

G. M. Ivanic^{1,2,3} · L. C. Schon² · T. Badekas² · O. Badekas² · N. C. Homann³ · H.-J. Trnka^{2,4}

¹ Allgemeines und Orthopädisches Krankenhaus Stolzalpe, Österreich

² Foot and Ankle Service, The Union Memorial Hospital, Baltimore, Maryland, USA

³ Universitätsklinik für Neurologie Graz, Abteilung für Spezielle Neurologie, Graz, Österreich

⁴ Orthopädisches Krankenhaus Gersthof, I. Abteilung, Wien, Österreich

Airlimb

Erste Erfahrungen mit einer neuen Sofort-Frühversorgungsprothese mit einzeln ansteuerbaren Luftkammern

Airlimb. First experiences with a new intermediate protheses with air bladders

Abstract

Amputations of the lower extremity are still a common problem in diabetic feet and peripheral vasculopathies. The presented paper introduces a new device for an easier and faster mobilization of below-the-knee amputees. It is based on a new modular protheses with individual inflatable air bladders. The compliance rate is higher with this device and it could be used from the day of surgery until the definitive protheses is made. A biomechanical cadaver study with the protheses will also be presented.

Keywords

Amputation · Protheses · Airlimb · Diabetic foot · Technical orthopaedics

Zusammenfassung

Amputationen vor allem der unteren Extremität werden trotz neuer Amputationstechniken leider nicht seltener. Mitursache hierfür ist das steigende Überlebensalter der westlichen Bevölkerung und deren Wohlstand. Es sind heute vor allem periphere arterielle Verschlusskrankheiten und der Diabetes mellitus als Hauptursache für Amputationen an der unteren Extremität zu nennen. Die vorliegende Arbeit zeigt eine neue Möglichkeit der Prothesensofortversorgung nach Unterschenkelamputationen auf. Sie basiert auf einer neuen Modularprothese mit einzeln aufblasbaren Luftkammern. Die Mitarbeit der Patienten kann so verbessert und die Mobilisation wesentlich beschleunigt werden. Des Weiteren werden auch biomechanische Studien an Leichenbeinen mit dieser Prothese vorgestellt.

Schlüsselwörter

Amputation · Prothese · Airlimb · Diabetischer Fuß · Orthopädiertechnik

Dr. G.M. Ivanic
Allgemeines und Orthopädisches Krankenhaus Stolzalpe,
8852 Stolzalpe, Österreich
E-Mail: gerd.ivanic@lkh-stolzalpe.at

Die Amputation einer Extremität kommt dem Verlust der körperlichen Integrität oder gar einer sog. „Verkrüppelung“ gleich. Ziel der entsprechenden Behandlung ist es daher, die menschlichen Glieder zu erhalten. In der Traumatologie ist dies zunehmend möglich. In den „Wohlstandsgesellschaften“ unserer Zeit müssen über 50% der Amputationen dem Diabetes mellitus und weitere gut 30% den nichtdiabetischen Gefäßkrankungen zugeschrieben werden [5].

Die schnellstmögliche Mobilisation nach Amputation muss zur Verbesserung der allgemeinmedizinischen Situation und auch zur Stabilisierung der Patientenpsyche angestrebt werden. Dies verhilft auch zu einer besseren Stumpfheilung und ermöglicht eine frühere und bessere prothetische Definitivversorgung.

Hermann Gocht schreibt am Anfang des 20. Jahrhunderts in seinem Buch „Die künstlichen Glieder“ [4]: „die Behelfsglieder, die als Behelfsarme und Behelfsbeine in der Hauptsache im Lazarett Verwendung finden... sie sollen als Behelfsbeine den Beinamputierten schnellstens von den Krücken und Stöcken erlösen und ihm die Steh- und Gehfähigkeit vermitteln besonders für die erste Zeit, in der der Stumpf noch erhebliche Formveränderungen im Gebrauch durchmacht.“

Zur Erreichung der Frühmobilisierung und einem guten Amputationsstumpf wurden entsprechende Prothesen entwickelt [1, 3, 4, 6]. Eine gute Wundheilung und Stumpfform, eine schnelle Abschwellung und ein belastungsfähiger Stumpf mit guter Propriozeption sind ein Muss für einen guten postoperativen Verlauf.

