

# WUND FORUM



Ausgabe 1/1997  
ISSN 0945-6015  
E 30725 F

## TITELTHEMA

# ULCUS CRURIS ARTERIOSUM

## FORSCHUNG

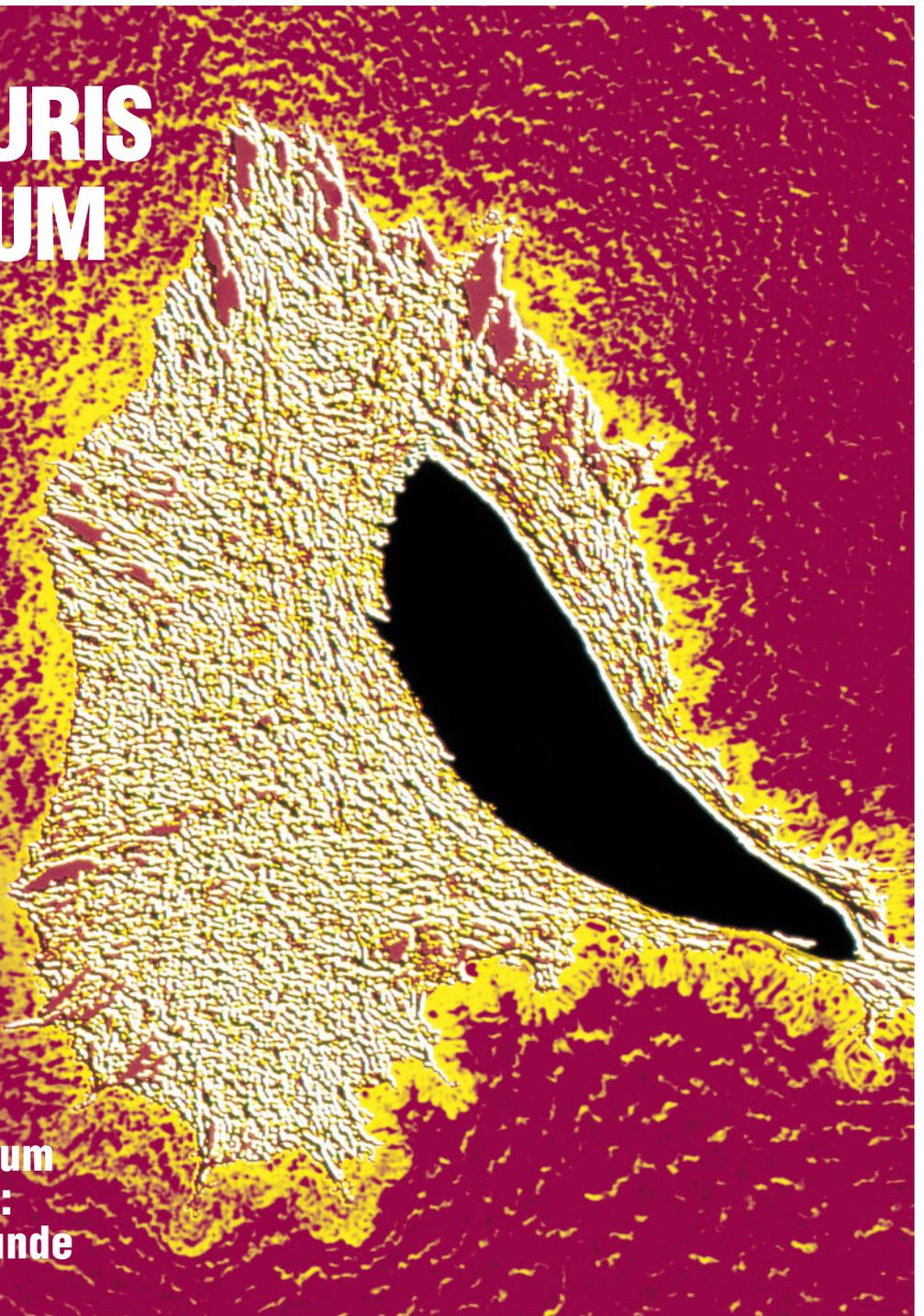
**Physiologie und  
Morphologie der  
knöchernen Heilung**

## KASUISTIK

**Klinische Erprobung  
von TenderWet  
zur Lokaltherapie  
infizierter Wunden**

## PRAXISWISSEN

**Basisinformationen zum  
Wundmanagement (I):  
Die Reinigung der Wunde**



# Zur Tamponade



# tiefer und zerklüfteter Wunden: Sorbalgon® – die gel-bildende Calciumalginat- Kompressen.

**Sorbalgon** ist eine tamponierbare, wirkstofffreie Kompressen aus Calciumalginat-Fasern, die sich im Austausch mit den Natriumsalzen von Blut und Sekreten in ein hydrophiles, nicht verklebendes Gel umwandeln. Das feuchte Milieu und der enge Wundkontakt des Gels sichern ein für die Heilung günstiges Mikroklima bei allen blutenden und sezernierenden Wunden, z. B. bei Ulcus cruris, Dekubitus, Abszessen sowie bei schwierig zu versorgenden Wunden in der Unfall- und Tumorchirurgie.

Literatur und Ärztemuster auf Anforderung.  
PAUL HARTMANN AG, 89522 Heidenheim

**HARTMANN hilft heilen.**



# Inhalt

## AKTUELLES

Kurzmeldungen ..... 4

Rechtsprechung:  
Reform des Rechts der  
Heilbehandlung ..... 4

Buchtip ..... 5

Termine ..... 6

## TITELTHEMA

Diagnostik und Therapie des  
Ulcus cruris arteriosum ..... 8

## FORSCHUNG

Physiologie und Morphologie  
der knöchernen Heilung ..... 14

## KASUISTIK

Klinische Erprobung von TenderWet  
zur adjuvanten phasenadaptierten  
Lokaltherapie infizierter Wunden ..... 18

## PRAXISWISSEN

Basisinformationen zum  
Wundmanagement – Teil I:  
Die Reinigung der Wunde ..... 24

Die Geschichte der Wundheilung –  
Teil II: Mittelalter und jüngere  
Neuzeit ..... 29

## FAX-HOTLINE

Fragen und Antworten aus  
der Fax-Hotline ..... 33

Leitfaden für Autoren ..... 34

Impressum ..... 34

Titelphoto Arteriosklerose: Schnitt durch eine Arterie mit einer Obstruktion durch atherosklerotischen Plaque. Rot = muskuläre Wand der Arterie, grau-gelb = Plaqueanlagerung an der Innenwand, schwarz = verbliebenes Lumen.

# Editorial

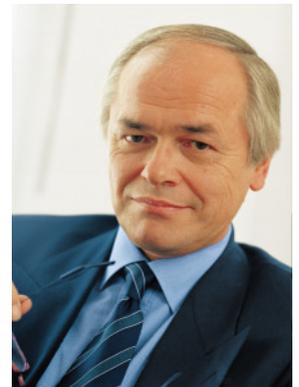
Verehrte Leserinnen und Leser,

als vor nunmehr drei Jahren das erste HARTMANN WundForum erschien, da war die Nervosität der Beteiligten zweifellos größer als heute. Denn keiner wußte schließlich, ob ein tatsächlicher Bedarf für ein derart spezielles Medium rund um die Wundheilung und die Wundbehandlung besteht. Würde eine Firmenpublikation überhaupt Akzeptanz finden? Und wie lange könnte letztlich der redaktionelle Stoff bei immerhin vierteljährlichem Erscheinungsrhythmus reichen, ohne allzusehr an medizinischer Aktualität und Substanz einzubüßen?

Die Sorgen waren offensichtlich unbegründet. Nach inzwischen zwölf Ausgaben zählen rund 15.000 Abonnenten zum festen Leserkreis dieser in ihrer Art nach wie vor einzigartigen Fachpublikation im deutschsprachigen Raum, und das Interesse am WundForum scheint nicht nur ungebrochen, sondern nimmt von Monat zu Monat noch beständig zu. Für mich persönlich ein deutliches Zeichen für die hohe Qualität der Autoren, die gute Redaktionsarbeit und das ebenso erfolgreiche Wirken der Mitglieder des Expertenbeirats. Allen, die Quartal für Quartal am Zustandekommen der Zeitschrift aktiv beteiligt sind, darf ich deshalb an der Schwelle zum vierten Erscheinungsjahr herzlich Dank sagen für ihren unermüdlischen Einsatz.

Aus der im Frühjahr 1996 durchgeführten Leserbefragung wissen wir, daß bei unseren Abonnenten insbesondere die Problematik chronischer Wunden immer wieder im Mittelpunkt des Interesses steht. Was nicht zu verwundern braucht, weil gerade in diesen Fällen die aktuellen Methoden der feuchten Wundbehandlung ihre volle therapeutische Wirkung entfalten können.

Nach den in früheren Ausgaben erschienenen Dokumentationen zum Ulcus cruris venosum, zum Dekubitalgeschwür, zu diabetischen Fußläsionen oder zu Strahlenschäden geht es im Titelthema dieses Heftes um die Diagnostik und Therapie des Ulcus cruris arteriosum. Ebenso interessant dürfte aber auch der erste Teil einer Übersichtsarbeit zum Thema Wundmanagement unter der Rubrik „Praxiswissen“ sein, in der insbesondere auf die unabdingbare Kausaltherapie bei jeder Form von Ulzerationen hingewiesen wird. Sie finden diesen Bericht auf den Seiten 24-28.



Kurt Röthel  
Marketingdirektor der PAUL HARTMANN AG

**Produktinformationen**

# Hydrocoll jetzt in neuer Produktausstattung

Hydrocoll, der selbsthaftende, saugende Hydrokolloid-Verband von HARTMANN, wurde entscheidend verbessert: Durch die Verwendung besonders hydroaktiver Kolloide hat Hydrocoll ein gutes Ansaugvermögen und eignet sich somit auch für Wunden mit stärkerer Sekretion. Überschüssiges, keimbelastetes Sekret wird mit dem Quellvorgang rasch in die Gelstruktur aufgenommen und sicher eingeschlossen.

Verbessert wurde auch die Haftkraft von Hydrocoll, und insgesamt ist die semipermeable Kaschierung aus Polyurethan-Folie weicher und geschmeidiger. Abgeflachte Hydrokolloidränder sichern dabei auch an Problemzonen einen guten Sitz.

Hydrocoll bewirkt ein feuchtes Wundmilieu, das stimulierend und regulierend auf die verschiedenen Zellaktivitäten während der einzelnen Wundheilungsphasen einwirkt. Der Verband eignet sich deshalb besonders zur Versorgung chronischer Wunden mit schlechter Heilungstendenz sowie schwierigem, langwierigem Granulationsaufbau, wie dies z. B. beim Ulcus cruris venosum oder bei Dekubitalgeschwüren der Fall ist. Für letztere steht Hydrocoll sacral in einem körpergerechten Zuschnitt zur Verfügung. Für die Anwendung von Hydrokolloiden in der Epithelisierungsphase bietet sich Hydrocoll thin mit einer reduzierten Saugkapazität an.



**Rechtsprechung**

# Reform des Rechts der Heilbehandlung

Mit dem im Referentenentwurf vorliegenden Sechsten Strafrechtsreformgesetz begibt sich der Gesetzgeber an eine Novellierung des Rechts auf körperliche Integrität, das bisher sowohl bei sachgerechter ärztlicher Behandlung und pflegerischer Versorgung im Falle fehlender Einwilligung des Patienten wie auch bei Pflege- und Behandlungsfehlern im Rahmen der strafrechtlichen Verantwortlichkeit Sanktionen als Körperverletzung nach §§ 223 ff. StGB geahndet von Geld- und Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren vorsieht – mit einem erhöhten Strafmaß bis zu fünf Jahren bei gravierenden Folgen wie z. B. dem Verlust eines wichtigen Körperglieds, des Sehvermögens etc.

Zukünftig sollen die Fallgestaltungen:

- a) einer eigenmächtigen Heilbehandlung ohne wirksame Einwilligung,
  - b) eines fahrlässigen Behandlungsfehlers und
  - c) einer zumindest billigend in Kauf genommenen schädigenden Fehlbildung
- unterschieden werden.

Dabei verwirklicht der Heilbehandler, gleich ob Arzt, Schwester oder Nothelfer, im Falle der ihm erkennbaren Fehlbildung – Fallgestaltungsalternative c) – z. B. infolge einer Ignoranz der notwendigen Maßnahmen weiterhin den Tatbestand der Körperverletzung, der jedoch einem erweiterten Strafraum von bis zu 10 Jahren Freiheitsstrafe (bei wissentlicher Verursachung

schwerer Folgen bis zu 15 Jahren) ausgesetzt ist (§§ 223 ff. StGB).

In weiterhin insgesamt unterfallender Regelung des Rechts der Heilbehandlung unter die Körperverletzungsdelikte bestünde wegen des zukünftig verschärften Strafraumens in diesem Bereich die Gefahr unangemessener Ergebnisse. Ohne die geplante teilweise Ausgliederung des Rechts der Heilbehandlung aus der Sparte der Körperverletzung sähe sich ein Arzt bei einer medizinisch indizierten Amputation bei fehlender Einwilligung oder unterlassener Aufklärung in einem wesentlichen Punkt mit einer Strafandrohung von bis zu zehn Jahren konfrontiert.

Klarstellend ist zu vermerken, daß es hinsichtlich eines fahrlässig verursachten Todes eines Patienten bei der Strafsanktion der fahrlässigen Tötung (§ 230 StGB) mit einem Strafraum von Geld- bis zu Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren verbleibt.

**DER GESETZENTWURF ZUR NEUREGELUNG DER HEILBEHANDLUNG**

Der allseits begrüßte Entwurf zur Neuregelung, der voraussichtlich ohne wesentliche Veränderungen in Kürze verabschiedet werden wird, sieht folgende Gesetzesfassung vor:

**§ 229 StGB**

**Eigenmächtige Heilbehandlung**

(1) Wer ohne wirksame Einwilligung bei einer anderen Person einen körperlichen Eingriff oder eine andere deren körperliche Integrität oder deren Gesundheitszustand nicht nur unwesentlich beeinflussende Behandlung vornimmt, um bei ihr oder ihrer Leibefrucht vorhandene oder künftige körperliche oder seelische Krankheiten, Schäden, Leiden, Beschwerden



**Hydrocoll bewirkt ein feuchtes Wundmilieu, das stimulierend und regulierend auf die verschiedenen Zellaktivitäten während der einzelnen Wundheilungsphasen einwirkt. Bei Dekubitalulzerationen im Sacralbereich findet durch seinen speziellen Zuschnitt Hydrocoll sacral Anwendung (rechts).**

oder Störungen zu erkennen, zu heilen, zu lindern oder ihnen vorzubeugen, wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft. ...

(2) In besonders schweren Fällen ist die Freiheitsstrafe von sechs Monaten bis zu zehn Jahren. Ein besonders schwerer Fall liegt in der Regel vor, wenn die Behandlung

1. der Erprobung einer neuen Behandlungsmethode dient, ohne daß dies im Interesse der behandelten Person oder ihrer Leibesfrucht geboten ist, oder
2. unter Abwägung des mit ihr verfolgten Zweckes einer mit ihr für die behandelte Person verbundenen Gefährdung nicht verantwortet werden kann.

(3) Die Tat wird nur auf Antrag verfolgt, es sei denn, daß

1. sie unter den in Absatz 2 Satz 2 genannten Voraussetzungen begangen ist oder
2. die Strafverfolgungsbehörde wegen des besonderen öffentlichen Interesses an der Strafverfolgung ein Einschreiten von Amts wegen für geboten hält.

Stirbt die verletzte Person, so geht das Antragsrecht ... auf die Angehörigen über.

## § 230

### Fehlerhafte Heilbehandlung

(1) Wer fahrlässig durch einen Behandlungsfehler eine andere Person im Rahmen einer den in § 229 Abs. 1 Satz 1 bezeichneten Zwecken dienenden Behandlung an ihrer Gesundheit schädigt, wird mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

(2) § 229 Abs. 3 Satz 1 Nr. 2, Satz 2 gilt entsprechend.

### SCHUTZZWECK UND FOLGEN DES REFORMENTWURFS

Das seit 1871 geltende Strafrecht sieht in jedem medizinischen Eingriff, der die körperliche Unversehrtheit oder das Wohlbefinden des Patienten physisch oder psychisch mehr als nur unerheblich beeinträchtigt, eine tatbestandliche Körperverletzung – und zwar ohne Rücksicht darauf, ob die Maßnahme therapeutisch angezeigt ist, sachgerecht ausgeführt wird und erfolgreich verläuft. Aus dieser Sicht entfällt bei einer indizierten medizinischen Versorgung lediglich die Rechtswidrigkeit des Eingriffs und damit ein

Merkmal zur strafrechtlichen Verfolgung der therapeutisch gebotenen Handlung, sofern der Eingriff infolge einer wirksam erteilten Einwilligung, kraft mutmaßlicher Einwilligung, im Rahmen eines rechtfertigenden Notstandes oder auf Grund einer sonstigen Befugnis zulässig ist.

Der Reformentwurf weist in der vorgestellten Fassung einen in der Lehre zunehmend vertretenen dogmatischen Ansatz auf. Aus dieser neuen Sicht stellt die nach den Erkenntnissen der Wissenschaft angezeigte und lege artis – nach den Regeln der Heilkunst – durchgeführte Behandlung schon tatbestandsmäßig keine Körperverletzung dar.

Schutzzweck der im Referentenentwurf vorliegenden Neuregelung ist in erster Linie das Selbstbestimmungsrecht des Patienten vor Eigenmächtigkeiten und Willkür ärztlicher und pflegerischer Versorgung, die mitunter das verfassungsmäßig abgesicherte Recht des willensfähigen Patienten auf die Inkaufnahme einer gesundheitlichen Eigengefährdung unberücksichtigt lassen.

Weitergehend bieten die neuen Regelungen einen effektiv mit Strafsanktionen ausgestalteten Schutz vor unzureichender Aufklärung und – im Falle einer erteilten Einwilligung – vor einem vom Behandler eigenmächtig ausgedehnten Behandlungsspektrum.

Entsprechend der neuen dogmatischen Ausgestaltung ist der fahrlässige Behandlungsfehler, der sich auf ärztliche wie auf pflegerische Einrichtungen erstrecken kann, ebenfalls aus dem Bereich der Körperverletzungsdelikte ausgegliedert. Beachtenswert ist dabei, daß der Strafrahmen dieses neu eingeführten § 230 StGB unter dem des § 229 StGB für eine selbst nach den Regeln der Kunst vorgenommene *eigenmächtige* Heilbehandlung und weit unterhalb der im Entwurf neu definierten Strafandrohung für Körperverletzung liegt, die im Bereich der Heilbehandlung nur im Falle der bewußten oder billigend in Kauf genommenen Schädigung eines Patienten weiterhin Anwendung findet.

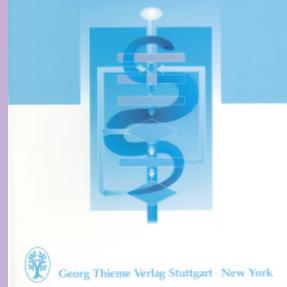
### ANMERKUNGEN UND HINWEISE

Reformgesetze sind getragen vom Anspruch einer besseren Verständlichkeit und einer Vereinfachung der Gesetzgebung. Die Zukunft wird zeigen,

## BUCHTIP

### Qualitätssicherung im Gesundheitswesen

Herausgegeben von Hans-Joachim Jaster



Hans-Joachim Jaster (Hrsg.)

### Qualitätssicherung im Gesundheitswesen

Seit dem Gesundheitsstrukturgesetz von 1993 und der Bundespflegegesetzverordnung von 1995 müssen sich sowohl Ärzte und Pflegekräfte als auch Mitarbeiter von Krankenkassen und Entscheidungsträger im Gesundheitswesen mit Qualitätssicherung auseinandersetzen. Während die theoretischen Richtlinien feststehen, bestehen praktisch große Meinungsunterschiede darüber, wie Qualitätssicherung im Klinik- und Praxisalltag aussehen soll, wer für welche Maßnahmen verantwortlich ist und wie diese im einzelnen umgesetzt werden können.

Das vorliegende Buch führt umfassend in die theoretischen Grundlagen ein und füllt diese durch nationale und internationale Beispiele praktizierter Qualitätssicherung mit Leben. Damit werden Lösungen aufgezeigt, wie durch Qualitätssicherung die medizinische Versorgung verbessert, Behandlungsmethoden transparenter und immer knappere finanzielle Mittel effizienter genutzt werden können. Das Buch wendet sich an alle, von denen der Gesetzgeber ein breites Grundwissen über Maßnahmen der Qualitätssicherung fordert.

Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1997, 352 Seiten, 57 Abb., 24 Tab., DM 78,-, ISBN 3-13-106371-8

ob das Ziel der Vereinfachung in der forensischen Praxis erreicht wird. Der Verständlichkeit sind zumindest – vielleicht nicht allein für den juristischen Laien – Grenzen gesetzt:

Was beinhaltet schon die verschärfte Strafandrohung in § 229 Abs. 2 Nr. 1 StGB bei der „Erprobung einer neuen Behandlungsmethode, ohne daß dies im Interesse der behandelten Person geboten ist“? Fallen unter diese Alternative nur neue Methoden oder auch alternative Maßnahmen aus überkommener, jedoch nicht wissenschaftlich abgesicherter Praxis? – Vergleichbar schwierig gestaltet sich auch die Alternative des § 229 Abs. 2 Nr. 2 StGB: Wo liegt die Grenze, daß „die Behandlung unter Abwägung des mit ihr verfolgten Zwecks und einer mit ihr für die behandelte Person verbundenen Gefährdung nicht verantwortet werden kann“?

