

## Die Druckfestigkeit der menschlichen Leber mit besonderer Hinsicht auf die Verkehrsunfälle

I. Gy. FAZEKAS, F. KÓSA, G. JOBBA und E. MÉSZÁROS  
Institut für Rechtsmedizin der Universität Szeged (Ungarn)

Eingegangen am 16. Dezember 1970

### Pressure Stability of the Human Liver in Particular Consideration of the Traffic Accidents

*Summary.* Examinations have been carried out concerning the pressure stability and the relative change in length of the human liver in the organs of 42 (28 males and 14 females) corpses by means of an electric lacerating machine—which is in use in the textil industry—that was capacitated for the measurement of the pressure stability.

By intact organs (11 cases) and by organs which showed pathological alterations (31 cases) the pressure stability of the liver substance was determined in the moment of the first laceration (capsule rupture) and at the formation of the multiple ruptures. In intact livers the first rupture (capsule laceration + a slight parenchymal lesion) was induced by  $168,5 \pm 63,8$  kp pressing force at a compression of  $2,26 \pm 0,59$  cm; multiple ruptures occurred to the effect of  $319,81 \pm 90,81$  kp pressing force, at a  $3,38 \pm 0,18$  cm compression.

The pressure stability of the liver with pathological alterations diminished according to the authors observations, the difference is significant.

By traffic accidents (running over) the questionable wheel pressure (that is the weight of a passenger car which falls to a wheel) is considerable higher than the force which is necessary to the formation of the multiple liver ruptures. According to our examinations this is sufficient to the  $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$  (72,19%) of the wheel pressure.

*Zusammenfassung.* Die Untersuchungen bezüglich der Druckfestigkeit und der relativen Längenänderung der menschlichen Leber wurden an den aus 42 (28 männlichen und 14 weiblichen) Leichen stammenden Organen mit einer in der Textilindustrie gebräuchlichen Zerreißmaschine — die zur Messung der Druckfestigkeit geeignet gestaltet worden war — durchgeführt. Bei intakten (11 Fälle) und pathologische Veränderungen aufweisenden Organen (31 Fälle) wurde die Druckfestigkeit der Lebersubstanz zum Zeitpunkt des ersten Berstens (Kapselruptur) und des Zustandekommens der multiplen Rupturen bestimmt. Bei intakten Lebern wird die erste Ruptur (Kapselriß + geringgradige Parenchymläsion) durch  $168,5 \pm 63,8$  kp Druckkraft bei einer Komprimierung von  $2,26 \pm 0,59$  cm hervorgerufen; multiple Rupturen entstanden auf die Wirkung von  $319,81 \pm 90,81$  kp Druckkraft bei  $3,38 \pm 0,18$  cm Kompression.

Die Druckfestigkeit der pathologische organische Veränderungen aufweisenden Leber ist im Verhältnis hierzu herabgesetzt, die Differenz ist signifikant.

Der bei Verkehrsunfällen (Überfahren) in Frage kommende Raddruck (d.h. das auf ein Rad entfallende Gewicht des Personenkraftwagens) ist weitaus größer als jene Kraft, die zur Hervorbringung der multiplen Rupturen erforderlich ist. Den vorliegenden Befunden nach reichen dazu bereits auch  $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$  (72,19%) des Raddruckes aus.

*Key-Words:* Leber, Druckfestigkeit, relative Längenänderung — Verkehrsunfall, Leberzerreißen.

Die Größe der bei der Entstehung von Verletzungen der parenchymatösen Organe infolge von stumpfer Krafteinwirkung fungierenden Kraft wurde bisher lediglich aufgrund empirischer Bewertung (kleine, mittlere, große bzw. die menschliche Kraft überschreitende Krafteinwirkung) eingeschätzt. Die rapide Entwicklung der gerichtsmmedizinischen Beweisführung stellt neuere und präzisere An-

sprüche auch bzgl. der Feststellung der Größenordnung der die Verletzungen hervorruhenden Krafteinwirkung. Nach den früheren bahnbrechenden Untersuchungen (Wöhlisch u. Mitarb.; Schotterer; Jochims; Kirk und Kvorning; Wenzel; Rollhäuser) stehen uns heute schon genauere Kenntnisse betreffs der Zerreißbarkeit der menschlichen Haut, ihrer spezifischen Dehnbarkeit und pathophysiologischen Bedeutung [Schallweg; Küntzel; Dick; Frey-Wyssling; Bahr; Rollhäuser, Verzár u. Mitarb.; Tronnier und Wagener; Jansen, Jansen und Rottier; Kenedi und Gibson; Gibson, Kenedi und Craik; Dal Borgo und Guardo; Zink; Craik; Schnass; Weinig und Zink; Fazekas u. Mitarb.; Somogyi u. Mitarb. (sowie über die im Zustandekommen der Rißwunden der Haut mitwirkenden Mechanismen) zur Verfügung. Mueller, Katerbau, Weyrich, Werkgartner, Pietrusky, Orsó, Ökrös, Holzer, Schwarzacher, Jansen, Kaus, Keller].

