

Die Zerreißfestigkeit der Nervenstmme der oberen Extremitten

I. GY. FAZEKAS, F. KSA, GY. JOBBA, J. SZENDRNYI und I. BAJNCZKY

Gerichtlich-medizinisches Institut der Universität Szeged (Ungarn)

Eingegangen am 15. November 1971

Tensile Strength of Nerve Trunks of the Upper Extremities

Summary. The specific (maximal) extension and tensile strength of the proximal nerve trunks of the upper extremities (n. radialis, n. medianus, n. ulnaris) of 34 corpses (20 males, 14 females) were tested by means of a machine used in the textile industry for testing fabrics. In the case of n. ulnaris interruption of continuity was caused by a tensile force of 14.5 ± 4.88 kp, by 0.13 ± 0.05 specific extension and 220.8 ± 66.22 kp/cm² tensile tension; in the case of n. medianus by 0.14 ± 0.04 specific extension on the effect of 20.5 ± 5.89 kp tensile force, by 211.0 ± 55.27 kp/cm² tensile tension; in the case of n. radialis by 0.15 ± 0.04 specific extension, by 20.0 ± 5.58 tensile force, by 215.4 ± 101.37 kp/cm² tensile tension caused the continuity interruption in the nerve trunks. The results of isolated nerve trunk injury may aid in estimating the extent of the force which was applied.

Zusammenfassung. Es wurden die spezifische (maximale Dehnung) und die Zerreißfestigkeit der aus 34 (20 männlichen und 14 weiblichen) Leichen entnommenen proximalen Nervenstämme (N. radialis, N. medianus, N. ulnaris) mit Hilfe einer elektrischen (textilindustriellen) Zerreißmaschine geprüft.

Den Untersuchungen der Verfasser zufolge kam eine Unterbrechung der Kontinuität im Falle des N. ulnaris nach der Einwirkung von $14,5 \pm 4,88$ kp Reißkraft, bei $0,13 \pm 0,05$ maximaler Dehnung und $220,8 \pm 66,22$ kp/cm² Zerreißspannung zustande. Im Falle des N. medianus resultierte eine Kontinuitätsunterbrechung bei $0,14 \pm 0,04$ maximaler Dehnung auf die Einwirkung von $20,5 \pm 5,89$ kp Zerreikraft bei einer Zerreißspannung von $211,0 \pm 55,27$ kp/cm² und im Falle des N. radialis bei $0,15 \pm 0,04$ maximaler Dehnung und $215,4 \pm 101,37$ kp/cm² Zerreißspannung auf die Anwendung von $20,0 \pm 5,58$ kp Zerreikraft. Bei der Untersuchung isolierter Nervenstmmlsionen von gerichtsmedizinisch-traumatologischem Gesichtspunkt können die erhaltenen Werte als Grundlage zur Beurteilung der Größe der stattgehabten Krafteinwirkung dienen.

Key words: Dehnungsfähigkeit, von Nerven — Traumatologie, Zerreibarkeit von Nerven — Zerreibarkeit, der Nervenstämme der oberen Extremitäten.

Die Kenntnis der mechanischen Eigenschaften der menschlichen Organe ist nicht nur von gerichtsmedizinischen Gesichtspunkten, sondern auch hinsichtlich der damit in Beziehung stehenden Wissenschaftszweige (Traumatologie, Pathologie, Pathophysiologie usw.) sehr wichtig. ber Untersuchungen der mechanischen Eigenschaften der verschiedenen menschlichen Gewebe, so der Haut (Craig; Evans et al.; Gibson et al.; Jansen u. Rottier, 1958a, 1958b; Jochims, 1935, 1947, 1948; Jochims u. Hansen; Kenedi u. Gibson; Kirk u. Kvorning; krs, 1938, 1942; Rollhuser, 1951; Verzr, 1962a, 1962b; Weinig u. Zink; Venzel; Wöhlisch et al., 1926; Zink), besonders aber der Knochen (Ehler, 1966, 1967; Engström; Evans, 1948; Gcke, 1926, 1928; Haase; Hessler; Hirsch u. Evans; Knese et al.; Lang u. Halshofer; Messerer; Pritchard; Sellier; Smith u. Walmsley; Rauber; Rössle; Vinz) fanden wir in der Literatur zahl-

