

Unfallchirurgie 2024 · 127:651–659
<https://doi.org/10.1007/s00113-024-01460-y>
 Angenommen: 18. Juni 2024
 Online publiziert: 10. Juli 2024
 © The Author(s) 2024



Filetlappentransfer als Alternative zu konventionellen Amputationen der unteren Extremität

L. Harnoncourt¹ · C. Gstoettner^{1,2} · L. Pflaum¹ · G. Laengle^{1,2} · O. C. Aszmann^{1,2}

¹Klinisches Labor für Bionische Extremitätenrekonstruktion, Universitätsklinik für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie, Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich

²Universitätsklinik für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie, Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich

In diesem Beitrag

- Herausforderungen nach Amputation und klassischer Prothesenversorgung
- Chirurgische Versorgungskonzepte
Osseointegration • Targeted Muscle Reinnervation
- Altbekannte Konzepte als innovative Lösungsansätze
„Spare-Part“-Chirurgie • Ergebnisse in der Literatur • Klinisches Fallbeispiel
- Resümee

Zusammenfassung

Hintergrund: Die prothetische Versorgung nach einer Amputation der unteren Extremität geht mit einigen Herausforderungen einher. Skeletale Stumpf-Prothesen-Schnittstellen und selektive Nerventransfers können diese teilweise bewältigen, bringen jedoch auch Einschränkungen, die die Notwendigkeit neuer Ansätze unterstreichen, mit sich. Hier kann das Konzept der sog. Ersatzteilchirurgie mit der Nutzung von Filetlappen eine wichtige Rolle spielen.

Fragestellung: Übersicht über die klassischen prothesenassoziierten Beschwerden, Vor- und Nachteile von Versorgungsstrategien sowie Präsentation alternativer chirurgischer Konzepte.

Material und Methoden: Es erfolgte eine selektive Literaturrecherche unter Berücksichtigung eigener Erfahrungen und Ansichten bezüglich Vor- und Nachteilen der chirurgischen Versorgungsmöglichkeiten. Zusätzlich wird ein klinischer Patientenfall vorgestellt.

Ergebnisse und Schlussfolgerung: Der Transfer der Fußsohle als Filetlappen in die Belastungszone des Amputationsstumpfes geht mit einer Vielzahl von Vorzügen wie Endbelastbarkeit des Stumpfes, Vorbeugen von Nervenschmerzen, erhaltener Sensibilität und Bewahren des Körperbilds einher. Die Technik kann bei Amputationen sowohl proximal wie auch distal des Kniegelenks eingesetzt werden, vorausgesetzt, dass die Fersenregion nicht beeinträchtigt ist. Die Frage, ob Anteile des Knochens in den Transfer einbezogen werden soll, ist bei jedem Patienten individuell zu evaluieren. Dieser Ansatz ermöglicht die Optimierung des Amputationsstumpfes für die nachfolgende prothetische Versorgung der Patienten.

Schlüsselwörter

Untere Extremität · Amputationsstümpfe · Körperbild · Nervenschmerzen · Sensibilität



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Amputationen stellen für Patienten einschneidende Erlebnisse mit schwerwiegenden Auswirkungen auf die weitere Lebensgestaltung dar. Eine zuverlässige und komplikationsarme prothetische Versorgung ist daher besonders wichtig. Klassische Schaftprothesen gehen jedoch oftmals mit einer Vielzahl von Komplikationen einher. Für eine regelmäßige Prothesennutzung ist es von Bedeutung,

diese Beschwerden im Stumpfbereich an der Schnittstelle zwischen Mensch und Prothese zu minimieren, um den Betroffenen die bestmögliche Reintegration in den Alltag zu ermöglichen.

Hintergrund

Der Verlust der unteren Extremität bedeutet für Patienten eine erhebliche Be-



Abb. 1 ▲ Bei konventionellen Schaftversorgungen nach transfemorale Amputation ist neben einer weiten Einfassung des Stumpfes eine zusätzliche Abstützung am Beckenknochen notwendig. Ansichten von ventral (a) und dorsal (b)

einträchtigung ihrer Lebensqualität, hat grundlegende Auswirkungen auf ihre Alltagsgestaltung und geht mit ausgeprägten psychosozialen Folgen einher [3]. Die Anpassung von Prothesen für Amputationen oberhalb des Sprunggelenks stellt oftmals eine Herausforderung dar, insbesondere im Hinblick auf eine langfristig zufriedenstellende Lösung. Der Weichteilmantel im Bereich des Amputationsstumpfes muss hohen Belastungen standhalten, ist jedoch im Vergleich zur dicken und widerstandsfähigen Haut der Fußsohle relativ dünn und nicht darauf ausgelegt, diesen Kräften gewachsen zu sein. Zusätzlich ist die Belastungszone auf eine geringe Fläche reduziert und die Druckbelastung beträchtlich erhöht. Infolgedessen kann es zu chronischen Weichteilschäden am Stumpf sowie zu einer unzuverlässigen Kraftübertragung auf die Prothese kommen.

