

Über die Reißfestigkeit der Haut verschiedener Körperregionen

I. GY. FAZEKAS, F. KÓSA und A. BASCH

Institut für gerichtliche Medizin der Universität Szeged
(Direktor: Prof. Dr. I. GY. FAZEKAS)

Eingegangen am 25. März 1967

Bei der Begutachtung von Verletzungen an der Haut lebender Individuen und Leichen kann eine Meinung betreffs der Größe der die Verletzung hervorrufenden Kraft meistens nur innerhalb weiter Grenzen (kleine, mittlere, große Kraftanwendung) abgegeben werden. Das Verhalten der menschlichen Haut mechanischen Einflüssen gegenüber, ihre Elastizität und Reißfestigkeit, sind bisher hauptsächlich von chirurgischem (JANSEN, JANSEN und ROTTIER, GIBSON und KENEDI sowie CRAIK), gerontologischem (ÁRVAY, TAKÁCS, VERZÁR) und pathophysiologischem Gesichtspunkt (WÖHLISCH u. Mitarb., WENZEL, ROLLHAUSER, ZINK) untersucht worden. In der Literatur finden sich nur wenige zahlenmäßige Angaben darüber, wie die Haut der verschiedenen Körpergegenden sich den Kraffteinwirkungen gegenüber verhält. Die meisten Autoren, die sich mit der Frage beschäftigt haben, haben nur die Bauch- und Rückenhaut untersucht.

Die Kenntnis der mechanischen Eigenschaft der menschlichen Haut ist auch von gerichtlich-medizinischem Gesichtspunkt wichtig. Im gegebenen Fall kann es nötig werden, das Ausmaß der die Hautverletzung hervorrufenden Kraft — wenn auch nicht in absolutem Sinne — so doch mit annähernder Genauigkeit bestimmen zu müssen. Nachdem aus der auf die spezifische Dehnung und Reißfestigkeit der Haut bezüglichen Literatur hervorgeht, daß die mechanischen Indexe der Haut von zahlreichen Umständen, wie z. B. Körpergegend, Lebensalter, Geschlecht und Konstitution, abhängt, schien es angebracht, die Reißfestigkeit der Haut nach den obigen Gesichtspunkten zu untersuchen.

An Hand eines großen Materials haben wir mit unseren Untersuchungen folgende Fragen zu beantworten gesucht:

1. Einer wie großen Kraft bedarf es, um an der Haut der verschiedenen Körperregionen durchdringende Kontinuitätsuntersuchungen zu erzielen?

2. Bestehen hinsichtlich der Reißfestigkeit der Haut wesentliche Unterschiede zwischen jungen und alten Individuen?

3. Bestehen wesentliche geschlechtsbedingte Unterschiede in der Reißfestigkeit der Haut verschiedener Körpergegenden oder bedarf es — unabhängig von Lebensalter, Geschlecht und Körperregionen — zur Hervorrufung durchdringender Hautdefekte der gleichen Kraftanwendung?

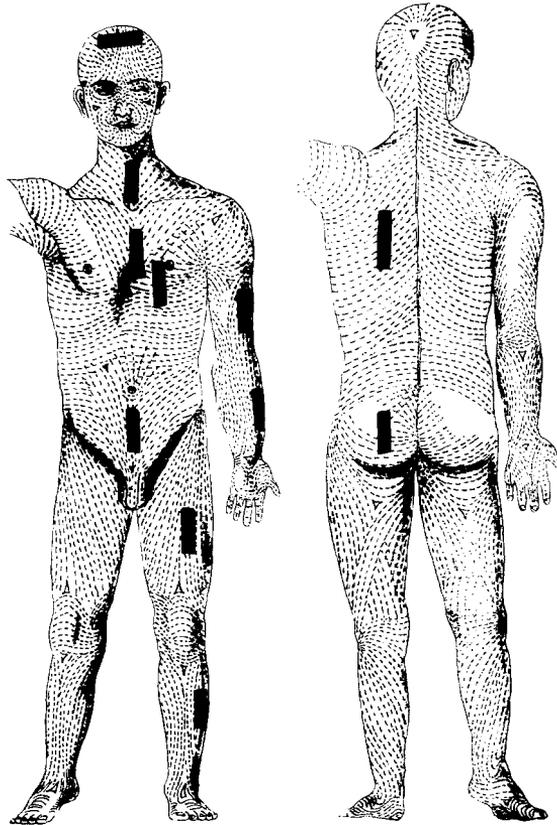


Abb. 1. Von den mit schwarzen Streifen bezeichneten Gebieten erfolgte die Excision der Haut

Untersuchungsmaterial und Methoden

Zur Bestimmung der Reißfestigkeit der menschlichen Haut wurde das Untersuchungsmaterial verschiedener Körperpartien von 121 Leichen — 71 männliche und 50 weibliche — entnommen, die binnen 6—72 Std nach Eintritt des Todes zur Sektion gelangten, ihr Lebensalter lag zwischen $\frac{1}{2}$ —88 Jahre. Von elf verschiedenen Körperstellen: behaarte Kopfhaut, vordere Halspartie, vordere mittlere Thoraxgegend, Herzgegend, Bauch, Rücken, Steiß, Ober- und Unterarm- sowie Ober- und

Unterschenkelspannseite — wurden 10 cm lange, 1 cm breite Hautstreifen stets von der gleichen Stelle mit einem Doppelmesser parallel der Körperachse excidiert. Die Schnittrichtung der Hautstreifen entsprach an den Extremitäten und der Bauchhaut der Verlaufsrichtung der Langerschen Kraftlinien, während sie an Hals, Brustkorb, Herzgegend, Rücken und Gesäß schräg, bzw. an der behaarten Kopfhaut quer zu diesen verlief (Abb. 1).

Die excidierten Hautstückchen wurden vom subcutanen Fettgewebe sorgfältig gereinigt und darauf geachtet, daß die untere Coriumschicht möglichst unversehrt bleibe und dann die Dicke der Hautproben mittels Schublehre ermittelt. Die Zerreißversuche wurden innerhalb 1—2 Std nach der Probenentnahme durchgeführt.

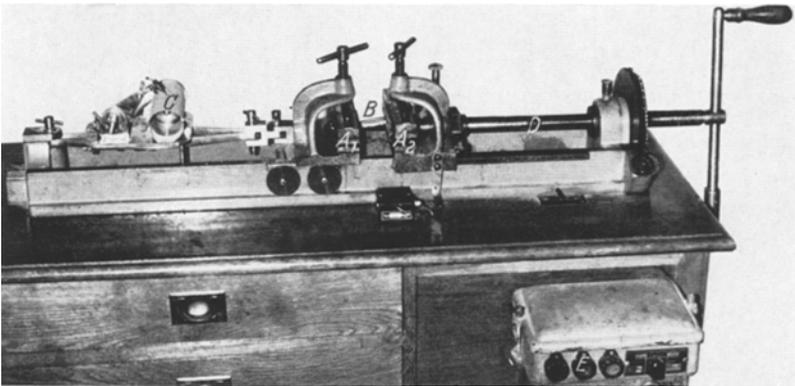


Abb. 2. Die zu den Untersuchungen benutzte Zerreißmaschine. A_1 , A_2 Einspannvorrichtung; B der untersuchte Hautstreifen; C mit einer sich drehenden Trommel versehene Schreibeinrichtung; D mit endlosem Gewinde versehene Achse; E Schalttafel

Zur Bestimmung der Reißfestigkeit diente eine elektrische Zerreißmaschine, wie sie zur Prüfung von Textilien benutzt wird. In der Einspannvorrichtung wurden die Materialproben zwischen die geriffelten Halter geklemmt, deren einer durch Verschieben an einer endlosen, mit Gewinde versehenen Achse gleichmäßigen Zug mit einer Geschwindigkeit von 18 mm/min auf die Hautstreifen ausübte (Abb. 2).

Die Messung der zum Spannen, Dehnen und schließlich zum Zerreißen der Haut nötigen Kraft besorgte eine automatische Schreibtrommel, welche das Zug-Diagramm der Haut auf Millimeterpapier aufzeichnete. Beim Projizieren des höchsten Punktes des Dehnungsdiagramms auf die senkrechte Achse konnte die Zugkraft in Kilogramm und an der waagrechten Achse die Dehnung in Millimeter abgelesen werden (Abb. 3). Auf Grund der Kalibration der Zerreißmaschine bedeutete an der Kraftachse 1 mm Entfernung eine Zugkraft von 2 kg.

Es wurde die *Reißfestigkeit* der menschlichen Haut an verschiedenen Körperstellen ermittelt, welche gleich dem Quotienten der angewandten, in Kilogramm gemessenen Zugkraft und der in Quadratmillimeter gemessenen Querschnittsflächenwerte ist:

$$\sigma = P/F \text{ (kg/mm}^2\text{)}; \text{ wo } \sigma = \text{Reißfestigkeit (Zugspannung),}$$

$$P = \text{angewandte Zugkraft (kg),}$$

$$F = \text{der belastete Querschnitt (mm}^2\text{)}.$$

Da aber die obige Formel ausschließlich für das Zerreißen homogener Stoffe gültig ist, die Haut jedoch wegen ihrer faserigen und schichtartigen Struktur nicht als solche zu betrachten ist und ferner auch der Querschnitt der Haut selbst volumetrisch nicht genau bestimmbar ist, hängt ihre Dicke individuell weitgehend vom interstitiellen Flüssigkeitsinhalt ab, so daß wir die Zugspannung auch auf kg/1 cm Hautbreite (im weiteren Hbr.) angeben, da diese als konstanterer Wert zu betrachten ist als die auf kg/mm² berechnete Reißfestigkeit (ZINNK).

Im Laufe der Untersuchungen wurde die Reißfestigkeit von insgesamt 1331 Hautproben bestimmt und die Fälle nach zehnjährigen Altersgruppen, Körperregionen und Geschlecht geordnet. Die Ergebnisse wurden mathematisch-statistisch ausgewertet, für jeden Durchschnittswert die *Streuung* berechnet und die Abweichungen der Reißfestigkeit nach Geschlecht, Körperregion und Alter mittels *Signifikanzberechnung* analysiert.

Nach PÜTTER:

$$S.D. = \frac{M_0 - M_1}{\sqrt{\mu_0^2 - \mu_1^2}}; S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}; \mu = \frac{S}{\sqrt{n}},$$

wo M = Durchschnittswert, S = Streuung, μ = Mittelfehler, n = Zahl der Glieder. Nach der Pütterschen Signifikanzberechnung sind Werte unter 3 nicht signifikant, jene zwischen 3 und 5 wahrscheinlich signifikant und die über 5 signifikant.

Ergebnisse

In den Tabellen I—II ist die Reißfestigkeit der Haut der einzelnen Körperpartien nach Geschlecht und Lebensalter in kg/mm²-Werten und kg/1 cm Hbr. angegeben.

Tabelle I läßt feststellen, daß die auf kg/1 cm Hbr. angegebene Reißfestigkeit der *behaarten Kopfhaut* bei Männern und Frauen im höheren Alter nachläßt. Bei den *männlichen* Leichen wurden die maximalen Reißfestigkeitswerte in der Gruppe der 21—30jährigen (16,92 ± 4,48 kg/1 cm Hbr.) und die niedrigsten bei den 71—80jährigen (9,62 ± 4,78 kg/1 cm Hbr.) erhalten. Bei Knaben war ein größerer Kraftaufwand nötig als bei erwachsenen Männern (9,5 ± 3,0 kg/1 cm Hbr.).