Ausgehend von unseren früheren Untersuchungen betreffs der Zerreißfestigkeit und der spezifischen Dehnung der Haut (Fazekas, Kósa, Basch und Fazekas) haben wir die Untersuchung der Druckfestigkeit der parenchymatösen Organe in Angriff genommen. In der vorliegenden Arbeit berichten wir über die Untersuchung der Druckfestigkeit der Leber.

### Untersuchungsmaterial und Methoden

Das Untersuchungsmaterial bildeten 42 (28 männliche und 14 weibliche) im Gerichtlich-medizinischen Institut der Universität Szeged 6—72 Std nach Eintritt des Todes seziierte Leichen im Alter von 10—91 Jahren. Zur Untersuchung der Druckfestigkeit und der spezifischen Verkürzung (Elastizitäts-, Komprimierbarkeitsfaktor) der bei der Obduktion zwecks Verhütung von Beschädigungen der Kapsel schonend herauspräparierten Leber verwendeten wir eine in der Textilindustrie gebräuchliche, elektrisch betriebene Zerreißmaschine, die zur Bestimmung der Druckkraft etwas modifiziert wurde. Auf die ursprünglichen Klemmkuppen wurde eine auf Schienen bewegliche Vorrichtung mit senkrechter Wandung montiert, deren Seitenwände bei der Entfernung der Klemmkuppen voneinander (also bei der ursprünglichen Funktion) — sich aufeinander zubewegend — einen Druck ausüben. Auf diese Weise konnte — unter Beibehaltung des motorischen Anteils und der Schreibvorrichtung der Zerreißmaschine in ihrer ursprünglichen Form — die Messung der Druckkraft erfolgen.

Wir suchten die Fragen zu beantworten,

1. bei einem wie großen Komprimieren,
2. bei einer wie großen Krafteinwirkung an der Leberverletzungen entstehen und
3. welcher Art Verletzungen in Abhängigkeit vom Ausmaß der Krafteinwirkung (d.h. der Druckkraft) zur Entstehung gelangen.

Zu diesem Zweck wurde die Druckfestigkeit und die spezifische Verkürzung der Leber zum Zeitpunkte des Entstehens der ersten strukturellen Veränderung (d.h. Kapselriß + geringfügige Parenchymverletzung) und dann der multiplen Ruptur ermittelt.

1. Die *Druckfestigkeit* ist der Quotient von Druckkraft ( $P$ ) und Druckfläche ( $F$ ).

$$\sigma_{dB} = \frac{P}{F} \text{ (kp/cm}^2\text{)},$$

wobei  $P$  die Größe der Druckkraft in Kilopond,  $F$  die Druckfläche in  $\text{cm}^2$ , d.h. die auf  $1 \text{ cm}^2$  kommende Druckkraft bedeutet.

2. Die relative Längenänderung  $\varepsilon$  ist der Quotient der Längenänderung  $\Delta l$  ( $=l-l_0$ ) durch die ursprüngliche Länge  $l_0$  (Organdicke).

$$\varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0} = - \frac{\Delta l}{l_0} (\%) \quad (\varepsilon < 0 \text{ bedeutet Verkürzung}).$$

Die relative Längenänderung gibt Aufschluß darüber, daß bei einer bestimmten Komprimierung der ursprünglichen Organdicke die Ruptur erfolgt.

In Kenntnis der beiden obigen Faktoren (also Druckfestigkeit und relative Längenänderung) läßt sich die mechanische Eigenschaft der verschiedenen menschlichen Organe (u. a. der Leber) bestimmen.