reiche Angaben. In den letzten Jahren haben wir in unserem Institut bezüglich der Zerreißfestigkeit und der spezifischen Dehnung der Haut Untersuchungen angestellt und für die Zerreißfestigkeit — je nach Alter, Geschlecht und Körperregionen — signifikante Abweichungen nachweisen können (Fazekas et al., 1967, 1968, 1969). Weitere Untersuchungen wurden an den parenchymatösen Organen zur Bestimmung der Druckfestigkeit (Fazekas et al., 1971, 1972) bzw. der bei Stichverletzungen zur Geltung kommenden mechanischen Faktoren (Fazekas et al., 1972) und der Stichkraft (Fazekas et al., 1972) angestellt. Da wir Angaben über die Zerreißfestigkeit der größeren Nervenengebilde in der uns zugänglichen Literatur (Gordon et al.; Haack; Krücke; Linscheid; Padovani; Fischer u. Spann; Tabbara u. Proteau; Watson-Jones) nicht vorfanden, haben wir die Untersuchung der mechanischen Eigenschaften der menschlichen Gewebe auch in dieser Richtung ausgedehnt.

In der gerichtsmedizinischen Praxis begegnen wir oft traumatischen Extremittenverletzungen, bei denen anläßlich der umfangreichen Weichteillsionen auch wichtigere Gefäß- und Nervenengebilde versehrt werden. Natürlich würde man auch in Kenntnis der mechanischen Eigenschaften (Druck- und Zerreißfestigkeit) der einzelnen Organe in solchen Fällen die Größe der stattgehabten Krafteinwirkung nicht genau feststellen, aber doch wenigstens annähernd schtzen können. Dies tun wir auch in der Praxis, wenn wir aus der Schwere der Verletzungen einerseits auf die Größe der Krafteinwirkung und andererseits auf die Art, den Charakter der Verletzung schließen (z. B. Unterscheiden zwischen durch Mißhandlung und durch Verkehrsunfälle bedingten Verletzungen usw.).

Die Kenntnis der mechanischen Eigenschaften der verschiedenen menschlichen Gewebe dürfte uns u. E. der genaueren Klärung ähnlicher gerichtsrztlicher Fragen näherbringen, und deshalb erachten wir die Bekanntgabe unserer Untersuchungen bezüglich der Zerreißfestigkeit der größeren Nervenstämme für lohnenswert.

Untersuchungsmaterial und Methoden

Das Untersuchungsmaterial entstammte 34 (20 ♂ und 14 ♀) im gerichtsmedizinischen Institut der Universität Szeged innerhalb von 6—72 Std nach Eintritt des Todes obduzierten Leichen. Aus den proximalen Nervenstämmen (N. radialis, N. medianus, N. ulnaris) der oberen Extremitäten wurden etwa 10 cm große Stckchen herauspräpariert, wobei auf möglichste Schonung des Perineuriniums geachtet wurde. Zur Bestimmung der Zerreißfestigkeit und der spezifischen Dehnung der Nervenstämme bedienten wir uns einer elektrisch betriebenen Zerreißmaschine, wie sie in der Textilindustrie gebräuchlich sind, deren selbsttätige Schreibvorrichtung das sog. Zerreidiagramm der untersuchten Nervenengebilde (σ d*B*) bzw. die spezifische Dehnbarkeit (Längenveränderung) des der Krafteinwirkung unterstehenden Nervenstammes auf Millimeterpapier aufzeichnete. (Anstatt einer ausführlichen Beschreibung der angewandten Methodik sei auf früher veröffentlichte Untersuchungen verwiesen, bei denen die gleiche Zerreißmaschine Anwendung fand [11—18]).

Bei der mechanischen Testung der größeren Nervenengebilde der oberen Extremitäten wurden zwei physikalische Charakteristika untersucht:

a) Die *maximale Dehnung* (ϵ), welche die auf 1 cm Material entfallende, bis zum Moment des Zerreißens eintretende Dehnung darstellt:

$$\epsilon_{\max} = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}, \text{ wo } \Delta l = \text{Längenveränderung (mm),}$$

$$l_0 = \text{ursprüngliche Länge (mm),}$$

$$l = \text{Länge nach der Dehnung (mm).}$$

b) Die *Zerreißfestigkeit* der Nervenstämme, welche gleich dem Quotienten der Zug(Zerrei)kraft und des Querschnittes ist.

$$\sigma_{dB} = \frac{P_{\max}}{F_0} \text{ (kp/cm}^2\text{)}, \text{ wo}$$

P_{\max} die im Moment des Zerreißens zur Geltung kommende Krafteinwirkung in Kilopond und F_0 den Querschnitt vor der Dehnung in Quadratzentimeter angeben.

