	32
Abb.28	Messung des TC-Winkels nach Aronson (7)	37
Abb.29	Mobilität im prä-post-Vergleich bei Kalix-Patienten	50



Abb.30	Mobilität im prä-post-Vergleich bei GG-Patienten	51
Abb.31	Postoperative Deformitäten und Veränderungen im interoperativen Vergleich	54
Abb.32	Postoperative Funktionsstörungen im interoperativen Vergleich	54
Abb.33	Postoperatives Gangbild mit Schuhen im interoperativen Vergleich	55
Abb.34	Postoperatives Gangbild ohne Schuhe im interoperativen Vergleich	56
Abb.35	Rückfußstellung bei Kalix-Patienten im prä-post-Vergleich	57
Abb.36	Rückfußstellung bei GG-Patienten im prä-post-Vergleich	58
Abb.37	Fußgewölbe bei Kalix-Patienten im prä-post-Vergleich	60
Abb.38	Fußgewölbe bei GG-Patienten im prä-post-Vergleich	61
Abb.39	Radiologische Daten der Kalix-Patienten im prä-post-Vergleich	68
Abb.40	Radiologische Daten der GG-Patienten im prä-post-Vergleich	69
Abb.41	Postoperatives Ergebnis im interoperativen Vergleich	85
Abb.42	STSS bei Kalix-Patienten im prä-post-Vergleich	86
Abb.43	STSS bei GG-Patienten im prä-post-Vergleich	87

## Tabellenverzeichnis

Tab.1	Nebendiagnosen	24
Tab.2	Bewertungskriterien	35
Tab.3	STSS-Score	37
Tab.4	Hilfsmittelgebrauch (mod. nach 81)	46
Tab.5	Pedobarografische Daten	69
Tab.6	Unterschiede im Operationserfolg in der Kalix-Gruppe	80
Tab.7	Unterschiede im Operationserfolg in der GG-Gruppe	81
Tab.8	Gegenüberstellung	81

# 1 Einleitung

Eine Knickplattfußdeformität im Kleinkindalter ist häufig und wird nach aktuellem Kenntnisstand in den meisten Fällen als physiologisch angesehen. Aus diesem Grund ist man mit einer übereilten Therapie zurückhaltend. Insbesondere knöchernen Operationen sind wegen ihres Eingreifens in das skelettäre Wachstum sorgfältig abzuwägen. Dennoch gibt es Fälle, bei denen ein Knickplattfuß sich im Laufe der Kindesentwicklung nicht zurückbildet, symptomatisch wird und das Kind in seinen altersgemäßen Aktivitäten behindert. Ein solcher symptomatischer Pes planus kann idiopathisch entstehen, ist aber meist durch eine bestehende Grunderkrankung bedingt. In diesen Fällen muss eine Therapie eingeleitet werden, die sich zunächst auf konservative Maßnahmen beschränken sollte. Bei ausbleibendem Erfolg oder Verschlechterung der Symptome muss jedoch über ein operatives Vorgehen nachgedacht werden. Eines dieser knöchernen Verfahren stellt die subtalare Arthrodesen nach Grice und Green dar, die seit den 60er-Jahren am Universitätsklinikum in Münster durchgeführt wird, je nach neuromuskulärer Gesamtsituation des Patienten leicht abgewandelt durch begleitende Weichteileingriffe. Über Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen und Resultate dieses Verfahrens liegt in der Literatur umfangreiches Material vor.

Ein alternatives, weniger invasives, nicht funktionsbeeinträchtigendes und mit kürzerer Immobilisation verbundenes Verfahren stellt die Arthrorise mit einem Implantat im Sinus tarsi dar. Zahlreiche verschiedene Techniken mit unterschiedlichen Implantaten wurden im Laufe der letzten Jahre vorgestellt und diskutiert.

Neben der etablierten Methode nach Grice und Green wurden seit dem Jahr 2000 am Uniklinikum Münster auch Arthrorisen mit dem Kalix-Implantat der Firma Newdeal durchgeführt. Die vorliegende Studie untersucht zwei vergleichbare Patientenkollektive, von denen das eine eine Arthrodesen nach Grice-Green erhielt, das andere mit dem Kalix-Implantat versorgt wurde.

Es soll geklärt werden, ob die Ergebnisse im postoperativen Follow-up der Grice-Green-Gruppe mit denen in der Literatur konform gehen. Ebenso soll gezeigt werden, ob sich die Resultate der Kalix-Operation mit den Ergebnissen anderer Arthrorise-

Verfahren in der Literatur in Einklang bringen lassen. Komplikationen der Diagnostik, der Ergebnisevaluation und der Verfahren werden diskutiert. Im direkten Vergleich beider Kollektive soll die Frage geklärt werden, ob eines der beiden Verfahren dem anderen überlegen ist, entweder aufgrund besserer klinischer, radiologischer oder pedobarografischer Resultate oder aufgrund einer geringeren Komplikationsrate.

Ebenso soll die Frage beantwortet werden, ob es innerhalb eines jeden Kollektivs Unterschiede im Resultat bei verschiedenen Grunderkrankungen gibt und das jeweilige Verfahren nur bei bestimmten der Fußdeformität zugrunde liegenden Grunddiagnosen empfohlen werden kann.

## 1.1 Grundlagen

### 1.1.1 Definition und Diagnose des kindlichen Pes planovalgus

Ein fehlendes oder deutlich abgeflachtes Fußgewölbe beim Kind ist ein häufiger Grund für elterliche Sorgen. Ein dickes Fettpolster, nach seinem Erstbeschreiber auch Spitzzy-Fettpolster genannt, welches die wachsenden Knorpelanlagen gegen Überlastung und Schädigung schützt, täuscht bis ungefähr zum dritten Lebensjahr einen Plattfuß vor (111), 30% aller Kinder zeigen in den ersten Lebensjahren eine Calcaneovalgusdeformität (131). Da das abgeflachte Gewölbe in den meisten Fällen Teil der normalen körperlichen Entwicklung und ohne Krankheitswert ist, ist die elterliche Sorge zumeist unbegründet und eine orthopädische Korrekturbehandlung oder Einlagenverordnung auch nicht notwendig. Vielmehr ist dies sogar schädlich, da Einlagen die Ausbildung einer das Gewölbe ausbildenden kräftigen Muskulatur verhindern können (61). Die beste Behandlung besteht daher in den meisten Fällen darin, die Eltern davon zu überzeugen, dass keine weitere Behandlung notwendig ist (131). Eine normale Fußform bildet sich normalerweise bis zum fünften Lebensjahr aus (111).

Allerdings weisen auch im jugendlichen Alter noch bis zu 20% der Kinder, die als Dreijährige eine Plattfußsymptomatik hatten, weiterhin eine solche Deformität auf (62).

Während gemeinsames Merkmal aller Formen eines kindlichen Knick-Senk-Fußes die Verbreiterung der Belastungsfläche des Mittelfußes darstellt (61), definiert sich die Ausbildung eines therapiebedürftigen Pes planovalgus hingegen durch eine Calcaneus-eversion mit erheblicher Rückfußvalgisierung mit nur unzureichender Aufrichtung im Zehenstand (111), einem abgesunkenen Fußgewölbe, einer nachgewiesenen Subluxation des Talus im Talonaviculargelenk, seiner medialen Prominenz mit Clavusbildung sowie einer klinisch relevanten Vorfußabduktion. Kommt es zusätzlich zum spastischen Zug des Triceps surae, so erfährt der Pes planovalgus zudem noch eine Equinusdeformität. Anamnestisch klagen die Patienten über Gehunlust, Ermüdbarkeit und Schmerzen (111).

Zur besseren Objektivierbarkeit der Diagnose eines Pes planus werden heutzutage die klinischen Befunde zumeist mit radiologischen und pedobarografischen Daten (134) in Korrelation gesetzt. Des Weiteren wurden zahlreiche Tests zur Diagnostik vorgeschlagen (110).

### 1.1.2 Das biomechanische Konzept zur Entstehung des Pes planovalgus

Das biomechanische Konzept der Entstehung eines Pes planovalgus beruht auf der Form und der Bewegungsfunktion sowie der Achsneigung des Talus im unteren Sprunggelenk. Der Talus, an den selber keinerlei Sehnen inserieren, verteilt die Last auf die Gelenkflächen des Calcaneus. Bei statischer Belastung eines hypermobilen Plattfußes, muskulärer Imbalance oder Lähmung der Supinatoren mit spastischem Zug der Muskeln der Peronäusgruppe wird der Calcaneus in eine Equinusstellung gezogen. Hierbei rutscht er im anterioren Bereich nach lateral ab.

Os cuboideum, Os cuneiforme und Os naviculare sowie die Metatarsalia erfahren eine Abduktion unterschiedlichen Ausmaßes (135). Da der Talus in seiner Position nur von den angrenzenden Knochen abhängig ist, erfolgt hierbei eine schraubenförmige Abweichung des Taluskopfes nach medial und plantar.

Es kommt zur Subluxation zwischen Talus und Calcaneus (104). Durch die Druckbelastung wird das Pfannenband langfristig überdehnt. Durch einen Verschluss des Sinus tarsi kommt es zur Rückfuß-valgisierung und zur Vorfußabduktion. Sind diese Veränderungen anfangs noch flexibel, werden sie bei Ausbleiben einer Behandlung durch Kapselschrumpfung zunehmend rigide und kontrakt. Sekundärveränderungen können sich einstellen.

### 1.1.3 Differentialdiagnose des abgeflachten Fußgewölbes

#### 1.1.3.1 Der kongenitale Pes planovalgus

##### 1.1.3.1.1 Pes planovalgus bei Bindegewebsstörungen

Neben einem konstitutionellen Typ des Pes planovalgus, der bei Völkern des afrikanischen und südasiatischen Raumes auftritt (3,103), kann eine ligamentäre Laxizität bei Bindegewebserkrankungen für die Ausbildung der Fußdeformität verantwortlich sein. Das Ehlers-Danlos-Syndrom (67), das Marfan-Syndrom, Osteogenesis imperfecta, aber auch familiäre ligamentäre Laxizität sind mögliche Ursachen.

##### 1.1.3.1.2 Pes planovalgus bei Knochendeformitäten

1912 beschrieb von Henken das Phänomen des Talus verticalis, auch als „Tintenlöscherfuß“ bezeichnet, bei dem die Längsachse des Talus annähernd senkrecht zur Bodenlinie steht unter plantarer und medialer Subluxation des Taluskopfes. Im USG ist keine Bewegung mehr möglich. Einen kontrakten oder rigiden Plattfuß bewirkt die Coalitio talocalcanearis, die mit 8-10 Jahren (61) nach Ossifizierung der Synostose zwischen Sprung- und Fersenbein manifest wird. Auch eine Hypoplasie des Sustentaculum tali oder ein akzessorisches Os naviculare (118) können eine Plattfußdeformität bewirken.

### 1.1.3.1.3 Pes planovalgus bei Chromosomenanomalien

Im Rahmen einer Trisomie 21 kann es durch die Gelenkhyperflexibilität und fehlende Gewölbeausbildung zu einer Pes planovalgus - Symptomatik kommen. Fußdeformitäten bei Trisomie 18 oder Klinefelter-Syndrom sind erheblich seltener.

### 1.1.3.2 Der erworbene Pes planovalgus

#### 1.1.3.2.1 Der neurogen bedingte Pes planovalgus

1-2% aller Neugeborenen sind von der infantilen Cerebralparese (ICP) betroffen. Bei dieser kommt es durch prä-, peri- oder postnatale Störungen wie Sauerstoffmangel, Asphyxie und intrazerebrale Blutungen zu einer Schädigung der oberen Motoneurone. Hierdurch entstehen eine Spastik, Muskelrigidität, Kloni, synchrone Muskelaktivitäten und positive Pyramidenbahnzeichen. Hinzu kommen ein Verlust der Tiefensensibilität, Bewegungsverlangsamung und motorische Entwicklungsverzögerung (115). Das aus diesem Störungsbild resultierende muskuläre Ungleichgewicht bewirkt erhebliche Einschränkungen der Willkürmotorik sowie durch die Muskelspastik bedingte skelettäre Fehlstellungen, die auf lange Sicht zu Störungen im Skelettwachstum führen können. Die konservativ-orthopädische, teils auch operative Therapie ist stets in ein umfangreiches krankengymnastisches und medikamentöses Behandlungskonzept integriert (109). Der Plattfuß im Rahmen einer ICP entsteht aufgrund von Muskelspasmen und ist flexibel (107). Die Spastik betrifft zumeist die Mm. Peronei longus et brevis, oftmals besteht eine Tibialis-anterior-Sehnenfehlfunktion und eine Tibialis-posterior-Sehnendehnung. Das Wachstum spastischer Muskeln bleibt durch den fehlenden Dehnungswachstumsreiz hinter dem Skelettwachstum zurück. Die Abrollphase aus Fersenabrollung, Sprunggelenksabrollung und Vorfußabwicklung ist erheblich gestört (34).

Auch Ausfälle einzelner Muskelgruppen im Rahmen einer Spina bifida, einer Syringomyelie oder, heute selten, einer Poliomyelitis können Fußdeformitäten zur Folge haben.

### 1.1.3.2.2 Andere Ursachen

Weitere mögliche Ursachen einer Pes planovalgus - Deformität können Erkrankungen des peripheren Nervensystems oder der Muskulatur darstellen, arthritischen Ursprungs oder posttraumatisch bedingt sein.

### 1.1.4 Indikationen zur Therapie beim kindlichen Pes planovalgus

Wie bereits oben angeführt stellt der physiologische kindliche Knickplattfuß keine Behandlungsindikation dar. Auch bei Kindern, bei denen sich ab dem 3. Lebensjahr in der Pedobarografie keine mediale Gewölbeausbuchtung feststellen lässt und die einen flexiblen Plattfuß aufweisen, ist keine Behandlungsindikation gegeben (131).

Sollte die Gewichtsbelastung am medialen Fußrand die der lateralen überwiegen unter gleichzeitiger Hyperpronation des Fußes (61), negativem „toe-rising-test“ (90), fehlender Korrektur des Rückfußvalgus im Zehenstand (133) mit einem Rückfußvalgus  $>20^\circ$  (68) und palpablem Talus am medialen Fußrand mit Beschwielung desselben (90), so ist Behandlungsnotwendigkeit anzunehmen (2, 24).

Die Symptomatik, die die jungen Patienten zum Arzt führt, ist in den meisten Fällen milde. Schmerzen imponieren selten, meist stehen frühe Ermüdbarkeit, Muskelverkrampfungen und starke Abnutzung des Schuhwerks im Vordergrund (28, 33).

In schweren Fällen kann die bestehende Fußdeformität aber auch zu erheblichen Einschränkungen der Mobilität bis hin zur Gehunfähigkeit führen, zum Teil erlernen die Kinder das Laufen erst gar nicht. In solchen Fällen sind auch Schmerzen, besonders im Gewölbe und an der Fußaußenkante (66) als Symptome keine Seltenheit.

Bei gegebener Behandlungsindikation sind primär konservative Therapiemaßnahmen mittels Physiotherapie, Verordnung von Innenschuhen, Schienen und Nachtschienen, Schalen, Einlagen, Orthesen, orthopädischen Schuhen oder Gipsredression indiziert.

Im Falle eines ausbleibenden Erfolges einer konservativen Therapie, bei persistierenden oder neu auftretenden Schmerzen, früher Ermüdung, einer orthetisch nicht kontrollierbaren Instabilität, beim Auftreten von Druckstellen und Ulcera, beginnenden



Sekundärdeformitäten und antizipierbaren oder bereits nachweisbaren degenerativen Veränderungen ist jedoch ein operatives Vorgehen in Erwägung zu ziehen (90). Nach Viladot ist diese Situation in 1,6 % aller Fälle eines Pes planus gegeben (143).

Hierbei ist die Einflussnahme auf die im Wachstum befindlichen Knochen stets zu berücksichtigen.

Im Falle eines spastisch bedingten Pes planus ist unter Berücksichtigung der Gesamtsymptomatik des Patienten und unter Analyse der Auswirkungen des fehllaufenden Muskelzugs (10) ein primär chirurgisches Vorgehen in Erwägung ziehen, welches neben Weichteilverfahren wie einer Achillessehnenverlängerung auch knöchernen Eingriffe beinhaltet, um frühzeitig einer Fixierung der Fehlstellung entgegenzuwirken (50). Mit einer chirurgischen Intervention kann nur dann gewartet werden, wenn natürlicher Fortschritt erkennbar ist (42).

Eine Operation muss in diesem Fall eine Wiederherstellung des Muskelgleichgewichts, eine Korrektur der Gelenkausrichtung und eine Normalisierung der Knochenstellung gemäß der Kraftbelastung garantieren (10). Neben knöchernen Verfahren wie Arthrodesen und Arthrorise ist zum Erreichen dieser Ziele der Einsatz von Sehnentransfers oder Sehnenverlängerung nach Analyse des Muskelzuges notwendig, wobei ein etabliertes Verfahren wie die Arthrodesen das Outcome bei Sehnentransfers verbessert, nicht umgekehrt (136).

Wie im Abschnitt zur Biomechanik des Plattfußes erwähnt wurde, spielt die Talusbewegung eine entscheidende Rolle bei der Entstehung des Pes planovalgus. Dessen Rotationsbewegung kann durch Einbringen eines Knochenspans (Arthrodesen) oder eines Bioimplantats (Arthrorise) in den Sinus tarsi limitiert werden. Das Abgleiten in eine extreme Hyperpronationsstellung kann damit verhindert werden. Dadurch kann der Rückfuß aufgerichtet, die Mittelfußstabilität erhöht und das Fußgewölbe etabliert werden. Zwei solche Verfahren, die Operation nach Grice-Green und die Arthrorise mit dem Kalix-Implantat, wurden im Rahmen dieser Studie vergleichend untersucht.

## 1.1.5 Historie der untersuchten Operationsverfahren

### 1.1.5.1 Die extraartikuläre Arthrodesen nach Grice und Green

#### 1.1.5.1.1 Rückblick

Der Begriff der Arthrodesen geht zurück auf E. Albert, der 1879 über die Durchführung einer Kniegelenksarthrodesen berichtete (4). Man versteht hierunter eine Gelenkversteifung unter Verlust der Gelenkfunktion zur Beseitigung von Fehlstellungen und Schmerzen.

Die erste subtalare intraartikuläre Arthrodesen wurde 1905 von Nieny (95) durchgeführt. Weiterentwicklungen stellen die Triple-Arthrodesen und die talotarsale Arthrodesen dar, als letzte Handlungsalternative bei schwersten symptomatischen Deformitäten.

Nachteil dieser frühen Verfahren war die massive Beeinflussung des Knochenwachstums durch nahezu vollständige Entknorpelung der Gelenkflächen und Zerstörung zuführender Blutgefäße. Die Einsetzbarkeit dieser Verfahren im Kindesalter war damit fragwürdig, eine Therapie häufig erst nach Einsetzen von Sekundärveränderungen möglich. Eine extraartikuläre Arthrodesen ohne Resektion von Gelenkknorpel wurde erstmalig 1907 von Lexer durchgeführt. Von Baeyer (9) und Haberler (56) griffen die Idee auf, indem sie einen Knochenkeil von lateral in den Sinus tarsi einsetzten.

Ähnliche Verfahren nutzten Gallie (43) und Chambers (27), konnten damit jedoch keine Stellungskorrektur des Talus erreichen.

#### 1.1.5.1.2 Die Methode nach Grice und Green

Zwischen 1945 und 1950 entwickelte William T. Green eine neue Methode der extraartikulären Arthrodesen, die von Grice weiterentwickelt und angewendet wurde.

Das in unserer Klinik verwendete Verfahren orientiert sich eng an dem von Grice beschriebenen. Ausgehend von der palpablen Prominenz des Taluskopfes wird über dem Sinus tarsi zum Tuber peronealis des Calcaneus ein fünf bis sechs Zentimeter

langer, nach unten gebogener Hautschnitt gesetzt, um Zugang zum Subtalargelenk zu erhalten.

Abb.1: Hautschnitt



Subkutanes Fettgewebe und Fascia cruris werden durchtrennt, die Peronealsehnen und der N.suralis retrahiert. Der M.extensor digitorum brevis wird gelöst und mobilisiert. Der Fettkörper des Sinus tarsi wird entfernt und dargestellt. Die Gelenkkapseln werden hierbei nicht inzidiert.

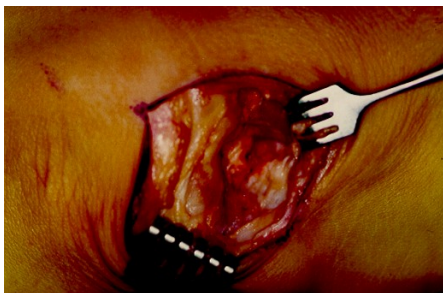
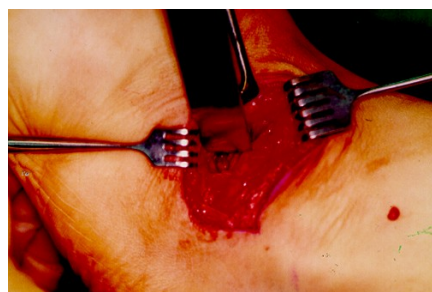


Abb.2: Darstellung des Sinus tarsi

Größe und Position des einzubringenden Knochenspanns werden mit einem Osteotom ermittelt. Eine dünne Schicht der Kortikalis von Talus und Calcaneus wird zur Bereitung des Spanbettes entfernt.

Abb.3: Spanbettpräparation



Ein 3,5-4,5 cm langer und 1 cm dicker Knochenspan aus Tibia, Fibula, Beckenkamm oder aus Fremdmaterial wird entnommen, wobei nach heutigem Kenntnisstand Eigenmaterial aus der Fibula die wenigsten Komplikationen zeigt (30,37,65,76). Die Implantation erfolgt in Equinus- und Inversionsstellung des Fußes in einem Winkel von 55-75° zur talocalcanearen Gelenkachse.

In der Literatur ist auch die Verwendung von zwei Knochenspänen beschrieben (52, 98), es wurde aber hierbei die Gefahr des Spanverrutschens beobachtet (97,136).

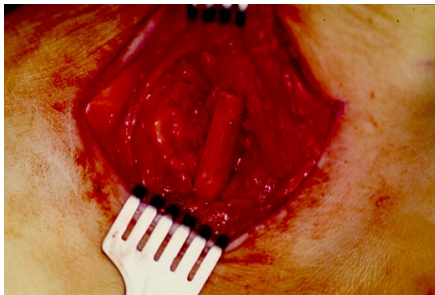


Abb.4: Spanpositionierung

Nach eventueller Kirschnerdrahtfixierung, Röntgenkontrolle und Einlage einer Redondrainage wird die Wunde verschlossen.

Abb.5: Korrekte Position des Spans bei Kirschnerdrahtfixierung im Röntgenbild



Abb.6: Korrekte Spanposition in der Skizze (10)

Zur Korrektur muskulärer Imbalance und Sehnenverkürzungen können begleitende Weichteiloperationen vor der eigentlichen Arthrodeese durchgeführt werden. Hierzu gehören Achillessehnenverlängerungen und Ansatzverlagerungen der antagonistischen Muskulatur.

Postoperativ erfolgt für ca. 6 Wochen die Anlage eines Oberschenkelgipses, für weitere 4-6 Wochen die Anlage eines Unterschenkelgehgipses bei Verwendung eines Tibiaspans. Bei Fibulaspanentnahme kann kürzere Gipstragezeit toleriert werden. Vollbelastung wird nach radiologisch bewiesener Späneinheilung gestattet. Es werden in der Literatur aber auch Immobilisationsphasen von bis zu 17 Wochen beschrieben (65). Grice selber ging von Spaninkorporation und Belastungsfähigkeit nach 8-10 Wochen aus (52). Orthopädische Hilfen am Schuhwerk sollten nach Gehbeginn genutzt werden.

#### 1.1.5.1.3 Indikationen und Kontraindikationen

Ausgearbeitet wurde das Verfahren der Grice-Green Arthrodeese zur Therapie polio-myelitisch bedingter Pes planovalgi, durch den Rückgang der Poliofälle erweiterte sich jedoch der Anwendungsbereich auf andere paralytisch und nicht-paralytisch bedingte Deformitäten sowie auf traumatische subtalare Gelenkverletzungen. Der Indikationsbereich erstreckt sich mittlerweile zusätzlich auf Pes planovalgus bei ICP, Spina bifida, Muskelhypotonie, ligamentärer Laxizität, chromosomaler Abberation und Knochenanomalien sowie den idiopathischen Pes planovalgus (86).

Kontraindikationen stellen rigide Deformitäten dar, die zusätzlich eine nicht korrigierbare Equinusstellung oder einen OSG-Valgus aufweisen (97) oder bereits degenerative Veränderungen zeigen. Des Weiteren ist ein Alter des Patienten unter 2 Jahren ein Ausschlusskriterium. Grice selber empfahl ein Alter von 4-12 Jahren, aber auch im höheren Alter ist die Operation durchführbar (86).

## 1.1.5.2 Die subtalare Arthrorise

### 1.1.5.2.1 Rückblick

Das Konzept der Arthrorise (im englischen Sprachgebrauch auch *arthroerisis* oder *arthroereisis*) besteht im Einbringen eines Implantats in den Sinus tarsi, um die abnormale Talusbeweglichkeit in Richtung einer Valgusdeformität des Rückfußes zu blockieren, ohne die Funktion des Gelenks an sich zu beeinträchtigen oder aufzuheben. Somit zielt dieses Verfahren direkt auf die Ursache der Deformität, nämlich die peritalare Subluxation (33). Abnormale anteriore Abweichung des Talus wird ebenso verhindert wie Eversion des Calcaneus (146). Das Os cuboideum repositioniert sich und erlaubt eine verbesserte Funktion der Peroneus longus-Sehne. Die Abduktion des Vorfußes wird reduziert (33).

Der Begriff der Arthrorise wurde 1922 von Putti geprägt. Er verwendete zur Beseitigung einer Hackenfußfehlstellung einen Knochenkeil, den er unter den Taluskopf setzte, um die Trochlea tali anzuheben. Zuvor hatten 1912 von Wollenberg und 1920 Toupet Techniken der Bewegungslimitierung durch Knochenblock und Knochenstifte angewendet. Lund (84) nutzte als erster das Konzept zur Therapie des flexiblen Pes planovalgus. LeLievre (80) veröffentlichte die erste größere Serie von Operationen mit diesem Verfahren. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden Knochenspäne oder -keile zur Verblockung eingesetzt. In modernen Verfahren steht der Einsatz von Implantaten im Vordergrund.

### 1.1.5.2.2 Die unterschiedlichen Verfahren

1974 beschrieb Subotnick (130) ein Verfahren der Arthrorise, bei dem er ein Silikonimplantat in den Sinus tarsi einbrachte. Dieses sollte die Gelenkbeweglichkeit auf neutrale bzw. Varusstellung hin limitieren. Subotnick entwickelte dieses Verfahren als Alternative zur Grice-Green-Operation. Lanham (78) variierte das Implantat, indem er ein Großzehenhemiimplantat modifizierte. Er hatte jedoch Probleme mit Implantatluxation unter Gewichtsbelastung, so dass Smith und Rappaport (123) seine Technik

dahingehend modifizierten, dass sie das Implantat mit Hilfe eines nicht resorbierbaren Fadens subkutan oberhalb des Deltabandes fixierten. Auch Addante (1) und Mamas (87) verwendeten Implantate zur Arthrorise, die ursprünglich zu anderen Zwecken entwickelt worden waren.

1976 entwarf Smith ein neuartiges Implantat speziell für die subtalare Arthrorise, das aus Polyethylen bestehende STA-Peg (125).

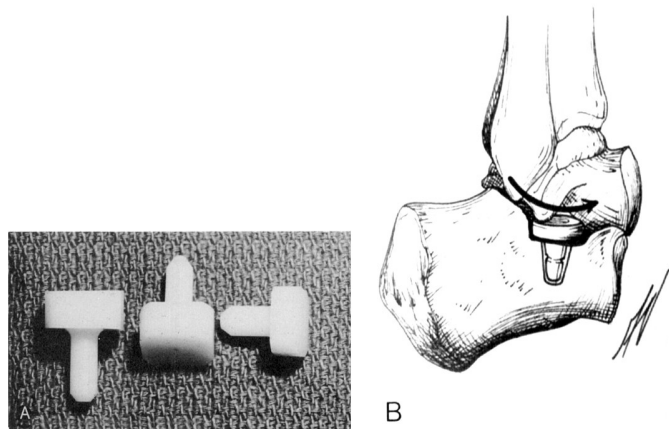


Abb. 7: Polyethylen STA-Peg (125)

Das Implantat wird derart in den Sinus tarsi eingebracht, dass der schmale Anteil in den Calcaneus hineinreicht, während das breite Ende unterhalb des lateralen Fortsatzes des Talus vor der posterioren Gelenkfläche zu liegen kommt. Das Implantat wird mit Polymethylmetacrylat einzementiert. Wenn nun der Talus im Rahmen einer Pronationsbewegung nach vorne gleitet, so schiebt er sich auf die obere Kontaktfläche des Implantats. Die Talusbewegung erfolgt nun nicht mehr über die pathologisch zu tief angesetzte subtalare Gelenkachse, sondern die Achse wird angehoben und eine Eversion im subtalaren Gelenk wird reduziert. Die Operation wird ab einem Alter von drei Jahren empfohlen (125), Smith schlägt eine Implantatentfernung im Alter von 18-22 Jahren vor (126). Das Implantat wurde von Lundeen (85) zusätzlich mit einer Erhebung an der vorderen Kante versehen, um den blockierenden Effekt zu steigern. Die so genannte Flake-Austin Modifikation dieser Technik (38) erlaubt eine zusätzliche Blockade der Führungswand des lateralen Talus.

Obwohl Smith das Verfahren als Ersatzeingriff in Bezug auf die Grice-Green-Operation im Kindesalter ansah und die Operation selber höhere Anforderungen stellte als die bisherigen Verfahren, wurde es weitreichend angewendet.