» Für die optimale Versorgung der Prothese-Bein-Schnittstelle gilt: einen sensiblen und endbelastbaren Stumpf zu gewährleisten

Prothesenschäfte werden daher häufig an proximalen Knochenvorsprüngen abgestützt, was wiederum mit Schmerzen und zu Einschränkungen der Bewegungsfreiheit verbunden sein kann. Darüber hinaus

können sich im distalen Stumpfbereich druckempfindliche und schmerzhafte Neurome bilden. Insgesamt können diese Komplikationen zu einer reduzierten und selteneren Nutzung und in manchen Fällen zur vollständigen Ablehnung der Prothese führen [16]. Chirurgische Konzepte, wie Targeted Muscle Reinnervation (TMR) zur Neuromprophylaxe oder Osseointegration (OI) zur skeletalen Verankerung der Prothese, können diese Komplikationen erfolgreich reduzieren, bringen jedoch auch Nachteile mit sich. Zur optimalen Versorgung der Schnittstelle zwischen Prothese und Bein bzw. der Belastungszone lässt sich der Grundsatz der plastischen Chirurgie „Gleiches mit Gleichem ersetzen“ verfolgen.

Herausforderungen nach Amputation und klassischer Prothesenversorgung

Bei herkömmlichen Prothesenversorgungen der unteren Extremitäten wirken hohe Kräfte auf die Haut und den Weichteilmantel des Stumpfes, wodurch eine weite Einfassung der Restextremität notwendig ist. Die klassischen Begleitbeschwerden solcher Schaftversorgungen sind Schmerzen, übermäßiges Schwitzen und Hautirritationen [11] sowie Bewegungseinschränkungen,

wenn das Kniegelenk in die Versorgung einbezogen werden muss. Hierbei muss je nach Patient und Amputationshöhe individuell zwischen Bewegungsfreiheit und Belastung am Stumpf abgewogen werden. Transtibiale Amputationen ermöglichen den Erhalt des Kniegelenks und eine größere Bewegungsfreiheit bei geringerer Gewichtsbelastung. Um bei der Versorgung transfemorale Amputationen einen sicheren Sitz zu gewährleisten sowie Druckstellen und -defekte zu vermeiden, muss das Gewicht auf belastbare Bereiche umverteilt werden, da der Stumpf allein nicht endbelastbar ist und der Knochenstumpf zu Läsionen der Haut führen würde. Aufgrund besserer Stabilität und geringerer Fallneigung hat sich das ischial gelagerte Design, bei dem der Sitzbeinhöcker als Gegenlager zum medialen Rand des Schafts dient, durchgesetzt (Abb. 1). Die Größe des Schafts und der erforderliche Kontakt zum Beckenknochen beschränken jedoch den Tragekomfort und die Bewegungsfreiheit, stören das Gangbild und führen häufig zu Schmerzen im Bereich der Beckenabstützung, einschließlich Hautirritationen der dort überbelasteten Haut [7].

Stumpfschmerzen treten bei etwa 60 % der Patienten auf und werden nach somatischer und neuropathischer Ätiologie unterschieden [22]. Somatische Stumpfschmerzen entstehen durch Druckbelastung, chronische Ulzerationen, knöchernen Auswüchse und vaskuläre Insuffizienz (Abb. 2). Neuropathische Schmerzen werden durch Neurome ausgelöst [22]. Nach Durchtrennung der Nerven im Rahmen der Amputation regenerieren dessen Axone richtungslos, da das distale Nervenziel fehlt, sodass es zu einer knollenförmigen Hyperplasie von Nervengewebe, einem Neurom, kommt [13, 18]. Die Folgen persistierender Stumpfschmerzen sind verringerte Mobilität, reduzierte körperliche Aktivität, geringere Teilnahme an Aktivitäten des täglichen Lebens sowie daraus resultierende psychische und physische Auswirkungen [20].

Bei vielen Betroffenen treten zusätzlich Phantomschmerzen, projizierte Schmerzempfindungen der amputierten Gliedmaße, auf [15]. Es konnte nachgewiesen werden, dass das regelmäßige Tragen einer Prothese die Schmerzen signifikant reduziert [2] und zudem die Wiederherstellung



Abb. 2 ◀ Die chronische Belastung kann im Stumpfbereich zu schmerzhaften Weichteildefekten und Ulzerationen führen

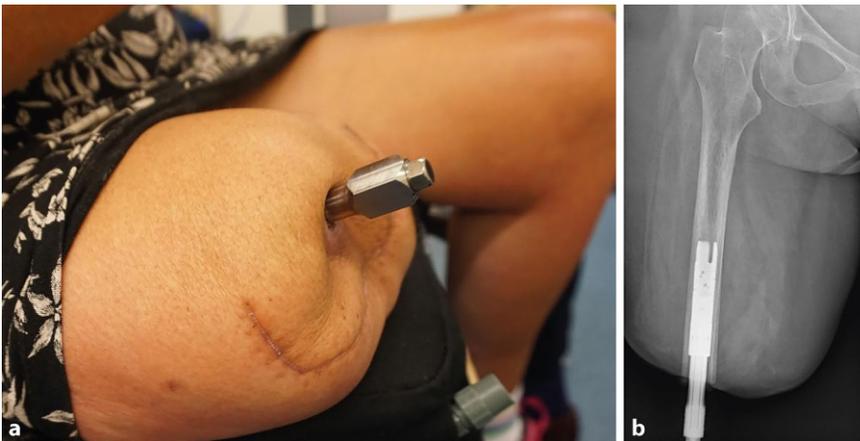


Abb. 3 ▲ a Amputationsstumpf nach durchgeführter Osseointegration; b das Röntgenbild zeigt die Fixierung des Implantats im Femur

von sensorischem Feedback am Stumpf Phantomschmerzen verringern sowie die Funktionalität verbessern kann [10].

