

PROOF

Die dynamische Vakuumorthese: ein funktioneller und ökonomischer Benefit?

Jochen Franke · Sabine Goldhahn · Laurent Audigé ·
Henry Kohler · Andreas Wentzensen

Eingang: 6. November 2006 / Freigabe: 14. November 2006
© Springer-Verlag 2007

Zusammenfassung In einer prospektiven, randomisierten Studie wurden 27 Patienten entweder 6 Wochen in einer dynamischen Vakuumorthese mit Freigabe der Beweglichkeit von 10-0-10° im oberen Sprunggelenk oder in einem Gips nachbehandelt. In beiden Gruppen war nach zwei Wochen Vollbelastung erlaubt. Nach Beendigung der Ruhigstellung erhielt die Gipsgruppe 4 Wochen Physiotherapie. Der Score nach Olerud und Molander zeigte einen signifikanten Unterschied nach 10 Wochen zugunsten der Orthese. Die funktionellen Ergebnisse waren sowohl nach 6 als auch nach 10 Wochen zum Teil signifikant besser. Von den berufstätigen Patienten kehrten die der Orthesengruppe 24 Tage früher zur Arbeit zurück als die der Kontrollgruppe. Für die Behandlung der Orthesen-Patienten war 3–4 Mal weniger Arbeitszeit des medizinischen Personals erforderlich sowie eine Ersparnis der direkt erfassbaren Kosten von 38 Euro nachweisbar.

Die Nachbehandlung von Sprunggelenksfrakturen mit einer dynamischen Vakuumorthese führt zu funktionell besseren Resultaten und einer größeren Patientenzufriedenheit, verglichen mit einem herkömmlichen Gips. Die Orthese schafft Voraussetzungen für die frühere Rückkehr zur Arbeit. Durch ihren Einsatz können nicht nur die Arbeitszeiten des medizinischen Personals verringert, sondern auch Behandlungs- und Nachbehandlungskosten eingespart werden.

Einleitung

Es gibt wesentliche Bereiche bei operativ behandelten Sprunggelenksfrakturen, die sowohl Chirurg als auch Patient interessieren.


Hier gilt es insbesondere das funktionelle Ergebnis zu nennen, welches – beeinflusst von Schmerz und Schwellung – entscheidend zum Erreichen des vor dem Unfall bestehenden Aktivitätsgrades und somit zur Lebensqualität beiträgt. Neben anderen Faktoren wie dem Frakturtyp, Weichteilschaden oder OP-Verfahren ist die Nachbehandlung wichtig für die Patientenzufriedenheit und das funktionelle Ergebnis [7, 24]. Eine frühzeitige Mobilisierung kann den negativen Folgen einer Gelenkimmobilisation [4] wie Muskelatrophien [12], Thrombosen [11] und Knorpelschäden [21] vorbeugen.

Mehrere Studien haben gezeigt, dass die Ruhigstellung im Gips zu einer deutlichen Atrophie der Wadenmuskulatur führt, vor allem in den ersten zwei Wochen [25]. Zusätzlich kommt es zu metabolischen, neurologischen und funktionellen Anpassungserscheinungen, so dass sich die Muskelkraft nach 4–6 wöchiger Gipsruhigstellung um fast die Hälfte verringern kann [18].

Um die angeführten negativen Begleiterscheinungen der Gipsruhigstellung zu vermeiden, gibt es eine Vielzahl von Studien, die sich mit dem Vergleich der Nachbehandlung im Gips zur funktionellen Nachbehandlung mit oder ohne Orthese/Brace befassen. Die Ergebnisse sind nicht einheitlich. Einige zeigen keinerlei Unterschiede [24], andere bescheinigen der funktionellen Nachbehandlung ein besseres funktionelles Ergebnis, welches jedoch im Wesentlichen in der frühen postoperativen Phase erhebbar ist (bis zu 10 Wochen), um sich dann im Verlauf anzugleichen [8, 22]. Meist wird jedoch bei einer frühfunktionellen Nachbehandlung auf eine frühzeitige Belastungssteigerung verzichtet, obwohl diese eine schnellere Frakturdurchbauung bewirken kann [3, 15].

