

Identifizierung und Altersbestimmung von Nadelstichverletzungen in der menschlichen Haut

D. Gerlach*

Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Münster, Von-Esmarch-Straße 86, D-4400 Münster

Identification and Determination of Age of Needle Tracks in Human Skin

Summary. Examination of enzymic activities and histochemical reactions on needle pricks can be used to determine the age of micro-injuries with sufficient exactness. Well preserved skin shows patterns of enzymes which also appear with other skin injuries and which were described in detail especially by Raekallio (1970, 1972). In autolytical changes of the skin the adenosinetriphosphatase-reaction is still reliable and can be successfully estimated. If one has sufficient experience it is possible to fairly exactly estimate the age of an injury within the first hour after the injury by preparation of the adenosinetriphosphatase-reaction. If the times of injections are known one frequently succeeds in determining the time of death by exactly determining the age of the injury. In legal expertises the histochemical reactions can rightly be regarded as useful indications of a certain age of the injury. But they do not allow an exact estimate „beyond a reasonable doubt”.

Zusammenfassung. Histochemische Untersuchungen von 109 Nadelstichverletzungen an 96 Proben menschlicher Haut zeigen, daß eine Altersbestimmung des Mikrotraumas innerhalb brauchbarer Grenzen möglich ist. In 80 Fällen mit gut erhaltener, frischer Haut waren je nach Wundalter die Adenosintriposphatase, die alkalische und saure Phosphatase, die Aminopeptidase und die unspezifischen Esterasen darstellbar. In 16 Fällen mit autolytisch veränderter Haut war nur die Adenosintriposphatasereaktion noch brauchbar zu beurteilen. Bei einiger Erfahrung konnte, durch Sichtbarmachung der Adenosintriposphatase, das Alter einer Verletzung in einen Zeitraum von mehr oder weniger als einer Stunde eingeordnet werden.

Bei bekanntem Injektionszeitpunkt ist der Todeszeitpunkt exakt bestimmbar. In juristisch relevanten Fällen können die histochemischen Reaktionen als brauchbare Hinweise angesehen werden, um eine Wundaltersbestimmung vorzunehmen. Dagegen ist es nicht möglich, eine an Sicherheit grenzende Wahrscheinlichkeit durch diese Methode festzustellen.

Key words. Nadelstichverletzung – Wundaltersbestimmung – Vitale Reaktion, Nadelstichverletzung

* Herrn Dr. Jan Zeldenrust, Direktor des Gerechtelijk Geneeskundig Laboratorium in Rijswijk, gewidmet als Dank für einen Studienaufenthalt in seinem Institut

Einleitung

Mit zunehmender Zahl der Untersuchungen von Rauschmittelkonsumenten ist die Identifizierung und Altersbestimmung von Nadelstichverletzungen der menschlichen Haut in der Rechtsmedizin in der letzten Zeit wieder mehr in den Vordergrund getreten. Während die Beurteilung von Nadelstichverletzungen der Haut lebender Menschen vom Aspekt her vorgenommen werden muß, ohne daß besondere Beurteilungsmaßstäbe gegeben sind, ist die Altersbestimmung von Mikrowunden bei Sektionsfällen ohne große Schwierigkeit möglich, weil anschließende histologische und histochemische Untersuchungen durchgeführt werden können.

Bei der Untersuchung Lebender muß die Beurteilung, wie die Erfahrung lehrt, mit äußerster Zurückhaltung vorgenommen werden. Dabei ist eine Altersbestimmung nur innerhalb großer Grenzen möglich und deshalb auch nur von verhältnismäßig geringer Beweiskraft. Der Unterschied zwischen älteren traumatischen Hautveränderungen, Hauterkrankungen und lokalen Vertrocknungen der Haut ist ein Problem, das vielfach nur durch mikroskopische Untersuchungen an Hautpräparaten sicher gelöst werden kann.