1975 entwickelte Viladot ein Implantat, welches als „Regenschirm“ oder „Weinkelch“ beschrieben wurde (142). Dieses Kunststoffimplantat wird längs in den Sinus tarsi zwischen lateralem Taluskörper und Boden des Sinus tarsi eingebracht, so dass die Basis hinter dem Sustentaculum herausragt. Das Implantat soll sich dadurch selbst fixieren und über das breite Ende den Abstand zwischen Talus und Calcaneus garantieren. Die Bewegungsachse wird nicht verändert, die Bewegung selber geblockt und zugunsten der Inversion beeinflusst. Die Indikation stellt sich im Kindes- und Jugendalter.

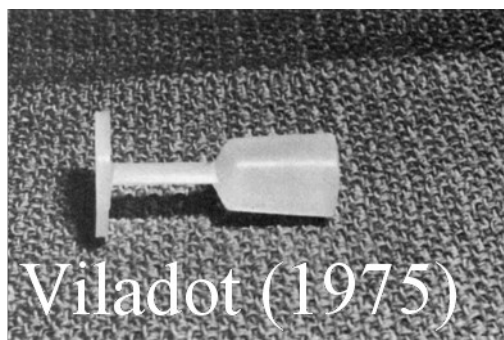
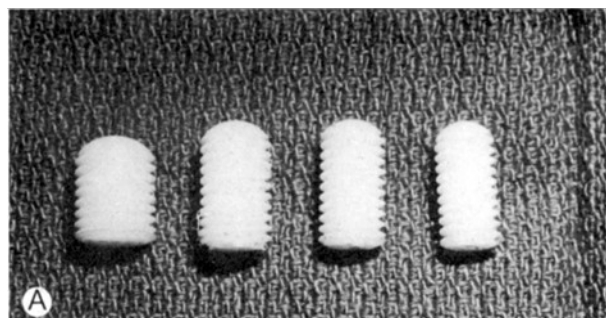


Abb.8: Viladot-Implantat (142)

Ein ähnliches Wirkprinzip verwendete Valenti (138). Sein Polyethylen-Implantat war schraubenartig konzipiert, so dass es in den Sinus eingeschraubt werden konnte.

Abb.9: Valenti-Implantat  
(138)



Pisani entwickelte eine Schraube mit einer Silikonhaube (99), die er dergestalt vor das subtalare Gelenk implantierte, dass der Talus bei der Pronationsbewegung in Kontakt mit dem Implantat geriet. Die anatomischen Verhältnisse im Gelenk wurden so wiederhergestellt.





Abb.10: Pisani-Implantat (99)

Vergleichbar ist der Effekt, den Sgarlato (122) mit einem selbst konzipierten pilzförmigen, mit Dacron verstärkten Silikonimplantat erzielte. Ähnlich wie das STA-Peg wurde der Schaft in den Calcaneus versenkt, der Kopf blockierte die Bewegung im Subtalargelenk ähnlich wie das Pisani-Implantat.

Giannini (46) entwickelte ein expandierbares Implantat, bestehend aus einem Teflonzylinder, der aus vier verlängerbaren Einheiten besteht. Nach Einbringen des Implantats in den Sinus tarsi wird eine Schraube in den Zylinder eingeführt, wobei das Implantat sich erweitert und den Sinus verblockt. Da das Implantat nach einem Jahr entfernt werden musste, fertigte Giannini später das Implantat aus bioresorbierbarem Material, bei dem die Notwendigkeit der späteren Entfernung entfällt (48). Giannini wies eine vollständige Resorption des Implantats nach vier Jahren nach ohne Anzeichen von knöchernen Veränderungen oder Sinusfehlbildungen (48). Giannini kombinierte die Arthrorise mit einer Achillessehnenverlängerung, wenn Dorsalflexion unter  $10^\circ$  möglich war (48).

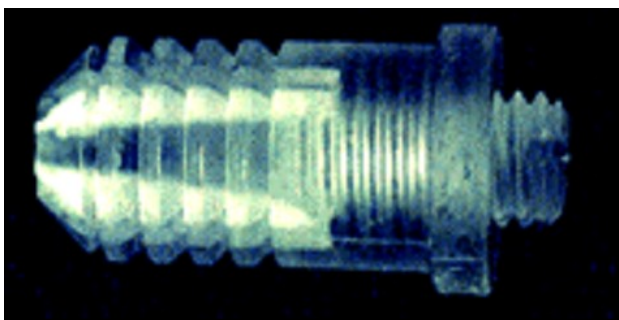


Abb.11: Giannini-  
Implantat  
(46)

Ein vergleichbares Implantat wurde auch von Guzmán Robles und Peláez Serrano verwendet (55), ebenso von Franchin et al. beim spastischen Pes planus (40).

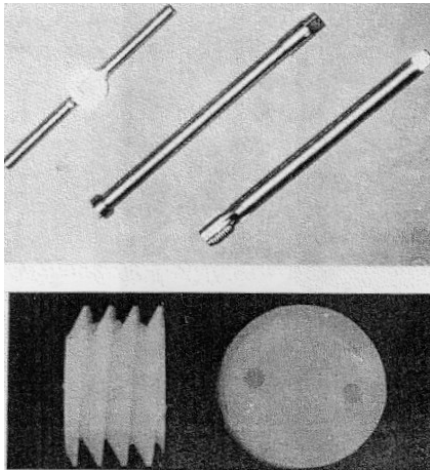


Abb.12: Polyethylenimplantat nach Franchin et al. (40)

Erfahrungen mit dem Valenti-Implantat führten Maxwell und Brancheau zur Entwicklung des so genannten MBA-Implantats (19, 88, 89). Dieses 15 mm lange Implantat ist wie das Valenti-Implantat schraubenförmig, besteht aus Titan und besitzt einen Kanal für einen Führungsstab. Des Weiteren sind die Implantate geschlitzt, um Druck- und Stoßbelastungen zu absorbieren sowie als Ansatzstellen für einwachsendes Weichteilgewebe zu dienen. Es liegen Implantate in vier Größen vor. Die Technik der Implantation wird als einfach durchführbar beschrieben, das Instrumentarium ist übersichtlich. Der Eingriff ist klein, die Prozedur reversibel. Das röntgendichte Titanmaterial birgt nicht die Gefahr der Abnutzung wie Polyethylen oder Silikon. Wegen der vollständig extraartikulären Lage ist keine Knochenmanipulation wie das Bohren von Löchern oder die Benutzung von Zement nötig. Die Platzierung erfolgt über einen Führungsstab, das Design des Implantats soll einer Luxation entgegenwirken. Das Implantat kann unter Lokalanästhesie entfernt werden (33).

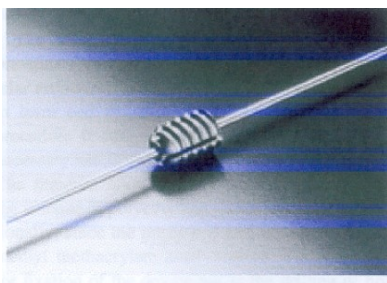


Abb13.: MBA-Implantat mit Führungsstab (33)



Abb.14: MBA-Implantat in vier Größen (33)

### 1.1.5.2.3 Die Arthrorise mit dem Kalix-Implantat

Ausgehend von den bis dahin gewonnenen Erkenntnissen entwickelte die Firma Newdeal 1997 das Kalix-Implantat. Wie das Giannini-Implantat besteht es aus einem ermüdungssicheren Titangehäuse, dem jedoch ein Polyethylenmantel aufgelagert ist. Das Implantat ist zur Anpassung an den Sinus tarsi konisch geformt, das Titangehäuse expandierbar und mit Dehnungsschlitz versehen. Der Polyethylenmantel ist schraubenförmig gestaltet, um einer Luxation vorzubeugen und einer fibrösen Ummantelung Vorschub zu leisten. Das Implantat liegt in sechs Größen vor.



o Vi  
ID  
H

Abb.15: Kalix-Implantat



Im Rahmen der Operation wird ein 1 cm langer Hautschnitt über dem Sinus tarsi angelegt, dieser wird dargestellt.



Abb.16: Inzision



Abb.17: Darstellung des Sinus

Das Dübellaager wird angefrischt und vorbereitet. Mit Hilfe eines Repositionsinstruments wird der Talus reponiert. Mit einem Probeimplantat, welches die erreichte Reposition übernehmen muss, wird die gewünschte Implantatgröße ausgewählt.

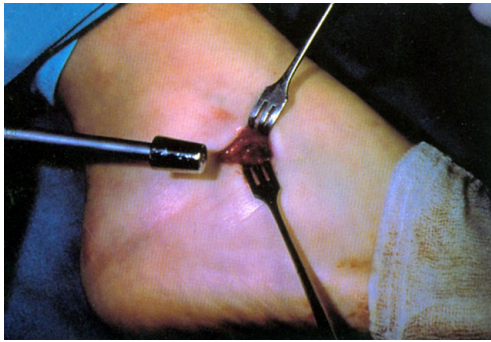


Abb.18: Einführen des Probe-  
implantats

Das Implantat wird in den Sinus eingebracht, mit einem Schraubwerkzeug aufgespreizt und damit in seiner Position fixiert. Anschließend erfolgt der Wundverschluss.

Abb.19: Einbringen und Auf-  
spreizen des Implantats

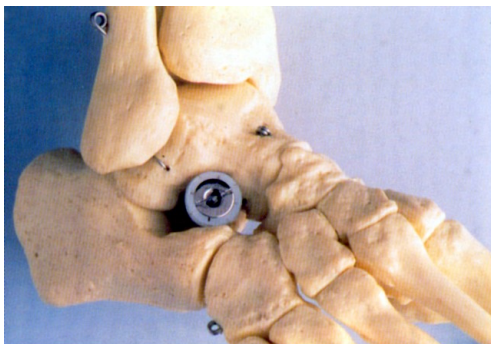


Abb.20: Korrekte Position des  
Implantats am Modell

Aufgrund der hohen Biokompatibilität ist eine spätere Entfernung des Implantats nicht zwingend. Dennoch ist eine Replantation jederzeit möglich, wenn dies nötig werden sollte.



Abb.21: Darstellung eines luxierten Implantats



Abb.22: Entfernen des luxierten Implantats

Postoperativ wird ein Oberschenkelgips für 6 Wochen verordnet. Danach ist Vollbelastung erwünscht. Eventuell kann auch eine dreiwöchige Gipsliedauer mit anschließender dreiwöchiger Gehgipstragezeit ermöglicht werden.

#### 1.1.5.2.4 Indikationen und Kontraindikationen

Von Seiten des Herstellers kann das Kalix-Implantat zur Behandlung des Pes planus beim Kind und beim Erwachsenen eingesetzt werden. In Frage kommen nach Angaben des Herstellers kongenitaler Pes planus, tarsale Koalition, posteriore tibiale Dysfunktion (144), paralytischer Pes planus und subtalare Instabilität.

Insgesamt kann man von einem vergleichbaren Indikationsspektrum ausgehen wie bei den übrigen operativen Korrekturverfahren. Die Arthrorise stellt eine weniger invasive und reversible Alternative zu den gelenkversteifenden Methoden dar.

Als Kontraindikationen sind nach bisheriger Erfahrung mit den oben angeführten Implantaten rigide Plattfußdeformitäten, strukturelle Vorfußvarusdeformitäten, degenerative Gelenkerkrankungen, Arthritis, exzessive ligamentäre Laxizität, subtalare Gelenkinfektionen oder Tumorleiden anzusehen. Beim vertikalen Talus ist eine Arthrorise nicht Erfolg versprechend, da sie eine Supinationsfehlstellung provozieren würde. Auch eine tarsale Koalition, die nach Resektion keine flexible Deformität erkennen lässt, ist von einer Arthrorise auszuschließen (33).

In diesen Fällen wird in der gängigen Literatur die Methode nach Grice-Green favorisiert.

Relative Kontraindikationen sind ein Alter des Patienten unter drei Jahren sowie komplexe Begleitdeformitäten der gesamten unteren Extremität. Hier ist das Behandlungskonzept vom klinischen Gesamtbild abhängig zu machen (33).



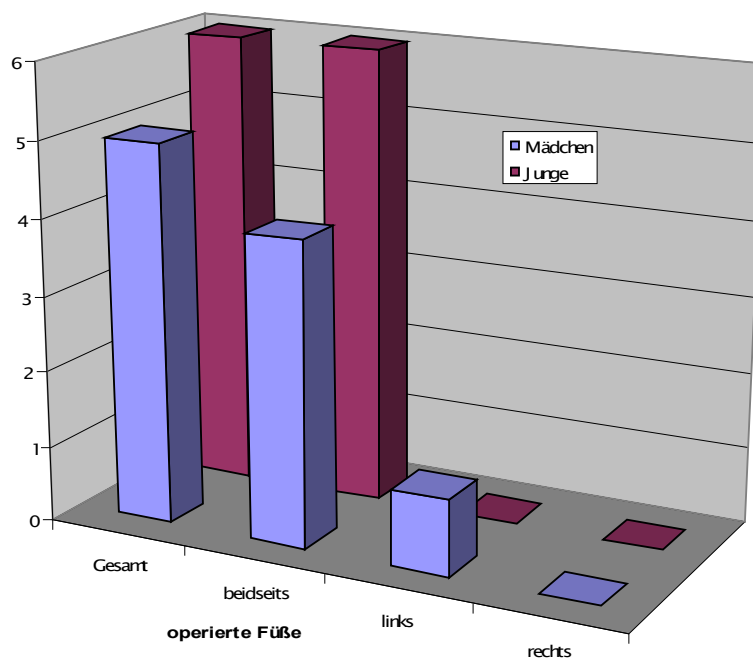
## 2 Material und Methoden

### 2.1 Operierte Patienten

In diese Untersuchung einbezogen wurden Kinder, die vom Zeitpunkt der erstmaligen Implantation eines Kalix-Implantats an der Universitätsklinik Münster im Juli 2000 einen operativen Eingriff zur Behandlung eines Pes planovalgus erhielten. Insgesamt wurden im Untersuchungszeitraum Juli 2000 bis April 2002 11 Kinder mit einem Kalix-Implantat versorgt, hiervon 5 Mädchen und 6 Jungen, in 10 Fällen beidseitig, in einem Fall nur linksseitig.

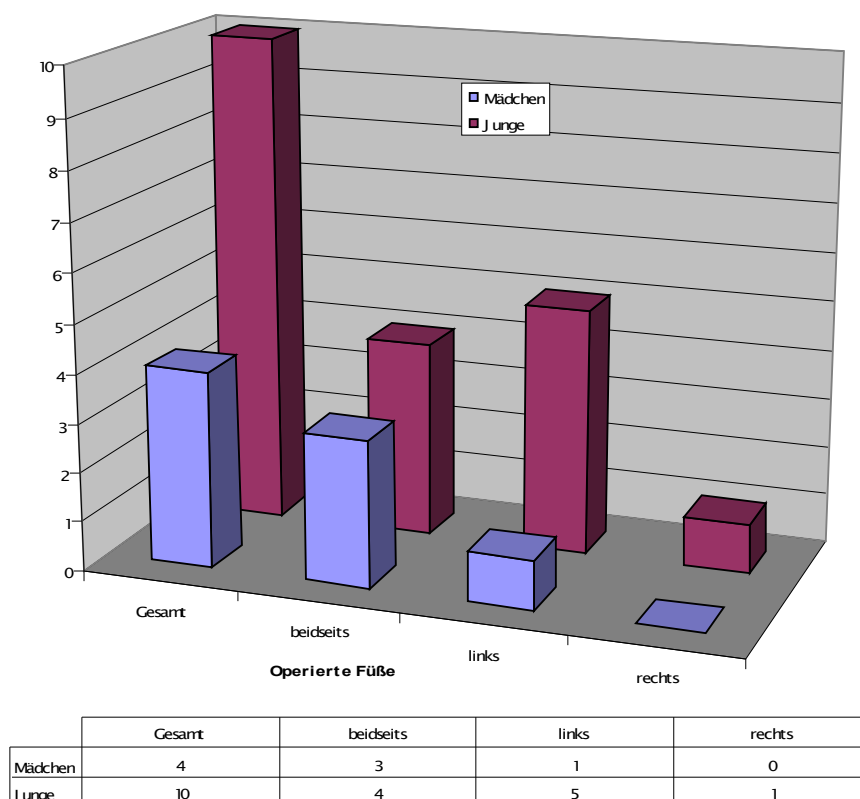
Weitere 14 Kinder erhielten eine Arthrodeese nach Grice-Green, 4 Mädchen und 10 Jungen, in insgesamt 7 Fällen beidseitig, in 6 Fällen linksseitig, in einem Fall rechtsseitig.

Abb. 23: Operierte Patienten Kalix



	Gesamt	beidseits	links	rechts
Mädchen	5	4	1	0
Junge	6	6	0	0

Abb. 24: Operierte Patienten Grice-Green



Eine Patientin der Kalix-Gruppe wurde nach Entfernung des Implantats wegen frühzeitiger Subluxation nachträglich mit der Arthrodeese nach Grice-Green versorgt und erscheint somit in beiden Untersuchungsgruppen.

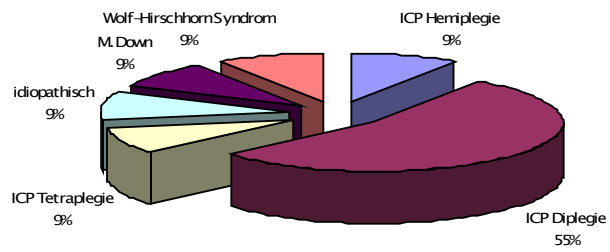
Aus den dargelegten Daten ergibt sich eine Gesamtanzahl von 42 operierten Füßen, hiervon 21, die mit einem Kalix-Implantat versorgt wurden, und 21, die nach der Methode nach Grice-Green operiert wurden.

### 2.1.1 Grunderkrankung

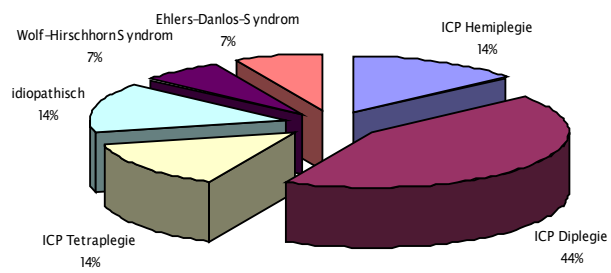
Die Infantile Cerebralparese stellte die häufigste Diagnose im untersuchten Patientengut dar. Von dieser Diagnose betroffen sind 73% der Kalix-Patienten (8 von 11) und 72% der Grice-Green-Patienten (10 von 14). Die Abbildungen zeigen die Verteilung innerhalb der beiden Patientengruppen.



**Abb. 25: Grunderkrankungen Kalix-Patienten**



**Abb. 26: Grunderkrankungen GG-Patienten**



## 2.1.2 Nebendiagnosen

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Nebendiagnosen innerhalb der Patientengruppe, in der eine ICP vorliegt. Dargestellt werden pathologische Veränderungen des aktiven und passiven Bewegungsapparates, die negativen Einfluss auf eine korrekte Fußstellung nehmen und teilweise als begleitende Weichteiloperationen mit korrigiert werden mussten bzw. nach erfolgter Operation konservativ therapiert wurden.

<b>KALIX®</b>	<b>Hüftdysp.</b>	<b>Skoliose</b>	<b>Kniebeugekon.</b>	<b>Add.hemmung</b>	<b>Hüftbeugekon.</b>	<b>Rumpfhypot.</b>
<b>Hemiplegie</b>		1				
<b>Diplegie</b>	1		4	2	1	
<b>Tetraplegie</b>	1		1			
<b>Gesamt:</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	
sonstiges:	Krampfleiden	1	Adipositas	1		
<b>GG</b>						
<b>Hemiplegie</b>						
<b>Diplegie</b>	1	1	1			1
<b>Tetraplegie</b>	2		1	1	1	
<b>Gesamt:</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
sonstiges:	Krampfleiden	2				

Tabelle 1: Nebendiagnosen

## 2.1.3 Begleitende Weichteiloperationen

Entsprechend dem individuellen klinischen Befund und den mit der Fußdeformität einhergehenden Nebendiagnosen wurden bei 85,7% aller Operationen in der Kalix-Gruppe insgesamt 26 Weichteiloperationen durchgeführt, in 76,2% der Fälle in der Grice-Green-Gruppe insgesamt 23 Weichteil-OPs. Hierüber soll eine gesteigerte Therapiestabilität erreicht werden.

Die am häufigsten durchgeführte Weichteiloperation war eine Verlängerung der Achillessehne. Diese diente der Korrektur eines präexistenten oder nach Rückfußreposition in Neutralstellung immanenten Spitzfußes. Die übrigen Operationen wie Psoasrelease, Kniebeugesehnenverlängerungen, Kapselrelease, Anticustransposition

und Posticusreposition dienten insbesondere bei spastischen Patienten der Reduzierung des Zugs kontrahierter Muskulatur auf das Fußskelett.

#### 2.1.4 Alter bei Operation

Zum Zeitpunkt der Operation waren die Patienten der Kalix-Gruppe im Mittel 9,7 Jahre alt mit einer Spannweite von 6 bis 14 Jahren und einer Standardabweichung von 2,2.

Das Alter der Patienten in der Gruppe, die mit der Methode nach Grice-Green versorgt wurde, betrug im Mittel 11,2 Jahre bei einem Minimum von 5 Jahren und einem Maximum von 19 Jahren und einer Standardabweichung von 3,5.

#### 2.1.5 Nachuntersuchte Patienten

Die operierten Patienten wurden 6 Monate und 12 Monate nach erfolgter Operation zu Verlaufskontrolluntersuchungen eingeladen. Die in dieser Arbeit verwendeten Daten entstammen bevorzugt den Kontrolluntersuchungen, die nach mindestens 12 Monaten durchgeführt wurden, da diese in Hinblick auf die zu erfolgende Auswertung vollständig und für alle Patienten standardisiert ausgeführt werden konnten und ein Langzeiterfolg oder -misserfolg besser einzuschätzen war. In Ausnahmefällen wurden auch bereits frühere Kontrollen mit einbezogen.

Insgesamt 8 von 11 Patienten der Kalix-Gruppe und 9 von 14 Patienten der Grice-Green-Gruppe nahmen den Termin zur einjährigen Follow-up-Untersuchung wahr.

Insgesamt 8 Patienten erschienen nicht zur Nachuntersuchung. Hiervon konnten 5 Patienten gar nicht nachuntersucht werden, von 3 Patienten lagen Daten einer Nachuntersuchung vor, die vor Ausarbeitung des standardisierten Untersuchungsprozederes durchgeführt worden war, so dass hier teilweise klinische und radiologische Daten verwendet werden konnten. Eine Patientin, die ein Kalix-Implantat erhalten hatte, konnte pedobarografisch aufgrund mangelnder Kooperation nicht nachuntersucht werden. Von den 5 nicht zur Follow-up-Untersuchung erschienenen Patienten waren zwei verzogen und nicht mehr ermittelbar, zwei waren wegen organisatorischer Probleme beziehungsweise Unzufriedenheit mit dem Erfolg der Behandlung zu einer

Nachuntersuchung nicht mehr bereit, ein Patient konnte aufgrund gesundheitlicher Probleme an der Untersuchung nicht teilnehmen.

Von den insgesamt 17 vollständig nachuntersuchten und den 3 weiteren teilweise nachuntersuchten Patienten lagen radiologische und klinische präoperative Voruntersuchungen vor. Pedobarografische präoperative Untersuchungsbefunde ließen sich bei 12 dieser 20 Patienten ermitteln.

Insgesamt konnten demnach 15 von 21 Füßen, die mit dem Kalix-Implantat versorgt wurden, und 14 von 21 Füßen, die mit der Methode nach Grice-Green operiert wurden, vollständig untersucht werden. Insgesamt 13 der 18 Patienten mit ICP konnten nachuntersucht werden, 4 von 7 Patienten mit anderer Grunderkrankung. Im Mittel verging zwischen der Operation und der Nachuntersuchung bei den Kalix-Patienten eine Zeit von 12,7 Monaten (Median 15 Monate, Minimum 2 Monate, Maximum 16 Monate) mit einer Standardabweichung von 5,3 Monaten.

Bei den Grice-Green-Patienten dauerte es bis zur Nachuntersuchung im Mittel 17,5 Monate (Median 12 Monate, Minimum 4 Monate, Maximum 54 Monate) mit einer Standardabweichung von 14,9 Monaten aufgrund einer erst nach 54 Monaten postoperativ durchgeführten Kontrolle.

## 2.2 Methoden

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Nachuntersuchungen fanden nach vorheriger persönlicher Terminabsprache mit den Patienten bzw. deren Erziehungsberechtigten in der Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie der Universitätsklinik Münster statt.

Die Patienten und ihre Erziehungsberechtigten waren darüber informiert, welche Untersuchungen durchgeführt werden sollten (Fragebogen, Klinische Untersuchung, Radiologische Untersuchung, Pedobarografie, Podoskopie, ggf. Fotodokumentation). Für die Durchführung der Untersuchungen und die Verwertung der Ergebnisse im Rahmen dieser Studie erfolgte durch alle nachuntersuchten Patienten eine schriftliche Einverständniserklärung.

### 2.2.1 Patientenakten

Die Akten sämtlicher operierter Patienten wurden anlässlich der Nachuntersuchung konsultiert. Neben den bisher gestellten Diagnosen und Nebendiagnosen wurden hierbei die bisherigen Therapien und Behandlungen ermittelt. Des Weiteren wurden die Operationsdaten herausgearbeitet. Operationsverlauf und –komplikationen wurden ebenso berücksichtigt wie die begleitenden Weichteiloperationen, eventuelle metallische Fixierung und Gipsliedauer.

### 2.2.2 Fragebogen

Zur Erfassung des subjektiven prä- und postoperativen Beschwerdebildes, der allgemeinen Lebensqualität und der persönlichen Zufriedenheit mit der durchgeführten Operation wurde ein Fragebogen ausgearbeitet und vor erfolgter Nachuntersuchung dem Patienten zugesandt. Der Fragebogenrücklauf betrug 72,7% in der Gruppe der Kalix-Patienten, 64,3% in der Gruppe der Grice-Green-Patienten. Der Vorteil dieser Befragung liegt in der Erfassung einer subjektiven Einschätzung der prä- und postoperativen Beschwerden, des kompletten Krankheits- und Therapieverlaufs, der Zufriedenheit mit der Operation und der damit verbundenen Verbesserung oder Verschlechterung der allgemeinen Lebensqualität.

Eine Einschränkung in der Aussagekraft ist dadurch bedingt, dass die Fragebögen zum Großteil von den Erziehungsberechtigten der Kinder ausgefüllt werden mussten und somit zum überwiegenden Teil eine Fremdeinschätzung vorliegt.

### 2.2.3 Klinische Untersuchung

Vorhandene präoperative Untersuchungsdaten wurden den Patientenakten entnommen. Die klinische Begutachtung im Rahmen der Follow-up-Untersuchungen erfolgte standardisiert nach einem zuvor ausgearbeiteten Verlaufsplan. Neben der Erhebung des eventuell noch vorhandenen Beschwerdebildes und der Kontrolle der aktuellen

Fußstellung wurde auf die Begleitdiagnosen eingegangen, um das funktionelle Zusammenspiel des gesamten Bewegungsapparates angemessen zu berücksichtigen.

Im Rahmen der mündlichen Anamnese, die in der Mehrzahl der Fälle aufgrund eingeschränkter Kommunikationsfähigkeit vieler Patienten als Fremdanamnese über die Erziehungsberechtigten erfolgen musste, wurde das aktuelle Beschwerdebild erhoben. Hierbei ging es um Schmerzen, Schwellungen, Rötungen, weiterhin bestehende Instabilitäten, Fehlstellungen, Druckstellen, Schuhprobleme und die allgemeine Beweglichkeit und Mobilität (5).

Nach einer Beurteilung des Gangbildes, insofern möglich, sowohl mit als auch ohne Schuhwerk, an die sich eine Kontrolle des Schuhwerks auf eventuelle einseitige Abnutzung anschloss, erfolgte eine allgemeine Inspektion und Palpation des entkleideten Fußes. Hierbei ging es um sicht- und tastbare Deformitäten, Druckschmerzpunkte, Schwielen, Narbenverhältnisse, eventuell vorhandene Ulcera und eine Erhebung des Puls- und Sensibilitätsstatus. Ein Blick auf die entkleideten Unterschenkel gab zusätzliche Hinweise auf Muskelatrophien.

Der Fuß zeigt dem Untersucher im Stehen die Stellung von Rückfuß und Vorfuß. Ein vorhandener Rückfußvalgus wurde bestimmt und dokumentiert, die Stellung des Vorfußes in Supinations-, Rectus- oder Pronationsstellung ermittelt. Weitere Begleitdeformitäten der Zehen, hervortretende Knochenstrukturen und die allgemeine Standsicherheit mit Gleichgewichtssinn und Propriozeption konnten hiermit ebenfalls beurteilt werden. Im Anschluss an die klinische Untersuchung erfolgte ein beratendes Gespräch mit Erörterung des weiteren therapeutischen Vorgehens.

## 4 Podoskopische Untersuchung

Eine Untersuchung auf dem Podoskop erlaubt Aussagen über die Ausprägung der Fußlängs- und Querwölbung. Zur standardisierten Bewertung des fotografisch dokumentierten Podoskopbefundes wurde die Einteilung nach Tachdjian zugrunde gelegt (133).

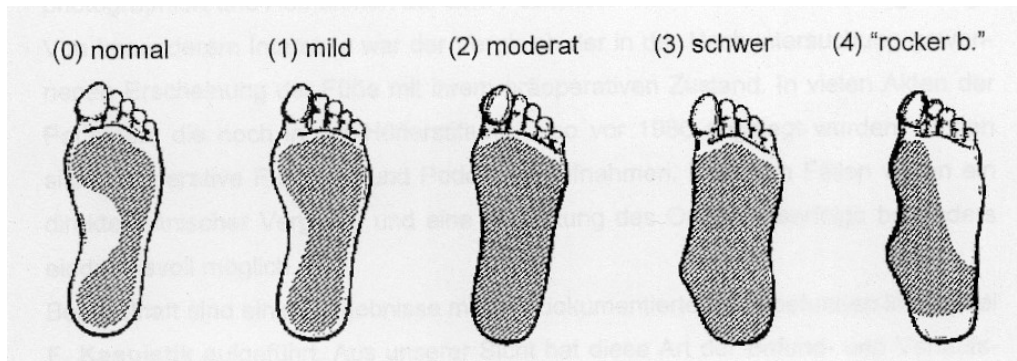


Abb.27: Einteilung der Podometerergebnisse nach Tachdjian (133)

Neben der fotografischen Dokumentation des Fußgewölbes auf dem Podoskop wurden weitere Fotos von der Fußstellung im Stehen angefertigt. Die distalen Unterschenkel und die Füße wurden von vorne und hinten sowie in fußversetzter Position von den Seiten fotografiert.

