

Flüssigkeitspenetration durch Leistenhaut*

W. Weber

Abt. Rechtsmedizin der Medizinischen Fakultät der Rhein.-Westf. Technischen Hochschule Aachen, Lochnerstr. 4-20, D-5100 Aachen, Bundesrepublik Deutschland

Water Uptake of Dermatoglyphic Skin

Summary. After modification of the usual histologic test method concerning water uptake of dermatoglyphic skin our experiences with washerwomen's hands have to be corrected. The singular wrinkle of washerwomen's hands is the effect of the sum of subepidermal water input. In addition, probably a vasomotoric effect is important to the wrinkling intravitaly and early postmortally. After some time of submersion in water many disperse subepidermal water-filled chambers were seen postmortally. The ducts of lots of sweat glands were torn below the epidermal basal membrane. In vivo there will be a balance between uptake, resorption by the hemodynamic flux, and layer resistance. It is mentioned that the width of the epidermis after water penetration takes the minimum part of the wrinkles of washerwomen's hands. There was no hint as to the influence of decay or contraction of elastic and collagen fibers.

Key words: Water uptake of skin, washerwomen's hands – Washerwomen's hands, water uptake

Zusammenfassung. Die durch experimentelle Untersuchungen für uns bisher verbindlichen Erkenntnisse über die Flüssigkeitspenetration durch die Haut bedürfen bezüglich der Entstehungsweise der Waschhautbildung nach den vorgelegten Untersuchungsergebnissen einer Korrektur. Die makroskopisch sichtbare Waschhautfalte ist ein Summationseffekt subepidermal angesamelter Flüssigkeit. Bereits nach wenigen Stunden kommt es postmortal zur Epidermolyse und zum Abriß von Schweißdrüsenausführungsgängen an der Basalmembran. Mit großer Wahrscheinlichkeit spielt intravital und frühpostmortal ein vasomotorischer Effekt bei der Faltenbildung eine wesentliche Rolle. Es wird die Meinung vertreten, daß — wenn überhaupt — die Quellung der Epidermis nur einen geringen Anteil an der makroskopischen Faltenbildung der Waschhaut hat. Innerhalb der Versuchszeiten gab es keinen Anhalt

* Auszugsweise vorgetragen auf der 61. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin in Kiel, September 1981

für eine Epidermolyse durch Fäulnis bzw. durch Kontraktion elastischer Hautfasern.

Schlüsselwörter: Flüssigkeitspenetration durch Haut, Waschhautbildung – Waschhautbildung, Flüssigkeitspenetration

Flüssigkeitskontakt der Leistenhaut an Händen und Füßen führt innerhalb weniger Minuten zu qualitativen und quantitativen Veränderungen (Weber 1978), die in der Literatur mit dem Begriff „Waschhaut“ umschrieben werden. Die dabei zu beobachtende Volumenzunahme, Runzelbildung und Verfärbung werden offensichtlich durch eine Wasserpenetration in die Haut eingeleitet und unterhalten.

Frühere Autoren haben versucht, dieses Phänomen histologisch aufzuklären und forensisch brauchbare Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. Für den Vorgang der Faltenbildung trafen sie sehr unterschiedliche Feststellungen:

Die Faltenbildung wird durch die Quellung des Stratum corneum hervorgerufen (Schleyer 1951) oder durch die Flüssigkeitsaufnahme jeder Epithelzelle des Stratum germinativum (Cioban 1923; Breitenacker 1938; Mueller 1975; Janssen 1977) oder durch die Quellung und Kontraktion der tiefen elastischen Hautfasern (Dierkes 1938; Goldbach und Hinüber 1956); oder: der epidermale Ablösungsvorgang ist lediglich ein Fäulnisprozeß (Cioban 1923; Walcher 1928; Dotzauer und Tamaska 1968).

Soweit in der Literatur angegeben, wurden die histologischen Präparate nach den üblichen Verfahren im Anschluß an die Formalin-Fixierung, dem Schneidprozeß und der Anfärbung ausgewertet.

