

der thermischen Einwirkung die Kupferdichte etwa gleich groß ist. Daraus ergibt sich, daß die durch den elektrischen Strom erzeugte Kupferintensität eine Folge der durch den Strom erzeugten Temperatur ist. Die Deutung des Kupferbelages durch Iontophorese ist bei Wechselstrom schon aus theoretischen Gründen zweifelhaft.

Résumé

Nous avons examiné, dans une marque causée par le courant électrique, l'épaisseur du cuivre par rapport à la durée de l'influence du courant. L'influence durant 1 sec et avec $0,5 \text{ A/cm}^2$, il y a, à l'endroit du contact, une température de 170° . Nous avons comparé l'épaisseur du cuivre qui s'y développe avec celle qui naît, si l'on appuie pendant 1 sec un fer à souder chauffé à 170° . L'épaisseur du cuivre est la même dans les deux cas. Il en résulte que l'épaisseur du cuivre est un effet de température et non un effet spécifiquement électrique.

Dr. K. SELLIER
Institut für gerichtliche Medizin
53 Bonn a. Rh., Stiftsplatz 12

W. PROCH: Histologisch-histochemische Untersuchungen zur Identifizierung von Strommarken.

Durch die histologische Untersuchung von Elektrodenkontaktstellen in der Leichenhaut und in der Rückenhaut narkotisierter Meerschweinchen suchten wir zu klären, ob und in welchem Ausmaß morphologisch erfaßbare Hautveränderungen bei den gegebenen Stromdurchflußzeiten entstehen, welche Beziehung zwischen den gemessenen Temperaturen und der Art der Hautläsion besteht und wie sich die topische Verteilung der spektrografisch nachgewiesenen Metallisation im histochemischen Schnittpräparat gestaltet. Weiterhin interessierte uns die lokale vitale Reizbeantwortung und die Frage der histologischen Unterscheidung einer rein thermischen von einer elektrischen Verbrennung.

Auf Grund der von JELLINEK postulierten spezifischen Wirkung des elektrischen Stromes auf die Zellen der Haut konnten wir bei sehr kurzen Stromflußzeiten, die nicht zu einer wesentlichen Erhöhung der Gewebstemperatur durch Joulesche Wärme führten, erwarten, das Bild einer reinen Stromschädigung ohne Hitzeeffekt zu erhalten.

Grobsichtig war bei einem Stromstoß von 0,1 sec Dauer in der Regel keine Veränderung der Oberhaut zu erkennen. Entsprechend der unerheblichen Temperaturerhöhung vermißten wir dann im histologischen Präparat das so eindrucksvolle Bild der in Palisadenstellung elongierten Epidermiskerne. Der Stromdurchfluß hinterließ auch bei kleinflächigem

Kontakt keine erkennbare Veränderung; in breitflächigen Kupfer-Elektrodenkontaktstellen zeigte sich häufig eine feine schwärzliche Sprenkelung. Ganz vereinzelt trat bei einigen Versuchen, überwiegend bei Stromflußzeiten von 0,32 sec und länger, an einzelnen Punkten unter der positiven Elektrode eine umschriebene Oberhautläsion auf, die sich histologisch häufig als transepidermale Nekrose darstellte. Je nach dem Grad der Schädigung bot sich eine Ausziehung der randwärts gelegenen Kerne und zentral eine Störung des Zellverbandes durch Vacuolenbildung bis zur deutlichen Epidermiseinschmelzung mit Schädigung der Basalmembran und des Strat. papillare. Das histologische Bild gleicht dem nach kurzer Kontaktverbrennung. Bei gleichzeitiger Temperaturregistrierung ließ sich in diesem Fall ein Temperaturanstieg und ein plötzlicher Abfall der Stromstärke als Folge des Wiederanstiegs des Hautwiderstandes feststellen. Es handelt sich also offenbar um einen thermischen Effekt. Eine deutliche transepidermale Hitzenekrose fehlte bei Stromflußzeiten von 1 sec selten, nach 3 sec erstreckte sie sich deutlich über die Elektrodenkontaktstelle hinaus.

