

Herausgeber

Edouard Battégay
Johann Steurer
Bernard Waeber

In Zusammenarbeit mit

Cochrane Schweiz
Swiss Young Internists



Eosinophile Lungenerkrankungen

Management der akuten Meningitis und
Enzephalitis: klinischer Leitfaden

Swissheart-Coach – neues Online-Risiko-
management-Programm für Ihre Patienten

Evidenzbasierte Psychokardiologie: Was vom
Typ-A-Verhalten übrigblieb

Plastische Chirurgie bei Weichteilverletzungen

Therapeutische Möglichkeiten des Krafttrainings



Werner Kieser (Hrsg.)

Krafttraining in Prävention und Therapie

Grundlagen – Indikationen – Anwendungen

2., überarb. und erw. Aufl.
2015. 266 S., 87 Abb., 17 Tab., Gb
€ 49.95 / CHF 65.00
ISBN 978-3-456-85554-7

Werner Kieser
(Hrsg.)

Krafttraining in Prävention und Therapie

Grundlagen – Indikationen – Anwendungen
2., überarbeitete und erweiterte Auflage

 hogrefe

Dieses Fachbuch gibt eine umfassende Antwort auf Fragen nach Nutzen, Indikation und konkreter Durchführung eines präventiven, therapeutischen und rehabilitativen Krafttrainings.

Inhalt

Editorial – Dank an die Gutachter	Ein herzliches Dankeschön an unsere Gutachter!	1457
Continuing Medical Education	Eosinophile Lungenerkrankungen	1459
	<i>¹Johanna Tonko, ²Christoph M. Kronauer, ³Lars C. Huber Klinik für Innere Medizin¹, Klinik für Pneumologie³, Universitätsspital Zürich; LungenZentrum im Park, Klinik im Park, Zürich²</i>	
	CME-EKG 55: Das kurze PQ-Intervall	1469
	<i>Simon Andreas Müggler, Corinna B. Brunckhorst Klinik für Kardiologie, Universitäres Herzzentrum Zürich, Universitätsspital Zürich</i>	
	CME-Antworten zu den Fragen zu «Umgang mit Angst-Patienten» aus Praxis Nr. 24	1511
	<i>Brigitte Christen, Jaya Brigit D'cunja Klinik und Poliklinik für Innere Medizin, Universitätsspital Zürich</i>	
	CME-Sonografie 73/Auflösung: Halsschmerzen und Makrohämaturie	1513
	<i>¹Andreas Serra, ^{1,2}Jan Tuma Privatklinik Hirslanden, Zürich¹; Institut für Sonographie, Uster²</i>	
Mini-Review	Management der akuten Meningitis und Enzephalitis: ein klinischer Leitfaden	1471
	<i>Management of Acute Meningitis and Encephalitis: a Clinical Guide ¹Daniela Leupold, ²Katia Boggian, ³Johannes Weber, ¹Barbara Tettenborn, ^{1,4}Thomas Hundsberger Klinik für Neurologie¹, Klinik für Infektiologie/Spitalhygiene², Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin³, Klinik für Hämatologie und Onkologie⁴, Kantonsspital St. Gallen</i>	
	Swissheart-Coach – neues Online-Risikomanagement-Programm für Ihre Patienten	1479
	<i>Swissheart-Coach – new Online-Riskmanagement Tool for Your Patients ¹Andreas Hoffmann, ²Wolfgang Bachmann, ²Uwe Blessberger, ¹Isabelle Hertel, ¹Christa Bächtold, ¹Therese Junker, ³Helmut Gohlke Schweizerische Herzstiftung, Bern¹; VR Consult AG, Niedernberg, Deutschland²; Deutsche Herzstiftung, Frankfurt am Main³</i>	
	Evidenzbasierte Psychokardiologie – oder was vom Typ-A-Verhalten übrigblieb	1483
	<i>Evidence-Based Psychocardiology – what Remained of the Type A Behavior Pattern ^{1,2,3}Roland von Känel Departement für Psychosomatische Medizin, Klinik Barmelweid, Barmelweid¹; Universitätsklinik für Neurologie, Inselspital Bern²; Departement für Klinische Forschung, Universität Bern³</i>	

	Das Management von Weichteilverletzungen im Extremitätentrauma: Die Rolle der Plastischen Chirurgie	1493
	<i>Soft-Tissue Management in Extremity Trauma: The Role of Plastic Surgery</i> ^{1,2} Florian S. Frueh, ¹ Maurizio Calcagni, ¹ Thomas Giesen, ¹ Pietro Giovanoli, ³ Yves Harder Klinik für Plastische Chirurgie und Handchirurgie, Universitätsspital Zürich ¹ ; Institut für Klinisch-Experimentelle Chirurgie, Universität des Saarlandes, Homburg/Saar, Deutschland ² ; Abteilung für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie, Ospedale Regionale di Lugano, Ente Ospedaliero Cantonale, Lugano ³	
Praxis-Fall	Der Zytokinsturm – eine Komplikation des adulten Morbus Still <i>Cytokine Storm – a Complication of Adult-onset Still's Disease</i> Andreas Plate, Florence Vallelain, Gregor Herfs Klinik und Poliklinik für Innere Medizin, Universitätsspital Zürich	1503
Journal Club	NSAID erhöhen das Risiko einer Herzinsuffizienz unterschiedlich stark Johann Steurer Horten-Zentrum für praxisorientierte Forschung und Wissenstransfer, Universitätsspital Zürich	1507
	Vermeidung von Betalaktam-Antibiotika bei vermeintlicher Penicillin- Allergie führt zu mehr Komplikationen Leander Muheim Institut für Hausarztmedizin, Horten-Zentrum für praxisorientierte Forschung und Wissenstransfer, Universitätsspital Zürich	1509
Rubriken	Impressum	1454
	Vorschau	3. US
Magazin	Die Mediziner-Kunstkolumne	1517
	Persönlichkeiten der Medizingeschichte	1518

Praxis

Schweizerische Rundschau für Medizin
Revue Suisse de la médecine

Ihr Artikel wurde in einer Zeitschrift des Hogrefe Verlages veröffentlicht. Wir freuen uns, diesen e-Sonderdruck der veröffentlichten Verlagsfassung für den persönlichen Gebrauch der Autoren, zur Weiterleitung an die Koautoren sowie zur Verwendung auf individuelle Nachfrage für private Zwecke und als Teil eines Forschungsantrages oder im Rahmen einer Abschluss- oder Doktorarbeit zur Verfügung zu stellen.

Sofern Sie Ihren Artikel auf einer persönlichen oder institutionellen Webseite, in einem institutionellen oder disziplinären Repositorium oder in wissenschaftlichen Netzwerken (scholarly communication networks, SCNs) hinterlegen möchten, verwenden Sie bitte die eingereichte Manuskriptfassung (vor peer review) oder die akzeptierte Manuskriptfassung (nach peer review) entsprechend den Richtlinien der Publikationsfreigabe für Ihren Artikel sowie den Nutzungsrichtlinien für Hogrefe-Zeitschriftenartikel (<http://hgf.io/nutzungsrichtlinien>).

