

Traumabedingte Amputationen

Problemstellung

Neben der traumatischen, unmittelbar durch die Gewalteinwirkung bedingten, totalen oder subtotalen Gliedmaßenamputation, die ggf. mit der Indikation zur Replantation oder Revaskularisation verbunden ist, sind traumabedingte Amputationen Erfordernisse, die sich als Folge oder im Verlauf einer schweren Körperverletzung notwendig machen und ggf. eine Kondition für das Überleben des Verletzten darstellen.

Das klassische Beispiel ist der Amputationszwang nach kompletter Ischämie einer Extremität, wenn die Revaskularisation weit jenseits der Ischämietoleranzzeit erfolgt und bereits ein Reperfusionssyndrom droht. Hofmann et al. [9] haben den Amputationszeitpunkt nach dem Trauma definiert:

- primär: durch Unfall oder nach bis zu 24 h
- verzögert primär: 2.–7. Tag
- sekundär: 2.–6. Woche
- tertiär: nach 6. Woche

Es besteht eine Vielfalt von Verpflichtungen zur Amputation, die die verschiedensten Körperregionen betreffen und in unterschiedlichen zeitlichen Abständen zur Verletzung notwendig werden.

Das Bewusstsein diverser Amputationsnotwendigkeiten ist im unfallchirurgischen Denkbild eher unterentwickelt, was dazu geführt hat, dass die Technik und Kunst der Amputation vielfach verlernt

worden sind, was Defizite für einen prothetischen Ersatz des verlorenen Extremitätenabschnitts mit sich bringt.

Die Amputation ist ein notwendiger Bestandteil des unfallchirurgischen Therapiespektrums, weil einerseits die akute Verletzung in allen auftretenden Mustern ein einheitliches Behandlungskonzept erfordert, andererseits schon in dieser Phase die Voraussetzungen zu wiederherstellungschirurgischen Maßnahmen angelegt werden müssen [16].

Replantation und Revaskularisation

Beide unterliegen verantwortungsvollen Entscheidungen hinsichtlich der Erfolgserwartung. Die Begriffe „*Replantationsfähigkeit*“, „*Replantationswürdigkeit*“ und „*Replantationswilligkeit*“ sind Schlüsselwörter der Indikationsstellung [18]. Nach jahrzehntelangen Erfahrungen und der kritischen Auswertung der Spätergebnisse durch zahlreiche Studien ist die Indikation zur Replantation heute strenger zu stellen. In erster Linie müssen die Voraussetzungen bezüglich

- des Alters und Befindens des Patienten,
- des Ischämiezeitraums,
- der Art der Verletzung und
- der funktionelle Verlust bei Unterlassen der Replantation

bedacht werden. Vorwiegend werden Amputationen der Langfinger, insbesondere

des Daumens, durchgeführt, was heute in speziellen Replantationszentren durch Spezialisten erfolgt, die einen ausreichenden Trainingszustand haben [7, 11, 13].

Die Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Mikrochirurgie (DMA) definierte Replantationszentren, die in Deutschland folgende Voraussetzungen erfüllen müssen:

- 24 h Bereitschaftsdienst
- Institutsleiter muss ordentliches Mitglied der DAM sein.
- Im Regelfall müssen mindestens 3 Chirurgen mit hand- und mikrochirurgischer Ausbildung am Bereitschaftsdienst teilnehmen.

Weitere Anforderungen beziehen sich auf die Verfügbarkeit eines OP, die unbedingt notwendige Mitbehandlung durch Physio- und Ergotherapie, das Vorhandensein eines Mikrolabors zu Trainingszwecken und die Möglichkeit, alle potenziellen Folgeeingriffe selbst durchzuführen.

Replantationszentrum Jena

Im Replantationszentrum der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Universität Jena hat sich der Wandel zu einer funktionsorientierten kritischen Indikationsstellung vollzogen. Was die Mikroreplantationen und -revaskularisationen betrifft, haben wir nach kritischer Analyse und zunächst ohne Angabe zur Funktion replantierter Finger die in **■ Tabelle 1** aufgeführten Reamputationen durchführen müssen.