Tabelle 1. Reißfestigkeit der behaarten Kopfhaut gemäß Geschlecht

Lebensalter (Jahre)	Männer						
	Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit 2g/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Hautbreite		
					Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)
bis 10	2	85,0	13,6	0,43 ± 0,13	9,5	± 3,0	2,12
11—20	4	176,3	62,0	0,42 ± 0,41	9,72	± 9,44	4,72
21—30	7	175,1	69,1	0,48 ± 0,12	16,92	± 4,48	1,69
31—40	9	172,0	67,1	0,41 ± 0,16	12,52	± 4,96	1,65
41—50	7	172,9	67,4	0,48 ± 0,14	13,0	± 4,02	1,52
51—60	11	167,7	62,6	0,50 ± 0,17	15,24	± 5,26	1,58
61—70	18	166,6	64,9	0,52 ± 0,03	15,06	± 1,12	0,26
71—80	10	168,3	63,0	0,37 ± 0,18	9,62	± 4,78	1,51
81 und älter	3	170,0	59,0	0,41 ± 0,10	11,66	± 3,0	1,73
Insgesamt, Durchschnitts- wert	71	161,5	58,7	0,45 ± 0,10	12,58	± 4,45	0,52

Tabelle 2. Reißfestigkeit der Halshaut gemäß Geschlecht und Lebensalter

Lebensalter (Jahre)	Männer						
	Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Hautbreite		
					Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)
bis 10	2	85,0	13,6	0,74 ± 0,31	5,2	± 2,2	1,56
11—20	4	176,3	62,0	1,11 ± 0,37	13,4	± 4,52	2,26
21—20	7	175,1	69,1	1,14 ± 0,46	17,12	± 6,98	2,64
31—40	9	172,0	67,1	0,84 ± 0,34	9,3	± 3,84	1,28
41—50	7	172,9	67,4	1,08 ± 0,36	11,9	± 4,06	1,53
51—60	11	167,7	62,2	1,13 ± 0,49	10,2	± 4,46	1,34
61—70	18	166,6	64,9	1,32 ± 0,81	10,58	± 6,50	1,53
71—80	10	168,3	63,0	1,21 ± 0,53	12,12	± 5,34	1,68
81 und älter	3	170,0	59,0	1,28 ± 0,22	11,6	± 2,04	1,17
Insgesamt, Durchschnitts- wert	71	161,5	58,7	1,10 ± 0,43	11,26	± 4,43	0,52

Bei den weiblichen Leichen war die Reißfestigkeit der behaarten Kopfhaut in der Gruppe der 11—20jährigen am größten ($12,36 \pm 5,4$ kg/1 cm Hbr.) und am geringsten ($5,40 \pm 2,18$ kg/1 cm Hbr.) bei den 71 bis 80jährigen. Bei Männern war zum Zerreißen der behaarten Kopfhaut vom 21. Jahre an signifikant mehr Kraft erforderlich als bei den Frauen.

und Lebensalter angegeben in kg/mm^2 Wert und $\text{kg}/1 \text{ cm}$ Hautbreite

Frauen							Signifi- kante Differenz S.D.
Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm^2	Reißfestigkeit kg/mm^2 Haut- breite			
				Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)	
4	79,0	10,4	$0,36 \pm 0,32$	6,6	$\pm 5,08$	2,54	2,07
6	158,1	45,5	$0,51 \pm 0,22$	12,36	$\pm 5,4$	2,21	0,64
5	167,2	54,8	$0,43 \pm 0,11$	10,48	$\pm 2,82$	1,26	4,29
2	163,0	62,0	$0,37 \pm 0,09$	10,20	$\pm 2,6$	1,84	3,08
4	162,0	70,0	$0,31 \pm 0,08$	6,30	$\pm 1,66$	0,83	5,27
7	157,0	53,6	$0,32 \pm 0,12$	8,00	$\pm 3,2$	1,21	7,16
8	153,2	53,7	$0,35 \pm 0,11$	9,80	$\pm 3,08$	1,09	5,01
7	150,1	46,1	$0,22 \pm 0,09$	5,40	$\pm 2,18$	0,82	3,35
7	153,3	45,3	$0,30 \pm 0,14$	7,56	$\pm 3,62$	1,37	3,82
50	149,2	49,1	$0,35 \pm 0,13$	8,52	$\pm 3,29$	0,46	16,91

angegeben in kg/mm^2 Wert und $\text{kg}/1 \text{ cm}$ Hautbreite

Frauen							Signifi- kante Differenz S.D.
Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm^2	Reißfestigkeit kg/mm^2 Haut- breite			
				Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)	
4	79,0	10,4	$0,60 \pm 0,22$	4,2	$\pm 1,6$	0,80	0,75
6	158,1	45,5	$1,09 \pm 0,47$	12,04	$\pm 5,26$	2,15	1,97
5	167,2	54,8	$1,08 \pm 0,62$	10,8	$\pm 6,20$	2,78	7,26
2	163,0	62,0	$1,00 \pm 0,18$	10,0	$\pm 1,80$	1,27	1,30
4	162,0	70,0	$1,15 \pm 0,64$	12,7	$\pm 7,04$	3,52	0,25
7	157,0	53,6	$1,34 \pm 0,46$	12,08	$\pm 4,20$	1,63	2,04
8	153,2	53,7	$1,33 \pm 0,51$	12,04	$\pm 4,60$	1,63	2,65
7	150,1	46,1	$1,32 \pm 0,50$	9,28	$\pm 4,00$	1,51	3,89
7	153,3	45,3	$1,34 \pm 0,90$	9,44	$\pm 6,32$	2,39	1,04
50	149,2	49,1	$1,14 \pm 0,50$	10,28	$\pm 4,55$	0,64	2,72

An *Tabelle 2* ist die Reißfestigkeit der *Halshaut* — nach Geschlecht und Alter verglichen — dargestellt. Bei beiden Geschlechtern läßt die Reißfestigkeit im höheren Alter nach, während in den gleichen Altersgruppen zwischen Männern und Frauen kein signifikanter Unterschied feststellbar ist.

Tabelle 3. Reißfestigkeit der Brusthaut gemäß Geschlecht und Lebensalter

Lebensalter (Jahre)	Männer						
	Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Hautbreite		
					Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)
bis 10	2	85,0	13,6	1,77 ± 0,48	12,40	± 3,40	2,41
11—20	4	176,3	62,0	1,61 ± 0,65	34,0	± 13,80	6,90
21—30	7	175,1	69,1	1,39 ± 0,52	25,10	± 9,48	3,59
31—40	9	172,0	67,1	1,26 ± 0,14	22,84	± 7,80	2,6
41—50	7	172,9	67,4	1,49 ± 0,34	26,90	± 6,16	2,33
51—60	11	167,7	62,6	1,53 ± 0,48	27,62	± 8,66	2,61
61—70	18	166,6	64,9	1,43 ± 0,81	25,84	± 14,64	3,45
71—80	10	168,3	63,0	1,42 ± 0,47	21,44	± 7,12	2,25
81 und älter	3	170,0	59,0	1,36 ± 0,31	21,06	± 5,00	2,89
Insgesamt, Durchschnitts- wert	71	161,5	58,7	1,45 ± 0,51	24,13	± 8,45	1,00

Tabelle 4. Reißfestigkeit der Haut der Herzgegend gemäß Geschlecht

Lebensalter (Jahre)	Männer						
	Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Hautbreite		
					Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)
bis 10	2	85,0	13,6	1,25 ± 0,50	10,00	± 4,00	2,83
11—20	4	176,3	62,0	1,45 ± 0,79	26,14	± 14,32	7,16
21—30	7	175,1	69,1	1,54 ± 0,52	27,74	± 9,48	3,59
31—40	9	172,0	67,1	1,42 ± 0,45	22,76	± 7,26	2,42
41—50	7	172,9	67,4	1,57 ± 0,30	28,30	± 5,48	2,07
51—60	11	167,7	62,6	1,64 ± 0,80	29,60	± 14,48	4,37
61—70	18	166,6	64,9	1,28 ± 0,42	20,62	± 6,76	1,59
71—80	10	168,3	63,0	1,11 ± 0,37	15,64	± 5,30	1,67
81 und älter	3	170,0	59,0	1,15 ± 0,07	18,50	± 1,16	6,70
Insgesamt, Durchschnitts- wert	71	161,5	58,7	1,40 ± 0,48	22,14	± 7,58	0,90

Nach den Daten in *Tabelle 3* ist die durchschnittliche Reißfestigkeit der *Brusthaut* von Männern signifikant geringer ($24,13 \pm 8,45$ kg/1 cm Hbr.) als bei Frauen ($29,23 \pm 9,24$ kg/1 cm Hbr.), sonst war ein wesentlicher Unterschied zwischen den einzelnen Altersgruppen nicht zu beobachten. Bei Frauen wurden die Reißfestigkeitshöchstwerte in der Gruppe der 31—40jährigen ($42,40 \pm 1,60$ kg/1 cm Hbr.) und bei Männern in der

angegeben in kg/mm^2 -Wert und kg/l cm Hautbreite

Frauen							Signifi- kante Differenz S. D.
Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm^2	Reißfestigkeit kg/mm^2 Haut- breite			
				Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)	
4	79,0	10,4	$0,96 \pm 0,50$	9,64	$\pm 5,0$	2,5	4,11
6	158,1	45,5	$1,62 \pm 0,50$	37,32	$\pm 11,56$	4,73	0,66
5	167,2	54,8	$1,53 \pm 0,77$	32,28	$\pm 16,18$	7,25	1,14
2	163,0	62,0	$1,69 \pm 0,06$	42,40	$\pm 1,60$	1,13	8,32
4	162,0	70,0	$1,62 \pm 0,37$	34,04	$\pm 7,92$	3,96	2,23
7	157,0	53,6	$1,63 \pm 0,49$	32,76	$\pm 9,86$	3,73	1,74
8	153,2	53,7	$1,75 \pm 0,67$	31,54	$\pm 12,10$	4,29	2,24
7	150,1	46,1	$1,45 \pm 0,72$	20,40	$\pm 10,02$	3,79	0,34
7	153,3	45,3	$1,42 \pm 0,56$	22,74	$\pm 8,98$	3,40	0,94
50	149,2	49,1	$1,56 \pm 0,49$	29,23	$\pm 9,24$	1,30	6,14

und Lebensalter angegeben in kg/mm^2 -Wert und kg/l cm Hautbreite

Frauen							Signifi- kante Differenz S. D.
Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm^2	Reißfestigkeit kg/mm^2 Haut- breite			
				Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)	
4	79,0	10,4	$1,22 \pm 0,27$	9,8	$\pm 2,20$	1,10	0,70
6	158,1	45,5	$1,42 \pm 0,49$	25,56	$\pm 8,88$	3,63	0,49
5	167,2	54,8	$1,24 \pm 0,47$	21,16	$\pm 8,10$	3,63	12,41
2	163,0	62,0	$1,67 \pm 0,22$	38,60	$\pm 5,20$	3,68	5,71
4	162,0	70,0	$1,30 \pm 0,72$	18,20	$\pm 10,20$	5,1	2,17
7	157,0	53,6	$1,31 \pm 0,50$	22,40	$\pm 8,54$	3,23	4,41
8	153,2	53,7	$1,15 \pm 0,51$	17,34	$\pm 7,68$	2,72	1,49
7	150,1	46,1	$1,13 \pm 0,50$	16,96	$\pm 7,58$	2,87	0,56
7	153,3	45,3	$1,08 \pm 0,87$	14,04	$\pm 11,42$	4,32	0,88
50	149,2	49,1	$1,31 \pm 0,48$	20,45	$\pm 7,75$	1,09	2,81

der 21—30jährigen ($34,0 \pm 13,80$ kg/l cm Hbr.) gemessen. Das Nachlassen der Reißfestigkeit mit zunehmendem Alter war auch im Falle der Brusthaut zu beobachten.