J. Franke (✉) · H. Kohler · A. Wentzensen
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Ludwigshafen
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
67071 Ludwigshafen, Germany
Email: joefranke@web.de

S. Goldhahn · L. Audigé
AO Clinical Investigation and Documentation
CH-7270 Davos-Platz, Switzerland

 Springer

Vorraussetzung ist eine ausreichende Stabilisierung der Fraktur, denn sonst ist eine Verzögerung der Knochenbruchheilung [5] oder gar eine sekundäre Dislokation [13] zu befürchten, welche gerade bei Gelenkfrakturen, bei denen man die stufenlose Reposition anstrebt [14, 20], möglichst zu vermeiden ist. Auch über eine stark erhöhte Rate an postoperativen Wundheilungsstörungen bei funktioneller Nachbehandlung im Brace wird berichtet [13].

Eine mögliche Lösung des Problems könnte in der Anwendung einer dynamischen Vakuumorthese liegen, die sowohl die Stabilität eines zirkulären Unterschenkelgipses bietet [1] und somit eine frühzeitige risikoarme Belastungssteigerung erlaubt [2], als auch eine limitierte Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk ermöglicht. Außerdem erhöht sich der Patientenkomfort dadurch, dass eine Orthese weniger wiegt als ein Gips, nach entsprechender Einweisung auch vom Patienten einfach anzulegen ist und eine regelmäßige Körperpflege ermöglicht wird. Daneben kann durch die limitierte Freigabe der Beweglichkeit ein physiologischeres Gangbild erzielt werden.

Eine günstig verlaufende postoperative Phase kann bei der berufstätigen Bevölkerung zu einer früheren Wiederaufnahme der Tätigkeit führen [8, 17].

Ziel dieser randomisierten Studie war es zu untersuchen, ob mit einer dynamischen Vakuumorthese im Vergleich zur Nachbehandlung im Gips ein besseres klinisches Ergebnis bei niedrigeren Kosten erzielt werden kann.

Material und Methoden

Studienteilnehmer

Sämtliche Patienten wurden in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Ludwigshafen rekrutiert, die Datenerfassung sowie alle Nachuntersuchungen wurden durch einen Untersucher durchgeführt. Die Studienleitung sowie die statistische Auswertung der Daten erfolgte extern durch die Association for Osteosynthesis Clinical Investigation and Documentation (AOCID).

Eingeschlossen wurden monotraumatisierte Patienten mit operativ versorgten Sprunggelenksfrakturen vom Typ Weber B, das heißt die typische dislozierte schräg verlaufende Fraktur der distalen Fibula, welche beginnend auf Höhe der Gelenkfläche des Pilon tibiale von ventral nach kranial und dorsal verläuft. Die Sprunggelenksfrakturen konnten einfach und bimalleolär sein, solange sie kein versorgungsbedürftiges Volkmann'sches Dreieck aufwiesen. Als Alterslimite wurden 18 bis 65 Jahre festgelegt.

Ausschlusskriterien waren offene Frakturen, Mehrfragmentfrakturen und Frakturen, die eine Stellschraube notwendig machen ebenso wie Patienten mit anderen Erkrankungen, die die Mobilität einschränken, eine Mobilisation an Unterarmgehstützen nur eingeschränkt zulassen oder den Heilungsprozess beeinflussen (z.B. Gelenkerkrankungen, neurologische Erkrankungen, Amputationen).

Behandlungsprotokoll

Der Untersuchungsgruppe wurde eine dynamische Vakuumorthese (VACO[®]ped) für 6 Wochen angelegt. Diese Orthese besteht aus einer gitterartigen starren Kunststoff-Außenhülle, welche sich aus einer dorsalen Unterschenkelchiene und einem ventralen Deckel zusammensetzt. Hierin befindet sich ein Vakuumkissen, welches sich individuell anpassen lässt und außerdem noch zusätzliche Stabilität bietet. Ein Gelenk in der Hülle erlaubt eine limitierte Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk von 10°-0°-10°. Mit dieser Orthese wurden die Patienten ab dem 2. postoperativen Tag mit 20 kg Teilbelastung bei einer Freigabe der Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk von 10°-0°-10° mobilisiert. Ab dem 15. Tag war Vollbelastung erlaubt.