Dabei fällt auf, daß diese Präparate durch die genannten Behandlungsphasen einer zusätzlichen und unbestimmt langen Wässerung ausgesetzt waren.

Es ist das Ziel dieser Arbeit, eine derartig mögliche Fehlerquelle auszuschließen und die so unterschiedlichen Interpretationen zum Vorgang der Waschhautbildung erneut zu überprüfen.

Versuchsanordnung

Die Untersuchungen erfolgten in der frühen postmortalen Phase an Zehenbeeren. Die Wasserzeit der Füße betrug 4 h und 12 h in 37°C warmem Stadtleitungswasser (pH 8–9) mit einem Farbzusatz von 1% (w/v) Eosinlösung. Danach wurden die Zehen abgesetzt, in flüssigem Stickstoff (–195,8°C) schockgefroren und die Zehenbeeren bei –20°C im Cryostat tangential geschnitten. Die Gewebsschnitte auf den Objektträgern wurden durch kurzes Erhitzen getrocknet, mit alkoholischer Methylenblau-Lösung gegengefärbt und erneut durch kurzfristiges Erhitzen getrocknet¹.

Ergebnisse und Diskussion

Bei unseren Versuchen war nach 4 h Wässerungszeit der Zehen die Faltenbildung kräftig ausgeprägt. Abbildung 1 zeigt den Tangentialschnitt durch eine solche Zehenkuppe nach Gegenfärbung mit Methylenblau.

¹ Herrn Prof. Dr. W. Kühnel, Abt. Anatomie II der RWTH Aachen, und seiner Mitarbeiterin Fr. Bohr gilt mein Dank für die technische Unterstützung

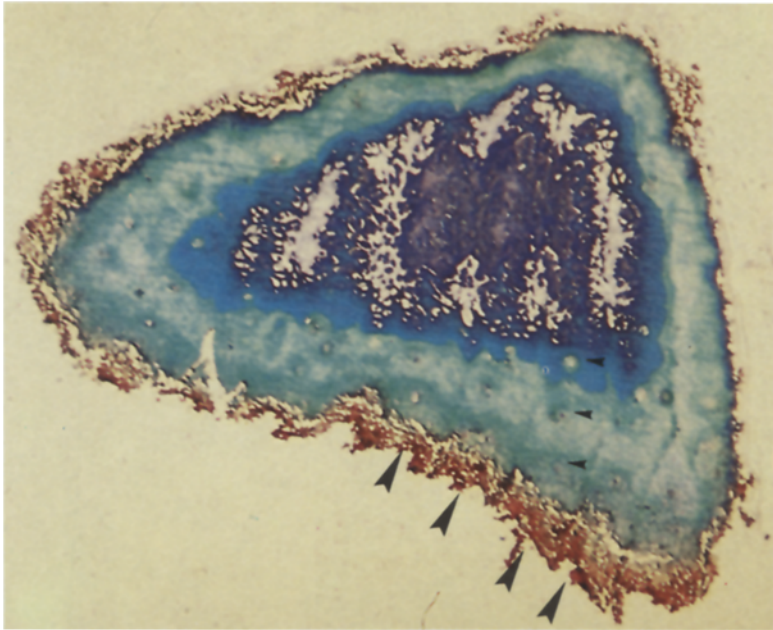


Abb. 1. Tangentialschnitt durch eine Zehenkuppe nach 4 h Wässerung mit 1% (w/v) Eosinlösung als Farbzusatz; Gegenfärbung mit alkoholischer Methylenblaulösung. Die großen Pfeile zeigen auf einzelne Hautleisten, die kleinen auf die Schweißdrüsenausführungsgänge (Poren). Das Stratum corneum disiunctum ist rot angefärbt, das Stratum corneum coniunctum helltürkis, das Stratum germinativum dunkeltürkis und das Bindegewebe im Stratum papillare blau

Die Anordnung der Schweißdrüsenausführungsgänge im Stratum corneum coniunctum der angeschnittenen Hautleisten veranschaulicht ihre Topographie und Relation zur Breite der Leisten. Das zunehmend basal getroffene Stratum germinativum und der subepitheliale Papillarkörper aus lockerem Bindegewebe kennzeichnen hier den weiteren Verlauf der tiefer angeschnittenen Hautleisten. Die Schweißdrüsenausführungsgänge sind darin quer getroffen und für jede Leiste in fast gleichmäßigen Abständen linear angeordnet (Abb. 2 und 3).

