

Informative Möglichkeiten der Wundoberfläche für Vitalitätsbeweis und Wundaltersbestimmung bei Hautschnittwunden

Iwan Lasarov

Lehrstuhl für Gerichtsmedizin am Medizinischen Hochschulinstitut in Varna,
Marin Drinov Strasse 55, BG-9002 Varna, Bulgarien

Information available from examining wound surfaces to determine vitality and the time lapse after skin cut wounds

Summary. A histological study was carried out on skin cut wounds of guinea pigs at various time intervals during the first day after infliction of the cut. At the same time intervals, blood cells were obtained from the wound surface prints and analyzed cytologically and cytochemically. Histological examination showed that a central and peripheral zone formed in the wound area, demonstrating that necrobiotic and inflammatory processes were even occurring in the early hours after injury. However, changes in the quantitative relationships between individual kinds of cells were much more differentiated cytologically and reflected much more precisely. Functional and structural macrophage and lymphocyte changes in the wound region during inflammation were also revealed. In correlation, cytochemical analysis confirmed the concept concerning the development of the inflammatory process in the wound area, as enzyme-activity changes clearly detectable, which reflected the rapid, energetic, plastic cellular processes on the wound surface. Our combined results suggest that the wound surface is a zone of vital processes, but that it is not a “dead,” “necrobiotic” area. The dynamics of the cellular alterations in the wound surface, reflecting the vital processes developing there, can be successfully used when the problem of vitality, especially the time lapse after the skin injury, is to be resolved.

Key words: Skin cut wounds, wound surface histomorphology vitality – Time duration after injury

Zusammenfassung. Es wurde eine histologische Untersuchung der zu Lebzeiten zugefügten Hautschnittwunden bei Meerschweinchen nach verschiedenen Zeitabschnitten im ersten Tag nach Verletzung durchgeführt. In denselben Zeitabschnitten wurden Blutelemente von Abdrücken von der Wundoberfläche entnommen, zytologisch und zytochemisch analysiert. Schon in

den frühen Stunden nach Verletzung, erschien histologisch die bekannte Bildung von einer zentralen und peripherischen Zone im Wundgebiet, wo nekrobiotische und Entzündungsprozesse demonstriert wurden. Jedoch wurden die Veränderungen in den quantitativen Beziehungen zwischen einzelnen Zellarten zytologisch viel differenzierter und präziser dargestellt. Funktionelle und besonders strukturelle Veränderungen in den Makrophagen und Lymphozyten im Wundgebiet während der Entzündung wurden auch nachgewiesen. Die zytochemische Analyse bestätigte korrelierend und anschaulich das Konzept hinsichtlich der Entwicklung des Entzündungsprozesses im Wundgebiet mittels deutlich aufdeckbarer Veränderungen in der Enzymaktivität, die die rasch vor sich gehenden energetisch-plastischen Zellprozesse auf der Wundoberfläche widerspiegeln. Die kombinierten Ergebnisse aus unseren Untersuchungen überzeugen uns davon, daß die Wundoberfläche keine „tote“, „nekrobiotische“, sondern eine Zone vitaler Prozesse darstellt. Die Dynamik der Zellveränderungen auf der Wundoberfläche, welche die sich dort entwickelnden vitalen Prozesse widerspiegeln, kann auch zu dem Vitalitätsbeweis und zu der Wundaltersbestimmung bei Hautschnittwunden erfolgreich angewendet werden.

Schlüsselwörter: Schnittwunden der Haut, Histomorphologie der Wundoberfläche – Vitalitätsbeweis bei Wunden – Wundaltersbestimmung

Der Vitalitätsbeweis und die Wundaltersbestimmung gehören zu den wesentlichsten und aktuellsten Fragen in der gerichtsmedizinischen Praxis. Damit weitere und überzeugendere Beweise für die Vitalität einer gegebenen Verletzung aufgebracht werden und die wirklich verflossene Zeit ihrer Zufügung zuverlässiger festgestellt wird, führt man ein breites Spektrum von Untersuchungsmethoden und Mitteln in die gerichtsmedizinische Praxis ein. Die histomorphologische Analyse des Wundgebietes ist eine seit langem durchgesetzte Informationsquelle. In ihren Untersuchungen berichten manche Autoren (Raekallio 1961, 1965; Lindner 1962, 1967; Friebel und Woohsmann 1968; Berg 1972; Kontzevich et al. 1980), daß schon in den frühen Zeitabschnitten nach Verletzung die Merkmale der vaskular-zellulären Reaktion während der Entzündungsentwicklung im Wundgebiet erscheinen. Zusammen mit den Veränderungen in der zellulären Zusammensetzung der geschädigten Gewebe macht sich dort die Bildung zweier Zonen – einer zentralen und einer peripheren – bemerkbar. Wegen des Übertreffens der Adaptionsmöglichkeiten der Zellen in der zentralen Zone, die unmittelbar an der Wundoberfläche gelegen ist, verursacht der zugefügte Schaden fortschreitende dystrophische und umkehrbare nekrobiotische Veränderungen in diesen Zellen, die in wenigen Stunden als eine vollständige Nekrose enden. Deshalb hört die zentrale Wundzone, die schon eine „tote“, „nekrobiotische“ Zone darstellt, auf, informative Angaben für die Wundaltersbestimmung zu liefern. Gleichzeitig wird festgestellt, daß das Erscheinen und die Entwicklung der hämodynamischen Veränderungen und besonders der Leukozyteninfiltration in der peripheren Zone wesentliche Zeitvariationen aufweisen. Wie Allgöwer (1967) bemerkt, kann die Leukozyteninfiltration im Zeitabschnitt bis zur 24. Std. nach Verletzung auftreten.