In der Kontrollgruppe wurde postoperativ ein Unterschenkelrundgips angelegt, in welchen am 2. Tag postoperativ nach Entfernung der Drainage ein Bewegungsfenster für die Dorsalextension im OSG eingebracht wurde. Die Patienten wurden zunächst unter Entlastung des betroffenen Beines mobilisiert. Nach Wechsel auf einen Kunststoffgips (Baycast[®]) ab Wundheilung erfolgte eine Teilbelastung von 20 kg bis zum 14. Tag. Danach war auch hier Vollbelastung erlaubt. Nach sechswöchiger Ruhigstellung erhielten die Probanden 4 Wochen lang dreimal wöchentlich Physiotherapie.

Für eine Gipsruhistellung in der Kontrollgruppe entschieden wir uns, weil es zu Beginn dieser Studie in unserer wie auch in vielen anderen Kliniken noch die Standard-Nachbehandlung war und, wie in der Einleitung schon erwähnt, die Studienergebnisse hierzu zum Teil widersprüchlich sind.

Eine medikamentöse Thromboseprophylaxe (niedermolekulares Heparin, Clexane 20 1x täglich s.c.) erfolgte in der Kontrollgruppe für die Dauer der Ruhigstellung, in der Untersuchungsgruppe bei limitierter Freigabe der Beweglichkeit bis zum Erreichen der Vollbelastung.

Studienziele

Das primäre Studienziel war der Score nach Olerud und Molander [16]. Sekundäre Studienziele waren die Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk, die Patientenzufriedenheit gemessen mit der Visuellen Analog Skala (VAS) und dem SF-12, sowie die Dauer der Arbeitsunfähigkeit.

Der Untersucher hatte keinen Einfluss auf die Dauer der Arbeitsunfähigkeit, diese wurde von den weiterbehandelnden (niedergelassenen) Ärzten bestimmt. Nachuntersuchungen fanden 6 und 10 Wochen postoperativ statt.

Zur Beurteilung der ökonomischen Parameter wurden für alle Patienten Angaben zu den Kosten und für eine Stichprobe von Patienten beider Gruppen Angaben zum Zeitaufwand der Behandlung erfasst. Die Zeitparameter umfassten folgende Angaben: Arbeitszeit des Arztes/Pflegepersonals beim Anlegen der Orthese/Gips, beim Gipswechsel/-fensterung und -abnahme, sowie bei der

Orthesenumstellung und -abnahme. Die Kostenparameter umfassten die Kosten des verbrauchten Gips- und Verbandmaterials bzw. die der Orthese, sowie die Kosten für die medikamentöse Thromboseprophylaxe und ambulante Physiotherapie. Die Kosten für Gips- und Verbandmaterial, sowie für die Thromboseprophylaxe wurden nach den jeweils verwendeten Mengen entsprechend der hausinternen Abrechnung bestimmt.

Statistische Methoden

Alle randomisierten Patienten wurden in die Analyse aufgenommen. Der Einfluss von Unterschieden bezüglich grundlegender demographischer und wesentlicher prognostischer Faktoren zwischen den beiden Gruppen wurde mittels *multivariabler Regressionsanalyse* überprüft und in den statistischen Auswertungen berücksichtigt.

Weiterhin kamen der *Wilcoxon Rangsummentest* und der *Fisher's exact Test* zur Anwendung.

Die „Time to Return to Work“-Parameter wurden mittels *Kaplan-Meier-Kurve* und einer *Cox-Regressionsanalyse* untersucht.

Die Zeitparameter wurden bei einer Stichprobe von Patienten ermittelt. Zur besseren Interpretation der Ergebnisse wurde in MS Excel® ein Monte Carlo-Simulationsmodell erstellt, das mit der Add-in Software @Risk Version 4 (Palisade Corporation, USA) ausgeführt wurde. Mit den verfügbaren Daten wurden Wahrscheinlichkeitsverteilungen für jeden Zeitparameter erstellt. Diese Verteilungen berücksichtigten die beobachtete Variabilität in der Studienpopulation ebenso wie die durch die geringe

Gruppengröße bedingte Unsicherheit. Das Zeitmodell wurde für beide Gruppen unter Verwendung des Latin Hypercube Sampling mit 1000 Wiederholungen modelliert.