Im tangentialen Längsschnitt einer einzelnen, basal getroffenen Hautleiste werden Lage und Abstand von zwei Drüsenausführungsgängen zu den jeweils lateral eröffneten Kuppeln des subepithelialen Papillarkörpers deutlich (Abb. 4).

Die verstärkte Absorption des Eosins im Stratum corneum disiunctum läßt erkennen, daß die Penetrationsgeschwindigkeit der Farbsubstanz derjenigen des Lösungsmittels Wasser nicht gleich sein kann. Die Schwierigkeit, das von außen eindringende Wasser von der bereits im Organ befindlichen Gewebsflüssigkeit zu unterscheiden, wird insofern offensichtlich.

Die vierstündige, postmortale Wässerung der Zehen führte zu einer herdförmigen Epidermolyse mit einer subepithelialen Hohlraumbildung zu beiden Seiten der sogenannten „Leistenkämme“. An zahlreichen Stellen waren hier einzelne Schweißdrüsenausführungsgänge an der Basalmembran abgerissen (Abb. 5), so daß über die Drüsen-Helices in der Epidermis ein direkter Zugang zum

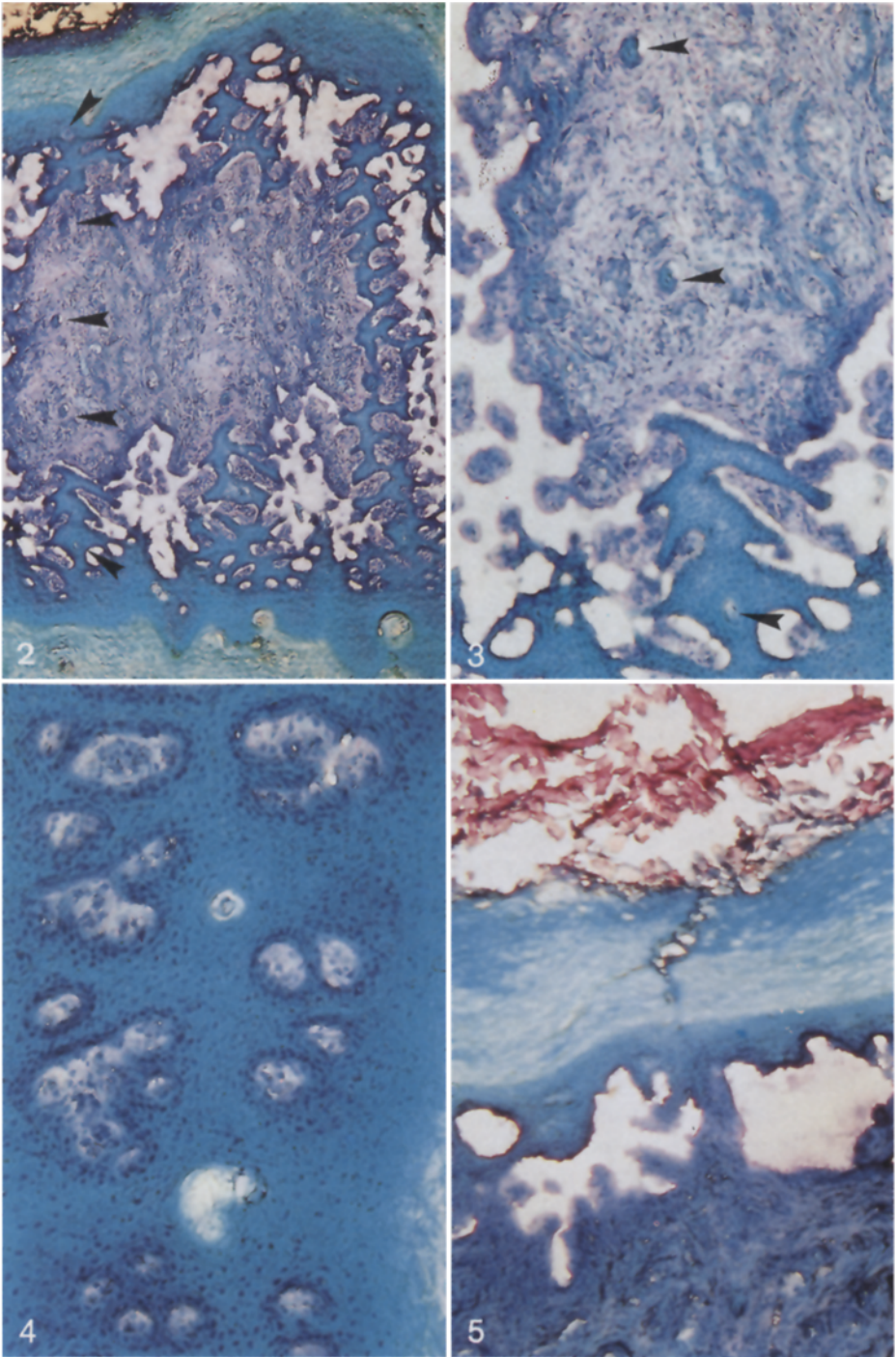


Abb. 2-5

Microscopic view of tissue sections

äußeren flüssigen Milieu entstanden war. Auf diese Weise ist die Flüssigkeitspenetration lediglich noch von den Diffusionsgesetzen und dem kolloidosmotischen Druck abhängig.