Das Management von Weichteilverletzungen im Extremitätentrauma: Die Rolle der Plastischen Chirurgie

Soft-Tissue Management in Extremity Trauma: The Role of Plastic Surgery

^{1,2}Florian S. Frueh, ¹Maurizio Calcagni, ¹Thomas Giesen, ¹Pietro Giovanoli, ³Yves Harder

Klinik für Plastische Chirurgie und Handchirurgie, Universitätsspital Zürich¹; Institut für Klinisch-Experimentelle Chirurgie, Universität des Saarlandes, Homburg/Saar, Deutschland²; Abteilung für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie, Ospedale Regionale di Lugano, Ente Ospedaliero Cantonale, Lugano³

Zusammenfassung: Das Extremitätentrauma mit Weichteilschaden ist eine Herausforderung für die behandelnden Chirurgen. Für das Outcome entscheidend ist ein effizienter interdisziplinärer Behandlungsansatz durch Unfallchirurgen/Orthopäden und Plastische Chirurgen, die so früh wie möglich eine gemeinsame Strategie festlegen. Das Ziel dieses orthoplastischen Vorgehens ist die frühe definitive Frakturstabilisation kombiniert mit Weichteildeckung (*fix and flap*). Die Weichteilrekonstruktion erfolgt heute nach einem modularen Prinzip und nicht mehr linear gemäss der rekonstruktiven Leiter. Die Vielzahl unterschiedlicher Verletzungsmuster bedingt sehr variable Vorgehensweisen in der Rekonstruktion der Weichteildefekte. Dies erschwert eine standardisierte Behandlung und erfordert massgeschneiderte Lösungen, häufig unter Zuhilfenahme mikrochirurgischer Techniken. Eine funktionelle Wiederherstellung verlangt vielfach eine Kombination von Hauttransplantaten, lokoregionalen und freien Lappenplastiken. Die Vakuumtherapie hat sich als nützliches Werkzeug in der Behandlung komplexer Extremitätenverletzungen erwiesen.

Schlüsselwörter: Defektverletzung – Extremitätentrauma – Plastische Chirurgie – Weichteilmanagement – Rekonstruktion

Abstract: Injuries to the extremities with severe soft-tissue damage reveal to be challenging for both trauma and reconstructive surgeons. An efficient interdisciplinary orthoplastic management is critical to rapidly define an appropriate treatment strategy. The aim is twofold: Early definitive fracture stabilization and soft-tissue repair (*fix and flap*). Nowadays, soft-tissue repair follows rather the flexible modular concept than the rigid linear concept as characterized by the reconstructive ladder. The highly variable patterns of soft-tissue defects hamper standardized reconstruction and request individual solutions. Accordingly, microsurgical flaps represent an essential element in the soft-tissue repair of severely injured extremities. In order to provide functional outcome, often skin grafts, local or regional flaps, as well as microvascular flaps are used in combination. In all cases, negative-pressure wound therapy can be a useful tool for the management of complex extremity injuries.

Key words: soft-tissue defect – extremity trauma – plastic surgery – soft-tissue management – reconstruction

Résumé: Le traumatisme sévère des extrémités présente encore aujourd'hui un défi pour le chirurgien. Une prise en charge efficace et multidisciplinaire entre traumatologue/médecin orthopédiste et chirurgien plasticien pour définir en premier lieu la stratégie thérapeutique est primordiale pour obtenir un bon résultat définitif. Le but de cette approche orthoplastique est une stabilisation des fractures précoce et une reconstruction de la perte de tissus mous si nécessaire (*fix and flap*). Aujourd'hui, la reconstruction des tissus mous s'effectue selon un principe modulaire et non plus linéaire selon l'échelle reconstructive. Suite à une grande variété des types de blessures, la reconstruction de pertes de substances tissulaires est jugée au cas par cas. Cela rend un traitement standardisé plus difficile. Souvent il faut faire appel à un traitement individuel et sur mesure. Ainsi, dans le domaine de la reconstruction posttraumatique des extrémités la microchirurgie est aujourd'hui primordiale. Pour obtenir une reconstruction des plus fonctionnelles, il est parfois inévitable d'utiliser simultanément des greffes de peau, des lambeaux locaux et des lambeaux microvasculaires. En outre, le traitement à pression négative a fait ses preuves dans le traitement de blessures des extrémités complexes.

Mots-clés: perte de substance des tissus mous – traumatisme de l'extrémité – chirurgie plastique – prise en charge des tissus mous – reconstruction

Im Artikel verwendete Abkürzungen:

NPWT Negative pressure wound therapy (Vakuum-Behandlung)

Einleitung

Das komplexe Extremitätentrauma stellt für die behandelnden Chirurgen eine Herausforderung dar. Die meistens im Rahmen von Hochenergie- oder Polytraumata erlittenen Verletzungen sind durch offene Frakturen und Defektverletzungen im Weichteilbereich mit Gefäss- und/oder Nervenläsionen gekennzeichnet. Um eine möglichst infektfreie und zeitgerechte Frakturheilung zu gewährleisten, sollten Extremitätenverletzungen mit ausgedehnten Weichteildefekten primär spezialisierten Zentren zugewiesen werden. Wenn immer möglich und sinnvoll ist die Erhaltung der Extremität anzustreben. Das setzt die Wiederherstellung der Durchblutung und die Rekonstruktion der Nerven voraus. Eine frühzeitige interdisziplinäre Behandlungsplanung zwischen Unfallchirurgen/Orthopäden und Plastischen Chirurgen ist Voraussetzung für ein gutes funktionelles Ergebnis [1,2].

Unterschiedliche Verletzungsmechanismen verursachen stark variable Weichteilverletzungen. Da zudem deren Ausmass am Unfalltag nicht immer offensichtlich ist, erfordert die Primärbeurteilung grosse chirurgische Erfahrung. So muss jede komplexe Unterschenkelfraktur den Verdacht auf eine potenziell gravierende Weichteilverletzung erwecken. Court-Brown CM et al. haben die Häufigkeit einer notfallmässigen plastisch-chirurgischen Defektdeckung bei offenen Frakturen über einen Zeitraum von 22 Jahren ermittelt. Bei 27,9% war eine primäre plastische Deckung an der unteren Extremität indiziert, an der oberen Extremität jedoch nur bei 3,5% [1].

Lädierte Weichteile im Haut- und Muskelbereich brauchen häufig einige Tage bis zur endgültigen Demarkation, was zur Verkennung des Schweregrades bei der Erstbeurteilung führen kann. Es resultieren eine höhere Patientenmorbidity mit vermehrter Beanspruchung von Personal und Infrastruktur sowie eine längere Hospitalisationsdauer. Diese für Patienten und Gesundheitssystem höhere Belastung kann mit einem frühzeitigen interdisziplinären Management reduziert oder vermieden werden. In diesem Übersichtsartikel soll dem Leser die Rolle der Plastischen Chirurgie bei der Behandlung der Weichteile im Rahmen von Extremitätenverletzungen nähergebracht werden. Hierfür werden wir deren Klassifikation, die Bedeutung des interdisziplinären Managements und einen Therapie-Algorithmus vorstellen. Komplexe Verletzungen, bei denen lebensrettende Interventionen eindeutig im Vordergrund stehen und der Extremitätenerhalt nicht die erste Behandlungsmassnahme darstellt (*life before limb*), werden in diesem Artikel nicht besprochen.