Wir müssen daher feststellen, daß unter den gegebenen Versuchsbedingungen eine Strommarke grobsichtig und feingeweblich dann sichtbar wurde, wenn sich gleichzeitig ein plötzlicher Abfall der Stromstärke und damit ein Temperaturanstieg in der Epidermis registrieren ließ. Eine typische Stromveränderung der Epidermis ohne Wärmeeffekt wurde nicht beobachtet.

Da beim elektrischen Trauma die gewebsschädigende Hitze durch Joulesche Wärme im Gewebe entstehen soll, bei der Verbrennung jedoch von der Kontaktstelle fortgeleitet wird, könnten sich Unterschiede in Form und Umfang der Nekrosen, dem divergenten Ausbreitungsweg entsprechend, ergeben. Bei Kontaktverbrennung sind sie bekanntlich von schüsselförmiger Gestalt, bei elektrischer Verbrennung in Form eines flachen runden Brotes beschrieben (SCHMIDT). Jedoch wird die Gestalt und Ausdehnung der Nekrose von der Form der Kontaktelektrode und der Dauer des Stromflusses stark beeinflußt. Die Darstellung des geschädigten Areal durch chromotrope Färbungen oder polarisationsoptisch (SCHMIDT) führte nicht zu eindeutigen und befriedigenden Ergebnissen. Einen besseren Überblick über das Ausmaß der Schädigung erhielten wir bei Anwendung des histochemischen Fermentnachweises für die DPN-Diaphorase, deren Empfindlichkeit gegen Wärmetraumen uns aus früheren Untersuchungen bekannt war.

Auch bei der Einwirkung von elektrischem Strom wird die Fermentaktivität der Dermiszellen in einem keilförmigen Areal unterhalb der Kontaktstelle ausgelöscht (Abb. 1). Die Ausdehnung der Schädigung nimmt nach der Tiefe zu ab. Es entsteht ein Nekrobioseherd in Form eines auf der Spitze stehenden Kegels, wie schon früher bei Kontakt-

verbrennungen beschrieben (PROCH). Eine Unterscheidung rein thermischer von elektrothermischen Kontaktläsionen auf Grund gestaltlicher Merkmale erscheint uns nicht vertretbar, zumal bei Verbrennungen durch hohe Hitze nach sehr kurzem Kontakt das geschädigte Areal ebenfalls die Form eines „flachen Brotes“ annehmen kann.

Die vitale Reizbeantwortung präsentiert sich im histologisch-histochemischen Präparat in Form der sog. negativ-vitalen Reaktion. Gegenüber scharf gegen das nicht geschädigte Gewebe abgesetzten postmortalen „Strom-Nekrosen“ stellt sich die Grenze bei vitaler Schädigung

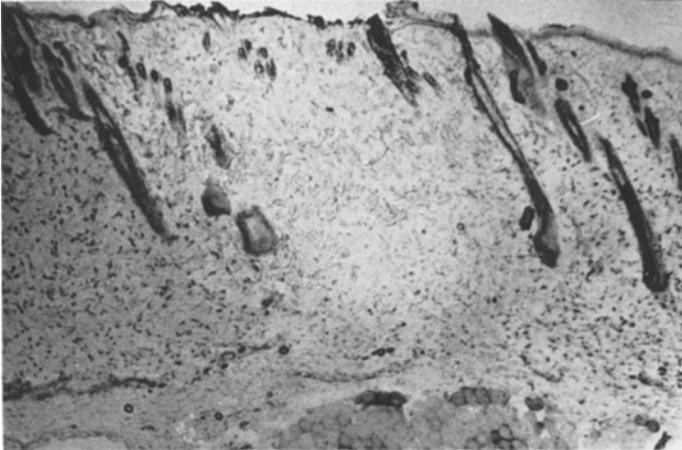


Abb. 1. Keilförmiger Fermentaustfall (DPN-Diaphorase) unter der Elektrodenkontaktstelle. Stromflußdauer 3,2 sec—Meerschweinchen