Es steht außerdem fest, daß nach Hautverletzungen in verschiedenen Zeitschnitten die Aktivität der Enzyme, die Schlüsselpositionen im Metabolismus der beschädigten Gewebe haben, steigt. Das ist ohne Zweifel ein Ausdruck der Verstärkung der Stoffwechselprozesse selbst, wodurch die lebendige Materie nach Anpassung an die ungewöhnliche Einwirkung und nach Überwindung der schädigenden Folgen strebt. Nach diesem vornehmlich energetisch-metabolischem Anfangsausbruch beginnt in der verletzten Haut die Bildung von zwei Zonen, wo sich die Enzymaktivität immer mehr quantitativ unterscheidet. In den Zellen der peripheren Zone wird der Schaden mit Hilfe maximaler Verstärkung der metabolischen Prozesse überwunden. Das bedingt die außerordentlich starke Erhöhung der Enzymaktivität in den Geweben in dieser Zone. Jedoch ist dieser Prozeß in der zentralen Zone genau entgegengesetzt. Aber die Ergebnisse der zahlreichen Untersuchungen weisen einen zu sehr großen Zeitunterschied im Ausdruck der feststellbaren Veränderungen in der Aktivität der einzelnen Enzyme auf. Diese Unterschiede wurden von maßgebenden Forschern betont und berichtet (Raekallio 1961, 1966, 1967; Friebel und Woohsmann 1968; Lindner 1969; Berg et al. 1976, 1977; Kontzevich et al. 1977; Hancock et al. 1978; Bode et al. 1979 u.a.). Deshalb empfehlen die meisten von ihnen und insbesondere Raekallio (1972), daß die Wundaltersbestimmung durch die Anwendung mehrerer unabhängiger Methoden erfolgt.

Angesichts dieser Tatsachen untersuchten wir die Wundoberfläche mit Hilfe der zytologischen und zytochemischen Analyse von Zellen, in verschiedenen Zeitschnitten nach Verletzung aus dem histomorphologisch studierten Wundgebiet entnommen, damit wir frühere und präzisere Kennzeichen für Vitalitätsbeweis und besonders für Wundalterbestimmung bei Hautschnitwunden feststellen.

Material und Methoden

Nach vorherigem Kürzen der Fellhaare auf dem Rücken in der Nähe des Halses wurden bei 120 Meerschweinchen mit einem scharfen Gegenstand Schnittwunden von 3 cm Länge gesetzt. Der Schnitt ging durch alle Schichten der Haut und Unterhaut bis auf die Faszien der darunterliegenden Muskelgruppen. Die Tiere wurden auf scharfe Art und Weise in Serien von je 5 Meerschweinchen getötet, und zwar unmittelbar nach der Verletzung, in der 10., 30. und 60. Min. und in der 2., 4., 8., 12. und 24. Std. nach der Verwundung. Unmittelbar nach der Tötung sowie in der 1., 2., 4., 8., 12., 18. und 24. Std. nach der Tötung wurden von der Wundoberfläche Abdrücke auf vorher gut gereinigte und leicht angewärmte Deckgläsern entnommen. Die Abdrücke ließen wir bei Zimmertemperatur trocknen. Einen Teil davon färbten wir mit Hämalaun-Eosin, und einen anderen Teil bearbeiteten wir mit enzymchemischen Methoden zur Demonstration: – der Alkaliphosphataseaktivität, wobei als Substrat Natriumnaphtholphosphat AS MX und als Distickstoffsalz fast garnet GBC verwendet wird; – der Säurephosphataseaktivität, bei der als Substrat Natrium-alpha-Naphthylphosphat und als Distickstoffsalz fast garnet GBC verwendet wird; – der Enzymaktivität der Sukzinatdehydrogenase nach der Methode von Nachlas et al. 1957; der Enzymaktivität der Lactatdehydrogenase und Glucose-6-Phosphatdehydrogenase nach der Methode von Gerebtzoff 1966, 1968. Die Inkubationszeit betrug 90 Min.