Historischer Überblick

Vor der industriellen Revolution kamen komplexe Extremitätenverletzungen mit ausgedehntem Weichteilschaden überwiegend in Kriegszeiten vor und waren in der Regel infolge grossen Blutverlustes oder Sepsis letal [3]. Noch während des amerikanischen Bürgerkrieges waren 75%

der durchgeführten Operationen Amputationen von Extremitäten [3,4]. Das chirurgische Débridement etablierte sich dank Antoine Depage [5] erst während des ersten Weltkrieges und ebnete den Weg zum Erhalt schwer traumatisierter Extremitäten. Anschliessend ermöglichte die Mikrochirurgie eine funktionelle Extremitäten-Rekonstruktion. So wurde 1973 die erste erfolgreiche mikrochirurgische Defektdeckung an der unteren Extremität mittels eines freien, vaskularisierten Leistenlappens durchgeführt [6]. Godina unterstrich 1986 die Bedeutung der stabilen Frakturversorgung mit gleichzeitigem Wunddébridement sowie plastisch-mikrochirurgischer Defektdeckung innerhalb der ersten 72 h [7]. Dieses bahnbrechende Konzept hat die Versorgung des komplexen Extremitätentraumas wesentlich mitgeprägt. Die frühe Weichteildeckung hat sich inzwischen bei der Behandlung der komplexen Extremitätenverletzung fest etabliert.

Klassifikation des Extremitätentraumas mit Weichteilverletzung

Entsprechend der vielfältigen Verletzungsmuster existieren mehrere Klassifikationssysteme für das komplexe Extremitätentrauma. Offene Frakturen werden nach Ausmass des Weichteilschadens am häufigsten nach Gustilo-Anderson eingeteilt (Tab. 1) [8,9]. Offene Frakturen mit hohem Infektionsrisiko (z. B. Landwirtschaftsunfälle, Schussverletzungen oder Wunden mit postprimärer Versorgung) werden generell als Verletzungen dritten Grades klassifiziert [10]. Weniger geläufig sind die anatomisch orientierte AO-Klassifikation für Verletzungen von Haut, Muskel-Sehnen-Apparat und dem neurovaskulären System [11], die Hannover Fraktur-Skala [12,13] sowie der Mangled Extremity Severity Score MESS [14].

Klassifikationssysteme werden verwendet, um die Behandlung bestmöglich standardisieren und Individualverletzungen miteinander vergleichen zu können [10]. Sie können die initiale Entscheidungsfindung sowie das Festlegen des interdisziplinären Behandlungsplans erleichtern, haben aber im Einzelfall keinen prädiktiven Wert bezüglich des funktionellen Ergebnisses [15]. Klassifikationen ändern überdies nichts an der grossen Variabilität der Weichteilverletzungen. Infolgedessen ergänzen oder ersetzen individuelle Rekonstruktionen häufig einen standardisierten Behandlungsansatz.

Als besonders tückisch können sich bei der initialen Einschätzung der Weichteile das Quetschtrauma, subkutane Ablederungen (*décollement*) nach Überrolltrauma oder eine zusätzliche thermische Komponente im Rahmen von Explosions- und Verbrennungsunfällen erweisen. Die dabei entstehende Beeinträchtigung der Mikrozirkulation von Haut, Subkutis und Muskulatur lässt sich oft intraoperativ während eines gegebenenfalls mehrfach notwendigen Débridements sicher beurteilen. Diagnostische Hilfsmittel wie die Perfusionsmessung mittels Infrarotkamera und Indocyanidgrün-Injektion können hier von

Tabelle 1. Gustilo-Anderson-Klassifikation offener Frakturen

Grad I	<ul style="list-style-type: none"> • Wunde <1 cm, per definitionem nicht verschmutzt, da durch innere Durchspiessung (Fraktur) verursacht • Einfache Frakturen (Spiral- oder kurze Schrägfrakturen)
Grad II	<ul style="list-style-type: none"> • Wunde 1–10 cm, minimaler zusätzlicher Weichteilschaden • Frakturmuster komplexer
Grad III	Komplexer Weichteilschaden <ul style="list-style-type: none"> • Nekrotische Haut/Subkutis • Grosse/mehrere Lazerationen • Muskelschädigung • Starke Kontamination • Gefäss-/Nervenläsion
Grad IIIA	<ul style="list-style-type: none"> • Keine relevante Deperiostierung im Frakturbereich • Keine Weichteildeckung/Gefässrekonstruktion indiziert
Grad IIIB	<ul style="list-style-type: none"> • Komplexer, stark verschmutzter Weichteilschaden • Relevante Deperiostierung • Weichteilrekonstruktion notwendig
Grad IIIC	<ul style="list-style-type: none"> • Gefässläsion, die einer chirurgischen Versorgung bedarf (IIIC, unabhängig vom restlichen Ausmass der Verletzung)

Nutzen sein. Weiter ist die Lokalisation der Extremitätenverletzung entscheidend. So sind Weichteildefekte an der Hand und am Fuss aufgrund der komplexen knöchernen und sehnigen Anatomie oftmals lappenpflichtig, auch wenn die Verletzung zu Beginn banal erscheinen mag (Abb. 1).

Interdisziplinäres Management

Hochenergetraumata der Extremitäten sind häufig mit weiteren lebensbedrohlichen Verletzungen assoziiert. Folgerichtig steht bei jedem Polyblessé oder schwer monotraumatisierten Patienten bei Eintritt in den Schockraum die Stabilisierung vitaler Parameter im Vordergrund. Die Schockraumbehandlung wird üblicherweise von einem erfahrenen Unfallchirurgen oder Allgemeinchirurgen geleitet. Kann der Patient stabilisiert werden, erfolgt die interdisziplinäre Beurteilung der Extremitätenverletzung. Eine präzise Anamnese des Unfallmechanismus kann entscheidende Hinweise auf die Art des Unfalls und das Ausmass der Weichteilverletzung liefern. Während einfache Schnittverletzungen ohne neurovaskuläre Ausfälle oder auch niederenergetische Verletzungen ohne Weichteilverlust mittels primären Wundverschlusses rasch und einfach versorgt werden können, ist bei Hochenergieverletzungen, ausgedehnten Ablederungen oder tiefen Weichteildefekten primär an eine plastisch-chirurgische Deckung zu denken [10].

Bereits im Schockraum ist die Beurteilung der betroffenen Extremität durch den zuständigen Plastischen Chirurgen wertvoll. Hierfür sind Inspektion der Haut, Pulsstatus, bei wachen Patienten Sensibilität und Motorik sowie bildgebende Diagnostik zur Erfassung der knöchernen Verletzung unerlässlich. Der Schweregrad der neurovaskulären Verletzung sowie die rekonstruktiven Möglichkeiten entscheiden über Erhalt oder Amputation der Extremität. Nach dem ersten Débridement wird das

weitere Prozedere festgelegt (Abb. 2). Sollte der zuständige Fachspezialist nicht vor Ort anwesend sein, kann ein provisorischer Behandlungsplan mittels Fotodokumentation festgelegt werden.