Die derzeit erhältlichen Behelfe mit verschiedenen Gurten-, Luftposter- oder Modulsystemen nehmen zum Teil eine schlechte Passform in Kauf, um bei jeder Körper- und Stumpfgröße, bei Verbänden und vielen Amputationshöhen zu passen. Eine schlechte Passform führt aber zu Koordinationsstörungen und Verunsicherungen der bereits geschwächten Patienten, die sich in einer psychischen Ausnahmesituation befinden.

Eine von den Autoren neu entwickelte Sofortprothese mit einzeln aufblasbaren Luftkammern ermöglicht eine den Umständen entsprechenden optimalen Sitz der Prothese vom frisch operierten Stumpf bis zur Definitivversorgung.

Eine gute Passform ist aber nicht nur für die Mobilisation, sondern auch für die Wundheilung wichtig. Das gefürchtete postoperative Ödem beeinflusst die bereits schlechte Durchblutungssituation negativ [7]. Eine gestörte Wundheilung, eine Infektion oder schlimmstenfalls eine Nachamputation können die Folge sein. Der gesteigerte interstitielle Gewebsdruck erhöht die Ischämiegefahr und verschlimmert die Schmerzen, die konsekutiv zu Kontrakturen durch Schonhaltungen führen können.

Zur sofortigen Ödemprophylaxe empfiehlt sich, bereits am Operationstisch einen Gips oder eine Sofortprothese anzulegen. Beim Unterschenkelamputierten empfiehlt sich der „Gocht-Handgriff“: Im Sinne einer PTB-Fassung (Patella Tendon Bearing) wird der Gips beidseits der Patellarsehne an den Tibiakopf geformt, das Fibulaköpfchen muss druckfrei bleiben [4, 6, 7]. Die Femurkondylen werden nach proximal modelliert. Unter Gocht wurden vorstehende Knochenstellen mit Filz unterfüttert, und an den Gips wurden Metallspangen angebracht, auf die eine Behelfsprothese fixiert werden konnte.

Neff [7] geht schon 1980 genau auf die Problematik in der Sofort- und Frühversorgung und die vorherrschenden Missverständnisse ein. Hervorzuheben ist hier die unbedingt zu

vermeidende „Stumpfbelastung“ bei der Mobilisation. Dadurch und durch falsche Indikationsstellung kommt es immer wieder zu Therapieversagern.

Material und Methode

Um eine möglichst optimale Versorgung von Unterschenkelamputierten gewährleisten zu können, wurde von den Autoren folgendes Therapiekonzept mit einer neu entwickelten Sofortprothese entwickelt.

1. Sehr genaue Amputationstechnik mit entsprechender prä-, intraoperativer Amputationshöhenbestimmung und Operationstechnik. Schonung der Weichteile und entsprechender Wundverschluss [1].
2. Sehr genaue postoperative Wundversorgung mit Bandagen und im Idealfall Anlage der Sofortprothese, alternativ eines Gipses in der Technik nach Gocht [4]. Dieser Gips sollte nach Möglichkeit bis zum ersten Verbandwechsel bzw. bis zur orthopädietechnischen Versorgung belassen werden. Wird eine Sofort- oder Frühversorgung durchgeführt, so sollte der Gips bei nicht angelegter Prothese verwendet werden, um Beugekontrakturen und Schwellungen vorzubeugen.
3. Nach Möglichkeit Anpassen einer Sofortprothese (Abb. 1). Der Vorteil des von den Autoren verwendeten Prothesentyps liegt in seiner durchgehenden Verwendbarkeit bis hin zur endgültigen Versorgung auf die in diesem Beitrag nicht eingegangen wird.
4. Bezogen auf Punkt 2 muss angemerkt werden, dass beim Patientengut der Autoren die Sofortprothese angelegt wird. Diese hat mitunter einen Fußteil, sodass der Patient beim Erwachen aus der Narkose bereits auf diesen blickt. Die körperliche Integrität bleibt so im übertragenen Sinne erhalten.

Was sind die Eigenheiten und Eigenschaften des neuen Prothesentyps?