Nach erfolgter Revaskularisation oder Replantation besteht die Gefahr mehrerer Komplikationen, von denen die venöse Thrombosierung an der Spitze steht. Sie verlangt eine konsequente Beseitigung der Gefäßokklusion, ist z. T. mehrfach nötig und kann bei Misserfolg zur Amputation der replantierten Gliedmaße, in der Regel im Bereich der Finger, führen.

Auch die Makroreplantationen (■ **Tabelle 1**) waren durch zahlreiche Komplikationen und konsekutive Nachoperationen gekennzeichnet. Dazu gehörten sekundäre Spalthautplastiken, mikrovaskuläre Lappenplastiken, Implantation von Hautexpandern, Nerventransplantationen, aber auch Tenolysen und Neurolysen. Insgesamt erfolgten 4,4 Nachfolgeoperationen/Patient.

Die Lokalisation der von 1984–1999 in der Unfallchirurgie der Universität Jena versorgten Amputationsverletzungen geht aus ■ **Tabelle 2** hervor.

Amputationsindikationen

Die Indikationen entstehen akut oder im Behandlungsverlauf:

1. akute Amputationsindikationen
 - Rettungserfordernis
 - extreme Zerstörung aller Bauelemente eines Extremitätenabschnitts
 - Prinzip „life before limb“
 - irreversible Ischämie
 - hochgradige Denervierung
 - akute (ggf. anaerobe) Infektion
2. Amputationsindikationen im Behandlungsverlauf
 - persistierende periphere Ischämien
 - fehlende Rekonstruktionsmöglichkeit nach schwerem Polytrauma und seinen Folgen
 - erfolglose Revaskularisationen/Replantationen
 - Denervierung (auch nach erfolgloser Nervenrekonstruktion/-interposition)
 - funktionelle Katastrophen durch schwerste Weichteilschäden (Gebrauchsunfähigkeit)
 - fortdauernde destruierende Infektionen

Tabelle 1

Reamputationen nach Mikroreplantation/Mikrorevaskularisation

Replantationen	Reamputationen	Revaskularisationen	Reamputationen
140	63	183	11
Makroreplantationen (n=26)			
Subtotal	Reamputationen	Total	Reamputationen
10	1	13	3

1982–2000; n=323/248 Patienten

Tabelle 2

Lokalisation von Amputationsverletzungen

Lokalisation	Subtotal	Total
Handgelenk	2	2
Unterarm	5	8
Oberarm	2	3
Oberschenkel/ Unterschenkel	1	2

25 Amputationsverletzungen bei 23 Patienten, Unfallchirurgie FSU Jena (1984–1999)

Tabelle 3

Amputationen nach Gefäßverletzungen bei Polytrauma

Polytrauma und Gefäßverletzung	n=63	
Amputationen	n=30	
	ISS<30 n=39	ISS>30 n=24
Verstorben	2	10
ARDS	1	4

Polytraumen Unfallchirurgie Essen 1975–1993, nach Aufmkolk et al. [1]

- Dekompensation arterieller Durchblutungsstörungen durch Trauma/Operation
- Folgen von Verbrühung, Verbrennung und Erfrierung

Klinische Beispiele

Fall 1 (Rettungserfordernis)

Die 21-jährige Frau erlitt als Beifahrerin bei einem Autounfall folgende Verletzungen: offenes Schädel-Hirn-Trauma, Thoraxkontusion, Bauchtrauma, Beckenbrüche, Oberschenkelbruch rechts, offener Unterschenkeltrümmerbruch rechts, Oberarm-schaftbruch rechts, distaler Unterarmbruch links, Unterschenkelmehrfragmentbruch links; ISS=60