Wie aus *Tabelle 4* ersichtlich, ist bezüglich der Reißfestigkeit der Haut in der *Herzgegend* ein geschlechtsbedingter signifikanter Unterschied nicht feststellbar. Mit zunehmendem Alter ist auch hier die Reiß-

Tabelle 5. Reißfestigkeit der Bauchhaut gemäß Geschlecht und Lebensalter

Lebensalter (Jahre)	Männer						
	Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Hautbreite		
					Mittel- wert (<i>M</i>)	Streuung (<i>S</i>)	Mittel- fehler (<i>μ</i>)
bis 10	2	85,0	13,6	1,12 ± 0,08	11,20	± 0,80	0,56
11—20	4	176,3	62,0	1,65 ± 0,98	29,80	± 17,68	8,84
21—30	7	175,1	69,1	1,62 ± 0,52	32,40	± 10,50	3,97
31—40	9	172,0	67,1	1,49 ± 0,42	25,36	± 7,30	2,43
41—50	7	172,9	67,4	1,52 ± 0,51	27,40	± 9,26	3,50
51—60	11	167,7	62,6	1,66 ± 1,04	29,92	± 18,72	5,65
61—70	18	166,6	64,9	1,49 ± 0,80	25,36	± 13,62	3,21
71—80	10	168,3	63,0	1,22 ± 0,65	18,42	± 9,76	3,08
81 und älter	3	170,0	59,0	1,36 ± 0,14	21,86	± 2,36	1,36
Insgesamt, Durchschnitts- wert	71	161,5	58,7	1,48 ± 0,60	24,63	± 10,00	1,18

Tabelle 6. Reißfestigkeit der Rückenhaut gemäß Geschlecht und Lebensalter

Lebensalter (Jahre)	Männer						
	Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Hautbreite		
					Mittel- wert (<i>M</i>)	Streuung (<i>S</i>)	Mittel- fehler (<i>μ</i>)
bis 10	2	85,0	13,6	1,77 ± 0,51	12,40	± 3,60	2,55
11—20	4	176,3	62,0	1,75 ± 0,55	54,50	± 17,20	8,60
21—30	7	175,1	69,1	1,67 ± 0,58	50,30	± 17,68	6,69
31—40	9	172,0	67,1	1,76 ± 0,50	47,54	± 13,66	4,55
41—50	7	172,9	67,4	1,78 ± 0,55	53,62	± 16,66	6,31
51—60	11	167,7	62,6	1,76 ± 0,66	53,00	± 19,82	5,98
61—70	18	166,6	64,9	1,63 ± 0,46	57,08	± 16,26	3,83
71—80	10	168,3	63,0	1,91 ± 0,57	51,74	± 15,56	4,92
81 und älter	3	170,0	59,0	1,52 ± 0,44	41,20	± 12,08	6,98
Insgesamt, Durchschnitts- wert	71	161,5	58,7	1,72 ± 0,54	46,82	14,72	2,10

festigkeit bei beiden Geschlechtern herabgesetzt, die Durchschnittswerte betragen bei Männern $22,14 \pm 7,58$ kg/1 cm Hbr. und bei Frauen $20,45 \pm 7,75$ kg/1 cm Hbr.

Tabelle 5 zeigt die Reißfestigkeit der Bauchhaut nach Geschlecht und Alter. Hier wurden bei Männern durchschnittlich weit höhere Werte

angegeben in kg/mm²-Wert und kg/1 cm Hautbreite

Frauen							Signifi- kante Differenz S. D.
Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Haut- breite			
				Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)	
4	79,0	10,4	1,25 ± 1,12	12,50	± 11,22	5,61	0,23
6	158,1	45,5	1,63 ± 0,64	29,36	± 11,56	4,73	0,05
5	167,2	54,8	1,58 ± 0,56	25,28	± 9,00	4,03	10,31
2	163,0	62,0	1,55 ± 0,45	21,80	± 6,40	4,53	0,94
4	162,0	70,0	1,38 ± 0,16	16,64	± 2,00	1,00	3,23
7	157,0	53,6	1,54 ± 0,31	20,14	± 4,08	1,54	1,80
8	153,2	53,7	1,54 ± 0,98	18,54	± 11,76	4,17	2,56
7	150,1	46,1	1,31 ± 2,30	9,18	± 16,16	6,12	1,75
7	153,3	45,3	1,39 ± 0,46	11,14	± 3,68	1,39	35,70
50	149,2	49,1	1,49 ± 0,69	18,28	± 8,42	1,19	45,35

angegeben in kg/mm²-Wert und kg/1 cm Hautbreite

Frauen							Signifi- kante Differenz S. D.
Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Haut- breite			
				Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)	
4	79,0	10,4	1,42 ± 0,10	12,86	± 9,40	4,70	0,12
6	158,1	45,5	1,70 ± 0,21	49,32	± 6,18	2,53	0,62
5	167,2	54,8	1,75 ± 0,28	50,80	± 8,24	3,69	0,09
2	163,0	62,0	1,75 ± 0,23	51,00	± 6,80	4,82	2,17
4	162,0	70,0	1,82 ± 0,54	63,74	± 18,94	9,47	1,45
7	157,0	53,6	1,78 ± 0,29	62,64	± 10,28	3,89	2,15
8	153,2	53,7	1,71 ± 0,46	58,24	± 15,86	5,62	0,28
7	150,1	46,1	1,67 ± 0,61	45,30	± 16,72	6,33	1,64
7	153,3	45,5	1,77 ± 0,63	49,56	± 17,76	6,72	4,44
50	149,2	49,1	1,73 ± 0,4	49,27	± 11,57	1,63	1,85

(24,63 ± 10,00 kg/1 cm Hbr.) als bei den Frauen (18,28 ± 8,42 kg/1 cm Hbr.) erhalten. Der Unterschied nach Geschlechtern ist hier stark signifikant; hinsichtlich des Alters wurden aber bei den beiden Geschlechtern signifikante Unterschiede nur im Falle der 21—30-, 41—50- und über 80jährigen gefunden. Bei *Männern* resultierten die Reißfestigkeitshöchst-

Tabelle 7. Reißfestigkeit der Gesäßhaut gemäß Geschlecht und Lebensalter

Lebensalter (Jahre)	Männer						
	Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Hautbreite		
					Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)
bis 10	2	85,0	13,6	1,45 ± 0,37	11,60	± 3,00	2,12
11—20	4	176,3	62,0	1,56 ± 0,69	23,54	± 10,38	5,19
21—30	7	175,1	69,1	1,52 ± 0,51	21,40	± 7,24	2,74
31—40	9	172,0	67,1	1,54 ± 0,59	23,12	± 8,94	2,98
41—50	7	172,9	67,4	1,62 ± 0,29	24,34	± 4,40	1,66
51—60	11	167,7	62,6	1,78 ± 0,10	26,72	± 11,66	3,52
61—70	18	166,6	64,9	1,79 ± 0,63	26,88	± 9,56	2,25
71—80	10	168,3	63,0	1,67 ± 0,40	23,42	± 5,64	1,78
81 und älter	3	170,0	59,0	1,70 ± 0,12	22,20	± 1,56	0,90
Insgesamt, Durchschnitts- wert	71	161,5	58,7	1,63 ± 0,50	22,58	± 6,93	0,82

Tabelle 8. Reißfestigkeit der Oberarmhaut gemäß Geschlecht und Lebensalter

Lebensalter (Jahre)	Männer						
	Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Hautbreite		
					Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)
bis 10	2	85,0	13,6	1,46 ± 0,40	14,60	± 4,00	2,83
11—20	4	176,3	62,0	1,82 ± 0,44	24,70	± 6,74	3,37
21—30	7	175,1	69,1	1,67 ± 0,77	25,14	± 11,58	4,38
31—40	9	172,0	67,1	1,35 ± 0,38	17,60	± 4,94	1,64
41—50	7	172,9	67,4	1,63 ± 0,76	24,54	± 11,48	4,34
51—60	11	167,7	62,6	1,63 ± 0,76	22,82	± 10,72	3,23
61—70	18	166,6	64,9	1,41 ± 0,70	18,40	± 9,22	2,17
71—80	10	168,3	63,0	1,27 ± 0,68	15,32	± 8,20	2,59
81 und älter	3	170,0	59,0	1,27 ± 0,36	15,26	± 4,32	2,49
Insgesamt, Durchschnitts- wert	71	161,5	58,7	1,49 ± 0,59	19,82	± 7,91	0,93

werte bei den 21—30jährigen ($32,40 \pm 10,50$ kg/l cm Hbr.), bei *Frauen* aber in der Gruppe der 11—20jährigen ($29,36 \pm 11,56$ kg/l cm Hbr.). Bei den *Frauen* war die Reißfestigkeit im höheren Alter weitaus stärker gesunken ($11,14 \pm 3,68$ kg/l cm Hbr.) als bei den Männern ($21,86 \pm 2,36$ kg/l cm Hbr.).

angegeben in kg/mm^2 -Wert und $kg/1\text{ cm}$ Hautbreite

Frauen							Signifi- kante Differenz S.D.
Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm^2	Reißfestigkeit kg/mm^2 Haut- breite			
				Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)	
4	79,0	10,4	$1,32 \pm 0,77$	10,6	$\pm 6,20$	3,1	0,44
6	158,1	45,5	$1,65 \pm 0,56$	24,86	$\pm 8,40$	3,44	0,34
5	167,2	54,8	$1,42 \pm 0,13$	19,92	$\pm 1,82$	0,81	0,60
2	163,0	62,0	$1,25 \pm 0,76$	17,60	$\pm 1,00$	0,7	1,91
4	162,0	70,0	$1,52 \pm 0,77$	21,30	$\pm 10,82$	5,41	0,60
7	157,0	53,6	$1,55 \pm 0,80$	21,70	$\pm 11,28$	4,27	2,09
8	153,2	53,7	$1,58 \pm 0,68$	23,76	$\pm 10,28$	3,64	1,09
7	150,1	46,1	$1,37 \pm 0,53$	19,20	$\pm 7,48$	2,83	1,92
7	153,3	45,3	$1,55 \pm 0,35$	21,80	$\pm 5,00$	1,89	0,24
50	149,2	49,1	$1,49 \pm 0,51$	20,08	$\pm 6,92$	0,97	4,90

angegeben in kg/mm^2 -Wert und $kg/1\text{ cm}$ Hautbreite

Frauen							Signifi- kante Differenz S.D.
Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm^2	Reißfestigkeit kg/mm^2 Haut- breite			
				Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)	
4	79,0	10,4	$1,36 \pm 0,34$	13,60	$\pm 3,40$	1,70	0,44
6	158,1	45,5	$1,66 \pm 0,60$	24,96	$\pm 9,14$	3,74	1,60
5	167,2	54,8	$1,42 \pm 0,23$	18,56	$\pm 3,04$	1,36	1,58
2	163,0	62,0	$1,64 \pm 0,15$	23,00	$\pm 2,20$	1,56	10,80
4	162,0	70,0	$1,29 \pm 0,86$	16,84	$\pm 11,22$	5,61	2,19
7	157,0	53,6	$1,29 \pm 0,55$	12,96	$\pm 5,58$	2,11	4,04
8	153,2	53,7	$1,05 \pm 0,36$	9,50	$\pm 3,30$	1,17	4,89
7	150,1	46,1	$1,26 \pm 0,66$	12,60	$\pm 6,64$	2,51	4,31
7	153,3	45,3	$1,23 \pm 0,75$	13,62	$\pm 8,34$	3,15	0,85
50	149,2	49,1	$1,38 \pm 0,50$	16,18	$\pm 5,87$	0,83	8,66

Die größte Reißfestigkeit zeigte bei beiden Geschlechtern die *Rückenhaut* (Tabelle 6). Bei Männern wurden Durchschnittswerte von $46,82 \pm 14,72\text{ kg/1 cm Hbr.}$ und bei Frauen von $49,27 \pm 11,57\text{ kg/1 cm Hbr.}$ gemessen. Die Reißfestigkeit der Rückenhaut ließ in höheren Jahren nicht so stark nach wie an den anderen Körperpartien. Bis zum 70. Lebens-

Tabelle 9. Reißfestigkeit der Unterarmhaut gemäß Geschlecht

Lebensalter (Jahre)	Männer						
	Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit 2g/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Hautbreite		
					Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)
bis 10	2	85,0	13,6	1,38 ± 0,44	13,80	± 4,40	3,12
11—20	4	176,3	62,0	1,75 ± 0,33	26,26	± 4,98	2,49
21—30	7	175,1	69,1	1,57 ± 0,60	23,56	± 9,08	3,43
31—40	9	172,0	67,1	1,46 ± 0,13	19,00	± 1,76	0,58
41—50	7	172,9	67,4	1,44 ± 0,32	18,74	± 4,16	1,57
51—60	11	167,7	62,6	1,25 ± 0,12	15,00	± 16,10	4,86
61—70	18	166,6	64,9	1,10 ± 0,65	11,02	± 6,58	1,55
71—80	10	168,3	63,0	1,07 ± 0,57	9,70	± 5,14	1,62
81 und älter	3	170,0	59,0	1,00 ± 0,48	9,00	± 4,32	2,49
Insgesamt, Durchschnitts- wert	71	161,5	58,7	1,37 ± 0,53	16,23	± 6,28	0,74

jahr wurden annähernd gleiche Werte erhalten, jenseits des 70. Jahres ließen sie bei beiden Geschlechtern nach. Die für die Rückenhaut berechneten Reißfestigkeitswerte waren weder hinsichtlich der Geschlechter, noch bezüglich der Altersgruppen oder der Durchschnittswerte signifikant.

