

Reperfusion, Infektbekämpfung und Defektdeckung

Aktueller Stand der Wundbehandlung – ein Überblick

Th. Einsiedel, M. Bischoff, S. Kolodziej, M. Vogel, L. Kinzl, A. Schmelz

Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Ulm
(Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. L. Kinzl)

klinikarzt 2004; 33 (8+9): 239–245

Eine Wunde ist definiert als Unterbrechung der Kontinuität zusammenhängender Gewebeschichten, ist die intakte Haut durchbrochen, spricht man von einer offenen Wunde (11). Läsionen entstehen durch Überschreiten mechanischer Festigkeitstoleranzen der einzelnen Gewebe, wobei die auslösende Gewalt mechanisch bzw. traumatisch, thermisch oder chemisch sein kann (3). Als Sonderform können chronische Ulzera gelten, da der auslösende Pathomechanismus kein definiertes, zeitlich akutes Ereignis sondern ein schleichender Prozess ist (4).

Prinzipiell können Wunden jede Körperregion oder Struktur, also auch innere Organe, betreffen. Die Problematik der geschlossenen Wunde liegt im Übertritt von Wundsekret und toxischen Zellzerfallsprodukten in das umgebende Gewebe sowie in den systemischen Kreislauf (2), während das Problem offener Wunden vorrangig in der Keimbeseidelung mit potenzieller Infektentstehung zu suchen ist (1). Tabelle 1 zeigt die verschiedenen Wundformen im Überblick.

■ Wundheilung

Die Wundheilung per se ist ein physiologischer Vorgang, der prinzipiell unabhängig von der Art, dem Ausmaß und der Ätiologie der

Die Behandlung von Wunden, insbesondere von chronischen oder therapierefraktären Defekten ist eine zeitaufwändige, teure und Erfahrung, Können, Wissen und Infrastruktur voraussetzende Aufgabe. Wie die Behandlung jedes Krankheitsbildes erfordert die Therapie dieser Läsionen, Anamnese, Diagnostik und apparative Untersuchungen. Die Grundprinzipien der Wundbehandlung umfassen die Beseitigung der auslösenden Ursache der Wundentstehung, fakultativ Maßnahmen zur Reperfusion, Infektbekämpfung und letztlich die kontrollierte Deckung verbliebener Defekte. Alle Maßnahmen können aber immer nur Hilfestellungen zum Ermöglichen einer physiologischen Wundheilung sein. Heute stehen eine Vielzahl geeigneter, moderner Wundaufgaben (Hydrokolloide, Alginate) und spezieller Verfahren (Vakuumversiegelung, „Biochirurgie“ durch Maden) zur Verfügung, sie können aber nur korrekt eingesetzt wirken. Da im Behandlungsverlauf komplexer Wundformen immer wieder chirurgische Maßnahmen gezielt zu planen und durchzuführen sind, zählt die Wundbehandlung zu den Basisanforderungen der traditionellen und modernen Chirurgie.

Wunde verläuft. Zudem sind dessen einzelne Phasen nicht scharf voneinander zu trennen und verlaufen überlappend (1). Dennoch hat sich eine praktische Einteilung bewährt, die drei Phasen unterscheidet (1).

Exsudative Phase (Tag 1–3)

Die so genannte exsudative Phase beginnt mit der Entstehung des Traumas. Erste Reaktionen der Gefäße und Zellen umfassen die Hämostase und dauern etwa zehn Minuten, danach wird durch Vasodilatation und Erhöhung der Kapillarpermeabilität eine vermehrte Exsudation von Plasma in das Interstitium eingeleitet. Klinisch äußert sich dieser Vorgang im Wundschmerz und Ödem (13). Unter dem Einfluss von Thrombozyten entsteht

ein Thrombus, welcher primär makroskopisch den Wundgrund ausfüllt, die Blutungsphase beendet und die Stabilität der Wunde erhöht.

Durch die Freisetzung von Wachstumsfaktoren aus den Thrombozyten, beispielsweise dem PDGF („platelet-derived growth factor“), werden Leukozyten – vor allem neutrophile Granulozyten und Makrophagen – angezogen. Diese dienen der Infektabwehr und Phagozytose vor allem von Detritus, kleinsten Fremdkörpern (Schmutz) und Keimen. Die Entstehung der in dieser Phase physiologischen Entzündungssituation erklärt sich auch aus der entsprechenden Freisetzung von Mediatoren der Granulozyten wie Zytokinen (Tumornekrosefaktor α = TNF- α , Interleukine). In dieser Phase

Tab. 1 Wundformen

mechanisch/offen	mechanisch/geschlossen	chemisch	thermisch	andere
<ul style="list-style-type: none"> • Schürfwunde • Stichwunde • Schnittwunde • Rissquetschwunde • Bisswunde • Schusswunde 	<ul style="list-style-type: none"> • Prellung (Kontusion) • Quetschung • Decollement • Organkontusion oder Ruptur 	<ul style="list-style-type: none"> • Säureverätzung • Laugenverätzung 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfrierung • Verbrennung • Verbrühung 	<ul style="list-style-type: none"> • Strahlenschaden • Ulkus venös • Mal perforant (arteriell) • Malignom mit Exulzeration

herrscht eine anaerobe Stoffwechsellage mit saurem Wundmilieu vor.