Eine Abgrenzung dieser Kriterien kann nicht allumfassend für das gesamte medizinisch-pflegerische Spektrum erfolgen und würde mehr als nur den Rahmen dieses Beitrags sprengen. Dabei ist entsprechend der Bewertung ärztlicher und pflegerischer Versorgung als „Tätigkeit höherer Art“ zumindest Nachdenken und Überlegen angesagt. Denn so neu und revolutionär der Gesetzentwurf auf den ersten Blick erscheint, hat die Rechtsprechung die nunmehr im Referententwurf aufgezeigten Kriterien im Prozeß der strukturellen Anpassung bereits in wesentlichen Teilen in zeitgemäßer Auslegung der weit interpretierbaren Vorschriften des Strafgesetzbuches aus 1871 übernommen und ihnen Geltung verschafft.

*Hans-Werner Röhlig, Oberhausen*

**Produktinformationen**

**Latexfreier OP-Handschuh gegen Allergien**

Latexallergien durch OP-Handschuhe stellen ein zunehmendes Problem dar. Dies gilt für die Träger der Handschuhe ebenso wie für die Patienten aus den verschiedensten Risikogruppen. Bei einer ausgeprägten Allergie gegenüber den in Naturkautschuklatex



enthaltenen Proteinen müssen die Betroffenen deshalb jeden Kontakt mit latexhaltigen Produkten vermeiden, um das Risiko einer allergischen Reaktion auszuschließen.

HARTMANN bietet jetzt mit dem neuen latexfreien OP-Handschuh Peha-taft syntex aus 100% synthetischem Copolymer eine optimale Problemlösung für alle an, die auf Latexproteine allergisch reagieren. Darüber hinaus ist Peha-taft syntex auch für den Personenkreis geeignet, der auf die in Latexhandschuhen enthaltenen chemischen Zusatzstoffe wie z. B. Thiuame oder Mercapto-benzothiazole allergisch reagiert. Aufgrund eines innovativen Herstellungsverfahrens werden keine dieser Akzeleratoren zur Herstellung des OP-Handschuhs Peha-taft syntex benötigt.

Peha-taft syntex erfüllt alle Anforderungen an einen modernen OP-Handschuh hinsichtlich Elastizität, Tragekomfort und Sicherheit. Um die Gefahr einer langfristigen Sensibilisierung gegenüber Latexproteinen auszuschließen, kann Peha-taft syntex auch präventiv eingesetzt werden. Weiterhin wurde ein OP-Handschuh-Notfallset entwickelt. Es enthält jeweils zwei Paar Peha-taft syntex in den üblichen Handschuhgrößen und sollte in keinem OP und Rettungswagen fehlen – insbesondere dann, wenn unklar ist, ob der zu Behandelnde eine Latexallergie hat.

Informationen zu Peha-taft syntex sind bei der PAUL HARTMANN AG erhältlich: Tel. 07321 / 36-1447 oder Fax 07321 / 36-3631.

**Termine**

**Kongresse und Fortbildung im Frühjahr '97**

**2. Hochschullehrgang für Führungsaufgaben im Gesundheitswesen**

Innsbruck, im Frühjahr 1997

Die Neuaufteilung der Verwaltungs- und Verantwortungsstrukturen sowie die betriebswirtschaftlichen Veränderungen im Gesundheitswesen führen dazu, daß Personen in leitenden Funktionen eine Zusatzqualifikation an Führungswissen benötigen. Diese betriebswirtschaftlichen Kenntnisse bzw. Management-Fertigkeiten und -Fähigkeiten praxisbezogen und teilnehmerorientiert zu vermitteln, lautet die Zielsetzung dieses Hochschullehrgangs für Führungsaufgaben.

Er wird durchgeführt von der Medizinischen Fakultät der Universität Innsbruck, dem Institut für Unternehmensführung der Sozial- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Innsbruck und dem Ausbildungszentrum West für Gesundheitsberufe der Tiroler Landeskrankenanstalten. Die Ausbildung richtet sich an Interessenten und Interessentinnen, die Führungspositionen in folgenden Einrichtungen einnehmen oder anstreben: Öffentliche Krankenanstalten, Tageskliniken und Kuranstalten, private Kran-

kenanstalten, Alten- und Pflegeheime, Sozial- und Gesundheitssprengel, Sozialversicherungsträger und weitere Non-Profit-Organisationen.

Die Lehrgangsdauer beträgt zwei Jahre (insgesamt 1000 Unterrichtsstunden); mit einer Unterteilung in Blöcke wird auf die Berufstätigkeit der Teilnehmer Rücksicht genommen.

Auskunft: Dagmar Springeth, Lehrgangssekretariat, Ausbildungszentrum West, Innrain 98, A-6020 Innsbruck, Tel.: +43 / 512 / 5322-219

#### **Jahrestagung der DGAF – Deutsche Gesellschaft für Arterioskleroseforschung**

Blaubeuren, 9.-11.3.1997

Auskunft: Prof. Dr. Helmut Heinle, Universität Tübingen, Physiologisches Institut I, Gmelinstraße 5, 72076 Tübingen, Tel.: 07071 / 29873420, Fax: 07071 / 2983073

#### **Altenpflege – 8. Internationale Fachmesse mit Kongreß – Produkte und Dienstleistungen für die Altenhilfe**

Nürnberg, 19.-21.3.1997

Auskunft: Curt R. Vincentz Verlag, Veranstaltungen, Henning Geitmann (Fachmesse) / Ina Füllkrug (Fachkongreß), Schiffgraben 41-43, 30175 Hannover, Tel.: 0511 / 9910-170/-171, Fax: 0511 / 9910199

#### **114. Chirurgenkongreß – Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie**

München, 1.-5.4.1997

Auskunft: Prof. Dr. Wilhelm Hartel, Generalsekretär der DGCh – Deutsche Gesellschaft für Chirurgie, Elektrastraße 5, 81925 München, Tel.: 089 / 915-205/-227, Fax: 089 / 915 071

#### **New approaches to the management of chronic wounds**

Mailand, Italien, 27.-29.4.1997

Veranstalter: European Wound Association, Journal of Wound Care  
Auskunft: EWMA/JWC Spring meeting, Conference Office, Macmillan Magazines Ltd, Porters South, Crinan Street, London, N1 9XW, UK, Tel.: +44 (0) 171 833 4000, Fax: +44 (0) 171 843 4950

#### **Deutsch-Französische Phlebologentage**

Bad Krozingen, 10.-11.5.1997

Auskunft: Prof. Dr. med. Erwin Schöpf, Ärztlicher Direktor der Univ.-Hautklinik, OÄ Dr. Pfister-Wartha, Hauptstraße 7, 79104 Freiburg, Tel.: 0761 / 270-6701, Fax: 0761 / 270-6829, R. Hofmann,

Univ.-Hautklinik, Hauptstraße 7, 79104 Freiburg, Tel.: 0761 / 270-6743

#### **1. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Wundbehandlung – DGfW**

Neu-Ulm, 29.-31.5.1997

Themenbereiche: Diabetischer Fuß, Ulcus cruris, Dekubitus, Stoma-Versorgung, chronische Kriegswunden  
Auskunft: Edwin-Scharff-Haus, Kultur- und Tagungszentrum, Kongreßsekretariat, Silcherstraße 40, 89231 Neu-Ulm, Tel.: 0731 / 800-80, Fax: 0731 / 800-8150

#### **Seventh Annual Meeting of The Wound Healing Society**

Nashville, Tennessee, USA, 12.-14.6.1997

Auskunft: The Wound Healing Society, 2755 Bristol Street, Suite 110, Costa Mesa, CA 92626, Tel.: +1 / 714 / 545-0271, Fax: +1 / 714 / 545-3643

#### **Vorankündigung:**

#### **7th Annual Meeting of the European Tissue Repair Society ETRS**

Köln, 23.-26.8.1997

Die ETRS wurde 1998 in Belgien mit der Zielsetzung gegründet, das Wissen um die Wundheilung zu fördern und den Kontakt zwischen allen an der Wundheilung interessierten Gruppen sowie den nahestehenden Disziplinen zu verbessern. Sie möchte ein Forum sein für den Dialog zwischen Biologen, Biochemikern, Pharmakologen und Medizinern aus der akademischen und industriellen Forschung und der klinischen Praxis, aber auch mit den Verantwortlichen aus den staatlichen Gesundheitsbehörden und -organisationen.

Für die 7. Jahrestagung hat das lokale Organisationskomitee besondere Anreize geschaffen, um vor allem jungen Nachwuchsforschern die Teilnahme am Kongreß zu ermöglichen und sie zu fördern. Sechs Stipendien plus £ 400 Reisekosten und Spesen, einen Preis von £ 500 für die beste Präsentation junger Nachwuchsforscher sowie, offen für alle ETRS-Mitglieder, Preise in Höhe von £ 500 für die drei besten Poster-Präsentationen.

Einsendeschluß für die Abstracts ist der 15.4.1997.

Auskunft und Kongreßunterlagen: P & R Kongresse GmbH, Ute Rother, Bleibtreustraße 12 A, 10623 Berlin, Tel.: 030 / 885-1008, Fax: 030 / 885-1029

#### **BUCHTIP**



Jürgen Durst (Hrsg.)

#### **Traumatologische Praxis in einem Band**

Voraussetzung für das Überleben vital gefährdeter, traumatisierter Patienten ist ein sorgfältig aufeinander abgestimmtes, rasches und fachübergreifendes Handeln verschiedener ärztlicher und nicht-ärztlicher Disziplinen – vom Rettungsdienst bis zur Rehabilitation.

Im vorliegenden Werk vermitteln Autoren mit langjähriger Erfahrung im Umgang mit Unfallverletzten die erforderlichen spezifischen Kenntnisse in einer klaren, praxisnahen Sprache. Präzise chirurgisch-anatomische Zeichnungen, unterstützt durch farbige Abbildungen, stellen die einzelnen Behandlungsschritte exakt und nachvollziehbar dar.

Inhaltlich vermittelt das Werk in einem Band einen Überblick über den Gesamtkomplex der Traumatologie, d. h. der aktuellen diagnostischen und therapeutischen Standards aller Verletzungen von Körperhöhlen, Organen und des Stütz- und Bewegungssystems. Es ist unentbehrlich für alle traumatologisch tätigen Ärzte, Assistenten in der Weiterbildung, AiP und Studenten im praktischen Jahr.

*F. K. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 1997, 688 Seiten, 1138 zum Teil vierfarbige Abbildungen, DM 398,-, Vorbestellpreis bis 10.3.1997: DM 348,-, ISBN 3-7945-1587-0*

# Diagnostik und Therapie des Ulcus cruris arteriosum

J. Tautenhahn, Th. Bürger, S. Piatek, H. Lippert, Z. Halloul

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Medizinische Fakultät, Zentrum für Chirurgie, Klinik für Allgemein-, Visceral- und Gefäßchirurgie (Direktor Prof. Dr. med. H. Lippert)

## EINLEITUNG

Ursache des Ulcus cruris arteriosum stellt überwiegend die Arteriosklerosis obliterans der großen und mittleren Gefäße mit einer daraus resultierenden Gewebischämie dar. In Grundzügen skizziert, nimmt sie ihren Ausgang von einer Läsion der Intima der Gefäßwand, die reaktiv eine Thrombozytenaggregation an der geschädigten Stelle auslöst, die wiederum eine verstärkte Proliferation und Immigration glatter Muskelzellen der Media in die Intima der Gefäßwand zur Folge hat. Die Muskelzellen produzieren große Mengen an Faserproteinen (Kollagen und Elastin) sowie Proteoglykanen (wesentlicher Bestandteil der extrazellulären

Matrix), die sich durch Akkumulation von Lipiden in die sog. atherosklerotischen Plaques umbauen. Diese Plaques führen zur Stenosierung bzw. zum vollständigen Verschluss des betroffenen Gefäßes, wobei das Ausmaß der daraus resultierenden Mangel durchblutung vom Stenosegrad und der vorhandenen Kollateralzirkulation abhängig ist.

Durchblutungsstörungen der Beine können sich sowohl durch obliterative Prozesse der Aorta selbst als auch der Extremitätenarterien ergeben. Je nach der Lokalisation des Verschlusses unterscheidet man nach Ratschow den Aortenbifurkationstyp, den Beckentyp, den Oberschenkeltyp und den peri-

pheren Beintyp, wobei Kombinationen möglich sind.

Die Arteriosklerose als solche ist keine reine Alterskrankheit. Zwar erfolgt eine rasche Zunahme der Ausprägung vom 45-60. Lebensjahr, doch sind für das Krankheitsgeschehen auch das Mitwirken einer Reihe von Risikofaktoren bedeutungsvoll. Neben der konstitutionellen Disposition stellen Hypertonie, Diabetes mellitus, Hypothyreose, Nephrose, Lipidstoffwechselstörungen, Thrombophilie, Atmungsinsuffizienz, aber auch eine falsche Lebensweise mit fett- und kalorienreicher Ernährung, Übergewicht, Streß und vor allem Rauchen wichtige Risikofaktoren dar. Männer erkranken etwa 5mal häufiger an obliterierender Arteriosklerose als Frauen, wobei sich die Geschlechtsunterschiede in höheren Altersgruppen nivellieren.

Von enormer Bedeutung für das Krankheitsgeschehen ist des Weiteren, daß ein Zusammentreffen mehrerer Risikofaktoren das Erkrankungsrisiko nahezu exponentiell ansteigen läßt, wie bereits auch ein einzelner Risikofaktor, wie z. B. Diabetes mellitus, die Wahrscheinlichkeit, an einem Arterienverschluss der unteren Extremitäten zu erkranken, vervielfachen kann. Insgesamt handelt es sich also um ein sehr komplexes Leiden, das die Behandlung aller negativ beeinflussenden Faktoren miterfordert.

## KLINISCHES ERSCHEINUNGSBILD

Prädilektionsstellen arteriosklerotischer Ulcera am Fuß sind die Endphalangen der Zehen und Nägel, des Nagelbettes sowie der Köpfchen der Metatarsale I und II. Noch bevor es zur Ulceration kommt, können bei der Inspektion trophisch gestörte Nägel, Mykosen, Rötung, Marmorierung und ein Verlust der Behaarung auffallen (Abb. 1), was die Bedeutung der regelmäßigen Inspektion zur Prävention unterstreicht.

Ulcera entstehen dann oft durch Druck des Schuhs an prominenten Knochenvorsprüngen. Sie imponieren als tiefblau bis schwarz erscheinende Hämorrhagien. Eine weitere häufige Ulcusursache sind Läsionen durch eine unsachgemäße Pediküre oder Bagatellverletzungen der Zehen. Nekrosen infolge schwerster Durchblutungsinsuffizienz sind meist am lateralen Fußrand, der Ferse, im Interdigitalraum und an



**Abb. 1**  
Klinische Zeichen bei der Inspektion.

**Abb. 2**  
Zehennekrosen.

**Abb. 3**  
Nekrosen am lateralen Fußrand, Calcaneus- und Achillessehnenbereich.

**Abb. 4**  
**Nekrosen im Fuß-**  
**rückenbereich.**



**Abb. 5**  
**Nekrosen an der Streck-**  
**seite des Unterschenkels**  
**mit freiliegender Tibialis**  
**anterior Sehne.**



**Abb. 6**  
**Komplette Unter-**  
**schenkelgangrän.**



**Abb. 7**  
**Ulcus cruris mixtum**  
**am Unterschenkel.**



den Streckseiten der Unterschenkel lokalisiert (Abb. 2-6).

Differentialdiagnostisch besteht zum venösen Ulcus eine Schmerzhaftigkeit im Geschwürsbereich. Pathogonomisch sind weiterhin Nekrosen, freiliegende Sehnen oder Knochen neben einer oft vorbestehenden Claudicatio intermittens. Arterio-venöse Mischulcera liegen ventrolateral am Unterschenkel (Abb. 7). Diabetiker zeigen Varianten des Bildes. Hier wird zusätzlich die neuropathische von der angiopathischen Form unterschieden (Tab. 1).

Generell kommt es zu einer ausgesprochenen Progredienz der Läsion. Überwärmung, schmerzhafte Rötung und Ödem deuten auf eine bakterielle

Infektion mit beginnender phlegmonöser Entzündung hin.

Das Ulcus cruris arteriosum gehört in die Kategorie der chronischen Wunden. Eine Klassifikation ist nach Knighton (1986) möglich:

- ▶ Stadium I: oberflächliche Wunde (Dermis, Epidermis)
- ▶ Stadium II: tiefe Wunde (bis ins subcutane Fettgewebe reichend)
- ▶ Stadium III: Mitbeteiligung von Faszien
- ▶ Stadium IV: Mitbeteiligung von Muskulatur
- ▶ Stadium V: Mitbeteiligung von Sehnen, Bändern, Knochen
- ▶ Stadium VI: Mitbeteiligung großer Höhlen.

**DIAGNOSTIK**

Im Initialstadium erleichtert das rechtzeitige Erkennen die Therapie und verbessert die Prognose. Dabei muß in einer ausführlichen Anamnese auf die typischen Merkmale des Claudicatio-Schmerzes geachtet werden:

- ▶ Auftreten von Schmerzen durch konstante Belastung reproduzierbar,
- ▶ bei Steigerung der Belastung frühzeitigere Beschwerden,
- ▶ Rückgang der Schmerzen bei Unterbrechung der Belastung,
- ▶ häufige Lokalisation in der Wade, meist einseitig.

Differentialdiagnostisch stehen statische und neurologische Erkrankungen im Vordergrund: Claudicatio spinalis, radikuläre, ischialgiforme Schmerzen, Senk-, Spreiz- und Plattfüße sowie Cox- und Gonarthrose. Für die sekundäre Prävention ist des weiteren die Erfassung der Risikofaktoren notwendig.

Die klinische Stadieneinteilung der arteriellen Verschußkrankheit erfolgt dabei modifiziert nach Fontaine:

- ▶ Stadium I: symptomlos, eventuell leichte Ermüdbarkeit
- ▶ Stadium IIa: ab einer Gehstrecke von 200 m setzen Schmerzen ein
- ▶ Stadium IIb: Gehstrecke unter 200 m
- ▶ Stadium III: Ruheschmerz
- ▶ Stadium IV: Dauerschmerz, Hautnekrosen, Ulcus, Gangrän.

Einfache Methoden zur Sicherung der Diagnose und Verschußlokalisation bilden neben der Dopplersonographie, die Puls palpation und Auskultation.

**KLINISCHE KENNZEICHEN BEIM DIABETISCHEN FUSS (TAB. 1)**

<b>neuropathische Form</b>	<b>angiopathische Form</b>
warm / trocken	kalt
Pulse vorhanden	Pulse fehlen
Hautschwiele vorhanden	Hautschwielen fehlen
Ulcera schmerzlos	akrale Nekrosen / Ulcera schmerzhaft
Lokalisation: plantar (Mal perforans)	Lokalisation: Zehen / Vorfuß
Sensibilität: abgeschwächt/aufgehoben	Claudicatio / Ruheschmerz
häufige Fußdeformität	
Ursache: diabetische Polyneuropathie	Makroangiopathie (besonders Unterschenkelarterien, Arteriosklerose & Diabetes)

**BEZIEHUNG ZWISCHEN DOPPLERINDEX UND SCHWEREGRAD DER AVK (TAB. 2)**

Dopplerindex	Schweregrad	Fontaine Stadium
1,2	–	
0,9 - 0,75	leichte Ischämie	I - II
0,75 - 0,5	mittelschwere Ischämie	II - III
< 0,5	schwere Ischämie	III - IV

(mit Ausnahmen beim Diabetiker)

Peripher tastbare Pulse schließen vorgeschaltete Verschußprozesse praktisch aus. Bei der Dopplerdruckmessung wird der systolische Blutdruck über der A. tibialis posterior und A. dorsalis pedis im Liegen gemessen. Neben einer normalen Blutdruckmanschette genügt ein einfaches CW-Dopplergerät. Es wird dann der Quotient aus Knöchel- und Oberarmblutdruck gebildet. Der so erhaltene Doppler-Index kennzeichnet den Schweregrad (Tab. 2).

Da die subjektiven Angaben des Patienten zur Gehstrecke meist ungenau sind, sollte ein standardisierter Gehstest auf dem Laufbandergometer angeschlossen werden. Dieser dient zur Differenzierung der Stadien II. Somit läßt sich die Indikation zur Angiographie (intraarterielle digitale Subtraktionsangiographie) abgrenzen. In den meisten Fällen ist sie nur bei einer symptomatischen Ischämie gegeben, da hier eine Revaskularisation angezeigt sein kann.

**THERAPIE**

Nach Sicherung der Diagnose muß ein Therapieplan erstellt werden, der nach Möglichkeit die verschiedenen pathogenetischen Faktoren berücksichtigt. Er beinhaltet:

- ▶ Ausschaltung der Risikofaktoren,
- ▶ Behandlung der Begleiterkrankungen (z. B. normnahe Blutzuckereinstellung bei Diabetes mellitus),
- ▶ Maßnahmen der Wiederherstellung bzw. der Verbesserung der Perfusion durch Gefäßchirurg, Angiologen und Interventionsradiologen,
- ▶ lokale Wundbehandlung.

**Systemische Therapie**

In der Rangordnung der Behandlungsmaßnahmen stehen die rekonstruktiven Arterieneingriffe / interventionsradiologischen Kathetertechniken

als primäre Ursachenbekämpfung des Ulcus cruris arteriosum an erster Stelle (Tab. 3).

Die Wahl des Eingriffes ist neben der Lokalisation und Ausdehnung der Arterienverschlüsse, ferner nach dem Allgemeinzustand des Kranken auszurichten. Eine gute Zusammenarbeit von Gefäßchirurgen, Angiologen und interventionellen Radiologen ist hierbei von großem Nutzen. Einen weiteren Parameter stellt der Grad der Infektion einer akralen Nekrose dar. Die Behandlungsverfahren sind in dieser Phase durch das IRA-Prinzip festgelegt:

- ▶ Infektionskontrolle, d. h. die Umwandlung der feuchten in eine trockene Gangrän,
- ▶ Revaskularisation der nekrobiotischen Grenzzone,
- ▶ Amputation, möglichst sekundär im infektfreien und revaskularisierten Stadium.