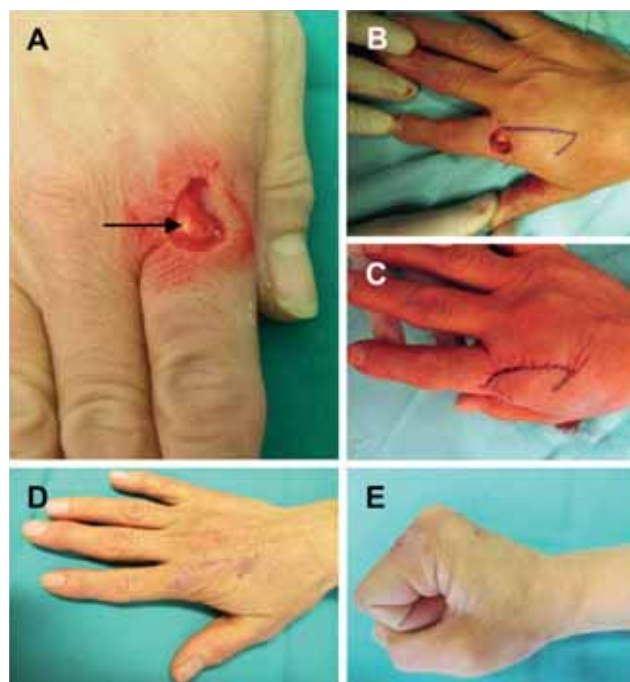


Abbildung 1. (A) Defektwunde an der rechten dominanten Hand. Da sich ein freiliegender Streckapparat (Pfeil) sowie ein Hautdefekt über dem 2. Metakarpophalangealgelenk zeigen, besteht die Indikation zur Deckung mittels vaskularisiertem Gewebe wie z.B. einer lokalen Lappenplastik. (B,C) In Lokalanästhesie und Unterarmblutsperrung wird ein radial gestielter lokaler Rotationslappen (Hatchet-Lappen) über den Hautdefekt geschwenkt und eingenäht. (C) Gute Lappenperfusion nach Aufheben der Blutsperrung. (D,E) 14 Tage postoperativ zeigt sich ein reizlos eingeeilte Lappen bei vollem aktivem Bewegungsumfang.

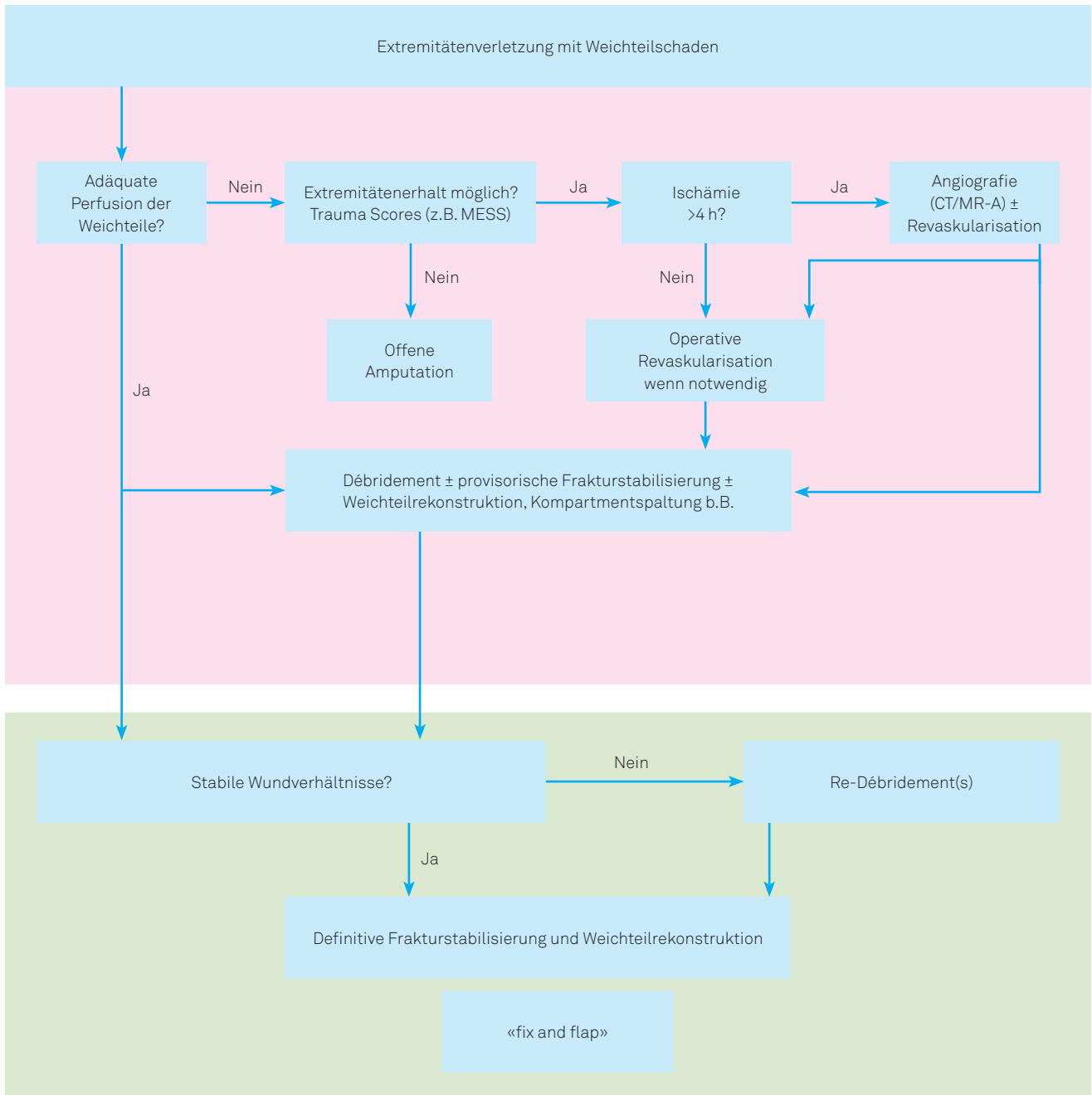


Abbildung 2. Behandlungs-Algorithmus des komplexen Extremitätentraumas mit Weichteilverletzung. Ablauf bei Spitaleintritt (rosa) und Follow-up (grün) (mod. nach [10]).

Abk.: MESS=Mangled Extremity Severity Score, CT/MR-A=Computertomografie/Magnetresonanz-Angiografie

Frakturen werden bei stabilen Weichteilverhältnissen nach Möglichkeit definitiv versorgt. Ist ein repetitives Wunddébridement erforderlich, kann eine externe Fixation die Ruhigstellung provisorisch gewährleisten. Idealerweise werden sowohl Fraktur als auch Weichteilverletzung innerhalb der ersten 48–72 h nach Trauma definitiv versorgt. Dieses *fix-and-flap*-Prinzip konvertiert die offene in eine geschlossene Fraktur, was die Chancen auf eine erfolgreiche Knochenheilung ohne Infektion erhöht und die Rate von Weichteilnekrosen bei Lappenplastiken senkt [16,17]. Die stabile Frakturversorgung erlaubt zudem eine Frühmobilisierung, eine Voraussetzung zum Wiedererlangen eines physiologischen Bewegungsum-

fangs. Eine Ausnahme stellt der schwer polytraumatisierte Patient dar, dessen Zustand eine postprimäre Defektdeckung erfordert.