Bei der mechanischen Untersuchung verschiedener Materiale wird die Druckfestigkeit gewöhnlich in der Maßeinheit  $\text{kp/cm}^2$  angegeben. Wie wünschenswert auch der Gebrauch dieser Maßeinheit wäre, läßt er sich im Falle biologischen Materials doch nicht immer verwirklichen, da die genaue Bestimmung der der Kraftereinwirkung ausgesetzten Organflächen oft äußerst schwierig ist. Zink [65] führte bei der Bestimmung der Zerreißfestigkeit der menschlichen Haut anstatt des  $\text{cm}^2$ -Querschnittes den Begriff: 1 cm Hautbreite ein, welcher die Beurteilung der erhaltenen Ergebnisse und ihrer leichteren Benutzung ermöglichte. In unseren Untersuchungen bzgl. der Zerreißfestigkeit der menschlichen Haut [10—14] haben auch wir diese Maßeinheit benutzt. Mit ihr läßt sich z. B. die Größe der eine 4 cm lange Hautverletzung (Riß) herbeiführenden Kraft einfach bestimmen, denn sie ist gleich der als Zerreißfestigkeit der gegebenen Körperregion ermittelten Zerreißkraft in Kilogramm (mit dem Vierfachen des Wertes von 1 cm Hautbreite).

In Analogie hierzu ist auch bei biologischen Materialien bei der Bestimmung der Druckfestigkeit die Einführung des Begriffes  $\text{kp/Organfläche}$  — anstatt des früheren  $\text{kp/cm}^2$  Druckkraft — ratsam. In einem großen Teil der Fälle, wirkt nämlich jene Kraft, die in den Organen bereits strukturelle Veränderungen zeitigt, auch auf die gesamte Organoberfläche ein (z. B. bei Verkehrsunfällen). Würde man nun bezüglich der spezifischen Resistenz und Druckfestigkeit nicht die ganze Leber, sondern nur einen Teil davon untersuchen, so würden sich infolge der gestörten Integrität falsche Resultate ergeben.

Sind wir mit dieser Korrektur einverstanden, so bedeuten in unseren Tabellen die *P*-Werte (Druckkraft) das zur Hervorrufung von Leberläsionen erforderliche absolute Maß der Kraftereinwirkung in kp.

Wir wollten aber hiermit nicht die sich in Verbindung mit der Bestimmung der Druckfestigkeit der parenchymatösen Organe ergebenden Schwierigkeiten umgehen, denn mit annähernder Genauigkeit läßt sich auch die Organoberfläche in  $\text{cm}^2$  ermitteln. Anlässlich unserer Untersuchungen ließen wir die Druckkraft auf die gesamte Organoberfläche einwirken. Bei der Aufnahme der Organgröße nach Länge- und Breitenmaßen liefern diese aber nur die Flächen-Dimension eines Rechtecks, welches größer als die tatsächliche Oberfläche des Organs ist. Obzwar bei experimentellen Arbeiten die genaue Bestimmung der Organoberfläche erwünscht wäre, wäre dies auch mit höheren mathematischen Operationen (Differential-, Integralrechnung) nicht immer durchführbar; wir begehen daher keinen großen Fehler, wenn wir die tatsächliche Organoberfläche — stets die gleiche Verhältniszahl benutzend (prozentuelles Verhältnis) — aufgrund der Längen- und Breitenmaße des Organs schätzungsweise errechnen. Bei der mathematischen

Bewertung der Ergebnisse wurde deshalb der bestimmt Quotient der aufgrund der Längen- und Breitenmaße des Organs berechneten Organoberfläche verwendet — im Falle der Leber 60% davon.

Mit diesem Organoberflächenwert kann aber nur im Zeitpunkt des Entstehens der multiplen Rupturen gerechnet werden, weil die ebenen Druckoberflächen ihre Wirkung auf die gesamte Organoberfläche entfalten, wenn die plastischen parenchymatösen Gewebe (sei es auch infolge von Rupturen) schon von ihrer Widerstandskraft eingebüßt haben. Da aber die parenchymatösen Organe in jeder Richtung konvex sind — zumindest in der von uns angewandten Druckrichtung —, gerät zu Beginn des Druckes nicht das Ganze der geschätzten (als wirklich betrachteten) Organoberfläche, sondern auch nur ein Teil davon unter Druck. Daher kann im Zeitpunkt der ersten Ruptur (Platzen der Kapsel) auch nur ein kleinerer Bruchteil der aufgrund der Organmaße berechneten Oberfläche berücksichtigt werden. Im Falle der Leber haben wir diesen als 30%ig betrachtet. Auf diese Weise läßt sich die Druckfestigkeit der Organe auch in der Einheit  $\text{kp/cm}^2$  angeben.