Neben der Revaskularisation sind positive pharmakologische Effekte bei einigen Medikamenten beschrieben worden, durch die insbesondere die hyperproliferativen Zellvorgänge und

die Fließeigenschaften des Blutes beeinflusst werden sollen. So bewirkt z. B. Prostaglandin E1 eine Relaxation der Arteriolen und präkapillaren Sphinkteren und hemmt die Aktivierung, Aggregation und Formveränderung der Thrombozyten sowie deren Sekretion von Granulainhaltsstoffen, die Neutrophilenaktivierung, die proliferative und mitotische Aktivität glatter Muskelzellen sowie die Cholesterinsynthese und intrazelluläre Cholesterinaufnahme. Es steigert die fibrinolytische Tätigkeit und führt zur vermehrten Bereitstellung von Sauerstoff und Glukose und deren verbesserter Utilisation.

Zusätzlich zur Anwendung vasoaktiver Substanzen, die den Strömungsdruck durch Vasodilatation erhöhen, besteht die Möglichkeit der Senkung des Strömungswiderstandes mittels Hämorrhheotherapie, um eine Durchblutungssteigerung zu erzielen.

Verfahren der Viskositäts- und Plastizitätsänderung sind: Reduktion der Plasmaviskosität (z. B. Fibrinogensenkung), Beeinflussung der Erythro- und Leukozytenverformbarkeit sowie Reduktion der Vollblutviskosität durch Hämodilution.

Prinzipiell sollte ein Thrombozytenaggregationshemmer verabreicht werden und eine adäquate Schmerztherapie erfolgen. Die prophylaktische Heparinisierung wird unter stationären Bedingungen empfohlen.

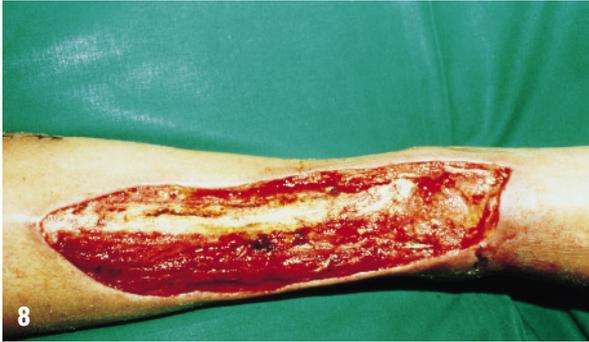
**Lokaltherapie**

Die lokale Wundbehandlung basiert auf bestimmten Grundsätzen und berücksichtigt das grundsätzliche Risiko, daß sich bei einem AVK-Patienten be-

**INDIKATIONSRICHTLINIEN FÜR EINE REVASKULARISATION NACH DER VERSCHLUSSLOKALISATION (TAB. 3)**

AVK-Stadium	aorto-iliacal	Femorals- gabel	femoro- popliteal	crural/pedal
I	–	–	–	–
IIa	(+)	(+)	(+)	–
IIb	+	+	+	–
III	++	++	++	++
IV	++	++	++	++

– keine Indikation, (+) relative Indikation, + absolute Indikation, ++ dringliche Indikation



**Abb. 8**  
Chirurgisches Débridement (vergl. Abb. 5, AVK vom Oberschenkel-/Unterschenkeltyp Stad. IV, Z.n. Tibialis posterior-Saphenabypass).



**Abb. 9**  
Diabetische Gangrän mit AVK vom Oberschenkel-/Unterschenkeltyp Stad. IV, Z.n. Inzision und Drainage.



**Abb. 10a**  
Trockene Gangrän im Bereich des IV u. V Strahls, des lateralen Fußrandes, im Calcaneus und dorsalen Fußrückenbereich, Z.n. Saphenabypass auf die A. fibularis bei AVK vom Oberschenkel-/Unterschenkeltyp und Diabetes mellitus.



**Abb. 10b**  
4 Monate später mit Z.n. Entfernung der Nekrosen und Amputation des IV und V Strahls.



**Abb. 11**  
Z.n. Exstirpation des Metatarsus und ersten Strahls.

reits kleine Läsionen, initial ignoriert oder bagatellisiert, innerhalb weniger Tage rasch ausdehnen können.

#### Wunddébridement

Im Vordergrund steht das chirurgische Débridement. Nekrosen müssen entfernt, Taschen weit eröffnet, schmierige Beläge entfernt und infizierte Areale herausgeschnitten werden (Abb. 8). Eiterhöhlen sind großzügig zu eröffnen. Ein ungestörter Sekretabfluß wird mittels Drainage gewährleistet (Osteomyelitis-Saug-/Spüldrainage, Taurolin bei starker Kontamination, Ringer bei sauberen Verhältnissen). Hinsichtlich der feuchten Vorfußgangrän werden mehrere Öffnungen in den Hautüberzug geschnitten und dadurch die Sekretableitung aus der Tiefe sichergestellt (Abb. 9). Anschließend sind antiseptische Verbände bis zum Abklingen des Infektes angebracht.

Eine Amputation sollte möglichst erst nach Abklingen des Begleitinfektes, der überführten feuchten in eine trockene Gangrän und nach Erreichen einer maximalen Revaskularisation in der nekrobiotischen Grenzzone vorgenommen werden. Die Absetzung kann nur in einer Ebene erfolgen, in der die Markhöhle des Knochens und die Weichteile abgeschirmt sind. Die Gefahr einer proximal fortschreitenden Infektion ist auf ein Minimum reduziert. Die folgende Stumpfheilung erfolgt sekundär (Abb. 10a/b).

Um die Gefahr einer Kletteramputation zu vermeiden, dürfen keine gesunden Gelenke in der Nachbarschaft eröffnet werden. Eine aufsteigende Sehneninfektionen kann man verhindern, indem man diese zentral im aseptischen Bereich durchtrennt und über den Amputationsstumpf am Vorfuß herauszieht. Liegt ein neurotrophisches Ulcus („Mal perforans“) vor, erfolgt die Resektion des betreffenden Metatarsus von einem aseptischen dorsalen Zugang. Ein plantares scharfes Débridement mit offener Wundbehandlung schließt sich an (Strahl I oder V hier Exstirpation des Metatarsus samt Zehe, Abb. 11). Die große Gliedmaßenamputation verbleibt als ultima ratio. Die Wahl der Amputationshöhe richtet sich allgemein nach dem klinischen Befund (einschließlich intraoperativem Status), dem Angiogramm sowie dem Dopplerverschlußdruck in den Unterschenkelarterien.



**Abb. 12**  
**Z.n. Anlage eines femoro-poplitealen Prothesenbypass mit Wundinfektion im Bereich der Leiste, Szilagyi II-Therapie: anti-septische Wundauflagen.**  
**Abb. 13**

**Z.n. verschleppter Infektion am distalen Implantationsort eines femoro-poplitealen Prothesenbypass-Therapie: Bypassexplantation mit chirurgischem Débridement, Revaskularisation: Saphenabypass unter Umgehung des infizierten Gebietes.**



Bakteriämie von einem infizierten Gebiet in der Peripherie bzw. von infizierten Lymphknoten/Lymphkollektoren, zu der gefährlichsten Komplikation gehören (Abb.12). Sie sind der „Alptraum des Gefäßchirurgen“ (Shaw u. Baue 1963) und mit einer Letalität von 10-30% verbunden (retro-peritoneal/intra-thorakal 30-70%). Außerdem ist bei diesen Patienten in 20-40% mit einer sekundären Amputation zu rechnen. Erreicht die Infektion eine Gefäßanastomose, so kann es zur Nahtdehizens (Blutung), Entwicklung eines Anastomosenaneurysmas oder septischen Thrombose mit septischer Allgemeininfektion kommen.

Entsprechend der Bedeutung der Infektion für den Krankheitsverlauf und somit für die Prognose unterscheidet Szilagyi drei Schweregrade:

- ▶ Grad I: nur Hautinfektion
- ▶ Grad II: Infektion von Haut und subcutanem Fettgewebe (epifascial)
- ▶ Grad III: subfasciale Ausbreitung mit Transplantatinfektion.

Zusätzlich ist experimentell belegt, daß in Abhängigkeit von der Dauer der Aortenabklemmung eine über mehrere Tage anhaltende Depression des retikuloendothelialen Systems und somit eine erhöhte Infektanfälligkeit vor kommt. Eingriffe im Stadium IV sind daher als besonders infektionsgefährdet anzusehen. Die antiseptische Lokalbehandlung mit prophylaktischer systemischer Antibiose (ggf. lokaler Antibiose) nach Resistogramm und der elektive Gefäßeingriff nach Herstellung der Infektkontrolle (IRA-Prinzip) haben daher ihre Berechtigung. Die ambulant festgestellte Infektion im Transplantatbereich selbst sollte sofort dem Gefäßchirurgen vorgestellt werden (Abb.13).

#### Wundverbände

Nur nach Behandlung der Ursache „Ischämie“ kann es zu einer Heilung kommen. Weitere Grundlagen bilden Infektionsbekämpfung, chirurgisches Débridement und lokale Wundbehandlung einschließlich Wundverband. Die sog. Feuchttherapie ist dabei ein wesentliches Element der modernen Wundbehandlung und hat die früher vielfach geübte Praxis der trockenen Wundabdeckung ersetzt. Je nach Wirkungsprinzip werden Wundauflagen in passive (Wundauflagen textilen Charakters wie Mull- und Vliesstoffe), interaktive (Hydrogele, Hydrokolloide, Algi-

Des weiteren wurde in der Literatur über Erfahrungen zur Höhenbestimmung mittels transkutaner O<sub>2</sub>-Messung und Laserdoppler berichtet.

Neben dem chirurgischen Débridement können zusätzlich Maßnahmen der enzymatischen und vor allem der physikalischen Wundreinigung angewendet werden.

Im Rahmen der enzymatischen Wundreinigung werden fibrinöses und verkrustetes Exsudat durch indirekt oder direkt wirkende Enzyme aufgelöst und verflüssigt. Die einzelnen Enzyme haben dabei ihre spezifischen Angriffspunkte – so löst z. B. Trypsin denaturierte Proteine, aber kein Kollagen und Elastin auf, während die Kollagenase Clostridiopeptidase A ausschließlich Kollagen spaltet – weshalb eine subtile Kenntnis der verschiedenen Wirkprinzipien die Voraussetzung für eine effiziente, risikoarme Applikation ist.

Die physikalische Wundreinigung, die in der Regel als feuchte Wundbehandlung (feuchte Umschläge mit physiologischer Elektrolytlösung, z. B. Ringerlösung oder E153, Duschen der Wunde sowie feuchte Verbandbehandlung mit geeigneten Wundauflagen) durchgeführt wird, hat die Verminderung von Keimen sowie die Entfernung nekrotischer Beläge zum Ziel.

#### Lokale Infektionsbehandlung

Neben der Verwendung von Lokalantibiotika sollen antiseptische Externa das Wundmilieu zu ungunsten bakterieller Wachstumsbedingungen verändern, wobei beide Verfahren mit speziellen Anwendungsproblematiken belastet sind.

Antiseptika stehen in Form von Salben, Lösungen und Pudern mit unterschiedlichen Wirkungsspektren zur Verfügung. Ideal ist eine kombinierte bakterizide, viruzide und fungizide Wirkung. Bei der Behandlung muß auf die lokale Verträglichkeit und auf eine eventuelle Wundheilungshemmung geachtet werden. In unserer Einrichtung haben sich Präparate mit Polyvidon-Jod, Lavasept, Ethacridini und Taurolin bewährt. Des weiteren wird ein Methodenwechsel bei unverändertem Wundstatus und Resistogramm vorgenommen.

Die Applikation von Lokalantibiotika ist umstritten. Die Keimflora wird selektiert, wie auch günstige Voraussetzungen für die Ausbreitung resistenter Bakterienstämme geschaffen werden. Allergien treten häufiger auf als bei den Antiseptika.

Prinzipiell ist in der Gefäßchirurgie zu beachten, daß Wundinfektionen im Prothesenbereich, ausgelöst durch eine



**Abb. 14a/b**  
**Z.n. femoro-cruraler Rekonstruktion, Vorfußteilamputation (IV u. V Strahl einschli. Metatarsalia) bei AVK vom Oberschenkel-/Unterschenkeltyp und Diabetes mellitus, Knighton V, Verwendung einer Calciumalginat Wundauflage.**  
**Abb. 15**  
**Meshgraft-Transplantation.**  
**Abb. 16**  
**Rekonstruktion mittels freier Lappenplastik (Latissimus dorsi, vergl. Abb. 5 u. 8, mit freundlicher Genehmigung der Klinik für Plastische-, Wiederherstellungs- und Handchirurgie, Direktor: Prof. Dr. med. W. Schneider).**

nate, Wundkissen mit Superabsorber) und aktive (u. a. Transplantatmaterialien, Wundauflagen in Kombination mit Wachstumsfaktoren) unterteilt.

In der Behandlung des Ulcus cruris arteriosum hat sich im wesentlichen die Lokalbehandlung mit interaktiven Wundauflagen etabliert. Unter diesen Wundauflagen herrschen annähernd physiologische Bedingungen, in erster Linie ein ausgewogenes Verhältnis von Temperatur und Feuchtigkeit, den wesentlichen Vorbedingungen für eine optimale Wundheilung. Eine verbesserte Zellmigration sowie die Förderung von Fibrinolyse und Angiogenese tragen zur beschleunigten Heilung bei. Durch das unterschiedliche Absorptionsvermögen der einzelnen Wundauflagen ist eine phasenadaptierte Anwendung möglich.

Eine Indikationseinschränkung haben die semiokklusiven/semipermea-

blen Hydrogele und Hydrokolloide aufgrund ihres Okklusiv-effektes bei klinisch manifester Infektion. Ebenso gelten Hydrogele wegen der zusätzlich kühlenden Wirkung, die etwa 6 Stunden anhält, bei nicht revascularisierten arteriellen Ulzerationen als kontraindiziert. Die gaspermeablen Wundauflagen wie Calciumalginat (z. B. Sorbalgon, Sorbalgon T) oder Wundkissen mit Superabsorber (z. B. TenderWet) haben dagegen ein breites Anwendungsgebiet, da sie auch bei infizierten Wunden angewendet werden können. Insbesondere nach chirurgischem Débridement erweisen sich die hämostyptischen Eigenschaften der Calciumalginat als günstig. Ein weiterer Vorteil der Alginat besteht in ihrer ausgezeichneten Tamponierbarkeit (Abb. 14a/b). Bei trockenen Wunden bzw. mäßiger Sekretion kommt es allerdings zu keiner ausreichenden Gelbildung. In

diesen Fällen sollte eine Anfeuchtung mit Ringer-Lösung oder ggf. Polyhexanid (Lavasept) erfolgen. Alternativ bietet sich die Anwendung von Wundkissen mit Superabsorber an.

In ausgewählten Fällen besteht die Möglichkeit des aktiven chirurgischen Wundverschlusses durch rekonstruktive Verfahren (Stanzbiopsien, Spalthauttransplantationen, freie myocutane Lappenplastiken, Abb. 15/16).

Auf die Bedeutung einer adäquaten Behandlung hinsichtlich des klinischen Verlaufs bei ischämischen Läsionen sei abschließend in Tabelle 4 hingewiesen.

**ZUSAMMENFASSUNG**

Die Behandlung des Ulcus cruris arteriosum ist komplex. Eine rechtzeitige Diagnosestellung verhindert die rasche Progredienz. Ziel ist die Ursachenbekämpfung „Ischämie“ mit gefäßchirurgischer/interkonventioneller Revaskularisation und begleitender vasoaktiver Medikation. Das IRA-Prinzip muß dabei eingehalten werden. In der Weiterbehandlung gelten die allgemeinen Grundsätze für chronische Wunden.

*Dr. med. J. Tautenhahn  
 Klinik für Allgemein-, Visceral- und Gefäßchirurgie, Zentrum für Chirurgie, Medizinische Fakultät Otto-von-Guericke-Universität  
 Leipziger Straße 44  
 D-39120 Magdeburg*

**THERAPIERFOLG UND KLINISCHER VERLAUF PERIPHER ISCHÄMISCHER LÄSIONEN (TAB. 4)**

		Zeit: 1 Jahr / 3 Jahre
Nekrose	Abheilung	40% / 60%
	keine Abheilung	80% / 92 %
	Amputation	

(modifiziert nach Müller-Bühl/Diehm)

# Physiologie und Morphologie der knöchernen Heilung

B. Birkenhauer, T. Bräuer, R. Schlenzka

Klinik für Unfallchirurgie der Philipps-Universität Marburg

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der bindegewebigen Reparatursvorgänge nimmt die knöcherne Heilung trotz vielerlei Parallelen eine Sonderstellung ein. Dies vor allem deshalb, weil es bei der Knochenbruchheilung neben der Wiederherstellung der Gewebeintegrität besonders darum geht, die biomechanischen Anforderungen bezüglich der Belastbarkeit möglichst bald wieder zu erfüllen.

Aufgrund dieses erheblichen Unterschiedes in der Zielsetzung der Frakturheilung erscheint die gängige Einteilung der Wundheilung in eine inflammatorische, proliferative und reparative Phase für die Knochenheilung zu global; auch deshalb, weil die zelluläre Morphologie der Heilungsvorgänge im mikroskopischen Bild mit dieser dreiphasigen Einteilung nicht ausreichend korreliert.

Darum wurde in einer tierexperimentellen Studie an 24 Kaninchen eine Distractionsosteosynthese durchgeführt, mit dem Ziel, die knöcherne Heilung unter den Gesichtspunkten Zellmorphologie respektive -interaktion sowie Funktionalität und Steuerungsmechanismen genauer zu verstehen.

Im Rahmen dieser Studie wurden beide Femora der Tiere nach operativer Osteotomie und einer Konsolidierungsdauer von 7 Tagen weitere 14 Tage um 0,7 mm pro Tag distrahiert. Nach insgesamt 21 Tagen post operationem wurde die Distractionszone entfernt, unentkalkt aufgearbeitet und histomorphometrisch ausgewertet. Im Rahmen der histomorphometrischen Auswertung kam das computergestützte Bildanalysesystem Quantimet 500+ (Fa. Leica) erfolgreich zur Anwendung.

Durch das Prinzip der Distractionsosteosynthese wurde es möglich, die

verschiedenen Phasen der knöchernen Heilung nebeneinander darzustellen. Im histologischen Präparat ließen sich morphologisch sieben verschiedene Bereiche abgrenzen, denen entsprechend sieben funktionell unterschiedliche Phasen zugeordnet werden konnten (Abb. 1).

Um eine Verbesserung respektive Beschleunigung der knöchernen Heilung erreichen zu können, muß ihre Physiologie verstanden werden, so daß es zu hoffen bleibt, daß auf der Basis eines entsprechenden Modells erfolgreiche klinische Konsequenzen gezogen werden können.

## 1. GERINNUNGSPHASE

Die Gerinnungsphase, die mit ca. 15 Stunden den kürzesten Abschnitt der knöchernen Heilung darstellt, läßt sich auf zwei wichtige Aufgaben reduzieren. Zum einen läuft hier der jedes Trauma begleitende Gerinnungsprozeß ab; zum anderen muß hier ein aseptischer Entzündungsprozeß initiiert werden (Abb. 2). Das durch den Gerinnungsprozeß gebildete Fibrinfasernetz stellt die Matrix für amöboid einwandernde osteogene Stammzellen – periostaler und endostaler Herkunft – dar, die sich dort „einnisten“, um dann mitotisch aktiv zu werden. Das so entstandene Fibrinpolymergerüst ist eine *conditio sine qua non* für die osteogene Progenitorenproliferation. Außerdem hat es die Aufgabe, der Defektzone eine vorläufige Stabilität zu verleihen, die ausreicht, um eine Zellansiedlung zuzulassen und eine Pseudoarthrosenbildung zu verhindern. Zudem muß der Wundbereich gegen umliegendes Gewebe abgegrenzt werden. Eine besondere Bedeutung kommt hier dem Fibrin stabilisierenden Faktor (Faktor XIII) zu, der die Vernetzung der Fibrinmonome-

re zu -polymeren katalysiert und einen proliferativen Effekt auf die Stammzellpopulation ausübt. Im Rahmen der aktivierten Gerinnung und entsprechender gegenregulatorischer Prozesse werden Zellhormone – sog. Cytokine – freigesetzt, die einen proliferativen Effekt auf osteogene Stammzellen aufweisen und Gewebsmakrophagen aktivieren. Diese Gewebsmakrophagen sind vor allem für den o. g. aseptischen Entzündungsprozeß von großer Bedeutung. Die Makrophagen stehen neben ihrer Funktion als „Wunddébridement-Zellen“ vor allem im Dienst der Angiogenese. Der Angiogenese kommt nicht nur im Bereich der knöchernen Heilung eine Schrittmacherfunktion zu, an der die Makrophagen maßgeblich beteiligt sind. Bisher konnten neben Interleukin 8 und dem Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF) eine Vielzahl von weiteren Cytokinen gefunden werden, die eine angiogenetische Wirkung aufweisen und von Makrophagen sezerniert werden, so daß bei aller Unklarheit über die Vielfalt der beteiligten Substanzen die bedeutende Rolle der Makrophagen im Prozeß der Gefäßneubildung als erwiesen angesehen werden kann.