Da alle Patienten, die pedobarografisch voruntersucht worden waren, auch einer Fotodokumentation zugestimmt hatten, lagen nach Abschluss der Untersuchungen bei insgesamt 12 Patienten prä- und postoperative Fotografien der Fußstellung im Stehen und auf dem Podoskop vor, so dass hier im direkten Vergleich eine visuelle Erfolgskontrolle erfolgen konnte. Insbesondere für den Patienten bzw. seine Familie stellt dies bei Therapieerfolg die anschaulichste und nachvollziehbarste Form der Dokumentation dar.

## 2.2.5 Pedobarografische Untersuchung

Im Ganglabor des Funktionsbereichs Bewegungsanalytik der Universität Münster wurde als weiteres Messverfahren des Therapieerfolgs eine Fußdruckmessung mittels Pedobarografie vorgenommen. Alle Patienten, die lauffähig waren, wurden im Rahmen der Nachuntersuchung mit dieser Methode untersucht. Die Fußdruckmessung als modernes diagnostisches Verfahren dient der präoperativen Diagnosesicherung, der postoperativen Nachsorge und der Evaluation bei Anwendung verschiedener Therapieverfahren (17). Radiologische und pedobarografische Untersuchungen können sich in ihrer Aussagekraft ergänzen (96).

Besonders im Rahmen von Endo-Implantat-Operationen bei Plattfuß hat das Verfahren weite Verbreitung gefunden (47).

Präoperativ wurde insgesamt bei 12 Patienten ein pedobarografischer Befund erhoben. In die statistische Auswertung fanden demnach nur die Daten dieser 12 Patienten Eingang. Diese Messmethode sollte eine zusätzliche objektive Beurteilung der Fußfunktion während des Bodenkontakts im Laufvorgang und damit unter dynamischen Belastungsbedingungen erlauben. Bei der Untersuchung wurden die Patienten angeleitet, im möglichst natürlichen Laufprozess mit jeweils einem Fuß über eine eben in den Boden eingelassene Messplattform zu laufen. Insgesamt 2163 in diese Plattform eingearbeitete Sensoren mit 4 Sensoren/cm<sup>2</sup>, die mit einer Frequenz von 50 Hz arbeiten, registrieren die hierbei auftretende Deformation über das Zusammenpressen eines Dielektrikums zwischen zwei Kondensatorplatten. Die so entstehende Ladungsänderung wird in eine Spannungsänderung umgesetzt, welche mittels eines Computerprogramms in Messwerte und entsprechende grafische Darstellung des Fußdruckprofils übersetzt wird. Hierbei kann sowohl die auf jeden Sensorpunkt auftreffende Kraft als Zahlbetrag mit vektorieller Ausrichtung wie auch der Druck als lokale, flächenhafte Verteilung dieser Kraftwirkung ermittelt werden.

Will man pedobarografische Untersuchungen intra- und auch interindividuell vergleichen, so ist ein standardisiertes Vorgehen bei der Messung erforderlich. Die Patienten sollen sich vor der Messung „Warmlaufen“, damit der Laufvorgang so natürlich wie möglich erfolgt. Ein ausreichender Anlauf sowie Auslauf von einigen Metern muss gewährleistet sein, da die Messung aus einem normalen Laufvorgang heraus erfolgen soll. Während des Laufens sollen Ganggeschwindigkeit und -rhythmus von einem Beobachter kontrolliert werden, um zu verhindern, dass zu starke Konzentration auf das Treffen der Platte den Laufprozess unnatürlich verändert. Es sind so viele Messungen durchzuführen, dass sowohl vom linken als auch vom rechten Fuß mindestens fünf gute Messungen vorliegen. Als gut wird eine Messung erachtet, bei der der Fuß vollständig erfasst wurde und der Patient aus natürlichem, harmonischen Lauf auf die Plattform getreten ist. In Hinblick auf die in dieser Studie untersuchten Patienten ließen sich diese Forderungen nicht zur vollen Zufriedenheit erfüllen. Die Räumlichkeiten, die genutzt wurden, bieten neben einer eben in den Boden eingearbeiteten



Messplattform eine Anlaufstrecke von ungefähr 4 Metern sowie eine noch längere Auslaufstrecke. Diese Distanzen konnten aufgrund der doch teilweise erheblichen Mobilitätseinschränkungen der Patienten nur selten ausgenutzt werden. Mitunter musste man sich mit einem Anlauf von zwei Schritten zufrieden geben, womit die Forderung einer Messung aus vollem Lauf unzureichend zu erfüllen war. Teilweise konnten die Patienten nur mit Unterstützung laufen, eine weitere Einschränkung, die in Kauf genommen werden musste.

Des Weiteren wurde das natürliche Auftreten auf die Plattform und ein dynamischer Abrollvorgang dadurch erschwert, dass viele der untersuchten Kinder neben ihren körperlichen Beeinträchtigungen auch geistige Retardierung und damit verbundene Verständnisschwierigkeiten aufwiesen, was dazu führte, dass sich die Patienten sehr auf das Treffen der Platte konzentrierten.

Somit muss festgestellt werden, dass die pedobarografische Messung bei gehbehinderten und zudem eingeschränkt anleitungsfähigen Patienten in ihrer potentiellen Aussagekraft eingeschränkt wird.

Dem wird in dieser Studie dadurch Rechnung getragen, dass in die statistische Analyse nur die Messdaten der Patienten Eingang fanden, die bereits in der Voruntersuchung gut pedobarografisch zu untersuchen waren, und die Ergebnisse ausschließlich in Relation zu den übrigen Untersuchungsbefunden gesehen werden. Die Aussagekraft der pedobarometrischen Messungen in dieser Studie zielt damit darauf ab, andere Befunde zu stützen oder in Frage zu stellen und zusätzliche Hinweise auf Änderungen des dynamischen Laufprozesses zu geben, welcher durch die übrigen, statisch ausgerichteten Untersuchungen nur unzureichend erfasst wird.

Die Datenauswertung erfolgte computergestützt nach Erstellung eines zweidimensionalen, farbigen Druckverteilungsprofils des Fußabdrucks. Für die individuellen Profile wurde eine Maske erstellt, welche den Fuß in die Regionen Großzehe, zweite Zehe, Zehen 3-5, Metatarsalbereich 1, 2, 3, 4, und 5, Mittelfuß, Rückfuß sowie das Gesamtobjekt einteilte. Mittels eines Auswertungsprogramms wurden die Parameter Spitzendruck, maximale Kraft, Kontaktfläche und das Kraft-Zeit-Integral als Ausdruck der regionalen Druck- und Kraftbelastung der definierten Fußzonen bestimmt sowie der Lateral-Medial-Kraft-Index und der Lateral-Medial-Kraft-Zeit-Integral-Index berechnet.

Bei den beiden letztgenannten Parametern handelt es sich um errechnete Werte, die die Relation der Kraft und des Impulses zwischen den medialen und den lateralen Fußanteilen angeben. Für die so berechneten Daten wurden die Messwerte der jeweils fünf durchgeführten Einzelmessungen gemittelt. Das gemittelte Ergebnis wurde in einer Druckverteilungsgrafik dargestellt.

In Anbetracht der Fragestellung dieser Arbeit und der oben angeführten Einschränkungen in der Verlässlichkeit der Daten lag das Hauptaugenmerk bei der Datenauswertung auf folgenden Aspekten, die über andere Untersuchungsverfahren nur schwer oder aber nur indirekt und statisch erfasst werden können:

- Verlagerung der Spitzendrücke, der maximalen Kraftwirkung, der Kontaktfläche und des Impulses von den medialen Fußregionen (Großzehe, Metatarsalbereiche 1 und 2) hin zu einem ausgewogenen bis lateral orientierten Fußbild
- Verbesserung des dynamischen Abrollvorgangs durch vermehrte Belastung der Ferse zu Beginn der Standphase und Reduzierung der Belastung von Vor- und Mittelfuß
- Veränderung der Relation vom medialen zum lateralen Fußrand bei der Kraftwirkung und beim Impuls als Ausdruck einer Belastungsreduzierung der medialen Fußregionen und als Signal für eine Aufrichtung des Rückfußes
- Reduzierung der Belastung im Bereich des Mittelfußes als Signal für eine verbesserte Ausbildung des Fußgewölbes.

## 2.2.6 Radiologische Untersuchung

Die Einbeziehung radiologisch erfassbarer Daten bietet sich an, da alle in dieser Studie untersuchten Patienten präoperativ, teilweise intraoperativ sowie in regelmäßigen Abständen zur Verlaufskontrolle postoperativ radiologisch untersucht worden waren. Aufnahmen im Rahmen der Nachuntersuchung ergänzten das radiologische Gesamtbild und dienten der Verlaufskontrolle. Die operierten Füße wurden im Stehen unter Belastung in zwei Ebenen (anterioposteriorer und seitlicher Strahlengang) aufgenommen.

Analysiert wurden die Aufnahmen im Hinblick auf die Verhältnisse des Knochenspans bei den Grice-Green-Patienten, auf Lage und Stellung des Implantats bei den Kalix-Patienten, auf Osteolysen und auf degenerative Veränderungen.

Des Weiteren wurden verschiedene Winkel gemessen, über die eine Objektivierung des Therapieerfolgs hinsichtlich der Aufrichtung des Talus und der allgemeinen Aufrichtung des Fußlängsgewölbes möglich erscheint.

Angesichts der zahlreichen Optionen im Rahmen der radiologischen Diagnostik erscheint eine Reduzierung auf zum einen sicher erkenn- und messbare und zum anderen in der Praxis bewährte Winkelverhältnisse im knöchernen Fußskelett sinnvoll.

In der seitlichen Aufnahme wurde prä- und postoperativ der Talocalcanealwinkel zwischen der Taluslängsachse und der des Calcaneus mit einem Winkelmesser ermittelt (7).

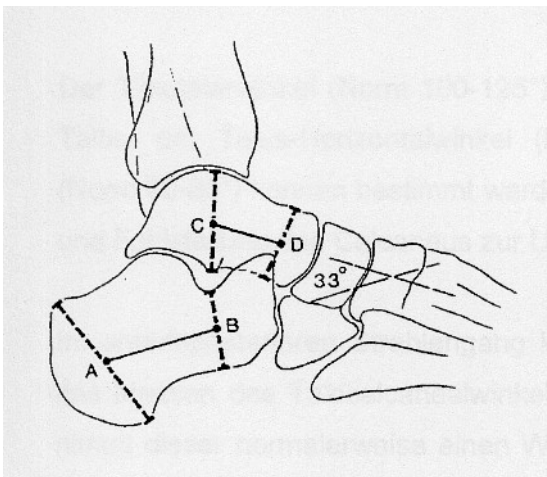


Abb. 28: Messung des TC-Winkels nach Aronson (7)

Der Normbereich für diesen Winkel schwankt in der Literatur zwischen 25-35° und 45-50° (7, 31, 135), wobei dieser mit dem Alter eher zunimmt und bei Kindern bis 30° als normal anzusehen ist (135).

Eine Vertikalisierung der Taluslängsachse wie beim Plattfuß bewirkt eine Vergrößerung des Winkels, so dass auch angesichts der abweichenden Angaben eines Normwertes eine Reduzierung des Winkels im Sinne einer Talusaufriechung als Therapieerfolg zu werten ist.

Die gute Messbarkeit und der offensichtliche Zusammenhang des Winkels mit der Talusorientierung im Fußskelett machen diesen Wert zuverlässig in der Einschätzung des postoperativen Resultats (7).

Ein weiterer in der seitlichen Aufnahme gut zu ermittelnder Winkel ist der Calcaneus-bodenwinkel („calcaneal-pitch-angle“) als Winkel zwischen der plantaren Kante des Calcaneus und der Bodenhorizontalen (94).

Dieser Winkel ist ein Zeichen für die Höhe des Fußskelettes und kennzeichnet mit zunehmender Abflachung einen Pes planus. Als Normwert gilt ein Winkel von 20-25° mit einem Grenzwert von 11°, unterhalb dessen man von einem Pes planus ausgehen kann (129).

Im anterioposterioren Strahlengang kann ebenfalls der Talocalcanealwinkel zur Beurteilung der Stellung des Subtalargelenks bestimmt werden, hier mit Hilfe der Methode nach Kite (33). Hierbei werden die mittleren Längsachsen von Talus und Calcaneus verlängert und am Schnittpunkt der Winkel bestimmt. Die Calcaneusachse sollte auf den vierten Metatarsalknochen zeigen, die Talusachse auf das Köpfchen des ersten Metatarsalknochens.

Beim Kleinkind wird hierbei ein Normwert von 30 bis 50° beschrieben, der sich bis zum fünften Lebensjahr auf 15 bis 30° reduziert (31, 72, 135). Valgusdeformitäten, wie bei den in dieser Studie untersuchten Patienten vorzufinden, gehen mit einer Vergrößerung dieses Winkels einher. Eine Verkleinerung ist somit als erwünscht zu bewerten.

In seiner Aussagekraft eingeschränkt ist dieser Winkel durch die wesentlich schlechtere Messbarkeit als bei den bisher beschriebenen Verfahren aufgrund häufiger Überdeckung der aufzufindenden Knochen durch andere Knochenstrukturen des Fußskeletts und der Unterschenkelknochen sowie einer höheren Messungenauigkeit, da die Achsen teilweise über das Röntgenbild hinaus verlängert werden müssen (7).

Ein weiterer Parameter, der aufgrund fehlender Vergleichbarkeit in der Literatur weniger aussagekräftig ist als die bisher geschilderten, jedoch die Stellungskorrektur des Talus gut illustrieren kann und als verlässlich eingestuft wird (6), ist das „Talar head uncovering“ (33, 125). Hierbei wird das Verhältnis des Taluskopfes zu seinem vom Os

naviculare überdachten Anteil bestimmt. Dieses sollte unter 5,5% betragen, ist jedoch bei den untersuchten Patienten präoperativ wesentlich stärker ausgeprägt. Eine Minimierung des nicht vom Os naviculare überdachten Anteils des Taluskopfes signalisiert damit eine Korrektur der Stellung des Fußskeletts. Um eine zu starke Inter- und Intra-beobachtervarianz bei radiologischen Messungen zu minimieren (141), wurden sämtliche Messungen von einer Person vorgenommen, die Messungen wurden einmal wiederholt.

## 2.2.7 Bewertung

Zur Verbesserung sowohl der intraindividuellen prä-postoperativen Vergleichbarkeit des Operationsergebnisses als auch des Vergleichs der beiden verschiedenen Kontrollgruppen bietet sich als zusätzlicher Parameter eine objektive Darstellung des Operationsergebnisses an. Da als wichtigstes Ziel der Operation sowohl nach Grice-Green als auch der Kalix-Implantation die Beseitigung der Rückfußvalgisierung und die Wiederaufrichtung des Fußlängsgewölbes mit Verbesserung der Mobilität des Patienten mit allgemeiner Reduzierung der Beschwerden und der benötigten Hilfsmittel darstellt, bieten sich folgende Kriterien zur Bewertung an, wie sie von Leidinger (81) ausgearbeitet wurden und in Übereinstimmung mit Bewertungskriterien in der Literatur stehen (20, 52, 58, 86, 93, 112, 124, 136,):

<b>Bewertung</b>	<b>Rückfußvalgus</b>	<b>Fußgewölbe</b>
Sehr gut (1)	rectus	normal
Gut (2)	8-15°	mild
Mäßig (3)	15-25°	moderat
Schlecht (4)	>25°	schlecht

Tab.2: Bewertungskriterien

Das positivste Ergebnis wird mit einer orthograden Rückfußstellung und einem normalen Fußgewölbe, welches mittels der Einteilung nach Tachdjian (133) auf dem Podoskop bestimmt wird, erreicht. Die Verschlechterung des Fußgewölbes und eine Valgisierung des Rückfußes über die Norm von 8-15° führen zu einem schlechteren Ergebnis.

Bei fehlender Möglichkeit einer klaren Zuordnung von Rückfußstellung und Fußgewölbe zu einer Bewertungskategorie wurden, wenn vorhanden, die Ergebnisse der Pedobarografie hinsichtlich der in dem entsprechenden Kapitel geschilderten Erfolgskriterien hinzugezogen.

Als weitere Kriterien, die das durch oben angeführte Methode ermittelte Ergebnis beeinflussen können, sind anzuführen:

- Spaneinheilung und Winkelverhältnisse
- Implantatluxation
- Degenerative Veränderungen
- Subjektive Klagen des Patienten

## 2.2.8 Subtalarer Stabilisationsscore (STSS)

Leidinger (81) entwickelte zur besseren Objektivierbarkeit sowohl der Operationsnotwendigkeit als auch des postoperativen Operationsnutzens einen Punktescore in Anlehnung an das Bewertungsschema nach Walker (147).

Obwohl hinsichtlich dieses Scores noch keine Vergleichsmöglichkeiten in der Literatur bestehen, soll er in dieser Studie als zusätzliches Kriterium zur Beurteilung des Operationserfolges Anwendung finden.

Der Score beruht auf drei Kategorien, in denen maximal fünf Punkte vergeben werden und den erhobenen Befunden entsprechende Minuspunkte abgezogen werden, so dass maximal ein Punktwert von 15 erreicht werden kann.

Die folgende Tabelle gibt die Kategorien wieder (modifiziert nach 81):

1.	<u>Kategorie Fortbewegung (max. 5 Punkte)</u>	
-	Lauffähig	-0
-	Gehfähig ohne Hilfe über 500m	-1
-	Gehfähig ohne Hilfe bis 500m	-2
-	Gehfähig mit Hilfe	-3
-	Stehfähig einige Minuten	-4
-	Nicht stehfähig	-5
2.	<u>Kategorie klinisches Erscheinungsbild (max. 5 Punkte)</u>	
-	Rückfußvalgus > 15°	-1
-	> 25°	-2
-	Rückfußvarus	-2
-	Moderat aufgerichtetes Längsgewölbe	-1
-	Schlecht aufgerichtetes Längsgewölbe	-2
-	Schmerzen, Schuhfähigkeit, Druckstellen	-1
3.	<u>Kategorie radiologischer Befund (max. 5 Punkte)</u>	
-	TC-Winkel seitlich >40°	-1
-	>60°	-2
-	TC-Winkel a.p. >25°	-1
-	CBW <15°	-1
-	Spanresorption, Implantatluxation	-2
-	degenerative Veränderungen	-1

Tab.3: STSS-Score

## 2.2.9 Statistische Auswertung

Neben einer deskriptiven statistischen Auswertung erfolgte eine analytisch-statistische Auswertung der Parameter, die als prä- und postoperative Messdaten und Befunde vorlagen. Als statistisches Maß wurde der p-Wert ermittelt, der unter Angabe eines Signifikanzniveaus einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  von 5% eine beobachtete Assoziation von Daten als rein zufällig abweist.

Untersucht wurde intraindividuell der Vergleich von prä- und postoperativen Daten, um den auf den individuellen Patienten bezogenen Operationserfolg zu ermitteln. Als statistischer Test fand hierbei der gepaarte Zweiergruppentest mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest für verbundene Stichproben Anwendung.

Des Weiteren wurde eine statistische Analyse zwischen den beiden verschiedenen Operationsarten durchgeführt um zu ermitteln, ob generelle Vergleichbarkeit der beiden Stichproben hinsichtlich der Merkmalsausprägungen in der präoperativen Ausgangssituation besteht und ob sich ein signifikanter Unterschied im Operationserfolg zwischen den beiden Operationsmethoden feststellen lässt. Hier wurde der ungepaarte Gruppenvergleich mit dem Mann-Whitney-U-Test für unverbundene Stichproben durchgeführt.

Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert  $<0,05$  betrachtet. Bei einem p-Wert  $<0,01$  wurde von einem hoch signifikanten Zusammenhang ausgegangen.

Als nicht signifikant und damit auch als zufällig zu betrachten galt ein p-Wert  $>0,05$ .



## 3 Ergebnisse

### 3.1 Patientenakten

#### 3.1.1 Ersttherapiebeginn und präoperative Therapiedauer

Bei einem durchschnittlichen Alter bei Erstdiagnose der Fußdeformität von 2,7 Jahren in der Kalix-Gruppe und 2,8 Jahren in der Gruppe der Grice-Green-Patienten lag der mittlere Zeitraum, nach dem erste therapeutische Maßnahmen ergriffen wurden, bei den Kalix-Patienten bei 2,9 Jahren und bei den Grice-Green-Patienten bei 2,5 Jahren. Spätestens nach 6 Monaten wurden bei allen Patienten erste therapeutische Maßnahmen ergriffen. Die Gruppen sind damit hinsichtlich dieser Fragestellung vergleichbar.

Die Zeitspanne zwischen dem Beginn der ersten konservativen Therapien bis zur operativen Behandlung betrug im Mittel bei den Kalix-Patienten 6,5 Jahre, minimal 3 Jahre, maximal 10 Jahre, bei den Grice-Green-Patienten, bedingt durch die größere Spannweite von 4 bis 17 Jahren, 8,9 Jahre.

Bezieht man sich ausschließlich auf die Patienten mit der Basisdiagnose ICP, so zeigt sich eine präoperative Therapiedauer von durchschnittlich 6,6 Jahren in der Kalix-Gruppe und 6,7 Jahren in der Grice-Green-Gruppe.

#### 3.1.2 Operationsverlauf

Bei Durchsicht der Operationsprotokolle zeigte sich in allen Fällen ein komplikationsloser Operationsverlauf. In direktem Zusammenhang mit der Operation stehende postoperative Komplikationen und Beschwerden in Form von Schmerzen wurden in der Fragebogenauswertung von 29,3 % der Kalix-Patienten und 7,7 % der Grice-Green-Patienten angegeben.

Bei insgesamt 4 von 11 mit dem Kalix-Implantat versorgten Patienten bzw. bei 6 von 21 durchgeführten Operationen musste das Implantat nach einer mittleren Verweildauer von 7,7 Monaten (minimal bereits nach 2 Monaten, maximal nach 19 Monaten) wieder entfernt werden, bei 2 Patienten beidseitig, bei den anderen 2 Patienten einseitig. Dies entspricht einer Quote von 28,6 % aller Kalix-Operationen.

In 5 Fällen erfolgte die Explantation aufgrund einer Luxation des Implantats mit totalem Korrekturverlust. In den zwei Fällen, in denen beidseitig explantiert wurde, imponierte die Luxation bereits während der Gipstragezeit bei der radiologischen Kontrolle, so dass hier nach 2 bzw. 3 Monaten die Implantate wieder entfernt wurden.

In einem Fall wurde nach Explantation eine Arthrodesse nach Grice-Green durchgeführt, ein weiterer Patient verließ das Klinikum.

Im fünften Fall erfolgte bei beidseitiger Operation die Luxation des Implantats am linken Fuß unter nahezu vollständigem Korrekturverlust bei guter Korrektur des rechten Fußes im Laufe der postoperativen Belastungszeit, so dass hier nach 19 Monaten eine Explantation vorgenommen werden musste.

Im letzten Fall musste das Implantat bei objektiv gutem Korrekturbefund und fehlendem radiologischen Nachweis einer Implantatluxation aufgrund subjektiver Beschwerden nach 17 Monaten entfernt werden.

## 3.2 Auswertung der Fragebögen

Von allen nachuntersuchten Patienten konnten ausgefüllte Fragebögen ausgewertet werden. Die folgenden Auswertungen beziehen sich demnach auf Fragebögen von 8 Kalix- und 9 Grice-Green-Patienten, mit denen insgesamt 27 Operationen berücksichtigt werden, hiervon 15 mit dem Kalix-Implantat und 12 Arthrodesen nach Grice-Green.

### 3.2.1 Postoperative Zufriedenheit

Um die subjektive Zufriedenheit mit der durchgeführten Operation auszudrücken, wurde im Fragebogen eine Rangliste mit vier Abstufungen von 1-4, gleichbedeutend

mit der Wertung sehr zufrieden, zufrieden, mäßig zufrieden und unzufrieden zur Auswahl gegeben. In der Gruppe der Kalix-Patienten gaben 13% an, sehr zufrieden mit dem Operationsergebnis zu sein, 60% zeigten sich zufrieden, 20% mäßig zufrieden, 7% unzufrieden.

Die beiden Patienten, die aufgrund Implantatluxation beidseitig explantiert werden mussten, nahmen an der Fragebogenaktion nicht teil. Da diese mangelnde Bereitschaft an einer Nachuntersuchung aufgrund allgemeiner Unzufriedenheit mit der Operation bestand, erhöht sich der Anteil der Wertung „unzufrieden“ auf 5 von 19 Operationen und damit auf 26,3 %.

In der Gruppe der Grice-Green-Patienten äußerten sich 42% als sehr zufrieden mit der Operation, 42% als zufrieden, 8% als mäßig zufrieden, keiner als unzufrieden. In einem Fragebogen wurde keine Angabe gemacht.

In die statistische Auswertung einbezogen wurden im Vergleich der OP-Methoden nur die tatsächlich gemachten Angaben. Die 4 Operationen, bei denen von einer schlechten Bewertung ausgegangen werden kann, werden nicht berücksichtigt, da es in diesem Vergleich um eine Einschätzung der Wirksamkeit der beiden Operationsmethoden geht, die im Falle der Kalix-Implantation nur in den Fällen erkennbar wird, in denen eine, zumindest zeitweilige, Korrektur erreicht wurde.

Unter diesen Voraussetzungen zeigten sich die Patienten tendenziell mit der Grice-Green-Methode zufriedener, dieses Ergebnis ist jedoch nicht signifikant ( $p=0,063$ )

### 3.2.2 OP noch mal?

In dieser Frage soll geklärt werden, ob eventuelle Unzufriedenheiten mit dem Ergebnis zwangsläufig dazu führen, dass der Patient die Operation am liebsten rückgängig machen würde, oder ob die Verbesserung der Lebensqualität die Operation gerechtfertigt hat.

Bei den Kalix-Patienten würden 6 die Operation wieder durchführen lassen, einer verneinte die Frage, ein Patient gab hierzu keine Auskunft.

Von den Grice-Green-Patienten antworteten 8 mit ja, ein Patient äußerte sich hierzu nicht.

Allgemein lässt sich anhand der vorherigen zwei Punkte konstatieren, dass in beiden Operationsmethoden Zufriedenheit vorherrscht und eventuelle Unzufriedenheiten von den mit der Operation zusammenhängenden Komplikationen herrühren, so dass die Kalix-Methode aufgrund der nicht unerheblichen Explantationsquote tendenziell schlechter abschneidet, hinsichtlich der bei Komplikationslosigkeit erreichten Verbesserung der Lebensqualität des Patienten jedoch kein signifikanter Unterschied besteht.

### 3.2.3 Beschwerden

Im Fragebogen wurde den Patienten mit einer Liste von Beschwerden mit 7 Unterpunkten (keine Beschwerden, Schmerzen, Druckstellen, Schuhprobleme, Funktionseinschränkung, Instabilität im Fuß, ständige Verschlechterung), bei denen Mehrfachnennungen möglich waren, und einem Bereich zur freien Formulierung die Möglichkeit gegeben, sich zu ihren subjektiven Beschwerden vor und nach der Operation zu äußern. Gegebenenfalls wurden diese Angaben durch Befunde aus der klinischen Untersuchung, der Anamnese oder der Patientenakte ergänzt.

Bei insgesamt 11 der von den 15 mit den Fragebögen erfassten und mit dem Kalix-Implantat versorgten Füße wurden präoperativ Beschwerden im oben angeführten Sinn geäußert. Dies entspricht 73,3% der von den Fragebögen erfassten Füße. Hierbei wurden Schmerzen (13%), Funktionseinschränkung (24%), Instabilität (23%), Schuhprobleme (23%) und Druckstellen (17%) als Probleme geäußert.

Postoperativ reduzierte sich die Anzahl der geäußerten Beschwerden von 73,3% auf 33,3%. Nur noch bei 5 von 15 Füßen wurden Beschwerden in Form von Schmerzen (40%), Funktionseinschränkung (14%) und Instabilität (30%) angegeben. Über Schuhprobleme und Druckstellen klagte niemand mehr.

Neben der allgemeinen durch die Operation erreichten Reduzierung der Beschwerden zeigt sich ein vollständiges Verschwinden der Problematik, passende Schuhe zu finden, und der Ausbildung von Druckstellen im Schuhwerk.

Instabilität und Funktionseinschränkungen bilden unter den verbliebenen Beschwerden anteilmäßig eine ähnlich starke Fraktion wie vor der Operation.

Auffallend ist die Tatsache, dass Schmerzen bei den Patienten, die weiter Beschwerden angeben, das wichtigste Problem darstellen, wohingegen Schmerzen präoperativ nur in 13% der Fälle auftraten, insbesondere in Form von Belastungsschmerzen beim Stehen und Gehen.

Bei den Patienten, die eine Arthrodeese nach Grice-Green erhielten, verursachten präoperativ 91,7% der Füße (11 von 12) Beschwerden. Diese bestanden in Schmerzen (14%), Funktionseinschränkungen (14%), Instabilität (27%), Schuhproblemen (21%) und Druckstellen (24%).

Postoperativ reduzierte sich der Anteil der Füße, die noch weiterhin Beschwerden machten, auf 33,3% (4 von 12). Schmerzen (13%) und Funktionseinschränkungen (13%) blieben in dieser Restbeschwerdengruppe anteilmäßig ungefähr gleich, Schuhprobleme (37%) und Druckstellen (37%) bildeten die stärksten Fraktionen, Instabilität stellte keine Klage mehr dar.

Schmerzen stellen hier als Restbeschwerde ein geringeres Problem dar als in der Kalix-Gruppe, die Stabilität im Fuß wurde in den Augen der Patienten besser korrigiert.