Nachdem die auf das Organ entfaltete Druckkraft Arbeit vollzieht, ist es richtiger, die Druckfestigkeit anstatt in  $\text{kg/cm}^2$  in  $\text{kp/cm}^2$  auszudrücken, womit schon die Menge der zur Hervorrufung der Verletzung erforderlichen Arbeit bezeichnet wird.

In Tabelle 1 sind die Daten bezüglich der Druckfestigkeit und der relativen Längenänderung des intakten (11 Fälle) und in Tabelle 2 die des pathologisch-organische Veränderungen aufweisenden Lebergewebes (31 Fälle) mitgeteilt. Im Falle der intakten, wie auch der pathologischen Lebern sind — entsprechend der zur Verursachung der ersten Ruptur (Kapselbersten) und der multiplen Rupturen nötigen Krafteinwirkung — die Längenänderung/Verkürzungswerte ( $\Delta l$ ), die relative Längenänderung  $\left(-\varepsilon = \frac{l_0 - l}{l_0}\right)$  und hinsichtlich der Druckfestigkeit die zur Hervorrufung der ersten und der multiplen Rupturen nötige Druckkraft ( $P$ ) in  $\text{kp}$  sowie die aufgrund der geschätzten  $\text{cm}^2$ -Organoberfläche berechneten spezifischen Oberflächendruck (Druckfestigkeitswerte:  $p = \frac{P}{F}$ )  $\text{kp/cm}^2$ ) angegeben. Außerdem befindet sich in der letzten Kolumne der Tabelle bei der ersten, wie auch bei den mehrfachen Rupturen ein Kalkülwert, der dem auf ein Rad eines mittelschweren Personenkraftwagens entfallenden Oberflächendruck entspricht:

$$\text{Raddruck } (\sigma) = \frac{\text{Gewicht des Kraftwagens } (G)}{4 \cdot \text{Organoberfläche}} \quad (\text{kp/cm}^2).$$

In Tabelle 3 sind gemäß den erörterten Gesichtspunkten die Mittelwerte der auf die relative Längenänderung und die Druckfestigkeit der intakten und pathologischen Organe bezüglichen Daten gemeinsam und die Mittelwerte der intakten und pathologischen Organe (Lebern) gesondert dargestellt. Darüber hinaus sind innerhalb der pathologische Leberveränderungen aufweisenden Gruppe — durch Sonderung der mit Bindegewebsanreicherung einhergehenden Fälle — die mit Degeneration und Leberverfettung einhergehenden Krankheitsbilder hervorgehoben, da sich in den Druckfestigkeitswerten auch in dieser

Beziehung Abweichungen ergaben. Die letzte Kolumne in Tabelle 3 veranschaulicht, den wievielten Teil des beim Überfahren zur Geltung kommenden Raddruckes der die erste und die multiplen Rupturen hervorrufoende spezifische Oberflächendruck ausmacht. Die Ergebnisse wurden mathematisch ausgewertet; hinsichtlich eines jeden Mittelwertes sind die Streuungen angegeben und beim Vergleich der Mittelwerte wurde der Doppelproben-,*t*'-Test (Signifikanz) durchgeführt.

### Ergebnisse

Nach den Daten in den Tabellen 1—3 kam in den 11 intakten Fällen die Ruptur der Leberkapsel bei einer Längenänderung  $\Delta l = 2,26 \pm 0,59$  cm, einer relativen Längenänderung  $\varepsilon = (29 \pm 7,50)\%$ , respektive bei  $168,54 \pm 63,8$  kp Druckkraft zustande, der  $1,57 \pm 0,73$  kp/cm<sup>2</sup> spezifischem Oberflächendruck entspricht. Dieser auf 30%ige Organoberfläche berechnete Oberflächendruckwert macht 42,7% des Raddruckes von 400 kp/cm<sup>2</sup> aus.

Die multiplen Rupturen entstanden bei einer Längenänderung  $\Delta l = 3,38 \pm 0,78$  cm, einer relativen Längenänderung  $\varepsilon = (43,0 \pm 14,2)\%$  auf die Wirkung von  $319,81 \pm 90,81$  kp Druckkraft bei  $1,56 \pm 0,54$  kp/cm<sup>2</sup> spezifischem Oberflächendruck, der 72,2% des kalkulierten Raddruckes von 400 kp/cm<sup>2</sup> ausmacht.