Die Patientin war mit dem linken frakturierten Unterschenkel ungünstig im verunfallten Auto (Totalschaden) eingeklemmt. Da ihr desolater Kreislaufzustand die Prozedur des Ausschweißens durch die Feuerwehr nicht toleriert hätte, entschloss sich der Notarzt (Chirurg) am Unfallort, den schwer traumatisierten linken Unterschenkel zu amputieren. Die Patientin erreichte danach lebend die Klinik und konnte nach multiplen Operationen und lang dauern-

der Intensivtherapie zur selbstständigen Lebensführung rehabilitiert werden. Eine verbleibende Aktivitätseinbuße geht zu Lasten einer lang- und fortdauernden posttraumatischen Belastungsstörung.

Fall 2 (life before limb)

Ein 34-jähriger Mann erlitt bei einem schweren Verkehrsunfall ein schweres Schädel-Hirn-Trauma, ein schweres Thoraxtrauma, ein Abdominaltrauma mit Zerreißen der Milz und Austritt von mehreren Litern Blut in den Bauchraum sowie eine schwere Verletzung der linken Kniegelenkregion mit Ischämiesyndrom; ISS=43. Überflüssigerweise wurde wegen der Beinverletzung ein Tourniquet angelegt, das über 3 h bis zur Einlieferung in die Klinik verblieb. Der völlig ausgeblutete, vom Kreislaufkollaps betroffene Patient wurde umgehend in den OP gebracht, laparotomiert, milzextirpiert, ohne dass sich trotz intensivster Volumentherapie die Kreislaufsituation wesentlich besserte. Die Ablatio femoris war die einzige notwendige Konsequenz, die dem Patienten das Überleben und die spätere Rehabilitation sicherte.

Trauma Berufskrankh
2005 · 7[Suppl 1]:S256–S260
DOI 10.1007/s10039-004-0897-2
© Springer-Verlag 2004

E. Markgraf · R. Friedel

Traumabedingte Amputationen

Zusammenfassung

Extrem schwere Verletzungen oder irreparable Situationen im Behandlungsverlauf von Traumapatienten erfordern auch heute noch die Amputation von Gliedmaßen und die optimale Rehabilitation. Die Amputationstechnik muss intensiv erlernt und geübt werden. Für die traumatischen, durch den Unfall selbst bedingten Amputationen muss in bestimmten Fällen die Indikation zur Replantation gestellt werden. Kriterium ist die zu erwartende Funktion.

Schlüsselwörter

Amputation · Replantation ·
Optimale Rehabilitation

Amputations necessitated by trauma

Abstract

Even today, extremely severe injuries or irreparable situations in the course of treatment of trauma patients still require the amputation of extremities and an optimal rehabilitation still today. Intense diligence is required in learning and practising the amputation technique. In certain cases it is necessary to decide whether replantation is indicated following traumatic amputation caused by the accident itself. The criterion is the function that can be expected.

Keywords

Extremely severe injuries ·
Unsalvageable situations · Amputation ·
Optimal rehabilitation · Replantation

Kriterien für die Amputation

Sie werden in erster Linie nach dem klinischen Bild und diagnostischen Kriterien gestellt. Bei polytraumatisierten Patienten kann die Verwendung von Scores, deren Ergebnis entsprechend fortlaufender Reevaluationen zu korrigieren ist, hilfreich sein. Bei Verwendung des ISS ist die kritische untere Grenze für die Definition des Polytraumas der Punktwert 17; der maximal mögliche höchste Wert beträgt 75.

Patienten mit einer Verletzungsschwere über den Punktwert 40 hinaus sind als sehr schwer verletzt zu bezeichnen und zwingen vielfach, auf aufwändige Rekonstruktionen extremitärer Verletzungen zu verzichten. Die klinische Indikation kann durch andere Scores unterstützt werden [8, 10, 16, 18]:

- Hannover Fracture Scale mit einem Punktwert über 15
- MESS mit einem Punktwert über 7 (für Europa)
- NISSA mit einem Punktwert über 9

Eine warme Ischämiezeit von mehr als 6 h hat meist die Toleranzgrenze aufgebraucht und legt nach kritischer klinischer und gesamtkörperlicher Prüfung eher die Amputation der Extremität nahe. Anderes verwertbares Kriterium für eine potenzielle Amputation ist die irreparable Verletzung des N. tibialis mit Verlust der Plantarsensibilität.