Ergebnisse

Sofern nicht anders erwähnt, stellen die Angaben Medianwerte dar. Es wurden 27 Patienten randomisiert und in die Studie eingeschlossen, 3 Patienten schieden innerhalb der ersten 2 Wochen aus persönlichen Gründen wieder aus. Somit konnte die statistische Analyse der Outcome-Parameter an 24 Patienten durchgeführt werden.

Das Alter der mit Orthese versorgten Patienten betrug 44,3 Jahre, in der Kontrollgruppe 40,8 Jahre. Einen weiteren geringen Unterschied wies die Zeit zwischen Unfall und Operation mit 5 Tagen in der Orthesen- und 7 Tagen in der Gipsgruppe auf. Sekundär operiert wurde bei Überschreiten der 6-Stunden-Grenze oder einer bei Aufnahme bereits zu ausgeprägten Schwellung. Die übrigen Basisdaten der Patienten zeigten in beiden Gruppen eine homogene Verteilung (Tab. 1). Alle Frakturen wurden durch Torsion verursacht. Eine Blutsperrung wurde nicht verwandt.

Primäres Studienziel

Bei der 6-Wochen-Kontrolle unterschied sich der Olerud und Molander Score mit 75 Punkten in der Orthesengruppe nicht signifikant von dem mit 60 Punkten der Gipsgruppe ($p = 0,33$).

Tab. 1 Basisdaten für beide Patientengruppen

	Orthesengruppe			Gipsgruppe		
	n	Median	Min.–Max.	n	Median	Min.–Max.
Anzahl Patienten	14			13		
Alter (in Jahren)	14	44.3	20.3–59.4	13	40.8	25–64.1
Geschlecht	männlich	7		8		
	weiblich	7		5		
Berufstätig	ja	13		10		
	nein	1		3		
Fraktur Seite	rechts	6		5		
	links	8		8		
Body-mass Index (kg/m ²)	14	27.8	20.8–34.3	13	26.8	17.9–34.6
AO Klassifikation (44–)	B 1.1	13		13		
	B 1.2	1		0		
Danis & Weber	B-simple	13		13		
	B-bimalleolar	1		0		
Zeit von Unfall bis stat. Aufnahme (Tage)	14	4	0–11	13	5	0–20
Zeit von Unfall bis OP (Tage)	14	5	0–13	13	7	0–21

In der 10-Wochen-Kontrolle zeigte sich ein signifikanter Unterschied von 20 Punkten ($p=0,02$) zugunsten der Orthesengruppe mit 95 Punkten (Fig. 1).

Sekundäre Studienziele

Bei der Beurteilung des Bewegungsausmaßes wurde zur 6-Wochen-Nachkontrolle ein hochsignifikanter Unterschied von 10 Grad für die Plantarflexion ($p=0,005$) zugunsten der Orthesengruppe ermittelt (Tab. 2). Bei den übrigen Bewegungsausmaßen und Nachkontrollen wurden keine weiteren signifikanten Unterschiede gemessen.

Die mit Hilfe der visuellen Analogskala gemessene Patientenzufriedenheit war für den Parameter „Komfort“ sowohl bei Entlassung ($p=0,01$) als auch zur 10-Wochen-Kontrolle in der Orthesengruppe signifikant höher ($p=0,03$). Für den Parameter „Schmerz“ war die Patientenzufriedenheit in der Orthesengruppe nach 10 Wochen signifikant besser ($p=0,004$).

An Komplikationen traten in der Orthesengruppe zwei Wundheilungsstörungen auf, von denen eine der operativen Revision bedurfte. In der Kontrollgruppe konnte eine Wundheilungsstörung konservativ beherrscht werden. Repositionsverluste traten nicht auf.

Die Thromboseprophylaxe erfolgte in der Gipsgruppe 42 Tage und in der Orthesengruppe 16 Tage, ohne dass thromboembolische Komplikationen beobachtet wurden.