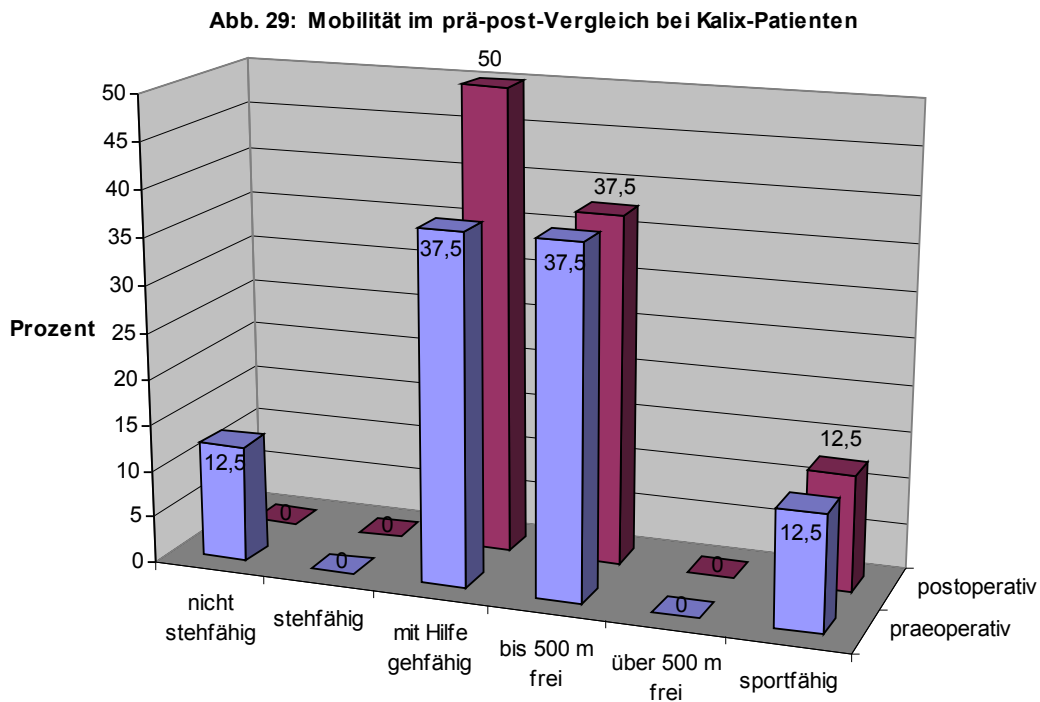
Hingegen blieben innerhalb der Restbeschwerden Schuhprobleme und Druckstellen bestehen.

### 3.2.4 Mobilität

Um die allgemeine Mobilität der Patienten vor und nach dem operativen Eingriff beurteilen zu können, wurde im Fragebogen eine Liste mit 6 Kategoriepunkten vorgegeben, aus denen für den prä- und den postoperativen Zustand jeweils eine Möglichkeit auszuwählen war. Die Liste unterschied zwischen folgenden Kategoriepunkten:

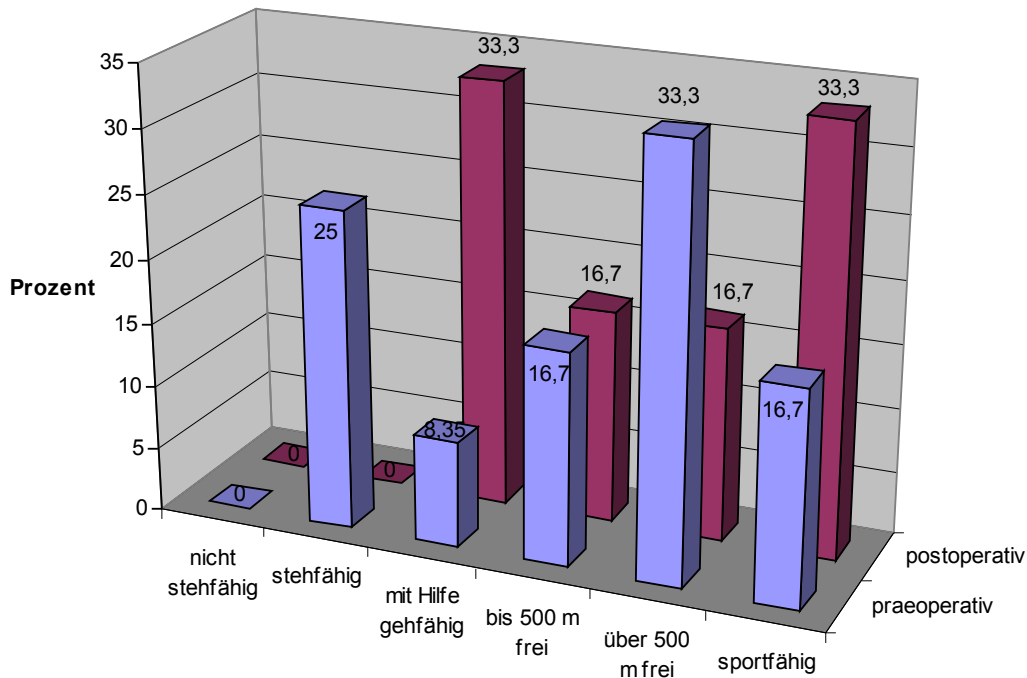
- 0 = nicht stehfähig
- 1 = stehfähig
- 2 = mit Hilfe gehfähig
- 3 = bis 500m frei gehfähig
- 4 = über 500m frei gehfähig
- 5 = in der Lage, Sport zu treiben (lauffähig)

In der mit dem Kalix-Implantat versorgten Patientengruppe lag der präoperative Mittelwert der Mobilität in Bezug auf oben angeführte Liste bei 3,5, postoperativ bei 3,7. Zwei Patienten, die präoperativ nicht stehfähig waren, konnten nach der Operation mit Unterstützung einige Schritte gehen, in den übrigen Fällen trat keine Veränderung ein. Das Ergebnis ist insgesamt nicht signifikant ( $p=0,16$ ).



Bei den Grice-Green-Patienten lag der durchschnittliche präoperative Wert bei 4,1. Dieser konnte postoperativ auf 4,5 erhöht werden. Sämtliche Patienten waren nach der Operation zumindest mit Hilfe gehfähig, der Anteil der lauffähigen Patienten erhöhte sich signifikant von 16,7% auf 33,3% ( $p=0,03$ ).

Abb. 30: Mobilität im prä-post-Vergleich bei GG-Patienten



In Kombination mit den begleitenden Weichteiloperationen, die der Wiederherstellung einer muskulären Balance dienen, waren beide Operationsmethoden in der Lage, die Mobilität zu verbessern, wobei sich diese Verbesserung jedoch nur bei der Arthrodeese nach Grice-Green als signifikant erweist.

Im statistischen Vergleich der beiden Methoden untereinander zeigte sich jedoch kein signifikanter Unterschied ( $p=0,13$ ), so dass hier nur von einem tendenziellen Vorteil der kombinierten Grice-Green-Methode bei der Mobilitätssteigerung ausgegangen werden kann.

### 3.2.5 Hilfsmittelgebrauch

Ein weiteres wichtiges Kriterium zur Einschätzung des Operationserfolgs und der Verbesserung der Lebensqualität ist die Abhängigkeit von Hilfsmitteln im prä- und postoperativen Vergleich.

Neben einer deskriptiven Auswertung der Anzahl und Art der benötigten Hilfsmittel wurde analog zu Leidinger (81) eine Punkteskala verwendet, in der ein Hilfsmittel eine

umso höhere Wertung erhält, je offensichtlicher und dominierender sein Effekt für die normale Lebensgestaltung des Patienten ist.

<b>Hilfsmittel</b>	<b>Punkte</b>
Rollstuhl	5
Rollator / Gehhilfen	4
Spezialschuh / Innenschuh	3
Nachtschienen / Schalen/ Einlagen	2
Krankengymnastik	1
Keine	0

Tabelle 4: Hilfsmittelgebrauch (modifiziert nach 81)

Wurden innerhalb eines Kategoriepunktes mehrere Hilfsmittel verwendet (z.B. Rollator und Gehstützen), so wurde die höchste Kategorie gewertet und kontrolliert, ob eine Kategorieverbesserung erreicht wurde. Alle per Fragebogen befragten Patienten der Kalix-Gruppe verwendeten prä- und postoperativ Hilfsmittel. Der nach obiger Punkteskala ermittelte Durchschnittswert lag präoperativ bei 7,9 ( $\pm 3,5$ ) bei einer Spannweite von 1 bis 12. Postoperativ erhöhte sich dieser Wert auf 10,0 ( $\pm 3,9$ ) bei einer Spannweite von 3 bis 13, es wurden mehr Hilfsmittel höherer Kategorie benötigt. Diese Verschlechterung hinsichtlich des Hilfsmittelgebrauchs ist als hoch signifikant einzustufen ( $p=0,0014$ ). Innerhalb der Grice-Green-Gruppe verwendeten 91,7% der Patienten prä- und post-operativ Hilfsmittel. Vor der Operation lag der Mittelwert bei 7,2 ( $\pm 4,6$ ) mit einer Spannweite von 0 bis 13.

Postoperativ verringerte sich der Wert auf 5,8 ( $\pm 4,6$ ) bei unveränderter Spannweite. Diese Verbesserung hinsichtlich des Hilfsmittelgebrauchs ist signifikant ( $p=0,03$ ).



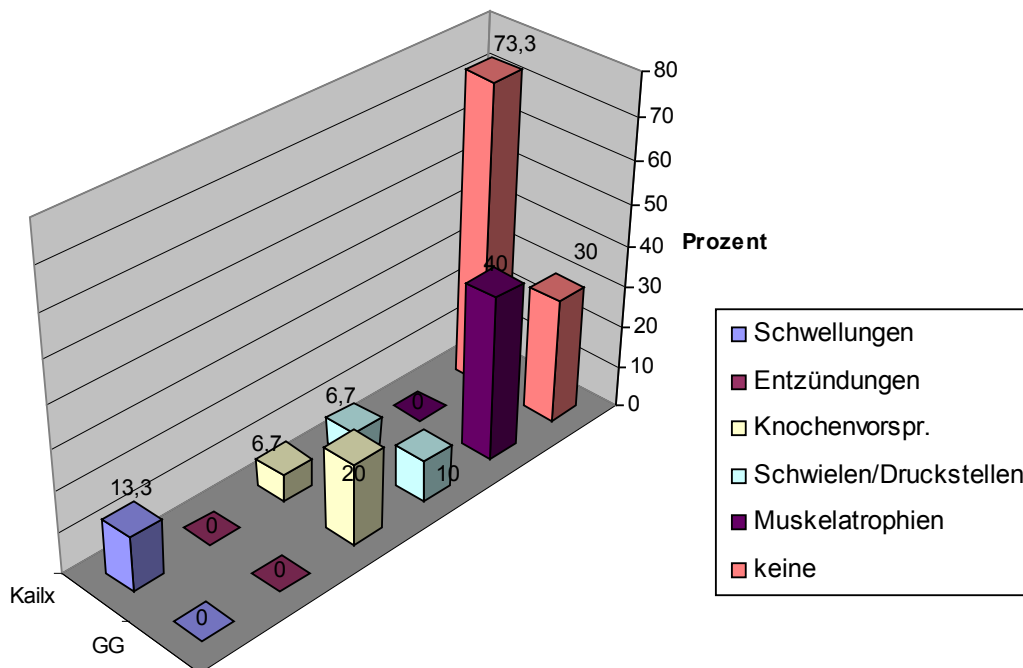
Im Vergleich zwischen der Kalix- und der Grice-Green-Operation hinsichtlich des Gebrauchs und der Verordnung notwendiger Hilfsmittel zeigte sich ein signifikanter Unterschied ( $p=0,014$ ), wobei in der Grice-Green-Gruppe der Gebrauch deutlich reduziert werden konnte, nach der Kalix-Implantation sogar verstärkt Hilfsmittel eingesetzt wurden.

### 3.3 Klinische Untersuchungsergebnisse

#### 3.3.1 Deformitäten und Funktionsstörungen

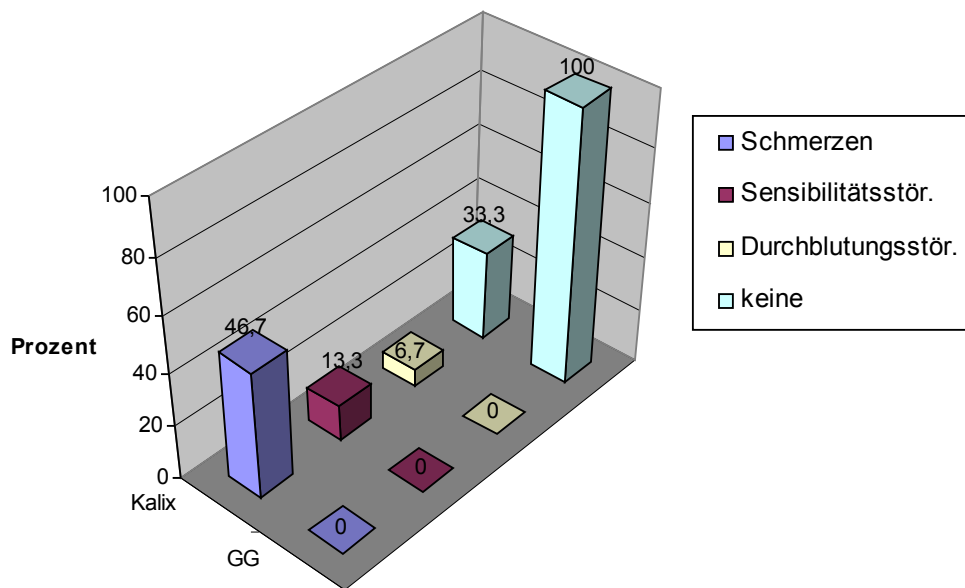
Bei der Palpation und Inspektion der operierten Füße wurde auf sicht- und tastbare Deformitäten und Funktionsstörungen geachtet. Neben Schwellungen, Entzündungen, tastbaren Knochenvorsprüngen, Schwielen und Druckstellen und Muskelatrophien insbesondere im Bereich der Unterschenkelmuskulatur als Hinweis auf Belastungsreduzierung gehörte hierzu die Angabe von Schmerzen und Missempfindungen sowie die Erhebung eines Sensibilitäts- und Durchblutungsstatus.

**Abb. 31: Postoperative Deformitäten und Veränderungen im interoperativen Vergleich**



Wie in der Abbildung 31 ersichtlich, wurden bei 26,7% der Kalix-Patienten und 70% der Grice-Green-Patienten, die nachuntersucht wurden, Deformitäten festgestellt. Insbesondere Muskelatrophien im Bereich der Unterschenkelmuskulatur an der operierten Extremität fallen bei der letztgenannten Gruppe auf.

**Abb: 32: Postoperative Funktionsstörungen im interoperativen Vergleich**



Bei keinem Patienten, der eine Arthrodesis nach Grice-Green erhielt, konnten Funktionsstörungen festgestellt werden, dagegen bei 66,7% der Kalix-Patienten. Hier stellten Schmerzen (46,7%), insbesondere Druckschmerzen im Bereich der Sprunggelenke und des Sinus tarsi, das größte Problem dar.

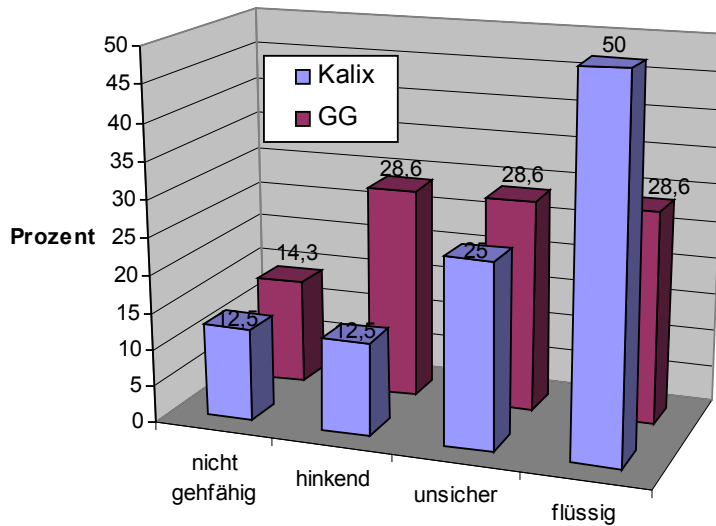
### 3.3.2 Gangbild

Der Gang der gehfähigen Patienten wurde nach Flüssigkeit, Sicherheit, Abrollverhalten und dem eventuellen Auftreten von Hinken beurteilt. Das individuelle Gangbild wurde nach folgenden Kriterien beurteilt:

Nicht gehfähig	=	1
Hinkend	=	2
Unsicher	=	3
Flüssig	=	4

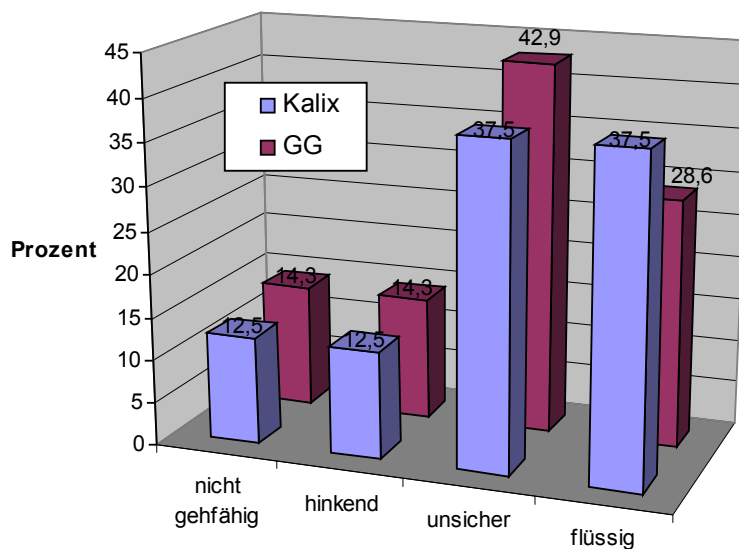
Die Beurteilung erfolgte einmal mit dem benutzten Schuhwerk, einmal barfuß.

**Abb. 33: Postoperatives Gangbild mit Schuhen im interoperativen Vergleich**



Mit Schuhen betrug die mittlere Wertung bei den Kalix-Patienten 3,2, bei den Grice-Green-Patienten 2,8.

**Abb. 34: Postoperatives Gangbild ohne Schuhe im interoperativen Vergleich**



Die Kalix-Gruppe erreichte ohne Schuhe einen Mittelwert von 3,0, die Patienten der Grice-Green-Gruppe wurden im Mittel mit 2,9 eingestuft.

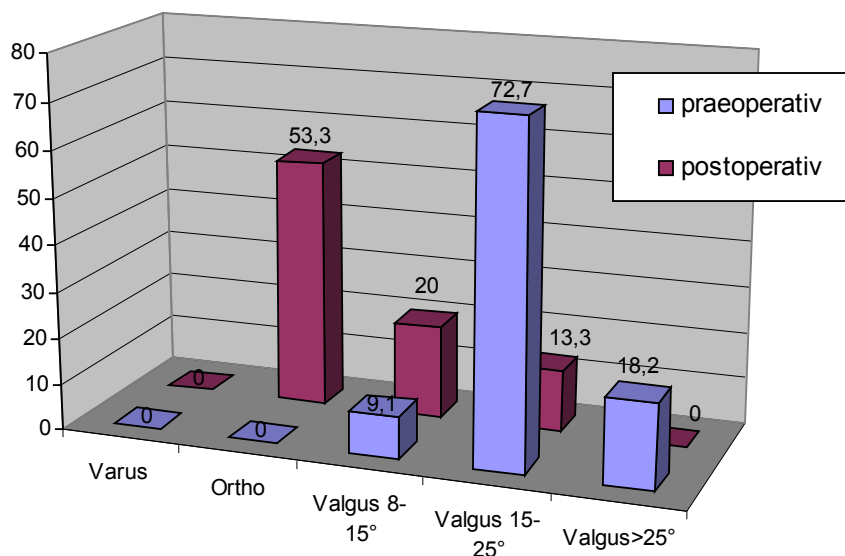
Tendenziell liefen die Patienten mit dem Kalix-Implantat mit Schuhen sicherer als ohne, während die Grice-Green-Patienten barfuß ein flüssigeres Gangbild zeigten. Wegen fehlender präoperativer Daten zum Gangbild und damit mangelnder Vergleichbarkeit wurde hier auf eine statistische Analyse verzichtet.

### 3.3.3 Rückfußstellung

Bei der Beurteilung des Rückfußvalgus wurde ein gängiger Normwert von bis zu 8° zugrunde gelegt (81). Die Einteilung erfolgte in die Kategorien Rückfußvarus, orthograde Stellung, Valgus 8-15°, Valgus 15-25°, Valgus > 25°.

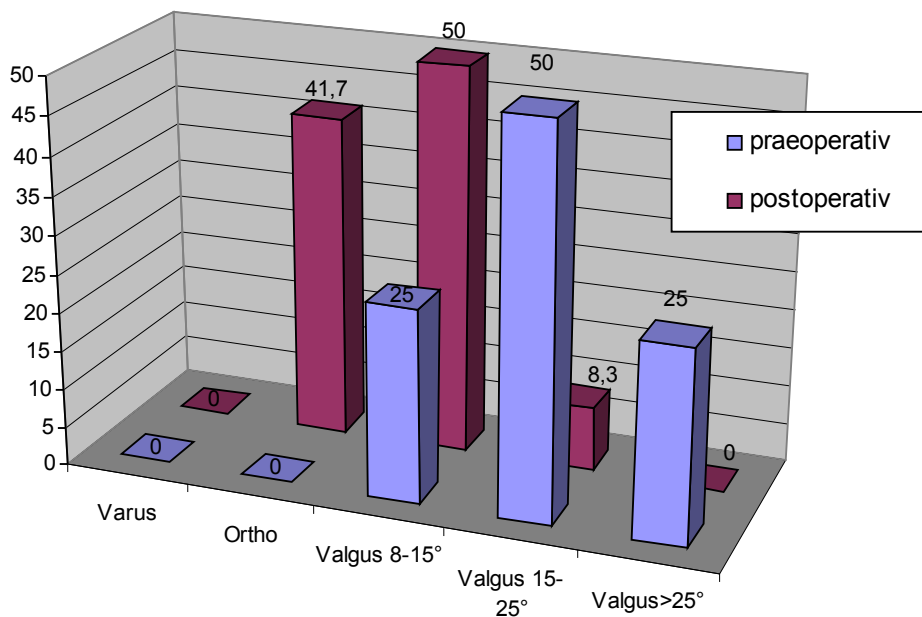
Der Rückfußvalgus innerhalb der Kalix-Gruppe konnte postoperativ in 53,3% der Fälle so korrigiert werden, dass der Rückfuß in eine orthograde Stellung geriet. Die Anzahl an manifesten Rückfußvalgi >25° wurde gänzlich beseitigt.

**Abb. 35: Rückfußstellung bei Kalix-Patienten im prä-post-Vergleich**



Der mittlere Rückfußvalgus betrug präoperativ 22,27° ( $\pm 5,64^\circ$ ). Dieser wurde auf einen mittleren Valgus von 8° ( $\pm 7,51$ ), korrigiert. Diese Verbesserung ist hoch signifikant ( $p=0,007$ ). Im Falle der Grice-Green-Patienten konnte der präoperativ vorhandene Rückfußvalgus in 41,7% der Fälle in eine orthograde Position gebracht werden. Auch hier zeigte kein Fuß postoperativ einen Valgus >25°.

Abb. 36: Rückfußstellung bei GG-Patienten im prä-post-Vergleich



Der präoperative Mittelwert lag bei  $22,92^\circ (\pm 4,98^\circ)$ . Postoperativ reduzierte sich dieser signifikant auf  $9,17^\circ (\pm 7,02^\circ)$  ( $p=0,005$ ).

Diese Ergebnisse zeigen, dass beide Operationsmethoden in der Lage sind, höchst effektiv den Rückfußvalgus zu korrigieren. In allen untersuchten Fällen wurde eine Korrektur erreicht, es kam nie zu einer Überkorrektur. Eine Ausnahme bilden natürlich die Fälle mit Implantatluxation, in denen es zu keiner Korrektur oder zum Korrekturverlust kam. Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Methoden besteht nicht ( $p=0,67$ ).

### 3.3.4 Vorfußstellung

In der gleichen Anzahl von Fällen wie bei der Analyse des Rückfußvalgus lagen Daten zur Vorfußstellung vor. Hierbei wurde untersucht, in wie weit sich eine durch die Fußdeformität bedingte Pronationsstellung des Vorfußes mit lateraler Abweichung der Vorfußstrahlen durch die OP-Methoden in Richtung einer orthograden Vorfußstellung korrigieren ließ.

Alle auf diesen Parameter hin untersuchten Kalix-Patienten wiesen eine Pronationsstellung des Vorfußes auf. Nach der Operation waren davon 55,6% soweit korrigiert, dass man von einer orthograden Rectusstellung sprechen konnte. Mit Ausnahme der Fälle, in denen durch Implantatluxation ein Therapieversagen auftrat, konnte auch bei den übrigen Patienten die Vorfußstellung verbessert werden. Die durchschnittliche präoperative Abweichung des Vorfußes in Richtung Pronation betrug  $13,64^\circ$  ( $\pm 7,45^\circ$ ). Nach der Operation lag der Mittelwert bei  $7^\circ$  ( $\pm 8,19^\circ$ ). Die Verbesserung der Vorfußstellung ist signifikant ( $p=0,016$ ).

Bei den Grice-Green-Patienten zeigten ebenfalls alle Patienten präoperativ eine Pronationsstellung. Bei 90% aller Patienten wurde dies durch die Operation zwar verbessert, dennoch blieb eine Pronationsabweichung erhalten. In 10% konnte eine Korrektur in Rectusstellung erreicht werden.

Präoperativ lag die mittlere Abweichung des Vorfußes bei  $19,58^\circ$  ( $\pm 8,91^\circ$ ). Nach der Operation betrug die mittlere Deviation  $11,25^\circ$  ( $\pm 7,11^\circ$ ). Die Signifikanz dieses Ergebnisses ist hoch ( $p=0,004$ ).

Im Vergleich zwischen den beiden OP-Methoden ist festzustellen, dass der präoperative Mittelwert der Vorfußabweichung in der Grice-Green-Gruppe höher lag als in der Vergleichsgruppe, so dass trotz höherer Signifikanz in der Verbesserung in weniger Fällen eine Rectusposition resultierte als bei den Kalix-Patienten.

Obwohl in der Gruppe der Kalix-Patienten postoperativ mehr Patienten eine orthograde Vorfußstellung aufwiesen, ist der Unterschied zwischen den Gruppen nicht signifikant ( $p=0,13$ ).

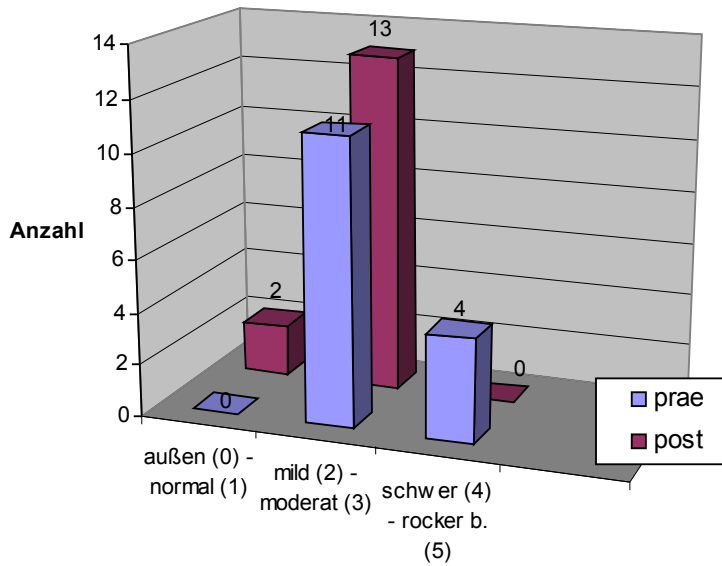
### 3.3.5 Fußgewölbe

In 15 Fällen in der Kalix-Gruppe und in 12 Fällen in der Grice-Green-Gruppe lagen prä- und postoperative Befunde zum Fußgewölbe vor, die durch podoskopische Untersuchung erhoben wurden. Als Bewertungsmaßstab wurde, wie im Methodenteil erläutert, die Einteilung nach Tachdjian (133) verwendet.

Innerhalb der Kalix-Gruppe konnte in 8 Fällen eine Verbesserung des Fußgewölbes festgestellt werden, in 7 Fällen war keine Änderung festzustellen, hierunter ein Fall, in

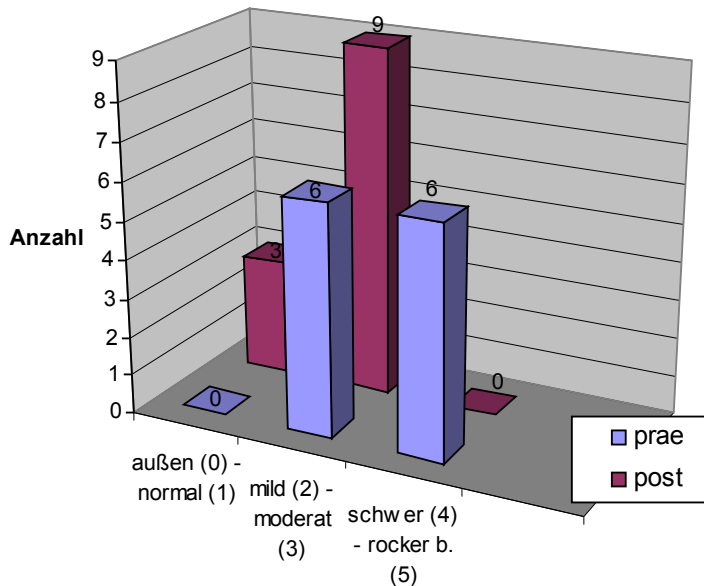
dem Implantatverrutschen vorlag. Bei den Grice-Green-Patienten wurde in allen untersuchten Fällen eine Verbesserung festgestellt.

**Abb. 37: Fußgewölbe bei Kalix-Patienten im prä-post-Vergleich**



Die mittlere Bewertung in der Kalix-Gruppe lag präoperativ bei 3,2. Diese konnte postoperativ auf 2,1 verbessert werden ( $p=0,004$ ).