Zur Ermittlung der Zerreißspannung war die Kenntnis des ursprünglichen Nervenquerschnittes (vor der Dehnung) erforderlich, den wir auf Grund des Mittelwertes der beiden zueinander senkrechten Durchmesser errechneten. Die Durchmesser wurden mittels Schublehre mit 1/20 mm Genauigkeit (mit Nonius-Skala) bestimmt. Beim Abmessen der beiden Durchmesser des herauspräparierten Nervengebildes wurden gewöhnlich abweichende Werte erhalten, weil der Durchmesser meistens elliptisch war. Dennoch benutzten wir zur Querschnittsbestimmung nicht die Ellipsisformel, sondern den Querschnitt des Kreises, berechnet auf Grund des Mittels der beiden Durchmesser. (Von der Anwendung der Ellipsen-Gleichung sahen wir ab, weil die untersuchten Nervenengebilde — wegen ihrer plastischen Beschaffenheit — nur mit annähernder Genauigkeit gemessen werden konnten.) So konnte der auf Grund des mittleren Durchmessers berechnete Kreis-Diameter praktisch als identisch mit dem tatsächlichen Querschnitt betrachtet werden.

Ergebnisse und Besprechung

In der spezifischen Dehnung und der Zerreißfestigkeit der Nervenstämme der oberen Extremitäten waren wesentliche Unterschiede nicht festzustellen. Im Falle des *N. radialis* betrug die spezifische Dehnung $0,15 \pm 0,04$ und die Zerreißfestigkeit $215,4 \pm 101,37 \text{ kp/cm}^2$, im Falle des *N. medianus* die spezifische Dehnung $0,14 \pm 0,04$ und die Zerreißfestigkeit $211,0 \pm 55,27 \text{ kp/cm}^2$; beim *N. ulnaris* wurde eine spezifische Dehnung von $0,13 \pm 0,05$ und eine Zerreißfestigkeit von $220,8 \pm 66,22 \text{ kp/cm}^2$ gemessen. Die Untersuchungen erfolgten an den Nervenstämmen der rechten oberen Extremität, in 7 Fällen (4 ♂ und 3 ♀) aber auch an denen der linken Seite. Hierbei ergaben sich fallweise seitenbezogen erhebliche Abweichungen. Mit Ausnahme des *N. radialis* stimmen die bei den beiden Geschlechtern erhaltenen Zerreifestigkeitswerte annähernd überein.

Die hinsichtlich der Zerreißfestigkeit der proximalen Nervenstämme der oberen Extremitäten erhaltenen Daten wurden mathematisch-statistisch auch dahingehend ausgewertet, ob sie in Korrelation zum Lebensalter und den wichtigeren Konstitutionsparametern (Körperlänge, Körpergewicht) stehen. Eine signifikant negative Korrelation ($0,1\% < P < 1,0\%$) ergab sich lediglich in Verbindung mit der Zerreißfestigkeit und dem wechselnden Lebensalter (d. h., daß mit fortschreitendem Alter die Zerreißfestigkeit des *N. radialis* signifikant nachläßt). Zwischen den übrigen Parametern war die Korrelation nicht signifikant.

Zu bemerken ist, daß in den untersuchten Fällen die Korrelation zwischen Zerreißfestigkeit und Alter im Falle des *N. ulnaris* eine positive und im Falle des *N. medianus* eine negative Tendenz zeigte.

Beim Vergleich mit der Körperlänge wurde im Falle des *N. radialis* eine positive und im Falle des *N. medianus* eine negative Korrelation registriert.

Verglichen mit dem Körpergewicht ergab sich beim *N. medianus* eine positive und beim *N. radialis* und *ulnaris* eine negative Beziehung. Da aber in diesen letzteren Fällen die Korrelation der Signifikanz entbehrte, ist ein diesbezüglicher Zusammenhang nur zu vermuten, da im Falle einer negativen Korrelation ein entgegengesetzter und im Falle einer positiven Korrelation ein gleichgerichteter Zusammenhang besteht. Von pathologischen und pathophysiologischen Gesichtspunkten aus wäre es wünschenswert, Nachuntersuchungen der gefundenen Zusammenhänge an einem größeren Material anzustellen. Das zweideutige Ergebnis läßt sich einerseits mit der relativ kleinen Zahl der Fälle, anderseits mit dem unterschiedlichen Verhältnis der in den Nervengeweben befindlichen Binde- und Fettgewebe erklären.