- a) Das Schaftinnere besteht aus mehreren aufblasbaren Kammern, die ein genaues Anpassen an die jeweiligen Stumpfverhältnisse mit oder ohne Verband bzw. Bandage ermöglichen. Die Luftkammern werden mit Drucken von 20–30 mmHg im Bereich des Unterschenkels und zwischen 30 und 40 mmHg an den Femurkondylen mit einer kleinen Handpumpe mit integriertem Druckmessgerät aufgeblasen (s. Abb. 1, Abb. 2).
- b) Das Schaftäußere besteht aus thermoplastisch verformbarem Kunststoff. Die Form erinnert an einen Skischuh mit Heckeinstieg. Drei Gurte ermöglichen eine stufenlose Verstellung, eine große dorsale Lasche ein völliges Öffnen des Schaftes, sodass ein berührungsfreies und leichtes Anlegen der Prothese möglich ist (Abb. 3).
- c) Im Sinne einer Modulprothese sind die restlichen Bauteile gefertigt, um Anpassungen an die Beinlänge, die Beinachsen und Schuhgröße zu ermöglichen. In der Prothese sind verschiedene hohe Polster für die Stumpfprothesenlänge zur Feinabstimmung einlegbar. Zwischen den Prothesenschaft und den Fuß können Adapter verschiedener Längen verwendet werden. Auch der Prothesenfuß kann frei gewählt werden (s. Abb. 3, 4).

d) Für die Sofortversorgung und zur Kontrakturprophylaxe kann die Prothese nach proximal verlängert werden. Dies ist für die Sofortversorgung am Operationstisch von Vorteil und kann bei Unsicherheiten am Beginn der Mobilisation verwendet werden. Es handelt sich um einen L-förmigen, mit Neopren umhüllten Stab, der mit seinen Klettbindern bis zum distalen Oberschenkel reicht. Der Stab wird an der Unterseite des Schaftes eingeschoben und mittels Schraube fixiert (s. Abb. 4).

Für die Psyche und zur Kontrakturprophylaxe sollte die Prothese noch im Operationssaal angelegt werden. So sieht der Patient gleich nach dem Aufwachen einen Fuß (Abb. 5).

Das Anlegen der Prothese wird gerade anfangs am besten bei liegendem Patienten im Bett durchgeführt. Später kann der Patient aufrecht im Bett sitzend zusehen und mithelfen, sodass er später die Prothese nach Möglichkeit alleine anlegen kann.

Procedere:

1. Ausmessen der voraussichtlich notwendigen Länge der Prothese.
2. Anbringen der entsprechenden Modulbauteile und Einlegen der Polster in den Schaft.
3. Völliges Öffnen der Prothese bei leeren Luftkammern.
4. Überziehen der Prothese (direkter Haut-Prothesenkontakt verboten!).

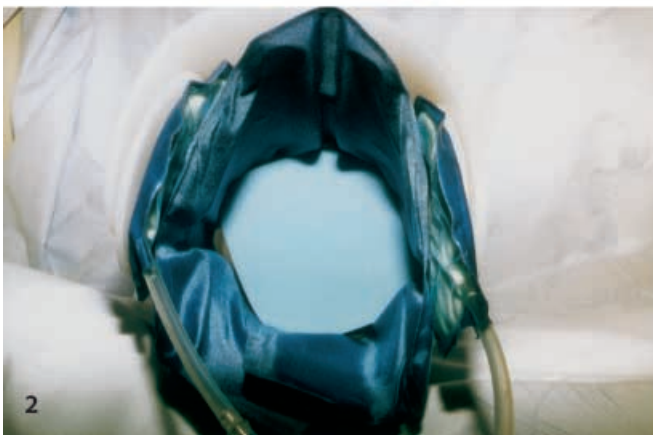
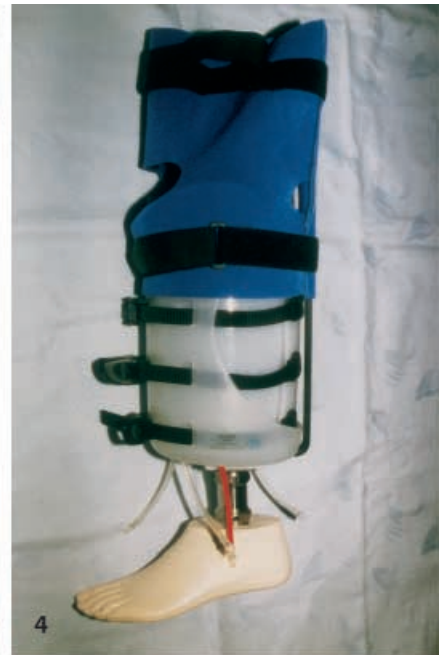