Proliferationsphase (Tag 4–12)

In dieser Phase überwiegt die Defektauffüllung, vorzugsweise durch den Vorgang der Granulation. Granulationsgewebe besteht aus Fibroblasten, die sich um neu gebildete Kapillaren herum anordnen. Abbildung 1 zeigt ein solches regelgerechtes Granulationsgewebe. Die Fibroblasten werden durch eine entsprechende Enzyminduktion (z.B. durch Fibronectin) aktiviert, sie überziehen dann das gesamte Wundareal mit dem typischen makroskopischen Aspekt des „Granulationsrasens“. Der Proliferationsgipfel dieser Zellen liegt um den vierten bis zum siebten Tag nach der Wundentstehung.

Die bereits oben erwähnten Wachstumsfaktoren initiieren die Angiogenese in der Wunde mit der Aussprossung von Kapillaren (7). Im Idealfall ist eine granulierende Wunde sehr suffizient durchblutet – bis zu einem Viertel der Masse des Granulationsgewebes kann aus dem Kapillarnetz bestehen (7). Einzelne Autoren bezeichnen das gesunde Granulationsgewebe aufgrund seiner vielfältigen Aufgaben als „Wundorgan“ (4, 7). Bei regelgerechter

Wundheilung ist dies die Ausgangssubstanz für eine spätere Narbenbildung.

Reparationsphase (etwa ab Tag 12)

Der zunehmende Anteil solider Faserelemente im Granulationsgewebe kennzeichnet dessen Übergang zur Narbe (9). Klinisch ist dieser Zustand durch die „Schrumpfung“ der Wunde gekennzeichnet. Während man früher davon ausging, dass diese Schrumpfung durch eine Verkürzung der Kollagenfasern zustande kommt, setzt sich jetzt eher die Ansicht durch, dass sich die aktivierten Fibroblasten in ihre „Ruheform“, die Fibrozyten und Myofibroblasten, umwandeln (6). Da Letztere wie glatte Muskelzellen Actomyosin enthalten, führt deren Kontraktion zum Phänomen der Wundschrumpfung.

Auf zellulärer Ebene ist dieser Prozess begleitet von einer mitotischen Teilung und der Migration von Epidermiszellen vom Wundrand her. Er kann Wochen, Monate oder gar Jahre in Anspruch nehmen (1). Das Endergebnis als Abschluss der regulären Wundheilung ist ein straffes, derbes Bindegewebe – die Narbe (Abb. 2).

Primäre oder sekundäre Wundheilung

Eine andere, quasi „quantitative“ Einteilung der Wundheilung folgt der klassischen, bereits von Galen getroffenen Unterscheidung zwischen „primärer“ (per primam intentionem, p.p.) und „sekundärer“ (per secundam intentionem, p.s.) Wundheilung (10). Galens „Intention“ war hierbei nicht die Physiologie des Heilungsablaufes, sondern die Absicht des Behandlers, nach Möglichkeit die primäre Variante mit nahe aneinander liegenden, nicht klaffenden Wundrändern zu erreichen (10).

Eine primäre Wundheilung ist typisch für chirurgisch gesetzte Wunden, die mit geeignetem Nahtmaterial primär verschlossen werden. Auch frische traumatische Wunden sind nach Wundrandanfrischung potenziell primär verschließbar. Typisch ist die nach etwa acht Tagen vereinigte, schmale und idealerweise reizfreie Wunde (die Zugfestigkeit stellt sich je nach Lokalisation später ein). Erweitert wird der Begriff im aktuellen Sprachgebrauch um die „verzögerte Primärheilung“ – wenn also bei gefürchteter Infektionsgefahr Wunden bewusst nicht sofort, sondern nach einer Frist der offenen Behandlung bei Ausbleiben der Infektion verschlossen werden. Die sekundäre Wundheilung hingegen stellt sich ein, wenn Geweblücken aufzufüllen sind oder ein Infekt zu bekämpfen ist. Der Ablauf entspricht dabei den oben beschriebenen Heilungsphasen.