Chirurgische Versorgungskonzepte

Um die beschriebenen Begleitbeschwerden der prothetischen Versorgung nach Amputationen der unteren Extremität ober- bzw. unterhalb des Knies zu bewältigen, wurden im Lauf der letzten Jahre neben orthopädietechnischer Innovation auch chirurgische Lösungsansätze präsentiert.

Osseointegration

Das Konzept der Osseointegration (OI), der skeletalen Anbindung der Prothese, bietet eine Möglichkeit, die klassische Schaftversorgung als Schnittstelle zwischen Stumpf und Prothese zu ersetzen. Eine weite Einfassung des Stumpfes mit allen verbundenen, angeführten Nach-

teilen wird vermieden und gleichzeitig der Weichteilmantel entlastet. Diesbezüglich existieren verschiedene Systeme auf dem Markt. Eine Technik beruht auf einem Titanimplantat („fixture“), das in den Knochen am Stumpf eingebracht wird. Nach entsprechender Einheilung und Rehabilitation kann die Prothese über ein perkutanes Verbindungsstück („abutment“) befestigt werden und ist direkt im Knochen verankert (▣ **Abb. 3**; [5]).

Insbesondere nach transfemorale Amputationen findet die OI seit vielen Jahren Anwendung, und es ist inzwischen eine Vielzahl positiver Effekte beschrieben [6]. Verglichen mit Schaftprothesen, führt die OI zu längerer Tragedauer, höherem Komfort, verbessertem Bewegungsausmaß und erhöhter Lebensqualität [19]. Ein weiterer wesentlicher Vorteil der OI besteht darin, dass das Gelenk bei Patienten mit sehr kurzem Stumpf nach gelenknahem Extremitätenverlust auch funktionell erhalten werden kann. Eine konventionel-

le Schaftversorgung würde hingegen zum Verlust der bestehenden Gelenkfunktion führen.

» Trotz beträchtlicher Vorteile der OI gibt es doch auch limitierende Faktoren zu beachten

Trotz dieser ersichtlichen Verbesserungen der prothetischen Versorgung nach OI stehen einer breiteren Implementierung in den klinischen Alltag noch diverse limitierende Faktoren im Weg. Hohe Kosten und die notwendige Expertise für diese anspruchsvolle Technik ermöglichen den Einsatz aktuell nur in wenigen, spezialisierten klinischen Zentren. Zusätzlich besteht aufgrund des perkutanen Durchtritts ein erhöhtes Risiko für Infektionen, die eine medikamentöse Therapie bis hin zur chirurgischen Revision oder sogar einer Entfernung des Implantats zur Folge haben können [6]. Darüber hinaus ist insbesondere das Abutment anfällig für mechanische Schäden, beispielsweise beim Stolpern oder Stürzen [6]. Neben dem Risiko einer Schädigung des Implantatsystems ist eine intensive und sportliche Belastung der Prothese bei OI gemäß der Erfahrung der Autoren nicht immer möglich. Aufgrund der direkten Lastübertragung auf den harten Knochen sind sportliche Aktivitäten mit intensivem Einsatz der unteren Extremität, beispielsweise Joggen, für einige Patienten schlichtweg zu schmerzhaft; eine Einschränkung, die bei optimaler konventioneller prothetischer Versorgung nicht besteht [4].

Targeted Muscle Reinnervation

Die Targeted Muscle Reinnervation (TMR) wurde 2004 erstmals von Kuiken et al. in der oberen Extremität vorgestellt und beschreibt die chirurgische Umlagerung von Nerven, die nach einer Amputation ihre Zielorgane verloren haben, auf neue Muskeln. Primäres Ziel dieser Intervention war das Schaffen neuer Muskelsignale im Stumpfbereich zur verbesserten Steuerung myoelektrischer Prothesen der oberen Extremität [21]. Darüber hinaus werden mithilfe der durchgeführten Nerventransfers auch Nervenschmerzen effektiv behandelt. Bestehende Neurome werden reseziert und die Nerven auf die motori-