In kritischen Fällen muss der Versuch des Extremitätenerhalts, der in der Regel mit einer Vielzahl konsekutiver Operationen verbunden ist, dem Patienten einleuchtend und mit seinem vollen Einverständnis erläutert werden. Das bezieht sich auch auf regelmäßige Erörterungen der Situation anhand des Krankheitsverlaufs. Kritisch erscheint der Extremitätenerhalt, wenn eine Funktionswiederherstellung, die zumindest die grundsätzlichen täglichen Verrichtungen des Patienten gestattet, nicht mehr zu erwarten ist.

Klinische Beispiele

Fall 3 (Sepsis/periphere Ischämie)

Der 29-jährige Mann hat nach PKW-Unfall mit Einklemmung folgende Verlet-

zungen erlitten: Thoraxtrauma, geschlossener Oberschenkelbruch rechts, offener Oberschenkelbruch links, offener Unterschenkelbruch links, offene Sprunggelenkverletzung links. Der approximative ISS betrug 25.

Unter dem Eindruck, dass trotz der zahlreichen Verletzungsfolgen eine Herz-Kreislauf-Stabilität und eine ausreichende pulmonale Funktion bestehen, erfolgten primär die Versorgung der Frakturen mit Fixateur externe (linker Ober- und linker Unterschenkel) sowie eine typische Osteosynthese der offenen Sprunggelenkverletzung. Unter dem offensichtlich fortdauernden Eindruck eines guten Befindens des Verletzten unter der Operation und einer störungsfreien Narkose wurde der Entschluss gefasst, die Oberschenkelfraktur rechts mit einem ungebohrten Verriegelungsmarknagel zu stabilisieren. In den ersten postoperativen Stunden bestanden weiterhin stabile Herzkreislaufverhältnisse.

Der Patient war katecholaminfrei. In den folgenden Tagen musste ein ventraler Pneumothorax drainiert werden, wegen sonographischem Nachweis freier intraabdomineller Flüssigkeit wurde eine Laparotomie notwendig. Der primäre ISS musste auf 40 korrigiert werden. Die weiteren Stationen waren die Entwicklung einer Sepsis bei hohem Katecholaminbedarf und die Ausbildung akraler Zyanosen der Zehen und Finger. An Ersteren entwickelte sich jeweils eine feuchte Gangrän. Da diese systemisch wirksam war, mussten alle 10 Zehen amputiert werden. Erst danach besserte sich der Gesamtzustand des Patienten.

Kritisch kommentiert kommen die Sepsis und die hohe Katecholaminapplikation als Ursache eher untergeordnet in Frage. Vielmehr waren die Evaluation des Schweregrads der Verletzung, die primär unterschätzt wurde, und die Ausweitung des „antigenic load“ durch die primäre intramedulläre Osteosynthese sicherlich von Bedeutung.

Fall 4 (tertiäre Amputation)

Ein 38-jähriger Patient erlitt bei einem Verkehrsunfall mit einem PKW eine subtotale Oberschenkelamputation links mit schwerem hämorrhagischen Schock und ausgeprägtem Ischämiesyndrom. Der Oberschenkel war im unteren Drittel offen frakturiert; ein Fragmentabschnitt von etwa

6 cm Länge war ausgebrochen und exkoriert worden. In der Akut-/Primärphase, die für das Management bei polytraumatisierten und schwer verletzten Patienten Anwendung findet, wurde eine Transfixation des rechten Ober- und Unterschenkels nach primärer Verkürzung des Oberschenkels um die verlorene Knochenstrecke mit einem Fixateur externe durchgeführt. Die Reanastomosierung der verletzten V. poplitea und eine Kondylenrekonstruktion mit Retention durch Schrauben wurden vorgenommen.