Ebenfalls in jüngerer Zeit eingeführt wurde der Begriff der „chronischen“ Wunde oder Wundheilung, der gewählt wird, wenn der Heilungsvorgang mehr als acht Wochen in Anspruch nimmt. Meist ent-

Abb. 1 Regelgerechtes Granulationsgewebe

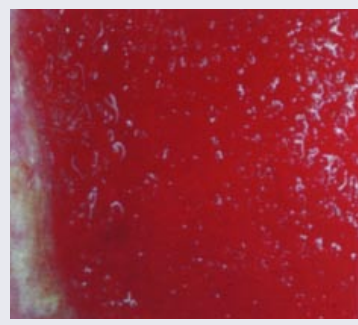
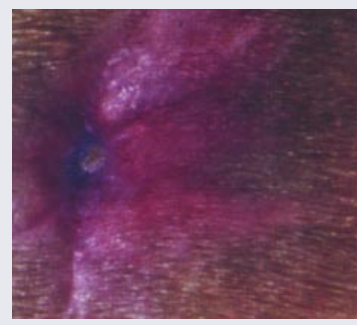


Abb. 2 Verheilte Wunde mit frischer Narbe



Tab. 2 Anamnese in der Wundbehandlung

systemische Vorerkrankungen	Medikamenteneinnahme
<ul style="list-style-type: none"> • Diabetes mellitus • venöse Insuffizienz • arterielle Verschlusskrankheit (AVK) • Herzinsuffizienz • Malignome • Autoimmunerkrankungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Glukokortikoide • Immunsuppressiva • Antibiotika

wickeln sich diese Wunden infolge von Gefäßerkrankungen, Strahlenschäden, Diabetes mellitus oder Tumoren.

Einflüsse auf die Wundheilung

Der menschliche Organismus ist prinzipiell in der Lage, Wunden aus eigener Kraft zu heilen. Jede Therapie wird dieses Potenzial prinzipiell nur in gewissem Umfang unterstützen. Diese Fähigkeit ist jedoch starken interindividuellen Schwankungen ausgesetzt. Hierbei spielt sowohl der Zustand des Organismus als auch die Pathologie der Wundentstehung eine Rolle (4). Man unterscheidet prinzipiell zwischen allgemeinen und lokalen Einflüssen auf die Wundheilung.

Zu den allgemeinen Einflüssen zählen

- das Alter der Patienten: Eine allgemeine Reduktion der Zellteilungsaktivität stört oder verzögert die oben beschriebenen Abläufe, häufig vorhandene Komorbiditäten oder konsumierende Erkrankungen im Alter verzögern den Heilungsprozess weiter
- der Ernährungsstatus: So führt eine Adipositas über eine oft diabetische Stoffwechsellage und lokalen Druck mit der Gefahr von Dekubiti zur Beeinflussung der Wundheilung, während Kachexie, Malnutrition und Vitaminmangel die Synthese des Granulationsgewebes und die Phase der Reparatoren beeinflussen
- Grunderkrankungen: Beispielsweise prädisponiert ein Diabetes mit dem konsekutiven Ungleichgewicht des Steroidhaushalts zu Infektionen – vor allem in Zusammenhang mit der Neuro-

pathie, die Läsionen aufgrund der fehlenden Schmerzempfindung lange unentdeckt lässt. Aber auch Malignome können aufgrund des Fehlens der Proteinsynthese die Wundheilung stören

- Medikamente: Immunsuppressiva, Zytostatika, Kortikoide aber auch Antikoagulanzen stören nachgewiesenermaßen nicht nur die Wundheilung, sondern beispielsweise auch die Fraktur-reparation (3, 14).

Lokale Einflüsse dagegen sind

- der Zustand der Wunde: Größe und Tiefe, die Beteiligung von Organen oder Knochen, Zustand der Wundränder
- die Lokalisation der Wunde
- die Qualität der Durchblutung.

Gerade die Durchblutung ist einer der entscheidendsten Faktoren für eine regelgerechte Wundheilung, da die oben beschriebenen Vorgänge ohne ausreichende Vaskularisation zum Scheitern verurteilt sind.

Eine Wundinfektion ist gekennzeichnet durch Sekretion, Schmerzen, Schwellung und Rötung. Spezielle Erreger führen einerseits zu typischen Farb- und Geruchsphänomenen (z.B. der süßlich-fade Geruch und die grüne Farbe des Pseudomonas-aeruginosa-Eiters oder die schwarzen Nekrosen und das „Gewebeknistern“ bei Gasbrandinfektion, Abb. 3 und 4). Zu unterscheiden ist dabei stets zwischen der Keimbeseidlung der Wunde, die als immer vorhanden anzusehen ist und lediglich in die therapeutischen Überlegungen mit einbezogen werden muss, während eine manifeste Wundinfektion sämtliche Bemühungen der Wundheilung innerhalb kürzester Zeit zunichte machen

kann und im Übrigen den Gesamtzustand oder gar das Leben des Patienten rasch progredient gefährdet (3, 10).

Die Buchstabenkombination „ALPI“ erinnert schlagwortartig an die wichtigsten Einfluss- und Störungsfaktoren der Wundheilung (Allgemeinzustand des Patienten, Lokalisation der Wunde, Perfusion/Durchblutung, Infektion vorhanden?) und kann im klinischen Alltag als „Eselsbrücke“ herangezogen werden (2).