verwaschener dar. Mit zunehmendem Zeitabstand büßen auch Zellen außerhalb der Nekrose ihren Fermentgehalt ein. Bei sofort tödlichem Stromstoß gleicht das vitale Bild verständlicherweise dem bei experimenteller Stromschädigung an der Leichenhaut gewonnenen.

Wie bei der Kontaktverbrennung durch hohe Hitze, tritt auch nach längerem Stromfluß (10 sec) eine positive Esterase-Reaktion auf, die die Nekrose wallartig umgibt und eine positive vitale Reaktion darstellt. Sie entsteht in der Ödemphase nach thermischer und elektro-thermischer Schädigung und setzt eine Überlebenszeit von 30—45 min voraus.

Ebenfalls kein Beweis für die Einwirkung von elektrischem Strom ist der Befund elongierter, parallelgerichteter Kerne in der Epidermis oder auch in Wurzelscheiden der Anhangsgebilde außerhalb der Coagulationsnekrose. Der Streckung des helixartig doppelt gewundenen Fadensmoleküls der DNS liegt zwar ein Um- bzw. Entladungsprozeß zugrunde, der jedoch — abgesehen von Artefakten bei der Gewebsvorbehandlung — auch durch Hitze und Laugenverätzung ausgelöst wird.

Eine in die Tiefe des Gewebes reichende Metallisation, wie sie von SCHRADER beschrieben und als Wegspur der Elektrizität gedeutet wurde, konnten wir in unseren Versuchen nicht reproduzieren, wohl aber die Ablagerung des Metalls überwiegend auf und in die verhornte Epidermis nach Stromflußzeiten von 0,3 sec, wenn es zur Ausbildung einer Strommarke gekommen war. Ein gleichartiger Befund ergab sich bei reinen Kontaktverbrennungen an der Leichen- und Meerschweinchenhaut mit einem kupfernen LötKolben. Die Metallablagerung bei Kontaktverbrennung und elektrischer Verbrennung ließ keine verwertbaren Unterschiede erkennen.

Den histochemischen Nachweis des Kupfers im Schnittpräparat führten wir mit dem Sulfid-Silberverfahren von TIMM und den Methoden von OKAMOTU mit Dithiooxamid und p-Dimethylaminobenzylidenrhodanin in der von LISON angegebenen Technik. Die Qualität und Quantität des Nachweises wird durch die Vorbehandlung des Gewebes beeinflusst. Eine Fixierung der Gewebsstücke oder nativer Kryostatschnitte in H₂S-Alkohol ist der Formalinfixierung überlegen.

Auf Grund unserer Befunde, deren Spezifität durch Kontrollreaktionen und durch den spektrographischen Metallnachweis gestützt wird, müssen wir Bedenken gegen eine vorbehaltlose Anwendung der von ADJUTANTIS und SKALOS auf der Grundlage der Feigl'schen Tüpfelanalyse entwickelten und zur Identifizierung elektrischer Verbrennungen empfohlenen Acro-Reaktion anmelden. Der positive Metallnachweis in einer fraglichen Strommarke kann sie nicht als solche ausweisen.

Als vorläufiges Ergebnis unserer Untersuchungen, die zur Klärung einzelner Detailfragen noch weitergeführt werden, fassen wir zusammen: Kontaktverbrennungen und „Strommarken“ können sich in ihrem histologisch-histochemischen Bild so weit gleichen, daß eine Identifizierung im feingeweblichen Schnittpräparat nicht mit der forensisch erforderlichen Sicherheit möglich ist.