Management der Weichteilverletzung

Von der rekonstruktiven Leiter zum modularen Therapiekonzept

Das klassische Konzept des plastisch-chirurgischen Wundmanagements beruht auf der rekonstruktiven Leiter [2]. Dabei wird die einfachste Therapiemethode zur Deckung

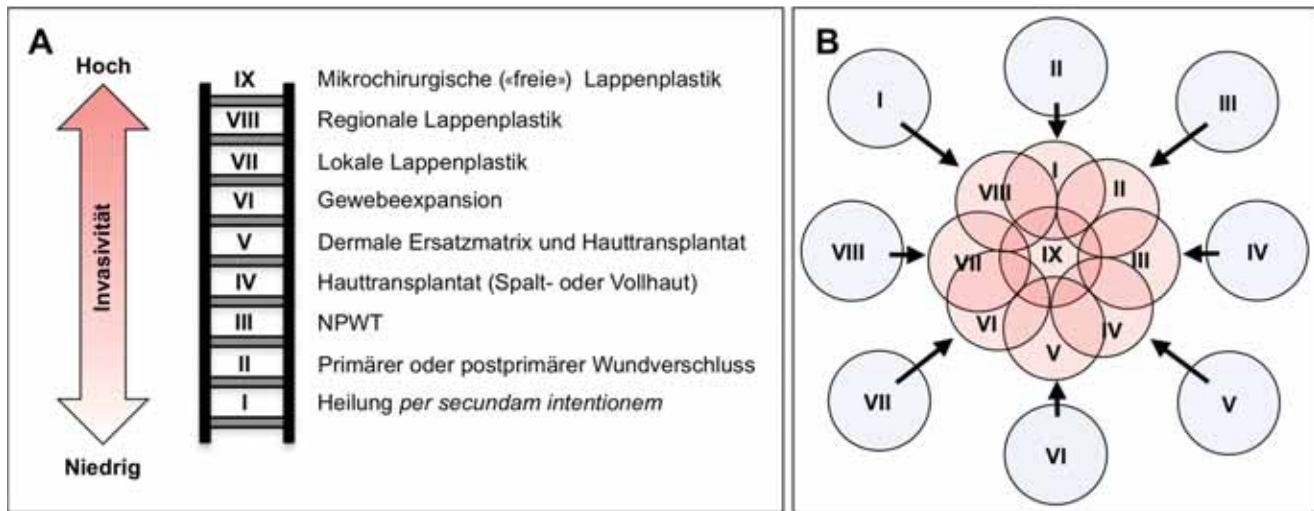


Abbildung 3. Vom (A) linearen zum (B) modularen Therapiekonzept. Die klassische rekonstruktive Leiter in der Plastischen Chirurgie wird den individuellen Bedürfnissen des einzelnen Patienten angepasst. So ist nicht immer das einfachste Rekonstruktionsverfahren welches jeweils angewendet werden kann zu berücksichtigen, sondern jenes, das zum funktionell und ästhetisch ansehnlichsten Resultat führt. Beim modularen Ansatz werden verschiedene rekonstruktive Optionen kombiniert, beispielsweise NPWT-Behandlung, Spalthautdeckung und eine freie Lappenplastik. (Abb. 3A mod. nach [18], Abb. 3B mod. nach [10]).

Abk.: NPWT=negative pressure wound therapy (Vakuumversiegelung)

einer Wunde bevorzugt. Bei Versagen wird – einem linearen Konzept entsprechend – die auf der Leiter folgende nächste Therapie angewendet. Da sich in den letzten Dekaden mit der NPWT (*negative pressure wound therapy*; Vakuum-Behandlung) und den Dermis-Ersatzmatrizes wie Integra® (Integra Life Sciences, Plainsboro, NJ, USA) oder Matriderm® (Dr. Suwelack Skin & Health Care AG, Billerbeck, Deutschland) wichtige Alternativen etabliert haben, ist die rekonstruktive Leiter schon mehrfach modifiziert worden (Abb. 3A) [18,19]. Heute wird das lineare Leiter-Schema dem modernen plastisch-chirurgischen Wundmanagement nicht mehr gerecht. So wird nicht mehr primär die am wenigsten invasive, sondern die funktionell ideale Deckung eines Weichteilschadens angestrebt. Dieser Ansatz basiert auf einem modularen Prinzip, der die zeitgleiche Applikation verschiedener rekonstruktiver Techniken beinhalten kann (Abb. 3B). Die NPWT und die dermalen Ersatzmatrizes sind weitere Hilfsmittel des Plastischen Chirurgen, die bei komplexen Situationen (polymorbide Patienten mit z.B. peripheren Gefässerkrankungen, instabile Patienten) zum temporären oder gar definitiven Wundverschluss herbeigezogen werden können. Im Folgenden werden wir ausgewählte Methoden der Weichteilrekonstruktion vorstellen.

Hauttransplantate & Dermis-Ersatzmatrizes

Hauttransplantate werden routinemässig zur Deckung posttraumatischer Weichteildefekte verwendet. Die Transplantate werden über Mechanismen wie Inoskulation (Anschluss an die Gefässe des Empfängerorganismus) und Neovaskularisation (Einwachsen von neu gebildeten Blutgefässen) versorgt. Somit ist die Beschaffenheit des



Abbildung 4. (A) Mehrfragmentäre, erstgradig offene Unterschenkelfraktur mittleres Schaftdrittel rechts, im Rahmen eines Hochenergetraumas. Zunächst Versorgung mit intramedullärer Nagelung und primärer Wundversorgung. (B) Entwicklung einer infizierten Pseudarthrose. Resektion der Pseudarthrose, lokale Dekortikation mit Verfahrenswechsel von intramedullärer Nagelung auf Plattenosteosynthese. (C) Postoperative Wunddehiszenz mit umschriebenem, allschichtigem Hautdefekt (Pfeil) und Plattenexposition. (D) Chirurgisches Débridement und lokale Lappenplastik mittels bi-pedunkulärem faszio-kutanem Visierlappen zur Defektdeckung (Pfeilrichtung) und Spalthauttransplantat zur Deckung des Spenderareals (Asterisk). (E) Reizlose Abheilung des Weichteildefektes und (F) des Spenderareals nach sechs Monaten.



Abbildung 5. (A,B) Mehrfragmentäre, zweitgradig offene proximale Unterschenkelfraktur rechts mit umschriebenem allschichtigem Hautdefekt über der Tuberositas tibiae. Provisorische Frakturstabilisierung mit Gelenk-überbrückendem Fixateur externe. (C) Débridement des Weichteildefektes und Stichinzisionen durch die Haut (Pfeile) zur Einführung der Schrauben für die subkutane Plattenosteosynthese. (D) Defektdeckung mittels regionaler Lappenplastik durch einen axial gestielten Muskellappen (medialer Bauch des **M. gastrocnemius**) sowie mittels Spalthauttransplantat. (E) Reizlose Einheilung und Atrophie des Muskels nach sechs Monaten mit (F) guter Flexion des Kniegelenkes.



Abbildung 6. (A) Zweitgradig offene distale Unterschenkelfraktur rechts nach primärer Frakturstabilisierung mittels Plattenosteosynthese. Ausgeprägter medialer Hautdefekt mit grossflächiger Plattenexposition. Knochendefekt anteromedial mit «Totraum» (Pfeil). (B) Lokales Débridement und Freilegen der Anschlussgefässe im Bereich der **A. tibialis posterior** und deren Begleitvenen (Doppelpfeil). (C) Defektdeckung mittels mikrovaskulärem Grazilis-Muskellappen und Spalthauttransplantat zur Deckung des Muskellappens. Ansicht intraoperativ unmittelbar nach Defektrekonstruktion. (D) nach zwei Wochen sowie (E) nach sechs Monaten mit normaler Plantarflexion und (F) guter Dorsalextension des Fusses. Man beachte die ausgeprägte spontane Muskelatrophie.