## 2. DIE MESENCHYMALE OSTEOPROLIFERATIONSPHASE

Nachdem die knöcherne Defektzone im Verlauf der Gerinnungsphase eine vorläufige Organisation erfahren hat, kommt es zur Proliferation und Migration periostaler und endostaler Deckzellen. Die Zellen weisen zwar von ihrer Morphologie einen noch niedrigen Differenzierungsgrad auf, sind aber eindeutig determiniert, da sich im histologischen Bild schon hier eine beginnende Kollagensynthese nachweisen läßt (Abb. 3). Nach einer drei- bis viertägigen Reifungszeit mit kontinuierlicher Steigerung der Syntheseleistung findet der Übergang in die nächste Phase statt.

Bezüglich der zellulären Regulation existiert zum einen eine interzelluläre Stimulation durch Cytokine (Insulin Like Growth Factors, Transforming Growth Factors u. a.), zum anderen werden makrophagenvermittelt – vor allem durch aktivierte Osteoklasten – Regulatorsubstanzen aus der defekten Knochenmatrix freigesetzt, die einen stimulierenden und modulierenden Effekt auf die Mitoserate der Stammzellen und

die Angiogenese haben. Zu nennen wäre hier u. a. die Gruppe der Platelet Derived Growth Factors (PDGF) und der Bone Morphogenetic Proteins (BMP). Wichtig bleibt anzumerken, daß die knöcherne Heilung kein lokales Geschehen darstellt, sondern auch zu Veränderungen im Parathormon-, D-Hormon- und Wachstumshormonstoffwechsel führt, so daß sie als systemischer Vorgang betrachtet werden sollte.

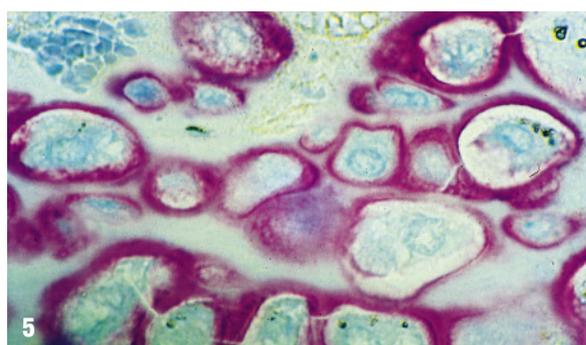
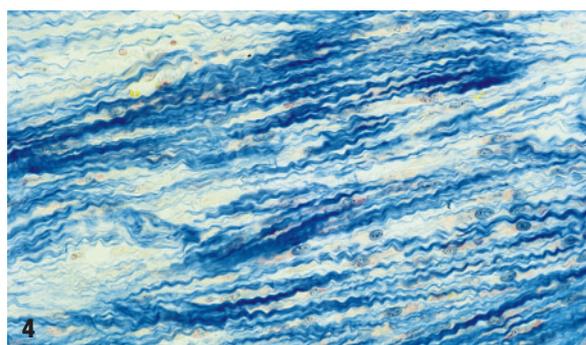
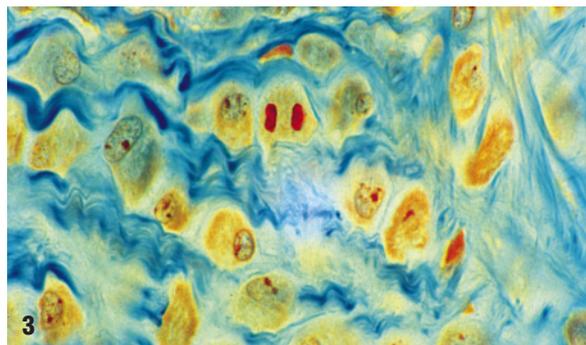
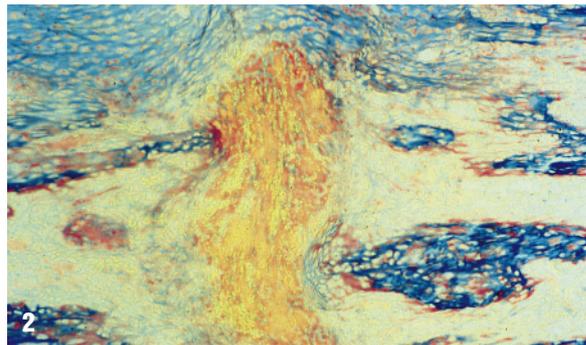
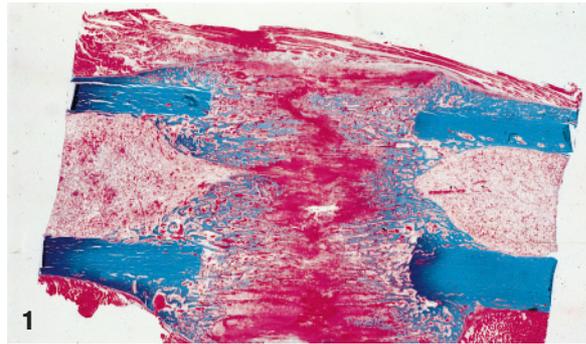
Auch die Gruppe der hämatopoetischen Wachstumsfaktoren spielt in der knöchernen Heilung eine entscheidende Rolle, zumal es bei knöchernen Verletzungen größeren Ausmaßes meist zu einer Mitbeteiligung der Markhöhle kommt. Obwohl die Zusammenhänge hier noch weitgehend ungeklärt sind, kann doch davon ausgegangen werden, daß es sich bei diesen Faktoren um potente Breitspektrummitogene und -angiogene handelt, die eine übergeordnete Funktion bei allen proliferativen Vorgängen im menschlichen Körper übernehmen können.

**3. DIE DIFFERENZIERUNGSPHASE**

Funktionell steht in dieser Phase der Zellreifungsprozeß im Vordergrund, wobei die Syntheseleistung der Zellen biomechanisch wirksam wird, die mitotische Aktivität hingegen deutlich nachläßt. Im Gegensatz zur noch ungeordneten Struktur der mesenchymalen Osteoproliferationsphase erfahren die Zellen durch ihre zunehmende Kollagen-Typ-I-Synthese und die damit verbundene Haftung der Kollagenfibrillen mit den darin eingelagerten Zellen durch die Wirkung des Distractionsvektors eine Ausrichtung in Zugrichtung (Abb. 4).

Die Phase dauert ungefähr fünf Tage bei einer zeitlichen Schwankung im histologischen Präparat von drei Tagen, so daß spätestens acht Tage nach der Osteoinduktion die osteogenen Stammzellen zu Praeosteoblasten geworden sind.

Neben der gesteigerten Synthese steht im Verlauf der Differenzierungsphase vor allem die Ausbildung eines interzellulären Kanälchensystems im Vordergrund der Entwicklung (Abb. 5). Dieses Kanälchensystem steht zum einen im Dienste der Zellkommunikation (gap junctions), ermöglicht aber zum anderen auch einen elektronenoptisch nachweisbaren Transport von Ionen



**Abb. 1**  
Übersichtsvergrößerung (ca. 7,5x) einer Distractionszone eines Kaninchenfemurs nach Osteotomie; Färbung Trichrom-Goldner.

**Abb. 2**  
Zentraler, frisch traumatisierter Bereich der Distractionszone mit Hämatombildung; Vergrößerung 125x; Färbung nach Carstairs.  
Anmerkung: Fibrin bzw. fibrinhaltige Substanz und Erythrocyten färben sich nach Carstairs gelb, Kollagen färbt sich blau.

**Abb. 3**  
Osteoprogenitorzellen mit beginnender Kollagensynthese und einer Mitosefigur im zentralen Frakturspalt; Vergrößerung 1250x; Färbung nach Carstairs.

**Abb. 4**  
Praeosteoblasten zwischen parallel angeordneten Kollagenfibrillen. Man brachte die sinusförmige Anordnung des Kollagen; Vergrößerung 400x; Färbung nach Carstairs.

**Abb. 5**  
Interzelluläres Kanälchensystem bei Praeosteoblasten; Vergrößerung 1250x; Färbung Toluidinblau.

und Molekülen. Da dieser Bereich des Frakturspaltes noch nicht kapillarisiert ist, steht dieses Kanälchensystem auch im Dienst der Diffusionsernährung, so daß die Zellen mit Ausbau des canaliculären Interzellularsystems beginnen können, die in der PAS-Färbung nachweisbaren Glykogen- und Polysaccharidvorräte zu speichern, was wiederum zur Veränderung ihrer Zellstruktur führt und auch an der Reduktion des Interstitiums erkennbar wird, da aus dem Interzellularraum Glykogen aufgenommen wird. Im übrigen soll dieses interzelluläre Kommunikationssystem auch an der Stimulation der periostalen und endostalen Stammzellen durch ausgereifte Osteoblasten beteiligt sein.

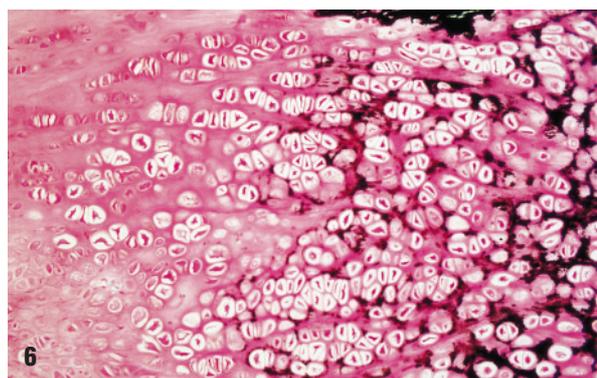
**4. DIE HYPOXISCHE DEGENERATIONSPHASE**

In dieser Phase – nach ca. 8 bis 9 Tagen – entwickeln sich die o. g. Praeosteoblasten zu sog. Osteochondroblasten. Der Entwicklungsschritt beinhaltet einerseits den Abschluß des Differenzierungsvorganges mit konsekutiver Aufnahme der vollen Kollagensyntheseleistung und andererseits den nahezu vollständigen Verlust an mitogenem Potential.

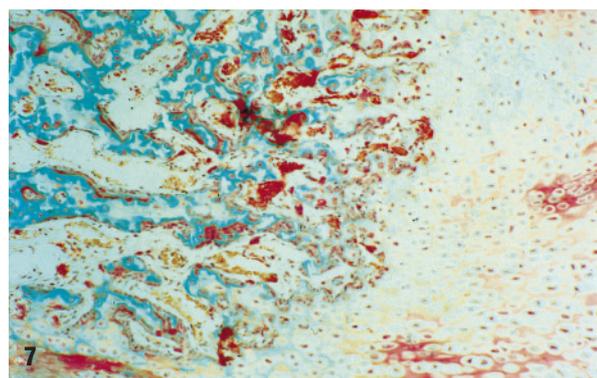
Die Bezeichnung „Osteochondroblast“ spielt auf die morphologische Ähnlichkeit dieser Zellentwicklungsstu-

fe mit Knorpelzellen an, die allerdings kein funktionelles Korrelat findet. Vielmehr liegt ihrer morphologischen Veränderung die z. T. insuffiziente Sauerstoffversorgung zugrunde, da die Diffusionsversorgung der Zellen mit zunehmender Syntheseleistung unzureichend wird und es damit zur hypoxischen Zellschwellung kommt. Nur dort, wo es mit dem vorhandenen angiogenetischen Potential nicht gelungen ist, die reine Diffusionsversorgung abzulösen, werden diese hydrophischen Zellformen mit deutlicher Kernpyknose gefunden (Abb. 6).

In welchem Ausmaß die hypoxische Degeneration zutage tritt, ist damit großen individuellen Schwankungen unterworfen und obliegt vor allem der Effizienz der durch Makrophagen vermittelten Angiogenese. Ein unphysiologisch gesteigertes Wachstum in Phase zwei und drei würde demnach – bei unveränderter Kapillarisation – nur die Anzahl hypoxisch degenerierender Osteochondroblasten erhöhen; dies bliebe allerdings ohne positiven Effekt auf die Knochenneubildung. Auf der anderen Seite wird dadurch deutlich, daß eine hypoxische Degeneration im Rahmen der knöchernen Heilung keineswegs obligat sein muß, sondern bei ausreichender Gefäßneubildung vermieden werden kann.



**Abb. 6**  
**Degenerierte Osteochondroblasten mit deutlicher Kernpyknose; am Rand des Bildes sieht man die beginnende Verkalkung; Vergrößerung 100x; Modifikation der Färbung nach von Kossa (mod. nach Birkenhauer).**



**Abb. 7**  
**Aufschließung der Osteochondroblastenzone durch Makrophagen; deutlich zu erkennen sind die ein-sprossenden Kapillaren; Vergrößerung 125x; Färbung Trichrom-Goldner.**

**5. DIE RESORPTIVE KAPILLARISIERUNGSPHASE**

Ungefähr neun bis zehn Tage nach der knöchernen Verletzung wird die Zone der ausgereiften Osteochondroblasten, die z. T. degeneriert sind, durch Makrophagen v. a. des Markraums rekapillarisiert. Dadurch sind die Osteochondroblasten in der Lage, ihre Energieversorgung umzustellen und ihre Syntheseleistung auf ein Maximum zu erhöhen, so daß sie im histologischen Bild eine neue Struktur zeigen, also zu fertigen Osteoblasten ausgereift sind, deren produziertes Osteoid zu verkalken beginnt (Abb. 7).

Die aufschließenden Makrophagen entstehen im sich regenerierenden Knochenmark.

Da die Osteoklasten aus der monocytären Linie der Hämatopoese hervorgehen, wird verständlich, daß die Osteoklastenrekrutierung und damit auch die Angiogenese eng an die Ausschüttung hämatopoetischer Wachstumsfaktoren gekoppelt ist (s. o.), wobei die Rekrutierung durch die Sekretion von u. a. Macrophage Colony-Stimulating-Factor (M-CSF) durch Osteoblasten mit beeinflusst wird.

Die monocytäre Zelle wird durch Phagozytose/Fusion von/mit Osteoblasten zum Osteoklasten und übernimmt durch diesen Entwicklungsschritt die Cytokinempfindlichkeit des Osteoblasten. Dies läßt sich durch die Tatsache beweisen, daß aus einer defekten Osteoblastenpopulation eine gestörte Osteoklastenreifeung resultiert.

Die Makrophagen rekapillarisieren das Frakturgebiet von peripher nach zentral und setzen während des Resorptionsvorganges Matrixproteine (Osteopontin, Osteocalcin, Osteogenin, BMP) frei (s. o.), die wiederum einen stimulierend-modulatorischen Effekt auf die Osteoklasten besitzen und somit die Funktion einer „installierten“ Resorptionskontrolle haben.

Weiterhin ist es den Osteoblasten möglich, steuernd in den Resorptionsvorgang der Osteoklasten einzugreifen, da sie neutrale Proteasen und Kollagenasen sezernieren können, die das Osteoid auf die Resorption vorbereiten.

Die besondere Rolle der Makrophagen bezüglich ihrer Sekretion von Angiogenesefaktoren wurde schon erwähnt. Eine Vielzahl von Cytokinen wurde in diesem Zusammenhang beschrieben, wobei es hier durchaus

Redundanzen gibt. Es ist daher am ehesten davon auszugehen, daß der Angiogenesevorgang eine durch Makrophagen initiierte Cytokinkaskade darstellt – ähnlich der Blutgerinnung – und durch Kooperation aller beteiligten Zellpopulationen umgesetzt wird.

**6. DIE FASERKNOCHENAUFBAUPHASE**

Ungefähr 14 Tage nach Unterbrechung der Knochenmatrix werden im histologischen Bild vielerlei Gefäßneubildungen und verkalkte Osteoidbälkchen sichtbar. Im Fall der Distraktionsosteosynthese läßt sich sehr gut die Wirkung des Distraktionsvektors auf die Ausrichtung der primären Spongiosa erkennen. Die Bälkchen entstehen in Zugrichtung (Abb. 8).

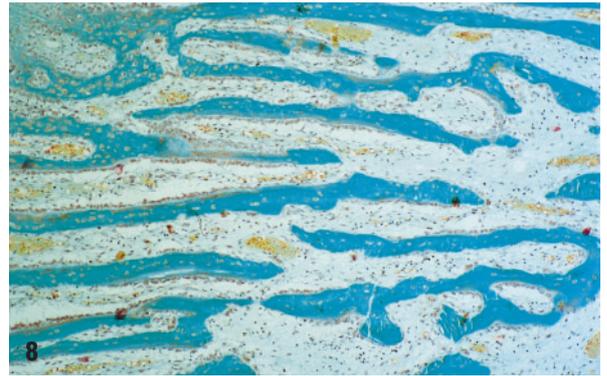
Das Osteoid zeigt einen maximalen Osteoblastenbesatz, wobei zwischen der Osteoblastenreihe und der schon mineralisierten Matrix meist ein unverkalkter Randsaum (unverkalktes Osteoid) auszumachen ist. Die schon im zellreichen, spongiösen Faserknochen (Geflechtknochen) „eingemauerten“ Osteoblasten sind häufig noch aktiv, zeigen aber vielerorts auch schon die typisch inaktive Zellmorphologie der Osteocyten (s. u.). Überall an bzw. zwischen den Osteoidbälkchen sind aktive Osteoklasten und Kapillaren auszumachen. Die Osteoklasten bilden mit den Osteoblasten (und den sich organisierenden Endothelzellen) zusammen die sog. BMU (Basic Multi Cellular Units) (Abb. 9).

Durch die erreichte maximale Syntheseleistung der Osteoblasten werden neben der Matrixsynthese die modulierenden Matrixproteine und Cytokine produziert, um im Osteoid gespeichert zu werden. Durch die hohe, z. T. überschießende Resorptionsrate des apositionalen Wachstums werden entsprechend viele Faktoren wieder aus der Matrix herausgelöst und beeinflussen die zelluläre Interaktion.

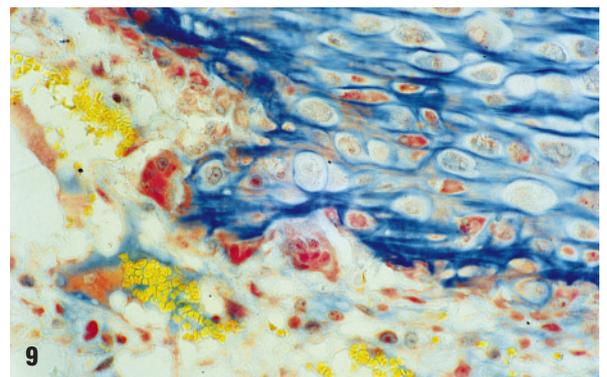
**7. DIE PHASE DES HAVER'SCHEN UMBAUS**

Prinzipiell ist der Haver'sche Umbauprozess völlig unabhängig vom Geschehen der knöchernen Heilung zu betrachten, da er beständig abläuft, um die lamellere Statik des Knochens den sich häufig ändernden biomechanischen Bedingungen einerseits und den komplexen Erfordernissen des Calciumstoffwechsels andererseits anzupassen. Bei dem Haver'schen Um-

**Abb. 8**  
**Ausrichtung der Osteoidbälkchen parallel zum Distraktionsvektor; Vergrößerung 100x; Färbung Trichrom-Goldner.**



**Abb. 9**  
**Aktive Osteoblasten im zellreichen Faserknochen und Osteoklasten mit einsprossenden Kapillaren; Vergrößerung 500x; Färbung nach Carstairs.**



bau im Rahmen der Frakturheilung geht es hingegen nicht darum, nur die mechanische Stabilität zu verändern, sondern die Organisation des Knochens komplett neu zu gestalten, da eine lamellere Struktur ja erst wieder hergestellt werden muß. Aufgrund der wesentlich vielschichtigeren und umfangreicheren Aufgabe, die der Haver'sche Umbau im Verlauf der knöchernen Heilung bewältigen muß, wird ersichtlich, daß er in ganz anderen Dimensionen im Vergleich zur normalen Belastungsanpassung beim Knochengesunden abläuft. Er ist deshalb in dieser Phase des Heilungsprozesses bekanntermaßen ca. um den Faktor 1000 gegenüber der Umbauleistung des Gesunden erhöht.

Da am Ende dieser Phase die gleichen biomechanischen Bedingungen bestehen sollten wie vor dem Trauma, ist sie im Verlauf der knöchernen Heilung als Erreichen der restitutio ad integrum zu bewerten.

Funktionell besteht der Abschluß des Frakturheilungsvorgangs

1. aus der biomechanischen Umgestaltung des Faserknochens (Geflechtknochen) zum Lamellenknochen und
  2. aus der Bildung von Periost und Endost durch osteogene Progenitoren.
- Bei der biomechanischen Umgestaltung kommt es zu einer regelmäßige-

ren und damit physikalisch sinnvollerer Anordnung der Kollagenfibrillen mit entsprechendem Ausbau des Gefäßsystems in Haver'schen und Volkman'schen Kanälen.

Die Bildung von Periost und Endost, die z. T. schon in der Faserknochenaufbauphase beginnt, wird hier komplettiert und abgeschlossen – auch im Sinne der restitutio ad integrum.

Letztendlich geht es nach einer Fraktur in der Phase des Haver'schen Umbaus auch um eine Normalisierung regulatoriver Prozesse auf lokaler Ebene. Das Ziel muß sein, daß nach abgeschlossenem Heilungsprozeß mit ständig variierenden Cytokinaktivitäten und den damit verbundenen Änderungen der Regulationsmechanismen wieder ein konstantes, physiologisches Gleichgewicht der zellulären Faktoren erreicht wird.

---

*B. Birkenhauer, T. Bräuer,  
Priv.-Doz. Dr. R. Schlenzka  
Klinik für Unfallchirurgie der  
Philipps-Universität  
Baldingerstraße  
35043 Marburg*

*Literatur bei der Redaktion*

# Klinische Erprobung von TenderWet zur adjuvanten phasenadaptierten Lokalthherapie infizierter Wunden

M. Teschner

Klinik für Thorax- und Gefäßchirurgie im Städtischen Krankenhaus Heidehaus Hannover

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen einer klinischen Pilotstudie wurde die lokale Anwendung von TenderWet Laminat-Wundauflagen bei 12 Patienten mit verzögerter Heilung infizierter Wunden erprobt.