**Abb. 40: Fußgewölbe bei GG-Patienten im prä-post-Vergleich**



In der Grice-Green-Gruppe zeigte sich ein präoperativer Mittelwert von 3,5, der sich nach der Operation auf 2,2 verbesserte. Auch dieses Ergebnis ist hoch signifikant ( $p=0,0015$ ).

Somit tragen beide Operationsmethoden in hoch signifikanter Weise zu einer besseren Ausbildung des Fußgewölbes bei.

Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Methoden ließ sich hierbei nicht feststellen ( $p= 0,92$ ).



### 3.3.6 Klinische Fallbeispiele

- I männlicher Patient, idiopathischer Pes planovalgus beidseits,  
OP mit Kalix-Implantat bds. und ASV li. im Alter von 11 Jahren



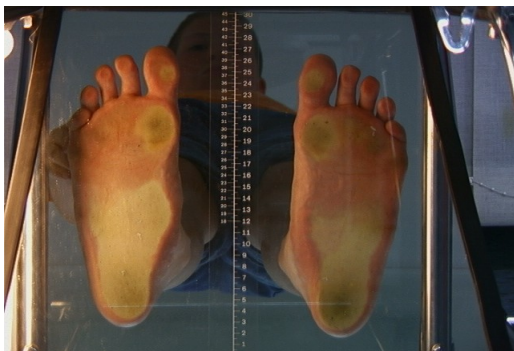
Präoperativ:

- Belastungsabhängige Schmerzen trotz Einlagenversorgung
- deutlicher Rückfußvalgus  $>20^\circ$  bds.



Postoperativ:

- guter klinischer Gesamteindruck mit Valgusreduzierung auf  $< 5^\circ$  bds., Hypersensibilität im Bereich des Gelenkspalts bds.



Präoperativ:

- aufgehobenes Fußgewölbe bds. mit „rocker-bottom“-Deformität und deutlicher medialer Prominenz



Postoperativ:

- Ausbildung eines normalen Fußgewölbes bds. mit normaler Druckverteilung

II männlicher Patient, Pes planovalgus bds. bei ICP, OP nach Grice-Green und ASV li. Fuß, Alter bei OP 12 Jahre



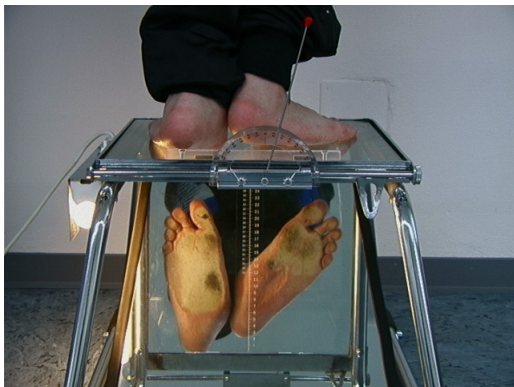
Präoperativ:

- ausgeprägter Pes planovalgus li. mit Vorfußabduktion und Talusprominenz;
- mediale Schuhaufragung
- medialer Fußrand stark beschwielt;
- 25° Rückfußvalgus
- am Rollator mobilisiert



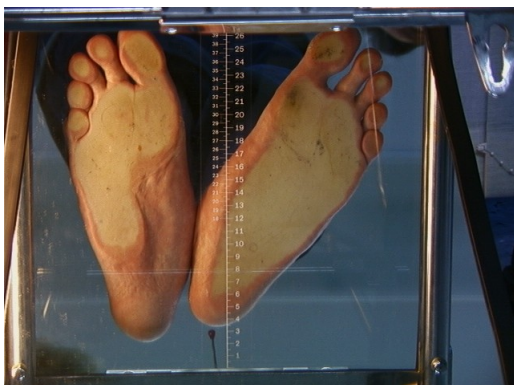
postoperativ:

- weiter Vorfußabduktion
- RF-Valgus bei 10°
- weiter mediale Schuhabnutzung
- über kurze Strecken eigenständig gehfähig



Präoperativ:

- keine Fußgewölbeausprägung
- „rocker-bottom“-Deformität
- mediale Prominenz



Postoperativ:

- deutliche Ausbildung eines Fußgewölbes
- Wegfall der medialen Belastungszone



III weibliche Patientin, Pes planovalgus li. bei ICP, OP mit Kalix-Implantat und ASV, Alter bei OP 9 Jahre



Präoperativ:

- deutliche Vorfußabduktion
- RF-Valgus  $>15^\circ$
- progrediente Schmerzen über kurze Strecken gehfähig



Postoperativ:

- klinisch positiver Eindruck mit RF-Valgus  $<5^\circ$
- schlechtes Gangbild mit lateraler Abrollung
- subjektiv, verschlechterte Gehdistanz, Schmerzen
- Druckschmerz über lat. Malleolus



Präoperativ:

- milde Einschränkung der Gewölbeausbildung



Postoperativ:

- normales Fußgewölbe, kein radiologisches, pedobarografisches oder klinisches Korrelat für persistierende subjektive Beschwerden



Explantation nach 17 Monaten

Aufrechterhaltung des  
Korrekturergebnisses

IV männlicher Patient, Pes planovalgus bds. bei M. Down  
Kalix-Implantat und ASV bds., Alter bei OP 10 Jahre



Präoperativ:

- RF-Valgus bds.  $>15^\circ$
- mediale Beschwiellung
- Belastungsschmerzen
- nur kurze Strecken  
gehfähig



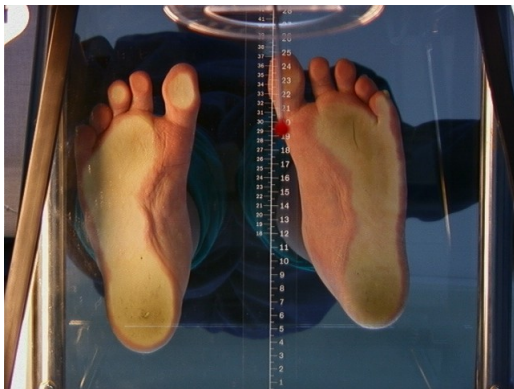
Postoperativ:

- gutes klinisches Ergebnis
- RF-Valgus bds.  $<5^\circ$
- keine Schmerzen
- freie Gehfähigkeit bei  
flüssigem Gangbild



Präoperativ:

- moderate Gewölbeausbildung



Postoperativ:

- nur minimale Veränderungen zum präoperativen Befund

## 3.4 Radiologische Untersuchung

### 3.4.1 Winkelverhältnisse

Wie im Methodenkapitel beschrieben, wurden anhand präoperativer Bilder und im Rahmen der Follow-up-Untersuchung bei Aufnahmen des belasteten Fußes in zwei Ebenen der seitliche und anterioposteriore Talocalcanealwinkel (TCs und TCap), der Calcaneusbodenwinkel (CBW) und das „Talar-head-uncovering“ (THU) bestimmt.

Bei Unklarheiten wurden zur Verlaufskontrolle auch frühere postoperative Aufnahmen, insofern vorhanden, zu Rate gezogen.

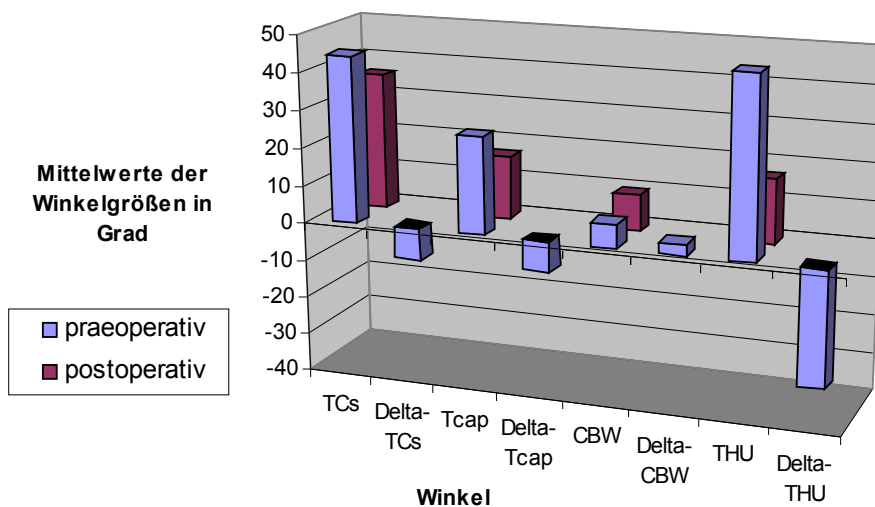
In 15 Kalix- Fällen konnte ein prä-postoperativer Vergleich des TCs vorgenommen werden. Durch die Operation konnte der im Mittel präoperativ bei  $44,3^\circ$  ( $\pm 9,9^\circ$ , Spannweite  $21-62^\circ$ ) liegende Winkel auf  $35,9^\circ$  ( $\pm 8,0^\circ$ , Spannweite  $22-56^\circ$ ) reduziert werden. Diese Reduzierung ist im Sinne einer Horizontalisierung des Talus als erwünscht zu betrachten. Die Verbesserung ist hoch signifikant ( $p=0,008$ ).

Aufgrund stärkerer Abhängigkeit von der Qualität der Aufnahme konnte nur bei 13 Kalix-Patienten verlässlich der TCap bestimmt werden. Dieser betrug präoperativ im Mittel  $25,3^\circ$  ( $\pm 9,9^\circ$ , Spannweite  $14-53^\circ$ ), postoperativ  $16,6^\circ$  ( $\pm 10,4^\circ$ , Spannweite  $4-40^\circ$ ). Auch hier ist die Reduzierung als erfolgreiche Korrektur der Talusstellung zu werten. Auch dieses Ergebnis ist hoch signifikant ( $p=0,008$ ).

Ebenfalls bei 13 Patienten wurde der CBW gemessen. Dieser Winkel konnte von durchschnittlich  $5,7^\circ$  ( $\pm 6,1^\circ$ , Spannweite  $0-20^\circ$ ) präoperativ auf  $9,6^\circ$  ( $\pm 6,2^\circ$ , Spannweite  $0-20^\circ$ ) postoperativ erhöht werden, blieb jedoch weit unter der in der Literatur angegebenen Norm von  $20-25^\circ$  zurück (129). Es zeigte sich keine signifikante Veränderung ( $p=0,07$ ).

Das ebenfalls bei 13 Patienten ermittelte THU verringerte sich von  $47\%$  ( $\pm 20\%$ , Spannweite  $10-80\%$ ) präoperativ auf  $17\%$  ( $\pm 32\%$ , Spannweite  $0-85\%$ ) postoperativ. Auch hier ist die Tendenz deutlich in Richtung einer Verbesserung der Taluslage in Hinblick auf die benachbarten Strukturen des Fußskeletts zu werten. Die Veränderung ist statistisch signifikant ( $p=0,02$ ).

Abb. 39: Radiologische Daten der Kalix-Patienten im prä-post-Vergleich



	TCs	Delta-TCs	Tcap	Delta-Tcap	CBW	Delta-CBW	THU	Delta-THU
praeoperativ	44,27	-8,33	25,92	-8	6,27	2,9	47	-30,38
postoperativ	35,93		16,6		9,57		16,62	

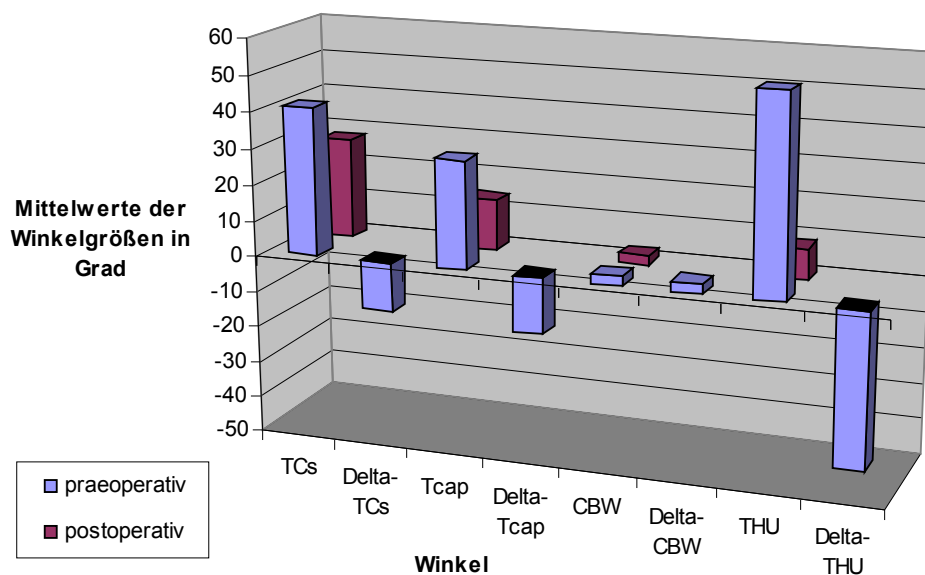
Bei den Grice-Green-Patienten erfolgte eine Bestimmung des TCs bei 13 Patienten. Der präoperative Durchschnittswert lag hier bei 41,3° ( $\pm 19,0^\circ$ , Spannweite 18-69°) und verringerte sich postoperativ auf einen mittleren Wert von 27,6° ( $\pm 15,2^\circ$ , Spannweite 8-58°). Auch hier ist die Verbesserung signifikant ( $p=0,02$ ).

Der TCap konnte in 12 Fällen gemessen werden. Hier lag der präoperative Durchschnitt bei 29,9° ( $\pm 8,9^\circ$ , Spannweite 17-45°). Postoperativ ließ sich ein Wert von 14,3° ( $\pm 5,5^\circ$ , Spannweite 8-24°) bestimmen. Diese Reduzierung ist statistisch hoch signifikant ( $p=0,007$ ).

Der CBW betrug präoperativ im Durchschnitt 2,5° ( $\pm 3,8^\circ$ , Spannweite 0-8°), postoperativ 2,3° ( $\pm 4,2^\circ$ , Spannweite 0-12°), was sogar eine geringfügige Verschlechterung darstellt, statistisch jedoch nicht signifikant ist ( $p=0,1$ ).

Der THU konnte in 12 Fällen bestimmt werden. Es zeigte sich präoperativ ein Durchschnittswert von 53,9% ( $\pm 21,7\%$ , Spannweite 10-88%), postoperativ reduzierte sich der Wert auf 8,5% ( $\pm 19,7\%$ , Spannweite 0-60%), was eine statistisch hoch signifikante Verbesserung darstellt ( $p=0,008$ ).

Abb. 40: Radiologische Daten der GG-Patienten im prä-post Vergleich



	TCs	Delta-TCs	Tcap	Delta-Tcap	CBW	Delta-CBW	THU	Delta-THU
praeoperativ	41,3	-13,7	29,9	-15,6	2,5	2,67	54,86	-42,71
postoperativ	27,6		14,3		2,57		8,5	

Im Vergleich zwischen den beiden untersuchten Patientenkollektiven lässt sich feststellen, dass sich durch Anwendung beider Operationsmethoden die Winkelverhältnisse im Fußskelett soweit korrigieren lassen, dass signifikante Verbesserungen des TCs, des TCap und des THU hin zur Norm resultieren. Ein statistisch signifikanter Vorteil einer der beiden Methode ließ sich hierbei nicht erkennen. Dennoch sind die erwünschten Auswirkungen der Grice-Green-Methode auf die Winkelverhältnisse im Fußskelett tendenziell noch ein wenig auffälliger als bei der Kalix-Methode.

Die Veränderungen beim CBW waren weniger imposant, in der Grice-Green-Gruppe sogar nahezu gar nicht feststellbar.



### 3.4.2 Radiologisch erkennbare Komplikationen

Bei der Auswertung der Röntgenaufnahmen wurde darauf geachtet, ob radiologisch erkennbare Komplikationen vorlagen, die in anderen Untersuchungsmethoden nicht auffielen oder aber in anderen Untersuchungen erkannte oder vom Patienten geäußerte Probleme erklärbar machten.

Bei den Kalix-Patienten wurde hierzu insbesondere auf die Lage des Implantats im Sinus tarsi geachtet. In der anterioposterioren Aufnahme sollte die Positionierung des Implantats im Sinus erkennbar sein, in der seitlichen Aufnahme der Querdurchmesser des Implantats als Zeichen für eine korrekte Lage in horizontaler Richtung.

Abweichungen und Dislokationen in Übereinstimmung mit einem klinisch erfassbaren Beschwerdebild und einem allgemeinen Korrekturverlust wurden als Zeichen für eine Luxation des Implantats gedeutet. In ähnlicher Weise wurde im Falle der Grice-Green-Arthodesen die Lage des Knochenspans auf eventuelle Abweichungen kontrolliert.

Des Weiteren musste geklärt werden, ob es zu einer Resorption des Spans gekommen war. Insgesamt wurden die benachbarten Knochenstrukturen auf degenerative Veränderungen hin untersucht.

In 8 von 19 kontrollierten Fällen in der Kalix-Gruppe (42,1%) wurden radiologisch erfassbare Komplikationen festgestellt. Mit 31,6% der Fälle stellte das schon an anderer Stelle dokumentierte Verrutschen des Implantats das größte Problem dar. In einem dieser Fälle deckte sich das radiologisch erkannte Implantatverrutschen nicht mit dem klinischen Erscheinungsbild und dem erreichten Korrekturergebnis. Zu vermuten steht hier eine Aufrechterhaltung des Korrekturergebnisses durch einen bereits gut ausgebildeten Weichteilmantel. In 10,5% der Fälle zeigten sich leichte degenerative Veränderungen der umgebenden Knochenstrukturen.

In der Gruppe der Grice-Green-Patienten wiesen die Aufnahmen von 5 der untersuchten 15 Fälle Komplikationen auf (33,3%), die zu 20,0% in einer Resorption des Knochenspans und in 13,3% in degenerativen Veränderungen bestanden. Das Verrutschen des Implantats bildete das spezifische Problem der Kalix-Gruppe, die Spanresorption das der Grice-Green-Gruppe. Es traten jedoch mehr radiologisch erfassbare Komplikationen bei den Patienten auf, die mit einem Implantat versorgt worden waren.

### 3.4.3 Radiologische Fallbeispiele

I männlicher Patient, Pes planovalgus bds. bei ICP, Operation nach Grice-Green und ASV bds., Alter bei OP 10 Jahre



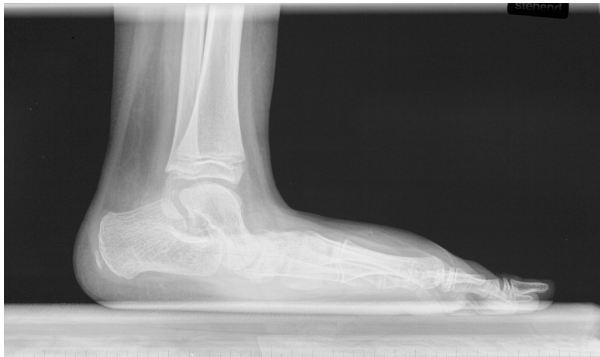
Links präoperativ:

- Naviculare-Subluxation
- TC-Winkel 69°



Links postoperativ:

- Aufrichtung des Fußskeletts
- TC-Winkel 35°
- keine Lyse, Dislokation oder Resorption
- Sinus nicht ganz durchbaut



Rechts präoperativ:

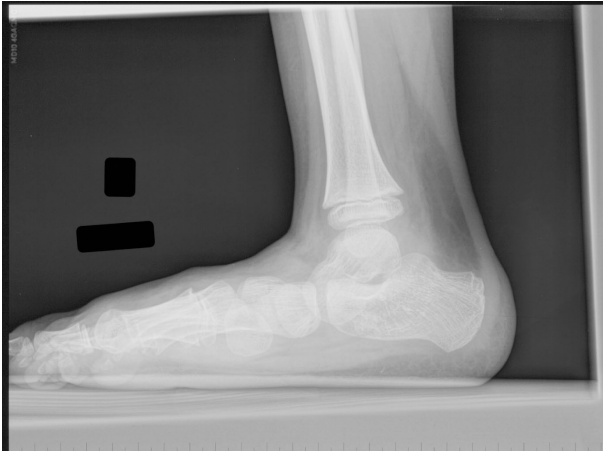
- Naviculare-Subluxation
- TC-Winkel 57°



Rechts postoperativ:

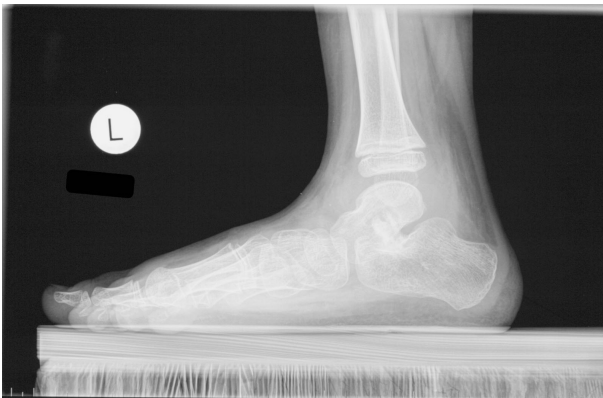
- Aufrichtung des Fußskeletts
- TC-Winkel 34°
- keine Lyse, Dislokation oder Resorption

II männlicher Patient, Pes planovalgus li. bei ICP mit Hemiparese,  
OP nach Grice-Green und ASV li., Alter bei OP 7 Jahre



Links präoperativ:

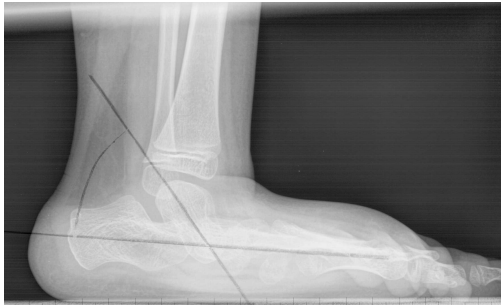
- TC-Winkel  $58^\circ$
- CBW  $8^\circ$



Links postoperativ:

- TC-Winkel  $58^\circ$
- CBW  $12^\circ$
- partielle  
Spanresorption

III männlicher Patient, Pes planovalgus bds. bei ICP, OP mit Kalix-Implantat und ASV bds., Alter bei OP 6 Jahre



Rechts präoperativ:

- TC-Winkel  $51^\circ$
- CBW  $1^\circ$



Rechts postoperativ:

- TC-Winkel  $41^\circ$
- CBW  $9^\circ$



Links präoperativ:

- TC-Winkel  $46^\circ$
- CBW  $1^\circ$



Links postoperativ:

- TC-Winkel  $56^\circ$
- CBW  $6^\circ$
- Inaktivitätsosteoporose

Korrekturverlust bei Implantat-Verrutschen; bislang keine Entfernung, da keine Beschwerden

IV weibliche Patientin, Pes planovalgus bds. bei ICP, OP mit Kalix-Implantat und ASV, PR, Kniebeugesehnenverlängerung und Adduktorenentotomie bds., Alter bei OP 11 Jahre



Rechts präoperativ:

- TC-Winkel  $34^\circ$
- CBW  $4^\circ$
- Reduktion des Knochenmineralgehaltes



Rechts postoperativ:

- TC-Winkel  $28^\circ$
- CBW  $8^\circ$
- gute Implantatlage
- weiterhin osteopenische Zeichen



Links postoperativ:

- kompletter klinischer Korrekturverlust bei Implantatverrutschen
- TC-Winkel  $40^\circ$
- CBW  $2^\circ$
- Osteopenie
- Implantatentfernung nach 19 Monaten

## 3.5 Pedobarografische Untersuchung

### 3.5.1 Pedobarografische Daten

In der statistischen Auswertung wurden folgende Parameter berücksichtigt: Maximale Kraft (MF), Spitzendruck (PP), Kontaktfläche (CA), Impuls (FTI), Lateral-medialer-Kraft-Index (LMFI) und Lateral-medialer-Impuls-Index (LMFTII). Die Auswertung erfolgte unter einer Aufteilung des Fußes in 10 Regionen. Die Ergebnisse der statistischen Analyse bestätigten die im Methodenteil angestellten Überlegungen in der Hinsicht, dass eine gezielte Betrachtung der Regionen Metatarsalbereich 1 (MH1), Metatarsalbereich 5 (MH5) und Rückfuß (Hf) für die Beantwortung der relevanten Fragen nach Verlagerung der Hauptbelastungszonen von medial nach lateral und einem verbesserten Abrollverhalten am aussagekräftigsten ist. In den übrigen Regionen zeigten sich in der Auswertung keine signifikanten Änderungen bzw. keine Veränderungen, die in einem sichtbaren Zusammenhang mit den übrigen Daten standen. Daher reduzierte sich die Beurteilung der Ergebnisse auf die Daten und Regionen der untersuchten Füße, bei denen sich eine klare Tendenz der Veränderung im prä- und postoperativen Vergleich und auch im interoperativen Vergleich ableiten ließen.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse lässt sich der nachfolgenden tabellarischen Übersicht entnehmen:

Tabelle 5: Pedobarografische Daten

Parameter	Mittel.	Std.abw.	p-Wert	Mittel	Std.abw.	p-Wert	p-Wert
Untersuchungen			prä-post			prä-post	Kalix/GG
MF MH1 prä	77,7	59,42		82,7	29,54		0,9639
MF MH1 post	42,5	22,8	0,0506	53,3	29,03	0,063	0,3275
MF MH5 prä	13,2	5,544		13,3	7,284		0,9278
MF MH5 post	16,1	13,94	0,4768	23,8	22,92	0,0277	0,0726
MF Hf prä	152	101,2		169	89,63		0,6184
MF Hf post	216	78,47	0,0506	221	74,98	0,0425	0,8277
PP MH1 prä	289	195,1		183	137,3		0,2614
PP MH1 post	116	66,33	0,0506	47,4	51,29	0,028	0,0043
PP MH5 prä	86,1	38,37		40,3	24,37		0,0265
PP MH5 post	87,3	96,1	0,859	33,1	30,55	0,7353	0,1027
PP Hf prä	262	247,3		155	105,6		0,6184
PP Hf post	229	129,7	0,7671	77,2	82,35	0,7353	0,0033
CA Hf prä	23,6	6,705		24	4,974		0,6184
CA Hf post	28	5,208	0,0209	28,9	4,314	0,0425	0,5315
FTI MH1 prä	36,1	35,46		34,7	25,81		0,7511
FTI MH1 post	19,5	11,79	0,1386	19,6	21,06	0,2489	0,4794
FTI MH5 prä	4,1	1,84		3,79	2,256		0,5257
FTI MH5 post	6,14	4,174	0,0504	8,93	8,667	0,028	0,5312
FTI Hf prä	41,3	32,19		47,2	46,45		0,7513
FTI Hf post	127	85,04	0,0077	82,3	55,01	0,018	0,1059
LMFI prä	0,9	0,522		0,64	0,158		0,3893
LMFI post	1,03	0,251	0,1386	1,22	0,364	0,018	0,242
LMFTII prä	-40,4	97,8		-66,9	66,78		0,497
LMFTII post	-2,94	43,27	0,1731	41,1	35,73	0,018	0,0167

MF=Maximum Force

PP=Peak Pressure

CA=Contact Area

FTI=Force-Time-Integral

LMFI=Lateral-Medial-Force-Index

LMFTII=Lateral-Medial-Force-Time-Integral-Index

Hf=Hindfoot

MH=Metatarsal Head

signifikant p<0,05

signifikant p<0,05

hoch signifikant p<0,01

hoch signifikant p<0,01

Anhand der dargestellten Ergebnisse ließ sich in beiden Untersuchungsgruppen hinsichtlich der Parameter Maximalkraft, Spitzendruck und Impuls eine Verringerung der Werte an der medialen Fußseite (MH1) und eine Zunahme der Werte auf der lateralen Seite (MH5) erkennen. Dies ergänzt die Erkenntnisse aus der klinischen Untersuchung in Hinblick auf die inspektorisch erkennbare Reduzierung der Knickfußstellung und der daraus resultierenden Verringerung der Belastung des medialen Fußrandes im Laufprozess. Diese Verlagerung von Medial nach Lateral stellte sich innerhalb der beiden Untersuchungsgruppen in vielen Fällen statistisch signifikant dar, es ließ sich jedoch mit Ausnahme der Veränderung des Parameters Spitzendruck, bei dem die Veränderungen an der medialen Fußkante in der Grice-Green-Gruppe signifikant größer waren, kein erkennbarer signifikanter Unterschied zwischen den beiden Operationsmethoden erkennen.

Die Ermittlung der Indices, die in Hinblick auf den Impuls und die Kraft eine Angabe des Verhältnisses zwischen medialer Fußachse und lateraler Fußachse erlauben und somit für die Fragestellung dieser Untersuchung von besonderer Relevanz waren, offenbarten für beide Untersuchungsgruppen eine stärkere Betonung der lateralen Komponente im postoperativen Status durch eine Positivierung der Werte. Diese ist in beiden Indices jedoch nur für die Grice-Green-Gruppe im prä- postoperativen Vergleich statistisch signifikant. Der Impuls-Index zeigt auch im interoperativen Vergleich einen statistisch signifikanten Vorteil der Grice-Green-Methode. Signifikante Veränderungen zeigten sich im Bereich des Rückfußes. Während die untersuchten Patienten präoperativ dazu tendierten, flach mit dem gesamten Fuß oder sogar vorfußlastig aufzutreten, ließ sich postoperativ eine signifikante Verstärkung der Rückfußbelastung bei den Parametern Kraft, Impuls und auch hinsichtlich der Belastungsfläche in beiden Untersuchungsgruppen erkennen. Beim Spitzendruck zeigte sich in beiden Gruppen eine Verringerung des Wertes als Zeichen für eine günstigere Kraft-Flächenverteilung.

Insgesamt spricht dies für ein natürlicheres Verhalten beim Auftreten und ein verbessertes Abrollverhalten, welches im Bereich des Rückfußes beginnt. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Operationsmethoden ließ sich nur beim Spitzendruck zugunsten der Grice-Green-Methode erkennen.