Nach zwölfstündiger Wässerung war die Epidermolyse so weit fortgeschritten (Abb. 6 und 7), daß zusammenhängende subepidermale Flüssigkeitsseen entstanden waren, die das Ausmaß der einzelnen makroskopisch sichtbaren Waschhautfalten bestimmen. Der Gewebsschnitt durch mehrere, in Verbindung stehende Waschhautfalten einer Großzehe verdeutlicht die Relationen (Abb. 8).

Augenscheinlich können somit die Falten der postmortalen Waschhaut nur zum geringen Teil durch die Quellung von Stratum corneum und Stratum germinativum entstanden sein, ebenfalls kaum durch die Quellung und Kontraktion der tiefen elastischen Fasern. Lichtmikroskopisch sichtbare strukturelle Auflösungszeichen im festgefügteten Stratum germinativum fanden sich nicht. Wenn auch der subepidermale Abriß der Schweißdrüsenausführungsgänge das Eindringen von Fäulnisserregern begünstigt, so waren für die Beobachtungszeiten keine subepidermalen Bakterienrasen erkennbar, die als morphologisches Korrelat für eine durch Fäulnis bedingte Epidermolyse gelten könnten.

Nach Wasserkontakt sind ausgeprägte Waschhautfalten intravital und postmortal zu beobachten. Wie die vorgestellten Versuche zeigen, kommt es postmortal zu irreversibler Epidermolyse, da an den Grenzzonen die Elastizitätsgrenzen der verschiedenen morphologischen Strukturen — Epithel- und Bindegewebe — durch die Flüssigkeitseinlagerung überschritten werden. Das lockere Bindegewebe bildet dabei im Stratum papillare quasi ein Sammelbecken.