In der Sekundärphase folgte eine Vielzahl von operativen Eingriffen in Form des Redébridements, von Jet-Lavagen und anschließenden Vakuumversiegelungen, einschließlich des Instillationsverfahrens. Die Operationspflicht bestand auch in der Tertiärphase, also nach dem 14. Tag, mit korrigierender Fixateurapplikation, mehreren Nekrektomien, einer freien Latissimus-dorsi-Lappen-Plastik und verschiedenen Meshgraftplastiken.

Nachdem der Weichteilschaden weitgehend überwunden war, erfolgte eine Kortikotraktion durch einen neuen Fixateur externe am Oberschenkel. Dieser Versuch des sekundären Längenausgleichs war wiederum mit zahlreichen Komplikationen belastet. Die psychische Kondition des Patienten brauchte sich auf. Sowohl für die Ärzte als auch für ihn war es nicht mehr möglich, Argumente für die Fortführung der Erhaltungsprozedur zu finden. Nach einer Gesamtbehandlungszeit von 7 Monaten erfolgte die Ablatio femoris, die der Patient absolut wünschte. Die Entscheidung zur früheren Amputation hätte eine einschneidende Minderung des Leidensdrucks für den Patienten und eine Entlastung für das Behandlersteam gebracht.

Gefahren einer zu spät gestellten Amputationsindikation

Hofmann et al. [9] haben diese zusammengestellt (gekürzt):

- verlängerte stationäre Liegezeiten
- vielfache notwendige Revisionseingriffe
- wiederholte Krankenhauseinweisungen
- Komplikationen (u. a. septische und Pseudarthrosenbildung)

- erschwerte Stumpfdeckung
- schlechteres funktionelles Ergebnis
- emotionale, psychosoziale und finanzielle Verarmung

Selbst Sepsis, Multiorganversagen oder Tod können Folgen der nicht zeitgerechten Amputation sein.

Konkrete Amputationsanlässe

Das Ausmaß der Amputationsnotwendigkeit richtet sich nach dem Schweregrad der lokalen Verletzung und nimmt im Fall eines Ischämiesyndroms, besonders bei Verletzung nutritiver Arterien (A. poplitea) oder bei manifestem Kompartmentsyndrom, zu [5, 12].

Für die Wechselwirkung zwischen der schweren, besonders der weichteilintegrierenden Verletzung der Extremitäten und der zunehmenden Belastung inklusive des schweren Reperfusionsschadens müssen hohe Anforderungen an die Primärversorgung gestellt werden. Der zunächst auf die verletzte Extremität lokalisierte Schaden, insbesondere die Kompression der Kompartimente, die Ischämie und die marginale Durchblutung von Wunden, bedürfen einer ausreichenden Entlastung, um die gefürchtete generalisierte Ganzkörperinflammation nach Durchschlag ins System zu vermeiden oder zu vermindern. Als Beispiel kommt es bei peripheren Perfusionsstörungen zum Verbrauch energiereicher Phosphate und zum Absinken der intrazellulären Kalziumkonzentration. Dadurch wird das Gleichgewicht der Xanthin-Oxidase-Dehydrogenase gestört. Die Aktivierung der Oxidase führt zu einer Hypoxanthinakkumulation, die mit zunehmenden Perfusionsstörungen ansteigt. Nach Wiederherstellung der peripheren Durchblutung, also Reoxygenierung, zerfällt das Hypoxanthin in Harnsäure und Radikale. Diese, insbesondere die Sauerstoffradikale, reagieren mit den ungesättigten Fettsäuren, die Bestandteile der Zellmembranen sind, und zerstören sie.