Abb. 1 ▲ Airlimb-Prothese von vorne: außen eine Hartplastikhülse aus thermoplastischem Kunststoff mit 3 verstellbaren Gurten. Moduleile: Fuß, Unterschenkel. Neben der Prothese die Pumpe zum Aufblasen der einzelnen Luftkammern (durch die aus der Kunststoffhülse ragenden Schläuche)

Abb. 2 ▲ Prothese von oben: Dunkelblau sind die aufblasbaren Luftkammern zu erkennen

Abb. 3 ▲ Prothese von hinten: Die zum Teil aufgeklappte weiße äußere Kunststoffhülse kann vollkommen geöffnet werden. Moduleile: Fuß, Unterschenkel. Die Schläuche dienen zum Aufblasen der Luftkammern

Abb. 4 ▲ Prothese von lateral mit aufgestecktem Neoprenteil mit integriertem L-förmigen Metallbügel zur Extensionssicherung. Moduleile: Fuß, Unterschenkel

Abb. 5 ▲ Aufblasen der Prothese am Operationstisch im Sinne einer Sofortprothese



Abb. 6 ◀ **Angelegte Airlimb-Prothese mit Extensionssicherung**

5. Schließen der Riemen von distal nach proximal in mehreren Durchgängen. Sie sollten straff sitzen, aber nicht zu streng angezogen werden.
6. Aufblasen der distalen Luftpolster: zuerst die ventralen 2 Kammern, dann das dorsale Polster und zum Schluss der rote Schlauch (Druck: 20–30 mmHg).
7. Aufblasen der 2 proximalen Kondylenpolster (Druck: 30–40 mmHg).
8. Anbringen des Extensionsstabes, wenn Knieimmobilisierung erwünscht (Abb. 6).
9. Vor dem Ablegen der Prothese sollte die Luft aus den Kammern abgelassen werden.

Mit dem vorgestellten Behandlungsprinzip wurden in der vorzustellenden Studie 25 konsekutive Patienten mit 25 Unterschenkelamputationen behandelt. Die 16 Männer und 9 Frauen waren zwischen 23 und 79 Jahre alt (durchschnittlich 54 Jahre).

Die Ursachen für die Amputationen waren: Diabetes mellitus [12], Infektion [11], periphere arterielle Verschlusskrankheit (PAVK; [4]), Trauma [3], chronische Schmerzsyndrome [6] (Kombinationen der Indikationen sind die Ursache für Mehrfachnennungen).

Um genaue Behandlungsdaten mit der neuen Sofortprothese mit Namen „Airlimb“ zu bekommen, wurden alle damit beschäftigten Berufsgruppen eingeschlossen. Es gibt einen prä- und postoperativen Behandlungs- bzw. Fragebogen für den Arzt, die Schwestern, Physiotherapeuten und Orthopädietechniker. Wichtig sind die Patientenbogen. Durch die Protokolle wird die Mitarbeit der Behandler und auch der Patienten gefördert.

Das Studienprotokoll war standardisiert und sah eine Unterschenkelamputation in modifizierter Burgess-Technik [2] vor.

In der Übersicht sah das postoperative Protokoll wie folgt aus:

- Anlegen des Airlimb-Schaftes im Operationssaal über einen nicht haftenden Verband. Unterschenkel (Pilon) und Fußteile wurden frühestmöglich, wenn nicht sofort montiert.
- Der optionale Behelf zur Kniekontrakturprophylaxe wurde sofort angelegt.