Die Penetrationsfähigkeit von flüssigen Substanzen durch die Leistenhaut an Händen und Füßen ist abhängig von der Art des flüssigen Milieus und der Löslichkeit des sogenannten „Zufallsfettilmes“ (Herrmann et al. 1973). Letzterer setzt sich zusammen aus den Fettantragungen durch Berührung anderer Hautzonen oder lipoidhaltiger Oberflächen sowie zum geringsten Teil aus dem Epidermalfett. Dieses entsteht während des Verhornungsprozesses in der Epidermis, die funktionell als Barriere dient (Gottron und Schönfeld 1961; Herrmann et al. 1973; Stüttgen und Schäfer 1974; Astley und Levine 1974; Thiele et al. 1981). Die Permeation flüssiger Substanzen in der Leistenhaut erfolgt transepidermal und transglandulär — in der Felderhaut zudem noch transfolikulär (Gottron und Schönfeld 1961; Yates 1971; Herrmann et al. 1973; Stüttgen und Schaefer 1974; Führer 1980; Thiele et al. 1981; Fröhlich 1981).

Abb. 2. Ausschnitt von Abb. 1. Die Pfeile markieren die tiefer angeschnittenen Schweißdrüsenausführungsgänge einer Leiste. Rechts unten ein Drüsenausführungsgang, darüber das kammartige Stratum germinativum der zugehörigen durchgehenden Leiste

Abb. 3. Ausschnitt von Abb. 2. Die Schweißdrüsenausführungsgänge im subepithelialen Stratum papillare werden von lockerem Bindegewebe umgeben

Abb. 4. Tangentialschnitt durch eine längs getroffene einzelne Hautleiste. Mittelständig zwei Schweißdrüsenausführungsgänge und zu beiden Seiten die eröffneten Kuppeln des Papillarkörpers

Abb. 5. Herdförmige Epidermolyse nach 4 h Wässerung. Abriß eines Schweißdrüsenausführungsganges an der Basalmembran

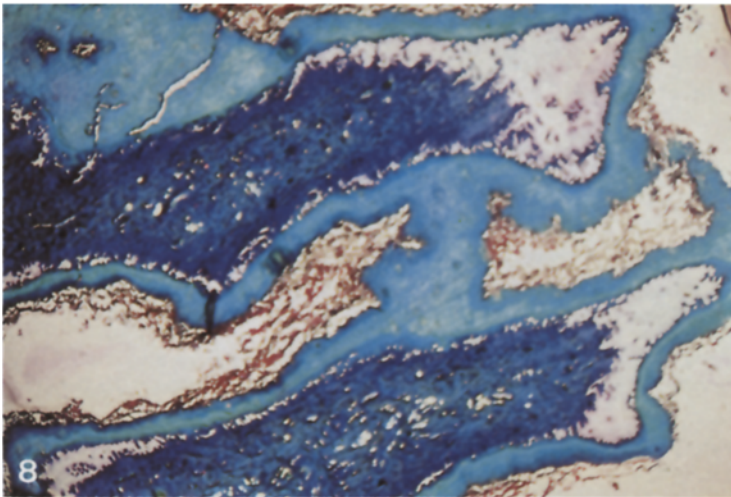
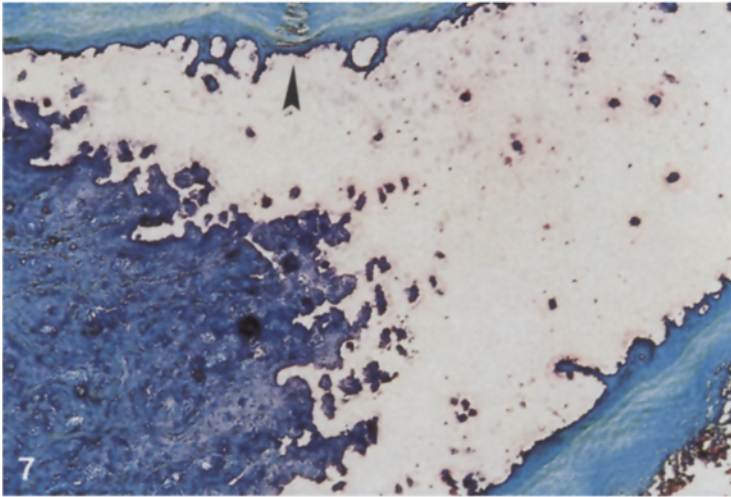
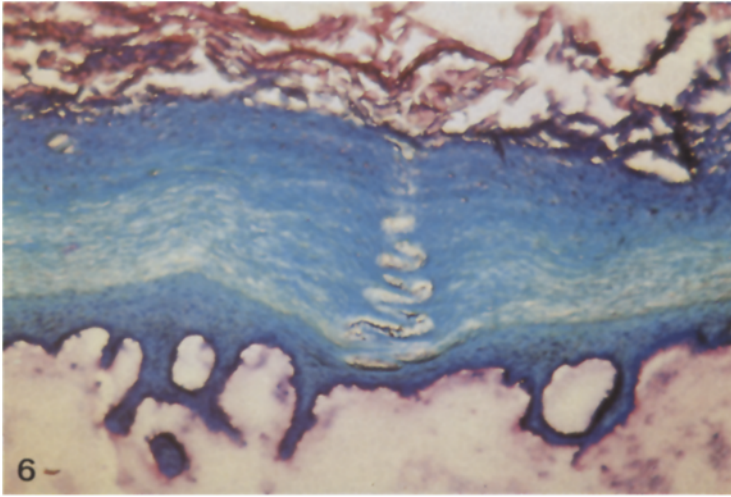