Gleich nach der Entnahme der Abdrücke wurden von derselben Wundfläche Hautstückchen für histologische Untersuchung entnommen. Wir verwendeten die histologische Methode mit dichromatischer Hämatoxylin-Eosin-Färbung, wie auch die bekannten Färbungsmethoden für Kollagenfasern nach Van Gieson, für elastische Fasern und Fibrin nach Weigert.

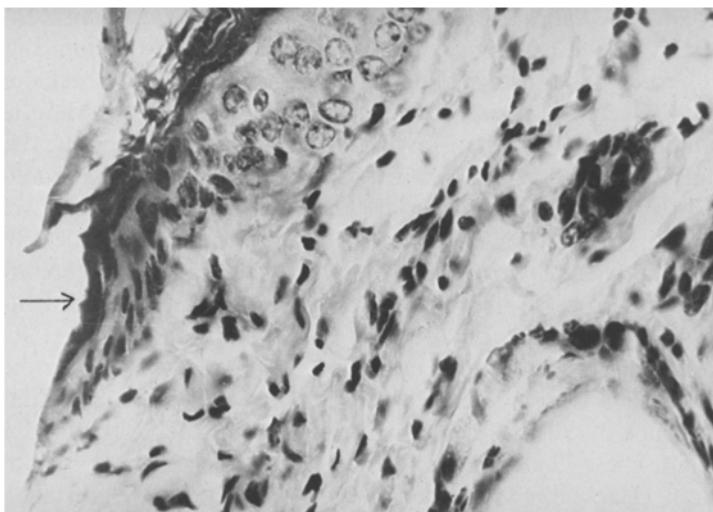


Abb. 1. Hautschnittwunde eines Meerschweinchens, die unmittelbar vor der Tötung des Tieres zugefügt wurde. Auf der Wundoberfläche fehlt die äußerste Hornschicht; die Zellen der Malpighischen Schicht sind deformiert und durcheinander gelegen. Sie weisen ein dichteres Chromatin auf. (Hämalaun-Eosin, $\times 400$)

Ergebnisse

Im Gebiet von Schnittwunden, die unmittelbar vor der Tötung der Meerschweinchen gesetzt worden waren, ergab sich das Bild, welches der normalen histologischen Struktur der Haut von experimentellen Tieren entsprach. Jedoch fehlte die äußerste Hornschicht an der Wundoberfläche selbst. Dort waren die Zellen der Malpighischen Schicht leicht deformiert, verlängert und mit ausgedehnten Kernen mit dichtem Chromatin. Diese, und insbesondere die Zellen der basalen Schicht sind unregelmäßig zueinander gelegen.

In den zu Lebzeiten zugefügten Hautwunden bis zur 30. Min. gibt es schon eine reichliche Gefäßstauung. Im Lumen beginnt man segmentkernige, an der Gefäßwand gelegene Leukozyten zu bemerken. Einige von ihnen, die unmittelbar an der Gefäßwand liegen, können als eine mögliche Phase der Diapedese betrachtet werden. In Hautschnittwunden von Meerschweinchen werden in späteren Perioden der Verletzungen zu Lebzeiten im Arteriolenlumen wesentlich mehr segmentkernige Leukozyten beobachtet. Solche Leukozyten sieht man auch um die Gefäße herum. An der Wundoberfläche selbst gibt es in Gruppen angehäuften Erythrozyten, unter denen feine Fibrinstränge abgelagert sind. Um die 4. Std. nach der zu Lebzeiten zugefügten Verletzung gibt es auf der Wundoberfläche eine Schicht von Erythrozyten, die meisten von welchen sich in einer fortgeschrittenen Stufe der Hämolyse befinden. Darunter stellt man eine Vielzahl von segmentkernigen Leukozyten und eine Menge von Lymphozyten fest. Dieser Befund auf der Wundoberfläche kann auch bei viel später zu Lebzeiten zugefügten Verletzungen beobachtet werden. Bei stärkerer mikroskopischer Vergrößerung sieht man gut die intakte morphologische Struktur