Unterschiede im SF12 wurden lediglich im „mental health score“ nach 10 Wochen beobachtet. Zugunsten der Orthesengruppe ergab sich ein Unterschied von 7,9 Punkten ($p=0,008$).

Die berufstätigen Patienten der Orthesengruppe kehrten bereits 52 Tage postoperativ (10–87 Tage) zur Arbeit zurück, die der Kontrollgruppe 76 Tage (45–95 Tage). Berücksichtigt man die zu einem leichten Ungleichgewicht führenden Faktoren wie Alter und Wartezeit bis zur Operation sowie die vorzeitig ausgeschiedenen Patienten, war die Rate der Arbeitswiederaufnahme zu jedem Zeitpunkt nach der Behandlung in der Orthesengruppe durchschnitt-

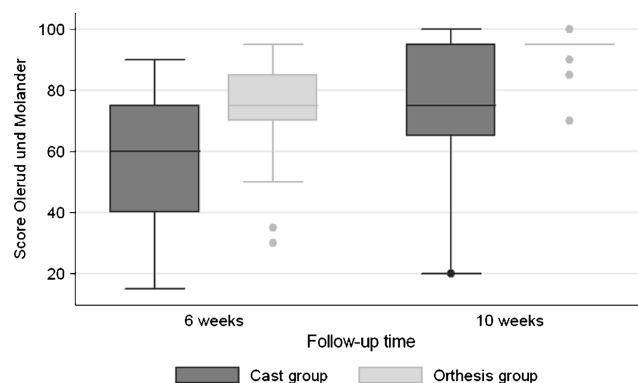


Fig. 1 Olerud und Molander Score. Die Blöcke repräsentieren Median und Range; extreme values (outliers) werden als Punkte präsentiert

Tab. 2 Bewegungsausmaß (ROM) nach der 6. und 10. Woche (Fisher's exact test).

	6 Wochen		<i>p</i> -value	10 Wochen		<i>p</i> -value
	Gips	Orthese		Gips	Orthese	
Plantar flexion (°)			0.005			0.77
20	3	0		0	0	
30	8	5		1	0	
35	0	1		1	0	
40	0	6		7	10	
45	0	0		0	1	
50	0	1		2	2	
Dorsal extension (°)			0.40			0.22
0	1	0				
5	1	0				
10	7	11		6	4	
15	2	1		3	2	
20	0	1		2	7	
Unteres Sprunggelenk			0.06			0.10
Prozent zur gesunden Seite						
33	1	0				
50	2	0				
66	8	8		6	3	
75	0	1		1	0	
100	0	4		4	10	

lich 4,7mal höher als in der Kontrollgruppe ($p=0,02$) (Fig. 2).

Die direkt erfassbaren Kosten betragen in der Orthesengruppe 381 Euro, in der Kontrollgruppe 419 Euro. Somit zeigt sich eine Ersparnis bei der Behandlung mit der Orthese gemäß dem Studienprotokoll von 38 Euro.

Die durchschnittliche Gesamtzeit für die Behandlung mit Orthese war 25 Minuten (Minimum 19; Maximum 30), in der Kontrollgruppe betrug sie 105 Minuten (Minimum 97; Maximum 116). Somit war bei der Behandlung mit der Orthese etwa 3–4-mal weniger Arbeitszeit des medizinischen Personals erforderlich als bei Behandlung mit Gips (Fig. 3).

Diskussion

Die Studie sollte zeigen, ob mit einer dynamischen Vakuumorthese im Vergleich zur Nachbehandlung im Gips bei operativ versorgten Sprunggelenksfrakturen sowohl ein besseres klinisches als auch ein besseres ökonomisches Ergebnis erzielt werden kann. Aufgrund der sehr streng formulierten Ein- und Ausschlusskriterien konnten innerhalb von 2 Jahren leider nur 27 Patienten randomisiert werden. Die Zahl der im gleichen Zeitraum ausgeschlossenen Pati-