Im Falle *pathologischer Leberveränderungen* (31 Fälle) entstanden die *ersten Rupturen* bei  $\Delta l = 2,11 \pm 0,72$  cm d.h. bei einer relativen Längenänderung  $\varepsilon = (26,0 \pm 9,53)\%$ , bei einer Druckkraft von  $110,83 \pm 50,08$  kp, also bei einem spezifischen Oberflächendruckwert von  $0,86 \pm 0,38$  kp/cm<sup>2</sup>, was 27,04% des 400 kp/cm<sup>2</sup> betragenden Raddruckes bedeutet.

Die *multiplen Rupturen* kamen im Falle pathologischer Leberveränderungen bei einer Längenänderung  $\Delta l = 3,36 \pm 0,79$  cm, einer relativen Längenänderung  $\varepsilon = (41,0 \pm 11,5)\%$  auf die Wirkung von  $235,03 \pm 82,73$  kp Druckkraft, d.h. bei  $0,93 \pm 0,33$  kp/cm<sup>2</sup> spezifischem Oberflächendruck zur Entstehung. Dieser Wert beträgt 56,71% des kalkulierten Raddruckes von 400 kp/cm<sup>2</sup>.

Sowohl die auf die relative Längenänderung wie auch die auf die Druckfestigkeit bezüglich Daten — mit Ausnahme der Organoberflächen, die im Falle der pathologischen Leberveränderungen als *vergrößert* befunden wurden — liegen bei den normalen (intakten) Lebern *höher* als bei den pathologischen. Der Unterschied zwischen den intakten und pathologischen Lebern hinsichtlich der relativen Längenänderung war nicht, der bezüglich der Druckfestigkeit aber signifikant (Tabelle 3).

In die Gruppe der pathologischen Fälle waren die mit Fibrose und auch die mit Degenerationen einhergehenden Leberveränderungen aufgenommen. Im Verhältnis zu den fibrotischen Leberveränderungen waren die relative Längenänderung und die Druckfestigkeit in den Fällen von *Degeneratio parenchymatosa und adiposa hepatis* verringert (Tabelle 3).

### Besprechung

Bei der Ermittlung der Druckfestigkeit der Leber zeigte sich, daß die experimentell hervorgerufenen Leberläsionen (multiple, in die Lebersubstanz hineinreichende Rupturen) den bei Verkehrsunfällen entstandenen Verletzungen — wo die Räder des Kraftfahrzeuges über den unteren Thorax (Lebergegend) des Verletzten gerollt waren — weitgehend ähneln, deshalb sind in den Tabellen die auf

Tabelle 1. Die Druckfestigkeit und der elastische Widerstand (relative Längenänderung) der Fällen ohne patholo-

Fall Nr.	Name, Obduktionsprotokoll Nr.	Alter (Jahre)	Körperlänge (cm)	Körpergewicht (kg)	Todesursache	Organgröße, Organveränderung	Erste Ruptur	
							Druckfähigkeit	
							$\Delta l$ Längenänderung (Ver- kürzung) (cm)	$\varepsilon$ % relative Längen- änderung (Ver- änderung)
1	K. I., 39/70, Rb.	86	166	50	beiderseitige Pneumonie	1150 g, 23 × 13 × 6 cm, ohne Befund	2,0	33
2	B. K., 4/70, Tb.	38	165	48	Schädeldach- und Schädel- basisfraktur	1320 g, 26 × 17 × 8 cm, ohne Befund	2,0	25
3	K. J., 43/70, Rb.	77	162	41	beiderseitige Pneumonie	1600 g, 24 × 12 × 8 cm, ohne Befund	2,1	26
4	H. I., 44/70, Rb.	83	166	46	beiderseitige Pneumonie	1500 g, 24 × 12 × 8 cm, ohne Befund	1,8	22
5	T. I., 45/70, Rb.	67	162	58	Bolustod	1450 g, 25 × 17 × 6 cm, ohne Befund	2,5	41
6	K. P., 48/70, Rb.	63	162	59	Erstickung durch Erhängen	1150 g, 20 × 13 × 6 cm, ohne Befund	1,2	20
7	L. L., 59/70, Rb.	46	169	73	akute Bron- chitis und Pneumonie	2050 g, 27 × 16 × 11 cm, ohne Befund	3,0	27
8	M. P. I., 84/70, Rb.	29	165	54	Querriß der Halswirbel- säule	1800 g, 25 × 17 × 8,5 cm, ohne Befund	3,2	37
9	D. L., 218/70, Rb.	10	150	30	Schädeldach- und Schädel- basisfraktur	1000 g, 21 × 18 × 8 cm, ohne Befund	2,8	35
10	D. F., 15/70, Tb.	39	160	54	Schädeldach- und Schädel- basisfraktur	1400 g, 25 × 18 × 7 cm, ohne Befund	2,5	35
11	V. A., 225/70, Rb.	42	175	66	„Arvalin“- Vergiftung	2220 g, 24 × 21 × 9,5 cm, Hyperaemia pass. ac.	1,8	18
Mittelwert		52,7	164	53			2,26	29
					Streuung ±		0,595	7,5