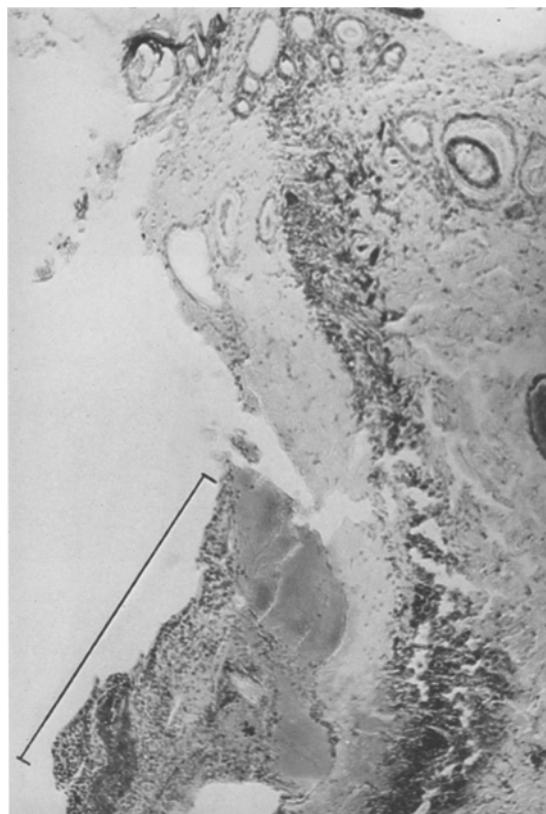


Abb. 2. Hautschnittwunde eines Meerschweinchens, die 18 Std. vor der Tötung des Tieres zugefügt wurde. Auf der Wundoberfläche sind Ablagerungen von Fibrin mit Leukozyten und Lymphozyten zu sehen. Die dermale Schicht zeigt eine stark ausgeprägte Infiltrierung mit Leukozyten und Lymphozyten in der peripherischen Zone. (Hämalaun-Eosin, $\times 800$)

der segmentkernigen Leukozyten, die sich von dieser der in der dermalen Schicht im Wundgebiet gelegenen segmentkernigen Leukozyten bedeutend unterscheidet. In der zentralen Zone der Wunde unweit der Wundoberfläche sind die Kollagenfasern deutlich bleicher gefärbt. Seitlich von ihnen kann man bei Verletzungen mit schon 4-stündiger Dauer zu Lebzeiten in der dermalen Hautschicht Stränge von mäßig ausgeprägtem Infiltrat von segmentkernigen Leukozyten und hier und da Lymphozyten beobachten. Dieses Zellinfiltrat wird massiver und grenzt die peripherische von der zentralen Zone des Wundgebietes bei Verletzungen mit längerer Dauer zu Lebzeiten gut ab.

In den Abdrücken aus Wunden von Meerschweinchen, die unmittelbar vor der Tötung zugefügt worden sind, stellt man eine Zahldarstellung der Blutzellen, die deren Normalen Verteilung im peripherischen Blut entspricht, fest. In den Abdrücken aus Wunden mit 2- und besonders mit 4-stündiger Dauer zu Lebzeiten sinkt die Erythrozytenzahl, wobei die Zahl der neutrophilen segmentkernigen Leukozyten allmählich steigt. Die Zerstückelung ihrer Kerne vergrößert sich. Im Zytoplasma einiger Zellen betrachtet man Vakuolisierung und phagozytierte Teile, höchstwahrscheinlich von Erythrozyten. Einzelne jüngere Formen von Stabzellen kommen auch vor. Neben den kleinen gibt es auch ein-



Abb. 3. Ein Teil der Wundoberfläche, die in der Abb. 2 dargestellt ist, jedoch stärker vergrößert ($\times 200$). Man sieht Lymphozyten und Leukozyten mit einer feststellbaren segmentkernigen Struktur, in Fibrinsträngen einbezogen. (Hämalaun-Eosin)

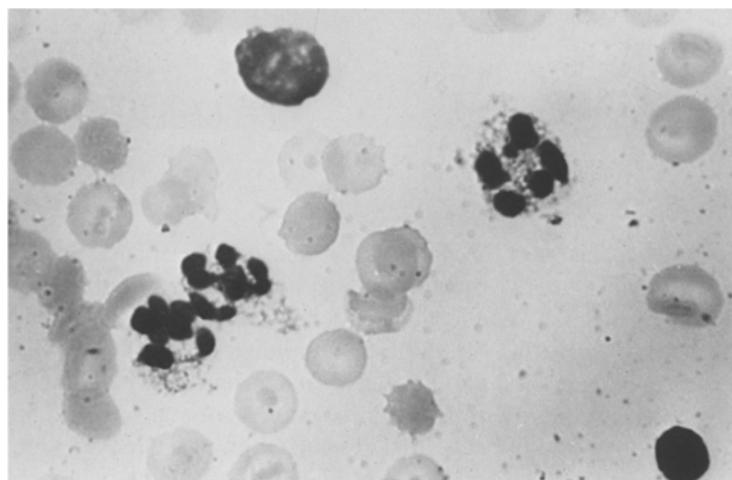


Abb. 4. Abdruck von einer Hautschnittwunde eines Meerschweinchens, die 4 Std. vor der Tötung des Tieres zugefügt wurde. Erythrozyten mit sichtbar erhalten gebliebener Struktur. Lymphozyten und neutrophile segmentkernige Leukozyten mit ausgeprägter Zerstückelung der Kerne. (Hämalaun-Eosin, $\times 1600$)

zelne größere Lymphozyten, die den aktivierten Lymphzellen entsprechen. Makrophagen können auch gesehen werden. Im Zytoplasma einiger Makrophagen findet man phagozytierte Strukturen. In den späteren Perioden unserer Untersuchungen ergibt sich ein ähnliches Bild. Darin überwiegen die Formen der reifen neutrophilen segmentkernigen Leukozyten mit stärker ausgeprägter