Bezieht man zusätzlich die grafische Darstellung der Fußdruckmessung mit in die Auswertung ein, so lässt sich folgende Tendenz erkennen:



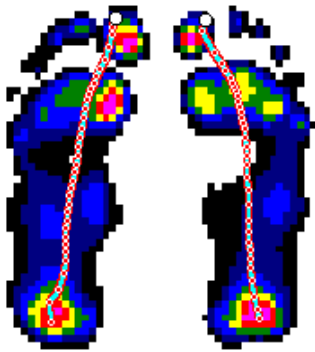
- Beide Methoden sorgen für eine Reduzierung der allgemeinen Belastung der medialen Fußachse und eine Verlagerung derselben auf die laterale Achse.
- Das Abrollverhalten und der Vorgang des Auftretens werden natürlicher durch eine verstärkte Einbeziehung des Rückfußes. Teilweise wurde der Rückfuß postoperativ erstmalig in den Vorgang einbezogen, da präoperativ primär mit dem Vorfuß aufgetreten wurde.
- Die auf dem Podoskop erkennbare Verbesserung des Fußgewölbes zeigt sich auch in der grafischen Darstellung der pedobarografischen Messung.
- Unnatürliche, durch Knochendeformitäten und hervorstehende Knochenstrukturen bedingte Punkte großer Kraft- und Druckbelastung im Druckbild werden beseitigt oder minimiert.

Alle diese Veränderungen finden sich bei beiden Operationsmethoden in ähnlich signifikanter Weise.

Geringe Vorteile der Grice-Green-Methode lassen sich im direkten interoperativen Vergleich erkennen, sollten jedoch hinsichtlich der gemachten Einschränkungen dieser Untersuchungsmethode nur in Bezug zu den übrigen Untersuchungen gewertet werden.

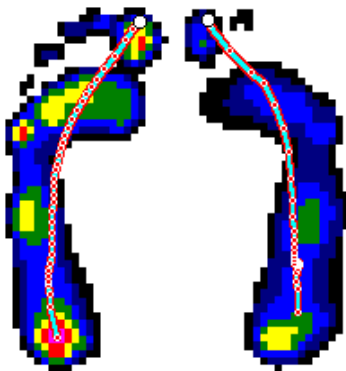
### 3.5.2 Pedobarografische Fallbeispiele

- I männlicher Patient, idiopathischer Pes planovalgus beidseits,  
OP mit Kalix-Implantat bds. und ASV li. im Alter von 11 Jahren



Präoperativ:

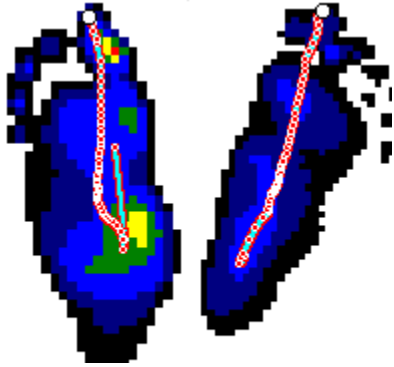
- bds. deutlicher Pes planovalgus mit kaum ausgeprägtem Gewölbe
- mediale Prominenz



Postoperativ:

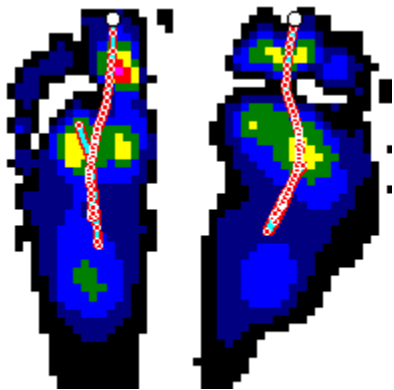
- deutliche Entlastung der medialen Regionen unter Ausbildung eines normalen Gewölbes
- korreliert mit gutem klinischen und radiologischen Befund

II männlicher Patient, Pes planovalgus bds. bei ICP, OP nach Grice-Green und ASV li. Fuß, Alter bei OP 12 Jahre



Präoperativ:

- bds. Deformität, kein Gewölbe, mediale Prominenz



Postoperativ:

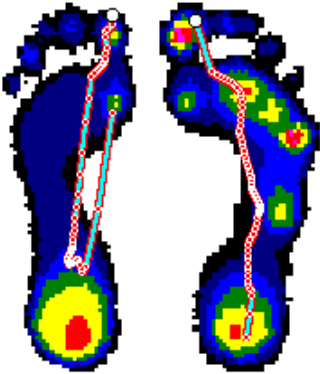
- Verbesserung des Druckbildes, bessere Druckverteilung im Abrollvorgang, kaum Gewölbe, mediale Entlastung
- korreliert gut mit den radiologischen und klinischen Befunden

III weibliche Patientin, Pes planovalgus li. bei ICP, OP mit Kalix-Implantat und ASV, Alter bei OP 9 Jahre



Präoperativ:

- schwere Deformität links, kein Gewölbe, starke Mittelfuß- und Großzehenballenbelastung, Ferse wird nicht in den Abrollvorgang einbezogen
- mediale Prominenz



Postoperativ:

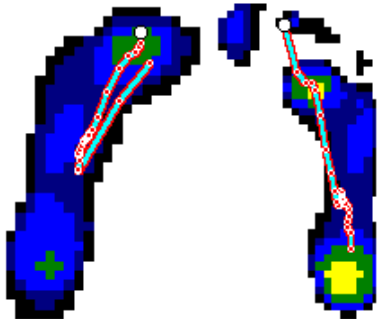
- deutliche Normalisierung des Druckbildes, annähernd normales Gewölbe, mediale Entlastung
- korreliert wie auch die radiologischen und klinischen Befunde nicht mit der subjektiven Schmerzsymptomatik der Patientin



nach Implantatentfernung (nach 17 Monaten) :

- Korrekturergebnis wird aufrecht erhalten, weiterhin gutes Druckbild

IV männlicher Patient, Pes planovalgus bds. bei M. Down, OP mit Kalix-Implantat und ASV bds., Alter bei OP 10 Jahre



Präoperativ:

- moderate Pes planovalgusdeformität im Druckbild, schlechtes Abrollverhalten links unter Ausschaltung der Ferse



Postoperativ:

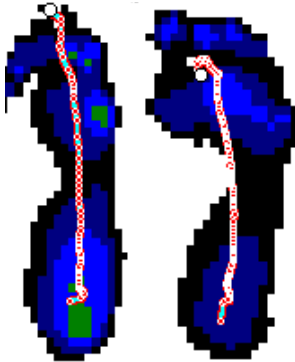
- geringe Unterschiede, besseres Abrollverhalten links
- korreliert mit nur geringen Veränderungen in der radiologischen und biometrischen Untersuchung, aber insgesamt gutes klinisches Ergebnis

IV weibliche Patientin, Pes planovalgus bds. bei ICP, OP mit Kalix-Implantat und ASV, Psoasrelease, Kniebeugesehnenverlängerung und Adduktorentenotomie bds., Alter bei OP 11 Jahre



Präoperativ:

- bds. schwere Pes planovalgusdeformität, kein Gewölbe, mediale Hauptbelastungszone, Abrollvorgang nur über Mittel- und Vorfuß



Postoperativ:

- gutes Korrekturergebnis rechts mit Ausbildung eines annähernd normale Gewölbes
- Korrekturverlust links wegen Implantatverrutschens
- Gute Korrelation mit den klinischen und radiologischen Befunden

### 3.6 Postoperatives Ergebnis

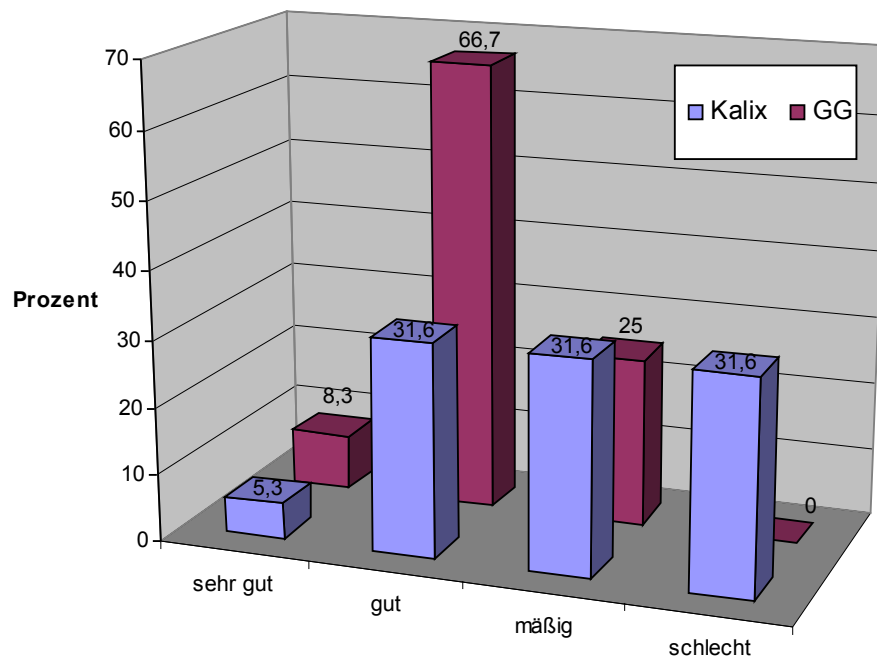
Anhand der im Methodenteil beschriebenen Vorgehensweise wurden die postoperativen Untersuchungsergebnisse einem objektivierbaren Bewertungsverfahren unterzogen.

19 Kalix-Operationen und 12 Grice-Green-Operationen boten Ergebnisse in der Vollständigkeit, die hierzu notwendig war.

Ein Operationsergebnis der Kalix-Gruppe erhielt eine sehr gute Bewertung, jeweils 6 Operationen wurden mit gut, mäßig und schlecht bewertet. Bei einer Einstufung der Wertungen von sehr gut = 1 bis schlecht = 4 ergab sich ein durchschnittliches Ergebnis von 2,9.

In der Grice-Green-Gruppe zeigte eine Operation ein sehr gutes Ergebnis, 8 Operationen ein gutes und 3 Operationen ein mäßiges. Kein Operationsergebnis wurde mit schlecht bewertet. Dies ergab eine durchschnittliche Bewertung von 2,2.

Abb. 41: Postoperatives Ergebnis im interoperativen Vergleich



Die Ergebnisse, die in der Grice-Green-Gruppe ermittelt wurden, erwiesen sich im Durchschnitt als signifikant besser als in der Kalix-Gruppe ( $p=0,03$ ).

36,9 % der Kalix-Operationen erzielten somit ein gutes oder sehr gutes Ergebnis. Dies deckt sich nicht mit der subjektiven, im Fragebogen ermittelten Zufriedenheit, die in 73 % der Fälle vorhanden war.

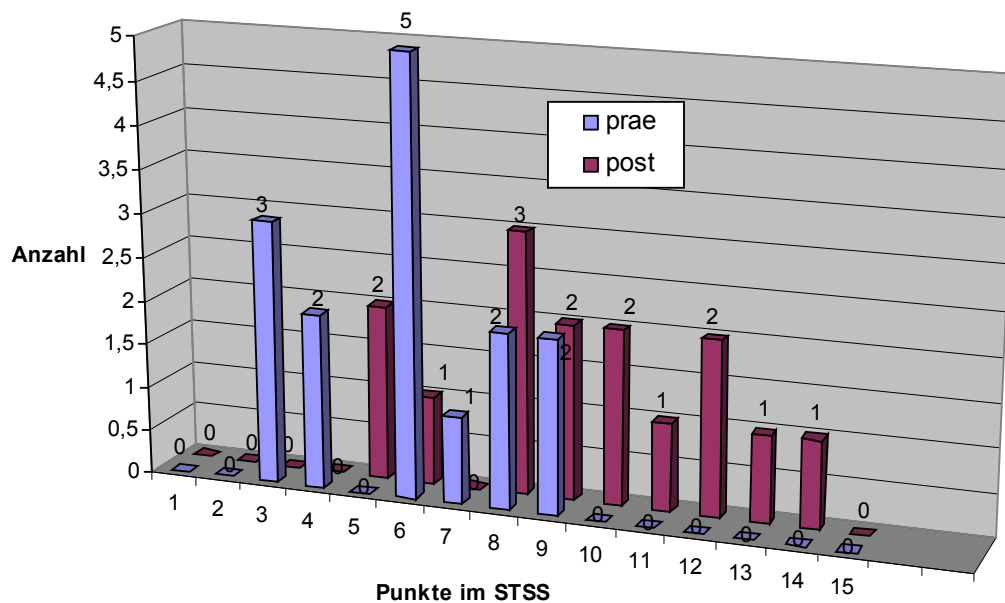
75 % der Grice-Green-Operationen wurde ein gutes bis sehr gutes Ergebnis bescheinigt. Dies steht in guter Übereinstimmung mit 84 % Zufriedenheit in der Fragebogenauswertung.

### 3.7 Auswertung des Subtalaren Stabilisationsscores (STSS)

Insgesamt 15 operierte FüÙe aus der Kalix-Gruppe und 10 FüÙe aus der Grice-Green-Gruppe konnten zusätzlich zum zuvor durchgeführten Bewertungsverfahren mit dem Subtalaren Stabilisationsscore objektiv postoperativ beurteilt werden. Bei den nicht beurteilten FüÙen lagen die benötigten Daten nicht lückenlos vor.

Bei einem maximal erreichbaren Punktwert von 15 wiesen die untersuchten FüÙe in der Kalix-Gruppe präoperativ einen Durchschnittswert von 5,9 auf ( $\pm 2,1$ , Spannweite 3 bis 9). In hoch signifikanter Weise konnte dieser Wert postoperativ auf im Mittel 9,3 ( $\pm 2,8$ , Spannweite 5 bis 14) gesteigert werden ( $p=0,0006$ ). Dies entspricht einer durchschnittlichen Verbesserung um 3,4 Punkte (minimal 2, maximal 6).

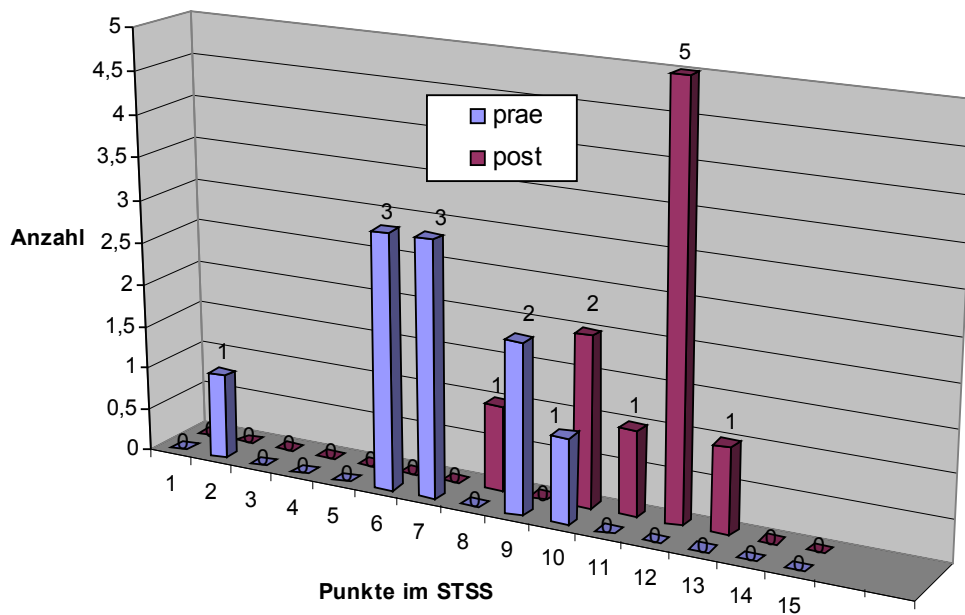
Abb. 42: STSS bei Kalix-Patienten im prä-post-Vergleich





Ebenfalls hoch signifikant ( $p=0,005$ ) war die postoperative Verbesserung des Scores in der Grice-Green-Gruppe. Hier konnte der Wert von einem präoperativen Durchschnitt von 6,9 ( $\pm 2,2$ , Spannweite 2 bis 10) auf im Mittel 11,2 ( $\pm 1,5$ , Spannweite 8 bis 13) erhöht werden, entsprechend einer durchschnittlichen Verbesserung um 4,3 Punkte (minimale Verbesserung 2 Punkte, maximal 8 Punkte).

Abb. 45: STSS bei GG-Patienten im prä-post-Vergleich



Beide Operationsmethoden waren demnach in der Lage, den STSS in hoch signifikanter Weise zu verbessern, ohne dass ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Methoden zu erkennen war.

Der STSS ergänzt den eher klinisch orientierten Bewertungsmaßstab des vorigen Abschnitts um die radiologischen Daten und die Frage nach der Mobilitätsverbesserung. Er korreliert besser mit der subjektiven Zufriedenheit aus der Fragebogenerhebung als die Ergebnisbewertung des vorigen Abschnitts, in der die Kalix-Gruppe deutliche Abweichungen zeigte.

### 3.8 Unterschiede im Operationserfolg nach zugrunde liegender Diagnose

Wegen der nur geringen Anzahl der Patienten, deren Fußdeformität nicht durch eine ICP bedingt war, ließ sich eine statistische Analyse nicht mit der notwendigen Aussagekraft durchführen. Daher kann der Operationserfolg in Abhängigkeit von der Diagnose nur tendenziell betrachtet werden. Hierzu wurden die Patienten mit einem durch Zerebralparese entstandenen Pes planovalgus als eine Gruppe betrachtet, die Patienten, die durch ligamentäre Laxizität im Rahmen von genetischen Syndromen oder idiopathisch eine solche Fußdeformität entwickelten, als Vergleichsgruppe.

Analysiert man auf diese Weise die mit dem Kalix-Implantat versorgten Patienten, so zeigt sich, dass in beiden Gruppen jeweils ein Drittel der Implantate verrutschte und es zu einem Korrekturverlust kam.

Allerdings zeigte die nicht-ICP-Gruppe keine operationsbedingten Komplikationen und auch keine radiologisch erkennbaren pathologischen Veränderungen. Während die Zufriedenheit der Patienten beider Gruppen gleich gut war, konnte in der nicht-ICP-Gruppe eine um durchschnittlich 1,4 Punkte deutlichere Verbesserung des podoskopischen Ergebnisses erzielt werden. Auch die Normalisierung der radiologischen Winkelverhältnisse war in der nicht-ICP-Gruppe ausgeprägter. Ebenso ließ sich der Subtalare Stabilisationsscore stärker verbessern, während im Ergebnisscore die ICP-Gruppe einen größeren Sprung machte.

<b>Kalix</b>	<b>Nicht- ICP</b>	<b>ICP</b>
<b>ØZufr.</b>	2,00	2,00
<b>ΔErgebnis</b>	+1,75	+2,74
<b>ΔSTSS</b>	+4,30	+2,88
<b>ΔTCs</b>	-4,30	-9,00
<b>ΔTCap</b>	-14,50	-6,50
<b>ΔPodo</b>	+2,00	+0,60

Tab. 6: Unterschiede im Operationserfolg in der Kalix-Gruppe

Innerhalb der Gruppe der Patienten, die eine Grice-Green-Arthrodeese erhielten, zeigten sich OP-Komplikationen nur bei einem nicht-ICP-Patienten, in 50% der Fälle, bei denen keine ICP zugrunde lag, zeigten sich radiologisch Knochenkeilresorptionsvorgänge. Insgesamt minimal waren die Unterschiede bei der postoperativen Zufriedenheit, im

Ergebnisscore und in der podoskopischen Untersuchung. Im subtalaren Stabilisations-score schnitten die nicht-ICP-Patienten besser ab, radiologisch ist das Bild nicht einheitlich.

<b>GG</b>	<b>Nicht-ICP</b>	<b>ICP</b>
<b>øZufr.</b>	2,00	1,90
<b>ΔErgebnis</b>	+2,00	+2,20
<b>ΔSTSS</b>	+5,30	+3,70
<b>ΔTCs</b>	-3,00	-18,30
<b>ΔTCap</b>	-24,30	-11,90
<b>ΔPodo</b>	+1,30	+1,30

Tab. 7: Unterschiede im Operationserfolg in der GG-Gruppe

Vergleicht man nun die beiden OP-Methoden untereinander unter Gegenüberstellung der Diagnosegruppen, so sind innerhalb der nicht-ICP-Gruppe keine eindeutigen Vorteile einer OP-Methode zu ermitteln. Mit Ausnahme des podoskopischen Befundes sind maximal leichte Vorteile bei den objektiven Befunden für die invasivere Grice-Green-Methode zu ermitteln, denen stehen jedoch vermehrte radiologisch erkennbare Knochenresorptionsprozesse gegenüber. In der ICP-Gruppe weisen die Ergebnisse jedoch auf ein besseres Outcome bei der Grice-Green-Methode hin. Sowohl die radiologischen und podoskopischen Werte als auch der Subtalare Stabilisations-score sprechen für dieses Verfahren, die Zufriedenheit ist vergleichbar, der Ergebnisscore in der Gesamtschau nicht eindeutig. Hinzu kommen geringere Komplikationen im Vergleich zur OP-Methode mit dem Kalix-Implantat.

	<b>Nicht-ICP Kalix</b>	<b>Nicht-ICP GG</b>	<b>ICP Kalix</b>	<b>ICP GG</b>
<b>øZufr.</b>	2,00	2,00	2,00	1,90
<b>ΔErgebnis</b>	+1,75	+2,00	+2,74	+2,20
<b>ΔSTSS</b>	+4,30	+5,30	+2,88	+3,70
<b>ΔTCs</b>	-4,30	-3,00	-9,00	-18,30
<b>ΔTCap</b>	-14,50	-24,30	-6,50	-11,90
<b>ΔPodo</b>	+2,00	+1,30	+0,60	+1,30

Tab. 8: Gegenüberstellung

## 4 Diskussion

In der Gesamtschau der innerhalb dieser Studie und im Literaturvergleich gewonnenen Erkenntnisse lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Die Erfolgsrate der Grice-Green Methode konnte bestätigt werden, insbesondere die Konsistenz und Stabilität der Ergebnisse bei unterschiedlichen Grunderkrankungen. Aufgetretene Komplikationen sind bereits in der Literatur beschrieben, insgesamt aber im Rahmen der erfolgten Nachuntersuchung gering. In der Literatur als negativ eingestufte radiologische Veränderungen wie Spanresorption sind in Ihrer Bedeutung zu relativieren. Es wird betont, dass der Erfolg der Operationsmethode vom klinischen Gesamtbild des Patienten abhängig gemacht werden muss, eine umfassende Befunderhebung mit radiologischer Untersuchung, Podoskopie und Pedobarografie wird zur besseren Objektivierbarkeit der Befunde und im Sinne einer Standardisierung empfohlen, Scores wie der STSS oder der Ergebnisscore werden in diesem Sinne zur Diskussion gestellt.

Während in Bezug auf das Korrekturpotential im Rahmen der radiologischen, podoskopischen, pedobarografischen und klinischen Untersuchung die Ergebnisse der Kalix-Implantatoperation der Methode nach Grice-Green als nahezu ebenbürtig eingestuft werden müssen, zeigten sich in höherem Maße postoperative Beschwerden und Komplikationen, die Zufriedenheit war geringer, die Ergebnisse insgesamt inkonstanter. Insbesondere das Problem der Implantatluxation ist ernstzunehmen.

Da die Ergebnisse der Arthrorise innerhalb des ICP-Patientenkollektivs schlechter einzustufen waren als die der Grice-Green-Methode, wird empfohlen, bevorzugt nicht paralytische und idiopathische Pes planovalgi mit einem Arthroriseverfahren zu versorgen. Diese Patienten profitieren durch die weniger invasive Methode mit geringerer Morbidität, kürzerer Immobilisation und potentieller Reversibilität der Methode mit ähnlichem Korrekturpotential. Aufgrund des an sich höheren Selbstkorrekturpotentials insbesondere bei den idiopathischen Plattfußdeformitäten kann hier zunächst abwartend verfahren und eine Operation im Alter von 9-12 Jahren

durchgeführt werden (25). Unter korrekter Durchführung der Operation und strengem postoperativen biomechanischen Therapieregime stellt die Arthrorise bei diesen Patienten eine effektive Methode dar (49, 86, 141).

In Bezug auf die Wahl des Arthroriseverfahrens wird empfohlen, auf ein Implantat zurückzugreifen, welches nach bisherigen Ergebnissen ein geringes Luxationspotential besitzt und ein wenig ausgeprägtes Beschwerdebild zeigt. Bevorzugt zu nennen sind hier das bioresorbierbare und expandierbare Implantat nach Giannini (46, 48) oder das Maxwell-Brancheau-Implantat (33, 89).

Ob das Kalix-Implantat langfristig die Forderungen von Therapiestabilität und gering ausgeprägtem Beschwerdebild erfüllen kann, müssen Langzeitstudien zeigen.

Nach den Erkenntnissen dieser Studie wird empfohlen, die Arthrorise bei durch ICP bedingten Pes planovalgi eher zurückhaltend einzusetzen. Die Grice-Green-Methode scheint bislang das Verfahren mit größerer Therapiesicherheit und Korrekturstabilität bei dieser Grunderkrankung zu sein, insbesondere dann, wenn durch begleitende Weichteileingriffe muskuläre Imbalancen beseitigt werden. Eine Operation sollte hier frühzeitig erfolgen, nach Grice in einem Alter ab 4 Jahren (51), um eine frühe Funktions- und Mobilitätsverbesserung und damit normalere körperliche und motorische Entwicklung zu ermöglichen.

Was das Verfahren der Arthrorise bei Plattfußdeformitäten im Rahmen einer ICP anbelangt, so müssen Langzeitstudien erst Ergebnisstabilität unter engmaschiger Nachkontrolle beweisen. Insbesondere muss innerhalb dieser Studien der Frage nachgegangen werden, welche Weichteileingriffe die Korrekturstabilität fördern können.

Die Empfehlung von Giannini, eine Achillessehnenverlängerung durchzuführen, bis 10° Dorsalflexion möglich ist, reicht alleine nicht aus (46).

Die vorliegende Studie erbrachte eine subjektive Zufriedenheit mit der Operationsmethode nach Grice und Green bei 84% der Patienten, kein Patient zeigte sich unzufrieden.

Die Zufriedenheit korreliert gut mit dem Ergebnis aus dem Ergebnisscore, welcher den Rückfußvalgus und den Podoskopbefund integriert. Dieser zeigte eine Erfolgsquote von

75% bei einem Durchschnittsscore von 2,2. Der Rückfußvalgus reduzierte sich hoch signifikant von durchschnittlich 22,92° präoperativ auf 9,17° postoperativ, in 41,7% der Fälle wurde eine orthograde Stellung erreicht. Der podoskopische Befund zeigte eine Verbesserung in 100% der Fälle.

In Einklang damit stehen signifikante bis hoch signifikante Verbesserungen der radiologischen Winkelverhältnisse, der TCs und TCap zeigten postoperativ im Kollektivdurchschnitt Normwerte.

Konform gehen die Ergebnisse der pedobarografischen Untersuchung. Hierbei ist eine Entlastung der medialen Fußregionen zugunsten der lateralen zu erkennen, der Rückfuß wird verstärkt in den Abrollprozess mit einbezogen, im Bereich des Mittelfußes wird im Druckbild ein Gewölbe erkennbar. Die Veränderungen sind überwiegend signifikant.

Der am Uniklinikum Münster entwickelte STSS (81) zeigt eine hoch signifikante Verbesserung um 4,3 Punkte auf durchschnittlich 11,2 von 15 Punkten. Eine in der Literatur beschriebene Reduktion des Hilfsmittelbedarfs (81) bestätigt sich durch eine signifikante Reduzierung des hierfür verwendeten Scores von 7,2 auf 5,8. Dem konform geht eine signifikante Verbesserung der Mobilität von 4,1 auf 4,5.

In der Literatur in unterschiedlicher Häufigkeit beschriebene Komplikationen wie Unterkorrektur oder Valgusrezidiv (112), Überkorrektur (10, 11, 64, 81) oder die Notwendigkeit von Zweiteingriffen (124) wurden im Rahmen dieser Studie nicht beobachtet. Bestätigt werden konnte das in der Literatur häufig beschriebene Phänomen der Spanresorption (10, 11, 30, 37, 44, 64, 91, 100, 149) in einer Häufigkeit von 20%. Dies sollte jedoch bei ansonsten gutem klinischen Gesamteindruck nicht überbewertet werden.

Degenerative Veränderungen, die mit einer Häufigkeit von bis zu 15% (45) beschrieben wurden, traten in 13% der Fälle auf. Hier ist jedoch oftmals schwer zu ermitteln, ob diese kausal in der Operation begründet liegen oder eventuell bereits präexistent waren.

Insgesamt reduzierte sich die Häufigkeit geäußerter Beschwerden von 91,7% auf 33,3%. Schmerzen und Funktionseinschränkungen wurden gleich häufig (jeweils 14%) ohne großen Unterschied zum präoperativen Befund genannt. Instabilitätsempfinden, welches bei 27% der Patienten präoperativ genannt wurde, stellte gar kein Problem

mehr dar, Schuhprobleme waren die am häufigsten geäußerten Beschwerden (in 37% der Fälle).

Aufgrund der langen Gipsimmobilisierung von 10 Wochen zeigten 40% der Patienten Muskelatrophien, es lagen keine erkennbaren Funktionsstörungen vor.

Hinsichtlich der Grunderkrankung der Patienten offenbarten sich im Vergleich zwischen den nicht paralytischen und den ICP-Patienten keine eindeutigen Unterschiede hinsichtlich Zufriedenheit, Ergebnis, Podoskopbefund und röntgenologischem Befund, lediglich in Bezug auf die Komplikationen und den STSS schnitten die nicht paralytischen Fälle etwas besser ab.

Dies deckt sich mit den Befunden der Literatur, die der Methode nach Grice-Green bei ICP ähnlich gute Erfolgsaussichten bescheinigen wie in Fällen von nicht paralytisch bedingtem Pes planovalgus (6, 7, 65, 86). Banks berichtet von negativen Ergebnissen in weniger als 10% (13). Lediglich in Fällen schwerer Tetraplegie sollte die Operationsindikation strenger gestellt werden (6), aufgrund der geringen Patientenzahl konnte dies im Rahmen dieser Studie jedoch nicht belegt werden.

Ergebnisse und Erfahrungen mit der extraartikulären Arthrodeese nach Grice und Green sind mittlerweile in der Literatur umfangreich dokumentiert. Neben Einzelstudien liegen zahlreiche Metastudien vor (6, 45, 65, 86, 112). Beim Literaturvergleich eigener Ergebnisse stellt sich das Problem der allgemeinen Heterogenität des Datenmaterials.