Adjuvant der chirurgischen Herdsanierung und Wundreinigung wurde zweimal täglich ein Verbandwechsel mit Hilfe des chemisch inerten, mit Ringerlösung getränkten Wundkissens durchgeführt. Ziel der Studie war primär die Beurteilung der Handhabung und der Verträglichkeit des Verbandmaterials sowie der Beeinflussung der Wundheilung, der bakteriologischen Wundflora und der Nebenwirkungen.

Die klinische Anwendung der Laminat-Wundauflagen war unkompliziert und erforderte im Vergleich zu herkömmlichen Verbandstechniken keinen erhöhten zeitlichen oder personellen Aufwand.

Die Verträglichkeit wurde von den Patienten als gut beurteilt. Unerwünschte Begleiterscheinungen oder Nebenwirkungen traten mit Ausnahme einer bei einem Patienten vorübergehend zu beobachtenden Wundrandmazeration nicht auf.

Bei 9 Patienten kam es unter Anwendung der TenderWet-Kompressen nach 9 bis 36 Tagen zu einer ungestörten Wundgranulation, nachdem zahlreiche Lokalthapeutika in einem Zeitraum von 1 bis 10 Monaten nicht zur Wundheilung geführt hatten. Bei 3 Patienten mit Ulcera auf dem Boden einer chronisch venösen Insuffizienz blieb die Wundheilung aus.

Wird eine suffiziente Kompressionstherapie durchgeführt, ist der Effekt der

Naßtherapie unserer Erfahrung zufolge nur eingeschränkt nutzbar. Wundfisteln lassen sich aufgrund der zur Verfügung stehenden Formen und Größen der Wundkissen zur Zeit nur eingeschränkt versorgen.

Bedingt durch eine quantitativ limitierte Absorption von Wundexsudat ist bei stark sezernierenden Wunden ein häufiger Verbandwechsel erforderlich. Die Indikation zur Anwendung der TenderWet-Kompressen ist im Falle akuter und chronisch infizierter sekundär heilender Wunden mit fehlender oder verzögerter Granulation, vorwiegend in der postexsudativen Phase der Wundheilung gegeben.

## Einleitung

Die nicht selten iatrogen bedingte Sanatio per secundam intentionem stellt trotz Einführung moderner chirurgischer Techniken, einer Vielzahl von



**Vor der Applikation wird TenderWet mit Ringerlösung getränkt, die dann kontinuierlich an die Wunde abgegeben wird.**

Wundpflegemitteln und Verbandmaterialien ein Alltagsproblem in der chirurgischen Praxis dar. Dennoch ist einer differenzierten Wundtherapie in der Vergangenheit relativ wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden. Die Ursachen hierfür sind vielfältig; nicht zuletzt hielten die von Herstellern proklamierten hochgesteckten Erwartungen zahlreicher in „Studien“ belegter Wirkungen von Wundpflegemitteln der klinischen Überprüfung nicht stand.

Mit der klinischen Anwendung der Laminat-Wundauflagen soll kein „Wundermittel“ vorgestellt werden, sondern eine neuartige Möglichkeit der Versorgung sekundär heilender Wunden auf der Basis einer bioaktiven Naßtherapie. Die chemisch inerten und wirkstofffreien Kompressen enthalten einen synthetischen Superabsorber aus vernetzten Polyacrylaten in Form eines mehrschichtigen Laminats, das von einem Gestrück aus Polypropylen umhüllt ist. Im Gegensatz zu Schwämmen oder anderen Geweben geben die Superabsorbierenden Polymere (SAP) das aufgenommene Wasser unter mechanischer Belastung nicht mehr ab. Hierdurch entsteht eine formstabile Masse, deren Hauptbestandteil eine Flüssigkeit ist, die durch das umgebende makromolekulare Gerüst am Ausfließen gehindert wird. SAP können durch diese Quellbarkeit ein Vielfaches ihres Eigengewichtes an Flüssigkeit aufnehmen. Sie sind toxikologisch als unbedenklich eingestuft.

Das biologische Prinzip der Naßtherapie mit Laminat-Wundauflagen besteht in einer Kombination der herkömmlichen feuchten Wundbehandlung sekundär heilender Wunden mit absorptionsfähigen Wundauflagen. Die in den Laminat-Wundauflagen gespeicherte Flüssigkeitsmenge (Ringerlösung) wird kontinuierlich in den Bereich der Wunde abgegeben. Im Austausch werden größere Mengen Wundexsudat aufgenommen. Ursache dieses Austausches ist die für protein- und salzhaltige Lösungen unterschiedliche Affinität des SAP. Der Reinigungseffekt durch die permanente Flüssigkeitsabgabe einerseits und die Aufnahme von Toxinen, Zelldetritus und Keimen andererseits, fördern die Wiederherstellung des physiologischen Heilungsprozesses und erlauben die Neubesiedlung der Wunde mit Monozyten, Makrophagen und Lymphozyten. Die monozytäre

Produktion körpereigener Zytokine fördert das Einwandern von Fibroblasten in das Wundgebiet, die zur Wundkontraktion beitragen und den Wundgrund mit Kollagen aufbauen. Die eigentliche Granulation beginnt parallel zur Einwanderung von Fibroblasten durch Migration der Granulozyten an die Wundoberfläche.

Im folgenden werden erste Ergebnisse der klinischen Anwendung der Laminat-Wundauflagen im Falle sekundär heilender Wunden vorgestellt.

**PATIENTEN UND METHODIK**

Im Zeitraum zwischen Oktober 1994 und Januar 1995 wurden im Rahmen einer Pilotstudie in Deutschland zwölf Patienten im Alter zwischen 41 und 69 Jahren (medianes Alter 61,6 Jahre; 7 Frauen und 5 Männer) mit infizierten Wunden des Stammes und der Extremitäten mittels Laminat-Wundauflagen (Tenderwet,) versorgt. Es handelte sich vorwiegend um chronische Wundheilungsstörungen auf dem Boden einer arteriellen Verschlusskrankheit (AVK) oder venösen Abflußstörungen sowie um postoperative, akute und persistierende Sekundärheilungen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Wundverhältnisse vor Therapiebeginn.

Ziel der Verlaufsbeobachtung war primär die Erprobung der Handhabung und der Verträglichkeit des Verbandmaterials; Beobachtungsschwerpunkte waren auch subjektive Beschwerden beim Verbandwechsel, Haftung der Laminat-Wundauflagen am Wundgrund, Wundrand-Mazerationen und Nebenwirkungen wie allergische Hautreaktionen. Erfasst wurden ferner die Beeinflussung der Wundheilung und der bakteriologischen Wundbesiedlung. Die Beurteilung der Parameter erfolgte schriftlich unmittelbar im Anschluß an den jeweiligen Verbandwechsel sowie zusätzlich nach Abschluß der Therapie. Gleichzeitig wurde der Wundheilungsprozeß wöchentlich photographisch dokumentiert. Am Verbandwechsel beteiligt waren 28 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des chirurgischen Pflegepersonals. Bakteriologische Untersuchungen wurden vor Therapiebeginn sowie am 4. und 8. Behandlungstag durchgeführt.

Zur Verfügung standen Laminat-Wundauflagen der Größen 4 cm (rund), 7,5x7,5 cm und 10x10 cm, die jeweils mit 10, 30 und 60 ml Ringerlösung un-

**LOKALE WUNDVERSORGUNG MITTELS TENDERWET-KOMPRESSEN: WUNDVERHÄLTNISSE BEI 12 PATIENTEN (TAB. 1)**

Pat.-Nr.	Genus/Alter	Diagnose	Wunde	Lokalisation	Sekretion	perifokale Reaktion
1	w/69	AVK IV	beg. feuchte Gangrän	Endphalanx	purulent	Entzündung D1
2	w/62	Chron. venöse Insuffizienz	1,5x1 cm großes Ulcus	Fußrücken	nein	Narbenwall
3	m/64	Z. n. Laparotomie	1,2 cm große Sek.-Heilung	medianer Unterbauch	purulent	Induration
4	w/41	Z. n. retroperitonealer OP	5x2 cm große Sek.-Heilung	prox. Lig. inguinale	fibrinös	sternförmige narbige Induration
5	m/68	Z. n. medianer Laparotomie	5 cm lange Sek.-Heilung	medianer Unterbauch	fibrinös	Mazeration
6	w/62	Chron. venöse Insuffizienz	4x5 cm großes Ulcus	prox. US	purulent	Rötung, Stauungsdermatose
7	m/63	Sternuminfektion	8 cm lange Dehiszenz	mittl. u. dist. Sternum	fibrinös/serös schaumig	Rötung
8	w/61	Chron. venöse Insuffizienz	12x8 cm großes Ulcus	re dist. US	putride	Rötung
9	m/46	AVK IV	5x2 cm großes Ulcus	linke Ferse	fibrinös	Hyperkeratose
10	w/71	Arterielle Thrombose	6 cm große Sek.-Heilung	rechte Leiste	sanguinolent	Rötung
11	w/65	Infiziertes Lipom	4,5 cm große Sek.-Heilung	infrascapular	purulent	Rötung
12	m/67	Z. n. medianer Sternotomie	5,5 cm große Sek.-Heilung	mittleres Sternum	purulent	Rötung

mittelbar vor der Applikation getränkt wurden. Nach chirurgischer Wundreinigung und Therapie der Ursache der Wundheilungsstörung (Ligatur insuffizienter Perforansvenen bei chronisch venösen Ulcera, Verbesserung der arteriellen Durchblutung durch Graftanlage bei arterieller Verschlusskrankheit, Entfernung von Fremdkörpern wie Fadengranulome etc.) erfolgte der Verbandwechsel zweimal täglich im Abstand von 12 Stunden. Hierbei wurden die Laminat-Wundauflagen im Sinne einer lockeren Tamponade in direktem Kontakt mit der Wundoberfläche in die Wunde eingebracht. Die Wundauflage wurde mit adhäsivem Vlies fixiert. Falls erforderlich, wurde der Wundgrund gereinigt, z.B. durch Digitoklasie oder Débridement nekrotischer Gewebereale.

**ERGEBNISSE**

Von den zwölf mit Laminat-Wundauflagen behandelten Patienten konnten nur bei acht Patienten die Ausgangsbefunde mit den Ergebnissen bei The-

rapieende verglichen werden. Zwei Patienten mit nahezu abgeschlossener Wundheilung wurden vor Beendigung der topischen Therapie aus der stationären Behandlung entlassen; die anschließende Versorgung wurde vom jeweiligen Hausarzt übernommen. Bei zwei weiteren Patienten (therapieresistente Ulcera cruris) erfolgte ein Therapiewechsel nach 20 bzw. 30 Behandlungstagen. Ein abschließender Befund wurde auch bei diesen beiden Patienten nicht erhoben. Elf Patienten wurden vor Therapiebeginn teilweise langfristig ohne Erfolg behandelt (Dauer der Vorbehandlungen 2 Tage bis 36 Monate; mediane Dauer 8,6 Monate). Bei allen Patienten wurden nekrotische Gewebereale im Wundgebiet débridiert.

Acht Patienten, deren Befunde zu Beginn und am Ende der Therapie miteinander verglichen werden konnten, litten unter fehlender oder verzögerter Heilung infolge akuter oder chronischer Wundinfekte. In dieser Patientengruppe hatten vor der Laminat-Wund-

auflagenbehandlung auswärtig durchgeführte topische Maßnahmen mit verschiedenen Wundpflegemitteln und/oder Antiseptika nicht zur Wundheilung geführt (Dauer der vorangegangenen Therapiemaßnahmen 2 Tage bis 30 Monate; mediane Therapiedauer 2,3 Monate). Bei 7 Patienten heilten die Wundbereiche in einem Zeitraum von 9 bis 36 Tagen (mediane Therapiedauer: 18,1 Tage). Bei einem Patienten mit einer chronisch venösen Insuffizienz mit einem Ulcus im Bereich des Fußrückens wurde im Laufe der Behandlung (17 Tage) kein sichtbarer granulationsfördernder Effekt erreicht, so daß die Therapie nach 17 Tagen abgebrochen wurde.

Bei 2 Patienten mit gangränösen Veränderungen im Fußbereich (arterielle Verschußkrankheit im Stadium IV nach Fontaine) wurde zur Verbesserung der Durchblutungssituation die Implantation eines Femoro-cruralen Bypasses erforderlich. Bei 4 Patienten war es postoperativ zu einer Sekundärheilung gekommen; auch diese akuten Wundinfekte wurden adjuvant der chirurgischen Therapie mit Abszeßeröff-

nung und Nekrosektomie mittels Laminat-Wundaufgaben versorgt.

Subjektive Beschwerden wurden mit Ausnahme einer leichten Schmerzreaktion von zwei Patientinnen mit Ulcus cruris beim Verbandwechsel nicht angegeben. Die Mißempfindungen traten beim Verbandwechsel infolge nicht ausreichender Nachbefeuchtung auf und konnten nach zusätzlicher Befeuchtung in situ vermieden werden.

Die Verträglichkeit der Laminat-Wundaufgabe war durchweg gut; allergische Hautveränderungen wurden nicht beobachtet (Tab. 3). Lediglich bei einem Patienten trat ein kurzzeitiger perifokaler Mazerationseffekt auf, der sich nach Wahl einer der Wundgröße angepaßten Kompresse vollständig zurückbildete.

Die Handhabung der Laminat-Wundaufgaben wurde von den 28 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des chirurgischen Pflegepersonals als praktikabel beschrieben; Einschränkungen des Handlings resultierten aus den vorgegebenen Formen und Größen der zur Verfügung gestellten Wundaufgaben, die eine Versorgung von Wundfisteln

oder besonders schmaler Wundbereiche nur mit Hilfe zusätzlicher Maßnahmen oder Hilfsmittel ermöglichten.

Ein Verkleben der Laminat-Wundaufgabe mit dem Wundgrund wurde bei fünf Patienten beobachtet. Hierbei handelte es sich um Patienten mit Kompressionsverband sowie um Patienten mit areaktiver Granulation in der postexsudativen Wundheilungsphase und geringer oder fehlender Sekretion. Durch Nachbefeuchtung ließen sich die Kompressen in jedem Fall leicht vom Wundgrund ablösen.

Lokale oder systemische Nebenwirkungen im Sinne toxischer Reaktionen wurden nicht beobachtet.

Bei der bakteriologischen Untersuchung von Wundabstrichen änderte sich das Keimspektrum bei acht Patienten nicht (Tab. 4). Bei zwei Patienten konnte ein Wechsel der Wundflora beobachtet werden, bei einem Patienten eine bakterielle Superinfektion und lediglich bei einem Patienten eine Keimreduktion. Bei keinem Patienten kam es zu einer Keimelimination. Dennoch zeigte sich bei 11 Patienten eine klinische Remission der Wundentzündung.

**CHIRURGISCHE UND ADJUVANTE THERAPIE INFIZIERTER WUNDEN VOR UND WÄHREND DER ANWENDUNG VON TENDERWET-KOMPRESSEN: ERGEBNISSE DER THERAPIE (TAB. 2)**

Pat.-Nr.	Bisherige Therapie Chirurgie	Wundversorgung	Dauer	Jetzige Therapie Chirurgie	Wundversorgung	Tage mit TenderWet	Abschluß
1	Nagelextraktion	trockener VW	10 Monate	Femoro-cruraler Bypass	Nekrosektomie	9	abgeheilt
2	–	Pyoktanin	36 Monate	–	Débridement	17	s. i.
3	–	NaCl 10%	1 Monat	–	Digitoklasie	11	abgeheilt
4	Débridement	NaCl 10%, Eichenrinde, Merchurochrom	5 Monate	–	Débridement	16	abgeheilt
5	–	Rivanol	3 Tage	–	Débridement	25	abgeheilt
6	–	Braunol, NaCl 10%, NaCl 0,9 %, Kompression	4 Monate	–	–	21	Wechsel
7	Cerclagen-Entfernung	NaCl 10%, Rivanol	5 Monate	–	–	20	Patient entlassen
8	Reinigung	Hydrosorb, NaCl 10%, Zinkpaste, Kompression	30 Monate	–	–	14	Wechsel
9	Débridement	NaCl 10%, Eichenrinde	4 Monate	Femoro-cruraler Bypass	Débridement	30	Patient entlassen
10	Débridement	trockener VW	2 Tage	–	Débridement	36	abgeheilt
11	–	trockener VW	6 Tage	–	Exzision	16	abgeheilt
12	–	keine	–	Spaltung	Digitoklasie	14	abgeheilt

dung, so daß unter der Naßtherapie Laminat-Wundauflagen ein Wechsel von der bakteriellen *Infektion* zur die Wundheilung nicht störenden bakteriellen *Kolonisation* stattfand.

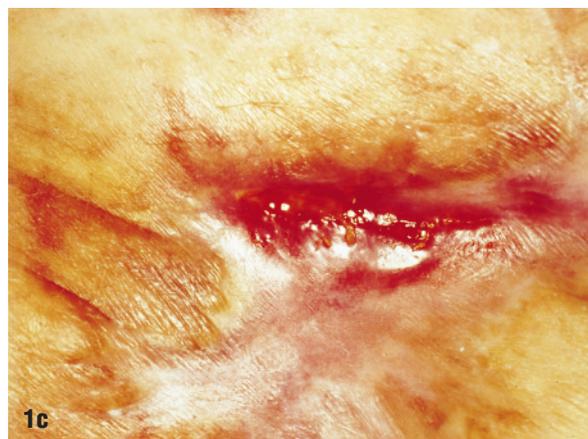
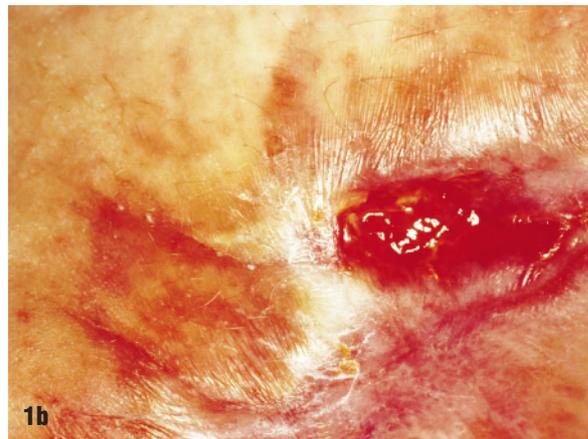
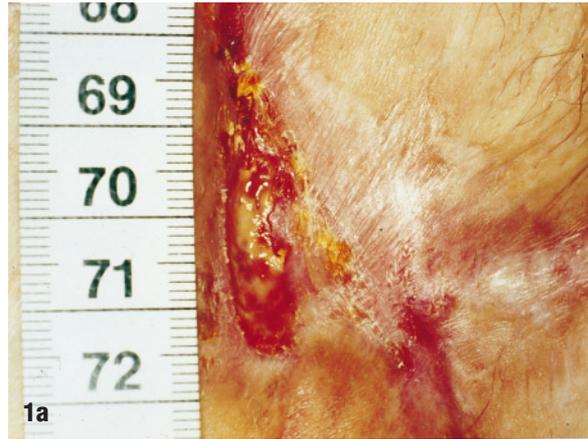
Die Abbildungen 1a bis 4 zeigen ein Beispiel für die ungestörte Wundgranulation und -retraktion unter lokaler Anwendung von Laminat-Wundauflagen im Falle einer 41jährigen Patientin, bei der es in einem vorangegangenen Zeitraum von vier Monaten mit Hilfe von NaCl 10%, Eichenrinde und Mercuriochrom nicht zu einer Wundheilung gekommen war. Verzögert wurde die Retraktion durch eine ausgeprägte sternförmig indurierte Narbenplatte.

### DISKUSSION

Ein definiertes Konzept zur Therapie infizierter Wunden muß sich aus den pathophysiologischen Veränderungen der gestörten Wundheilung ableiten und sich gleichzeitig am allgemeinen körperlichen Zustand des Patienten und seiner interkurrenten Erkrankungen orientieren. Wundpflegemittel können weder die chirurgische Herdsanierung mit Therapie der Ursache (z. B. insuffiziente Perforansvenen, verminderte arterielle Perfusion, Fremdkörper etc.) noch internistisch zu behandelnde Störfaktoren wie z.B. Hypoproteinämien, Avitaminosen und Störungen des Fibrinstoffwechsels ersetzen. Chronische Wundheilungsstörungen erfordern nicht zuletzt auch Geduld während der Therapie.

Die Vielzahl der zur Verfügung stehenden Wundpflegemittel wie Antiseptika, topisch anzuwendende Antibiotika, enzym- organ- und mikroorganismenhaltige Präparate sowie Homöopathika führt zu einer Verunsicherung in der Wahl der Lokalthherapie einer sekundär heilenden Wunde; nicht selten resultiert hieraus ein häufiger Wechsel der Behandlungsform. Diese Polypragmasie ist besonders dann zu beobachten, wenn es zu einer Verzögerung der Wundheilung mit chronischen Verlaufsformen kommt. Hierdurch wird eine Potenzierung möglicher Nebenwirkungen der Wundpflegemittel in Kauf genommen, obgleich die Komplikationen einer lokalen Antiseptika- und Antibiotikatherapie hinreichend bekannt sind. Zu beobachten sind

1. Hemmung der Wundheilung durch
  - Störung der immunregulativen Mechanismen mit Beeinflussung der



**Abb. 1a**  
Persistierende Sekundärheilung suprainguinal rechts mit fibrinöser Sekretion; 21 Wochen nach mehrfachen Revisionen zur Revaskularisation der atherosklerotisch stenosierten Becken-/ Beinarterien; 41jährige Patientin.

**Abb. 1b**  
Zweiter Tag nach lokaler Wundversorgung mittels Laminat-Kompressen (TenderWet); Rückgang der fibrinösen Sekretion, beginnende Granulation.

**Abb. 1c**  
Sechster Behandlungstag; trotz sternförmiger narbiger Indurationen zunehmende Wundgranulation und -retraktion.