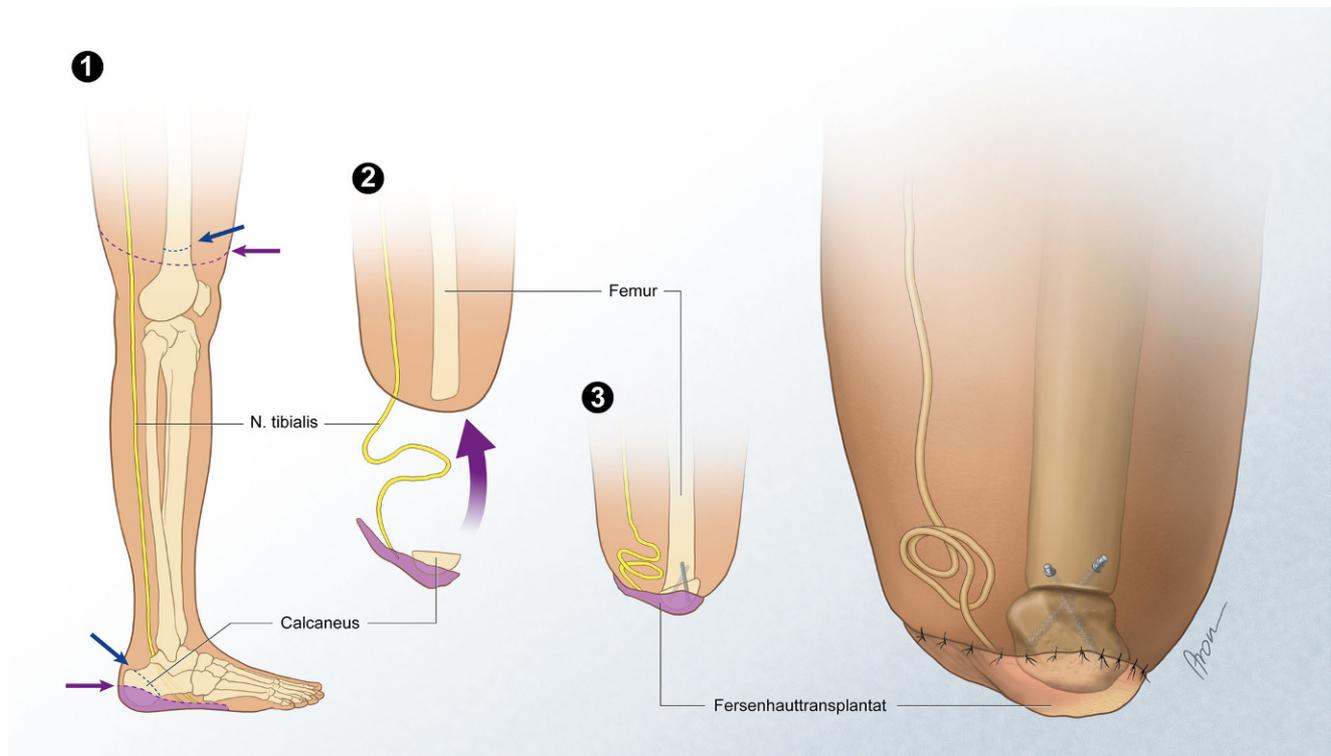


Abb. 4 ▲ Schematische Darstellung eines nervengestielten Fersenhauttransfers mit Anteilen des Calcaneus

schen Äste der entsprechenden Muskeln verlagert. Die Nerven erhalten ein neues Zielorgan, wodurch einer neuerlichen Neurombildung vorgebeugt [12, 17, 25] und von den Patienten zusätzlich eine Besserung der bestehenden Phantomschmerzen angegeben wird [12, 17].

» Keinen Zielnerven findende Axone können erneute Neurombeschwerden auslösen

In der Indikation zur Schmerztherapie findet die TMR auch Anwendung im Bereich der unteren Extremität [13]. Die von manchen Autoren vorgeschlagene [27] standardmäßig präventive Anwendung von TMR im Rahmen der Amputation der unteren Extremität ist fraglich, da nicht alle Patienten Phantom- bzw. Neuromschmerzen entwickeln [8]. Der Eingriff erfordert zudem ein hohes Maß an Expertise und verlängert die Operationszeit, wodurch das Risiko für mögliche Komplikationen, wie beispielsweise Infektionen, oder auch die Kosten steigen. Darüber hinaus besteht beim Transfer der großen Nervenstümpfe auf die kleineren motorischen Äste meist ein erheblicher Größenunterschied. Es

erscheint daher unwahrscheinlich, dass sämtliche Nervenfasern vollständig in den kleineren Zielnerven einwachsen und ihnen tatsächlich ein neues Ziel angeboten wird. Stattdessen wird vermutet, dass eine Vielzahl der regenerierenden Axone in benachbarte Bereiche, beispielsweise direkt in die angrenzende Muskulatur, eindringt bzw. kein Ziel findet und zur erneuten Bildung von Neurombeschwerden führen kann [14].

Fazit.

- Die vorgestellten Konzepte konnten durch Auflösung vieler klassischer schaftvermittelter bzw. Postamputationsbeschwerden bereits eine deutliche Verbesserung der prothetischen Versorgung von Amputationen der unteren Extremität erzielen.
- Sie bringen jedoch auch neue Herausforderungen mit sich und lassen manche Komplikationen ungelöst, wodurch die Notwendigkeit anderer Ansätze ersichtlich wird.

Altbekannte Konzepte als innovative Lösungsansätze

„Spare-Part“-Chirurgie

Eine Möglichkeit der Stumpfversorgung und -optimierung zur anschließenden prothetischen Versorgung ist die „Spare-Part“- oder „Ersatzteil“-Chirurgie. Gewebe des ansonsten verworfenen Amputats wird als sog. Filetlappen wiederverwendet, entweder gefäßgestielt oder als freier mikrovasculärer Gewebetransfer. Das Konzept wurde erstmals von Moberg in der unteren Extremität zur Deckung einer chronischen Läsion an der Ferse mit einem Hallux-Filetlappen beschrieben [24] und findet seither sowohl bei traumatologischen [23] als auch onkologischen [1] Indikationen Anwendung. Filetlappen können sowohl an der oberen als auch an der unteren Extremität eingesetzt werden; die Lappengröße reicht von kleinen digitalen Lappen bis hin zu sehr ausgedehnten Lappen, die große Teile des Weichteilmantels einer Extremität umfassen. Obwohl diese Möglichkeit im Rahmen einer Amputation oftmals nicht bedacht wird, kann ihre Anwendung zur Deckung des proximalen Stumpfes ohne

zusätzliche Hebemorbidity genutzt werden.