An *Tabelle 7* sind die Reißfestigkeitswerte der *Gesäßhaut* nach Geschlechtern verglichen. Bei den männlichen Hautproben erwies sich zum Zerreißen etwas größere Kraft als nötig (im Mittel $22,58 \pm 6,93$ kg/1 cm Hbr.) als bei den weiblichen (im Mittel $20,08 \pm 6,92$ kg/1 cm Hbr.). Die höchsten Werte wurden bei Männern in der Gruppe der 61—70jährigen ($26,88 \pm 9,56$ kg/1 cm Hbr.) und bei Frauen in der Gruppe der 11—20jährigen ($24,86 \pm 8,4$ kg/1 cm Hbr.) registriert. Die bei Männern erhaltenen Mittelwerte waren im Verhältnis zu denen bei Frauen signifikant verschieden.

Tabelle 8 veranschaulicht die an der *Oberarmhaut* erhaltenen Reißfestigkeitswerte. Bei Frauen liegen die Werte signifikant niedriger (im Mittel $16,18 \pm 5,87$ kg/1 cm Hbr.) als bei den Männern (im Mittel $19,82$ kg/1 cm Hbr.), im übrigen war bei beiden Geschlechtern im höheren Alter ein Nachlassen der Reißfestigkeit festzustellen.

An *Tabelle 9* sind die Reißfestigkeitswerte der *Unterarmhaut* dargestellt. Bei Männern waren Durchschnittswerte von $16,23 \pm 6,28$ kg/1 cm Hbr. und bei Frauen von $13,24 \pm 4,14$ kg/1 cm Hbr. zu verzeichnen; die Unterschiede sind statistisch signifikant. Die höchsten Werte —

und Lebensalter angegeben in kg/mm²-Wert und kg/l cm Hautbreite

Frauen							Signifi- kante Differenz S. D.
Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Haut- breite			
				Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)	
4	79,0	10,4	1,06 ± 0,42	10,60	± 4,20	2,10	1,39
6	158,1	45,5	1,62 ± 0,41	24,32	± 6,26	2,56	3,28
5	167,2	54,8	1,55 ± 0,32	20,16	± 4,28	1,91	1,27
2	163,0	62,0	1,54 ± 0,32	21,60	± 4,60	3,26	0,81
4	162,0	70,0	1,14 ± 0,44	11,44	± 4,46	2,23	4,62
7	157,0	59,6	1,10 ± 0,33	11,00	± 3,38	1,28	0,86
8	153,2	53,7	1,07 ± 0,23	7,52	± 1,66	0,58	2,44
7	150,1	46,1	0,97 ± 0,46	6,80	± 3,26	1,23	2,76
7	153,3	45,3	0,82 ± 0,74	5,80	± 5,24	1,98	2,13
50	149,2	49,1	1,28 ± 0,40	13,24	± 4,14	0,58	6,64

sowohl bei Männern ($26,26 \pm 4,98$ kg/l cm Hbr.) als auch bei Frauen ($24,32 \pm 6,26$ kg/l cm Hbr.) waren im Alter von 11—20 Jahren zu beobachten, dann nahmen sie mit zunehmendem Alter ab und erreichten bei beiden Geschlechtern das Minimum jenseits des 80. Lebensjahres.

Tabelle 10 enthält die Reißfestigkeitswerte der *Oberschenkelhaut* nach Geschlecht und Alter. Die Mittelwerte nach Geschlechtern waren auch hier statistisch signifikant nach Altersgruppen, aber nicht in jedem Fall. Bei *Männern* zeigten sich die höchsten Werte in der Gruppe der 11 bis 20jährigen ($26,70 \pm 5,08$) und bei *Frauen* in jener der 31—40jährigen ($24,30 \pm 3,60$ kg/l cm Hbr.).

Nach *Tabelle 11* war die Reißfestigkeit der *Unterschenkelhaut* bei *Männern* signifikant größer (im Mittel $20,13 \pm 6,24$ kg/l cm Hbr.) als bei *Frauen* (im Mittel $17,57 \pm 7,58$ kg/l cm Hbr.). Die in kg/l cm Hbr. angegebene Zerreißfestigkeit der Haut nahm bei beiden Geschlechtern mit fortschreitendem Alter ab.

In *Tabelle 12* sind die für kg/mm² und kg/l cm Hbr. berechneten Reißfestigkeitswerte der Haut der verschiedenen Körperpartien nach Geschlechtern verglichen. Bei *Männern* ergab sich die größte Reißfestigkeit für die Rückenhaut ($46,82 \pm 14,72$ kg/l cm Hbr.) und die niedrigste für die Halshaut ($11,26 \pm 4,43$ kg/l cm Hbr.) und die behaarte Kopfhaut ($12,58 \pm 4,45$ kg/l cm Hbr.). Die Reißfestigkeit der Haut der übrigen untersuchten Körperregionen wechselte zwischen $16,23 \pm 6,28$ kg/l cm Hbr. (Spannseite des Unterarmes) und $24,63 \pm 10,00$ kg/l cm Hbr.

Tabelle 10. *Reißfestigkeit der Oberschenkelhaut gemäß Geschlecht*

Lebensalter (Jahre)	Männer						
	Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Hautbreite		
					Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)
bis 10	2	85,0	13,6	0,95 ± 0,51	8,60	± 4,60	3,26
11—20	4	176,3	62,0	1,78 ± 0,33	26,70	± 5,08	2,54
21—30	7	175,1	69,1	1,72 ± 0,46	25,90	± 6,92	2,62
31—40	9	172,0	67,1	1,39 ± 0,36	16,68	± 4,42	1,47
41—50	7	172,9	67,4	1,70 ± 0,55	25,62	± 8,28	3,13
51—60	11	167,7	62,6	1,69 ± 0,67	22,06	± 8,81	2,66
61—70	18	166,6	64,9	1,75 ± 0,73	22,84	± 9,58	2,25
71—80	10	168,3	63,0	1,65 ± 0,82	21,54	± 10,76	3,40
81 und älter	3	170,0	59,0	1,62 ± 0,33	21,06	± 4,34	2,50
Insgesamt, Durchschnitts- wert	71	161,5	58,7	1,61 ± 0,53	21,22	± 6,97	0,82

Tabelle 11. *Reißfestigkeit der Unterschenkelhaut gemäß Geschlecht*

Lebensalter (Jahre)	Männer						
	Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm ²	Reißfestigkeit kg/mm ² Hautbreite		
					Mittel- wert (M)	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)
bis 10	2	85,0	13,6	1,36 ± 0,38	16,40	± 4,60	3,26
11—20	4	176,3	62,0	1,73 ± 0,47	34,60	± 9,40	4,70
21—30	7	175,1	69,1	1,65 ± 0,38	24,82	± 5,78	2,18
31—40	9	172,0	67,1	1,53 ± 0,37	19,90	± 4,90	1,63
41—50	7	172,9	67,4	1,67 ± 0,35	23,48	± 4,94	1,87
51—60	11	167,7	62,6	1,42 ± 0,83	18,52	± 10,82	3,26
61—70	18	166,6	64,9	1,47 ± 0,63	17,74	± 7,58	1,78
71—80	10	168,3	63,0	1,09 ± 0,41	13,12	± 4,94	1,56
81 und älter	3	170,0	59,0	0,96 ± 0,24	12,60	± 3,24	1,87
Insgesamt, Durchschnitts- wert	71	161,5	58,7	1,46 ± 0,45	20,13	± 6,24	0,74

(Bauchhaut). Die größte Streuung der Werte wurde im Falle der Rücken-
haut ($\pm 14,72$ kg/1 cm Hbr.) und der Bauchhaut ($\pm 10,00$ kg/1 cm Hbr.)
registriert. Im allgemeinen betrug die Streuung der Reißfestigkeitswerte
an den einzelnen Körpergegenden etwa 25—30%, was sich aus den
individuell wechselnden, erheblichen Abweichungen ergab.

und Lebensalter angegeben in kg/mm^2 -Wert und $\text{kg}/1 \text{ cm}$ Hautbreite

Frauen							Signifi- kante Differenz S.D.
Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm^2	Reißfestigkeit kg/mm^2 Haut- breite			
				Mittel- wert (\mathcal{M})	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)	
4	79,0	10,4	$0,90 \pm 0,40$	5,40	$\pm 2,40$	1,20	1,06
6	158,1	45,5	$1,64 \pm 0,34$	21,40	$\pm 4,54$	1,86	3,10
5	167,2	54,8	$1,43 \pm 0,27$	17,16	$\pm 3,30$	1,47	4,05
2	163,0	62,0	$1,62 \pm 0,24$	24,30	$\pm 3,60$	2,55	3,66
4	162,0	70,0	$1,26 \pm 0,83$	15,20	$\pm 9,96$	4,98	2,69
7	157,0	53,6	$1,68 \pm 0,71$	21,96	$\pm 9,26$	1,22	0,04
8	153,2	53,7	$1,29 \pm 0,28$	15,50	$\pm 3,46$	1,22	3,88
7	150,1	46,1	$1,17 \pm 0,62$	12,90	$\pm 6,86$	2,59	3,93
7	153,3	45,3	$0,91 \pm 1,15$	10,10	$\pm 12,68$	4,80	2,68
50	149,2	49,1	$1,37 \pm 0,53$	15,99	$\pm 6,22$	0,87	18,67

und Lebensalter angegeben in kg/mm^2 Wert und $\text{kg}/1 \text{ cm}$ Hautbreite

Frauen							Signifi- kante Differenz S.D.
Zahl der unter- suchten Fälle	Durch- schnitt- liche Körper- länge (cm)	Durch- schnitt- liches Körper- gewicht (kg)	Reißfestigkeit kg/mm^2	Reißfestigkeit kg/mm^2 Haut- breite			
				Mittel- wert (\mathcal{M})	Streuung (S)	Mittel- fehler (μ)	
4	79,0	10,4	$1,01 \pm 0,38$	12,20	$\pm 4,60$	2,30	1,82
6	158,1	45,50	$1,80 \pm 0,14$	27,06	$\pm 21,12$	8,65	1,04
5	167,2	54,8	$1,38 \pm 0,41$	19,44	$\pm 5,78$	2,59	3,87
2	163,0	62,0	$1,62 \pm 0,20$	22,80	$\pm 2,80$	1,98	2,59
4	162,0	70,0	$1,36 \pm 0,34$	19,12	$\pm 4,88$	2,44	2,84
7	157,0	53,6	$1,44 \pm 0,43$	18,74	$\pm 5,60$	2,12	0,09
8	153,2	53,7	$1,06 \pm 0,30$	13,80	$\pm 4,00$	1,41	9,64
7	150,1	46,1	$0,96 \pm 0,43$	11,62	$\pm 5,26$	1,99	1,24
7	153,3	45,3	$0,95 \pm 1,01$	13,36	$\pm 14,18$	5,37	0,15
50	149,2	49,1	$1,30 \pm 0,56$	17,57	$\pm 7,58$	1,07	3,32

Bei *Frauen* lagen die Mittelwerte für die Rückenhaut ($49,27 \pm 11,57 \text{ kg}/1 \text{ cm Hbr.}$) — bei geringgradigerer Streuung — höher als bei Männern ($46,82 \pm 14,72 \text{ kg}/1 \text{ cm Hbr.}$), desgleichen auch im Falle der Brusthaut (bei Frauen $29,23 \pm 9,24 \text{ kg}/1 \text{ cm Hbr.}$, bei Männern $24,13 \pm 8,45 \text{ kg}/1 \text{ cm Hbr.}$). An den übrigen Körperregionen der Frauen bedurfte

Tabelle 12. *Signifikante Unterschiede der Reißfestigkeit der menschlichen Haut nach Geschlechtern, gemäß den Körperregionen*