**Abb. 1d**  
Abschluß der Wundversorgung mittels Laminat-Kompressen 16 Tage nach Therapiebeginn.



**Abb. 2a**  
**64jährige Patientin mit Strahlenulcus der Thoraxwand; Z. n. Exzision, Wundgrund (Pleura visceralis) fibrinös-nekrotisch belegt.**  
**Abb. 2b**  
**Wundverhältnisse 14 Wochen nach lokaler Therapie mit TenderWet; Wundgrund granulierend, gut durchblutet.**

Makrophagenfunktion und Neutrophilenmigration,

- ▶ direkte Zytotoxizität mit toxischer Schädigung der Kutiszellen und insbesondere der kutanen Basalzellen (z. B. toxische Kontaktdermatitis),
  - ▶ indirekte Zytotoxizität infolge Vasokonstriktion des dermalen Gefäßplexus und resultierendem ischämischem Zelltod;
2. allergene Sensibilisierung mit lokalen und systemischen Nebenwirkungen (z. B. allergisches Ekzem);
  3. Induktion bakteriellen Resistenzen mit der Gefahr von Multiresistenzen;
  4. sekundär perifokale Hautschädigungen;
  5. subjektive Mißempfindungen (z. B. Brennen, Schmerzreaktionen).

Aufgrund dieser zum Teil gravierenden Nebenwirkungen ist die unreflektierte

topische Anwendung zahlreicher Antiseptika und Antibiotika kritisch zu beurteilen; nach weitgehender Übereinstimmung in der Literatur beschränkt sich heute ihre Indikation auf Infekte, die das Weichteilgewebe überschreiten (z. B. fistelnde Osteomyelitis) und/oder zu septischen Komplikationen geführt haben.

Für akut und chronisch infizierte Wunden des Weichteilgewebes ist eine Renaissance der herkömmlichen Feuchttherapie mittels z. B. Spülungen mit Ringerlösung und Einlage von durchtränkten Kompressen zur Wundversorgung zu beobachten; Vorteile sind neben der guten Verträglichkeit auch die nahezu fehlenden Nebenwirkungen. Diese Vorteile werden neben der unkomplizierten Handhabung auch durch die neuartige Laminat-Wundauflage

(TenderWet) genutzt. Deren Wirkprinzip liegt in der Kombination von kontinuierlichem Spüleffekt durch Abgabe gespeicherter Flüssigkeit und gleichzeitiger Aufnahme von Wundexsudat infolge kapillärer Flüssigkeitswanderung mit Absorption an quellfähiges Polyacrylat-SAP. Ihre klinische Anwendung wurde hier vorgestellt. Eine direkte antimikrobielle Wirksamkeit besteht nicht. Dies bestätigte sich in den mikrobiologischen Untersuchungen der Wundabstriche: Bei keinem der zwölf Patienten waren die Abstriche am 4. und 8. Behandlungstag steril.

Trotz der Keimpersistenz war bei elf Patienten eine Remission der entzündlichen Wundveränderungen zu beobachten. Somit stand die bakterielle Kolonisation (nicht: Infektion!) dem Heilungsvorgang nicht entgegen. Die Wiederherstellung des physiologischen Heilungsprozesses mit Regulation der zur gestörten Wundheilung führenden Faktoren ist Ziel einer modernen Lokalthherapie mit Hilfe nebenwirkungsarmer, minimal invasiver Wundpflegemittel, zu denen Laminat-Wundauflagen gezählt werden müssen. Minimal invasiv bedeutet: eine zurückhaltende regulative Wundtherapie, die nicht das Ziel hat, eine komplette Keimelimination um den Preis einer eingreifenden Störung der physiologischen Regeneration zu erreichen. Technische Modifikationen von Form und Größe der Laminat-Kompressen sind wünschenswert, um auch Wundfisteln und schmal-längliche Wundbereiche optimal versorgen zu können.

Da die Speicherkapazität der Laminat-Wundauflagen limitiert ist, ist bei stark sezernierenden Wunden unserer Erfahrung zufolge bei Therapiebeginn ein häufiger (5 bis 8 mal täglicher) und damit auch kosten- und personalinten-

**LOKALE ANWENDUNG VON TENDERWET-KOMPRESSEN BEI ZWÖLF PATIENTEN MIT INFIZIERTEN WUNDEN (TAB. 3)**

Nr.	subjektive Beschwerden	Materialverträglichkeit	Handhabung	Haftung	Mazeration	Nebenwirkungen
1	–	gut	gut	bis 4. Tag	nein	nein
2	–	gut	gut	nein	nein	nein
3	–	gut	gut	nein	nein	nein
4	–	gut	gut	bis 5. Tag	nein	nein
5	–	gut	gut	nein	bis 3. Tag	nein
6	Schmerz	gut	gut	bis 14. Tag	nein	nein
7	–	gut	eingeschränkt	nein	nein	nein
8	Schmerz	gut	gut	ja	nein	nein
9	–	gut	gut	bis 7. Tag	bis 3. Tag	nein
10	–	gut	eingeschränkt	nein	nein	nein
11	–	gut	gut	nein	nein	nein
12	–	gut	eingeschränkt	nein	nein	nein

**ERGEBNISSE MIKROBIOLOGISCHER UNTERSUCHUNGEN VON WUNDASTRICHEN  
UNTER LOKALER WUNDVERSORGUNG MITTELS TENDERWET-KOMPRESSEN (TAB. 4)**

Nr.	Bakteriologie vor Therapiebeginn	4. Tag	8. Tag	Bakteriologischer Status	Klinischer Status
1	Enterobacter sp.	s.i.	Staph. aureus	Spektrumwechsel	Remission
2	Staph. epidermidis	Staph. aureus	s.i.	Persistenz	Persistenz
3	Staph. epidermidis Corynebacter sp.	s.i.	s.i.	Persistenz	Remission
4	Staph. aureus	s.i.	s.i.	Persistenz	Remission
5	Streptococcus faecalis Staph. aureus	s.i.	Staph. aureus	Reduktion	Remission
6	Staph. aureus	s.i.	s.i.	Persistenz	Remission
7	Staph. aureus	s.i.	s.i.	Persistenz	Remission
8	Pseudomonas aeruginosa, Proteus mirabilis	s.i.	s.i.	Persistenz	Remission
9	Proteus mirabilis	s.i.	s.i.	Persistenz	Remission
10	steril	Staph. epidermidis	Enterobacter cloacae	Superinfektion	Remission
11	Staph. aureus	s.i.	s.i.	Persistenz	Remission
12	Enterobacter cloacae	s.i.	Serratia marc.	Spektrumwechsel	Remission

siver Verbandwechsel erforderlich. Daher ist unseres Ermessens zufolge die Anwendung mit TenderWet-Kompressen primär im Falle infizierter Wunden mit fehlender oder verzögerter Granulation vorwiegend in der postexsudativen Phase der Wundheilung indiziert.

Bei der zusätzlichen Anwendung von Kompressionsverbänden ist zu beachten, daß hierbei eventuell auftretende höhere Temperaturen im Bereich des Verbandmaterials die Verdunstung fördern könnten, so daß für den schmerzlosen Verbandwechsel die Nachbefeuchtung in situ beachtet werden sollte. Unter Umständen bietet sich auch eine Abdeckung zwischen dem Kompressionsverband und der Laminat-Wundaufgabe an, die den Verdunstungseffekt reduziert.

Erste klinische Erfahrungen zeigen auch gute Resultate bei der Versorgung aktueller Wundinfektionen und geplanter Sekundärheilungen. Diese Erfahrungen müssen anhand von Verlaufsbeobachtungen ergänzt werden; gleichzeitig sollten objektivierte Studien der für die Wirkung einer lokalen Therapie relevanten Frage der Hemmung der Wundheilung durch die TenderWet-Kompressen im Vergleich zu alternativen Wundpflegemitteln nachgehen.

**SUMMARY**
**Clinical Experience with TenderWet for Adjuvant Local Therapy in Case of Infected Wounds**

Local application of laminate wound dressing pads (TenderWet) was investigated in twelve patients with a delayed healing of infected wounds. Adjunctively to surgical intervention with débridement and necrotomy the dressing with the chemically inert laminate pads, activated with Ringer's Solution, was changed twice daily. Goal of the study was to examine the handling and the patient comfort of the dressing material, its influence on wound healing and on the bacterial flora as well as any side effects of the material.

The clinical application was easy. Compared to conventional dressing techniques there was no greater expenditure of time and working power. The laminate pads were well tolerated by all patients. Except for a temporary perifocal maceration in one patient there was no side effect to notice.

In nine patients the wounds granulated without complications within a period of 9 to 36 days of application of the TenderWet dressing. The same wounds had been resistant to several treatments including local antiseptics for a period of 1 to 10 months before-

hand. In three patients with ulcers caused by chronic venous insufficiency no completion of wound healing could be observed. According to our observations, the benefit of wet therapy is limited when applied in parallel to a sufficient compression therapy. Currently available shape and size range of the laminate pads limit its utility for dressing wound fistulas so far.

Due to limited absorption capacity dressing changes have to be more frequent when wound secretion is extensive. TenderWet pads are therefore indicated, from our point of view, for chronically infected wounds with delayed granulation, predominantly in the postexudative phase of wound healing.

*Dr. med. Martin Tescher  
Klinik für Thorax- und Gefäßchirurgie  
Krankenhaus Heidehaus Hannover  
Am Leineufer 70  
30119 Hannover*

*Literatur beim Verfasser*

# Basisinformationen zum Wundmanagement (I): Die Reinigung der Wunde

H. Röthel, CMC Medical Information

W. Vanscheidt, Klinikum der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

## EINLEITUNG

Die Wundheilung läßt sich sinnvollerweise in drei Phasen unterscheiden, wobei jede dieser Phasen durch ganz spezifische zelluläre Aktivitäten gekennzeichnet ist, die den Reparationsprozeß in einer bestimmten, ineinander übergreifenden Zeitabfolge vorantreiben. Im Falle der akuten Wunde beginnt die Reparatur mit der Blutgerinnung, dann wird in katabolen Prozessen die Wunde von untergegangenen Gewebe, Fremdkörpern und Keimen gereinigt und schließlich neues Gewebe zur Defektfüllung aufgebaut, das sich mit der Zeit in ein belastbares Narbengewebe umbaut.

Das grundsätzliche Zeitschema wird dabei entsprechend den individuellen Wundgegebenheiten und den vielfältigen Wechselbeziehungen zum betroffenen Gesamtorganismus variieren, weshalb die einzelnen Phasen unterschiedlich lange andauern und mehr oder weniger ausgeprägt sind. Wesentlich für die Qualität der Wundheilung ist jedoch, daß die Zellaktivitäten der einzelnen Phasen in einem physiologischen Wundmilieu mit funktionierender Mikrozirkulation ungestört ab-

laufen können und ausreichend zum Abschluß gebracht werden.

Hierbei braucht der Organismus in der Regel externe Unterstützung durch eine adäquate Primärversorgung bzw. eine indikationsgerechte Kausaltherapie sowie eine sachgerechte lokale Wundbehandlung. Welche Unterstützungsmaßnahmen phasenadaptiert im einzelnen möglich sind und praktiziert werden, ist das Thema dieser Artikelserie, die sich zunächst mit dem großen Komplex der Wundreinigung und in der nächsten Ausgabe mit den Möglichkeiten der Förderung von Granulationsgewebe und der Reepithelisierung befassen wird.

## PRIMÄRZIEL SAUBERE WUNDE

Die Natur selbst gibt hierbei die Richtung vor. Der Organismus verfügt über einige wohlorganisierte Abwehrmechanismen, die im Falle der Verletzung wirksam werden.

## Entzündungsreaktionen

Nach Blutstillung und Blutgerinnung stellt die Inflammation oder Entzündung die komplexe Abwehrreaktion des Organismus auf die Einwirkung

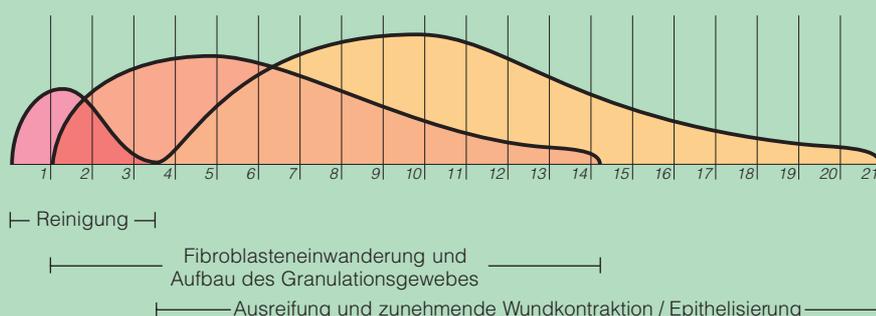
unterschiedlichster Noxen mechanischen, physikalischen, chemischen oder bakteriellen Ursprungs dar. Ziel ist es, die Noxen zu eliminieren bzw. zu inaktivieren, das Gewebe zu reinigen und die Voraussetzungen für die nachfolgenden proliferativen Vorgänge zu schaffen. Entzündungsreaktionen sind somit bei jeder Wunde, auch bei einer geschlossenen Wunde mit intakter Hautoberfläche, vorhanden. Sie werden jedoch verstärkt, wenn bei offenen Hautwunden, die immer bakteriell verunreinigt sind, die eingedrungenen Mikroorganismen eliminiert und Detritus sowie sonstige Fremdkörper abgeräumt werden müssen.

Die Entzündung ist durch die vier Symptome Rötung (Rubor), Wärme (Calor), Schwellung (Tumor) und Schmerz (Dolor) charakterisiert. Die zu Beginn der Verletzung kurzfristig enggestellten Arteriolen erweitern sich durch vasoaktive Substanzen wie Histamin, Serotonin und Kinin. Dies führt zur verstärkten Durchblutung des Wundgebietes und zu der für die Eliminierung der Noxen notwendigen Steigerung des lokalen Stoffwechsels. Der Vorgang zeigt sich klinisch als Rötung und Erwärmung um das Entzündungsgebiet.

Durch die Gefäßerweiterung (Vasodilatation) kommt es gleichzeitig zu einer Steigerung der Gefäßpermeabilität mit verstärkter Exsudation von Blutplasma in das Interstitium. Ein erster Exsudationsschub findet etwa 10 Minuten nach der Wundsetzung statt, ein zweiter etwa ein bis zwei Stunden später. Es entsteht ein als Schwellung sichtbares Ödem, an dessen Ausbildung zusätzlich die verlangsamte Blutzirkulation, aber auch die örtliche Azidose (Verschiebung des Säure-Basen-Gleichgewichtes in den sauren Bereich) im Wundgebiet Anteil hat. Es wird heute davon ausgegangen, daß durch die örtliche Azidose die katabolen Vorgänge verstärkt und durch die Vermehrung der Gewebeflüssigkeit die toxischen Zerfallsprodukte von Gewebe und Bakterien verdünnt werden.

Schließlich entwickelt sich der Wundschmerz als Folge freigelegter Nervenendigungen und der Schwellung, aber auch durch bestimmte Entzündungsprodukte, wie z. B. Bradykinin. Starker Schmerz kann eine Funktionseinschränkung (functio laesa) zur Folge haben.

## DIE PHASEN DER WUNDHEILUNG



PRIMÄRE UND SEKUNDÄRE WUNDHEILUNG

**Primäre Wundheilung**

Wunde ohne Substanzverlust      Primärversorgung durch Wundnaht      Abheilung per primam intentionem

**Sekundäre Wundheilung**

Wunde mit Substanzverlust      Auffüllen des Defektes durch Ersatzgewebe      Ausheilung per secundam intentionem

Betrifft die Verletzung Dermis und Subcutis, muß Ersatzgewebe aufgebaut werden (= reparative Heilung).

Verletzungen der Epidermis heilen narbenlos ab (= regenerative Heilung).

**Phagozytose und Infektabwehr**

Etwa 2-4 Stunden nach der Verletzung beginnt im Rahmen der Entzündungsreaktion die Einwanderung von Blutzellen, die als sogenannte Phagozyten (Freßzellen) zur Phagozytose von Detritus, körperfremdem Material und Keimen befähigt sind. Die größte Arbeitsleistung wird hierbei vor allem von neutrophilen Granulozyten und in ihrem Gefolge von Monozyten erbracht, die sich im Wundgebiet zu Makrophagen ausdifferenzieren. Angelockt werden dabei die Phagozyten durch signalartig wirkende Substanzen, die bei der Blutgerinnung entstanden sind.

Die Granulozyteneinwanderung si-stiert innerhalb weniger Tage, wenn die Wunde „sauber“ ist. Kommt es jedoch zu einer Infektion, hält die Granulozyteneinwanderung an, und die Phagozytose wird verstärkt. Dies führt zu einer zeitlichen Verlängerung der inflammatorischen Phase und somit zu einer Verzögerung der Wundheilung.

Die mit Detritus vollgestopften Freßzellen und aufgelöstes Gewebe bilden den Eiter. Die Abtötung von Bakterienmaterial im Zellinneren der Phagozyten kann nur mit Hilfe von Sauerstoff erfolgen, weshalb eine ausreichende Sauerstoffversorgung im Wundgebiet für die Infektabwehr von zentraler Bedeutung ist.

**Vorbereitung der Proliferationsphase**

Makrophagen sorgen durch ihre phagozytierende Tätigkeit aber nicht nur für die Reinigung der Wunde, ganz im Sinne des wohlorganisierten Wundheilungsprozesses sezernieren sie zugleich verschiedenste Mediatoren, die durch ihre Signalwirkung und Steuerungsfunktionen auf die nachfolgende „Zelltruppe“ die proliferativen Vorgänge zum Aufbau und der Differenzierung von Granulationsgewebe entscheidend beeinflussen. Die bedeutendsten von Makrophagen freigesetzten Mediatoren sind die Zytokine Interleukin-1 (IL-1) und der tumor necrosis factor  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) sowie die Wachstumsfaktoren bFGF (basis fibroblast growth factor), EGF (epidermal growth factor), PDGF (platelet-derived growth factor) und TGF- $\alpha$  und  $\beta$  (transforming growth factor  $\alpha$  und  $\beta$ ). Beeinflusst werden so wichtige Zellen wie z. B. Endothelzellen (Gefäßneubildung), Fibroblasten (Synthese und Sekretion von Prä-Kollagen zum Gewebeaufbau) und Keratinozyten (Epithelneubildung).

Ohne funktionierende Makrophagen ist also eine Wundheilung nicht möglich, und die stark schematisierte Darstellung der Zellvorgänge während der ersten Phase der Wundheilung, die in der Realität äußerst komplex und noch

nicht einmal bis in alle Details erforscht ist, zeigt, wie sehr das Ausmaß der Entzündung mit dem nachfolgenden Gewebeaufbau korrespondiert.

**Konsequenzen für die externe Unterstützung**

Vorrangig besteht das Ziel darin, das Ausmaß der Entzündung in einem physiologischen Maß zu halten. Das bedeutet praktisch:

- ▶ der Wunde eine gute Mikrozirkulation zu verschaffen, so daß die für die Abwehr und Reinigung zuständigen Zellen in das Wundgebiet gelangen können und ausreichend Sauerstoff zur Phagozytose zur Verfügung steht,
- ▶ alles aus der Wunde zu entfernen, mit dem die körpereigenen Abwehr- und Reinigungsmechanismen nicht fertig werden können, so z. B. größere Anteile devitalisierten und nekrotischen Gewebes, schmierige Beläge, hohe Keimbesiedelung, eingedrungene Fremdkörper usw.,
- ▶ die immunkompetenten Zellen dabei zu schonen und nicht etwa durch zytotoxische Substanzen wie diverse Antiseptika und traumatische Einwirkungen zu schädigen sowie ihnen ein möglichst physiologisches Mikroklima zur Entfaltung ihrer Aktivitäten zu bieten.

**WUNDSPEZIFISCHE BEDINGUNGEN**

Keine Wunde gleicht der anderen. So werden zur adäquaten Unterstützung der körpereigenen Reinigungsmechanismen je nach Wundentstehung und Wundart unterschiedliche Maßnahmen in differierendem Ausmaß erforderlich werden.

**Die akute Wunde**

Akute, traumatisch bedingte Wunden weisen sehr unterschiedlich ausgeprägte Gewebeschädigungen auf. Sie reichen von der oberflächlichen Schürfwunde und Bagatellverletzung bis hin zu komplexen Defekten mit Beteiligung von Sehnen, Muskeln, Nerven, Gefäßen, Knochen und auch inneren Organen. Ziel der Primärversorgung wird es jedoch immer sein, eine gut durchblutete und möglichst keimarme Wunde zu erhalten.

Abgesehen von Bagatellverletzungen ist dazu bei allen komplexeren Verletzungsmustern das chirurgische Débridement, nach sorgfältiger Wundrevision unter ausreichender Schmerzausschaltung und aseptischen Bedingungen, das Mittel der Wahl. Durchblutungsgeschädigte Gewebe, wie erkennbare Nekrosen und gequetschte Weichteile werden exzidiert (Ausnahme Finger- und Gesichtsverletzungen, sofern die Wundränder nicht gequetscht sind), Fremdkörper wie z. B. Schmutzpartikel, Stoffetzen oder Glassplitter sind zu entfernen. Oberflächliche epitheliale Wunden werden zur Reinigung gespült bzw. bei starker Verschmutzung abgeburstet.

Besondere Sorgfalt beim Débridement ist bei tiefen und zerklüfteten Wunden geboten, um auch in der Tiefe oder in den Wundtaschen ein Zurückbleiben von devitalisiertem Gewebe oder Fremdkörper auszuschließen. Unterstützend zum chirurgischen Débridement sind hier bis zur endgültigen Säuberung der Wunde oftmals weitere Maßnahmen wie eine Sekretableitung und permanente Spülung der Wunde durch Drainagen, ein enzymatisches Débridement und eine feuchte Wundbehandlung mit tamponierbaren Verbandmaterialien erforderlich.