Die für die Zerreißfestigkeit der proximalen Nervenstämme der oberen Extremitäten erhaltenen Werte sind etwa 1,3- bis 1,5mal größer als die bezüglich der Zerreißfestigkeit der Haut festgestellten [nach unseren früheren Untersuchungen betrug die Zerreißfestigkeit der Haut (σ_z) des Rückens $1,72 \pm 0,54$ kp/cm²].

Gegenüber der Zerreißfestigkeit der Knochen dagegen liegen diese Werte um etwa 5% niedriger. [Nach Wertheim beträgt die Zerreißfestigkeit frischer menschlicher Femur compacta (σ_z) 6,4—10,5 kp/mm², nach Evans u. Lebow 8,3 kp/mm² und nach Vinz 9,3—11,8 kp/mm².]

Bemerkung. Die Einzelergebnisse der Untersuchungen wurden in Tabellen niedergelegt; sie können aber wegen Platzmangels nicht abgedruckt werden. Die Verfasser sind bereit, Photokopien der Tabellen auf Anforderung denen, die sich dafür interessieren, zuzustellen.

Literatur

1. Craik, J. E.: The mechanics of human skin. *New Scientist* **31**, 88 (1966).
2. Ehler, E.: Torsionversuche an Knochenteilen der menschlichen oberen Extremität. *Anat. Anz.* **119**, 351—358 (1966).
3. Ehler, E.: Zur Ermittlung von Randfaserspannungen an Knochen der menschlichen oberen Extremität. *Morph. Jb.* **109**, 614—632 (1966b).
4. Ehler, E.: Menschliche Humeri, Radii und Ulnae unter Biegebelastung. *Anat. Anz.* **120**, 474—491 (1967).
5. Ehler, E.: Der menschliche Humerus unter Stoßwirkung (Modellberechnung). *Anat. Anz.* **121**, 125—131 (1967b).
6. Engström, A.: Physikalische Methoden zur Untersuchung des Knochengewebes. *Verh. dtsh. Ges. Path.* **47**, 16—31 (1963).
7. Evans, F. G.: Studies of femoral deformation. *Stanf. med. Bull.* **6**, 374—381 (1948).
8. Evans, F. G.: Relations between the microscopic structure and tensile strength of human bone. *Acta anat. (Basel)* **35**, 285—301 (1958).
9. Evans, F. G., Pedersen, H. E., Lissner, H. R.: The role of tensile stress in the mechanism of femoral fractures. *J. Bone Jt Surg.* **33-A**, 485 (1952).
10. Evans, F. G., Lebow, M.: Regional differences in some of the physical properties of the human femur. *J. appl. Physiol.* **3**, 563—572 (1951).
11. Fazekas, I. Gy., Kósa, F., Basch, A., Fazekas, E.: Die beeinflussende Rolle konstitutioneller Faktoren (Körpergewicht) auf die Zerreißfestigkeit der menschlichen Haut. *Zacchia* **42**, 502—511 (1967a).
12. Fazekas, I. Gy., Kósa, F., Basch, A.: Dehnungsgrad der Haut verschiedener Körperpartien (prozentuelle Verlängerung) im Moment des Zerreißens. *Zacchia* **42**, 62—83 (1967b).
13. Fazekas, I. Gy., Kósa, F., Basch, A.: Über die Reißfestigkeit der Haut verschiedener Körperregionen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **64**, 62—92 (1968).