- Ein Polster wurde bei gestrecktem Bein unter den Prothesenfuß gelegt.
- Schmerzmedikation nach Bedarf.
- 1. postoperativer Tag:
 - Verbandwechsel mit Neuanlage der Prothese.
 - Patienten und Angehörigenschulung beginnt.
- 1. oder 2. postoperativer Tag:
 - Physiotherapie beginnt.
 - Abmessen des verbliebenen Stumpfes.
 - Beweglichkeitsmessung der verbliebenen Gelenke der betroffenen Extremität.
 - Schmerzevaluation v. a. beim An- und Ablegen der Prothese mittels VAS (visuelle analoge Schmerzskala).
- 2.–7. postoperativer Tag:
 - Intensivierung der Physiotherapie: Teilbelastung bis zu 10 kg im Barren.
 - Ergotherapie: Training für das tägliche Leben.
 - Krankenschwestern: Patient und Familie werden in Wundversorgung und Stumpfpflege unterrichtet. Schmerzevaluation.
 - Orthopädietechniker: Prothesenschulung des Patienten und der Angehörigen.
 - Entlassung der Patienten
- 7.–21. postoperativer Tag:
 - Tägliche Verbandwechsel.
 - Verbesserung von Gehfähigkeit, Beweglichkeit, Ausdauer, Balance und Koordination.
- 21.–30. postoperativer Tag:
 - Kompressionsstumpfstrümpfe.
 - Orthopädietechnische Kontrolle, Optimierung der Prothese.
 - Intensivierung der Physiotherapie.
- 6 Wochen postoperativ:
 - Volle Belastung des amputierten Beines sollte möglich sein.
 - Gangschulung.
 - Orthopädietechniker: Passkontrolle. Wann ist eine Definitivprothese möglich?



Abb. 7 ▶ **Mobilisation mit Airlimb-Prothese und Gehgestell**

Ergebnisse

Innerhalb der ersten 5 postoperativen Tage konnten 24 von 25 Patienten mit der neuen Sofortprothese und anfangs Stützhilfen wie Unterarmstützkrücken erfolgreich mobilisiert werden (Abb. 7). Ein Patient war zu groß, konnte jedoch nach 3 Wochen mit einer Spezialanfertigung mobilisiert werden. Er wurde aber aus dem Studienprotokoll gestrichen.

Mit der Prothese und einer zusätzlichen Gehhilfe (bis zur definitiven Prothesenversorgung) konnten 17 von 25 Patienten alleine gehen.

Elf von 24 Patienten waren zwar anfangs (stationär und bei den ersten ambulanten Kontrollen) mit der „Airlimb“-Prothese mobilisiert. Die kontinuierliche Verwendung bis zur endgültigen Prothesenversorgung war aber aus folgenden Gründen nicht gegeben:

- Sieben von 11 Patienten waren v. a. aufgrund zerebraler Demenz nicht in der Lage, die Prothese zu verwenden, 1 Patient erlitt in der postoperativen Phase einen Schlaganfall, bei den restlichen Patienten war ein schlechtes soziales Umfeld mitverantwortlich.
 - Drei der 7 weniger dementen Patienten wollten die Prothese nicht verwenden. In diesen Fällen lag auch eine Depression vor.
 - Einem der 7 Patienten wurde von seiner Familie verboten, die Interimsprothese weiterzuverwenden.
- Drei der 11 Patienten waren körperlich nicht in der Lage, die Prothese selbst an- und abzulegen.
- Einer der 11 Patienten hat aufgrund des Rates von Freunden die Prothese nicht weiterverwendet

Bei den oben genannten Problempatienten muss bedacht werden, dass alle Patienten der Studie nach erfolgreicher Mobilisation entlassen wurden!

Die Prothese bis zur Definitivversorgung haben 13 von 24 Patienten verwendet.

Komplikationen bei den 13 Patienten:

- 1 Blase nach Druckstelle unter der suprakondylären Luftkammer.
- 1 Blase, weil ein Patient beim Schlafen sich an dem Bettende wund lag. Beide Wunden heilten ohne weitere Komplikationen.

Alle 13 Patienten waren mit der Sofortprothese sehr zufrieden und würden sie wieder verwenden.

Das Airlimb-Patientenkollektiv wurde mit retrospektiven und vergleichbaren Daten von 23 Patienten derselben Chirurgen verglichen (12 Männer und 11 Frauen mit einem Durchschnittsalter von 57 Jahren). Tu diesem Zweck wurden alte Krankengeschichten ausgehoben und eine randomisierte, (per Zufall gezogene Akten) vom Alter, vom Gesundheitszustand und von der Grunderkrankung vergleichbare Kontrollgruppe gebildet. In dieser Gruppe erfolgte die postoperative Behandlung bzw. Mobilisation ohne Sofortprothese.