Körperregion	Männer (71 Fälle)				Frauen (50 Fälle)				Signifikante Differenz S.D.
	Reißfestigkeit kg/mm ²		Reißfestigkeit kg/1 cm Hautbreite		Reißfestigkeit kg/mm ²		Reißfestigkeit kg/1 cm Hautbreite		
	Mittelwert (M)	Streuung (S)							
1. Behaarte Kopfhaut	0,452	± 0,106	12,58	± 4,45	0,358	± 0,138	8,52	± 3,29	16,91
2. Halshaut	1,101	± 0,433	11,26	± 4,43	1,140	± 0,505	10,28	± 4,55	2,72
3. Brusthaut	1,458	± 0,510	24,13	± 8,45	1,566	± 0,495	29,23	± 9,24	6,14
4. Haut der Herzgegend	1,403	± 0,480	22,14	± 7,58	1,315	± 0,482	20,45	± 7,75	2,81
5. Bauchhaut	1,488	± 0,604	24,63	± 10,00	1,498	± 0,690	18,28	± 8,42	45,35
6. Rückenhaut	1,727	± 0,542	46,82	± 14,72	1,739	± 0,408	49,27	± 11,57	1,85
7. Gesäßhaut	1,639	± 0,503	22,58	± 6,93	1,494	± 0,514	20,08	± 6,92	4,90
8. Oberarmhaut	1,499	± 0,598	19,82	± 7,91	1,387	± 0,503	16,18	± 5,87	8,66
9. Unterarmhaut	1,378	± 0,533	16,23	± 6,28	1,281	± 0,400	13,24	± 4,14	2,13
10. Schenkelhaut	1,618	± 0,531	21,22	± 6,97	1,371	± 0,533	15,99	± 6,22	18,67
11. Unterschenkelhaut	1,461	± 0,453	20,13	± 6,24	1,307	± 0,563	17,57	± 7,58	3,32

es zum Zerreißen der 1 cm breiten Hautstreifen durchschnittlich 2—3 kg geringerer Kraftanwendung als bei den ähnlichen Hautgebieten der Männer.

An den einzelnen *Körpergegenden* wies die Reißfestigkeit der Haut bei beiden *Geschlechtern* betreffs der behaarten Kopfhaut, der Brust-, Bauch-, Gesäß-, Oberarm-, Oberschenkel- und Unterschenkelhaut signifikante Unterschiede auf, die Werte lagen bei den Frauen wesentlich niedriger als bei den Männern.

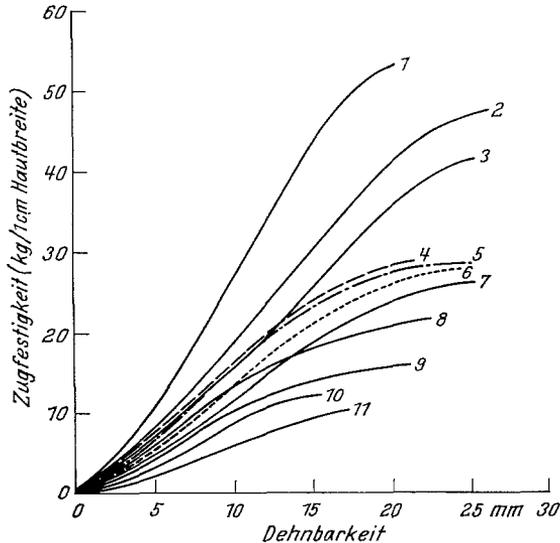


Abb. 3. Zerreiß- und Dehnungsdiagramm der verschiedenen Körperpartien entnommenen Hauptproben einer 35jährigen Frau (B. L.). 1 Rücken-*haut*, 2 Herzgegend-*haut*, 3 Brust-*haut*, 4 Unterarm-*haut*, 5 Bein-*haut*, 6 Schenkel-*haut*, 7 Oberarm-*haut*, 8 Steiß-*haut*, 9 Bauch-*haut*, 10 Hals-*haut*, 11 haarige Kopfhaut

Tabelle 13 bringt die signifikante Unterschiedlichkeit der Reißfestigkeit der Haut an den einzelnen Körperpartien nach Geschlechtern vor Augen, wo die Gruppen der 21—30- und der 71—80jährigen gegenübergestellt sind. Bei den *Männern* waren die Werte im Alter gegenüber denen in jungen Jahren an der behaarten Kopfhaut, der Herzgegend, des Bauches, des Ober- und Unterarmes, sowie des Unterschenkels signifikant herabgesetzt. Ähnlich war auch bei den *Frauen* im Senium die Zerreißfestigkeit der Haut gegenüber der bei 21—30jährigen im Falle der behaarten Kopfhaut, der Bauch-, Oberarm-, Unterarm- und Unterschenkelhaut signifikant verringert.

Besprechung

DUPUYTREN konnte bereits 1834 nachweisen, daß die Haut sich auch im Ruhezustand in konstanter Spannung befindet: sie ist in jeder

Tabelle 13
Signifikante Unterschiede der Reißfestigkeit (σ_{\max}) der menschlichen Haut gemäß den Körperregionen bei jungen und alten Personen

Körperregion	Männer						Frauen							
	Altersgruppe 21—30 Jahre			Altersgruppe 71—80 Jahre			Altersgruppe 21—30 Jahre			Altersgruppe 71—80 Jahre			Signifi- kante Diffe- renz S.D.	
	Mittel- wert (M)	Streu- ung (S)	Mittel- fehler (μ)	Mittel- wert (M)	Streu- ung (S)	Mittel- fehler (μ)	Mittel- wert (M)	Streu- ung (S)	Mittel- fehler (μ)	Mittel- wert (M)	Streu- ung (S)	Mittel- fehler (μ)		
1. Behaarte Kopfhaut	16,92	± 4,48	1,69	9,62	± 4,78	1,51	9,73	10,48	± 2,82	1,26	5,40	± 2,18	0,82	5,34
2. Halshaut	17,12	± 6,98	2,64	12,12	± 5,34	1,05	2,06	10,80	± 6,20	2,78	9,28	± 4,00	1,51	0,48
3. Brusthaut	25,10	± 9,48	3,59	21,44	± 7,12	2,25	0,46	32,28	± 16,18	7,25	20,40	± 10,02	3,79	1,92
4. Haut der Herzgegend	27,74	± 9,48	3,59	15,64	± 5,30	1,67	3,80	21,16	± 8,10	3,63	16,96	± 7,58	8,24	2,20
5. Bauchhaut	32,40	± 10,50	3,97	18,42	± 9,76	3,09	5,61	25,28	± 9,00	4,03	9,18	± 16,16	6,12	3,49
6. Rücken- haut	50,30	± 17,68	6,69	51,74	± 15,56	4,92	0,31	50,80	± 8,24	3,69	45,30	± 16,72	6,33	1,06
7. Gesäß- haut	21,40	± 7,24	2,74	23,42	± 5,64	1,78	1,05	19,92	± 1,82	0,81	19,20	± 7,48	2,83	0,26
8. Oberarm- haut	25,14	± 11,58	4,38	15,32	± 8,20	2,59	6,25	18,56	± 3,04	1,36	12,60	± 6,64	2,51	3,90
9. Unterarm- haut	23,56	± 9,08	3,44	9,70	± 5,14	1,63	4,45	20,16	± 4,28	1,92	6,08	± 3,26	1,23	9,08
10. Oberschenkel- haut	25,90	± 6,92	2,62	21,54	± 10,76	3,40	2,02	17,16	± 3,30	1,48	12,90	± 6,86	2,59	2,01
11. Unterschenkel- haut	24,82	± 5,78	2,18	13,12	± 4,94	1,56	7,69	19,44	± 5,78	2,59	11,62	± 5,26	1,99	4,73

Richtung, in einer Richtung aber besser dehnbar. LANGER hat 1861 die „Spannungslinien“ der menschlichen Haut kartographisch niedergezeichnet, deren Richtung den Verlauf der Hauptmasse der kollagenen Fasern anzeigt. In Richtung der Langerschen Kraftlinien ist die Haut weniger dehnbar, vertritt einen größeren Widerstand als vertikal zu ihnen. Hieraus ergibt sich, daß Kontinuitätsunterbrechungen der Hautdecke, die vertikal zu den Langerschen Kraftlinien liegen, infolge des Auseinanderstrebens der Wundränder, klaffend werden (Grundlage der vitalen Reaktion). WÖHLISCH, DU MESNIL und GERSCHLER haben 1926 die Elastizitätseigenschaften der tierischen Haut untersucht und die für die Haut der Tiere charakteristischen Elastizitäts- und Festigkeitskonstanten (Elastizitätsmodulus, maximale Dehnbarkeit und Spannung) bestimmt. Bei der gleichzeitigen Bestimmung der Reißfestigkeit der menschlichen Haut erhielten sie im Mittel Werte von $1,8 \text{ kg/mm}^2$. WENZEL stellte 1949 fest, daß in der Hauptverlaufsrichtung der kollagenen Fasern die Zerreißfestigkeit und der Elastizitätsmodulus der Haut wesentlich größer, ihre Dehnbarkeit aber kleiner ist als in vertikaler Richtung dazu. Die Reißfestigkeit der Haut und ihr Elastizitätsmodulus haben sich in der Hauptrichtung der Anordnung der kollagenen Fasern an der Bauch- und Rückenheit als größer erwiesen als an den Extremitäten. Die spezifische Dehnbarkeit der Bauchheit hat er als größer befunden als die der Haut des Rückens und der Gliedmaßen. Die an den von 30 Leichen stammenden Bauchheitproben unter analogen Bedingungen durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß die materialkonstanten Werte der Haut (spezifische Dehnung, Zerreißfestigkeit, Elastizitätsmodulus) je nach Geschlecht und Alter wechseln. Das Verhalten der Haut gegen mechanische Einflüsse wird aber auch durch viele andere Faktoren (Konstitution, Krankheitszustände usw.) beeinflußt. Die Reißfestigkeit der Haut von Säuglingen war bedeutend geringer als die der Haut Erwachsener. Nach seinen Befunden nimmt die Reißfestigkeit der Haut im höheren Alter ab, ihre Dehnbarkeit ist bei gleicher Spannung geringer, wodurch der Elastizitätsmodulus größer wird. WENZEL fand die weibliche Haut weniger reißfest und den Elastizitätsmodulus kleiner als die der Männer. Bei Frauen mittleren Alters war die Haut im allgemeinen dehnbarer als bei Männern. Bei Kachexie, Cushing-Krankheit und Schwangerschaft ist die Zerreißfestigkeit der Haut herabgesetzt, ihre Dehnbarkeit aber vergrößert. Narbige Haut (Operationswunden) verfügt — bei geringgradigerer Reißfestigkeit und Dehnbarkeit — über einen kleineren Elastizitätsmodulus als die narbenfreie Haut. Durch Steigerung der Spannungsgeschwindigkeit auf das 350fache stieg die Reißfestigkeit auf das Doppelte.

ROLLHAUSER stellte 1950 fest, daß die Reißfestigkeit und der Dehnungswiderstand der kollagenen Fasern des Sehngewebes mit fortschreitendem Lebensalter zunehmen. Die Reißfestigkeit der Sehnen

Erwachsener beträgt etwa das Dreifache jener bei Säuglingen. Bei den Erwachsenen wies die Reißfestigkeit der Sehnen große individuelle Schwankungen auf: bei Durchschnittswerten von $9,0 \text{ kg/mm}^2$ betragen die Mindestwerte $4,3 \text{ kg/mm}^2$ und die Höchstwerte $13,0 \text{ kg/mm}^2$. Die niedrigen Reißwerte erhielt er bei Personen, bei denen Zeichen einer allgemeinen Bindegewebsschwäche nachweisbar waren. Im Jahre 1951 dehnte ROLLHAUSER seine Untersuchungen auch auf die Bestimmung des Verhaltens des kollagenen Systems der Haut bei mechanischen Einwirkungen aus. Er excidierte bei 108 Leichen je 5—10 parallele Hautstreifen zwischen Nabel und Sternum, deren Dicke er nach dem Prinzip von Archimedes volumetrisch ermittelte. Die Dehnungsdiagramme zeigten bei den gleichen Personen nur geringfügige Streuungen. Auf Grund der Spannungsdiagramme berechnete er die Größe der zum Zerreißen der Haut erforderlichen Kraft in kg/mm^2 -Werten, die prozentuelle Verlängerung der Hautstreifen (spezifische Dehnung) und ihren Widerstand gegen mechanische Einflüsse (Elastizitätsmodulus). Die Reißfestigkeit der Bauchhaut von 32 Kindern bewegte sich zwischen $0,25$ und $1,4 \text{ kg/mm}^2$, während im Moment des Zerreißen die Dehnung 37—57% betrug. In der Gruppe der Jugendlichen und Erwachsenen beobachtete er eine wesentliche Streuung der Reißfestigkeit und Dehnbarkeit. Die Reißfestigkeit wies Mindestwerte von $0,34 \text{ kg/mm}^2$ und Höchstwerte von $2,85 \text{ kg/mm}^2$ auf. Trotz der großen Streuungen aber bestanden nach den Altersgruppen bezüglich Reißfestigkeit und Dehnbarkeit signifikante Abweichungen, da die Reißfestigkeit mit fortschreitendem Alter steigt, die Dehnung aber nachläßt.