Während Grice und Green die Methode ursprünglich zur Therapie von Plattfußdeformitäten im Rahmen einer Poliomyelitis entwickelten (51), erweiterte sich der Indikationsbereich schnell um andere Formen paralytisch bedingter Deformitäten, z.B. bei infantiler Cerebralparese, aber auch um nicht paralytische und idiopathische Pes planovalgi. Demzufolge ist das untersuchte Patientenkollektiv in Bezug auf die Grunderkrankungen in den meisten Fällen sehr heterogen.

Des Weiteren verlassen sich die meisten Studien bei Indikationsstellung und Ergebnisevaluation überwiegend auf klinische Untersuchungsbefunde, in neueren Studien zunehmend auch auf radiologische Befunde. Podoskopische Daten werden seltener zu Rate gezogen, pedobarografische Untersuchungsbefunde finden erst in aktuellen Studien Zugang in die allgemeine Befunderhebung.

Auch im Rahmen dieser Studie konnte das Problem der Heterogenität des Patientenkollektivs in Bezug auf die Grunderkrankung wegen der eher geringen Patientenzahl nicht umgangen werden. Es wurde jedoch versucht, durch Anwendung klinischer, radiologischer, podoskopischer und pedobarografischer Untersuchungen ein umfassendes Bild der prä- und postoperativen Gesamtsituation der Patienten zu erstellen, um die Evaluation des Therapieerfolges sowohl im intra- als auch im interoperativen Vergleich objektivierbar zu machen.

Die Operation nach Grice-Green erfolgte nach etabliertem Standard. Unter enger Orientierung an der ursprünglichen Operationstechnik (51, 52) wurde aufgrund verzögerter Rehabilitation (30) und wegen der Gefahr der Ausbildung einer Valgusdeformität im oberen Sprunggelenk durch überschießendes Längenwachstum der Tibia (7, 97) bei dort erfolgter Spanentnahme ein Fibulaspan verwendet. Wegen geringerer Dislokationsgefahr wurde nur ein Span verwendet (136), auf die Verwendung von Fremdmaterial wurde verzichtet, da hierbei ein bis zu dreimal höheres Risiko des Nicht- einheilens beschrieben wird (37, 65, 100).

Zur Stabilisierung wurden temporär K-Drähte benutzt, da hierbei ein besseres Outcome zu erwarten ist (13, 15, 37). Ebenso als das Outcome der Arthrodesen verbessernd (136) werden begleitende Weichteileingriffe angesehen, die Zustände muskulärer Imbalance zu beseitigen vermögen. Besonders wichtig ist dies bei Patienten mit bestehender ICP, da eine anhaltende Korrektur der Deformität durch die bestehende Muskelspastik erschwert wird (50). Die Eingriffe wurden unter genauer Analyse der vorliegenden Gesamtsituation des Patienten durchgeführt (14, 71, 97). Besonders hervorzuheben ist die Verlängerung der Achillessehne, um eine Equinusfehlstellung zu beseitigen (11, 52, 64, 136). Ein gleichzeitiger Transfer beider Peronealsehnen wurde vermieden, da dieser Eingriff für das Auftreten zahlreicher Komplikationen, insbesondere Überkorrektur und späteres Valgusrezidiv durch Spanverrutschen, verantwortlich gemacht wird (65, 86, 100, 136). Es wurde vermieden, den Fuß in Überkorrektur einzugipsen, bevorzugt wurde Neutralposition (13, 93), maximal wurde geringfügige Unterkorrektur toleriert (71, 86, 112). Eine besonders tiefe Einnutung des Spans oder alternative Spanlagen zeigten bislang keine signifikanten Vorteile (65) und wurden hier nicht angewendet.



Erfolgsraten und Komplikationshäufigkeiten der Operationsmethode nach Grice-Green unterliegen in der Literatur einiger Variabilität, meist begründet in einer differierenden Erwartungshaltung und in unterschiedlicher Schwerpunktsetzung der Untersuchungsbefunde.

Umfangreiche Metastudien zeigen Erfolgsquoten zwischen 71% und 90% (6, 7, 45, 65, 86) mit besten Ergebnissen bei idiopathischen und nicht paralytischen Pes planovalgi, guten Ergebnissen bei milden Formen von Diplegie und Hemiplegie bei ICP (6, 112) und schlechteren Ergebnissen bei durch ICP bedingter Tetraplegie (6).

Ross und Lyne (112) wiesen 71% unbefriedigende Ergebnisse bei ICP und sogar 86% negative Ergebnisse bei nicht paralytischem Pes planus nach, nahmen jedoch das Auftreten eines Valgusrezidivs im oberen Sprunggelenk in 33% der ICP-Fälle bzw 50% der übrigen Fälle als Anhaltspunkt für ein Therapieversagen. Dies wurde jedoch an anderer Stelle hinreichend als nicht der Operation zuzuschreibendes Problem, sondern als Nachteil der Spanentnahme an der Tibia begründet (7, 97). Des Weiteren wurde eine radiologisch nachweisbare partielle Spanresorption negativ beurteilt. Es wurde jedoch nachgewiesen, dass negative radiologische Befunde nicht zwangsläufig negative klinische Ergebnisse liefern (7). Spanresorption sollte nicht mehr als dramatisch angesehen werden, da bindegewebige Ummauerung des Spans das Korrekturergebnis aufrecht zu erhalten vermag (65, 97). Das Rezidivrisiko ist nur um 4% erhöht, vermindert sich noch zusätzlich bei metallischer Fixation des Spans (37, 51, 65).

Andere Einzelstudien, die schwächere Ergebnisse nachweisen konnten (44, 100, 124), zeigen nach genauer Analyse konkrete Problemfelder, wie den gleichzeitigen Transfer beider Peronealsehnen (51) oder Operation trotz vorbestehender degenerativer Veränderungen (65), die das schlechtere Outcome zu erklären vermögen.

Als weniger invasives, die Gelenkfunktion erhaltendes und mit kürzerer Immobilisationszeit einhergehendes Verfahren steht die Arthrorise zur Verfügung. Zum im Rahmen dieser Studie verwendeten Kalix-Implantat liegen derzeit in der Literatur keine Referenzen vor. Lediglich Viladot beschreibt Ergebnisse mit diesem Implantat, allerdings für einen anderen Einsatzbereich (144).

Demnach müssen die Ergebnisse in Bezug gesetzt werden zu anderen Verfahren der Arthrorise, älteren wie neueren, um Vergleichspunkte bezüglich Erfolgsaussichten und Komplikationsraten zu erhalten und hierüber das spezifische Profil des Kalix-Implantats zu ermitteln.

Die vorliegende Untersuchung erbrachte bei den mit dem Kalix-Implantat versorgten Patienten eine Zufriedenheit von 73%, insgesamt 7% waren mit der Operation unzufrieden.

Anders als bei den Grice-Green-Patienten korreliert der Ergebnisscore unter Berücksichtigung des Rückfußvalgus und des Podoskopbefundes nur schlecht mit dem subjektiven Empfinden der Patienten. Nur 36,9% zeigten ein gutes oder sehr gutes Ergebnis, 6 von 19 wurden als schlecht eingestuft. Der Durchschnittswert lag bei 2,9.

Trotzdem wies auch die Arthrorise eine hoch signifikante Verbesserung des Rückfußvalgus im Kollektivdurchschnitt von 22,27° präoperativ auf 8° postoperativ auf mit orthograder Rückfußstellung in 53,3% der Fälle.. Auch die podoskopischen Befunde verbesserten sich hoch signifikant von 3,2 auf 2,1.

Zwar lag die Verbesserungsquote niedriger als bei der Methode nach Grice-Green, in diesem Kollektiv war der Ausgangswert jedoch höher. Auch der STSS verbesserte sich um durchschnittlich 3,4 Punkte hoch signifikant von 5,9 präoperativ auf 9,3 von 15 Punkten postoperativ. Die Unterschiede zur Grice-Green Methode sind hierbei nicht signifikant. In ähnlicher Weise verbesserten sich die durchschnittlichen Winkelverhältnisse in der radiologischen Beurteilung, auch hier ohne signifikanten Unterschied zur Methode nach Grice-Green.

Lediglich geringfügige Vorteile der Grice-Green Methode lassen sich in der pedobarografischen Untersuchung erkennen, insgesamt zeigt auch die Arthrorise im Durchschnitt Verbesserungen hinsichtlich einer Entlastung der medialen Fußregionen und einer besseren Rückfußintegration in den Laufprozess.

Die Diskrepanz zwischen den ähnlich guten technischen Untersuchungsbefunden einerseits und dem schlechten Abschneiden im Ergebnisscore und der geringeren Zufriedenheit mit der Operation erklärt sich aus der hohen Quote an Komplikationen und operationsbedingten Beschwerden.

Als entscheidende Komplikation ist das Implantatversagen mit Notwendigkeit der Explantation in 28,6% der Fälle zu nennen, in 5 von 6 Fällen wegen Luxation des Implantats, davon in 50% beidseits, in 1 von 6 Fällen wegen anhaltender Beschwerden. In einem weiteren Fall konnte radiologisch Implantatluxation nachgewiesen werden, dies blieb jedoch ohne klinisch erkennbare Konsequenzen.

Implantatluxationen sind in der Literatur auch bei anderen Verfahren der Arthrorise beschrieben worden (29, 33, 49, 138, 141).

Dockery (33) bringt dieses Problem in Verbindung mit Problemen in der Wahl der korrekten Implantatgröße und technischen Problemen bei der Implantateinbringung. Ein zu kleines Implantat kann eine Unterkorrektur und anhaltende Symptome zu Folge haben, ein zu groß gewähltes Implantat eine Überkorrektur und das Auftreten neuer Symptome. Eine zu tiefe oder zu mediale Lage provoziert eine funktionelle Fusion oder eine mediale Luxation, eine zu oberflächliche Positionierung eine laterale Luxation mit Korrekturverlust und der Notwendigkeit eines Zweiteingriffs. Valenti (138) sah die Lösung des Problems in der Erhaltung von 3-4° Pronation im Gelenk.

Bislang besteht keine hinreichend verlässliche Möglichkeit, vor Implantateinbringung mit absoluter Sicherheit die korrekte Größe zu bestimmen. Eine Möglichkeit bieten biomechanische Leichenstudien als Entscheidungshilfe. Eine solche liegt bislang nur für das MBA-Implantat vor (66).

Keine Probleme mit Implantatluxationen zeigten sich in Studien über das STA-Peg nach Smith (125, 126, 127, 128, 137), da dieses fest im Knochen verankert wird. Probleme entstanden hierbei durch Fehlimplantation, Kapselentzündungen und postoperatives Trauma.

Franchin beschreibt keine Luxationen (40), auch das MBA-Implantat nach Maxwell und Brancheau (33, 89) und das resorbierbare Implantat nach Giannini (46, 47, 48) sollen aufgrund hoher Materialflexibilität luxationsresistent sein.

In einem Fall erfolgte im Rahmen dieser Studie eine Implantatentfernung aufgrund anhaltender Beschwerden und Schmerzen, für die in den objektiven Untersuchungsbefunden kein Korrelat gefunden werden konnte. Dockery (33) benennt unter Bezug-

nahme auf das MBA-Implantat ein ähnliches Phänomen als „Lateral impingement syndrome“, welches auch beim STA-Peg angeführt wird (125). Es äußert sich insbesondere bei älteren Teenagern in der frühen postoperativen Phase bis Monate später als Schmerzsyndrom im lateralen Sinus unter Belastung und eingeschränkter Mobilität. Dieses wird als Druck des Implantats auf das umliegende Weichteilgewebe interpretiert. Dockery empfiehlt eine Injektion von 1 ml Bupivacain mit HCl und Epinephrin und 1 ml Dexamethason dreimalig alle 2 Wochen in den lateralen Sinus unter begleitender Entlastung mit Gehschiene und physiotherapeutischer Behandlung. Eine Studie zum Erfolg dieser Therapieempfehlung liegt jedoch nicht vor. Auch Giannini (46) beschreibt Schmerzen durch Implantatdruck, die jedoch bei Verwendung seines resorbierbaren Implantats nach vollständiger Resorption verschwanden.

Dennoch stellten Schmerzen ein ernstzunehmendes Problem im Rahmen dieser Studie dar. Schmerzen in der direkten postoperativen Phase lagen bei 29,3% der Kalix-Patienten vor, während bei den Grice-Green Patienten nur 7,7% postoperativ über Schmerzen klagten. Bei allgemeiner Beschwerdereduktion von 73,3% auf 33,3% postoperativ im Rahmen der Nachuntersuchung litten hiervon 40% der Patienten unter Schmerzen, wohingegen nur 13% präoperativ dieses Problem schilderten. Die Rate bei den Grice-Green Patienten lag nur bei 14%. Des Weiteren benannte keiner der Grice-Green-Patienten Instabilitätsgefühle als Problemfaktor, jedoch stieg die Rate bei den Kalix-Patienten von 23% präoperativ auf 30% postoperativ. Allerdings äußerten diese keine Probleme mehr mit dem Schuhwerk.

Aus dem spezifischen Beschwerdebild der Kalix-Patienten erklärt sich auch die Tatsache, dass sich die Mobilität, anders als bei den Grice-Green-Patienten, nur nicht signifikant von 3,5 auf 3,7 erhöhte, der Hilfsmittelgebrauch sich im Vergleich zur präoperativen Situation sogar von einem Score von 7,9 auf 10,0 erhöhte, da die jungen Patienten aufgrund der Schmerzen und der Instabilität wesentlich gehemmter und unwilliger waren, normales Gehverhalten zu zeigen. Insbesondere die ICP-Patienten, hierunter in hohem Maße die mit Intelligenzminderung, waren davon betroffen.

Auch in Bezug auf klinisch erkennbare Funktionsstörungen zeigten sich Unterschiede zur Grice-Green-Gruppe. Während in dieser postoperativ keine Störungen auftraten, bestätigten sich in der klinischen Untersuchung die geäußerten Beschwerden der Kalix-Patienten in Form von Schmerzen (bei 46,7%), Sensibilitätsstörungen (bei 13,3%) und Durchblutungsstörungen (bei 6,7%). In Kombination mit den Implantatversagern erklären diese Aspekte auch die geringere subjektive Zufriedenheit mit der Operationsmethode.

Die Erfolgsraten im Literaturvergleich der verschiedenen Arthroriseverfahren sind sehr variabel. Die Erfolgsaussichten mit dem STA-Peg belaufen sich auf 77% bis 96% (125, 127, 128, 137), Giannini erreicht Beschwerdereduktion um 76% (48), Franchin benennt 77% gute Ergebnisse (40) während Sanchez (116) gute Ergebnisse nur in 53% der Fälle ermittelt.

Auffällig ist die Variabilität bei dem Arthroriseverfahren nach Viladot (142). Während Viladot selber in 100% der Fälle gute Ergebnisse erzielte, konnten diese Ergebnisse von anderen Autoren nicht verifiziert werden. Weitere Studien mit dem Viladot-Implantat zeigten geringere Erfolgsraten mit einer hohen Anzahl von Komplikationen in Form von Schmerzen, keine konstanten radiologischen Verbesserungen und pedobarografisch unveränderte Druckbelastung im medialen Fußbereich (18, 25).

Hiernach ist festzustellen, dass die besten Ergebnisse in einem Großteil der Fälle von den Erstbeschreibern der entsprechenden Methode erzielt wurden, andere Autoren dies jedoch zumeist relativieren mussten. Die Bedeutung einer strengen Indikationsstellung und einer korrekten Operationsdurchführung muss an dieser Stelle betont werden (138). Zu einer besseren Einschätzung des Langzeiterfolges dieser Verfahren können nur Langzeitstudien beitragen (148), bis dahin ist ein solcher schlecht vorhersagbar (116). Dieser Forderung kann die vorliegende Studie nicht gerecht werden.

Neben den bereits geschilderten Problemen bieten die verschiedenen Verfahren auch klare Vorteile. Im Vergleich zur invasiveren Grice-Green-Methode ist die Operationstechnik leicht zu erlernen und durchzuführen, das Instrumentarium einfach (33), der Eingriff klein und reversibel, die Gelenkbeweglichkeit bleibt erhalten (148). Durch

bindegewebige Ummantelung bleibt das Korrekturergebnis auch im Wachstum bestehen, bioresorbierbare Implantate können so verwendet werden und machen eine spätere Entfernung unnötig (46). Die allgemeine Morbidität ist geringer, die Immobilisationsphase kürzer (151), Muskelatrophien werden, auch im Rahmen dieser Studie, nicht beobachtet. Moderne Materialien zeigen auch nicht mehr das Risiko von Fragmentierungen oder Verschleiß, Zement muss nicht mehr eingesetzt werden, Knochenmanipulationen bleiben aus (33).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Ergebnisse der Arthroriseverfahren im Literaturvergleich ermutigend, wenn auch nicht konstant sind. Langzeitstudien sind nötig, nach Möglichkeit mit umfassendem und standardisiertem Befunderhebungsverfahren und homogenen Patientenkollektiven. Verfahrensfehler der Operationstechniken sind aufzudecken und transparent zu machen, damit Therapieerfolge besser reproduzierbar werden.

Betrachtet man im Rahmen dieser Studie den Therapieerfolg der Arthrorise in Bezug auf die Grunderkrankung der Patienten, so zeigen sich deutlichere Unterschiede als bei der Methode nach Grice-Green. Während diese bei den nicht paralytischen und den ICP-Patienten vergleichbare, stabile Ergebnisse erzielen konnte, sind bei der Kalix-Arthrorise tendenziell schlechtere Ergebnisse bei den ICP-Patienten zu ermitteln. Während Implantatluxationen in gleichem Umfang bei den ICP-Patienten und den nicht paralytischen Fällen auftraten, zeigten die Letztgenannten keine weiteren Komplikationen und auch keine radiologischen Veränderungen im Sinne von Degenerationen (15% bei ICP).

Der Ergebnisscore, der STSS, die radiologischen Winkelverhältnisse und der Podoskopbefund wiesen bei den nicht paralytischen Patienten deutlichere Verbesserungen auf. Die Zufriedenheit mit der Operation war in beiden Gruppen gleich. Aufgrund der geringen Patientenzahl wurde hierbei auf die Ermittlung eines Signifikanzniveaus verzichtet.

Setzt man diese Erkenntnisse mit denen aus der Grice-Green-Gruppe in Beziehung, so zeigt sich kein eindeutiger Vorteil einer Operationsmethode innerhalb der nicht

paralytischen Patientengruppe. Die Ergebnisse deuten aber auf ein besseres Outcome bezüglich Ergebnisscore, radiologischer Parameter, podoskopischem Befund und STSS bei ähnlicher Zufriedenheit und geringerer Komplikationsrate der Grice-Green-Methode innerhalb des ICP-Patientenkollektivs hin.

## 5 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit berichtet über die Ergebnisse der Nachuntersuchung von insgesamt 42 Operationen bei symptomatischem, therapierefraktärem kindlichen Knickplattfuß bei 25 Patienten. Im Zeitraum der Jahre 2000 bis 2002 wurde bei insgesamt 21 Operationen bei 11 Patienten eine Arthrorise mit dem Kalix-Implantat angewendet.

Weitere 21 Operationen bei 14 Patienten wurden in Form einer extraartikulären Arthrodese nach der Grice-Green Methode durchgeführt.

Das Durchschnittsalter der Kalix-Patienten betrug bei Operation 9,7 Jahre mit einer Spannweite von 6 bis 14 Jahren, in der Grice-Green-Gruppe betrug das Alter im Durchschnitt 11,2 Jahre mit einer Spannweite von 5 bis 19 Jahren.

73% der Kalix- und 72% der Grice-Green-Patienten wiesen als Grunddiagnose eine Infantile Cerebralparese auf, 64% der Kalix-Patienten waren Di- oder Hemiplegiker, 9% Tetraplegiker. In der Grice-Green-Gruppe wiesen 58% der Patienten eine Di- oder Hemiplegie auf, 14% eine Tetraplegie.

Die übrigen Fälle zeigten idiopathische Knickplattfußdeformitäten oder Pes planovalgi bei Bänderlaxizität im Rahmen von Systemerkrankungen (Ehlers-Danlos-Syndrom, Wolf-Hirschhorn-Syndrom, M.Down).

Bei 85,7% der Kalix-Operationen wurden insgesamt 26 begleitende Weichteiloperationen zur Beseitigung muskulärer Imbalancen nach Studie der individuellen Gesamtsituation der Patienten durchgeführt, in 76,2% der Grice-Green-Operationen erfolgten insgesamt 23 begleitende Weichteiloperationen.

Insgesamt 8 von 11 Patienten der Kalix-Gruppe und 9 von 14 Patienten der Grice-Green-Gruppe nahmen den im Rahmen dieser Arbeit angesetzten Termin zur einjährigen Follow-up-Untersuchung wahr.

Insgesamt 8 Patienten erschienen nicht zur Nachuntersuchung. Hiervon konnten 5 Patienten gar nicht nachuntersucht werden, von 3 Patienten lagen Daten einer Nachuntersuchung vor, die vor Ausarbeitung des standardisierten Untersuchungsprozederes durchgeführt worden war, so dass hier teilweise klinische und radiologische Daten verwendet werden konnten.

Insgesamt konnten demnach 15 von 21 Füßen, die mit dem Kalix-Implantat versorgt wurden, und 14 von 21 Füßen, die mit der Methode nach Grice-Green operiert wurden, vollständig untersucht werden.

Insgesamt 13 der 18 Patienten mit ICP konnten nachuntersucht werden, 4 von 7 Patienten mit anderer Grunderkrankung.

Im Mittel verging zwischen der Operation und der Nachuntersuchung bei den Kalix-Patienten eine Zeit von 12,7 Monaten, bei den Grice-Green-Patienten dauerte es bis zur Nachuntersuchung im Mittel 17,5 Monate.

Das Studium der Patientenakten ergab Informationen zum präoperativen Status wie auch zum Operationsverlauf und eventuellen postoperativen Komplikationen.

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden die Patienten angehalten, einen Fragebogen zur Erhebung der subjektiven Zufriedenheit und des individuellen Beschwerdebildes auszufüllen. Verbesserungen oder Verschlechterungen der Mobilität und des Hilfsmittelgebrauchs wurden ebenfalls erfragt.

Im Rahmen der allgemeinen klinischen Untersuchung wurde der noch bestehende Rückfußvalgus bestimmt, ebenso Abweichungen der Vorfußstellung. Vorhandene Deformitäten, Funktionsstörungen und die Gelenkbeweglichkeit wurden dokumentiert, das Gangbild wurde begutachtet.

Es wurden Röntgenaufnahmen unter Belastung in zwei Ebenen angefertigt und an diesen der talocalcaneale Winkel in der seitlichen (TCs) und a.p. Aufnahme (TCap), der Calcaneusbodenwinkel (CBW) in der seitlichen sowie das Talar-head-uncovering (THU) in der a.p. Aufnahme bestimmt als radiologische Parameter für die Talusaufrichtung. Auf radiologisch erkennbare Komplikationen wurde geachtet.



Des Weiteren wurde eine pedobarografische Untersuchung durchgeführt, um anhand des Druckbildes im dynamischen Laufprozess Anhaltspunkte für ein verbessertes Abrollverhalten wie auch für eine Entlastung der medialen Fußregionen und des Mittelfußes zu erhalten.

Diese Untersuchung wurde durch podoskopische Aufnahmen und Beurteilung des Podoskopbefundes wie auch durch Fotoaufnahmen der Füße im Stehen vervollständigt. Zur besseren Objektivierbarkeit der Befunde wurden die Untersuchungsergebnisse aus der Bestimmung des Rückfußvalgus und der Podoskopie analog einer häufigen Vorgehensweise in der Literatur in einen Ergebnisscore integriert, der eine Beurteilung des Operationserfolges in sehr gut, gut, mäßig und schlecht ermöglichte. Des Weiteren wurde der am Uniklinikum Münster entwickelte Subtalare Stabilisationsscore STSS zu Rate gezogen, welcher zusätzlich noch radiologische Befunde und die Frage nach Verbesserung der Mobilität der Patienten mit berücksichtigt und einen Maximalwert von 15 Punkten aufweist.

84% der Grice-Green-Patienten zeigten sich subjektiv mit dem Operationserfolg zufrieden, das Operationsergebnis wurde in 75% der Fälle als Erfolg bewertet, in keinem Fall erfolgte eine schlechte Bewertung.

Der durchschnittliche Rückfußvalgus reduzierte sich hoch signifikant von 22,92° auf 9,17°, in 41,7% der Fälle lag postoperativ eine orthograde Stellung vor. Das Ergebnis der Podoskopie verbesserte sich hoch signifikant, in allen Fällen ließ sich eine Verbesserung der Gewölbeausbildung des Fußes feststellen.

Radiologisch waren signifikante bis hoch signifikante Verbesserungen der Winkelverhältnisse des TCs, des TCap und des THU festzustellen, keine deutlichen Veränderungen waren in Bezug auf den CBW zu erkennen. In 33,3% der Fälle waren radiologisch Komplikationen erkennbar, in 20% Spanresorption, in 13,3% degenerative Veränderungen.

Pedobarografisch zeigten sich überwiegend signifikante Veränderungen hinsichtlich einer Belastungsreduzierung der medialen Fußregionen und des Mittelfußes sowie deutliche Hinweise auf eine bessere Integration der Ferse in den Abrollprozess.

Die Häufigkeit der geäußerten Beschwerden reduzierte sich von 91,7% auf 33,3%, Schuhprobleme stellten prä- und postoperativ die häufigste Beschwerde dar, Instabilitätsgefühle konnten durch die Operation komplett beseitigt werden, Beschwerden hinsichtlich Schmerzen und Funktionseinschränkungen wurden in gleicher Häufigkeit geäußert wie präoperativ.

Funktionsstörungen wurden nicht beobachtet, als Folge der rund 10 Woche andauernden postoperativen Immobilisation konnten in 40% der Fälle Muskelatrophien festgestellt werden.

Die Mobilität der Patienten konnte signifikant verbessert werden, der Hilfsmittelgebrauch sank hoch signifikant.

Hinsichtlich der zugrunde liegenden Grunderkrankung der Patienten konnte zwischen den ICP-Patienten und den nicht paralytischen und idiopathischen Fällen in Bezug auf den Operationserfolg kein entscheidender Unterschied festgestellt werden. Zufriedenheit, Podoskopbefund, radiologische Ergebnisse, Ergebnisbewertung und STSS waren vergleichbar, lediglich die Komplikationsrate lag bei den nicht paralytischen Fällen etwas niedriger.

Die Ergebnisse decken sich mit den in der Literatur beschriebenen guten Erfahrungen mit der Methode nach Grice-Green bei idiopathischen, nicht paralytischen und durch ICP bedingten Knickplattfußdeformitäten. Die Komplikationsrate war gering, in der Literatur häufig geschilderte Komplikationen in Form von Unter- oder Überkorrektur und Valgusrezidiv wurden durch Methodenoptimierung und strikte Vermeidung häufiger Fehlerquellen in der Operationstechnik nicht beobachtet, Spanresorption sollte nach aktuellem Erkenntnisstand bei gutem klinischen Ergebnis nicht überbewertet werden.

Bei den Kalix-Patienten äußerten 73% der Patienten Zufriedenheit mit der Operation, 7% waren unzufrieden. Nur 36,9% zeigten ein gutes oder sehr gutes Ergebnis, 6 von 19 wurden als schlecht eingestuft.

Dem entgegen steht eine hoch signifikante Verbesserung des durchschnittlichen Rückfußvalgus von 22,27° auf 8° mit 53,3% orthograder Stellung. Auch die podoskopischen Befunde wiesen im Durchschnitt eine hoch signifikante durchschnittliche Verbesserungstendenz auf. Der STSS steigerte sich ebenfalls hoch signifikant von 5,9

auf 9,3. Ebenfalls die radiologischen Winkelverhältnisse wiesen eine deutliche Verbesserung hinsichtlich TCs, TCap und THU auf, der CBW blieb auch hier ohne signifikante Veränderungen.

Innerhalb dieser Untersuchungen zeigte sich kein signifikanter Unterschied zur Methode nach Grice-Green.

Lediglich geringfügig waren die Vorteile der Grice-Green-Methode in der pedobarografischen Untersuchung, auch die Arthrorise zeigte im Durchschnitt eine Entlastung der medialen Fußregionen und des Mittelfußes und eine verbesserte Rückfußintegration in den Laufprozess.

Verantwortlich für die Diskrepanz zwischen Operationsergebnis und den ansonsten guten technischen Untersuchungsbefunden war die hohe Quote an Komplikationen und operationsbedingten Beschwerden.

In 28,6% aller Fälle musste das Implantat entfernt werden, in 5 von 6 Fällen wegen Luxation mit Korrekturverlust, davon in 50% der Fälle beidseits, in 1 von 6 Fällen wegen anhaltender Beschwerden ohne klinisches Korrelat in Form von Implantatdruck auf das umliegende Weichteilgewebe.

In einem weiteren Fall konnte radiologisch Implantatluxation festgestellt werden, dies hatte jedoch keine klinisch erkennbaren Konsequenzen.

29,3% der Patienten mit dem Kalix-Implantat klagten unmittelbar postoperativ über Schmerzen, während es bei den Grice-Green-Patienten nur 7,7% waren.

Bei allgemeiner Beschwerdereduktion von 73,3% auf 33,3% stellten Schmerzen die am häufigsten geäußerte Beschwerde bei 40% der Patienten mit anhaltenden Beschwerden dar. Dies konnte im Rahmen der klinischen Untersuchung bestätigt werden.

Die Rate der Patienten, die über Instabilitätsgefühle klagten, stieg von 23% auf 30%.

Die Mobilitätsverbesserung war nicht signifikant, aufgrund der Instabilitätsgefühle und den anhaltenden Beschwerden erhöhte sich sogar der Hilfsmittelgebrauch im Vergleich zur präoperativen Situation.

Im Rahmen der klinischen Untersuchung zeigten sich neben der Schmerzproblematik Sensibilitätsstörungen in 13,3% und Durchblutungsstörungen in 6,7% der Fälle, Muskelatrophien wurden jedoch aufgrund der kürzeren postoperativen Immobilisationsphase nicht beobachtet.