In der Kontrollgruppe ergab sich eine 6fach höhere Sturzrate. In der Kontrollgruppe waren 20 chirurgische Revisionen, in der Airlimb-Gruppe keine einzige notwendig. In der Airlimb-Gruppe gab es 2 in der Kontrollgruppe 17 Wundkomplikationen.

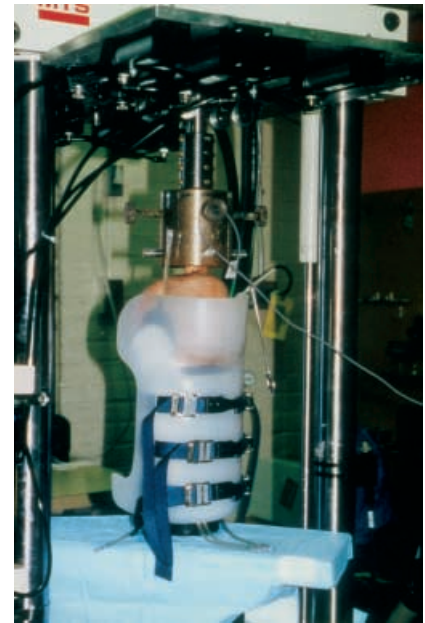


Abb. 8 ► Versuchsaufbau zur biomechanischen Testung der Prothese in der MTS-Maschine

Die durchschnittliche Zeit bis zur prothetischen Definitivversorgung betrug in der Kontrollgruppe 138 Tage (30–548 Tage), in der Airlimb-Gruppe 94 Tage (48–180 Tage).

Biomechanik

Um das Verhalten eines Amputationsstumpfes innerhalb der Airlimb-Prothese zu prüfen, wurde eine biomechanische Studie mit folgendem Versuchsaufbau durchgeführt:

- Für die Studie wurden 5 Leichenbeine ausgewählt.
- Die Leichenkniegelenke wurden mit intramedullären Kraftträgern versteift.
- Eine Unterschenkelamputation in Burgess-Technik wurde durchgeführt [2].
- Myodese der oberflächlichen Faszie an der Tibiavorderkante durch Bohrlöcher.
- Zwei Sensoren (Microstrain Burlington, VT) wurden subkutan so implantiert, dass sie die Wunde überbrückten.
- Wundverschluss mit Matratzennaht (Nylon 3-0; 4fach-Knoten).
- Wundverband mit 10×10 cm großen Tupfern und einer halbelastischen Binde.
- Die Testbeine wurden mit angelegter Airlimb-Prothese in eine MTS-Maschine montiert (Abb. 8). Axiale Kräfte wurden in 100-N-Schritten steigend bis zu 700 N ausgeübt und die auftretenden Kräfte über die implantierten Sensoren gemessen.
- Nach Erreichen der 700 N wurden 1.500 Bewegungszyklen auf das Bein und die Prothese ausgeübt, um das Gehen mit der Prothese zu imitieren.
- Der Stumpf wurde nach dem Test auf Naht- und Knotenbrüche, Wunddehissenzen und Hautverletzungen untersucht.

Die biomechanische Untersuchung zeigte, dass sich die Wundränder während und nach den Versuchsgängen näherten. Bei den sequenziellen Tests blieben die Wunddecken geschlossen.

Bei den maximalen Versuchsbelastungen zeigte sich eine gelöste bzw. gerissene Naht bei einem Versuchsbein. Bei 2 Testbeinen kam es bei der Maximalbelastung zu Hautblasen distal, wobei weniger als 20% der distalen Stumpffläche betroffen waren. Eine Wunddehiszenz wurde nie gesehen. Zwischen den axialen und zyklischen Untersuchungsgängen konnten keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden.

Diskussion

Die Anzahl der Amputationen nimmt leider nicht ab. Vielmehr kommt es aufgrund der "Überalterung" der Bevölkerung zu einer Zunahme der an Diabetes und PAVK leidenden Menschen. Das diabetische Fußsyndrom verursacht bereits 25% der Krankenhauskosten von Diabetikern. Jährlich werden rund 2 Mrd. DM an direkten Kosten für die „Diabetischen Amputationen“ aufgewendet.