Diagnostik in der Wundbehandlung

Bei der frischen, traumatischen Wunde steht das Einschätzen von Blutverlust und dem Ausmaß des Gewebsuntergangs im Vordergrund (2, 3, 14). Die Therapie von komplexen oder chronischen Wunden dagegen erfordert zunächst eine präzise (Medikamenten-)Anamnese mit klinischer Untersuchung und Befunderhebung (Tab. 2). Die klinische Untersuchung umfasst einen Ganzkörperstatus mit kardiovaskulärem Status und neurologischer

Abb. 3 Pseudomonas-Infektion

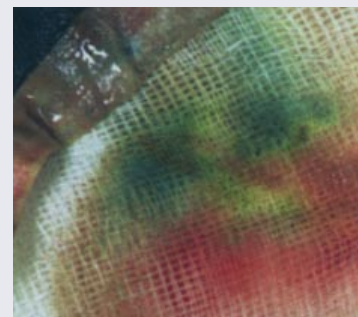


Abb. 4 Gasbrand



Tab. 3 Klinische Untersuchung

Inspektion der Wunde	Palpation der Wunde
<ul style="list-style-type: none"> • Ausdehnung • Farbe • Beläge • Ränder • Sekretion • (Geruch) 	<ul style="list-style-type: none"> • Turgor der Haut • Temperatur • Druckschmerz • Pulse

Tab. 4 Apparative Diagnostik

invasiv	nichtinvasiv
<ul style="list-style-type: none"> • Angiografie • Phlebografie • Szintigrafie • Histologie 	<ul style="list-style-type: none"> • Dopplersonografie • Skelettradiologie • Computertomografie (CT) • Positronenemissionstomografie (PET) • Abstrich

Untersuchung (Tab. 3). Idealerweise wird schon beim Erstkontakt die Wunde morphometrisch erfasst. Ob eine erweiterte Apparatediagnostik erfolgen muss, legt die klinische Erstuntersuchung fest (Tab. 4). Insbesondere die Indikation zur Angiografie ist großzügig zu stellen – vor allem, wenn eine Amputation zu diskutieren ist.

Basisprinzipien der Wundtherapie

Generelles Ziel jeder Wundbehandlung ist es, durch die Beseitigung störender Faktoren die Voraussetzung zur Wundheilung zu schaffen. Die ungestörte Wundheilung selbst ist ein physiologischer Vorgang, der – wenn er regelgerecht abläuft – nicht zu beeinflussen ist.

Abb. 5 Gestörte Granulation durch Wundinfektion



Die chirurgische Wundversorgung sichert lediglich die Grundlagen zum Ablauf der physiologischen Heilung. Sie umfasst bei frischen Wunden Reinigung, Blutstillung und temporären bzw. definitiven Wundverschluss unter streng aseptischen Kautelen, während es bei chronischen Wunden auf die Beseitigung von störenden Noxen ankommt (mangelnde Perfusion, Mangelernährung, Infekte, Medikamenteninteraktionen). Die kausale Therapie von Problemwunden fordert hier ein interdisziplinäres Vorgehen, wenn beispielsweise ein entgleister Diabetes einzustellen ist.

Auslösende Noxen beseitigen

Hier ist beispielsweise die Druckentlastung von Dekubitalgeschwüren zu nennen, wobei spezielle Lagerungstechniken oder Matratzen- und Bettssysteme verwendet werden. Bei durch Mangeldurchblutung oder Mikroangiopathie aufgrund Diabetes entstandenen chronischen Wunden der unteren Extremitäten ist entlastendes Schuhwerk unumgänglich.

Reperfusion

Jede lokale Wundbehandlung ist zum Scheitern verurteilt, wenn eine Mangel durchblutung oder ein mangelnder Blutabfluss im Wundgebiet herrscht (14). Zuallererst steht hier die (invasive) Diagnostik: Vor jeder ablativen Maßnahme, aber auch vor dem Einleiten einer aufwändigen Lokaltherapie, ist die Möglichkeit eines rekonstruktiven gefäßchirurgischen Eingriffes zu prüfen – gegebenenfalls in Kombination mit medikamentösen Maßnahmen (z.B. Alprostadil) oder interventionellen Methoden (perkutane transluminale Angioplastie = PTA, Sympatikolyse). Die kausale Therapie venöser Abflussstörungen besteht in der Kompressionsbehandlung oder aber chirurgischen Eingriffen (Fasziektomie, Venenexhairese). Bei nachgewiesener Perfusionsstörung sind diese Maßnahmen vordringlich!

Nekrotisches Gewebe entfernen

Totes Gewebe gefährdet und behindert jegliche Wundheilung. Es ist deshalb auf geeignete Weise zu ent-

fernen (chirurgisch, chemisch oder „biologisch“). Ausgedehnte Mengen nekrotischen Materials führen darüber hinaus über die Freisetzung toxischer Zerfallsprodukte zu einer – unter Umständen vital bedrohlichen – Reaktion des Gesamtorganismus (Sepsis, „systemic inflammatory response syndrome“ = SIRS). Solche Nekrosezonen sind ideale Keimnährböden, da sie von der körpereigenen Immunabwehr nicht oder nur insuffizient zu erreichen sind (1, 5, 8).