Abb. 6-8

Obwohl die Hautrunzelung nach Wässerung bisher als Folge eines Diffusionsvorganges durch eine komplexe Membran aufgefaßt wurde, muß nach neurophysiologischen Erkenntnissen auch noch das autonome Nervensystem eine Rolle spielen. Es ließ sich nachweisen, daß in vivo Plexusläsionen bzw. Nervenblockaden die Hautrunzelbildung an den Fingern stark abschwächen (O'Riain 1973; Braham und Sadeh 1979; Alvarez et al. 1980).

Die vollständige Rückbildung intravitale Waschhaut ist nach ca. 1 h zu beobachten. Daher kann bei der intravitale Faltenbildung der Waschhaut keine irreversible Veränderung unterstellt werden, die als Epidermolyse zu bezeichnen wäre. Es ist anzunehmen, daß durch die kapilläre Hämodynamik und Resorption ein Ausgleichszustand an der Elastizitätsgrenze des subepithelialen Bindegewebes erreicht wird. Diese Vorstellung wird z.B. durch die Effektivität externer Therapeutika gestützt, die nach Applikation im peripheren Kreislaufsystem nachgewiesen werden können (Pinson 1952; Blank und Scheuplein 1969).

Auch ohne Flüssigkeitskontakt kann man intravital an den Fingerbeeren und Zehenbeeren sogenannte „Kältefalten“ erzeugen. Sie sind Folge einer sympathisch-vasokonstriktorischen Zentralisation der Hämodynamik nach längerem Kältereiz. Dieser bewirkt schließlich eine Volumenminderung der Akren an Händen und Füßen sowie Faltenbildung der Leistenhaut, wobei die gefäßlose Epidermis nur scheinbar zu weit geworden ist. In diesem Zusammenhang wird zur Behebung lokaler Kälteschäden von Klinikern die periphere Hämodynamik durch eine Sympathikus-Blockade angeregt (Kosłowski und Krause 1970; Saegesser 1976). Die folglich Vasodilatation und Volumenzunahme gleicht die „Kältefalten“ aus und behindert bei Wasserkontakt über eine gesteigerte vasale Flüssigkeitsresorption zudem die Ausbildung von „Waschhautfalten“. Es ergibt sich insofern eine Übereinstimmung mit den zitierten neurophysiologischen Beobachtungen. Postmortal sind die nervale Erregbarkeit und Kontraktionsfähigkeit der quergestreiften wie glatten Muskulatur noch über viele Stunden erhalten. Der vasomotorische Einfluß auf die vitale bzw. postmortale Bildung von Waschhautfalten ist daher sehr wahrscheinlich.