Amputationen sind einerseits für den betroffenen Menschen ein gewaltiger Einschnitt in seine psychische und physische Integrität und andererseits stellen sie eine enorme Belastung für den gesamten Organismus und den Allgemeinzustand des Patienten dar. Es muss also Ziel sein, die Betroffenen möglichst schnell wieder „auf die Beine“ zu bekommen, um eine Bettlägrigkeit und Folgeerkrankungen zu verhindern und den Lebenswillen wieder zu wecken und zu stärken. Auch ein großes volkswirtschaftliches Interesse muss postuliert werden.

Verschiedene Bemühungen wurden unternommen, um Amputierte zu mobilisieren. Bei den gängigen Versuchen mussten Probleme wie schlechtes Gangbild, verzögerte Wundheilung, schlechte Passform u. a. in Kauf genommen werden.

Die Versorgungsmöglichkeit mit einer neuen Sofortprothese mit mehreren aufblasbaren Luftkammern lässt eine gute Passform während der gesamten postoperativen Phase bis hin zur definitiven Versorgung bei gutem Gangbild zu. Die ersten Untersuchungsergebnisse unter Einbeziehung des gesamten Versorgungsteams und der Patienten sind viel versprechend. Der eingeschlagene Weg sollte unter Zuhilfenahme von Multizenterstudien weitergegangen werden, um die allgemeine Praktikabilität dieser Therapieform genau erfassen zu können.

Schlussfolgerung

Es liegen derzeit zwar nur relativ kurzfristige Frühergebnisse vor, was aber insofern nicht überbewertet werden sollte, da für die Sofort- bzw. Frühversorgung nach Amputationen die ersten Monate nach Operation von Entscheidung sind. Wenn einmal die definitive Prothesenversorgung eingeleitet wurde und der Patient mit der Definitivprothese mobil ist, so kann man bereits vom Endergebnis einer Frühversorgung sprechen. Wenn die Endversorgung gut durchführbar ist, gute Stumpfverhältnisse vorherrschen und die Definitivprothese entsprechend der Amputationsindikation relativ schnell nach der Operation durchgeführt werden kann, so darf sicher von einer effizienten orthopädiotechnischen Versorgung gesprochen werden.

Literatur

1. Baumgartner R, Botta P (1995) Amputation und Prothesenversorgung der unteren Extremität, 2. Aufl. Enke, Stuttgart
2. Burgess EM, Zettl JH (1969) Amputations below the knee. *Artif Limbs* 13:1
3. Burgess EM, Romano RL, Zettl JH (1969) The management of lower-extremity amputations – surgery, immediate postsurgical prosthetic fitting, patient care. *Library of Congress Catalog Card No. 70-602818*
4. Gocht H, Radike R, Schede F (1920) Künstliche Glieder. Enke, Stuttgart
5. Ivanic GM, Fruhwirth J, Homann NC (1998) Der diabetische Fuß – Prophylaxe und Therapie mit speziellen Einlagen. *Orth Tech* 7/98:527–529
6. Kristen H, Reiner E, Hiebler W, Müller S (1983) Prothesen für die untere Extremität. Maudrich, Wien München Bern
7. Neff G (1980) Postoperative Behandlung von Amputationsstümpfen einschließlich Sofort- Früh- und Übungsprothesenversorgung. *Orth Tech* 12/80:181–184
8. Schüling S, Greitemann B, Seichter C (1994) Gehfähigkeit beidseits Beinamputierter nach prothetischer Versorgung. *Z Orthop* 132:235–238
9. Stinus H, Schüling S, Geerken J (1994) Epidemiologische Daten zu Amputationen an der unteren Extremität – Eine Studie über 1487 Amputationen. *Z Orthop* 132:239–243
10. Verth M zur (1941) Kunstglieder und orthopädische Hilfsmittel. J Springer
11. Uranüs S, Breinl E, Hauser H, Lackner R, Rödl S, Neumayer K (1991) Amputationen der unteren Extremität bei arterieller Verschlusskrankheit. *Langenbecks Arch Chir* 376:9–15
12. Wutzler J, Ranke TP (1999) Rehabilitationsergebnisse bei doppelseitiger prothetischer Versorgung der unteren Extremität. *Z Orthop* 137:83–86