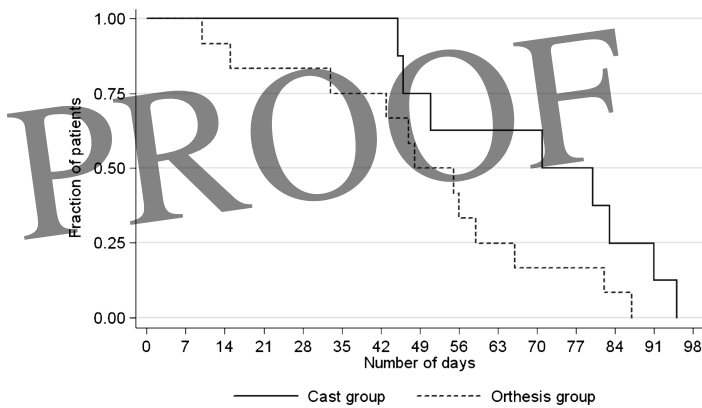


Fig. 2 Kaplan-Meier-Kurven für die Rückkehr zur Arbeit in beiden Gruppen

enten mit Sprunggelenksfrakturen war um ein Vielfaches größer. Hierdurch wurde zwar eine sehr homogene und somit vergleichbare Studienpopulation erreicht, die geringe Patientenzahl stellt jedoch den am meisten limitierenden Faktor der Studie dar. Dadurch ergibt sich eine geringere Aussagekraft der statistischen Analyse hinsichtlich der untersuchten Studienhypothese. Dies entwertet statistisch signifikante Resultate nicht, jedoch können keine eindeutigen Schlussfolgerungen betreffend statistisch nichtsignifikanter Ergebnisse gezogen werden.

Aufgrund der mechanischen Eigenschaften des postoperativ angelegten Unterschenkelrundgipses war eine Teilbelastung ab dem 2. postoperativen Tag im Gegensatz zur Orthese noch nicht möglich. Deswegen kann nicht mit absoluter Sicherheit festgestellt werden, ob die beobachteten Unterschiede das alleinige Resultat der verschiedenen Schienungen mit den unterschiedlichen Bewegungsprotokollen sind oder ob diese auch von der frühzeitigeren Belastung beeinflusst wurden, wir schätzen diesen Einfluss jedoch eher als gering ein.

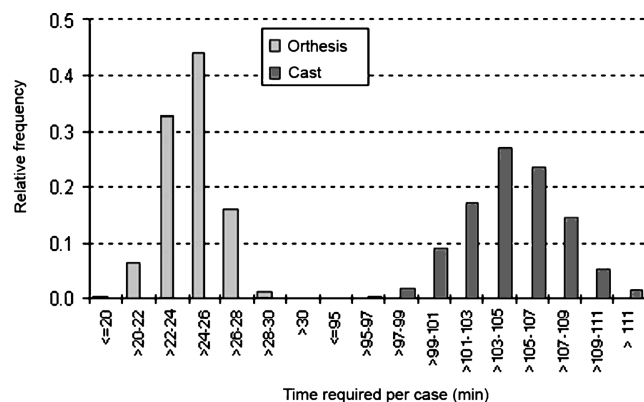


Fig. 3 Durchschnittlicher Arbeitsaufwand des medizinischen Personals (Angenommene Wahrscheinlichkeitsverteilung auf 1000 Fälle)

Die Kosten welche durch die Physiotherapie in der Gipsgruppe entstanden sind, sind durch das Studienprotokoll bedingt. Die Physiotherapie stellt jedoch einen wichtigen Pfeiler der Rehabilitation nach Ruhigstellung operativ versorgter Sprunggelenksfrakturen dar, so dass auf sie nicht verzichtet werden sollte. Die Kosten der Thromboseprophylaxe begründen sich ebenfalls im Studienprotokoll. Berücksichtigt man die Ergebnisse dieser Studie, gibt es keine Notwendigkeit für eine medikamentöse Thromboseprophylaxe bei Patienten, welche sowohl voll belasten als auch über ein gewisses Bewegungsausmaß im oberen Sprunggelenk verfügen.