In Hinblick auf die Grunderkrankung der Patienten erzielten die ICP-Patienten mit dem Kalix-Implantat im Durchschnitt schlechtere Ergebnisse als die idiopathischen und nicht paralytischen Fälle. Ergebnisscore, STSS, die radiologischen Winkelverhältnisse und der Podoskopbefund wiesen in der zuletzt genannten Gruppe deutlichere Verbesserungen auf, die Komplikationsrate war geringer, Implantatluxation trat jedoch gleich häufig auf.

Anhand der Ergebnisse dieser Arbeit und in Hinblick auf die Datenlage in der Literatur wird die Arthrorise als weniger invasives, reversibles, die Gelenkfunktion erhaltendes und mit kürzerer Immobilität und geringerer Morbidität einhergehendes Verfahren als Alternative zur Grice-Green-Operation bei idiopathischen und nicht paralytischen Knickplattfußdeformitäten nach vorheriger Ausschöpfung aller konservativen Maßnahmen empfohlen. Die Ergebnisse der Untersuchungsverfahren sind denen der Grice-Green-Methode vergleichbar. Entscheidend ist jedoch die Minimierung der Gefahr der Implantatluxation. Es wird empfohlen, auf ein Implantat zurückzugreifen, welches nach bisherigem Kenntnisstand aufgrund der Materialbeschaffenheit und des Einbringmechanismus eine geringere Luxationstendenz aufweist. In Frage kämen hier das Implantat nach Giannini (46, 48) oder das MBA-Implantat nach Maxwell und Brancheau (33, 89).

Eine ausreichende Erfahrung mit der Operationstechnik und in der Wahl der korrekten Implantatgröße stellen eine weitere Voraussetzung für den Therapieerfolg dar, biomechanische Studien können hierfür Hilfestellung bieten.

Es muss die Forderung nach Langzeitstudien zur Technik der Arthrorise gestellt werden, um die langfristige Therapiestabilität dieser Methode beurteilen zu können.

Zur operativen Behandlung des symptomatischen Knickplattfußes bei ICP wird weiterhin die Methode nach Grice-Green als die hinsichtlich des Therapieerfolges und der Therapiestabilität sicherste Methode angesehen. Unter genauer Analyse der biomechanischen Gesamtsituation des Patienten und passender Wahl der begleitenden Weichteiloperationen bietet dieses Verfahren ein hohes Korrekturpotential unter deutlicher Beschwerdereduktion der Patienten.

## 6 Literaturverzeichnis

1. Addante JB, Ioli JP, Chin MW (1982) Silastic sphere arthroereisis for surgical treatment of flexible flatfoot: A preliminary report  
J Foot Surg 21-2: 91-95
2. Aharonson Z, Arcan M, Steinbeck TV (1992) Foot-ground pressure pattern of flexible flatfoot in children, with and without correction of calcaneovalgus  
Clin Orthop 278: 177-182
3. Alakija W (1979) Prevalence of flat foot in school children in Benin City, Nigeria  
Trop Doct 9: 192-4
4. Albert E (1879) Zur Resektion des Kniegelenks.  
Wien med Presse 20: 705-741
5. Alexander IJ (1991) Der Fuß – Untersuchung und Diagnostik  
Berlin, Heidelberg, New York: 3 ff
6. Alman BA, Craig CL, Zimble S (1993) Subtalar arthrodesis for stabilization of valgus hindfoot in patients with cerebral palsy  
J Pediatr Orthop 13-5: 634-641
7. Aronson J, Nunley J, Frankovitch K (1984) Lateral talocalcaneal angle in assessment of subtalar valgus: Follow-up of seventy Grice-Green arthrodeses  
Foot and Ankle 4-2: 56-63
8. Bacardi BE, Rubin SZ, Turf RM (1989) Complications of the Grice-Green operation  
J Foot Surg 28-4: 325-332
9. v. Baeyer H (1912) Zur Plattfußfrage.  
Münch Med Wschr 23
10. Baker LD (1956) A rational approach to the surgical needs of the cerebral palsy patient  
J Bone Joint Surg 38 A-2: 313-323
11. Baker LD, Dodelin RA (1958) Extra-articular arthrodesis of the subtalar joint (Grice-procedure) – Results of seventeen patients with cerebral palsy  
JAMA 168: 1005-1008
12. Baker LD, Hill LM (1964) Foot alignment in the cerebral palsy patient  
J Bone Joint Surg 46 A-1: 1 ff

13. Banks HH (1981) The Grice procedure in "Letters to the editor"  
Clin Orthop 160: 309-311
14. Banks HH (1977) The management of spastic deformities of the foot and ankle  
Clin Orthop 122: 95-101
15. Barrasso JA, Wile PB, Gage JR (1984) Extraarticular subtalar arthrodesis with  
internal fixation  
J Pediatr Orthop 4-5: 555-559
16. Barry RJ, Scranton PE (1983) Flat feet in children  
Clin Orthop 181: 68-75
17. Bertani A, Cappello A, Benedetti MG, Simoncini L, Catani F (1999) Flat foot  
functional evaluation using pattern recognition of ground reaction data  
Clin Biomech 14-7: 484-493
18. Black PR, Betts RP, Duckworth T, Smith TW (2000) The Viladot implant in  
flatfooted children  
Foot Ankle Int 21-6: 478-481
19. Brancheau S, Maxwell J, Ritchey KL, Knudsen W (1996) The Valenti STJ  
Arthroereisis implant: A ten-year retrospective study in:  
Vickers NS, Ruch JA (Hrsg.) Reconstructive surgery of the foot and leg, Update  
96  
Tucker GA: The Podiatry Institute Publishing: 44-53
20. Bratberg JJ, Scheer GE (1977) Extra-articular arthrodesis of the subtalar joint: A  
clinical study and review  
Clin Orthop 126: 220-224
21. Bruyn JM, Cerniglia MW, Chaney DM (1999) Combination of Evans calcaneal  
osteotomy and STA-Peg arthroereisis for correction of the severe pes valgo  
planus deformity  
J Foot Ankle Surg 38(5): 339-46
22. Brown A (1968) A simple method of fusion of the subtalar joint in children  
J Bone Joint Surg 50 B-2: 369-371
23. Canale ST (Hrsg.) (1998) Campbell's operative orthopaedics Vol. 2  
Mosby, St. Louis: 1712 ff
24. Cappello T, Song KM (1998) Determining treatment of flatfeet in children  
Curr Opin Pediatr 10-1: 77-81
25. Carranza-Bencano A, Zamora-Navas P, Fernandez-Velazquez JR (1997)  
Viladot's operation in the treatment of the child's flatfoot  
Foot Ankle Int 18-9: 544-549

26. Carugno C, Iacobellis C, Pedini G (1990) Baropedometric studies in patients submitted to Grice-Green operation for primary valgus pronated flat foot  
Ital J Orthop Traumatol 16-3: 379-385
27. Chambers EF (1946) An operation for correction of flexible flatfoot in adolescents.  
Western J Surg Obst Gyn 54: 77-86
28. Coleman SS (1983) Complex foot deformities  
Lea Febiger, Philadelphia: 193-222
29. Crawford AH, Kucharzyk D, Roy DR, Bilbo J (1990) Subtalar stabilization of the planovalgus foot by staple arthroereisis in young children who have neuromuscular problems  
J Bone Joint Surg Am 72-6: 840-845
30. Crego CH, Ford LT (1952) An end result study of various operative procedures for correcting flat feet in children  
J Bone Joint Surg 34 A: 103 ff
31. Davis LA, Hatt WS (1955) Congenital abnormalities of the feet  
Radiology 64: 819-823
32. Dennyson WG, Fulford GE (1976) Subtalar arthrodesis by cancellous grafts and metallic internal fixation  
J Bone Joint Surg Br 58 B-4: 507-510
33. Dockery GL, Crawford ME (1999) The Maxwell-Brancheau arthroereisis (MBA) implant in pediatric and adult flexible flatfoot conditions  
Foot and Ankle Quaterly 12-4: 107-120
34. Döderlein L (1994) in: Die Behandlung der infantilen Zerebralparese  
Niethard F, Carstens C, Döderlein L (Hrsg.) Thieme, Stuttgart, New York:92 ff
35. Dwyer FC (1959) Osteotomy of the calcaneum for pes cavus  
J Bone Joint Surg 41 B: 80 ff
36. Ender A (1979) Indikationen und Methoden zur operativen Behandlung des Plattfußes  
Beitr Orthop u Traumatol 26 H-8: 412-418
37. Engstroem A, Erikson U, Hjelmstedt (1974) The results of extra-articular subtalar arthrodesis according to the Green-Grice method in cerebral palsy  
Acta Orthop Scan 45: 945-951

38. Forg P, Feldman K, Flake E, Green DR (2001) Flake-Austin modification of the STA-peg arthroereisis: A retrospective study  
J Am Podiatr Assoc 91-8: 394-405
39. Evans D (1975) Calcaneo-valgus deformity  
J Bone Joint Surg Br 57-3: 270-278
40. Franchin F, Quagliarella L, Galante VN, Boccia G (1985) La correction de l'éversion du pied chez l'enfant IMC avec une nouvelle prothèse du sinus tarse  
Acta Orthop Belg 51-5 : 771-781
41. Fraser RK, Menelaus MB, Williams PF, Cole WG ( ) The Miller procedure for mobile flat feet  
J Bone Joint Surg 77 B-3: 396-399
42. Fulford GE (1990) Surgical management of ankle and foot deformities in cerebral palsy  
Clin Orthop 253: 55-61
43. Gallie WE (1943) Subastralgar arthrodesis in fractures of the os calcis  
J Bone Joint Surg 25: 731-736
44. Gallien R, Marin F, Marquis F (1989) Subtalar arthrodesis in children  
J Pediatr Orthop 9-1: 59-63
45. Giannestras NJ, Smith RW (1980) Grice arthrodesis in nonparalytic flexible flat feet in:  
Bateman JE, Trott AW (Hrsg.) The Foot and Ankle  
Stuttgart, New York: 116-126
46. Giannini S, Girolami M, Ceccarelli F (1985) The surgical treatment of infantile flat foot, A new expanding endo-orthotic implant  
Ital J Orthop Traumatol 11: 315-322
47. Giannini S, Catani F, Ceccarelli F, Girolami M, Benedetti MG (1992) Kinematic and isokinetic evaluation of patients with flat foot  
Ital J Orthop Traumatol 18-2: 241-251
48. Giannini S, Ceccarelli F, Benedetti MG, Catani F, Faldini C (2001) Surgical treatment of flexible flatfoot in children: A four-year follow-up study  
J Bone Joint Surg Am 83: 73-79
49. Giorgini RJ, Schiraldi FG, Hernandez PA (1988) Subtalar arthroereisis: A combined technique  
J Foot Surg 27-2: 157-161
50. Glancy GL (1988) Surgical management of the flatfoot  
Instr Course Lect 37: 111-115



51. Grice DS (1952) An extra-articular arthrodesis of the subastragalar joint for correction of paralytic flat feet in children  
J Bone Joint Surg 34 A-4: 927-940
52. Grice DS (1955) Further experience with extra-articular arthrodesis of the subtalar joint  
J Bone Joint Surg 37 A-2: 246-258
53. Gross RH (1976) A clinical study of the Batchelor subtalar arthrodesis  
J Bone Joint Surg 58 A-3: 343-349
54. Guttman G (1981) Modification of the Grice-Green subtalar arthrodesis in children  
J Pediatr Orthop 1-2: 219-221
55. Guzmán Robles Ó, Peláez Serrano S (2002) Tratamiento del pie plano valgo flexible en niños con endortesis de expansión  
Acta Ortopédica Mexicana 16-4: 207-210
56. v. Haberler (1944) Zur operativen Behandlung des Knickfußes.  
Z Orthop 75: 207-212
57. Hadley N, Rahm M, Cain TE (1994) Dennyson-Fulford subtalar arthrodesis  
J Pediatr Orthop 14-3: 363-368
58. Hamel J, Kissling C, Heimkes B, Stotz S (1994) A combined bony and soft-tissue tarsal stabilization procedure (Grice-Schede) for hindfoot valgus in children with cerebral palsy  
Arch Orthop Trauma Surg 113-5: 237-243
59. Hart VL (1937) arthrodesis of the foot in infantile paralysis  
Surg Gyn Obstet 64: 794-805
60. Harty MP (2001) Imaging of pediatric disorders  
Radiol Clin North Am 39-4: 733-748
61. Hefti F, Brunner R (1999) Das abgeflachte Fußlängsgewölbe  
Orthopäde 28-2: 159-172
62. Helfet AJ, Gruebel Lee DM (1980) in: Disorders of the foot  
Helfet AJ, Gruebel Lee DM (Hrsg.) Philadelphia/Toronto: 43 ff
63. Hiller L, Pinney SJ (2003) Surgical treatment of acquired flatfoot deformity: what is the state of practice among academic foot and ankle surgeons in 2002?  
Foot Ankle Int 24(9): 701-5

64. Hsu LCS, Jaffray D, Leong JCY (1986) The Batchelor-Grice extra-articular subtalar arthrodesis  
J Bone Joint Surg 68 B-1: 125-127
65. Huppertz R, Kaps HP (1991) Subtalare Arthrodesse nach Grice-Langzeitergebnisse von 63 Operationen  
Z Orthop 129: 57-61
66. Husain Z, Fallat L (2002) Biomechanical analysis of Maxwell-Brancheau arthroerisis implants
67. Jäger M (1965) Zur orthopädischen Symptomatik und Therapie des Ehlers-Danlos-Syndroms  
Z Orthop Ihre Grenzgeb 99-4: 455-464
68. Jani L (1986) Der kindliche Knick-Senkfuß  
Orthopäde 15-3: 199-204
69. Jay RM (1999) Arthroereisis-Subtalar in:  
Jay RM (Hrsg.) Pediatric Foot and Ankle Surgery  
Saunders, Philadelphia: 182-191
70. Keats S (1974) Warning: Serious complications caused by routine rerouting of the peroneus longus and brevis tendons in performing the Grice procedure in cerebral palsy  
J Bone Joint Surg 56 A: 1304 ff
71. Keats S, Kouten J (1968) Early surgical correction of the planovalgus foot in cerebral palsy: Extra-articular arthrodesis of the subtalar joint  
Clin Orthop Rel Res 61: 223-233
72. Keim HA, Ritchie GW (1970) Weight-bearing roentgenograms in the evolution of foot deformities  
Clin Orthop 70: 133 ff
73. Kuwada GT, Dockery GL (1988) Complications following traumatic incidents with STA-peg procedures  
J Foot Surg 27-3: 236-239
74. Lahdenranta U, Pylkknen P (1972) Subtalar extra-articular fusion in the treatment of valgus and varus deformities in children  
Acta Orthop Scan 43: 438-460
75. Lanham RH (1979) Indications and complications of arthroerisis in hypermobile flatfoot  
J Am Podiatry Assoc 69: 178-185

76. Lancaster SJ, Pohl RO (1987) Green-Grice extraarticular subtalar arthrodesis: Results using a fibular graft  
J Pediatr Orthop 7-1: 29-33
77. Langford JH, Bozof H, Horowitz BD (1987) Subtalar arthroereisis: Valente procedure  
Clin Podiatr Med Surg 4: 153-161
78. Lanham RH (1979) Indications and complications of arthroereisis in hypermobile flatfoot.  
J Am Podiatry Assoc 69:178-185
79. Ledoux WR, Hillstrom HJ (2002) The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planus feet  
Gait Posture 15-1: 1-9
80. LeLievre J (1970) The valgus foot: Current concepts and correction  
Clin Orthop 70: 43-55
81. Leidinger B (2000) Die Therapie des Pes planovalgus im Kindesalter - Langzeitergebnisse der subtalaren extraartikulären Arthrodesen nach Grice-Green an der WWU Münster 1975-1995  
Unveröffentlichte Dissertation, WWU Münster
82. Lepow GM, Smith SD (1989) A modified subtalar arthroereisis implant for the correction of flexible flatfoot in children. The STA-peg procedure  
Clin Podiatr Med Surg 6-3: 585-590
83. Lombardi CM, Silver LM, Silhanek AD, Connolly FG, Ramcharitar SI (2001) Treatment of congenital convex pes valgus with navicular excision and subtalar arthroereisis: A case study  
J Foot Ankle Surg 40-3: 166-171
84. Lund SH (1965) Arthrorise pour pied plat  
Acta Orthop Scand 33: 234 ff
85. Lundeen R (1985) The Smith STA-peg operation for hypermobile plano-valgus in children  
J Am Podiatr Assoc 75: 177-183
86. Mallon WJ, Nunley JA (1989) The Grice procedure: extra-articular subtalar arthrodesis  
Orthop Clin North Am 20-4: 649-654
87. Mamas C (1989) Flatfoot: Subtalar arthroereisis with femoral medullary plug in:  
Jay RM (Hrsg.) Current therapy in podiatric surgery  
B.C. Decker, Philadelphia: 246-251

88. Maxwell JR (1992) Valenti arthroereisis and talonavicular fusion for collapsing pes valgus in the adult in:  
Vickers NS, Ruch JA (Hrsg.) Reconstructive surgery of the foot and leg, Update 92  
Tucker GA: The Podiatry Institute Publishing: 81-84
89. Maxwell JR, Carro A, Sun C (1999) Use of the Maxwell-Brancheau arthroereisis implant for the correction of posterior tendon dysfunction  
Clin Podiatr Med Surg 16-3: 479-489
90. McGlamry ED (1987) Fundamentals of foot surgery.  
Williams & Wilkins, Baltimore: 78-79
91. Meystre JL (1979) 10-Jahres-Resultate der extraartikulären Arthrodesen nach Grice  
Orthopäde 8: 172-175
92. Mohadghegh HA, Stryker WS (1984) Grice procedure using dowel iliac graft. Proceedings of the fourteenth annual meeting of the American Orthopaedic Foot Society  
Foot Ankle 4-1: 52-53
93. Moreland JR, Westin GW (1986) Further experience with Grice subtalar arthrodesis  
Clin Orthop 207: 113-121
94. Niederecker K (1959) Der Plattfuß  
Enke, Stuttgart
95. Nieny K (1905) Zur Behandlung der Fußdeformitäten bei ausgeprägten Lähmungen  
Arch Orthop Unfallchir 3: 60-64
96. Oeffinger DJ, Pectol Jr RW, Tylkowski CM (2000) Foot pressure and radiographic outcome measures of lateral column lengthening for pes planus deformity  
Gait Posture 12-3: 189-195
97. Paluska DJ, Blount WP (1968) Ankle valgus after the Grice subtalar stabilization: The late evaluation of a personal series with a modified technic  
Clin Orthop 59: 137-146
98. Parsch K (1973) Die extraartikuläre Arthrodesen nach Grice  
Z Orthop Ihre Grenzgeb 111-4: 457-460
99. Pisani G (1977) Considerazioni sull'artrosi della sotto-astragalica  
Chi Piede 1: 433-440

100. Pollock JH, Carrell B (1964) Subtalar extra-articular arthrodesis in the treatment of paralytic valgus deformities  
J Bone Joint Surg 46 A-3: 533-541
101. Powell HD (1983) Pes planovalgus in children  
Clin Orthop 177: 133-139
102. Prichasuk S, Siphurmsukskul O (1995) Kidner procedure for symptomatic accessory navicular and its relation to pes planus  
Foot and Ankle 16-8: 500-503
103. Quamra SR, Deodhar SD, Jit I (1980) Podographical and metrical study for pes planus in a northwestern Indian population.  
Hum Biol 52(3): 435-445
104. Rabl CRH, Nyga W (1982) Orthopädie des Fußes  
Enke, Stuttgart: 122 ff
105. Reiter R (1965) Der Sinus-Tarsi Span  
Z Orthop Ihre Grenzgeb 99-4: 451-454
106. Ridola C, Palma A (2001) Functional anatomy and imaging of the foot  
Ital J Anat Embryol 106-2: 85-98
107. Rob C, Smith R (Hrsg.) (1979) Operative Surgery-Orthopaedics Pt.2  
Butterwort, London: 888 ff
108. Romanini L, Carfagni A, Amorese V (1983) Grice's operation for spastic flat foot  
Ital J Orthop Traumatol 9-4: 439-449
109. Root L (1984) Varus and valgus foot in cerebral palsy and its management.  
Foot Ankle 4: 174-79
110. Rose GK, Welton EA, Marshall T (1985) The diagnosis of flat foot in the child  
J Bone Joint Surg B 67-1: 71-78
111. Rosenkranz U (1981) Mißbildungen und Anomalien des Fußes  
Wien Med Wochenschr 131-2: 39-43
112. Ross PM, Lyne ED (1980) The Grice procedure: Indications and evaluation of long-term results  
Clin Orthop 153: 194-200

113. Ross PM, Lyne ED (1981) Reply to "The Grice procedure" in "Letters to the editor"  
Clin Orthop 160: 309-311
114. Roye Jr DP, Raimondo RA (2000) Surgical treatment of the child's and adolescent's flexible flatfoot  
Clin Podiatr Med Surg 17-3: 515-530
115. Samilson RL, Specht EE (1973) Neuromuscular diseases affecting the foot in: Inman VT (Hrsg.) DuVries: Surgery of the foot  
The C.V. Mosby Company, St. Louis: 268 ff
116. Sanchez AA, Rathjen KE, Mubarak SJ (1999) Subtalar staple arthroereisis for planovalgus foot deformity in children with neuromuscular disease  
J Pediatr Orthop 19-1: 34-38
117. Sangeorzan BJ, Mosca V, Hansen ST (1993) Effect of calcaneal lengthening on relationships among the hindfoot, midfoot and forefoot  
Foot and Ankle 14-3: 136-141
118. Sarrafian SK (1983) Anatomy of the foot and ankle.  
JB Lippincott, Philadelphia
119. Schilling W ( ) in: Der Säuglings- und Kleinkinderfuß  
Krämer J, Schlegel KF (Hrsg.) Bücherei des Orthopäden Bd. 63  
Beihefte zur Zeitschrift für Orthopädie: 6 ff
120. Scrutton D (1994) in: Die Behandlung der infantilen Zerebralparese  
Niethard F, Carstens C, Döderlein L (Hrsg.) Thieme, Stuttgart, New York: 27 ff
121. Seymour N, Evans DK (1968) A modification of the Grice subtalar arthrodesis  
J Bone Joint Surg 50 B-2: 372-375
122. Sgarlato TE (1983) Subtalar arthroereisis implant  
J Foot Surg 22: 338 ff
123. Smith RD, Rappaport MJ (1983) Subtalar arthroereisis: A four-year follow-up study  
J Am Podiatr Assoc 73: 356-361
124. Smith JB, Westin GW (1968) Subtalar extra-articular arthrodesis  
J Bone Joint Surg 50 A: 1027-1035
125. Smith SD, Millar EA (1983) Arthroereisis by means of a subtalar polyethylene peg implant for correction of hindfoot pronation in children  
Clin Orthop 181: 15-23

- 126.Smith SD (1984) The STA operation for the pronated foot in childhood  
Clin Podiatry 1-1:165-173
- 127.Smith SD, Ocampo RF (1997) Subtalar arthrorisis and associated procedures  
Clin Podiatr Med Surg 14-1: 87-98
- 128.Smith SD, Millar EA, Sullivan RC (2000) STA-peg arthroereisis for treatment  
of the planovalgus foot in cerebral palsy  
Clin Podiatr Med Surg 17-3: 459-469
- 129.Steel MW, Johnson KA, Dewitz MA, Ilstrup DM (1980) Radiographic  
measurements of the normal adult foot.  
Foot Ankle 1: 151-58
- 130.Subotnick SI (1974) The sub-talar joint lateral extra articular arthroereisis: a  
preliminary  
J Am Podiatr Assoc 64: 701-711
- 131.Sullivan JA (1999) Pediatric flatfoot : evaluation and management  
J Am Acad Orthop Surg 7-1: 44-53
- 132.Tachdjian MO (1972) Congenital convex pes planus  
Orthop Clin North Am 3-1: 131-148
- 133.Tachdjian MO (1986) The child's foot.  
WB Saunders, Philadelphia
- 134.Tareco JM, Miller NH, MacWilliams BA, Michelson JD (1999)  
Defining flatfoot  
Foot Ankle Int 20-7: 456-460
- 135.Templeton AW, McAllister WH, Zim ID (1965) Standardization of terminology  
and evaluation of osseus relationships in congenitally abnormal feet  
Am J Roentgenology 93-3: 374-381
- 136.Tohen A, Camona J, Chow L, Rosas J (1969) Extra-articular subtalar  
arthrodesis. A review of 286 operations  
J Bone Joint Surg 51 B-1: 45-52
- 137.Tompkins MH, Nigro JS, Mendicino S (1993) The Smith STA.peg: A 7-year  
retrospective study  
J Foot Ankle Surg 32-1: 27-33
- 138.Valenti V (1976) Artrorisi sottoastragalica con protesi acrilica nel trattamento  
del piede piatto-valgo dell'infanzia  
Minerva Ortop 27: 309-314

139. Van Boerum DH, Sangeorzan BJ (2003) Biomechanics and pathophysiology of flat foot  
Foot Ankle Clin 8(3): 419-30
140. Vedantam R, Capelli AM, Schoenecker PL (1998) Subtalar Arthroereisis for the correction of planovalgus foot in children with neuromuscular disorders  
J Pediatr Orthop 18-3: 294-298
141. Verheyden F, Vanlommel E, Van der Bauwhede J, Fabry G, Molenaers G (1997) The sinus tarsi spacer in the operative treatment of flexible flat feet  
Acta Orthop Belg 63-4: 305-309
142. Viladot A (1975) Nouvelle technique pour le traitement chirurgical du pied plat valgus essential  
Extr Cahier Chir 16 : 8-10
143. Viladot A (1992) Surgical treatment of the child's flatfoot  
Clin Orthop 1992 283: 34-38
144. Viladot R, Pons M, Alvarez F, Omana J (2003) Subtalar arthroereisis for posterior tibial tendon dysfunction: a preliminary report  
Foot Ankle Int 24(8): 600-6
145. Villani C, Chiozzi F, Persiani P, Costantini A (2003) Flat foot: A comparison of surgical methods  
Chir Organi Mov 88(1): 49-55
146. Vogler H (1987) Subtalar joint blocking operations for pathological pronation syndromes in:  
McGlamry ED (Hrsg.) Comprehensive textbook of foot surgery  
Williams & Wilkins, Baltimore: 447-465
147. Walker G (1991) in: Disorders of the foot  
Helfet AJ, Gruebel Lee DM (Hrsg.) Philadelphia/ Toronzo: 199 ff
148. Watanabe K, Kitaoka HB, Fuji T, Luo ZP, An KN (2002) Subtalar implant for posterior tibial tendon dysfunction and flatfoot  
American Orthopaedic Foot and Ankle Society, Annual Winter Meeting
149. Westin GW, Hall CB (1957) Subtalar extra-articular arthrodesis  
J Bone Joint Surg 39 A-3: 501-512
150. Williams PF, Menelaus MB (1977) Triple arthrodesis by inlay-grafting – A method suitable for the undeformed or valgus foot  
J Bone Joint Surg Br 59-3: 333-336
151. Zaret DI, Myerson MS (2003) Arthroereisis of the subtalar joint  
Foot Ankle Clin 8(3): 605-17



152.Zwipp H (1994) Chirurgie des Fußes  
Springer, Wien: 36 ff

## Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn Univ. Prof. Dr. Winkelmann für die Bereitstellung der Promotionsarbeit und die Genehmigung zur Nutzung der Räumlichkeiten und Arbeitsmaterialien in der Klinik für Orthopädie der Uniklinik Münster.

Für die Hilfe bei der Ausarbeitung und inhaltlichen Abgrenzung des Themas und der Fragestellung der vorliegenden Arbeit bedanke ich mich bei Herrn PD Dr. Rödl und Herrn Dr. Leidinger.

Letzterem gilt mein ganz besonderer Dank für die wertvolle Unterstützung im Rahmen der Datenerhebung, für die Einweisung in die Untersuchungsmethoden und die Hilfe bei der Ergebnisauswertung und -niederschrift.

Des Weiteren bin ich Herrn Prof. Dr. Rosenbaum zu besonderem Dank verpflichtet, der mich in die Arbeitsweisen der Pedobarografie eingeführt und bei der statistischen Auswertung des Datenmaterials tatkräftig unterstützt hat. Auch bei der Erstellung der Endfassung dieser Arbeit war er ein wertvoller Wegbegleiter.

Weiterhin bedanke ich mich bei den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des Funktionsbereichs Bewegungsanalytik, der Poliklinik für Allgemeine Orthopädie, des Zentralarchivs, des radiologischen Archivs und der CP-Sprechstunde, ohne deren freundliche Unterstützung und Geduld die Erstellung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Letztendlich danke ich meiner Familie für den steten Rückhalt und die Ermutigung zur Fertigstellung dieser Arbeit sowie meinem Bruder für die Hilfe bei der Erstellung der Druckexemplare dieser Arbeit.

# Lebenslauf

*Name:* Marco Wrenger

*Geburtsdatum / Ort:* 14. 08. 1976 in Bottrop – Kirchhellen

*Geburtsname:* Schnitzer

*Eltern:* Ernst-Willi Schnitzer, Elke Renate Schnitzer, geb. Rebeschke

*Konfession:* römisch – katholisch

*Schulbildung:* 87-96 Gymnasium Antonianum in Geseke

*Schulabschluss:* 05/96 Abitur

*Zivildienst:* 07/96-07/97 Westf. Klinik für Psychiatrie in Geseke

*Berufsausbildung:* 09/98-09/99 Rettungsassistentenlehrgang in Dietmannsried im Allgäu

09/99 Staatsexamen

*Studium:* 10/97-07/98 Studium der Ethnologie, Ägyptologie und Religionswissenschaften in Bonn

seit 10/99 Studium der Humanmedizin an der WWU Münster

*Examina:* 09/01 Ärztliche Vorprüfung

09/02 1. Staatsexamen

09/04 2. Staatsexamen

11/05 3. Staatsexamen

*Praktisches Jahr:* 1. Tertial Chirurgie/Unfallchirurgie am Uniklinikum Münster bei Prof. Senninger und Prof. Raschke

10/04-02/05

2. Tertial Psychosomatik am Uniklinikum Münster bei Prof. Heuft

02/05-06/05

3. Tertial Innere Medizin am Uniklinikum Münster bei Prof. Pavenstädt

06/05-09/05

*Ort, Datum, Unterschrift:*

---