Nach Altersgruppen waren die erhaltenen Werte statistisch signifikant.

	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
Altersgruppe	Mens VII bis 3 Jahre	15—50 Jahre	50—80 Jahre
Zerreißfestigkeit in kg/mm^2	$0,75 \pm 0,16$	$1,61 \pm 0,08$	$2,05 \pm 0,11$
Dehnung in %	47,0	34,3	30,5

Nach Geschlechtern konnte er signifikante Unterschiede bezüglich der Reißfestigkeit der Haut nicht beobachten, sie betrug bei Männern im Mittel $1,63 \text{ kg/mm}^2$ und bei Frauen $1,56 \text{ kg/mm}^2$. Auch nach Todesursachen (Tbc, Krebs usw.) war kein wesentlicher Unterschied in der Reißfestigkeit festzustellen.

In einigen seiner Fälle (5 Fälle) sah er ein beträchtliches Absinken der Reißfestigkeit der Haut, die Ursache dafür erblickt er in einer unzulänglichen Verflechtung der kollagenen Faserbündel und in einer Schwäche der kollagenen Fasern, was er polarisationsoptisch auch be-

weisen konnte. In den gleichen Fällen bestand auch ein erhebliches Nachlassen der Reißfestigkeit der Sehnen, welche er als Bindegewebschwäche, als konstitutionelle Anomalie auffaßt.

ZINK hat die für die menschliche Haut charakteristischen materialkonstanten Werte mathematisch analysiert. Nach seinen Befunden spielen bei den mechanischen Eigenschaften der menschlichen Haut die kollagenen Fasern des Coriums eine entscheidende Rolle. Sie bilden im Ruhezustand ein statistisch ungeordnetes Netzwerk, um sich auf die Wirkung der Dehnungskraft parallel zu ordnen. Die Dehnung der menschlichen Haut gehorcht nicht dem Hookschen Gesetz der proportionalen Dehnung, da anfangs auf kleinere Belastung eine größere, und später auf größere Belastung eine geringgradigere Dehnung resultiert. Aus der faserigen Struktur der Haut folgt, daß der Zusammenhang zwischen der Dehnung und der sie hervorbringenden Kraft kein linearer ist. ZINK hat auch jene Parameter untersucht, welche die Reißfestigkeit der Haut beeinflussen, wie Breite der Hautstreifen, Wechseln der Exsudationsstellen, postmortal verstrichene Zeit, Flüssigkeitsgehalt, thermische Behandlung.

KENEDI und GIBSON fanden bei der Untersuchung der Dehnbarkeit und der Festigkeitsfaktoren der menschlichen Haut nach Individuen, Körperregionen und Lebensalter so beträchtliche Streuungen, die einen gleichsinnigen Zusammenhang zwischen den untersuchten Erscheinungen nicht feststellen ließen.

Nach GIBSON, KENEDI und CRAIK büßt die Haut mit zunehmendem Alter immer stärker an Elastizität ein. Sie unterscheiden im Dehnungsdiagramm drei typische Abschnitte. In der initialen „elastischen“ Phase kommt auf geringe Kraftereinwirkung schnelle Dehnung zustande. In der „intermediären“ Phase tritt mit steigender Kraftanwendung gesteigerte allmähliche Dehnung ein, während in der dritten, „inelastischen“ Phase bei großem Kraftaufwand nur eine geringgradige Dehnung resultiert. Im höheren Alter wird wegen der verminderten Elastizität die elastische Phase kürzer, so daß Linksverschiebung der Dehnungskurve zu beobachten ist. Im Säuglingsalter dagegen ist die elastische Phase bedeutend länger als bei Erwachsenen (rechtsverschobene Dehnungskurve) und bricht auf kleine Kraftanwendung vor Erreichung der inelastischen Phase ab. Ein ähnliches Verhalten sahen sie auch bei den lockerer strukturierten Hautgebieten (z. B. Bauchhaut). Das gleiche beobachtete ROLLHAUSER bei Individuen mit allgemeiner Bindegewebschwäche, als deren Ergebnis weit geringere Kraftanwendung zur Zerreißen der Hautstreifen genügte. Die letzte, inelastische Phase der Dehnungskurve erinnert weitgehend an die Dehnungskurve der kollagenen Fasern (CRAIK).

Die Erklärung für das Verhalten der menschlichen Haut mechanischen Einflüssen gegenüber gibt das eigentümliche kollagen-elastische Fasersystem der Haut. Diese Struktur bietet den idealsten Schutz gegen

die die Körperoberfläche treffenden Krafteinwirkungen. In der Entwicklung der mechanischen Eigenschaften der Haut spielt von ihren drei Schichten (Epidermis, Dermis, Hypodermis) das ineinandergekoppelte dreidimensionale Netzwerk der kollagenen Fasern der Dermis die entscheidende Rolle (ROLLHAUSER, ZINK). Nach LEVER sind 98% der Fasern im Corium kollagene Fasern, die von elastischen Fasern umwoben sind.

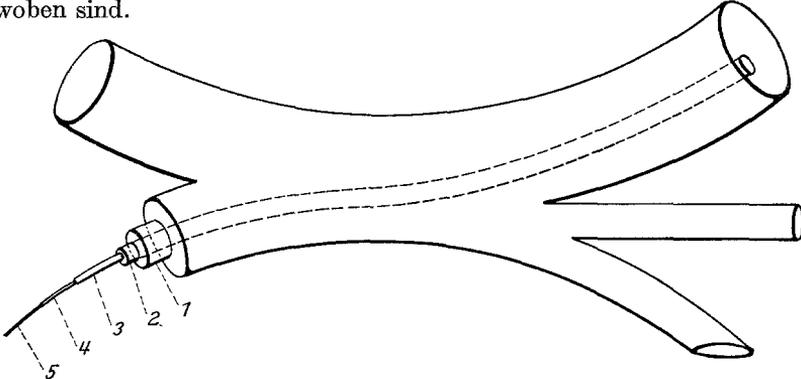


Abb. 4. Die feinere Struktur der kollagenen Fasern [JANSEN, L. H.: *Dermatologica* (Basel) **110**, 108—120 (1955)]. 1 Kollagenes Fibrillenband, Diameter $\pm 2 \mu$; 2 kollagene Fibrille, Diameter $\pm \frac{1}{2} \mu$; 3 kollagene E.M.-Fibrille, Diameter $\pm 1400 \text{ \AA}$; 4 kollagene E.M.-Filament, Diameter 50—100 \AA ; 5 Kettenmolekülbande

Die kollagenen Fasern bestehen nach KÜNTZEL aus Einheiten von ca. $0,5 \mu$ Durchmesser, den sog. Fibrillen, die — in eine amorphe Proteinsubstanz eingebettet — „Fibrillenbündel“ hervorbringen, welche einen Durchmesser von rund 2μ haben. Die gruppenartig nebeneinander geordneten Fibrillenbündel zusammen bilden die kollagene Faser (Abb. 4). Ein Teil der kollagenen Fasern vereint sich zu *kollagenen Faserbündeln*, die dann wieder auseinandertretend in benachbarte kollagene Faserbündel übergehen. Diese Struktur ist auch lichtmikroskopisch gut zu studieren.

Die kollagenen Fasern bilden somit ein dreidimensionales System, in dem die Fasern ungebunden nebeneinander ineinander übergehen. Durch diese Verflechtung gehen die elementaren Fibrillen ungeteilt von einem Fibrillenbündel in das andere über. Auf diese Weise bilden die kollagenen Fasern ein netzartig zusammenhängendes Fasersystem, wo in den Intersektionen die Individualität der einzelnen Fasern erhalten bleibt; sie sind frei nebeneinander verschiebbar, lediglich ihr Gitterwinkel ändert sich. Mit diesem Aufbau der Haut ist ihr Verhalten in der inelastischen Phase des Dehnungsdiagramms zu erklären. Die kollagenen Fasern selbst sind nicht dehnbar. Nach ZINK übertrifft die Reißfestigkeit der kollagenen Fasern (90 kg/mm^2) jene des Eisens (nach KOHLRAUSCH $18\text{—}25 \text{ kg/mm}^2$).

Die feinere Struktur der kollagenen Fasern ist an elektronenmikroskopischen Aufnahmen gut studierbar. Nach **BAHR** besteht das Kollagen aus elementaren Fibrillen mit einem Durchmesser von $900 \text{ \AA} \pm 10\%$, die in regelmäßigen Abständen von ca. 640 \AA dunkle Querstreifung erkennen lassen (**BAHR, SCHMITT, HALL und JAKUS, JANSEN**). Die Bedeutung der Querstreifung der Fibrillen ist noch nicht einwandfrei geklärt. **SCHMITT, HALL und JAKUS** nehmen an, daß an den dunkelgestreiften Gebieten die Kollagenmoleküle dichter gelagert sind, da sie

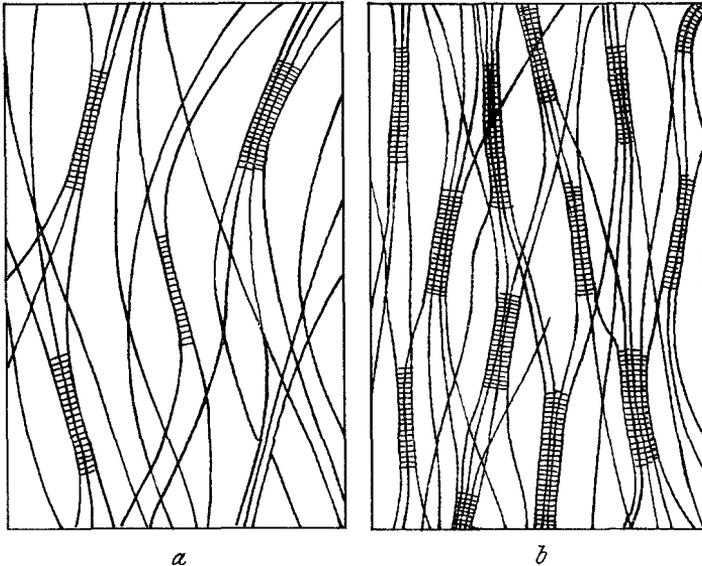


Abb. 5a u. b. Die micelläre Struktur der kollagenen Fasern nach **ROLLHAUSER** [*Morph. Jb.* **92**, 1—28 (1952)]. a Micellarstruktur der Säuglingssehne; b Micellarstruktur der Erwachsenensehne

fanden, daß bei Dehnung der dunklen Querbande der Fibrillen auf 2000 \AA die dunklen Abschnitte schmaler und die hellen länger werden, was den Anschein erweckt, als ob die dunklen Verbände anlässlich der Dehnung Substanz an die hellen Gebiete abgeben würden.