Anders als in vergleichbaren Studien in der Literatur beschrieben [8, 23], wurde in unserer Studie nicht nur die Bewegung in der Orthese freigegeben, sondern zusätzlich wurde in beiden Gruppen mit einer frühzeitigen Vollbelastung nach 2 Wochen begonnen. Die Vorteile einer frühen Vollbelastung auf die Beweglichkeit des Sprunggelenks werden in der Literatur kontrovers diskutiert [6, 24]. Den vereinzelt beschriebenen negativen Folgen früher Vollbelastung auf die Frakturheilung [5] stehen Studien gegenüber, die zeigen, dass ein bestimmter mechanischer Stimulus die Frakturheilung begünstigt [9, 10]. Die frühzeitige Vollbelastung wurde von allen Patienten gut toleriert. Alle Sprunggelenksfrakturen waren bis zur 10-Wochen-Kontrolle gut und mit vergleichbarem röntgenologischem und klinischem Resultat geheilt.

Die Patientenzufriedenheit für Schmerz und Komfort war zur 10-Wochen-Kontrolle für die Orthesengruppe signifikant besser. Dass die Patienten bereits bei Entlassung die Orthese als komfortabler empfinden, zeigte der Unterschied in der VAS Komfort zur Entlassung. Für eine insgesamt höhere Zufriedenheit mit der Orthese spricht auch der signifikant bessere Wert für *Mental Health* im SF 12 nach 10 Wochen. Das unterstreicht die Ergebnisse der visuellen Analogskala und geht mit den Ergebnissen anderer Autoren konform, die eine gute Korrelation von *Mental Health* Parametern bei VAS und SF 36 beschreiben [19].

Von den berufstätigen Patienten kehrten die der Orthesengruppe 24 Tage früher zur Arbeit zurück als die der Kontrollgruppe. Auch Egol konnte in einer randomisierten Studie zeigen, dass Patienten mit Sprunggelenksfrakturen, die mit einer Orthese versorgt worden waren, schneller wieder arbeiten als Patienten mit Gips [8]. Dies lässt sich möglicherweise neben dem besseren funktionellen Ergebnis auf den höheren Komfort und die geringere Einschränkung durch eine Orthese zurückführen.

Neben den besseren funktionellen Resultaten und der kürzeren Arbeitsunfähigkeit bei der Versorgung mit der Orthese muss neben der Kosten- insbesondere auch die Zeitersparnis erwähnt werden. So konnte gezeigt werden, dass für die Behandlung der Orthesen-Patienten 3–4 Mal weniger Arbeitszeit des medizinischen Personals erforderlich ist als für die Behandlung mit Gips. Zwar hat die Anlage eines Unterschenkelgipses zeitlich gesehen nur geringen Anteil am Gesamtaufwand, der Einsatz einer schnell anlegbaren Orthese birgt jedoch, insbesondere

wenn mehrere von einander abhängige Personen involviert sind (wie z.B. im OP), ein deutliches Potential der Zeitersparnis.

Fazit

Die Nachbehandlung von operativ versorgten Sprunggelenksfrakturen mit einer dynamischen Vakuumorthese führt zu funktionell besseren Resultaten und einer größeren Patientenzufriedenheit, verglichen mit einem herkömmlichen Gips. Die Orthese schafft Voraussetzungen für die frühere Rückkehr zur Arbeit. Durch ihren Einsatz können nicht nur die Arbeitszeiten des medizinischen Personals verringert, sondern auch Behandlungs- und Nachbehandlungskosten eingespart werden.