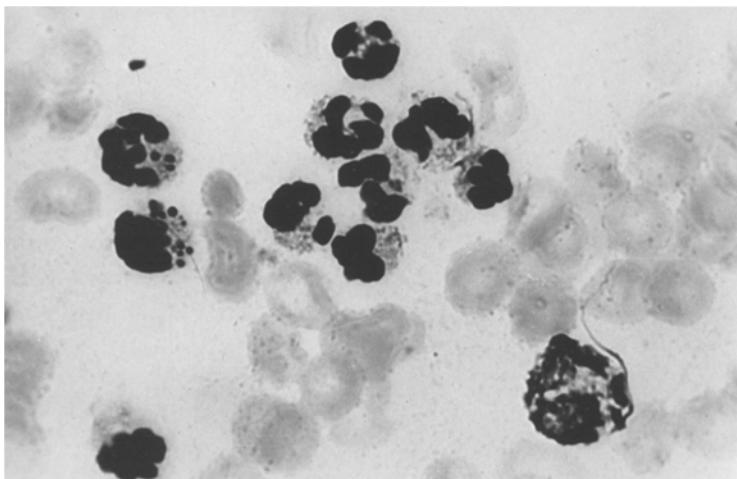


Abb. 5. Abdruck von einer Hautschnittwunde eines Meerschweinchens, die 12 Std. vor der Tötung des Tieres zugefügt wurde. Erythrozyten mit undeutlichen Grenzen. Neutrophile segmentkernige Leukozyten und Makrophagen mit Vakuolisierung und phagozytierten Teilchen im Zytoplasma. (Hämalaun-Eosin, $\times 1600$)

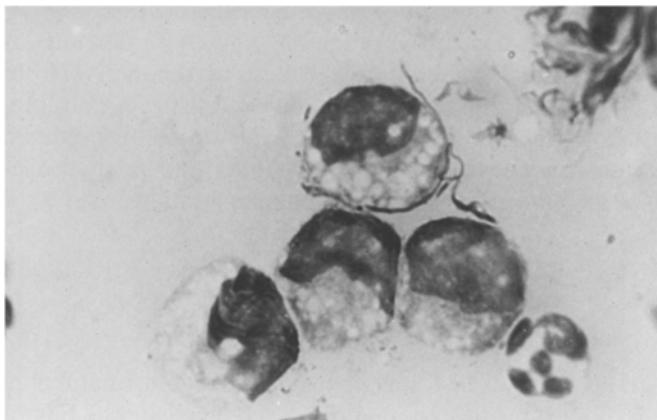


Abb. 6. Abdruck von einer Hautschnittwunde eines Meerschweinchens, die 18 Std. vor der Tötung des Tieres zugefügt wurde. Neutrophiles segmentkerniges Leukozyt und Makrophagen mit ausgeprägter Vakuolisierung im Zytoplasma. (Hämalaun-Eosin, $\times 1600$)

zytoplasmatischer Vakuolisierung und mit Vorhandensein von phagozytierten Teilen. Die Erythrozyten verlieren immer mehr und mehr ihre normale Form und stellen dann Schatten dar.

In den zu Lebzeiten zugefügten Hautverletzungen von Meerschweinchen, die unmittelbar vor der Tötung der Tiere und mit 2-stündiger Dauer gesetzt worden sind, werden keine nennenswerten Veränderungen in der Enzymaktivität der Zellen in den Abdrücken bei den von uns untersuchten Enzymen beobachtet.

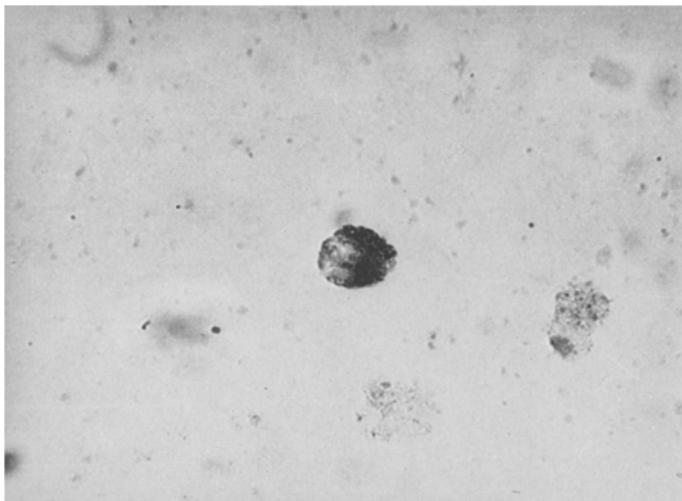


Abb. 7. Abdruck von einer Hautschnittwunde eines Meerschweinchens, die 4 Std. vor der Tötung des Tieres zugefügt wurde. Gesteigerte Laktatdehydrogenasenaktivität, ausgedrückt durch eine Vielzahl grober Granula und diffuses Dunklerwerden des Zytoplasmas eines segmentkernigen Leukozyten. (Färbemethode nach Gerebtzoff, $\times 1600$)