Durch histologische Untersuchungen wurde bei Nadelstichverletzungen infolge einer Injektion ein Abheilungsmodus gefunden, der die Identifizierung und Altersbestimmung der Verletzung innerhalb größerer Grenzen zuläßt (Boltz, 1951; Schollmeyer, 1965; Kellner und Feucht, 1969). Bei frischen, einige Stunden alten Verletzungen wird zunächst die Hautwunde durch einen Blutpfropf verschlossen. Zellige Infiltrationen vom Wundrand her werden frühestens nach 4 Stunden beobachtet. Während einer Periode von 8 – 16 Stunden nach der Verletzung ist der Pfropf verfestigt und steckt in einer inzwischen ausgebildeten Demarkationszone im Corium mit einer granulocytären Infiltration in der Umgebung der Verletzung. Der Blutpfropf wird nach etwa 36 Stunden in die auf diese Weise gebildete Schüssel eingezogen. Er ragt anfänglich über das Hautniveaus hinaus, zieht sich aber während des 3. und 4. Tages nach der Verletzung zurück. Ein oder zwei Tage später wird er abgestoßen. Die Schüssel hebt sich inzwischen und erreicht nach weiteren ein oder zwei Tagen das ursprüngliche Hautniveau. Im histologischen Bild bleiben dann noch Restzustände bis zum 8. oder 9. Tag bestehen und lassen so die Nadelverletzung teilweise noch erkennen, teilweise eben noch vermuten.

Eine bessere und frühzeitigere Beurteilung des Verletzungsalters ist mit histochemischen Methoden möglich (Berg, 1975). Anhand des Auftretens verschiedener Reaktionen kann das Wundalter innerhalb methodenabhängiger Grenzen festgestellt werden. Für größere Hautverletzungen ist eine Methode zur Altersbestimmung von Raekallio (1970, 1972) angegeben worden. Die früheste Reaktion von größeren Hautverletzungen zeigt dabei die Adenosintriphosphatase. An Nadelstichverletzungen der Haut von Ratten haben Friebel u. Woohsmann (1968) Enzymmuster bestimmt und dabei die Aktivität der unspezifischen Esterase und der Adenosintriphosphatase gleichzeitig auftretend festgestellt, zeitlich gefolgt von dem Erscheinen einer verstärkten sauren Phosphatasereaktion.

In der späten Wundphase ist eine Altersbestimmung anhand des Wechsels vom granulocytären Infiltrat möglich (Berg, 1975).

Aufgabe dieser Untersuchung ist es, zu prüfen, ob die von Raekallio (1970, 1972) angegebenen Methoden zur Altersbestimmung größerer Hautverletzungen auch bei

Nadelstichverletzungen Gültigkeit haben und ob im Sektionsmaterial an der menschlichen Haut brauchbare und in forensischer Hinsicht verwertbare Resultate erhältlich sind.

Material und Methode

Nach tierexperimentellen Voruntersuchungen wurden bei 96 gerichtlichen Leichenöffnungen 96 Hautproben mit insgesamt 109 Injektionsstichverletzungen entnommen, von denen die Entstehungsweise und Überlebensdauer aus den ärztlichen Aufzeichnungen bekannt war. In 16 Fällen war die Haut durch Leichenfäulnis bereits grün-grau gefärbt. Zusätzlich wurden 76 Platz- und Quetschwunden, 54 Stich- und Schnittwunden sowie 31 weitere Hautverletzungen unterschiedlicher Entstehungsart an frischem Material untersucht. Die Asservate wurden in 4%igem gepufferten Formalin und in Formalin-Calcium fixiert. Teilweise wurden Kryostatschnitte hergestellt. Das fixierte Material wurde abhängig von der Methode zu Gefrierschnitten oder Paraplastschnitten verarbeitet. Folgende Färbungen und enzymhistochemische Reaktionen wurden durchgeführt: HE- und Trichromfärbung; histochemische Darstellung der Adenosintriphosphatase, der unspezifischen Esterasen, der Aminopeptidase und der sauren und alkalischen Phosphatase (Arnold, 1968; Spannhof, 1967). Sämtliche histochemischen Reaktionen wurden durch positive und negative Kontrollreaktionen gesichert.