Wundbettes von zentraler Bedeutung [20]. Es muss eine ausreichende angiogene Reaktion gewährleisten, womit schlecht durchblutetes oder avaskuläres Gewebe wie freiliegende Sehnen, Knochen oder Implantate nicht mit Hauttransplantaten gedeckt werden können. Dabei wird zwischen Spalthaut- und Vollhauttransplantat unterschieden. Das Spalthauttransplantat besteht aus Epidermis und einem unterschiedlich dicken Dermis-Anteil. Es kann ohne wesentliche Morbidität im Spendergebiet gehoben werden. Spalthaut kommt in der rekonstruktiven Chirurgie sowie in der Verbrennungschirurgie häufig zur Anwendung (Abb. 4–6). Das Vollhauttransplantat spielt in der Therapie von traumatischen Weichteildefekten eine geringe Rolle, da dessen Verfügbarkeit in der Flächenausdehnung limitiert ist. Dermale Ersatzmatrizes hingegen haben vor allem in der Rekonstruktion von peripheren Weichteildefekten eine gewisse Bedeutung erlangt. Dünne Spalthauttransplantate ohne ausreichende «dermale Unterlage» neigen zur Ausbildung von kontrakten und damit funktionell einschränkenden Narben. Die Kombination eines Dermis-Ersatzes mit einem Spalthauttransplantat kann in ausgewählten Fällen eine wert-

volle Alternative zur Lappendeckung darstellen. Dieser Gewebeverbund ermöglicht ein besseres Gleiten darunter liegender Sehnen [21].

Vakuum-Behandlung (NPWT)

Die Vakuum-Behandlung hat in der Behandlung komplexer Extremitätenverletzungen [22] breite Anwendung gefunden. Ein unbestreitbarer Vorteil der NPWT ist die Gewebekonditionierung grossflächiger Wunden bis zur definitiven Defektdeckung. Durch das Vakuum wird überschüssendes Extravasat abgesaugt, was den kapillären Widerstand reduziert und die Mikrozirkulation fördert. Dies wiederum resultiert in einer beschleunigten Ausbildung von Granulationsgewebe [23]. Weiter kann eine bakteriell besiedelte Wunde eine «Dekontaminierung» erfahren (*bacterial down load*) [24]. Die NPWT kann auch zur Überbrückung zwischen peripherer Erstbehandlung/Stabilisierung und Transfer in ein Zentrumsspital mit definitiver Weichteilversorgung dienlich sein [25]. In seltenen Fällen kann die NPWT die rekonstruktiven Anforderungen bei Hochrisikopatienten herunterstufen [26].

Besonders wertvoll kann die NPWT beim schwer polytraumatisierten Patienten sein, bei dem ein belastender Eingriff in der Frühphase zu meiden ist. Diese Patienten profitieren von einer raschen temporären Frakturstabilisierung (*damage control*) und einer überbrückenden NPWT. Die definitive Defektdeckung der Weichteile erfolgt dann entsprechend dem modularen Prinzip, sobald der Zustand des Patienten einen *second hit* durch eine mehrstündige Operation zulässt [27,28].

Das NPWT-Konzept birgt jedoch auch Risiken. Nicht selten werden eigentlich lappenpflichtige Wunden mit NPWT über Wochen hinweg behandelt. In diesen Fällen kann das Vakuum-System dazu verleiten, die definitive Weichteildeckung unnötig zu verzögern oder zu umgehen. Gerade Weichteildefekte mit Beteiligung mehrerer Gewebe (*composite-Defekte*) oder Wunden mit ungenügend gedecktem Osteosynthesematerial sollten rasch einer plastisch-chirurgischen Beurteilung zugeführt werden.

Lappenplastiken (vaskularisierter Gewebetransfer)

Die plastisch-chirurgische Defektrekonstruktion unterliegt dem Konzept *replace like with like*. Darunter versteht man, dass beschädigtes Gewebe mit möglichst Gleichwertigem ersetzt wird. Hierfür steht dem Plastischen Chirurgen eine grosse Auswahl an vaskularisiertem Gewebe zur Verfügung, sprich das Einbringen von definierten Gewebeanteilen mit einer eigenen Durchblutung. Dieses Gewebe kann als lokale, regionale oder mikrochirurgische (freie) Lappenplastik in die Defektzone eingebracht werden.

Lokale Lappenplastiken

Lokale Lappen, bestehend aus Haut- und Unterhautgewebe, liegen in unmittelbarer Nachbarschaft zum Gewebedefekt und werden in sogenannte *Random-pattern*- und *Axial-pattern*-Lappen unterteilt. Während Erstere keine definierte Gefässversorgung aufweisen und mehrheitlich durch den dermalen Gefässplexus versorgt werden, enthalten die axial perfundierten Lappenplastiken einen definierten Gefässstiel [29]. Lappen mit randomisierter oder axialer Durchblutung wie Rotations- oder Transpositionslappen kommen häufig bei der Defektdeckung an der Hand zur Anwendung (Abb. 1). Axial durchblutete Weichteillappen erlauben grundsätzlich die Deckung grösserer Defektareale als randomisierte Lappenplastiken (Abb. 4), abhängig von der Anatomie des Gefässpedikels und des Kalibers der Stielgefässe.

Regionale Lappenplastiken

Regionale Lappen haben einen mit dem Weichteildefekt in Kontakt stehenden Pedikel. Das eingebrachte Gewebe (Haut, Muskel, Knochen oder Kombination) stammt von der verletzten Extremität [10]. Die Gefässpedikel gewährleisten hier eine grössere Reichweite als bei den lokalen Lappenplastiken. Fasziokutane Lappenplastiken

enthalten die Haut und das darunterliegende Unterhautfettgewebe inklusive dessen Faszie. Dabei verläuft der Gefässpedikel entlang der Faszie, wie z.B. beim lateralen Oberarmlappen, der Interosseus-posterior Lappenplastik am Unterarm oder dem Suralislappen am Unterschenkel. Muskellappen hingegen bestehen aus einem Muskelanteil mit versorgendem Gefässstiel. Bei der Rekonstruktion der unteren Extremität kommen in Abhängigkeit der Defektlokalisierung gestielte regionale Lappenplastiken wie der Gastrocnemius- (Abb. 5) oder Soleus-Lappen zur Anwendung.