14. Fazekas, I. Gy., Ksa, F., Basch, A.: ber den Einfluß konstitutioneller Faktoren (Körperlänge) auf die Zerreißfestigkeit der menschlichen Haut. *Morph. Jb.* **113**, 295—302 (1969).
15. Fazekas, I. Gy., Ksa, F., Basch, A.: Die beeinflussende Rolle konstitutioneller Faktoren auf die Zerreißfestigkeit der menschlichen Haut. *Morph. igazsg. orv. Szle.* (Im Druck.)
16. Fazekas, I. Gy., Ksa, F., Jobba, Gy., Mszros, E.: Die Druckfestigkeit der menschlichen Leber mit besonderer Hinsicht auf die Verkehrsunfälle. *Z. Rechtsmedizin* **68**, 207—224 (1971 a).
17. Fazekas, I. Gy., Ksa, F., Jobba, Gy., Mszros, E.: Experimentelle Untersuchungen über die Druckfestigkeit der menschlichen Niere. *Zacchia* **46**, 294—301 (1971).
18. Fazekas, I. Gy., Ksa, F., Jobba, Gy., Mszros, E.: Beiträge zur Druckfestigkeit der menschlichen Milz bei stumpfen Krafteinwirkungen. *Arch. Kriminol.* (Im Druck.)
19. Fischer, H., Spann, W.: *Pathologie des Trauma.* München: Bergmann 1967.
20. Gibson, T., Kenedi, R. M., Craik, J. E.: The mobile micro-architecture of dermal collagen. *Brit. J. Surg.* **52**, 764 (1965).
21. Gordon, I., Turner, R., Price, T. W.: *Medical Jurisprudence*, S. 681. Edinburgh-London: Livingstone Ltd. 1953.
22. Gcke, C.: Das Verhalten spongiösen Knochens im Druck- und Schlagversuch. *Z. orthop. Chir.* **47**, Beil.-H. 114—129 (1926).
23. Gcke, C.: Beiträge zur Druckfestigkeit des spongiösen Knochens. *Bruns Beitr. klin. Chir.* **143**, 539—566 (1928 a).
24. Gcke, C.: ber das Spannungs-Dehnungs-Diagramm des spongiösen Knochens nach Stoßbelastung. *Dtsch. med. Wschr.* **52**, 108—109 (1928 b).
25. Haack, K. J.: ber subkutane Verletzungen des N. peroneus. *Mschr. Unfallheilk.* **60**, 179—180 (1957).
26. Haase, W.: Technisch-physikalische Untersuchungen an Knochenbrüchen. *Bruns Beitr. klin. Chir.* **164**, 243—263 (1936).
27. Heuler, K. M.: Besteht eine Korrelation zwischen Alter und Knochenstruktur? *Z. Zellforsch.* **7**, 41—54 (1928).
28. Hirsch, C., Evans, F. G.: Studies on some physical properties of infant compact bone. *Acta orthop. scand.* **35**, 300—313 (1965).
29. Jansen, L. H., Rottier, P. B.: Elasticity of human skin related to age. *Dermatologica (Basel)* **115**, 106 (1957).
30. Jansen, L. H., Rottier, P. B.: Some mechanical properties of human abdominal skin measured on excised strips. *Dermatologica (Basel)* **117**, 65 (1958 a).
31. Jansen, L. H., Rottier, P. B.: Comparison of the mechanical properties of human abdominal skin excised from below and from above the umbilic. *Dermatologica (Basel)* **117**, 252 (1958 b).
32. Jochims, J.: Untersuchungen des mechanischen Verhaltens der Hautgewebe (Cutis und Subcutis) mit einer neuen Methode. *Z. Kinderheilk.* **57**, 516 (1935).
33. Jochims, J.: Grundzüge einer einfachen klinischen Prüfung der Hautdehnung. *Arch. Kinderheilk.* **133**, 97 (1947).
34. Jochims, J.: Elastometrie an Kindern bei wechselnder Hautdehnung. *Arch. Kinderheilk.* **135**, 228 (1948).
35. Jochims, J., Hansen, G.: ber Veränderungen der Hautfalte bei der Exsikkation des Säuglings. *Z. Kinderheilk.* **57**, 85 (1935).
36. Kenedi, R. M., Gibson, T.: tude experimentale des tensions de la peau dans le corps humainssysteme de mesure des forces et resultats. *Rev. franç. Mecan.* **4**, 121 (1962).
37. Kirk, E., Kvorning, S. A.: Quantitative measurements of the elastic properties of the skin and subcutaneous tissue in young and old individuals. *J. Geront.* **4**, 273 (1949).
38. Knese, K. H., Hahne, O. H., Biermann, H.: Festigkeitsuntersuchungen an menschlichen Extremitätenknochen. *Morph. Jb.* **96**, 141—209 (1956).
39. Krücke, W.: Die Erkrankungen der peripheren Nerven. In: Kaufmann, Lehrbuch d. spez. path. Anat., III. Bd., 2. Teil, S. 788. Berlin: de Gruyter 1961.
40. Lang, F. J., Halshofer, L.: Untersuchung des Festigkeitsverhaltens des Knochens. In: Handbuch der Biologischen Arbeitsmethoden, Abt. 4, Teil 1, 2. Hälfte, S. 1403—1503. Berlin: Urban u. Schwarzenberg 1935.
41. Linscheid, R. L.: Injuries to radial nerve at wrist. *Arch. Surg.* **91**, 942—946 (1965).