Wenn in dramatischen Fällen infolge polytraumainduzierter höherer Dringlichkeiten die lokale Dekompression, Débridement bzw. die Wiederherstellung der Strombahnen nicht möglich sind, kann im Sinne der Lebenserhaltung die Amputation notwendig werden. Die maximale

Gefährdung für die Extremitäten entwickelt sich, wenn Gefäßverletzungen oder schwere periphere Kompressionssyndrome im Rahmen einer Polytraumatisierung entstehen.

Aufmkolk et al. [1] haben das Krankengut der Unfallchirurgie der Universitätsklinik Essen der Jahre 1975–1993 hinsichtlich der Polytraumen analysiert (■ **Tabelle 3**). Von 63 polytraumatisierten Patienten mit Verletzung nutritiver Gefäße mussten 30 amputiert werden; von den Patienten mit einem ISS < 30 ($n=39$) verstarben 2, von denen mit einem ISS > 30 ($n=24$) 10.

Amputationsziele

Der Grundstein für die spätere prothetische Versorgung wird mit der Amputationstechnik gelegt. Gelingt es dem Operateur nicht, einen einwandfreien Stumpf zu schaffen, ist damit ein oftmals langer Leidensweg für die Betroffenen vorbestimmt [14].

Die Amputationstechnik ist ein anspruchsvolles Gebiet der Chirurgie. Probst [17] hat in der enzyklopädischen Reihe „Tscherne Unfallchirurgie“ die allgemeinen Indikationsvoraussetzungen zur Amputation und damit den hohen Anspruch und die umfangreichen Konditionen für eine erfolgreiche Amputationschirurgie formuliert. Er zählte dazu neben einer adäquaten Aufklärung des Patienten durch den Operateur umfassende Erfahrungen desselben in sämtlichen Operationstechniken, aber auch in rekonstruktiven Verfahren sowie im Management von Knochen-, Gelenk- und Weichteilinfektionen. Auch die verschiedenen Transplantationstechniken und die Verfahren des Segmenttransports müssen beherrscht werden.

In guten neueren Publikationen sind die wichtigsten Amputationstechniken hinsichtlich der Amputationshöhe, der Resektionstechniken, der Stumpfgestaltung und anderer wichtiger Fragestellungen mitgeteilt worden [2, 3, 4, 6, 14, 15, 17].

Nachbehandlung und Rehabilitation

Die Rehabilitation Amputierter beinhaltet folgende Aspekte [4]:

- Stumpfpflege
- prothetische Versorgung
- Prothesenan- und -ausziehtraining
- Bewegungstherapie für Amputierte
- spezielle Prothesengangschulung
- psychologische Betreuung
- Training der Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL-Training)

Der Versorgungserfolg mit einer Prothese hängt ab

- vom Patienten,
- dem Amputationsstumpf,
- der Orthopädietechnik und
- der Zusammenarbeit eines interdisziplinären Behandlungsteams (prothesentechnisch sachkundiger Arzt, Krankengymnast, Ergotherapeut, Orthopädietechniker und Psychologe).

Empfehlungen

Die Vielfalt von Amputationszweigen verlangt einen gebührenden Platz dieser chirurgischen und unfallchirurgischen Obliegenheit im Aus- und Weiterbildungsplan und muss geübt werden. Neben der Beherrschung von Operationstechniken, die zu einem günstigen und für die Prothetik geeigneten Stumpf führen, ist die Nachsorge von ausschlaggebender Bedeutung. Probst [17] formulierte:

- **„Die Versorgung des zu Amputierenden bzw. bereits Amputierten, gleich welcher Art und welchen Anlasses der Gliedmaßenverletzung gewesen ist, dient zu jeder Zeit dem Ziel der Lebenserhaltung und Funktionswiederherstellung unter veränderten Bedingungen.“**
- **Die Betrachtung der Amputation als verstümmelnder Eingriff per se ist abwegig, denn sie geht am therapeutischen Grundsatz ebenso wie am angestrebten Ziel vorbei. Alle Amputationen sind aus irgendwelchen Notzuständen begründet. Umgekehrt kann es keine Indikation zur Amputation ohne Notwendigkeit geben.“**

Zu diesen Notwendigkeiten gehört der definitive Funktionsverlust einer Extremität.