Befunde

Mittels histologischer Methoden ist es möglich, Nadelstichverletzungen zu identifizieren und das Alter in großem Rahmen festzustellen. Ein Abheilungsmodus, wie er von Boltz (1951), Schollmeyer (1965) und Kellner und Feucht (1969) beschrieben wurde, ist sowohl bei Nähnadelstichen als auch bei Injektionsnadelverletzungen gut abzugrenzen. Bei 32 Patienten, die nach Schädel-Hirn-Traumen auf einer Intensivstation behandelt oder nach einer Vergiftung beatmet wurden, zeigt sich anhand der histologischen Methoden ein gleichartiger Heilungsverlauf. Die Berliner-Blau-Reaktion trat aber erst 1 – 2 Tage später auf als bei den Vergleichsfällen. Dieses kann möglicherweise auf eine verminderte Aktivität beim Blatabbau zurückgeführt werden. Die ersten deutlichen Anzeichen einer positiven Reaktion bei Überlebenden, die nicht bewußtlos waren und nicht beatmet wurden, waren nach 5 – 6 Tagen sichtbar. Vergleichbar starke Reaktionen in der Umgebung von Injektionsstichen bei langdauernd Bewußtlosen konnten erst in einem späteren Zeitraum (nach ca. 7 – 8 Tagen) festgestellt werden. Diese verzögerte Berliner-Blau-Reaktion war in 6 Fällen nicht vorhanden, bei denen die Nadelstichverletzung einige Stunden vor der Bewußtlosigkeit gesetzt worden war. Diese Befunde geben Anlaß, die Kenntnis über den Beginn der Berliner-Blau-Reaktion zu überprüfen, insbesondere bei solchen Fällen, bei denen eine Bewußtlosigkeit im Beurteilungszeitraum vorgelegen hat. Anhand positiver oder negativer Berliner-Blau-Reaktionen wurde bisher innerhalb größerer Grenzen der Zeitpunkt des Entstehens einer Blutung festgelegt. Vielfach war das von forensischer Bedeutung. Es erhebt sich nun die Frage, ob der bisher gewählte Schwankungsraum nicht zu knapp bemessen wurde.

Raekallio (1970, 1972) fand an Hautverletzungen eine verstärkte Adenosintriphosphatase-Reaktion nach einer Überlebensdauer von ungefähr einer Stunde. Im eigenen Obduktionsmaterial wurde eine deutliche beginnende Reaktion schon nach 15 min. erkennbar. Die Befunde sind anfänglich sehr zart und müssen mit Zurückhaltung beurteilt werden. Bei Quetschwunden war die Aktivität meistens größer und begann früher als bei Schnittwunden. Eine außergewöhnlich starke Reaktion wurde nach

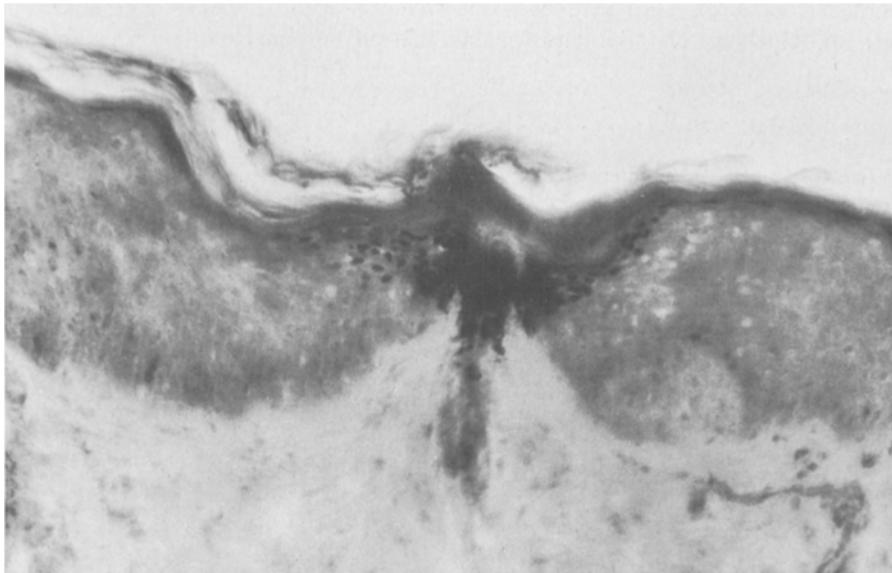


Abb. 1. Nadelstichverletzung in frischer menschlicher Haut, Überlebenszeit 30 min, deutliche Aktivität der Adenosintriphasphatase (schwarze Zone)