ROLLHAUSER hat die submikroskopische Struktur der kollagenen Fasern polarisationsoptisch und röntgenographisch studiert und auf beiden Wegen beweisen können, daß der Unterschied im Aufbau des Kollagens junger Individuen und Erwachsener in der besseren Ausbildung der die Fibrillen hervorbringenden micellären Struktur begründet liegt. Die elementaren Fibrillen des Kollagens sind von langen — der Faserachse parallel liegenden — Polypeptidketten gebildet. Die die Polypeptide bildenden einzelnen Aminosäuren sind in Gestalt von Hauptvalenzen mit CO-NH -Peptidbindung in den Hauptvalenzketten gekuppelt, während die Aminosäurenreste als Seitenketten beiderseits

rechtwinklig abzweigen. Die aus langen Hauptvalenzketten bestehenden Polypeptid-Fasermoleküle sind an bestimmten Gebieten parallel lokalisiert und haben so regelrechte Gitterstruktur (FREY-WYSSLING) oder micellären Bau (NÄGELI). Die Micellen sind also aus parallelen Hauptvalenzketten bestehende Gruppen, welche durch Seitenketten (Nebenvalenzenkupplung) mit den nachbarlichen Fasermolekülen verbunden sind. Die Micellen sind in Längsrichtung durch eine proteinartige intermicelläre Substanz netzförmig zusammengehalten (Abb. 5).

Die kollagenen Fasern haben Doppelbrechung; wird aber die intermicelläre Substanz entfernt, so bleibt eine Doppelbrechung niederen Wertes doch erhalten, nämlich die Doppelbrechung der die Micelle bildenden Polypeptidkette. Nach ROLLHAUSER ist diese im Kollagen Erwachsener größer (durchschnittlich 0,00233) als in dem von Säuglingen (durchschnittlich 0,00094), was eine Folge dessen ist, daß die micelläre Struktur der Kollagenfasern Erwachsener besser ausgebildet ist.

Die in der Mineralogie gebräuchlichen röntgenographischen Untersuchungen (ROLLHAUSER) haben erwiesen, daß die intermicelläre Substanz im jungen Kollagen ungeordnet, in dem Erwachsener geordneter ist, aber den im micellären Anteil beobachteten Grad nicht erreicht. Bei Erwachsenen ist die micelläre Struktur besser entwickelt, die parallele Anordnung der Micellen weicht weniger von der Längsachse ab. Hieraus erklärt sich, daß die Fasern der Erwachsenen über eine größere Zugfestigkeit verfügen als die junger Individuen (ROLLHAUSER).

Aus der charakteristischen Architektur der kollagenen Fasern wird leicht verständlich, daß die physiologische Dehnbarkeit der Haut von jener Ausdehnung abhängig ist, in welcher die kollagenen Fasern ohne zu zerreißen auseinanderweichen können. Allgemein hin akzeptiert ist die Ansicht, daß den elastischen Fasern der Haut in der Festigkeit der Haut keine so wichtige Rolle zukommt wie den kollagenen Fasern. Unter physiologischen Umständen hält das kollagene Fasersystem die Haut nur unter einer gewissen Spannung (CRAIK).

In den vorliegend erörterten Untersuchungen haben wir die in kg/l cm Hautbreite und in kg/mm² angegebene Reißfestigkeit der Haut verschiedener Körpergegenden bestimmt. In der gerichtlich-medizinischen Praxis hat aber die in kg/l cm Hautbreite ausgedrückte Reißfestigkeit größere Bedeutung als die auf kg/mm² berechnete. Nach den Gesetzen der Festigkeitslehre kann die Reißfestigkeit in kg/mm² ausgedrückt werden, weil die Reißfestigkeit auf die Zerreißfläche (Querschnitt) homogener Stoffe bezogen werden kann.

Wie schon erwähnt, ist die menschliche Haut in Anbetracht ihres faserigen und schichtartigen Aufbaus nicht als homogene Substanz zu betrachten, und wenn es auch gelingt, den Versuch so durchzuführen, daß der Querschnitt der zu zerreißenen Haut gerade in mm² genau

bestimmt werden kann (z. B. volumetrisch), so werden doch bei verschiedenen Individuen sehr unterschiedliche Reißfestigkeitswerte erhalten. Nach TRIEPEL wird die Reißfestigkeit eines aus mehreren Komponenten bestehenden Gewebes a) durch die mechanischen Eigenschaften des festesten Bestandteiles des Stoffes, b) von deren Massenverhältnis und c) von ihrer Anordnungsweise bestimmt. WÖHLISCH u. Mitarb. kamen zu der Feststellung, daß von den Schichten der Haut die Epidermis die größte Festigkeit besitzt, da nach ihrer Entfernung die Haut wesentlich an Festigkeit einbüßt. Die nachträglichen Untersuchungen (ROLLHAUSER, ZINK) haben bewiesen, daß in der Festigkeit der Haut das kollagene Fasersystem des Coriums die Hauptrolle spielt. Die verschiedenen Hautschichten bestehen aus unterschiedlichen Gewebeelementen (Epithel, Bindegewebe usw.). Offensichtlich wird die Haut angesichts ihres inhomogenen Charakters beim Dehnen ein abweichendes Verhalten zur Schau tragen. Nach den Untersuchungen von ROLLHAUSER ist die Reißfestigkeit der Haut — wenn diese wasserärmer ist — erhöht, weil auf die Querschnitteinheit mehrere reißfeste Fasern kommen. Hiermit erklärt er die Erhöhung der Reißfestigkeit im hohen Alter. Außerdem ist anzunehmen, daß das kollagene Fasersystem des Coriums individuell von wechselnder Dichte und Struktur ist, was infolge der verschiedenen Verflechtung, Koppelung und des verschiedenen Gitterwinkels der kollagenen Fasern eine individuell stark wechselnde Reißfestigkeit zur Folge hat. In Anbetracht dessen, daß auf eine gegebene Querschnitteinheit bei verschiedenen Personen eine verschiedene Fasermenge kommt, scheint es von gerichtlich-medizinischem Standpunkt zweckmäßiger, die Reißfestigkeit der Haut nicht in kg/mm^2 -Werten, sondern in $\text{kg}/1 \text{ cm}$ Hautbreite anzugeben. Hierdurch lassen sich viele solche Faktoren eliminieren, welche den Vergleich der Reißfestigkeit der Haut verschiedener Individuen erschweren würden. So kommen die in der strukturellen Fügung der Haut bedingten Unterschiede in der Streuung zum Ausdruck. Auf Grund ähnlicher Überlegungen gibt auch ZINK die Reißfestigkeit der Haut auf $\text{kg}/1 \text{ cm}$ Hautbreite bezogen an.

Die in $\text{kg}/1 \text{ cm}$ Hbr. ausgedrückte Reißfestigkeit kann in der gerichtlich-medizinischen Praxis leichter Anwendung finden: im Falle einer 4 cm langen Rißverletzung kann durch Multiplizieren des für die betreffende Körperpartie bestimmten, in $\text{kg}/1 \text{ cm}$ Hbr. ausgedrückten Reißfestigkeitswertes mit 4 multipliziert die Größe jener Kraft ermittelt werden, mit welcher die Hautverletzung verursacht wurde.

Beim Vergleich unserer für $\text{kg}/1 \text{ cm}$ Hbr. angegebenen Reißfestigkeitswerte mit den Befunden von ROLLHAUSER ist eine gewisse Abweichung festzustellen. ROLLHAUSER sah im hohen Alter eine Erhöhung der in kg/mm^2 angegebenen Reißfestigkeit, während nach unseren Befunden die in $\text{kg}/1 \text{ cm}$ Hautbreite ausgedrückte Reißfestigkeit *im Alter nachläßt*.

Nach den Untersuchungen von CERESA nehmen bis zum 20. Lebensjahr die Faserbündel der Haut nicht nur an Dicke, sondern auch zahlenmäßig zu, so daß bis zum 20. Jahre das Corium allmählich dicker wird. Mit fortschreitendem Alter werden die kollagenen Fasern nur mehr in ihrem Umfang größer, wodurch die Dicke des Coriums schon nicht mehr wesentlich verändert wird. SCHOTTERER hat das kollagene Fasersystem des Coriums von Kälbern weitaus retikulärer, feiner strukturiert befunden als das ausgewachsener Rinder. SCHMIDT, UNNA und SCHALLWEG haben im Alter Auflockerung der Coriumschichte der Haut und Abflachung der Papillen beobachtet und betrachten diese Veränderungen als Altersatrophie der Haut, die außerdem noch durch Schrumpfung und Hyalinisation der kollagenen Fasern gekennzeichnet ist.

Unsere Untersuchungsbefunde unterstützen die alte Beobachtung, wonach die Haut im Alter schrumpft und weniger widerstandsfähig wird, d.h. die Reißfestigkeit der Haut läßt mit fortschreitendem Alter gegenüber der bei jungen Individuen auch in absolutem Sinne nach. Beim Zerreißen der Haut von verschiedenen Körperpartien haben (mit Ausnahme der vom Rücken, Hals, von der Herzgegend und vom Gesäß stammenden Proben) auch wir die gleiche Erfahrung gemacht.

WEINIG und ZINK haben mit zeitgemäßer Technik die Zugfestigkeit und die Elastizitätsgröße der Haut von verschiedenen Körperregionen bestimmt an aus 29 Leichen entnommenen mehr als 1500 Hautmuster. Ihren Untersuchungen gemäß fanden sie die Zugfestigkeit und die Elastizitätsgröße an der rechten und linken Körperhälfte etwa gleich. Die Haut des Rumpfes wird von der Vorderseite des Körpers nach hinten fester, die Zugfestigkeit ist am Rücken die größte. In den Gelenken (Knie, Ellenbogen, Achselhöhle, Lenden) ist die Haut im Verhältnis zu den übrigen Teilen der Endglieder weniger widerstandsfähig, ja auch im Verhältnis zu den übrigen Körperregionen ist die Zugfestigkeit der Haut hier am geringsten. Übrigens konnten sie zwischen der Zugfestigkeit der oberen und unteren Gliedmaßen keinen wesentlichen Unterschied bemerken.

Nach den Untersuchungen von WEINIG und ZINK wechselt die Zugfestigkeit der menschlichen Haut in den verschiedenen Körperregionen zwischen 5—90 kp/cm Hautbreite, ihre Elastizitätsgröße zwischen 0,110 cm/kp und 0,002 cm/kp. Innerhalb dieser Werte konnten sie die größte Zugfestigkeit an der Haut des Rückens, die kleinste aber an den Beugeseiten des Körpers feststellen. Nach der Größenordnung der erhaltenen Werte der Zugfestigkeit und der mechanischen Eigenschaften der Haut der verschiedenen Körperregionen haben sie die menschliche Haut in 9 Klassen unterteilt, und sie stellten fest, in welche Kategorie der Zugfestigkeit und der Elastizitätsgröße nach die Haut der einzelnen Körperregionen gehört.

Wenn wir die eigenen Untersuchungsergebnisse mit den Daten von WEINIG und ZINK vergleichen, sind die durch uns angegebenen Mittelwerte der Zugfestigkeit (in kg/1 cm Hautbreite ausgedrückt) fast in allen Körperregionen *geringer*. WEINIG und ZINK geben die Zugfestigkeit der verschiedenen Körperregionen in etwa 10 kp/1 cm Hautbreite Größenordnung-Kategorie an, in unserer Mitteilung aber geben wir den Mittelwert der erhaltenen Zugfestigkeit und die dazu gehörende standard Deviation an. Wenn wir den Streuungswert zum Mittelwert dazurechnen, bekommen wir in den meisten Fällen keine so große Zugfestigkeitswerte, als welche WEINIG und ZINK erhalten haben. In der Tabelle 12 geben wir den Mittelwert der Zugfestigkeit der Haut in den verschiedenen Körperregionen an, d. h. den Mittelwert der Zugfestigkeit der Leichenhaut von 71 Männern und 50 Frauen. Dieser Mittelwert ist geringer als der, den WEINIG und ZINK angegeben haben. Aber wenn wir die Tabellen analysieren, die die Zugfestigkeit der einzelnen Körperregionen nach Geschlecht enthalten (Tabelle 1—11), ist festzustellen, daß bei diesen Durchschnittswerten die Zugfestigkeit bei den jünger Erwachsenen und den im mittleren Alter lebenden Personen viel höher liegt, und den Wert der Streuung dazugebend erreicht es fast die Daten von WEINIG und ZINK.