Infektionen in der Wunde beseitigen

Jede chronische Wunde mit größerer Oberfläche gilt als mit Keimen besiedelt (4). Bei intakter Abwehrlage, ungestörter Wundheilung und suffizienter Lokaltherapie ist die Wundheilung dennoch regelgerecht. Überschreitet die Zahl der Keime in der Wunde $10^5/\text{cm}^3$, so spricht man von einer Wundinfektion (1, 4). Abbildung 5 zeigt eine durch Wundinfekt gestörte und verzögerte Granulation.

Die Infektion behindert die Wundheilung und Gewebereparatur in vielfältiger Weise: Toxische Zellzerfallsprodukte hemmen chemotaktisch die Migration von Fibrozyten und Epithel, die Nekrose des eben entstandenen Granulationsgewebes erfolgt infolge septischer Thrombosen der kleinen und kleinsten Gefäße. In dieser Situation muss schnell gehandelt werden, da nicht nur eventuell mühsam erreichte Erfolge bei der Wundbehandlung durch einen Infekt unter Umständen in Stunden zunichte gemacht werden können, vielmehr gefährdet der Progress des Infektes durch die potenzielle Allgemeinreaktion des Organismus (Sepsis, SIRS) den Patienten möglicherweise vital.

Die Behandlung umfasst die gezielte Antibiose, die chirurgische Beseitigung avitalen Gewebes, den sinnvollen und gezielten Einsatz antiseptischer Wundauflagen, die Ruhigstellung der Wundumgebung sowie gegebenenfalls additive Maßnahmen wie die hyperbare Sauerstofftherapie bei Anaerobier-Infektionen. Insbesondere im Bereich der unteren Extremitäten ist beim Auftreten von Infekten in chronischen

Problemwunden nochmals sorgfältig nach Perfusionsstörungen zu suchen. Hier droht ansonsten der Extremitätenverlust, der beim schwer kranken Patienten nicht unnötig „vertagt“ werden darf („live before limb“) (14).

Defektdeckung

Insbesondere bei langen Verläufen und chronischen, großflächigen Defektwunden ist die natürliche Reparatur durch sekundäre Wundheilung ein zeitraubender, Wochen oder gar Monate in Anspruch nehmender Vorgang. Hierbei herrscht stets ein „labiles Gleichgewicht“: Jederzeit kann eine Wundinfektion oder zum Beispiel die Entgleisung der Stoffwechseleinstellung bei einem Diabetes mellitus die Heilung zum Stillstand bringen und den Patienten rasch gefährden. Deshalb sind Methoden entwickelt worden, diesen Vorgang kontrolliert zu beschleunigen (8).

Die Vakuumversiegelung sorgt für eine um den mehr als Faktor zwei beschleunigte und qualitativ bessere Granulation (Abb. 6) (1, 3, 8, 10). Hat man durch dieses Verfahren eine Verkleinerung der Wunde und eine qualitativ suffiziente Granulation erreicht, gelingt der definitive Verschluss häufig über eine Spalthautdeckung (Meshgraft; Abb. 7). Dies kann den Wundverschluss um Wochen oder gar Monate verkürzen, was wiederum für die oft multimorbiden und potenziell immobilen Patienten mit einem erheblichen Gewinn an Lebensqualität verbunden ist (11, 12). Lokale oder „freie“ gefäßgestielte Lappenplastiken sind bei großen, tiefen, areaktiven Defekten mit freiliegendem Knochen oft zur Lösung der Situation unumgänglich. Vor einer solchen Maßnahme ist die Vaskularisation durch Angiografie genau zu prüfen.

Zum Verschluss kleinerer Defekte eignet sich die „Dermatotraktion“ oder „Skin-Stretching“. Bei diesem Verfahren wird mithilfe von kreuzweise angebrachten Kunststoffzügeln oder dünnen Kirschnerdrähten ein kontinuierlicher Zug auf die Wundränder ausgeübt. Hierdurch wird eine Gewebeproliferation mit Fibroblastenmigration induziert, was zu einem „echten“

Gewebezuwachs führt, der über die bloße mechanische Dehnwirkung hinausgeht (3). Nach genügend langer, klinisch kontrollierter Anwendung gelingt der Verschluss durch eine Sekundärnaht dann meist mühelos.

Wundauflagen und Verbandstoffe

Jede länger bestehende Wunde bedarf der Abdeckung. Ausnahmen sind lediglich primär heilende Operationswunden im fortgeschrittenen Stadium oder trockene, reizlos und infektfrei überkrustete Schürfwunden. Eine Wundauflage hat die Aufgabe, eine Keiminvansion der Wunde zu verhindern, Sekrete aufzunehmen, die Wundheilung dabei nicht zu stören und gegebenenfalls lokal zu applizierende Externa an die Wunde zu bringen und dort zu halten.