einem Biß bei einer Überlebensdauer von 40 min. festgestellt. Da bei Biß- und Quetschwunden die nekrotische Zone größer ist als bei Schnitt- und Stichverletzungen, kann angenommen werden, daß auch die Intensität der Gewebeläsion einen adäquaten Reiz für die Aktivität der Adenosintriphasphatase darstellt.

Als erste Reaktion bei einer Nadelstichverletzung ebenso wie bei großen Hautverletzungen ist die Adenosintriphasphatase-Aktivität festzustellen, ein deutliches Bild zeigt sie 30 min. nach der Verletzung (Abb. 1). Nach 1 Stunde ist die Reaktion ganz deutlich zu erkennen. Die Esterasen erscheinen später, ungefähr nach einer Überlebenszeit von einer Stunde. Die Adenosintriphasphatase ist dagegen auch schon in einem Zeitraum von weniger als 30 min. nach dem Trauma in einer solchen Intensität erkennbar, daß man sie als positive Reaktion ablesen kann. Bei der Esterasenaktivität ist eine frühe Phase mit einer schwachen Reaktion nicht so deutlich wahrnehmbar. Wenn ausreichend Vergleichsmaterial zur Verfügung steht, dann ist bei gleichem Konservierungszustand der Haut mittels der Adenosintriphasphatase-Reaktion zwischen einer Nadelstichverletzung in einer frühen Phase (bis \pm 30 min) und in einer späteren Phase (bis \pm 60 min) zu differenzieren. Diese Befunde sind *sicher* im Versuchsmaterial zu erheben und in den meisten Untersuchungen von Sektionsfällen erkennbar. Da aber auch einige negative und sehr schwache Reaktionen im Fallmaterial vorgekommen sind, muß bei forensisch relevanten Fällen an die Feststellung der Überlebenszeit mit einiger Zurückhaltung herangegangen werden. Unter diesem Aspekt müssen die Befunde als Hinweise zur Altersbestimmung interpretiert werden.

Für die Feststellung des Konservierungszustandes der Haut ist eine grobe Schätzung ausreichend. Gute Resultate werden mit der Adenosintriphasphatase-Reaktion auch noch bei äußerlich schon faulig-grün verfärbter Haut erzielt. Das gilt sowohl für

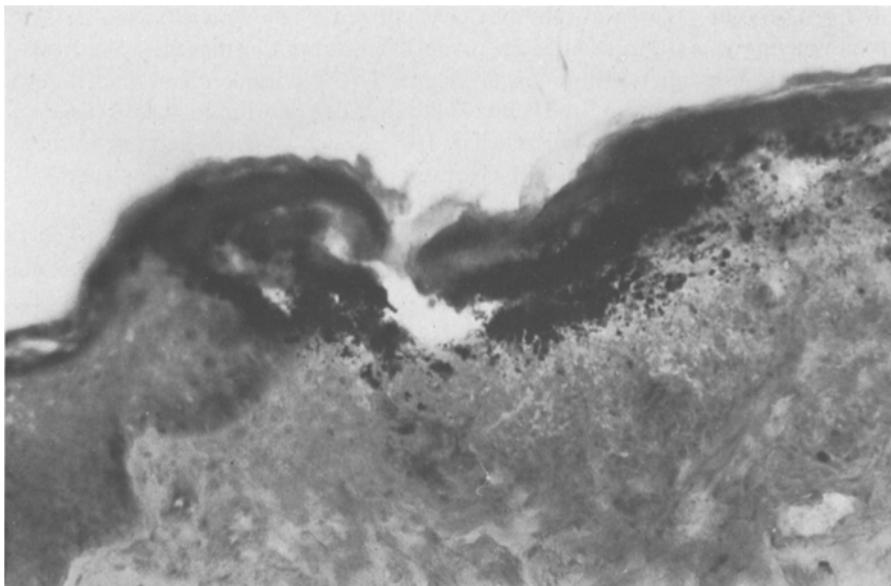


Abb. 2. Nadelstichverletzung in faulig-grün gefärbter menschlicher Haut, Überlebenszeit 60 min, deutliche Aktivität der Adenosintriphosphatase (schwarze Zone)

Quetsch- und Schnittverletzungen als auch für Nadelstichverletzungen. Die Aktivität der Adenosintriphosphatase ist fast so stark erhalten wie bei frischen Verletzungen (Abb. 2).