Grundsätzlich verfügt die akute Wunde jedoch über eine gute Heilungstendenz – insbesondere dann, wenn durch ein sachgerechtes chirurgisches Débridement die Startbedingungen für die Wundheilungsprozesse

**KAUSALTHERAPIEN BEI HÄUFIGEN ULZERATIONEN (TAB. 1)**

**Ulcus cruris venosum**

- ▶ Kompressionsverband
- ▶ Maßnahmen der Venenchirurgie

**Ulcus cruris arteriosum**

- ▶ Revaskularisierung durch gefäßchirurgische Verfahren sowie medikamentöse Therapie
- ▶ allgemeine Durchblutungsförderung, z. B. Gefäßtraining, Beintiefelager
- ▶ Risikofaktoren für pAVK ausschalten, z. B. Blutdruck senken, Rauchen und Alkoholkonsum meiden

**Diabetisches Ulcus angiopathischer Genese**

- ▶ Maßnahmen wie arterielles Ulcus, zusätzlich normnahe Blutzuckereinstellung

**Diabetisches Ulcus neuropathischer Genese**

- ▶ vollständige Druckentlastung bis zur Abheilung (Gehhilfen, Rollstuhl, Spezialschuhe, Bettruhe)
- ▶ normnahe Blutzuckereinstellung

**Dekubitus**

- ▶ vollständige Druckentlastung bis zur Abheilung

optimiert werden können. Bleibt eine Infektion aus, können die zur Wundheilung notwendigen Zellaktivitäten in der physiologisch richtigen Reihenfolge ablaufen. Dies stellt auch eine Grundbedingung dar, wenn der Wundverschluß nicht durch weiteren Gewebenaufbau, sondern z. B. durch Hauttransplantate oder die Rekonstruktionsverfahren der plastischen Chirurgie herbeigeführt werden kann.

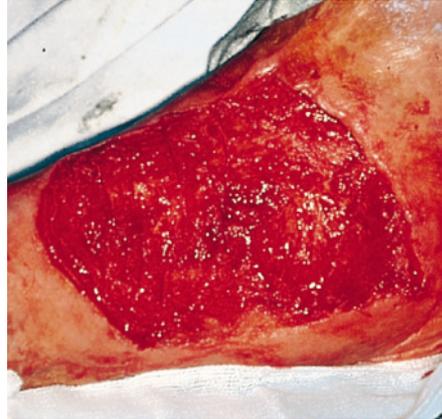
**Die chronische Wunde**

Wesentlich schwieriger gestaltet sich die Situation bei chronischen Wunden. Definitionsgemäß wird eine sekundär heilende Wunde, die innerhalb von 8 Wochen keine Tendenz zur Heilung zeigt, als chronisch bezeichnet. Dabei können sich chronische Wunden jederzeit aus einer akuten Wunde heraus entwickeln, z. B. wenn persistierende Infektionen nicht erkannt werden oder die Primärversorgung inadäquat war.

Zumeist aber stellen chronische Wunden das letzte Stadium einer fortschreitenden Gewebeerstörung dar, ausgelöst durch venöse, arterielle oder stoffwechselbedingte Gefäßleiden, durch Druckschädigungen, Strahlenschäden oder Tumoren. Alle Gefäßschädigungen, auch wenn sie unterschiedlicher Genese sind, münden letztlich in Ernährungsstörungen des Hautgewebes mit zunehmender Hypoxie und Ischämie, was dann den Zelltod mit Nekrosenbildung zur Folge hat.

Diese Situation ist die denkbar schlechteste Ausgangsbasis für eine Wundheilung. Die Reparationsleistung der Zellen muß in einem extrem stoffwechselgeschädigten Hautgebiet gestartet werden, weshalb von Anfang an nicht gewährleistet ist, daß die „richtigen Zellen zur richtigen Zeit das Richtige tun“. In entsprechenden Untersuchungen wurde gegenüber dem Befund in einer akuten Wunde vor allem ein erheblicher Überschuß an Leukozyten und Metalloproteinasen festgestellt. Des weiteren weisen die meisten Geschwüre so ausgeprägt Nekrosen und Beläge auf, daß sie trotz der anhaltenden Leukozytenmassierung nicht mehr aufgelöst werden können. Gleichzeitig infiltrieren toxische Zerfallsprodukte von Gewebe und Bakterien das umliegende Wundgebiet, was weiteren Gewebsuntergang zur Folge hat und die Chronizität der Wunde unterhält.

Ohne äußere Hilfe kann dieser Teufelskreis nicht durchbrochen werden, wobei der erste und wichtigste Schritt in einer weitestgehenden Normalisierung der Blutversorgung und Mikrozirkulation im geschädigten Hautgebiet besteht. Hier aber beginnen viele Schwierigkeiten, weil nicht selten übersehen wird, daß dazu immer auch die Ursachen anzugehen sind, die zur Gefäßschädigung und der damit verbundenen Gewebeerstörung geführt haben. Gelingt durch die verschiedenen kausaltherapeutischen Maßnahmen (Tab. 1) eine ausreichende Kompensierung oder Wiederherstellung der Durchblutung, können auch die lokal durchgeführten Maßnahmen wie chirurgisches oder physikalisches Débridement wirksam werden. Die chronische Wunde kann dann der physiologischen Heilung einer akuten Wunde angenähert werden, die durch eine ordnungsgemäße Zell- und Zeitabfolge charakterisiert ist.



## METHODEN DER WUNDREINIGUNG

### Chirurgisches Débridement

Das chirurgische oder auch scharfe Débridement von unzureichend durchblutetem Gewebe und Nekrosen ist der schnellste und sicherste Weg zur Wundreinigung. Wie bereits erwähnt, ist es Mittel der Wahl bei komplexeren akuten Wunden. Bei chronischen Wunden ist das chirurgische Débridement insbesondere indiziert bei ausgedehnten Ulcera mit dicken, festhaftenden nekrotischen Auflagerungen und dringend erforderlich bei fortgeschrittener Zellulitis oder Sepsis.

Das chirurgische Débridement ist sowohl im stationären als auch im ambulanten Bereich eine ärztliche Tätigkeit. Entsprechend den Wundgegebenheiten ist im Einzelfall zu entscheiden, ob die Nekrosenabtragung in einem einzeitigen Vorgehen operativ unter Narkose oder durch ein tägliches subtiles Débridement (Skalpelle, scharfer Löffel, Schere) erfolgen soll. Bei klinisch manifesten Infektionen ist ein einzeitiges Vorgehen geboten, um der Infektion schnellstens den Nährboden zu entziehen.

### Enzymatisches Débridement

Ein enzymatisches Débridement kann zusätzlich zur Auflösung übriggebliebener oberflächlicher, dünner nekrotischer Schichten angezeigt sein, die gewöhnlich durch mechanische Abtragung nicht oder nur schwer zu entfernen sind. Des Weiteren können Ulcerationen mit schmierigen nekrotischen Belägen, aber ohne ausgeprägte Nekrosenkappen und Infektion eine Indikation für proteolytisch wirksame Enzyme darstellen.

Für das enzymatische Débridement stehen indirekt wirkende und direkt hy-

drolysierende Enzyme zur Verfügung, die an den verschiedenen Substraten angreifen. So wirkt z. B. Streptokinase indirekt, indem es das Plasminogen des Wundsekretes zu Plasmin umbaut, das dann Fibrin, Fibrinogen, Faktor V und Faktor VII spaltet. Ein Beispiel für ein direkt wirkendes Enzym ist Clostridiopeptidase A, eine Kollagenase, die ausschließlich Kollagen spaltet, wodurch das zwischen den Kollagenfasern befindliche nekrotische Material abgeräumt werden kann. Bei der Anwendung sind die Herstelleranweisungen sorgfältig einzuhalten, um eine indikationsgerechte Applikation sicherzustellen.

### Physikalische Methoden

Nach wie vor bewähren sich für die Reinigung auch physikalische Methoden, unter denen der gesamte Komplex der feuchten Wundbehandlung zu verstehen ist.

Bei schwierigen, infektiösen Wundzuständen zeigen kontinuierliche Spülungen mit Ringerlösung über einen eingelegten Katheter einen guten Reinigungseffekt. Gegebenenfalls können einzelne Spülungen bei jedem Verbandwechsel ausreichend sein.

Eine Initialreinigung ist auch mit Hilfe feuchter Umschläge möglich. Allerdings sollten diese nicht mit 0,9%iger physiologischer Kochsalzlösung, sondern ebenfalls mit Ringerlösung durchgeführt werden. Physiologische Kochsalzlösung hat ein zelltoxisches Potential, so daß vor allem der Dauergebrauch zu vermeiden ist.

Kontrovers diskutiert wird die Anwendung von Fußbädern bei Fuß- und Beinulcerationen. Wenngleich der Reinigungseffekt und die Eliminierung oberflächlicher Keime eher gering eingeschätzt wird, hat das sachgerecht

**Die Heilungstendenz chronischer Wunden verbessert sich entscheidend, wenn Nekrosen und unzureichend durchblutetes Gewebe möglichst komplett abgetragen werden.**

durchgeführte Fußbad durchaus seine Berechtigung: Wundränder und Hyperkeratosen werden aufgeweicht, so daß leichter débridiert werden kann. Ebenso kann die Durchblutung angeregt und das subjektive Wohlbefinden des Patienten beeinflusst werden.

Ein Fußbad darf nicht länger als 10 Minuten dauern, um ja keine Keimausbreitung zu begünstigen. Die Wassertemperatur beträgt 36-37° C, wegen der Gefahr von Kontaktallergien sind vor allem Kamillenzusätze zu vermeiden. Im Zweifelsfall gilt der Verzicht auf das Fußbad. Ersatzweise kann die Wunde geduscht oder mit feuchten Umschlägen versorgt werden.

Eine besondere Rolle spielen Duschen und das Sitzbad bei proktologischen Wunden. Die septische Wunde soll zumindest nach jedem Stuhlgang mit Wasser, am besten durch Abduschen mit mäßiger Wassertemperatur gereinigt werden. Für das Sitzbad gilt wiederum: Es darf nicht zu lange dauern, empfohlen werden 5-10 Minuten in lauwarmem Wasser, auf Kamille sollte verzichtet werden.

Nicht zuletzt kann aber auch mit dem Einsatz geeigneter Wundauflagen und -verbände auf rein physikalischem Weg eine effiziente Wundreinigung erzielt werden. Bevorzugt kommt dabei die feuchte Verbandbehandlung zur Anwendung, die heute bei sekundär heilenden Wunden als Standard gilt, weil sie in ihren Wirkprinzipien den physiologischen Bedürfnissen der Wunde in allen Heilungsphasen am besten entspricht.

Zur problemlosen Durchführung der feuchten Wundbehandlung stehen heute eine Reihe von interaktiven Wundaufgaben zur Verfügung, die den gestellten Anforderungen gerecht werden: Sie saugen keimbelastetes Exsu-

WUNDAUFLAGEN FÜR DIE FEUCHTE WUNDBEHANDLUNG (TAB. 2)



**TenderWet Wundkissen mit Superabsorber** wird vor der Anwendung mit Ringerlösung getränkt, die dann kontinuierlich an die Wunde abgegeben wird („Spülwirkung“), während gleichzeitig Wundsekret aufgesaugt wird; zur schnellen Reinigung bei allen flächigeren Wunden, stark sezernierend und trocken, infiziert oder nicht infiziert.



**Sorbalgon / Sorbalgon T Calciumalginat-Kompresse** wird locker ohne Druck in die Wunde eintamponiert und wandelt sich dann durch das Wundsekret in ein Gel um, das die Wunde feucht hält; für stark sezernierende, tiefe und zerklüftete Wunden, infiziert oder nicht infiziert, guter Reinigungseffekt mit Keimreduzierung.



**Hydrosorb / Hydrosorb plus hydrozellulärer Gelverband, semiokklusiv** führt der Wunde durch den hohen Wasseranteil in ihrer Gelstruktur von Anfang an Feuchtigkeit zu; braucht also kein Wundsekret zur Funktionsfähigkeit; für trockene, nicht infizierte Wunden zum Aufweichen verschorfter Beläge (jedoch Hauptanwendungsgebiet in der Granulationsförderung).



**Hydrocoll Hydrokolloid-Verband, semiokklusiv** durch Aufnahme von Wundsekret wandeln sich die Hydrokolloid-Anteile des Verbandes in ein Gel um, das in die Wunde expandiert und sie feucht hält; für stärker sezernierende, nicht infizierte Wunden zum Ablösen schmieriger Beläge.

hervorruft, gelten auch hier die fünf klassischen Kriterien Rötung, Schwellung, Überwärmung, Schmerzen und Funktionsbeeinträchtigung zur Erkennung der Infektion. Allgemeine Symptome sind Fieber und Schüttelfrost, Leukozytose sowie eine Schwellung der regionären Lymphknoten, wobei insbesondere Fieber einer sorgfältigen Abklärung bedarf.

Die beste Prophylaxe und Bekämpfungsmaßnahme besteht darin, der angehenden sowie manifesten Infektion durch ein sorgfältiges Débridement bzw. eine wirksame Wundreinigung so schnell wie möglich den Nährboden zu entziehen. Je nach der Entwicklung von neuen Nekrosen oder Fibrinbelägen kann dabei während des Heilungsverlaufes immer wieder ein subtiles Débridement, eine Wundrandanfrischung oder das Abtragen von Fibrinbelägen erforderlich werden.

Bei der Anwendung von Desinfektionsmitteln ist deren mehr oder weniger stark ausgeprägtes zellschädigendes Potential zu berücksichtigen, so daß Schaden und Nutzen sorgfältig abzuwägen sind. Eine „prophylaktische“ Desinfektion lediglich kontaminierter Wunden aus „Furcht vor Infektion“ ist zu vermeiden. Nach bisherigen Untersuchungen scheint die Kontamination auch keine Auswirkungen auf den Verlauf der Wundheilung zu haben, so daß eine Desinfektion aus diesem Grund ebenfalls nicht gerechtfertigt ist.

Antibiotika sollten lokal in der Regel nicht mehr angewendet werden, da sich mit dieser Applikationsform einerseits nur schwer ein ausreichender Wirkspiegel erzielen läßt, andererseits aber das Risiko der Resistenzentwicklung und Allergisierung gegeben ist. Eine akzeptable Vorgehensweise bei klinisch manifesten Infektionen ist dagegen die systemische Gabe von Antibiotika gemäß der Keimbestimmung und Resistenzprüfung.

Hildegard Röthel  
CMC Medical Information  
Grabenstraße 9  
89522 Heidenheim

PD Dr. med. W. Vanscheidt  
Leitender Oberarzt der Hautklinik der  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Hauptstraße 7  
79104 Freiburg

dat ab, fördern durch die Feuchtigkeitzufuhr das Ablösen von Belägen und schaffen insgesamt ein physiologisches, zellschonendes Mikroklima.

Die interaktiven Wundauflagen lassen sich nach ihrer Materialbeschaffenheit nochmals klassifizieren in gaspermeable Systeme (z. B. TenderWet mit Superabsorber und Sorbalgon Calciumalginat-Kompressen), die sowohl bei infizierten als auch nicht infizierten Wunden indiziert sind, sowie semiokklusive Systeme (z. B. Hydrogele wie Hydrosorb und Hydrosorb plus und Hydrokolloide wie Hydrocoll), die durch ihren Okklusiveffekt die körpereigenen autolytischen Vorgänge steigern, aber vorsichtshalber nicht bei klinisch manifesten Infektionen angewendet werden sollen.

Des weiteren ist für die Auswahl einer geeigneten Wundauflage von Be-

deutung, in welchem Ausmaß Sekret abgesondert wird, da das Saugvermögen der einzelnen Materialien unterschiedlich ausgebildet ist, bzw. welche Form die Wunde hat, ob sie tief, zerklüftet oder flächig ist. Einige Indikationsvorschläge enthält die Tabelle 2.

**INFEKTIONSBEKÄMPFUNG**

Jede Wunde, auch eine sogenannte aseptische OP-Wunde, ist mit Keimen besiedelt. Die bloße Anwesenheit von Keimen auf der Wunde – die Kontamination – ist nicht gleichbedeutend mit der Infektion. Erst wenn pathogene oder fakultativ pathogene Keime in die Tiefe der Wunde eingedrungen sind, sich dort vermehren und durch ihre Toxine das Gewebe schädigen, kann vom Bestehen einer Infektion gesprochen werden. Da die Infektion als körpereigene Reaktion eine Entzündung

# Die Geschichte der Wundheilung (II)

## Mittelalter und jüngere Neuzeit

### DIE MITTLERROLLE ARABISCHER ÄRZTE

Mit dem Untergang des weströmischen Reiches geht hier auch das Wissen der antiken Medizin verloren. Ostrom dagegen, und darin liegt eine der großen historischen Leistungen des byzantinischen Reiches, bewahrt das geistige Gut der Antike und gibt es über die Welt des Islam weiter an das abendländische Mittelalter.

Eine bedeutende Schrift, deren chirurgischer Teil von den Arabern fast gänzlich übernommen wurde und so auch in die mittelalterliche Chirurgie Eingang fand, war das „Handbuch für Praxis und Lehre der Medizin“ von Paulus von Ägina, eines byzantinischen Arztes und Chirurgen (625-690). Eine Passage aus diesem Werk, in der Anweisungen für einen Verband nach einer zur Entfernung von Knochenbruchstücken ausgeführten Trepanation des Schädels gegeben werden, vermittelt einen Einblick in die damals übliche Verbandtechnik: „Nach der Operation bedecken wir die Hirnhaut mit einem einfachen Leinenlappen von der Größe der Wunde, der mit Rosenöl befeuchtet ist, und legen ein kleines, ebenfalls mit Rosenöl befeuchtetes Stück Wolle auf den besagten Leinenlappen. Dann breiten wir eine doppelt gefaltete Kompressen, mit Ölwein oder

auch wieder mit Rosenöl benetzt, über die ganze Wunde, wobei wir darauf achten, daß kein Druck auf die Hirnhaut ausgeübt wird. Danach legen wir eine breite Binde an, ohne sie fest anzuziehen, sondern nur so, daß sie die Verbandstücke festhält.“

Wichtige Impulse erhielt das Abendland aber auch aus den Werken solcher großer arabischer Ärzte wie Rhazes (etwa um 865-925) und Avicenna (980-1037). Rhazes hinterließ ein beachtliches Werk, das vor allem durch die Genauigkeit der klinischen Beobachtung bemerkenswert ist. Ein besonderes Beispiel hierfür sind seine Monographien über Pocken und Masern, in denen die Vorgänge der Ansteckung wie auch die Diagnosen sehr treffend beschrieben sind. Avicennas Ruhm dagegen gründete sich vorrangig auf sein Philosophentum, das wohl auch seinen Ruf als Arzt aufwertete. Dennoch hatte sein Werk, das er selbst als „Kanon der Heilkunde“ bezeichnete, im Abendland von seinem Bekanntheitsgrad im 13. Jahrhundert bis in das 17. Jahrhundert hinein Geltung.

Nach wie vor aber besteht das Verbot zur Sezierung, und die mangelnden anatomischen Kenntnisse bewirken auch weiterhin eine Stagnation bei den chirurgischen Praktiken.

**Links: Rhazes war als Arzt so erfolgreich und populär, daß man ihn den „Galen seiner Zeit“ nannte. Rechts: Avicenna beeinflusste nicht nur als Arzt, sondern vor allem als Philosoph mit seiner Metaphysik aus Aristotelismus und Platonismus das mittelalterliche Abendland.**

Abbildung fehlt aus  
Copyright-Gründen

### CHRISTENTUM UND MEDIZIN

Die Medizin des Mittelalters wird in der westlichen Welt von den Einflüssen des Christentums geprägt, und auch der Krankheitsbegriff erfährt durch diese Weltanschauung gewisse Veränderungen. Krankheit und Leiden sind Gnade und dazu bestimmt, die Werke Gottes zu offenbaren. Der Gesunde kann an dieser Gnade teilhaben durch sein Mitleiden. Der Gesellschaft wird die Verantwortung für Schwache und Kranke zur Christenpflicht gemacht. Aus diesem Geist heraus entstehen Hospitäler und Pflegestätten, deren medizinische Betreuung überwiegend in den Händen von Mönchen liegt.

Aber auch die medizinische Lehre war lange Zeit an die Kirche gebunden, und die erste „medizinische Fakultät des Abendlandes“, die Schule von Salerno, die sich um das 11. Jahrhundert zu einer Hochburg medizinischen Wirkens entwickelte, entstand auf dem klösterlichen Boden der Benediktinerabtei Monte Cassino.

Zur Gründung der Schule sollen sich der Legende nach ein abendländischer Christ, ein Grieche, ein Jude und ein Araber getroffen haben, was unabhängig vom Wahrheitsgehalt zumindest die großen Einflüsse auf die abendländische Medizin des Mittelalters symbolisiert. Mit dem Abbau der Vorurteile des Christentums gegen die „heidnische“ Medizin beginnt dann auch gegen Ende des 12. Jahrhunderts eine fieberhafte Übersetzungstätigkeit, die dem Abendland in ungeahnter Fülle Einblick gibt in die geistige Tradition der Antike.

Zusammen mit den Kenntnissen der Chirurgie wird auch die antike Verbandtechnik an das Abendland weitergegeben. Während sich aber der antike Chirurg darauf spezialisierte, möglichst kunstvolle Bindenverbände zu entwickeln, galt das Interesse des mittelalterlichen Chirurgen vor allem der Form, in der die Scharpie in und auf die Wunde gebracht wurde.