Schon um die vierte Stunde nach der zu Lebzeiten zugefügten Verletzung erhöht sich in den schon zahlreichen segmentkernigen Leukozyten die Aktivität dieser Enzyme, die durch Granula und eine diffuse, für jedes Enzym charakteristische Färbung des Zytoplasmas ausgeprägt wird. Wie wir schon betonten (Lasarov 1988), ist die Steigerung der Enzymaktivität bei der Lactatdehydrogenase und der Glucose-6-Phosphatdehydrogenase am demonstrativsten.

Diskussion

Die vorliegenden Resultate aus den histologischen Untersuchungen stimmen mit den Angaben, die die anderen Autoren über die durch mechanische Faktoren verursachten Veränderungen in der verletzten Haut berichten, überein. Die festgestellten obschon insignifikanten Veränderungen in der äußersten und Malpighischen Schicht in den Hautwunden, die unmittelbar vor der Tötung der experimentellen Tiere gesetzt worden sind, können in dieser Anfangsperiode nach Behandlung, wie auch Karyakin (1966) betont, auf den mechanischen Charakter der Läsion hinweisen. In den nächsten Zeitabschnitten nach vitalen Verletzungen, wie Raekallio 1961, 1965; Lidner 1967; Prokop und Göhler 1975; Kontzevich et al. 1980; Sedlarik 1984 konstatieren, beginnen die Anfangszeichen des Entzündungsprozesses in der Läsionszone zum Vorschein zu kommen. Die hämodynamischen Veränderungen und besonders die leukozytäre Infiltrierung in der peripherischen Zone des Wundgebietes stellen einen zweifellosen Vitalitätsbeweis der Verletzung dar. Jedoch ist das Erscheinen dieser leukozy-

tären Infiltrierung wegen des festgestellten großen Zeitunterschiedes ein sehr ungenaues Kriterium für Wundaltersbestimmung geworden. Dieser Umstand hat längst viele Forscher gezwungen, nach neuen Informationsquellen über die sich im Wundgebiet entwickelnden Erscheinungen und Vorgänge zu suchen, wodurch eine bestimmtere und präzisere Vorstellung über die tatsächlich verstrichene Zeit vom Moment der Verletzung erzielt werden kann.

Die zytologische Analyse oder die Analyse der einzelnen Zelle, die aus ihrer Wechselbeziehung im Gewebe des Wundgebietes isoliert worden ist, schafft größere Möglichkeiten für eine präzise und viel frühere Feststellung der sich in der Wundzone entwickelnden Veränderungen. Das wird auch in den Ergebnissen aus unseren Untersuchungen der durch Abdrücke von der Hautwundfläche entnommenen Zellen deutlich. Die Dynamik der Veränderungen in den quantitativen Wechselbeziehungen der einzelnen Zellarten und insbesondere die strukturellen und teilweise die funktionellen Veränderungen in den Makrophagen betrachtet man als morphologische Manifestation der sich entwickelnden Entzündungsveränderungen in der Zone der mechanischen Schädigung. Der konkrete Inhalt und die Folgerichtigkeit der Äußerungen dieser zellulären Veränderungen sind andererseits in engem Zusammenhang mit den Entwicklungsstufen des Entzündungsprozesses selbst während der verschiedenen Zeitabschnitte nach dem Moment der Verletzung. Diese quantitativen und qualitativen Veränderungen in den aus der Wundoberfläche entnommenen Zellen können nicht nur als ein begründeter Vitalitätsbeweis der Verwundung ausgenutzt werden. Die Folgerichtigkeit dieser Veränderungen, die durch die Entwicklung des Entzündungsprozesses im Laufe der Zeit in der Schädigungszone bedingt ist, kann auch bei der Wundaltersbestimmung selbst erfolgreich angewendet werden.