Weniger deutlich sind dagegen die übrigen histochemischen Reaktionen. Die Esterasen reagieren bei autolytisch veränderter Haut sehr verschieden und sind deshalb schwierig zu beurteilen. Dagegen bleibt die Adenosintriphosphatase auch bei beginnender Autolyse erhalten und nimmt bei fortschreitender Autolyse gleichmäßig ab. Entscheidend für die enzymhistochemischen Untersuchungen an fixiertem Material ist, daß die Untersuchungen innerhalb der ersten Woche nach Fixierungsbeginn vorgenommen werden, weil in fixiertem Material bereits nach drei bis vier Wochen eine ganz erhebliche Abnahme sämtlicher untersuchten Enzyme festgestellt wurde. Es hat sich bewährt, das Material nach einer Fixierungsdauer von zwei Tagen aufzuarbeiten.

Für Enzymreaktionen an Nadelstichverletzungen ist es nicht bedeutsam, ob eine dünne oder dicke Nadel gebraucht wurde. Es werden gleichartige Reaktionen bei Einstichen unter einem stumpfen oder spitzen Winkel festgestellt. Bei sehr flachem Einstich erscheinen stärkere Adenosintriphosphatase-Reaktionen, was auf die stärkere und größere Hautläsion zurückgeführt wird. Diese stärkere Reaktion ist bei den später auftretenden Enzymen nicht festzustellen.

Die Adenosintriphosphatase-Reaktion ist somit für die Untersuchung der menschlichen Haut in der frühen Wundphase zur Altersbestimmung sehr gut geeignet. Die Methode kann außerdem mit geringem Kosten- und Arbeitsaufwand durchgeführt werden. Die späteren Phasen der Wundheilung können gut mit histologischen Methoden dargestellt werden, die eine ausreichend genaue Bestimmung des Wundalters zulassen (Berg, 1975).

Die Reaktion der Adenosintriphosphatase stellt zeitlich die untere Grenze der Altersbestimmung von Verletzungen der menschlichen Haut mit histochemischen Reaktionen dar. Eine Wundaltersbestimmung in engeren Grenzen ist allerdings noch durch biochemische Untersuchungen von Hautextrakten auf den Serotonin- und 5-HT-Gehalt möglich. Berg u.a. (1968) und Raekallio (1972) berichten über die Interpretation von Untersuchungsbefunden bei großen Hautverletzungen in Bezug auf sehr kurze Überlebenszeiten.

Die biochemischen Methoden scheinen jedoch nach eigenen Befunden noch mit Schwierigkeiten behaftet zu sein, insbesondere deshalb, weil Untersuchungsproben von gleicher Größe und gleichartiger Beschaffenheit vorliegen müssen. Da je nach Verletzungsintensität auch unterschiedlich starke Reaktionen einzelner Enzymmuster geben sind, wäre daran zu denken, ob nicht auch abhängig von der Intensität der Läsion unterschiedlich starke Gehalte an Serotonin und 5-Hydroxytryptamin in der verletzten Haut auftreten. Bei biochemischen Methoden muß das zu untersuchende Hautstück ausgestanzt werden. Der Durchmesser muß so groß sein, daß auch bei variabler Steilheit des Stichkanals dieser vollständig miterfaßt wird. Andererseits muß die Probe so klein wie möglich sein, damit das peritraumatische Gebiet mit dem veränderten Serotonin- und 5-HT-Gehalt zum Vergleichsmaterial different bleibt.