Résumé

Nous avons étudié les lésions histologiques répondant aux différents aspects mentionné par SELLIER. On ne trouve pas des marques électriques tégumentaires sans brûlures après une durée de passage du courant de 0.32 sec. A l'aide de la méthode de visualisation de l'activité enzymatique des déshydrogenases liées au DPN nous avons mis en évidence la zone nécrobiotique de la substance fondamentale. Les lésions portent à l'épiderme et le derme, elles diminuent d'étendue au fur et à mesure qu'on se rapproche de l'hypoderme. Sur les préparations traitées par les méthodes histochimiques pour les estérases carboxyliques non spécifiques s'observe une réaction vitale à côté des brûlures dans un délai de 30 à 45 minutes après l'influence de courant. Les réactions histochimiques pour divers métaux décèlent une couche mince métallique

au niveau de l'épiderme touché dans les marques électriques et dans les brûlures produits par l'action des métaux chauds. Au point de vue microscopique, nous devons noter qu'il n'existe pas de différence majeure entre la brûlure électrique et la brûlure ordinaire qui permet de séparer l'un de l'autre.

Literatur

- ADJUTANTIS, G., and G. SKALOS: The identification of the electrical burn. *J. forens. Med.* **9**, 101—105 (1962).
- JELLINEK, ST.: Elektrische Verletzungen. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1932.
- Klinische und histologische Bilder als poldifferenzierte Stromeffekte. *Wien. klin. Wschr.* **1953**, 774—775.
- Anschauliche Feststellungen zum Problem der Strommarke. *Beitr. gerichtl. Med.* **20**, 56—58 (1955).
- LISON, L.: *Histochimie et cytochimie animales*. Paris: Gauthier-Villars 1960.
- PIOCH, W.: *Histochemische Untersuchungen über die Darstellbarkeit früher Zell- und Gewebsalterationen nach lokaler Hitzeeinwirkung*. Habil.-Schr. 1963, Bonn.
- Die histochemische Untersuchung thermischer Hautwunden und ihre Bedeutung für die forensische Praxis. Lübeck: Max Schmidt-Römhild (im Druck).
- SCHMIDT, G.: *Differenzierung von Strom- und Brandmarken*. Kontakt 1963.
- SCHRADER, G.: *Experimentelle Untersuchungen zur Histopathologie elektrischer Hautschädigungen durch niedergespannten Gleich- und Wechselstrom*. Jena: Gustav Fischer 1932.

Privatdozent Dr. med. W. PIOCH
 Institut für gerichtliche Medizin
 53 Bonn, Stiftsplatz 12

H. SCHWEITZER (Düsseldorf): Über Herz- und Gefäßverletzungen bei verschiedenen Gewalteinwirkungen.

Die Literatur über Herz- und Gefäßverletzungen ist außerordentlich umfangreich. Meist handelt es sich lediglich um kasuistische Mitteilungen. Als grundlegende zusammenfassende Arbeiten seien im vorliegenden Beitrag diejenigen von ANDERSON, R. G.; BRIGHT, E. F. u. C. S. BECK; ENIG, R. u. F. RUD; HALLERMANN, W.; KISSANE, R. W.; MAGUIRE, C. H. u. R. A. GRISWOLD; MAYNARD, L., CORDICE, jr. J. M. V. u. NADERIO, F. A.; MUNK, W.; URBACH, J.; VELTEN, C. u. W. FISCHER; WILSON, J. V.; OIVA ELO; DERRA, E.; BERBLINGER; GIULIANO u. REVENSDORF genannt.

Im Vordergrund der Veröffentlichungen stehen im allgemeinen Erörterungen über den Entstehungsmechanismus von Herz- und Gefäßrupturen durch stumpfe Gewalteinwirkung.

In der vorliegenden Arbeit sollen vor allem Fragen der Lokalisation der Herz- und Gefäßverletzungen durch penetrierende und stumpfe Gewalten, der Häufigkeit und Art der Nebenverletzungen und der Überlebenszeit besprochen werden.