Die durchgeführte zytochemische Analyse zeigt recht dynamische Veränderungen in der Aktivität der beobachteten Enzyme, die wesentliche Positionen im Stoffwechsel der Zellen im Wundgebiet einnehmen. Zweifellos kann man auf Grund der Veränderungen in der Aktivität dieser Enzyme auf die sich entwickelnden Veränderungen in den Zellen selbst Rückschlüsse ziehen. Die Entwicklung und der Grad dieser Veränderungen stehen ihrerseits in enger Abhängigkeit von der verstrichenen Zeit vom Moment der zugefügten Schädigung bis zum Moment der durchgeführten Beobachtung. Also kann man in der Dynamik der Veränderungen in der Aktivität der untersuchten Enzyme biochemisch bedingte Marker nicht nur für den Vitalitätsbeweis, sondern auch für die Wundaltersbestimmung der Haut finden.

Andererseits stellt die Fähigkeit der zytochemischen Analyse die einzelne, aus ihren Wechselbeziehungen mit den anderen Gewebeteilen isolierte Zelle zu studieren, einen wesentlichen Vorteil im Vergleich zur routinen histologischen Untersuchung dar. Bei der Verwirklichung der histochemischen Analyse ist es notwendig, die Zellen des untersuchten Gewebes sehr grob zu behandeln, was zu schweren strukturellen Störungen vieler Zellen führt. Diese unvermeidbare mechanische Zerbrechung einiger Zellen während der Mikrotombearbeitung der histochemischen Untersuchung ermöglicht den Ausguß von Substraten anderer Materien in den interzellulären Raum, die das Entstehen zahlreicher Artefakte, eine diffuse Enzymreaktion usw. hervorrufen. Bei der zytochemischen

Analyse der von der Wundoberfläche entnommenen Zellen bestehen keine Bedingungen für solche Defekte.

Gleichzeitig stellen wir in der vorliegenden Untersuchung fest, daß während der Periode unserer Beobachtung die auf der Wundoberfläche gelegenen Zellen eine wesentlich mehr erhaltengebliebene Struktur und eine ausgeprägte enzymatische und funktionelle Aktivität aufweisen, im Vergleich zu den Zellen im Wundgebiet der Haut selbst, die und besonders diejenigen in der zentralen Wundzone schon in den ersten Stunden nach Verletzung schnell nekrotisieren. Diese Konstatierung begründet die Erklärung, daß während der von uns beobachteten Periode immer noch verhältnismäßig günstige komplexe Bedingungen für die weitere Funktionierung der Zellen auf der Wundoberfläche bestehen. Von wesentlicher Bedeutung für diese Bedingungen sind nicht nur die unmittelbaren Kontakte dieser Oberfläche mit dem Atmosphärensauerstoff und das sich ständig erfrischende, die tiefen Gewebeschichten verlassende und eine fast normale isotonische Zusammensetzung aufweisende Plasma, sondern auch die an der Wundoberfläche nahe zur physiologischen Grenze für den Zellmetabolismus aufrechterhaltene Temperatur. In Gesamtheit entsteht eine Situation, die bedeutend bessere Möglichkeiten für die Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen und das längere Erhaltenbleiben der Zellen, die auf der Wundoberfläche liegen, im Vergleich zu denjenigen in der zentralen und peripherischen Zone des Wundgebietes schafft. Die Feststellung bestätigt die Daten aus anderen eigenen Untersuchungen (Lasarov et al. 1984), in denen mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie keine signifikanten Veränderungen in den Erythrozyten aus der Wundfläche der Haut von Meerschweinchen, durch Abdrücke mehrere Stunden nach Verletzung entnommen, festgestellt werden konnten.

Man kann daraus schlußfolgern, daß die Resultate aus den durchgeführten Untersuchungen die Notwendigkeit einer größeren Aufmerksamkeit und Interesse an der Wundoberfläche und ihrer Umwandlung in ein selbständiges Objekt der gerichtsmedizinischen Untersuchung begründet, wenn der Vitalitätscharakter und besonders das Wundalter zu bestimmen ist. Wenn auch unmittelbar gelegen und intim mit der zentralen Zone der Wunde verbunden, ist diese Oberfläche keine „tote“ – „nekrobiotische“ Zone, wofür die zentrale Zone selbst von den meisten Forschern berechtigt gehalten wird. Wegen der besonderen Bedingungen ihrer Lage hat die Wundoberfläche ein eigenartiges Wesen und eine eigene Charakteristik. Dadurch bekommt sie eine selbständige Bedeutung und unterscheidet sich im wesentlichen von der zentralen und peripherischen Zone des Wundgebietes der Haut. Als ein eigenartiges und außerordentlich dynamisches Kriegsfeld zwischen dem Leben und Tod der lebendigen Materie, besitzt die Wundoberfläche sehr umfangreiche und ungenügend ausgenutzte bis heutzutage informative Möglichkeiten, auf deren Grund der Vitalitätsbeweis und insbesondere die Wundaltersbestimmung weit präziser erzielt werden kann. Mit Hilfe der zytomorphologischen und funktionellen Veränderungen und der deutlich demonstrierten Dynamik in den Veränderungen in der Enzymaktivität in den durch Abdrücke von der Wundoberfläche entnommenen Zellen während der von uns beobachteten Periode kann man überzeugende biologisch bedingte Marker für eine differenzierte und viel präzisere Bestimmung der Vitalität der Hautverletzungen und besonders des Wundalters finden.