Dieses Konzept wurde an der Universitätsklinik für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie der Medizinischen Universität Wien aufgegriffen und bei Patienten mit subakuten oder elektiven Ober- oder Unterschenkelamputationen mit unversehrter distaler Extremität verfolgt. Nach durchgeführter Amputation erfolgt, je nach Ausgangssituation, ein freier oder gestielter Gewebettransfer der Fersenhaut mit oder ohne Anteile des darunterliegenden Calcaneus an den distalen Amputationsstumpf (▣ Abb. 4). Diese Intervention bietet zahlreiche Vorteile bei gleichzeitig geringem Risiko, da bei evtl. Lappennekrose auf eine konventionelle Stumpfbildung zurückgegriffen werden kann.

Durch den Transfer der Fersenhaut auf den Stumpf wird Gewebe, das physiologisch darauf ausgelegt ist, diesen Belastungen standzuhalten, in die Belastungszone verlagert. Es gelingt, einen robusten und endbelastbaren Stumpf zu schaffen. Diese Ausgangssituation bietet mehr Möglichkeiten im Hinblick auf die prothetische Versorgung, da es einer geringer dimensionierten Einfassung der Restextremität bedarf. Klassische schaftassoziierte Beschwerden können reduziert und gleichzeitig eine höhere Bewegungsfreiheit erzielt werden, da die proximale Gelenkebene nicht in die Versorgung einbezogen werden muss.

» Ziele sind die Wiederherstellung der Endbelastbarkeit des Amputationsstumpfes um damit der Erhalt der proximalen Gelenkkette

Gerade bei gelenknahen Amputationen kann darüber hinaus eine Defektdeckung und bei Mitnahme des Calcaneus auch eine Verlängerung des Restknochens unter Vermeidung einer zusätzlichen Hebemorbidity erzielt werden. Ziel ist es, das Gelenk funktionell zu erhalten und zusätzlich die Belastungszone durch Augmentation des Knochendurchmessers am Stumpf zu vergrößern.

Durch Koaptation der Stumpfnerven nach freiem Gewebettransfer oder Umlagerung eines neurovaskulär gestielten Lappens wird eine haptische Resensibilisie-

rung im distalen Stumpfbereich erreicht. Die Nerven erhalten ein neues Ziel bzw. bleiben intakt, wodurch sowohl Neurombeschwerden als auch Phantomschmerzen vorgebeugt wird. Das sensible Feedback am distalen Stumpfende wird vom Patienten kognitiv im Bereich der Fußsohle wahrgenommen. Das Ende des Stumpfes bleibt sensibel folglich das Ende des Beins; dies erleichtert es dem Patienten, sein Körperbild und seine körperliche Integrität nach der Amputation zu bewahren bzw. wiederzuerlangen, was sich insbesondere auf Phantomschmerzen positiv auswirkt.

Ergebnisse in der Literatur

Vereinzelte Berichte über derartige Lappenplastiken der Fußsohlenhaut nach transtibialen Amputationen finden sich in der Literatur [9, 26]. Das primäre Ziel der Intervention war die Deckung eines Defekts am Stumpf unter Vermeidung zusätzlicher Hebemorbidity. Gleichzeitig konnte das Gelenk erhalten und der Stumpf durch den Transfer von endbelastbarem, sensiblem Gewebe für die spätere prothetische Versorgung optimiert werden. Dies äußerte sich durch geringeres Auftreten klassischer prothesenassoziiertter Komplikationen wie Schmerzen, Ulzerationen und Neuomen [26].

» Die „Ersatzteil“-Chirurgie optimiert den Amputationsstumpf für die spätere prothetische Versorgung

Die Frage, ob das Fersenbein in den Transfer einbezogen werden soll, wird kontrovers diskutiert. Als Vorteil eines fasziokutanen Lappens wird eine kürzere Zeitspanne (etwa 40 Tage) bis zum Beginn des Rehabilitationsprozesses mit Belastung des Stumpfes genannt, und es wird auf das Risiko einer verzögerten oder unvollständigen Knochenheilung hingewiesen [9]. Verglichen damit war die Zeit bis zur Rehabilitation nach osteokutanem Transfer deutlich länger (80 bis 180 Tage, [26]). Außerdem verheilte der Knochen bei einem von 7 Patienten initial nicht, was jedoch mit einer Revisionsoperation behandelt werden konnte. Den Knochen einzubeziehen, soll insbesondere bei Amputationen mit kurzem Knochenstumpf erwogen werden, um

die Länge der Restgliedmaße und die Gelenkfunktion zu verbessern [26]. Die diesbezügliche Indikation muss im Einzelfall sorgfältig geprüft werden.

Klinisches Fallbeispiel

Der chirurgische Eingriff sowie erzielbare Ergebnisse sollen nachfolgend anhand eines Patientenbeispiels veranschaulicht werden. Bei dem Patienten handelt es sich um einen 49-jährigen Mann mit massiven rechtsseitigen Knieschmerzen, die jeglichen Einsatz des Gelenks und der gesamten unteren Extremität unmöglich machten. Im Alter von 5 Jahren hatte er bei einem Verkehrsunfall schwere Verletzungen des rechten Knies, die zu einer posttraumatischen Arthrose und in weiterer Folge zur Implantation einer Knieprothese führten, erlitten. Aufgrund auftretender Komplikationen hatte er ausgeprägte Knieschmerzen, die mehrere Revisionen und Implantatwechsel erforderlich machten.