Auch für die von Günther (1970) und Jarecki u.a. (1970) beschriebene Methode der isoelektrischen Fokussierung von Enzymen zur Wundaltersbestimmung muß die Hautprobe von feststehender Größe sein. Mit dieser Methode ist es möglich, eine sehr exakte Altersbestimmung von Nadelstichverletzungen in einem Zeitraum von weniger als 30 min durchzuführen. Bei der Untersuchung von Nadelstichverletzungen reichen die histochemischen Methoden hinsichtlich ihrer Genauigkeit in der Beurteilung aus. Dagegen ist es wünschenswert, bei der Rekonstruktion von Verkehrsunfällen Wunden zu differenzieren, die zeitlich verschieden durch unterschiedliche Ereignisse entstanden sind. Hier sind biochemische Methoden angezeigt. Sie erfordern aber einen größeren zeitlichen und apparativen Aufwand und sollten einem erfahrenen, spezialisierten Untersucher vorbehalten bleiben. Enzymhistochemische Methoden dagegen können in jedem histochemischen Laboratorium mit einiger Erfahrung routinemäßig ausgeführt werden.

Die Beurteilung des Entstehungsalters von Nadelstichverletzungen ist in der forensischen Praxis dann von einiger Bedeutung, wenn festgestellt werden muß, welcher Zeitraum zwischen einer Injektion und dem Todeseintritt lag. Dagegen kann die Beurteilung auch von Nutzen sein, wenn der Zeitraum einer Injektion bekannt ist und der Zeitpunkt des Todeseintritts festgestellt werden muß. Hier ist an Fälle zu denken, bei denen intrakardiale Injektionen, Venenpunktionen und dgl. bei Verkehrsunfallverletzten oder bei Vergifteten zu einem bekannten Zeitpunkt gesetzt wurden und bei denen eine Aussage über den Todeszeitpunkt verlangt wird. In so gelagerten Fällen waren schon wiederholt histochemische Untersuchungen bei der rechtsmedizinischen Beurteilung von ausschlaggebender Bedeutung (Teige u. Gerlach, 1974).

Literatur

- Arnold M.: Histochemie. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1968
Berg, S.: Vitale Reaktionen und Zeitschätzungen. In: Mueller, B., Gerichtl. Medizin Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1975

- Berg, S., Ditt, I., Friedrich, D., Bonte, W.: Möglichkeiten der biochemischen Wundaltersbestimmung. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 63, 183–198 (1968)
- Boltz, W.: Histologische Untersuchungen an Injektionsspuren. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 40, 181–191 (1951)
- Friebel, L., Woohsmann, H.: Die Altersbestimmung von Kanüleneinstichen mittels enzymhistochemischer Methoden. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 62, 252–260 (1968)
- Günther, G.: Zur Untersuchung vitaler Hautwunden durch isoelektrische Fokussierung der α -Naphthylacetat spaltenden Hautenzyme. Med. Inaug. Diss. Heidelberg 1970
- Jarecki, B., Pogacar, P., Günther, G., Klein, H.: Early Enzyme Changes in Skin Wounds, Demonstrated by Isoelectric Focusing in Polyacrylamid Gel. Z. Rechtsmedizin 67, 313–318 (1970)
- Kellner, G., Feucht, G.: Die Mikrowunde (mikroskopische Studie des Nadelstichs). Phys. med. Rehab. 10, (1969)
- Raekallio, J.: Enzyme Histochemistry of Wound Healing. Stuttgart: Fischer 1970
- Raekallio, J.: Determination of the Age of Wounds by Histochemical and Biochemical Methods. Forensic Sci. 1, 3–16 (1972)
- Romeis, B.: Mikroskopische Technik. München: Leibnitz 1948
- Schollmeyer, W.: Über die Altersbestimmung von Injektionsstichen. Beitr. gerichtl. Med. 23, 224–249 (1965)
- Spannhof, L.: Einführung in die Praxis der Histochemie. Jena: VEB Fischer 1967
- Teige, K., Gerlach, D.: Scheintod oder nur auf dem Schein tot? Med. Welt 26, 167–169 (1975)

Eingegangen am 14. Mai 1976

Angenommen am 30. Dezember 1976