Es ist unschwer nachzuvollziehen, dass dies ein „Standardverband“ niemals generell leisten kann. Vielmehr sind im Laufe der letzten Jahre eine Vielzahl sinnvoller Externa entwickelt worden, um verschiedenen Wundformen gerecht zu werden (2, 6, 11). Die im Folgenden getroffene Einteilung der Wundauflagen erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sie wurde unter dem Aspekt der Kapazität für die Flüssigkeitsaufnahme der verschiedenen Verbandstoffe getroffen:

Verbandsfolien

Transparente Folien aus Polyurethan nehmen quasi kein Sekret auf. Sie werden bei unkomplizierten, p.p. heilenden Wunden verwendet, die geschützt werden sollen. Die Hautverträglichkeit und der Patientenkomfort solcher Folien sind hoch. Im Normalfall sind sie wasserdampfdurchlässig. Eine Sonderform sind die dichten Folien zur Herstellung des Vakuums (z.B. Opsite®).

Textile Wundauflagen

Seit „Urzeiten“ sind textile Wundauflagen der klassische Verbandstoff (2). Sie nehmen viel Sekret auf, können mit Antiseptika getränkt werden und sind leicht zu applizieren. Moderne Kompressen bestehen aus mehreren Lagen gewobenem Baumwollstoff, bei intraoperati-

Abb. 6 Vakuumversiegelung



ver Verwendung ist ein röntgenbildgebender Streifen eingewoben.

Nachteile der klassischen Kompressen sind das Austrocknen der Wunde oder das Verkleben mit dem Granulationsgewebe, was beim Bandwechsel zum schmerzhaften Aufreißen des Granulationsrasens führt. Außerdem ist der Schutz der Wunde vor zusätzlicher Keimbesiedelung mangelhaft. Trotzdem sind textile Wundauflagen die am häufigsten angewandten Wundverbände.

Eine Sonderform des textilen Wundverbandes ist der mit Silber bedampfte und mit Aktivkohle gefüllte Auflagenverband, der bei starker Geruchsentwicklung eingesetzt wird (z.B. Actisorb®).

Hydrogele, Hydrokolloide und Alginate

Diese Verbandstoffe sind neuere Entwicklungen in der Wundbehandlung (2, 11). Sie absorbieren große Mengen an Flüssigkeit, schaf-

Abb. 7 Regelmäßig eingehheilte Spalthaut



fen ein leicht saures, feuchtes und damit für die Granulation optimiertes Wundmilieu (2) und schützen die Wunden gut vor äußeren Einflüssen.

Hydrokolloide (z.B. Cutinova®, Comfeel® oder Hydrosorb®) oder Alginat (Sea-Sorb® oder Aquacel®) können – gegebenenfalls in Kombination mit Trägern (z.B. Nugal®) – idealerweise als „Team“ bei tiefen Problemwunden (Defekte, Dekubiti, Höhlen, Ulzera) zum Einsatz kommen (Abb. 8). Alginat eignen sich insbesondere zur Behandlung stark nässender und tief feuchter Wunden. Unter diesen Bedingungen verwandelt sich die zunächst wattartige Konsistenz des Alginats, das aus sterilen Meeresalgen besteht, in ein Gel.

Polymere Schwämme

Insbesondere im Rahmen der Vakuumversiegelung können polymere Schwämme – mit einer Porengröße zwischen 0,2 und 1,0 mm – eine rasche Granulation, eine Qualitätsverbesserung des Granulationsgewebes sowie ein Wunddebridement erreichen (1, 8, 10).

Einfache Schwämme bestehen aus Polyurethan und können mit antiinfektiösen Substanzen getränkt sein (Primamed®) oder sie sind aus Silikon gefertigt (Mepilex®). Nachteil diese Schwämme ist ihr rasches Austrocknen. Biologisch besser verträglich sind Hydroschwämme aus Polyvinylalkohol wie Coldex® oder Vacuseal® (so genannter „weißer Schwamm“). Diese Schwämme sind bei tiefen Defekten allein oder in

Kombination mit der Vakuumtechnik indiziert. Eine großporigere Variante, die eine noch stärkere Granulationsförderung zeigt und bei einem Pseudomonas-Infekt der Wunde bakterizid wirken kann, ist der „schwarze Schwamm“ (VAC®) des amerikanischen Herstellers KCI, der mit einer besonderen Saugpumpe angeboten wird.

Die Vakuumversiegelungstechnik

Diese an der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Universität Ulm entwickelte Methode kombiniert die oben beschriebene Wirkung von Polyvinylalkoholschwämmen mit dem Effekt des subatmosphärischen Druckes eines Vakuums (1, 8, 10). Dazu wird ein entsprechend zugeschnittener „schwarzer“ oder „weißer“ Schwamm mit eingezogenem Drainagesystem (fertig erhältlich) in die chirurgisch debridierte Wunde eingebracht und fixiert. Nach peinlich genauem Trocknen der Wundumgebung wird eine transparente, nicht durchlässige Folie (Opsite®) aufgelegt und eine Vakuumquelle angeschlossen, die mindestens 0,8 bar erzeugen kann (je nach Größe der Konstruktion Redon®-Flasche oder elektrische Saugpumpe) (Abb. 6).