Die Eingriffe blieben jedoch ohne Erfolg, und der Patient stellte sich in der Klinik mit Schmerzen in einer Intensität von 10 auf der Numeric Rating Scale (NRS) bei jeglicher, auch nur minimaler Belastung des betroffenen Beins vor. Im Rahmen der Vorstellung äußerte er den Wunsch nach einer elektiven Amputation oberhalb des Knies.

Da die Sensibilität der Fußsohle nicht beeinträchtigt war, wurde nach der Amputation ein neurogen gestielter Filetlappen der Fersenhaut, einschließlich des Fersenbeins, auf den Oberschenkel transferiert (▣ Abb. 5). Die Osteosynthese (2 Kompressionsschrauben) musste aufgrund eines Sturzes mit resultierender Fraktur des Knochentransplantats revidiert werden, heilte danach jedoch schnell und komplikationslos aus. Die Belastung des Stumpfes war 6 Wochen nach der Revisionsoperation möglich.

Bei einer Kontrolle etwa 5 Monate postoperativ war der Patient bereits mit einer provisorischen Prothese versorgt (▣ Abb. 6). Die klinische Untersuchung ergab sowohl eine subjektiv als auch objektiv erhaltene Sensibilität der Fersenhaut am Stumpf. Durch den stabilen, endbelastbaren und sensiblen Stumpf kann der Patient trotz transfemorale Amputation mit einer Prothese ohne Abstützung

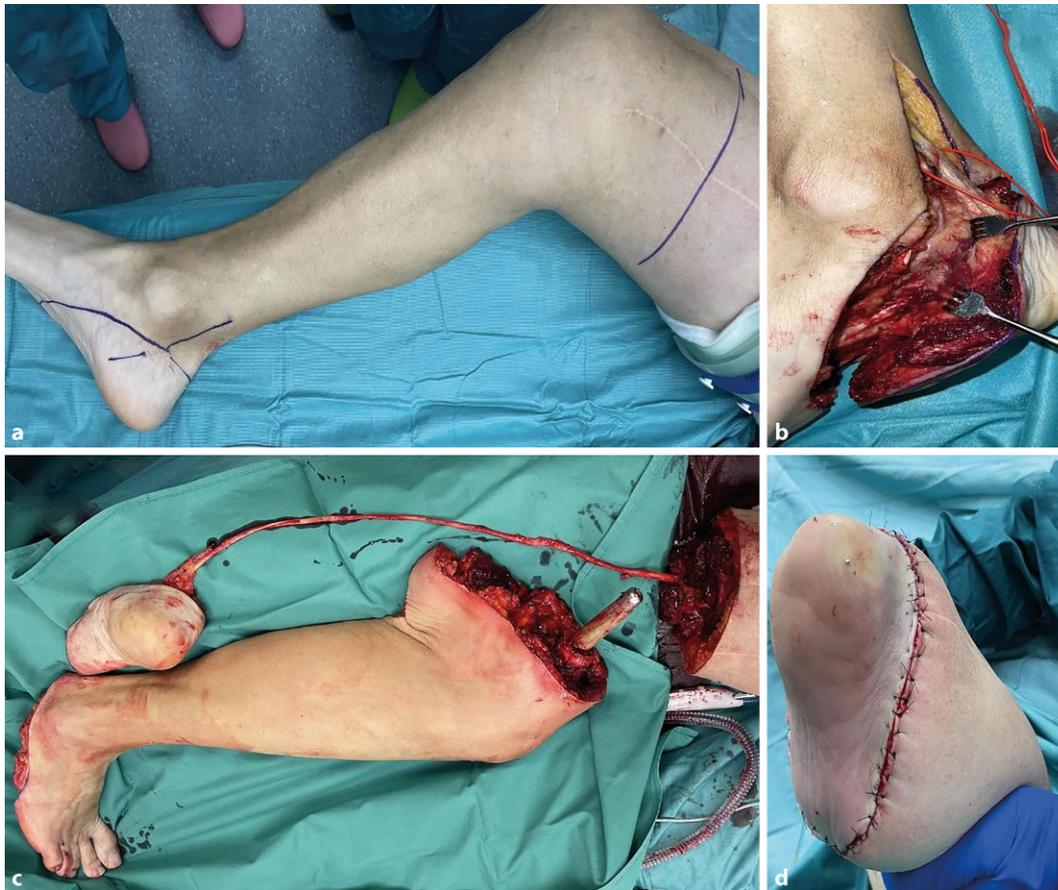


Abb. 5 ◀ a Präoperative Markierung der Oberschenkelamputation mit Filetlappentransfer. b Präparation des Lappens, einschließlich Osteotomie des Calcaneus. c Nach der Amputation bleibt der N. tibialis zur Innervation der Ferse in Kontinuität. d Endresultat nach mikrovaskulärem Transfer des Filetlappens zum Oberschenkelstumpf



Abb. 6 ▲ Der Patient bei einer Kontrolle etwa 5 Monate postoperativ. a Bereits die erste Probeversorgung ist geringer dimensioniert und kommt ohne Abstützung am Becken aus. b Der Lappen ist gut eingeehilt und vollständig sensibel

am Beckenknochen schmerzfrei, aber mit erhaltener Sensibilität gehen.