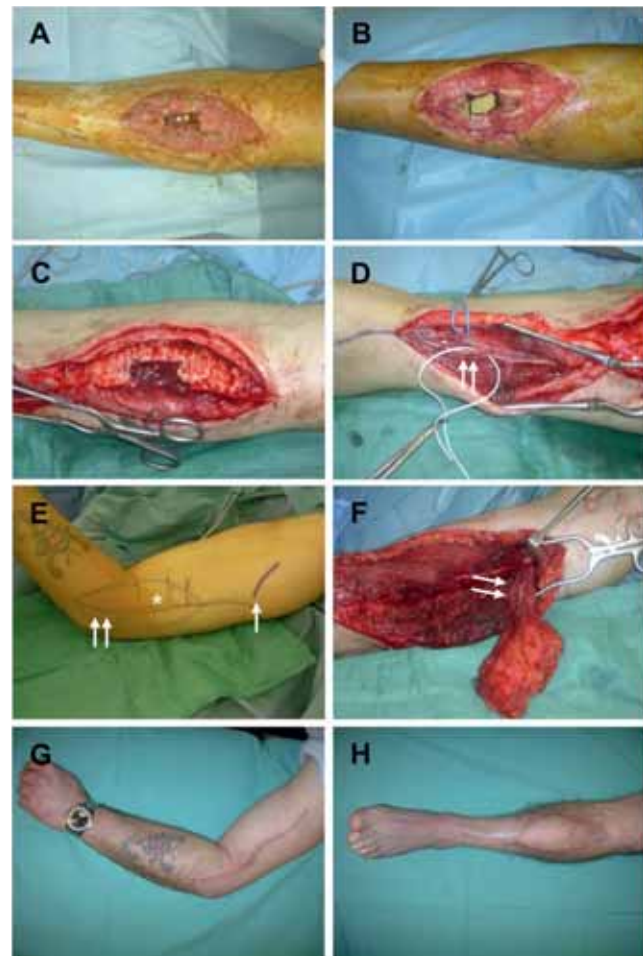


Abbildung 7. (A) Zwei Jahre nach drittgradig offener Unterschenkel-fraktur links und primärer Frakturstabilisierung mittels Plattenosteosynthese. Bildung einer chronisch instabilen Narbe mit Fistelbildung am Übergang proximales zu mittlerem Unterschenkeldrittel. Nach Resektion der instabilen Narbe und Fenestration der Tibia zeigen sich putride Wundverhältnisse. (B) Mehrwöchige Wundkonditionierung mit NPWT führt zu makroskopisch sauberen Weichteilverhältnissen bei avitalem Knochen. (C) Wunddébridement inklusive Dekortikation der Tibia. (D) Freilegen der Anschlussgefässe im Bereich der A. tibialis anterior und deren Begleitvenen distal des Defektes (Doppelpfeil). (E) Spenderareal zur Hebung eines fasziokutanen Lappens am lateralen Oberarm links (lateral arm flap). Zur Orientierung dienen der Epicondylus lateralis humeri (Doppelpfeil) sowie der Ansatz des Deltamuskels (Pfeil). Muskelseptum zwischen Bizeps- und Trizepsmuskulatur (Asterisk). (F) Nach Lappenhebung Hautspindel mit Gefässstiel (Doppelpfeil). (G) Hebestelle und (H) Lappeneinheilung nach sechs Monaten.

Key messages

- Extremitätenverletzungen mit ausgedehntem Weichteildefekt sollten primär den dafür spezialisierten Zentrumsspitälern zugewiesen werden. Eine interdisziplinäre initiale Beurteilung und spätere Betreuung (orthoplastisches Therapiekonzept) kann das funktionelle Resultat komplexer Extremitätenverletzungen deutlich verbessern.
- Nach Möglichkeit, *fix and flap*: Frühestmögliche stabile Frakturversorgung und plastisch-chirurgische Weichteildeckung.
- NPWT (Vakuum-Behandlung) erlaubt beim polytraumatisierten Patienten eine zeitliche Überbrückung bis zur definitiven Versorgung oder aber eine Wundkonditionierung, die in einigen Fällen eine chirurgisch weniger komplexe Deckung mittels Hauttransplantat ermöglicht.
- Von der rekonstruktiven Leiter zum modularen Therapiekonzept: Es wird nicht die einfachste, sondern die funktionell vielversprechendste Lösung angestrebt, was häufig die Kombination verschiedener Rekonstruktionstechniken bedingt.

Lernfragen

1. Was beinhaltet das modulare Therapiekonzept in der plastisch-chirurgischen Weichteilrekonstruktion? (Mehrfachauswahl, mehrere richtige Antworten)
 - a) Hinzuziehen verschiedener Spezialdisziplinen zum Planen der Rekonstruktion von Weichteilverletzungen
 - b) Defektdeckung gemäss einem Leiterschema, wobei immer zuerst die minimal-invasivste Lösung angestrebt wird.
 - c) Kombination verschiedener rekonstruktiver Techniken in der Versorgung von Weichteildefekten, z.B. die Kombination von Spalthaut-Transplantaten, Dermis-Ersatzmatrizes und lokoregionalen Lappenplastiken
 - d) Primäre Weichteilversorgung mittels NPWT in einem Peripherie-Spital mit Transfer in ein Zentrum-Spital zur definitiven plastisch-chirurgischen Defektdeckung
 - e) Anstreben der funktionell günstigsten Weichteildeckung unter Verwendung aller zur Verfügung stehenden rekonstruktiven Möglichkeiten
2. Was versteht man unter dem Fix and flap-Prinzip? (Einfachauswahl, 1 richtige Antwort)
 - a) Temporäre Frakturstabilisierung mittels Fixateur externe und Wundkonditionierung mit NPWT, bis eine Lappendeckung möglich ist
 - b) Definitive Frakturstabilisation und Weichteildeckung frühestens 72 h nach Trauma
 - c) Frühestmögliche definitive Frakturstabilisation und plastisch-rekonstruktive Weichteildeckung, idealerweise innerhalb der ersten 72 h nach Trauma
 - d) Fixateur externe für offene Frakturen mit gleichzeitiger definitiver Weichteildeckung durch Lappenplastik
 - e) Aggressive Indikationsstellung zur Amputation (*fix*) und Lappendeckung des Stumpfes (*flap*), wenn eine komplexe Extremitätenverletzung nicht innerhalb von 72 h definitiv versorgt werden kann.
3. Bei welchen Extremitätenverletzungen wird der Weichteilschaden typischerweise erst mit Verzögerung definitiv erkennbar? (Mehrfachauswahl, mehrere richtige Antworten)
 - a) Schnittverletzungen
 - b) Massive Quetschtraumata
 - c) Thermische Komponente bei Verbrennungs-/Explosionsverletzungen
 - d) Niederenergetische Traumata
 - e) Überrolltraumata/Ablederungsverletzungen

Mikrochirurgische Lappenplastiken

Die Entwicklung der Mikrochirurgie hat das Weichteilmanagement bei Extremitätenverletzungen wesentlich beeinflusst. So kann heute aus einer Vielzahl von freien Lappenplastiken eine individuelle *Sur-mesure*-Lösung angeboten werden, die Lokalisation, Grösse, Sauberkeitsgrad und betroffene Gewebearten eines Defektes berücksichtigt. In die Entscheidung werden auch der Allgemeinzustand des Patienten, der Zustand der Empfängergefässe und die Hebmorbidity des Lappens miteinbezogen.

Der Gefässpedikel freier Lappen wird zur Defektdeckung wenn immer möglich ausserhalb der Traumazone an die Empfängergefässe anastomosiert. Dies gewährleistet eine Reduktion der Thrombose rate des Gefässpedikels. Dabei

werden immer eine Arterie und mindestens eine Begleitvene als Gefässanschluss verwendet. An den Extremitäten werden die Arterien häufig in End-zu-Seit-Technik anastomosiert, um dabei kein Hauptgefäss opfern zu müssen. Gemäss dem modularen Therapiekonzept werden freie Muskellappen häufig mit Spalthautdeckung oder – je nach Defektgrösse – zusätzlichen mit lokoregionalen Verschiebeplastiken kombiniert.