Literatur

- Allgöwer M (1967) The cellular basis of wound repair. Springfield, Ch C Thomas Publisher, cited after J Raekallio: Über die fermenthistochemischen vitalen Reaktionen von Hautwunden. *Dtsch Z Gerichtl Med* 59: 54–63
- Berg S (1972) Die Altersbestimmung von Hautverletzungen. *Z Rechtsmed* 70: 121–135
- Berg S, Bode G, Garbe G (1976) Der Einfluß von Blutverlust, Kälte, Alkohol und Hypnotika auf die frühen Wundreaktionen. *Forensic Science. Abstracts of papers presented at the 10. Congr. of the Internat. Acad Legal Med and Soc Med Munich* 182–183
- Berg S, Bode G, Garbe G, Sillus U (1977) Der Einfluß von Blutverlust und Alkohol auf die frühen Wundreaktionen. *Z Rechtsmed* 80: 39–49
- Bode G, Garbe G, Stöckigt W, Förster B (1979) Der Einfluß von Schlafmitteln auf die Entwicklung der morphologischen und biochemischen Wundreaktionen. *Z Rechtsmed* 82: 337–347
- Friebel L, Woohsmann H (1968) Die Altersbestimmung von Kanüleneinstichen mittels enzymhistochemischer Methoden. *Dtsch Z Gerichtl Med* 62: 252–260
- Gerebtzoff MA (1966) Détection histochimique d'isoenzymes de la LDH dans le nerf et le ganglion spinal. *C R Soc Biol (Paris)* 160: 1323–1325
- Gerebtzoff MA (1968) Contribution histochimique à l'étude de la lactate dehydrogénase et ses iso-enzymes. *Pathol Biol (Paris)* 16: 601–609
- Hancock DC, Wilber CG, Nash DJ (1978) Histochemical studies of wound healing in the hair-loss mouse. *Z Rechtsmed* 82: 121–127
- Karyakin VY (1966) Forensic-medical study of injuries by stab-cut weapons. Medizina, Moscow, pp 21–43 (Russ)
- Kontzevich IA, Kidraliev SK, Gaibov AG (1977) The problem of forensic-medical diagnosis of vitality and time duration after mechanical trauma infliction. *Sud Med Ekspert* 3: 18–22 (Russ)
- Kontzevich IA, Marchuk AI, Fedotov AF (1980) Reaction changes in vitally traumatized tissues in dependence on the time duration of infliction. In: *Sud Med Ekspert*, Kiev, pp 22–24 (Russ)
- Lasarov I (1988) Enzymaktivität von Leukozyten aus Schnittwunden der Haut mit verschiedener Wundaltersbestimmung. *Z Rechtsmed* 100: 157–164
- Lasarov I, Dimitrov M, Mechenov G, Tzankov Y (1984) Study of erythrocyte morphology in skin cut wounds by scanning electron microscopy. *Sud Med Ekspert* 4: 16–18 (Russ)
- Lindner J (1962) Die Morphologie der Wundheilung. *Langenbecks Arch Chir* 301: 39–70
- Lindner J (1967) Vitale Reaktionen. *Dtsch Z Gerichtl Med* 59: 312–344
- Lindner J (1969) Metabolism of granulation tissue and other connective tissues. *Scand J Clin Lab Invest* 108: 12–13
- Nachlas MM, Tsou KC, Souza E, Cheng CS, Seligman AM (1957) Cytochemical demonstration of succinic dehydrogenase by the use of a new p-nitrophenyl substituted ditetrazole. *J Histochem Cytochem*, v 5 4: 420–436
- Prokop O, Göhler W (1975) Forensische Medizin. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, S 73–84
- Raekallio J (1966) Applications of histochemistry to forensic medicine. *Med Sci Law* 6: 142–146
- Raekallio J (1972) Determination of the age of wounds by histochemical and biochemical methods. *Forens Sci Int* 1: 3–16
- Raekallio J (1965) Die Altersbestimmung mechanisch bedingter Hautwunden mit enzymhistochemischen Methoden. Lübeck, Schmidt-Römhild, S 11–16
- Raekallio J (1961) Histochemical studies on vital and post-mortem skin wounds. University of Helsinki, p 7–11
- Raekallio J (1967) Über die fermenthistochemischen vitalen Reaktionen von Hautwunden. *Dtsch Z Gerichtl Med* 59: 54–63
- Sedlarik KM (1984) Diagnostik der Wundheilung. In: *Wundheilung*, Verlag G Fischer, Jena, S 137–139