Resümee

Der Verlust einer Extremität bedeutet für die Betroffenen ein einschneidendes Erlebnis, das neben sozialen und beruflichen Einschränkungen oftmals auch eine veränderte Selbstwahrnehmung und psychische Belastungen zur Folge hat [3]. Amputationen der unteren Extremitäten und ihre Versorgung stellen sowohl Patienten also auch behandelnde Ärzte und Orthopädietechniker vor Herausforderungen. Durch den Einsatz neuer Versorgungskonzepte wie OI und TMR können einige davon bewältigt werden, andere bleiben jedoch bestehen oder werden nur unzureichend adressiert. Der Transfer der intakten Fußsohlenregion als Filetlappen im Rahmen der Amputation der unteren Extremität bietet eine innovative Alternative und eine physiologische Rekonstruktion der Belastungszone zwischen Stumpf und Prothese, insbesondere im Hinblick

auf Sensibilität, Schmerzmanagement und Endbelastbarkeit. Vorausgesetzt die Ferse region ist unbeeinträchtigt, sollte dieses Konzept zur bestmöglichen Stumpfversorgung und optimalen Vorbereitung auf eine prothetische Versorgung nach Amputation der unteren Extremität angedacht werden.

Fazit für die Praxis

- Klassische Prothesenversorgungen nach Amputationen der unteren Extremität gehen oftmals mit Beschwerden am Stumpf einher.
- Chirurgische Ansätze wie Osseointegration und Targeted Muscle Reinnervation können diese Beschwerden z. T. reduzieren, sind aber auch mit neuen Herausforderungen verbunden.
- Bei dem Konzept der Ersatzteil- oder „Spare-Part“-Chirurgie wird anderenfalls verworfenes Gewebe des Amputats als Filetlappen zur Defektdeckung oder zum Gewebeaufbau am Stumpf genutzt.
- Die Fußsohlenregion als Filetlappen kann zur Reduktion der somatischen und neuropathischen Stumpfschmerzen und zur Optimierung des Stumpfes im Hinblick auf Sensibilität und Belastbarkeit für die anschließende prothetische Versorgung dienen.

Korrespondenzadresse



Univ.-Prof. Dr. O. C. Aszmann

Universitätsklinik für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie, Medizinische Universität Wien
Währinger Gürtel 18–20, 1090 Wien, Österreich
oskar.aszmann@meduniwien.ac.at

Funding. Open access funding provided by Medical University of Vienna.

Fillet flap transfer as alternative to conventional lower limb amputation

Background: The fitting of a prosthesis after lower limb amputation is associated with several challenges. Skeletal stump-prosthesis interfaces and selective nerve transfer can partially overcome these but are also associated with new impairments that emphasize the necessity of innovative approaches. The concept of so-called spare part surgery with the use of fillet flaps could play an important role in this respect.

Objective: An overview of the classical prosthesis-associated discomforts, advantages and disadvantages of treatment strategies and presentation of alternative surgical concepts.

Material and methods: A selective literature search was carried out considering the experiences of the authors and perspectives with respect to the advantages and disadvantages of the surgical treatment options. Furthermore, a clinical case is presented.

Results and conclusion: The transfer of the sole of the foot as a fillet flap to the weight-bearing region of the amputation stump offers a number of benefits, such as creating a fully weight-bearing stump, prevention of neuralgia, preserved sensation and conservation of the body image. As long as the calcaneal region is not impaired, this technique can be performed in amputations below as well as above the knee. The question of whether parts of the bone should be included in the transfer must be individually evaluated for each patient. This approach enables optimization of the residual limb stump for the subsequent fitting of a prosthesis for the patient.

Keywords

Lower limb · Amputation stumps · Body image · Neuralgia · Sensation

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. L. Harnoncourt, C. Gstoettner, L. Pflaum, G. Laengle und O.C. Aszmann geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren. Alle Patienten, die über Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts zu identifizieren sind, haben hierzu ihre schriftliche Einwilligung gegeben.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Ayyala HS, Mohamed OM, Therattil PJ et al (2019) The forearm fillet flap: 'spare parts' reconstruction for forequarter amputations. *Case Reports Plast Surg Hand Surg* 6:95–98
2. Bekrater-Bodmann R, Reinhard I, Diers M et al (2021) Relationship of prosthesis ownership and phantom limb pain: results of a survey in 2383 limb amputees. *Pain* 162:630–640
3. Belon HP, Vigoda DF (2014) Emotional adaptation to limb loss. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 25:53–74
4. Bragaru M, Dekker R, Geertzen JH (2012) Sport prostheses and prosthetic adaptations for the upper and lower limb amputees: an overview of peer reviewed literature. *Prosthet Orthot Int* 36:290–296
5. Branemark R, Branemark PI, Rydevik B et al (2001) Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation: a review. *J Rehabil Res Dev* 38:175–181
6. Branemark RP, Hagberg K, Kulbacka-Ortiz K et al (2019) Osseointegrated Percutaneous Prosthetic System for the Treatment of Patients With Transfemoral Amputation: A Prospective Five-year Follow-up of Patient-reported Outcomes and Complications. *J Am Acad Orthop Surg* 27:e743–e751
7. Brodie M, Murray L, McGarry A (2021) Transfemoral prosthetic socket designs: a review of the literature. *JPO*, Bd. 34, S73–92
8. Chang BL, Mondshine J, Fleury CM et al (2022) Incidence and Nerve Distribution of Symptomatic Neuromas and Phantom Limb Pain after Below-Knee Amputation. *Plast Reconstr Surg* 149:976–985
9. Dadaci M, Yildirim MEC, Uyar I et al (2020) Reconstruction of Below Knee Stump with Free