Durch das Vakuum entsteht ein gleichmäßiger enger Kontakt zwischen Wunde und Schwamm. Das Wundsekret wird im geschlossenen System kontinuierlich abgesaugt, es entwickelt sich ein gleichmäßig feuchtes, keimarmes Wundmilieu. Unter ungestörten Bedingungen

kann sich so ein qualitativ hochwertiges, reich vaskularisiertes Granulationsgewebe ausbilden – bei großen Defekten die ideale Ausgangslage für sekundäre plastische Maßnahmen.

Eine weitere Indikation für diese Methode ist die Protektion frisch transplantierte Spalthaut („Meshgraft“) bei Defekten oder Verbrennungen. Wird die transplantierte Haut fünf Tage mit der beschriebenen Vakuumversiegelung geschützt, ergeben sich nahezu 100%ige Einheilungsraten bei korrekter Technik.

Biochirurgie

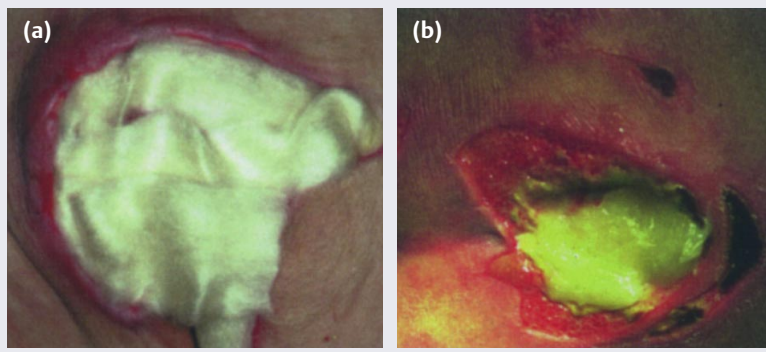
Mit diesem Begriff bezeichnet man die Anwendung von sterilen Maden von *Lucilia sericata* (Fliegen) zum hochselektiven Abräumen von nekrotischem Gewebe und gangränösem Material in chronisch infizierten Problemwunden. Da die Maden ausschließlich nekrobiotisches Material aufnehmen, ist die Schädigung des normalen Gewebes oder der Granulation ausgeschlossen (4, 5). Darüber hinaus scheiden die Maden im Rahmen der Fermentverdauung ein mikrobizides Sekret aus (4). Der Effekt ist oft verblüffend: Gewebeschwellung, Schmerz und Entzündung bilden sich zurück, und es entsteht ein funktionsfähiges Granulationsgewebe – auch bei vorher völlig areaktiven Wunden.

Um den verständlichen Widerwillen der Patienten gegen diese Therapieoption zu überwinden, wurden so genannte „Biobags“ (z.B. Firma Biomonde, Barsbüttel) eingeführt (5): Die Larven werden in kleinen, sekretdurchlässigen Säckchen auf die Wunde aufgebracht, können sich aber nicht frei in der Wunde bewegen (Abb. 9).

Neue Entwicklungen

Um schwierige und komplexe Situationen bei problematischen Wunden meistern zu können, wurden in letzter Zeit spezielle Verfahren entwickelt: So kann beispielsweise mithilfe des Tissue-Engineerings in vitro körpereigenes Gewebe gezüchtet werden, um große Defekte behandeln zu können (6). Ein weiteres Beispiel ist der niedrig

Abb. 8 Optimales Wundmilieu durch Alginat



Das Alginat wird in die Wunde eingebracht (a) und verwandelt sich aufgrund der feuchten Umgebung in ein Gel (b)

energetische Ultraschall. Bei der Therapie von Knochenfrakturen hat sich dieses Verfahren bereits bewährt. Bei der Wundbehandlung kann mit dieser physikalischen Methode die Produktion gewebeproliferativer Zellen (vor allem Fibroblasten) angeregt werden.

■ Fazit

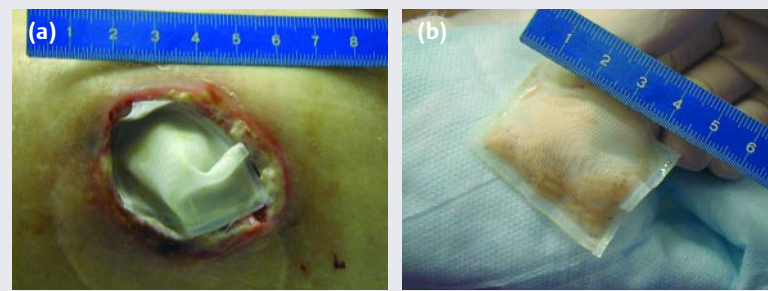
Die Behandlung komplexer, chronischer bzw. rezidivierender Wunden oder so genannter „Problemwunden“ ist eine hochkomplexe Aufgabe. Solche Läsionen können jederzeit vom lokalen Ärgernis zur Lebensbedrohung für den Patienten werden. Das Behandeln dieser Krankheitsbilder setzt zum einen Know-how, Erfahrung, Kenntnis der modernen Verfahren und verfügbaren Therapeutika aber auch eine suffiziente Infrastruktur für die Diagnostik voraus (Angiografie; Positronenemissionstomografie, PET). In Zeiten der zunehmenden Ökonomisierung der Medizin muss darüber hinaus festgestellt werden, dass diese Behandlungen sehr teuer sind und im DRG-System bisher eher stiefmütterlich berücksichtigt sind.