Literaturverzeichnis

1. Project Nr. 0894–2401, BASiS Institut, TUEV Product Service. 2005 a. Ref Type: Generic
2. Project Nr. 0896–2402, BASiS Institut, TUEV Product Service. 2005 b. Ref Type: Generic
3. Ahl T, Dalen N, Lundberg A, Bylund C (1993): Early mobilization of operated on ankle fractures. Prospective, controlled study of 40 bimalleolar cases. *Acta Orthop Scand* 64:95–99
4. Akesson WH, Amiel D, Abel MF, Garfin SR, Woo SL (1987): Effects of immobilization on joints. *Clin Orthop* 28–37
5. Augat P, Merk J, Ignatius A, Margevicius K, Bauer G, Rosenbaum D, Claes L (1996): Early, full weight bearing with flexible fixation delays fracture healing. *Clin Orthop* 194–202
6. Cimino W, Ichtertz D, Slabaugh P (1991): Early mobilization of ankle fractures after open reduction and internal fixation. *Clin Orthop Relat Res* 152–156
7. Dietrich A, Lill H, Engel T, Schönfelder M, Josten C (2002): Conservative functional treatment of ankle fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 122:165–168
8. Egol KA, Dolan R, Koval KJ (2000): Functional outcome of surgery for fractures of the ankle. A prospective, randomised comparison of management in a cast or a functional brace. *J Bone Joint Surg Br* 82:246–249
9. Goodship AE, Cunningham JL, Kenwright J (1998): Strain rate and timing of stimulation in mechanical modulation of fracture healing. *Clin Orthop* 105–115
10. Ingle BM, Eastell R (2002): Site-specific bone measurements in patients with ankle fracture. *Osteoporos Int* 13:342–347
11. Knight KL, Londeree BR (1980): Comparison of blood flow in the ankle of uninjured subjects during therapeutic applications of heat, cold, and exercise. *Med Sci Sports Exerc* 12:76–80
12. LeBlanc A, Gogia P, Schneider V, Krebs J, Schonfeld E, Evans H (1988): Calf muscle area and strength changes after five weeks of horizontal bed rest. *Am J Sports Med* 16:624–629
13. Lehtonen H, Jarvinen TL, Honkonen S, Nyman M, Vihtonen K, Jarvinen M (2003): Use of a cast compared with a functional ankle brace after operative treatment of an ankle fracture. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am* 85-A:205–211
14. Lindsjo U (1985): Operative treatment of ankle fracture-dislocations. A follow-up study of 306/321 consecutive cases. *Clin Orthop* 28–38
15. O'Sullivan ME, Bronk JT, Chao EY, Kelly PJ (1994): Experimental study of the effect of weight bearing on fracture healing in the canine tibia. *Clin Orthop* 273–283
16. Olerud C, Molander H (1984): A scoring scale for symptom evaluation after ankle fracture. *Arch Orthop Trauma Surg* 103:190–194
17. Partio EK (1992): Immobilization and early mobilization of malleolar fractures after osteosynthesis with resorbable bone screws. *Unfallchirurgie* 18:304–310
18. Pathare N, Walter GA, Stevens JE, Yang Z, Okerke E, Gibbs JD, Esterhai JL, Scarborough MT, Gibbs CP, Sweeney HL, Vandenborne K: Changes in inorganic phosphate and force production in human skeletal muscle after cast immobilization. *J Appl Physiol* 98:307–314
19. Ponzer S, Nasell H, Bergman B, Tornkvist H (1999): Functional outcome and quality of life in patients with Type B ankle fractures: a two-year follow-up study. *J Orthop Trauma* 13:363–368
20. Ruedi TP, Murphy WM (2000): *AO Principles of Fracture Management – AO teaching videos on CDrom*. Stuttgart, AO Publishing – Thieme Verlag. Ref Type: Generic
21. Salter RB (1989): The biologic concept of continuous passive motion of synovial joints. The first 18 years of basic research and its clinical application. *Clin Orthop* 12–25
22. Siddique A, Prasad CVR, O'Connor D (2005): Early Active Mobilization versus Cast Immobilization in operatively treated ankle fractures. *European J Trauma* 32 (4): 398–400
23. Stöckle U, König B, Tempka A, Südkamp NP (2000): Cast immobilization versus vacuum stabilizing system. Early functional results after osteosynthesis of ankle joint fractures. *Unfallchirurg* 103:215–219
24. van Laarhoven CJ, Meeuwis JD, van der Werken C (1996): Postoperative treatment of internally fixed ankle fractures: a prospective randomised study. *J Bone Joint Surg Br* 78:395–399
25. Vandenborne K, Elliott MA, Walter GA, Abdus S, Okereke E, Shaffer M, Tahernia D, Esterhai JL (1998): Longitudinal study of skeletal muscle adaptations during immobilization and rehabilitation. *Muscle Nerve* 21:1006–1012