- Plantar Fillet Flap: A Case Report. *World J Plast Surg* 9:339–342
10. Dietrich C, Nehrlich S, Seifert S et al (2018) Leg Prosthesis With Somatosensory Feedback Reduces Phantom Limb Pain and Increases Functionality. *Front Neurol* 9:270
 11. Dillingham TR, Pezzin LE, Mackenzie EJ et al (2001) Use and satisfaction with prosthetic devices among persons with trauma-related amputations: a long-term outcome study. *Am J Phys Med Rehabil* 80:563–571
 12. Dumanian GA, Potter BK, Mioton LM et al (2019) Targeted Muscle Reinnervation Treats Neuroma and Phantom Pain in Major Limb Amputees: A Randomized Clinical Trial. *Ann Surg* 270:238–246
 13. Elabd R, Dow T, Jabori S et al (2024) Pain and Functional Outcomes following Targeted Muscle Reinnervation: A Systematic Review. *Plast Reconstr Surg* 153:494–508
 14. Felder JM, Pripotnev S, Ducic I et al (2022) Failed Targeted Muscle Reinnervation: Findings at Revision Surgery and Concepts for Success. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 10:e4229
 15. Flor H (2002) Phantom-limb pain: characteristics, causes, and treatment. *Lancet Neurol* 1:182–189
 16. Gailey R, McFarland LV, Cooper RA et al (2010) Unilateral lower-limb loss: prosthetic device use and functional outcomes in servicemembers from Vietnam war and OIF/OEF conflicts. *J Rehabil Res Dev* 47:317–331
 17. Gstoettner C, Laengle G, Harnoncourt L et al (2024) Targeted muscle reinnervation in bionic upper limb reconstruction: current status and future directions. *J Hand Surg Eur Vol* 17531934241227795:
 18. Gstoettner C, Laengle G, Salminger S et al (2021) Der chirurgische Umgang mit peripheren Nerven nach Extremitätenverlust. *Orthopäde* 50:14–23
 19. Hagberg K, Branemark R, Gunterberg B et al (2008) Osseointegrated trans-femoral amputation prostheses: prospective results of general and condition-specific quality of life in 18 patients at 2-year follow-up. *Prosthet Orthot Int* 32:29–41
 20. Highsmith MJ, Kahle JT, Klenow TD et al (2016) Interventions to Manage Residual Limb Ulceration Due to Prosthetic Use in Individuals with Lower Extremity Amputation: A Systematic Review of the Literature. *Technol Innov* 18:115–123
 21. Kuiken TA, Dumanian GA, Lipschutz RD et al (2004) The use of targeted muscle reinnervation for improved myoelectric prosthesis control in a bilateral shoulder disarticulation amputee. *Prosthet Orthot Int* 28:245–253
 22. List EB, Krijgh DD, Martin E et al (2021) Prevalence of residual limb pain and symptomatic neuromas after lower extremity amputation: a systematic review and meta-analysis. *Pain* 162:1906–1913
 23. Machol JaT, Fang RC, Matloub HS (2013) The free fillet flap after traumatic amputation: a review of literature and case report. *Hand (NY)* 8:487–490
 24. Snyder GB, Edgerton MT Jr. (1965) The principle of the island neurovascular flap in the management of ulcerated anesthetic weightbearing areas of the lower extremity. *Plast Reconstr Surg* 36:518–528
 25. Souza JM, Cheesborough JE, Ko JH et al (2014) Targeted muscle reinnervation: a novel approach to postamputation neuroma pain. *Clin Orthop Relat Res* 472:2984–2990
 26. Tos P, Antonini A, Pugliese P et al (2017) Below Knee Stump Reconstruction with a Foot Fillet Flap. *J Reconstr Microsurg* 33:520–526
 27. Valerio IL, Dumanian GA, Jordan SW et al (2019) Preemptive Treatment of Phantom and Residual Limb Pain with Targeted Muscle Reinnervation at

the Time of Major Limb Amputation. *J Am Coll Surg* 228:217–226

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

MED UPDATE SEMINARE

2025

Ortho Trauma Update 2025

16. Orthopädie-Unfallchirurgie-Update-Seminar

21.–22. März 2025

Berlin und Livestream

Wiss. Leitung:

Prof. Dr. Ralph Gaulke, Hannover

Prof. Dr. Klaus-Peter Günther, Dresden

Dr. Leila Harhaus-Wähner, Ludwigshafen

Unter der Schirmherrschaft der BVOU/DGSP

www.ortho-trauma-update.com

Auskunft für alle Update-Seminare:

MedUpdate GmbH

www.med-update.com

Tel.: 0611 - 736580

info@med-update.com

The logo for medupdate features a yellow curved line above the text "medupdate" in a lowercase, sans-serif font. The "med" is in dark blue and "update" is in yellow.

Hier steht eine Anzeige.