Der mikrochirurgische Gewebettransfer ist prä-, peri- und postoperativ aufwändig und stellt hohe Anforderungen an Operateur und Pflegepersonal. So müssen die mikrochirurgische Technik und das postoperative Lappenmonitoring für einen komplikationslosen Ablauf nicht nur regelmässig durchgeführt werden, sondern auch im Ablauf standardisiert sein. Freie Lappen können in beliebiger

Kombination mit vielen Gewebearten gehoben werden. So kann beispielsweise für die Rekonstruktion komplexer Extremitätenverletzungen mit langstreckigem Knochenverlust ein mikrovaskulärer Fibula-Transfer durchgeführt werden. Dieser Lappen kann unter Einbezug einer Hautinsel auch als osteo-fasziokutaner Lappen verwendet werden. In der Behandlung komplexer Unterschenkelverletzungen – die in der Regel das mittlere und/oder das distale Drittel ohne grosse Muskeldeckung betreffen – werden mangels lokaler Alternativen häufig freie Lappenplastiken verwendet. Ob ein Gewebedefekt mit einem reinen Muskellappen (z.B. *M. gracilis*; Abb. 6) oder mit einer fasziokutanen Lappenplastik (z.B. lateraler Oberarmlappen; Abb. 7) gedeckt werden soll, ist mit der heutigen Datenlage nicht definitiv zu klären [30], ausser der Defekt ist stark kontaminiert und/oder bildet eine grosse Höhle (Totraum, *dead space*) [31]. In solchen Situationen sind reine Muskellappen aufgrund ihres Volumens und der Möglichkeit der Totraumobliteration erfahrungsgemäss den fasziokutanen Lappenplastiken vorzuziehen. Die Entscheidungsfindung bleibt im Einzelfall jedoch weitgehend abhängig von der Erfahrung und den Gepflogenheiten des Operateurs sowie den Bedürfnissen des Patienten.

Bibliografie

- Court-Brown CM, Honeyman CS, Clement ND, Hamilton SA, McQueen MM: The role of primary plastic surgery in the management of open fractures. *Injury* 2015; 46: 2443–2447.
- Levin LS: The reconstructive ladder. An orthoplastic approach. *Orthop Clin North Am* 1993; 24: 393–409.
- Fang F, Chung KC: An Evolutionary Perspective on the history of flap reconstruction in the upper extremity. *Hand Clin* 2014; 30: 109–122.
- Davis WC: Fighting for time. Volume 4, the image of war, 1861–1865. Doubleday; Garden City (NY): 1983.
- Helling TS, Daon E: In Flanders fields: the Great War, Antoine Depage, and the re-surgence of débridement. *Ann Surg* 1998; 228: 173–181.
- Daniel RK, Taylor GI: Distant transfer of an island flap by microvascular anastomoses. A clinical technique. *Plast Reconstr Surg* 1973; 52: 111–117.
- Godina M: Early microsurgical reconstruction of complex trauma of the extremities. *Plast Reconstr Surg* 1986; 78: 285–292.
- Gustilo RB, Anderson JT: Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am* 1976; 58: 453–458.
- Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN: Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma* 1984; 24: 742–746.
- Volgas DA, Harder Y: Manual of soft-tissue management in orthopaedic trauma. 1. Aufl. Stuttgart; Thieme: 2011.
- Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG: AO principles of fracture management. 2. Aufl. Stuttgart-NewYork; Thieme: 2007.
- Tscherne H, Oestern HJ: A new classification of soft-tissue damage in open and closed fractures (author's transl). *Unfallheilkunde* 1982; 85: 111–115.
- Krettek C, Seekamp A, Köntopp H, Tscherne H: Hannover Fracture Scale '98 - re-evaluation and new perspectives of an established extremity salvage score. *Injury* 2001; 32: 317–328.
- Johansen K, Daines M, Howey T, Helfet D, Hansen ST Jr.: Objective criteria accurately predict amputation following lower extremity trauma. *Trauma* 1990; 30: 568–572.
- Durrant CA, Mackey SP: Orthoplastic classification systems: the good, the bad, and the ungainly. *Ann Plast Surg* 2011; 66: 9–12.
- Gopal S, Majumder S, Batchelor AG, Knight SL, De Boer P, Smith RM: Fix and flap: the radical orthopaedic and plastic treatment of severe open fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg Br* 2000; 82: 959–966.
- Byrd HS, Spicer TE, Cierney G 3rd: Management of open tibial fractures. *Plast Reconstr Surg* 1985; 76: 719–730.
- Janis JE, Kwon RK, Attinger CE: The new reconstructive ladder: modifications to the traditional model. *Plast Reconstr Surg* 2011; 127 (Suppl 1): 205S–212S.
- Gottlieb LJ, Krieger LM: From the reconstructive ladder to the reconstructive elevator. *Plast Reconstr Surg* 1994; 93: 1503–1504.
- Calcagni M, Althaus MK, Knapik AD, et al.: In vivo visualization of the origination of skin graft vasculature in a wild-type/GFP crossover model. *Microvasc Res* 2011; 82: 237–245.
- Weigert R, Choughri H, Casoli V: Management of severe hand wounds with Integra® dermal regeneration template. *J Hand Surg Eur Vol* 2011; 36: 185–193.
- Stannard JP, Singanamala N, Volgas DA: Fix and flap in the era of vacuum suction devices: What do we know in terms of evidence based medicine? *Injury* 2010; 41: 780–786.
- Webb LX: New techniques in wound management: vacuum-assisted wound closure. *J Am Acad Orthop Surg* 2002; 10: 303–311.
- Willy C, Stichling M, Müller M, et al.: Acute therapeutic measures for limb salvage Part 2: Debridement, lavage techniques and anti-infectious strategies. *Unfallchirurg* 2016; 119: 388–399.
- Karanas YL, Nigriny J, Chang J: The timing of microsurgical reconstruction in lower extremity trauma. *Microsurgery* 2008; 28: 632–634.
- Kakagia D, Karadimas E, Drosos G, et al.: Vacuum-assisted closure downgrades reconstructive demands in high-risk patients with severe lower extremity injuries. *Acta Chir Plast* 2009; 51: 59–64.
- Steiert A, Gohritz A, Knobloch K, Krettek C, Vogt PM: Damage control flap reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2009; 124: 1010–1011.
- Steiert AE, Gohritz A, Schreiber TC, Krettek C, Vogt PM: Delayed flap coverage of open extremity fractures after previous vacuum-assisted closure (VAC) therapy – worse or worth? *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2009; 62: 675–683.
- Rehim SA, Chung KC: Local flaps of the hand. *Hand Clin* 2014; 30: 137–151, v.
- Fox CM, Beem HM, Wiper J, Rozen WM, Wagels M, Leong JC: Muscle versus fasciocutaneous free flaps in heel reconstruction: systematic review and meta-analysis. *J Reconstr Microsurg* 2015; 31: 59–66.
- Verhelle N, Van Zele D, Liboutton L, Heymans O: How to deal with bone exposure and osteomyelitis: an overview. *Acta Orthop Belg* 2003; 69: 481–494.

Manuskript eingereicht: 9.8.2016

Manuskript angenommen: 21.9.2016

Interessenskonflikt: Die Autoren erklären, dass kein Interessenskonflikt besteht.

Prof. Dr. med. Yves Harder

Leiter Abteilung für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie
Ospedale Regionale di Lugano (ORL); Sede Ospedale Italiano (OIL)
Ente Ospedaliero Cantonale (EOC)
Via Capelli
6962 Viganello/Lugano

yves.harder@eoc.ch

3. Antworten b), c) und e) sind richtig.
2. Antwort c) ist richtig.
1. Antworten c) und e) sind richtig.

Antworten zu den Lernfragen