Nach unseren Untersuchungsergebnissen zeigten sich große individuelle Unterschiede bei der Zugfestigkeit der menschlichen Haut. In derselben 10 Jahre umfassenden Gruppe kam es vor, daß wir in einem Fall die Zugfestigkeit der Rückenhaut 90 kg/1 cm Hautbreite fanden, währenddem in derselben Altersgruppe 40 kg/1 cm Hautbreite die Zugfestigkeit der Rückenhaut war.

Aus der Mitteilung von WEINIG und ZINK stellte sich heraus, daß sie wesentlich mehr Körperregionen (Körperbeugestellen, Penis, Scrotum, Vulva, Haut der analen Region) untersuchten als wir, aber ihre Materie entnahmen sie insgesamt nur aus 29 Leichen, deren Alter zwischen 18—75 Jahre variierte. Demgegenüber vollführten wir unsere Untersuchungen an einer Materie zwischen $\frac{1}{2}$ —88 Jahre. Nach unserer Meinung liegt hier der Grund des Unterschiedes, der sich in der Größenordnung der Zugfestigkeit zeigt.

In unserer gegenwärtigen Mitteilung entnahmen wir die Untersuchungsmaterie deshalb nur aus 11 Körperregionen, daß wir dadurch die standarden Verhältnisse sichern sollen können zur exakten Bestimmung der Zugfestigkeit der menschlichen Haut gemäß Geschlecht und Alter. Wenn der Größenordnung nach sich auch bestimmte Unterschiede zeigen zwischen unseren Daten und den Daten von WEINIG-ZINK, so stimmen doch die Feststellungen bezüglich der Zugfestigkeit der verschiedenen Körperregionen darin überein, daß wir ebenfalls an den Extremitäten niedrigere, am Vorderteil des Rumpfes mittelmäßige, am Rücken die größte Zugfestigkeit fanden.

Zusammenfassung

Verfasser haben die Reißfestigkeit der Haut verschiedener Körperstellen (behaarte Kopfhaut, vordere Halspartie, mittlere vordere Brustkorbhaut, Herzgegend, Bauch-, Rücken-, Gesäß-, Ober- und Unterarm- sowie Unterschenkelhaut) von insgesamt 121 (71 männlichen und 50 weiblichen) Leichen, die binnen 6—72 Std zur Obduktion gelangt waren, mit Hilfe einer elektrischen, automatisch registrierenden Zerreißmaschine untersucht.

An insgesamt 1331 Hautstreifen wurde die Reißfestigkeit — in kg/mm^2 und $\text{kg}/1 \text{ cm}$ Hautbreite angegeben — bestimmt. Die Fälle wurden nach Altersgruppen, Körpergegenden und Geschlechtern gruppiert, die Ergebnisse tabellarisch zusammengestellt und mittels mathematisch-statistischer Methoden bewertet.

Die größten Reißfestigkeitswerte wurden an der Rücken- und die niedrigsten im Falle der Halshaut gefunden.

Nach diesen Untersuchungen bestehen hinsichtlich der Reißfestigkeit der menschlichen Haut je nach Geschlecht, Körperregion und Alter signifikante Abweichungen. Die Reißfestigkeit der weiblichen Haut war — verglichen mit der der männlichen — wesentlich geringer im Falle der behaarten Kopfhaut, im mittleren vorderen Brustkorbanteil, der Bauch-, Gesäß-, Oberarm-, sowie Ober- und Unterschenkelhaut. Bei *Männern* läßt die Reißfestigkeit im Alter — gegenüber der bei jungen Individuen — an der behaarten Kopfhaut, in der Herzgegend, am Bauch, am Ober- und Unterarm, sowie am Unterschenkel, und bei *Frauen* an der behaarten Kopfhaut, am Bauch, Ober- und Unterarm und Unterschenkel signifikant nach, während sie am Hals, in der Herzgegend, sowie am Rücken und Gesäß im Alter nicht herabgesetzt ist.

Die erhaltenen Ergebnisse werden mit den einschlägigen Literaturangaben verglichen und die diesbezügliche Literatur zusammengefaßt.

Summary

The tensil strength of the skin of different body-regions (hairy-scalp, forepart of the neck, the middle of the forepart of chest, heart-region, abdomen, back, rump and upper arm, forearm, thigh and the stretching surface of the leg) were examined by the authors with an electrical testing-machine on 121 corpses (71 men, 50 women sectioned 6—72 hours after death).

Altogether they axamined the tensil strength of 1331 skin-strips given in kg/mm^2 and $\text{kg}/1 \text{ cm}$ skinbreadth.

The cases were devided into groups of 10 year periods according to the body-regions and sex. The results were recorded on tables. For the evaluation of the results they used mathematical-statistical methods.

The highest tensile strength was found in the skinstrips got from the back region, and it was the least in skinstrips got from neck region.

The examination showed significant differences in the tensile strength of the human skin according to sex, body-regions and ages. Tensile strength of women's skin was significantly less than that of men in the regions of the abdomen, rump, upper arm, thigh and stretching part of the leg. With the passing of ages in *the case of men* the tensile strength of skin became significantly less in the regions of hairy-scalp, heart-party, abdomen, upper arm, forearm and shank. In the case of *older women* it is the same phenomenon in the region of hairy-scalp, heart-party, abdomen, upper arm, forearm and shank, but there is no difference in the skin of neck, heart-party, back and rump.

The results of their examinations were compared with the dates of literature and the concerning literature was summarised.

Literatur

- ÁRVAI, A., J. TAKÁCS, and F. VERZÁR: The effect of pregnancies on the aging of collagen. *Gerontologia* (Basel) **7**, 77 (1963).
- BAHR, G. F.: Ergebnisse elektronenmikroskopischer Untersuchungen des kollagenen und elastischen Gewebes. *Arch. Derm. Syph.* (Berl.) **193**, 518 (1951).
- H. SCHUERMANN u. G. GRECELIUS: Elektronenmikroskopische Untersuchungen bei progressiver Sklerodermie, Lupus erythematosus acutus und Akrodermatitis chronica atrophicans. *Hautarzt* **2**, 513 (1951).
- CERESA, F.: Trasformazioni del tegumento dell'uomo durante la vita fetale e post-natale. Metamorfosi senili. *Arch. ital. Anat. Embriol.* **36**, 101 (1936).
- CRAIK, J. E.: The mechanics of human skin. *New Scientist* **31**, 88 (1966).
- DUPUYTREN: Zit. nach J. E. CRAIK: *New Scientist* **31**, 88 (1966).
- FREY-WYSSLING, A.: *Submikroskopische Morphologie des Protoplasmas und seiner Derivate*. Berlin: Gebr. Bornträger 1938.
- GIBSON, T., R. M. KENEDI, and J. E. CRAIK: The mobile micro-architecture of dermal collagen. *Brit. J. Surg.* **52**, 764 (1965).
- JANSEN, L. H.: The structure of the connective tissue and explanation of the symptoms of the Ehlers-Danlos syndrome. *Dermatologica* (Basel) **110**, 108 (1955).
- , and P. B. ROTTIER: Elasticity of human skin related to age. *Dermatologica* (Basel) **114**, 106 (1957).
- KENEDI, R. M., et T. GIBSON: Étude expérimentale des tensions de la peau dans le corps humain-system de mesure des forces et resultats. *Rev. franç. Mecan.* **4**, 121 (1962).
- KOHLRAUSCH, F.: *Praktische Physik*, Bd. 2. Stuttgart: J. B. Teubner 1956.
- KÜNTZEL, A.: *Handbuch der Gerbereichemie und Lederfabrikation* (Hrsg. W. GRASSMANN), Bd. 1, Teil 1. Wien: Springer 1944.
- LANGER, K.: S.-B. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. **44**, 1. Abt., zit. nach WÖHLISCH etc. *Z. Biol.* **85**, 325 (1926).
- LEVER, W.: Zit. nach P. ZINK. *Z. ges. gerichtl. Med.* **56**, 349 (1965).
- NÄGELI, C.: *Die Stärkekörner*. Zürich 1858. Zit. nach ROLLHAUSER, *Morph. Jb.* **92**, 1 (1952).
- ROLLHAUSER, H.: Konstitutions- und Altersunterschiede in der Festigkeit kollagener Fibrillen. *Morph. Jb.* **90**, 157 (1950).

- ROLLHAUSER, H.: Die Festigkeit menschlicher Sehnen nach Quellung und Trocknung in Abhängigkeit vom Lebensalter. *Morph. Jb.* **90**, 180 (1950).
 — Die Zugfestigkeit der menschlichen Haut. *Morph. Jb.* **90**, 249 (1950).
 — Untersuchungen über den submikroskopischen Bau kollagener Fasern. *Morph. Jb.* **92**, 1 (1952).
- SCHALLWEG, O.: Die menschliche Haut in ihren Beziehungen zu Alter, Geschlecht und Konstitution. (Eine morphologische Studie.) *Z. menschl. Vererb.- u. Konstit.-Lehre* **25**, 206 (1941).
- SCHMIDT, M. B.: *Virchows Arch.* **2**, 125 (1891). Zit. nach H. ROLLHAUSER: *Morph. Jb.* **90**, 249 (1950).
- SCHMIDT, W. J.: Die Bausteine des Tierkörpers im polarisierten Licht. Bonn, 1924. *Arch. exp. Zellforsch.* **6**, 350 (1928).
 — Polarisationsoptische Analyse des submikroskopischen Baues von Zellen und Geweben. In: ABDERHALDENs Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. V, Teil 10, S. 1. Urban & Schwarzenberg 1934.
- SCHMITT, F. O.: Tissue ultrastructure analysis: polarised light method. *Medical Physics* **1944**, 1586—1591.
 — C. E. HALL, and M. A. JAKUS: Ultrastructure of protoplasmic fibrils. *Biol. Symposia* **10**, 261 (1943).
- SCHOTTERER, A.: Hautuntersuchungen bei Rindern. *Z. Züchtg* **26**, 203 (1933).
- TRIEPEL, H.: Einführung in die physikalische Anatomie. Wiesbaden 1902.
- UNNA, H.: *Z. prakt. Derm.* **10** (1886). Zit. nach H. ROLLHAUSER, *Morph. Jb.* **90**, 249 (1950).
- VERZÁR, F.: Veränderungen der thermoelastischen Kontraktion von Sehnenfasern im Alter. *Helv. physiol. pharmacol. Acta* **3**, 64 (1955).
 — Das Altern des Kollagens. *Helv. physiol. pharmacol. Acta* **14**, 207 (1956).
 — Thermic-contraction of single tendon fibres from animals of different age after treatment with formaldehyde, urethane, glycerol, acetic acid and other substances. *Gerontologia (Basel)* **2**, 81 (1958).
 — Bestimmung des biologischen Alters von Kollagen in Sehnen und in Corium. *Helv. physiol. pharmacol. Acta* **19**, 46 (1961).
- WEINIG, E., u. P. ZINK: Über die mechanischen Eigenschaften der menschlichen Leichenhaut. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* (im Druck).
- WENZEL, H. G.: Untersuchungen über die Dehnbarkeit und Zerreißbarkeit der Haut. *Zbl. allg. Path. path. Anat.* **85**, 117 (1949).
- WÖHLISCH, E.: Die Temperaturabhängigkeit der Dimensionen des elastischen Gewebes. *Z. Biol.* **85**, 379 (1926).
 —, u. R. DU MESNIL: Die Thermodynamik der Wärmeumwandlung des Kollagens. Ein Beitrag zum Problem der thermischen Sehnenverkürzung. *Z. Biol.* **85**, 406 (1926).
 — u. H. GERSCHLER: Untersuchungen über elastische Eigenschaften tierischer Gewebe. I. *Z. Biol.* **85**, 325 (1926).
 — — — Untersuchungen über die elastischen Eigenschaften tierischer Gewebe. II. *Z. Biol.* **85**, 567 (1927).
- ZINK, P.: Methoden zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften der menschlichen Leichenhaut. *Z. ges. gerichtl. Med.* **56**, 349 (1965).

Prof. Dr. I. GY. FAZEKAS
 Direktor des Institutes für gerichtliche Medizin
 der Universität Szeged
 Kossuth Lajos sugárút 40