Zum besseren Verständnis der Flüssigkeitspenetration aus dermatologisch-physiologischer Sicht seien einige der mitgeteilten Befunde angeführt: Die Flüssigkeitsaufnahme der Haut ist ein rein passiver Diffusionsvorgang, welcher mit Korrekturfaktoren dem Fickschen Gesetz folgt. Systematisch wurden für zahlreiche Lösungsmittel Diffusionskonstante ermittelt, so auch für Wasser. Dabei ist die Penetrationsgeschwindigkeit über Shunts (Drüsen- und Haarfollikel) größer als im Stratum corneum. Bei hydratisiertem Stratum corneum steigt die Wasserpermeabilität um ein Vielfaches. Findet ein Hautkontakt mit überschwerem Wasser (HTO) statt, läßt es sich alsbald in allen Körperflüssigkeiten nachweisen, wobei sich die Raten der Flüssigkeitsaufnahme und der Perspiratio

Abb. 6. Ausgedehnte Epidermolyse nach 12 h Wässerung. Direkte Verbindung zwischen dem äußeren flüssigen Milieu (oben) und der subepidermalen Flüssigkeitsansammlung (unten)

Abb. 7. Größerer Überblick zu Abb. 6. Anschnitt einer einzelnen Waschhautfalte

Abb. 8. Tangentialschnitt durch eine Zehenkuppe nach 12 h Wässerung mit ausgedehnter Epidermolyse im Bereich der makroskopischen Hautfalten

insensibilis nahezu gleichen (Pinson 1952; Buettner 1953). Nach Entfernung des Stratum corneum disiunctum (z. B. durch Tape-Stripping mit Tesafilm) steigt die Permeabilität um ein Vielfaches. Für die Penetrationsgeschwindigkeit spielen Lokalisation und Follikeldichte sowie die Art des Lösungsmittels, seine Konzentration und Temperatur, wie auch die Polarität und Größe der penetrierenden Moleküle eine entscheidende Rolle (Burch und Winsor 1946; Astley und Levine 1974; Baker und Kligman 1967; Blank und Scheuplein 1969; Robert und Scheuplein 1976; Yates 1971).

Nach den vorgestellten Untersuchungsergebnissen sowie unter Berücksichtigung fachspezifischer, dermatologischer und physiologischer Literatur lassen sich folgende Feststellungen treffen:

1. Die makroskopisch sichtbaren Falten der Waschhaut sind ein Summationseffekt subepidermal angesamelter Flüssigkeit.
2. Postmortal kommt es zur Epidermolyse und zum Abriß von Schweißdrüsenausführungsgängen an der Basalmembran.
3. Ein vasomotorischer Effekt spielt intravital und früh-postmortal bei der Faltenbildung mit großer Wahrscheinlichkeit eine wesentliche Rolle.
4. Wir sind der Meinung, daß die Quellung des Stratum corneum, bzw. die des Stratum germinativum, bzw. die der Epidermis — wenn überhaupt — nur einen geringen Anteil an der makroskopischen Faltenbildung der Waschhaut hat.
5. Innerhalb unserer Versuchszeiten ergab sich kein Anhalt für eine Epidermolyse durch Fäulnis bzw. durch eine Kontraktion elastischer Hautfasern.