42. Messerer, O.: ber Elastizität und Festigkeit der menschlichen Knochen. Stuttgart: Cotta 1880.
43. krs, S.: Gerichtlich-medizinische Bedeutung des elastischen Fasersystems der Haut. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **29**, 485—500 (1938).
44. krs, S.: ber das Verhalten des kollagenen Bindegewebes und des quergestreiften Muskelgewebes im polarisierten Lichte bei verschiedenen prä- und postmortalen Wunden. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **36**, 160—173 (1942).
45. Padovani, P.: Etiologie des lésions nerveuses traumatiques. Rev. Prat. (Paris) **15**, 393—397 (1965).
46. Pritchard, J. J.: General anatomy and hystology of bone. In: Bourne, The Biochemistry and Physiology of Bone, S. 2—24. New York: Academic Press 1956.
47. Rauber, A. A.: Elastizität und Festigkeit der Knochen. Leipzig: Engelmann 1876.
48. Rollhuser, H.: Konstitutions- und Altersunterschiede in der Festigkeit kollagener Fibrillen. Gegenbaurs morph. Jb. **90**, 157 (1951a).
49. Rollhuser, H.: Die Festigkeit menschlicher Sehnen nach Quellung und Trocknung in Abhängigkeit vom Lebensalter. Gegenbaurs morph. Jb. **90**, 180 (1951b).
50. Rollhuser, H.: Die Zugfestigkeit der menschlichen Haut. Gegenbaurs morph. Jb. **90**, 249 (1951c).
51. Rollhuser, H.: Untersuchungen über den submikroskopischen Bau kollagener Fasern. Gegenbaurs morph. Jb. **92**, 1 (1952).
52. Rössle, R.: Untersuchungen über Knochenhrte. Beitr. path. Anat. **77**, 174—208 (1927).
53. Sellier, K.: Zur Mechanik des Knochenbruches. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **56**, 341—348 (1965).
54. Smith, J. W., Walmsley, R.: Factors affecting the elasticity of bone. J. Anat. (Lond.) **93**, 503—523 (1959).
55. Tabbara, W., Proteau, J.: Le syndrome extenso-progressif. Considérations chimiques et médico-légales. Ann. Md. lg. **43**, 303—318 (1963).
56. Verzr, F.: Wege der physiologischen Altersforschung. Schriftenreihe der Med. Pharmazeut. Studiengesellschaft e. V., Nr. 1. Frankfurt: Umschauverlag 1962a.
57. Verzr, F.: Liberation of mechanical tension by heating of collagen fibres. Experientia (Basel) **18**, 310 (1962b).
58. Vinz, H.: Die Änderung der Materialeigenschaften und der stofflichen Zusammensetzung des kompakten Knochengewebes im Laufe der Altersentwicklung. Nova Acta Leopoldina Neue Folge Band 35. Leipzig: Barth 1970.
59. Watson-Jones, R.: Fractures and Joint Injuries, 4. Aufl., S. 126. Edinburgh-London: Livingstone 1952.
60. Weinig, E., Zink, P.: ber die mechanischen Eigenschaften der menschlichen Leichenhaut. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **60**, 1—5 (1967).
61. Wenzel, H. G.: Untersuchungen über die Dehnbarkeit und Zerreibarkeit der Haut. Zbl. allg. Path. path. Anat. **85**, 117 (1949).
62. Wertheim, G.: Memoire sur llasticit et la cohesion des principaux tissus du corps humain. Ann. Chim. Phys. (Paris) **21**, 385—398 (1847).
63. Wöhlisch, E., Du Mesnil, R.: Die Thermodynamik der Wrmeumwandlung des Kollagens. Ein Beitrag zum Problem der thermischen Sehnenverkrzung. Z. Biol. **85**, 406 (1926).
64. Wöhlisch, E.: Die Temperaturabhängigkeit der Dimensionen des elastischen Gewebes. Z. Biol. **85**, 379 (1926).
65. Wöhlisch, E., Du Mesnil, R., Gerschler, H.: Untersuchungen über die elastischen Eigenschaften tierischer Gewebe. I. Z. Biol. **85**, 325 (1926).
66. Wöhlisch, E., Du Mesnil, R., Gerschler, H.: Untersuchungen über die elastischen Eigenschaften tierischer Gewebe. II. Z. Biol. **85**, 567 (1927).
67. Zink, P.: Methoden zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften der menschlichen Leichenhaut. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **56**, 349 (1965).

Professor Dr. I. Gy. Fazekas
Kossuth Lajos sugrt 40
Szeged, Ungarn