Traditionell ist die Behandlung von Problemwunden eine Basisdisziplin der Chirurgie – der Chirurg kann zu jedem Zeitpunkt die notwendigen, unter Umständen rasch erforderlichen operativen Schritte in der Notwendigkeit nicht nur erkennen, sondern auch einleiten und ausführen. Der Komplexität des Problems Wunde mit seinen vielschichtigen Ursachen wird dennoch nur ein interdisziplinäres Vorgehen gerecht. Interessante neue Ansätze (Gewebezüchtung, Ultraschall) lassen für bisher ungelöste Problemfälle für die Zukunft hoffen.

Revascularisation, Control of Infection and Reconstruction – Current Aspects for the Treatment of Wounds: an Overview

The treatment of wounds, especially of chronic or complicated ones, is a long-lasting, expensive item that needs a lot of experience, knowledge and equipment. In these lesions, history taking, diagnostic procedures and apparative tests are obvious just like in the therapy of any other

Abb. 9 Biochirurgie



„Biobag“ mit Maden zur Konditionierung einer infizierten und areaktiven Defektwunde (a), fünf Tage nach Behandlungsbeginn zeigen die Fliegenmaden (*Lucilia sericata*) eine deutliche Größenzunahme (b)

disease. The steps to solution in wound healing are avoiding of causative damage, revascularisation, control of infection and reconstruction of remaining tissue defects. All these methods, thus, can only support normal wound healing. A lot of temporary special dressings, such as hydrocolloids or alginates or procedures like vacuum treatment or bio-surgery with maggots are available. As in the treatment plan of chronic wounds surgery has to be planned and performed, wound treatment was and will be a basic part of the surgeon's job.

Key Words

chronic wounds – principles – biosurgery – tissue defects

Literatur

1. Bischoff M. Leitfaden zur offenen Wundbehandlung. Arzneimittelkommission der Universität Ulm 1999
2. Chockalingam N, Ashford RL. A pilot study of the reaction forces at the heel during walking with the application of four different wound dressings. *J Tissue Viability* 2004; 14 (2): 63–66
3. Fleischmann W, Lang E, Russ M. Infektbehandlung durch Vacuumversiegelung. *Unfallchirurg* 1997; 100: 301–304
4. Fleischmann W, Suger G, Kinzl L. Treatment of bone and soft tissue defects in infected nonunion. *Acta Orthop Belgica* 1992; 58: 227–234
5. Fleischmann W, Russ D, Moch M, Marquardt C. Biochirurgie – Sind Fliegenmaden wirklich die besseren Chirurgen? *Der Chirurg* 1999; 70: 1340–1346
6. Grassberger M, Fleischmann W. The Biobag – A new device for the application of medicinal maggots. *Dermatology* 2002; 204 (4): 306
7. Hiroaki O, Yoshimitsu K. 031 clinical trials with allogenic cultured dermal sub-

- stitutes for the treatment of burns and skin ulcers. *Wound Repair Regen* 2004; 12: A12
8. Koupil J, Brychta P, Horky D, Prasek J. The influence of moisture wound healing on the incidence of bacterial infection in healthy human skin after treatment of interactive dressings. *Acta Chir Plast* 2003; 45: 89–94
9. Kopp J, Bach A, Loos B et al. Der Einsatz der Vacuumtherapie bei der Defektdeckung an der oberen Extremität mit freien mikrochirurgischen arterialisierten venösen Lappen. *Zentralblatt Chirurgie* 2004; 129 (suppl II): 82–84
10. Milgram J, Shahar R, Levin-Harrus T, Kass P. The effect of short, high intensity magnetic field pulses on the healing of skin wounds in rats. *Bioelectromagnetics* 2004; 25: 271–277
11. Moch D, Fleischmann W, Westhauser A. Instillationsvacuumversiegelung – Ein erster Erfahrungsbericht. *Langenbecks Arch Chir* 1998; (suppl II): 1197–1199
12. Schmelz A. Signal transduction in fibroblasts depending on mechanical stress. *OTA Symposium Mayo Clinic, Rochester USA* 25.08.2003
13. Vermeulen H, Ubbink D, Gossens A et al. Dressings and topical agents for surgical wound healing by secondary intention. *Cochrane Database Syst Rev* 2004; 2: CD003554
14. Vollmar J. *Rekonstruktive Chirurgie der Arterien*. Stuttgart – New York: Thieme 1996
15. Vowden K, Vowden P. Understanding exudate management and the role of exudate in the healing process. *Br J Community Nurs* 2003; 8: 4–13

Anschrift für die Verfasser

Dr. Thomas Einsiedel
Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
Universitätsklinikum Ulm
Steinhövelstr. 9
89075 Ulm