Literatur

- Alvarez G, Eurolo J, Canales P (1980) Finger wrinkling after immersion in water. *Br Med J* 281: 586–587
- Astley J, Levine M (1974) In vitro regeneration of the barrier to water penetration in human epidermis. *Br J Dermatol* 90:53–65
- Baker H, Kligman AM (1967) A simple in vivo method for studying the permeability of human stratum corneum. *J Invest Dermatol* 48:273–274
- Blank IH, Scheuplein RJ (1969) Transport into and within the skin. *Br J Dermatol* [Suppl 4] 81: 4–10
- Braham J, Sadeh M (1979) Skin wrinkling on immersion of hands. A test of sympathetic function. *Arch Neurol* 36:113–114
- Breitenecker L (1938) Diskussionsbemerkung zum Vortrag von Dierkes K: Über die Histologie der Waschhaut. *Dtsch Z Gesamte Gerichtl Med* 30:262
- Buettner K (1953) Diffusion of water and water vapor through human skin. *J Appl Physiol* 6: 229–242
- Burch GE, Winsor T (1946) Diffusion of water through dead plantar, palmar and tarsal human skin and through toe nails. *Arch Dermatol Syphilol* 53:39–41
- Cioban V (1923) Ein Beitrag zum Studium der Veränderungen der Haut an Wasserleichen. *Wien Med Wochenschr* 73:1948–1950
- Dierkes K (1938) Über die Histologie der Waschhaut. *Dtsch Z Gesamte Gerichtl Med* 30: 262–266
- Dotzauer G, Tamaska L (1968) Hautveränderungen an Leichen. In: Gans O, Steigleder GK (Hrsg) *Normale und pathologische Anatomie der Haut I*. Springer, Berlin Heidelberg New York (Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten, Ergänzungswerk, Bd L/1, S 707–786
- Fröhlich H (1981) Dermatologische Wirkstoffe. *Pharmazie in unserer Zeit* 10:129–144

- Führer C (1980) Arzneiformen in der Dermatologie. Schriftenreihe der Bundesapothekerkammer zur wissenschaftlichen Fortbildung, Bd 8 (gelbe Reihe), S 85–99
- Goldbach H-J, Hinüber H (1956) Lassen sich aus dem Zustand der elastischen Fasern der menschlichen Fußsohlenhaut Rückschlüsse auf eine eventuelle Liegezeit im Wasser ziehen? Zentralbl Allg Pathol 95:105–111
- Gottron HA, Schönfeld W (1961) Dermatologie und Venerologie, Bd I/2. Thieme, Stuttgart
- Herrmann F, Ippen H, Schaefer H, Stüttgen G (1973) Biochemie der Haut. Thieme, Stuttgart
- Janssen W (1977) Forensische Histologie. Schmidt-Römhild, Lübeck
- Koslowski L, Krause F (1970) Kälte und Wärme. In: Siegenthaler W (Hrsg) Klinische Pathophysiologie. Thieme, Stuttgart, S 970–983
- Mueller B (1975) Gerichtliche Medizin, Bd I. Springer, Berlin Heidelberg New York
- O’Riain S (1973) New and simple test of nerve function in hand. Br Med J 3:615–616
- Pinson EA (1952) Water exchanges and barriers as studied by the use of hydrogen isotopes. Physiol Rev 32:123–133
- Robert J, Scheuplein Ph D (1976) Permeability of the skin: A review of major concepts and some new developments. J Invest Dermatol 67:672–676
- Saegesser M (1976) Spezielle chirurgische Therapie. Huber, Bern Stuttgart Wien
- Schleyer F (1951) Zur Histologie der Waschhaut. Dtsch Z Gesamte Gerichtl Med 40:680–684
- Stüttgen G, Schaefer H (1974) Funktionelle Dermatologie. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Thiele FAJ, Reay DA, Mali JWH, de Jongh GJ (1981) The water balance of the horny layer and the functional characteristics of the atricheal sweat glands of human skin. In: Schwarz E, Spier HW, Stüttgen G (Hrsg) Normale und pathologische Physiologie der Haut III. Springer, Berlin Heidelberg New York (Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten, Ergänzungswerk, Bd I/3B, S 1–121)
- Walcher K (1928) Studien über die Leichenfäulnis mit besonderer Berücksichtigung der Histologie derselben. Virchows Arch 268:2–180
- Weber W (1978) Zur Waschhautbildung der Fingerbeeren. Z Rechtsmed 81:63–66
- Yates JR (1971) Mechanism of water uptake by skin. In: Elden HR (ed) Biophysical properties of the skin. Wiley and Sons, New York London Sydney Toronto, S 485–512

Eingegangen am 30. Oktober 1981