Korrespondierender Autor

Prof. Dr. E. Markgraf

Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Klinikum, Friedrich-Schiller-Universität, Bachstraße 18, 07743 Jena
E-Mail: eberhard.markgraf@med.uni-jena.de

Interessenkonflikt: Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen.

Literatur

1. Aufmkolk M, Dominquez E, Letsch R et al. (1996) Ergebnisse peripherer arterieller Gefäßverletzungen beim polytraumatisierten Patienten. *Unfallchirurg* 99: 555–560
2. Baumgartner R, Botta P (1995) Amputation und Prothesenversorgung der unteren Extremität. Enke, Stuttgart
3. Baumgartner R, Botta P (1997) Amputation und Prothesenversorgung der oberen Extremität. Enke, Stuttgart
4. Brückner L, Rothgaenger ST, Gröpel W (2002) Grundlagen der Amputationschirurgie, Rubrik Weiterbildung. *Zentralbl Chir* 127/3: W22–W30, 127/4: W32–W39, 127/5: W42–W47, 127/6: W50–W55
5. Bühen V (1995) Gefäße. In: Rüter A, Trentz O, Wagner M (Hrsg) *Unfallchirurgie*. Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore, S 383–396
6. Debrunner AM (2002) *Orthopädie*. Orthopädische Chirurgie, 4. Aufl. Huber, Bern Stuttgart Toronto, S 1186–1195
7. Friedel R, Dorow C, Markgraf E (1993) Amputationsverletzungen der oberen Extremität – Frühkomplikationen nach Replantation und Revaskularisation. *Unfallchirurgie* 5: 298–302
8. Helfet DL, Howey T, Sander R et al. (1990). Limb salvage versus amputation. Preliminary results of the mangled extremity severity score. *Clin Orthop* 256: 80–86
9. Hofmann GO, Gonschorek O, Bühen V (2001) Indikationen zur primären Amputation bei Unterschenkelfrakturen. *Trauma Berufskrankh [Suppl 2]* 3: 510–516
10. Johansen K, Daines M, Howey T et al. (1990) Objective criteria accurately predict amputation following power extremity trauma. *J Trauma* 30: 568–574
11. Markgraf E, Friedel R, Dorow C (1997) *Unfallchirurgie der Hand*. In: Oestern HJ, Probst J (Hrsg) *Unfallchirurgie in Deutschland*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 454–472
12. Markgraf E, Böhm B, Bartel M et al. (1998) Traumatische periphere Gefäßverletzungen. *Unfallchirurg* 101: 508–519
13. Meyer VE (1995) Replantation, Revaskularisation und freie mikrovaskuläre Gewebetransplantation. In: Rüter A, Trentz O, Wagner M (Hrsg) *Unfallchirurgie*. Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore, S 929–952
14. Neff G (1999) Amputationen und prothetische Versorgung. In: Mutschler W, Haas N (Hrsg) *Praxis der Unfallchirurgie*. Thieme, Stuttgart New York, S 929–959
15. Niethard FU, Pfeil J (1992) *Orthopädie*, 2. Aufl. Hippokrates, Stuttgart, S 267–273
16. Oestern HJ (1997) Scoring – Kriterien der Operabilität. *Zentralbl Chir* 122: 943–953

17. Probst J (2003) Amputationen. In: Nerlich M, Berger A (Hrsg) *Weichteilverletzungen und -infektionen*. Tscherne Unfallchirurgie. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 407–492
18. Südkamp N, Haas N, Flory PJ et al. (1989) Kriterien der Amputation, Rekonstruktion und Replantation von Extremitäten bei Mehrfachverletzten. *Chirurg* 60: 774–781