Als Scharpie bezeichnete man Fasern, die durch Zupfen (linamenta carpta) oder Schaben (linamenta abrasa) von Leinwand entstanden. Der Begriff Scharpie selbst findet sich in deutschen chirurgischen Werken erst seit dem 18. Jahrhundert. Er ist vom altfranzösischen Wort charpir abgeleitet, das im lateinischen carpere (pflücken, zupfen) seinen Ursprung hat und somit

Abbildung fehlt aus  
Copyright-Gründen

**Krankensaal eines mittelalterlichen französischen Hospitals, Buchminiatur aus dem 13. Jahrhundert. Die Kranken liegen meist zu zweit, nur mit einer Kopfbedeckung versehen in den Betten. Der Dienst am Kranken war Christenpflicht, der sich nicht nur Mönche, sondern zunehmend auch Nonnen unterzogen, die dann sogar Hospitäler gründeten.**

neue, dramatische Impulse. Eine ganze Reihe epochemachender Entdeckungen bringt endlich den ersehnten Aufschwung in der Heilkunde.

So erwächst den Lehren Galens in der Gestalt des Paracelsus (Theophrast von Hohenheim, 1493-1541) ein überzeugter Gegner, der sich scharf gegen den Formalismus und die Naturfremdheit der Ärzte wendet und für die neuerliche Einbeziehung und Beobachtung der Natur plädiert. Er beginnt, die noch junge Chemie für die Therapie nutzbar zu machen und die Vorgänge zwischen anorganischer und organischer Natur zu sondieren. Dominierend in seiner Lehre ist aber die Wiederaufrichtung der Einheit zwischen Leib, Seele und Geist, wie sie bereits in der hippokratischen Philosophie und Medizin postuliert wurde.

Um die Wundbehandlung macht sich Paracelsus mit seiner Schrift „Die große Wundartzney“ verdient, die 1536 in Augsburg erschien, und einige seiner Überlegungen daraus könnten heute noch richtungsweisend sein. „Im Hinblick auf die Wundbehandlung glaube ich davon ausgehen zu können, daß die Heilmittel den Zweck haben, die durch äußere Einflüsse vergifteten Dinge zu bekämpfen, aber nicht, neues Gewebe künstlich zu erzeugen.“ Auch in der Verbandlehre ist der Name dieses großen Arztes zu erwähnen, wobei er sich besonders mit der Weiterentwicklung von Extensionsmaschinen befaßte. Das bereits im Altertum vorhandene Wissen um die Verwendung von Winden, Schrauben und Zügen in den mechanischen Verbänden zur Einrichtung schwieriger Brüche wird von Paracelsus neu belebt und vertieft.

Durch den großen Anatomen Andreas Vesalius (1514-1564) wird die Autorität des galenischen Lehrgebäudes weiter erschüttert. In seinen „Sieben Büchern vom Bau des menschlichen Körpers“ zeigt er in wissenschaftlicher, sachlicher Arbeit die Irrtümer der bisherigen Anatomie auf und begründet ein neues anatomisches Denken.

Auf dem Gebiet der Chirurgie und der Wundbehandlung wirkt der Franzose Ambroise Paré (1510-1590) bahnbrechend. Seine „medizinische Ausbildung“ begann Paré auf der untersten Stufe als Lehrling eines Barbiers und vervollständigte seine chirurgischen Kenntnisse bei einem Barbier-Chirurgen am Hôtel-Dieu in Paris. Da ihm auf-

dem bereits in den antiken Verbandlehren erwähnten linamentum carptum entspricht. Im mittelalterlichen Latein finden sich dafür die Bezeichnungen carpia oder carpitura.

Diese Verbandstücke aus Scharpie wurden nunmehr über Jahrhunderte hinweg nach fast einheitlichem Schema für Wundverbände benutzt. Nach der ersten Reinigung und der eventuell erforderlichen chirurgischen Versorgung der Wunde preßte man kleine, meist mit Rotwein getränkte Kompressen mehrere Male auf die Wunde, um sie nochmals zu säubern und die Wundflüssigkeit aufzusaugen. Danach wurden sie wieder glattgestrichen und als Wundaufgabe benutzt, wobei Zahl, Größe und Form der Verbandstücke der Wunde genau anzupassen waren. Zwei oder drei kleine Kissen sollten dann die Wunde zusätzlich schützen und warmhalten. Fixiert wurden die verschiedenen Auflagen schließlich durch Leinenbinden.

Auch in anderen Bereichen der Medizin dominiert die Tradition Behandlungsverfahren und wissenschaftliches Denken. Mit scholastischer Disputierfreudigkeit wird althergebrachtes erör-

tert, es bleiben wenig Freiräume für Neues. Lediglich in Frankreich wird eine Weiterentwicklung sichtbar. Sie dokumentiert sich unter anderem in dem Werk Guys de Chauliac, (um 1300-1368), dessen „Chirurgia magna“ gleichzeitig als der Höhepunkt und Abschluß der mittelalterlichen Chirurgie anzusehen ist. Zunächst ein einfacher Bauernknecht, studierte Guy de Chauliac dann mit Unterstützung der Kirche Medizin, verbrachte Studienjahre in Montpellier, Bologna und Paris und avancierte schließlich zum Leibarzt dreier Päpste in Avignon. Dort schrieb er auch sein berühmtes Chirurgiebuch, das fast vier Jahrhunderte seine Bedeutung behalten sollte. Insbesondere vertrat Guy de Chauliac vehement die Ansicht, daß Medizin und Chirurgie zusammengehören.

#### AUFBRUCH ZU NEUEN ERKENNTNISSEN

Die Wende zum 16. Jahrhundert ist nicht nur der Beginn umwälzender Ereignisse in der abendländischen Geschichte, auch die Medizin erfährt durch Männer, die sich mutig herrschenden Lehrmeinungen und festgefühten Traditionen entgegenstellen,

**Verbandstücke aus Scharpie wurden bis in das 19. Jahrhundert hinein zur Versorgung von Wunden benutzt. Als Scharpie bezeichnete man Faser, die durch Zupfen oder Schaben von Leinwand entstanden. Aus den Fasern wurden tupfer- und kompressenartige Gebilde gefertigt, die sicherlich über eine gute Saugkraft verfügen haben.**

Abbildung fehlt aus  
Copyright-Gründen

grund der Ausbildung die „höheren medizinischen Weihen“ verschlossen waren, blieb ihm nur der damals übliche Weg über die Schlachtfelder als Militärchirurg oder Feldscher. Und hier auf den Kriegsschauplätzen bewies er seine Genialität als Chirurg, aber auch seine hohe moralische Sittlichkeit, die von Frömmigkeit und Demut geprägt war. Er diente vier französischen Königen als Chirurg auf Lebenszeit, bekleidete den Posten als Prosektor an der Medizinischen Fakultät in Paris und praktizierte hier in kurzen Friedenszeiten als niedergelassener Chirurg.

Seine Entdeckungen und neue Behandlungsmethoden beziehen sich hauptsächlich auf Kriegsverletzungen, wobei die erstmals durch ihn praktizierte Gefäßunterbindung bei einer Unterschenkelamputation anstelle der bisher üblichen Kauterisierung das wohl bedeutendste neue Verfahren darstellte. Große Aufmerksamkeit widmete er den weiteren Schädelverletzungen, er verbesserte Trepanationstechniken und entwickelte Augen- und Nasenprothesen. Und ein Schlachtenerlebnis auf seinem ersten Feldzug führte auch zu einem Methodenwechsel in der Behandlung von Schußwunden. Diese galten durch das Schießpulver als vergiftet und wurden deshalb mit kochendem Holunderöl kauterisiert. Auch Paré arbeitete nach dieser Regel, bis ihm eines Tages während eines besonders hitzigen Gefechts das Öl ausging. Er sah sich gezwungen, statt dessen ein Digestivum aus Eigelb, Rosenöl und Terpentin auf die Wunden aufzutragen. „Ich konnte in der Nacht gar nicht recht schlafen“, so berichtet Paré, „weil ich fürchtete, meine Verwundeten, die ich doch nicht kauterisiert hatte, tot und vergiftet vorzufinden. Ich erhob mich darum im Morgengrauen und fand zu meiner großen Erleichterung die, denen ich das Digestivum gegeben hatte, mit wenig Schmerzen und ihre Wunden ohne Entzündung oder Schwellung, und sie hatten die ganze Nacht gut geschlafen. Die anderen aber, bei denen ich das kochende Öl verwendet hatte, fand ich fiebernd, mit großen Schmerzen und Schwellungen um ihre Wunden. Da beschloß ich, niemals mehr so grausam die Armen, von Feuerwaffen Verwundeten zu brennen“ (Goemann).

Die Geschichte dieser zufälligen Entdeckung kann dabei als Beispiel gelten für das Wirken der Ärzte in jener

Abbildung fehlt aus  
Copyright-Gründen

Abbildung fehlt aus  
Copyright-Gründen

**Große Persönlichkeiten der frühen Neuzeit, die in ihren Werken gegen die Irrtümer des galenischen Lehrgebäudes vorgingen und die Medizin und Chirurgie mit neuen Erkenntnissen voranbrachten.**

**Oben: Paracelsus (Theophrast von Hohenheim)  
oben rechts: Andreas Vesal(ius),  
rechts: Ambroise Paré.**

Abbildung fehlt aus  
Copyright-Gründen

Epoche. Mehr Praktiker als Theoretiker, suchten sie alle möglichen Quellen und Erfahrungen für ihre Medizin zu nutzen. Nicht selten erforderte es hierzu den Einsatz der ganzen Persönlichkeit, sich gegen herrschende Lehrmeinungen zu verteidigen und durchzusetzen. Beispielsweise wird die Entdeckung des Blutkreislaufes 1628 durch den Engländer William Harvey zunächst mit großem Mißtrauen aufgenommen, bis man schließlich die Tatsachen akzeptiert. Aber auch Marcello Malpighi (1628-1694), der mit Hilfe eines neuen Apparates, dem Mikroskop, die roten Blutkörperchen entdeckte, oder Santorio Santorio (1561-1636), der aus dem Thermometer das erste Fieberthermometer entwickelte, erlebten die Widerstände ihrer Zeit. Und so könnte die Liste mit Namen berühmter Ärzte mühe-los fortgesetzt werden, die durch ihre Arbeit und ihren Idealismus den Weg bereiteten in das 19. Jahrhundert.

Die neuen Erkenntnisse in der Anatomie des menschlichen Körpers, in der

Chirurgie und in der Wundbehandlung hatten zur Folge, daß auch die Verbandlehren neu illustriert und erörtert wurden. Als Verbandmaterial fanden, wie bereits seit Jahrhunderten, vorwiegend Leinen, Hanfwerg, Wolle und rohe Baumwolle Verwendung. Aber auch Seide wurde zur Herstellung von Binden empfohlen. Im Jahre 1707 veröffentlichte der Franzose Pierre Dionis sein Lehrbuch „Cours d'opérations de chirurgie“, das bis ins 19. Jahrhundert hinein benutzt wurde. Beeinflußt von der französischen Chirurgie haben in Deutschland vor allem Heinrich Bass und später Joachim Friedrich Henckel ihre Verbandlehren vorgelegt, die ebenfalls über lange Zeit als medizinische Standardwerke für junge Chirurgen galten.

In fast allen Schriften werden zunächst Material und Herstellung der vom Chirurgen benötigten Verbandstücke genau beschrieben. So beginnt z. B. Heinrich Bass seinen „Gründlichen Bericht von den Bandagen“ aus

Abbildung fehlt aus  
Copyright-Gründen

**Lade zum Strecken der Arme, Holzschnitt aus dem „Feldbuch der Wundartzney“ von Hans von Gersdorff, das 1517 erschien. Ebenfalls Militärchirurg und Wundarzt, befaßte auch er sich aus praktischer Sicht mit der Wundbehandlung. Abb. unten: Verbandstücke und Verbände aus dem Werk von Heinrich Bass.**

nugsamer Leinwand, oder auch Faulheit derer Krancken-Wärterinnen, vielmahls der stinckenden Binden über die Gebühr sich bedienet, und genöthiget wird mit der schon öftters gebrauchten Binde, das Verbinden zu continuiren, oder wohl gar dieselbe halb oder ungewaschen andern Patienten appliciret, woraus unumgänglich nichts anders erfolgen kan, als daß solche Geschwüre und alte stinckende Schäden fortgepflanzt, und ein guter sich zur Heilung anschickender Schade böß-ärtig und stinckend wird, wie auch sich zu fphaceliren anfängt, und das ganze Glied inficiret, also daß es dem Krancken, wenn man nicht mit tüchtigen der Fäulniß widerstehenden Arzeneyen, oder gar mit der Amputation des Gliedes zu Hülffe kömmt, in die Elisäischen Felder überbringt“.

Bis weit in das 19. Jahrhundert übertrafen alle neu veröffentlichten Verbandlehren nur geringfügig das Niveau der Werke von Bass und Henckel. Lediglich ein neues Material beschäftigt die deutschen Chirurgen: die englische Scharpie, die als der erste Versuch einer industriellen Fertigung von Verbandstoffen zu werten ist.

Aber auch in allen anderen Bereichen der Medizin herrscht Stillstand. Erst das zunehmende Wissensgut der Naturwissenschaften und Technik wird neue Methoden zur Diagnose, Therapie und Prophylaxe von Krankheiten ermöglichen und dazu beitragen, die jahrhundertelange Stagnation in der Medizin zu überwinden.

dem Jahre 1720 mit einer allgemeinen Definition des Verbandes:

„§ 1. Der Verband begreift alles dasjenige in sich, was ein verständiger Chirurgus, nach verrichteter Operation, bey einem Schaden, oder Wunde, dieselben recht zu verbinden, unumgänglich vonnöthen hat. Hierzu gehören also: Meissel, Röhrichen, Feder-Meissel, Pflaster, Bauschen, Schienen, Strohläden und Bandagen; von welchen allen wir nach Vermögen deutlich und ausführlich handeln wollen, daß ein ieder, der nur ein wenig in der Chirurgie erfahren, sich derer mit grossen Nutzen wird bedienen können. Wir machen indessen den Anfang von Meisseln, weil dieselbe gemeinlich anfangs bey den Schaden pflegen gebraucht zu werden.“

Auffallend ist dabei die Vielzahl der Verbandstoffe, aber auch der sonstigen medizinischen Hilfsmittel und chirurgischen Geräte, die in dieser Zeit entwickelt wurden und gebräuchlich waren. Sie zeigen deutlich, wie sehr man um die Lösung medizinischer Probleme bemüht war. Aber immer noch standen der Weiterentwicklung der Chirurgie zwei große Hindernisse im Weg: die unmenschlichen Schmerzen, die jeder Eingriff verursachte und die fast immer eintretende Wundinfektion, die nicht selten zunächst geglückte Operationen letztlich doch scheitern ließ.

Im Hauptteil der Verbandlehren werden dann die Indikation der Verbandstoffe und die speziellen Verbandstechniken erläutert. Auch mögliche Schädigungen des Patienten oder etwaige Kontraindikationen sind miteinbezogen. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß Bass bereits die Gefahren bei Verwendung unsauberer Verbandmaterials schildert und die schlimmen Zustände in den Kranken-

häusern anprangert. Er hat bereits die Auswirkungen der Kontaktinfektion gesehen, obwohl deren Ursachen noch unbekannt waren. Wörtlich schreibt er:

„Auch soll die Leinwand rein, weiß und wohl gewaschen seyn; ingleichen die Binden selbst, welche auf alte, garstige, flüssende und stinckende Schäden appliciret werden, sauber mit Lauge wohl gewaschen und öftters verneuert werden, damit sie nicht einem Glied übele Qualität verursachen, indem vielmahls geschicht, daß von der annoch in der Leinwand steckenden garstigen und stinckenden Materie, welche sich propagiret, eine grössere Fäulniß entstehet, dergestalt, daß nicht allein die Geschwüre und alte Schäden dadurch schlimmer und böß-ärtiger werden, weiter um sich fressen, sondern wohl gar der heisse ja kalte Brand, welcher eine gänzliche Absterbung eines Gliedes ist, können causiret werden. Wie sich öftters pfleget in Hospitälern zuzutragen, da man aus Mangel ge-

Abbildung fehlt aus  
Copyright-Gründen

# Fragen und Antworten aus der Fax-Hotline

## ULZERA BEI DIALYSEPFLICHTIGEN PATIENTEN

**?** Ich habe, ausgehend von einem konkreten Fall, eine allgemeine Frage zur Wundbehandlung bei Dialysepatienten.

Bekanntermaßen treten bei dialysepflichtiger Niereninsuffizienz Hautveränderungen auf, zu denen auch Ulcerationen, teils nach bullöser Dermatitis zählen. Bei einem meiner Patienten, einem 78jährigen Mann, der seit Jahren eine dialysepflichtige Niereninsuffizienz hat, bestehen solche Ulcerationen an den Füßen, wobei die seitlichen Partien der Fußsohle und die Akren bevorzugt betroffen sind. Die Wunden zeigen nur eine zögerliche Heilungstendenz unter den verschiedenen Wundtherapien. Die besten Ergebnisse konnten mit PVJ Salben und Hydrokolloidverbänden erzielt werden.

In mikrobiologischen Abstrichen wurde zwischenzeitlich *Staphyl. aureus* nachgewiesen, aber nicht durchgehend. Es erfolgte eine entsprechende Therapie.

Der Verlauf erstreckt sich mittlerweile über ziemlich genau zwei Jahre, wobei durchaus einzelne Ulcerationen zur Abheilung gebracht werden konnten. Dennoch traten ohne erkennbare Ursache sporadisch neue Ulcerationen auf.

Wie ist der derzeitige Wissensstand zur Pathogenese von diesen Blasenbildungen und Hautulcerationen? Welche Rolle spielt Druck von außen bei der Pathogenese? Was ist erfahrungsgemäß die optimale Therapie?

Da die Ulcerationen Schmerzen verursachen, stellt sich, allerdings eher sekundär, die Frage nach einer adjuvanten Schmerztherapie.

### ! Dr. Birgit Kahle:

Die beschriebene Konstellation könnte zu verschiedenen pathogenetischen Vorgängen passen.

## SO FUNKTIONIERT DIE FAX-HOTLINE 0 73 21 / 36 34 54

Die Fax-Hotline bietet die Möglichkeit, den Expertenbeirat zu Problemen der Wundheilung und Wundbehandlung zu befragen.

Verwenden Sie bitte für Ihre Anfrage einen FAX-Vordruck aus früheren WundForum-Ausgaben oder stellen Sie alle Grunddaten, die zur Beurteilung oder Einschätzung einer Wunde erforderlich sind, selbst auf einem Briefbogen in gut leserlicher Schrift oder Maschinenschrift zusammen: Alter und Geschlecht des Patienten, Wundgenese, Lokalisation, Tiefe und Ausdehnung der Wunde, Grunderkrankungen und Allgemeinzustand des Patienten sowie eine kurze Beschreibung des bisherigen Behandlungsverlaufs.

Der ausgefüllte Vordruck bzw. Ihre Zusammenstellung sind per Fax an die PAUL HARTMANN AG einzusenden.

### Pathogenetische Überlegungen

1. Möglicherweise besteht neben der dialysepflichtigen Niereninsuffizienz eine arterielle Verschlusskrankheit. Deshalb sollte eine arterielle Makroangiopathie durch Dopplerverschlussdrucke ausgeschlossen werden.
2. Die Mediaverkalkung von Arterien bei chronischer Niereninsuffizienz ist ein bekanntes Phänomen. Derartige Veränderungen können in seltenen Fällen auch in den Gefäßen der Haut eine Rolle spielen.
3. Die Calcinose der Haut ist bei Niereninsuffizienz oft an einen sekundären Hyperparathyreoidismus gekoppelt und kann zu Ulcerationen führen. Deshalb sollte bei dem Patienten der Calciumhaushalt sowie

die Vitamin D-Aufnahme kontrolliert werden. Histologisch kann oft eine Verkalkung kleiner Gefäße nachgewiesen werden.

4. Der Calcium-Phosphat-Stoffwechsel spielt eine Rolle in der Ausbildung von Hautläsionen bei chronisch Nierenkranken.
5. Nekrosen der Haut – auch über ein bullöses Stadium – können bei Dialysepatienten durch Heparin induziert sein.
6. Die Hautnekrosen bei Dialysepatienten sind meist nicht druckinduziert – oft treten sie auch abdominell auf.

### Diagnostische Schritte

1. Bestimmung des Calcium/Phosphat-Ionenprodukts.
2. Röntgendarstellung der betroffenen Areale zum Nachweis von arteriellen Calcifikationen.
3. Histologie zum Nachweis cutanovaskulärer Verkalkungen oder Nachweis von Calcium/Phosphatkomplexen in den Gefäßen.
4. Blutbildkontrolle mit Überprüfung der Thrombozytenfunktion bei Verdacht auf heparininduzierte Hautnekrosen.

### Therapeutische Überlegungen

1. Bei bestehender Hyperparathyreoidose sollte die operative Entfernung der Epithelkörperchen erfolgen.
2. Bestehende Ulcerationen sollten nicht mit Calciumalginaten behandelt werden.
3. Der lokale Erfolg einer hyperbaren Sauerstofftherapie wird in der Literatur nur kasuistisch beschrieben.
4. Eine feuchte semi-okklusive Wundbehandlung mit Hydrokolloidverbänden (z. B. Hydrocoll) kann wegen ihrer Effektivität (gute Reinigungswirkung und granulationsförderndes Mikroklima) als Behandlung der Wahl gelten.
5. Die Keimbesiedelung der Ulzera spielt bei niereninsuffizienten Patienten ebenso wie bei venösen Ulzera keine Rolle, so daß die Applikation von lokalen Antibiotika unterbleiben sollte.
6. Wegen der Hemmung des Granulationsgewebes im Wundgrund sollte eine Lokalthherapie mit Polyvidon Jod nicht dauerhaft durchgeführt werden.
7. Die Schmerztherapie sollte symptomatisch erfolgen.