*Lebersubstanz bei Krafteinwirkung im Moment der Kapselruptur und mehrfachen Rupturen in gische Veränderungen*

				Multiple Rupturen					
Druckfestigkeit				Druckfähigkeit		Druckfestigkeit			
$P_{(kp)}$ Druck- kraft	30%ige Organ- ober- fläche (cm <sup>2</sup> )	$p = \frac{P}{F(30\%)}$ Ober- flächen- druck (kp/cm <sup>2</sup> )	$P_{(k)}$ Rad- druck $\frac{G}{4}$ kp/cm <sup>2</sup>	$\Delta l$ Längen- änderung (Verkür- zung) (cm)	$\varepsilon$ % relative Längen- ände- rung	$P_{(kp)}$ Druck- kraft	60%ige Organ- ober- fläche (cm <sup>2</sup> )	$p = \frac{P}{F(60\%)}$ Ober- flächen- druck (kp/cm <sup>2</sup> )	$P_{(k)}$ Rad- druck $\frac{G}{4}$ kp/cm <sup>2</sup>
174	90	1,93	4,44	3,4	56	312	179	1,73	2,22
180	133	1,35	3,01	3,0	37	378	265	1,42	1,51
240	86	2,79	4,65	2,9	36	420	173	2,43	2,31
198	86	2,30	4,65	3,0	37	354	173	2,05	2,31
108	128	0,84	3,13	3,5	58	186	255	1,45	3,13
114	78	1,46	5,13	1,9	31	342	156	2,19	2,56
196	130	1,51	3,08	4,7	42	360	259	1,39	1,54
198	128	1,55	3,13	4,6	54	336	255	1,32	1,57
270	113	2,39	3,54	3,3	41	348	227	1,53	1,76
56	135	0,41	2,96	3,8	54	110	270	0,41	1,48
120	151	0,79	2,65	3,1	32	372	302	1,23	1,32
168,54	114,36	1,57	3,67	3,38	43	319,81	228,5	1,56	1,97
63,8	25,0	0,73	0,87	0,78	14,2	90,8	49,6	0,545	0,57

Tabelle 2. Die Druckfestigkeit und der elastische Widerstand (relative Längenänderung) der Fällen mit patholo-

Fall Nr.	Name, Obduktionsprotokoll Nr.	Alter (Jahre)	Körperlänge (cm)	Körpergewicht (kg)	Todesursache	Organgröße, Organveränderung	Erste Ruptur	
							Druckfähigkeit	
							$\Delta l$ Längen- änderung (Ver- kürzung) (cm)	$\varepsilon$ % relative Längen- ände- rung
1	B. I., 38/70, Rb.	37	192	71	„Wofatox“- Vergiftung, Pneumonie	2740 g, 28 × 21 × 10 cm, Degeneratio parenchymatosa	1,0	10
2	H. J., 5/70, Tb.	38	157	69	Sepsis	2140 g, 26 × 17 × 9 cm, Deg. adiposo- parenchymatosa	3,5	38
3	K. K., 41/70, Rb.	50	183	83	Erstickung durch Erhängen	1920 g, 26 × 20 × 7 cm, Hepar adiposo- moschatum	1,4	20
4	G. K., 46/70, Rb.	72	180	80	Cardiosclerose	1900 g, 27 × 20 × 6 cm, Hepar adiposo- moschatum	4,0	57
5	O. I., 47/70, Rb.	72	163	49	Okklusion der Koronarien	1090 g, 25 × 13 × 7 cm, Hepar moschatum	1,3	18
6	G. I., 49/70, Rb.	74	158	35	beiderseitige Pneumonie	1100 g, 24 × 16 × 7 cm, Atrophia cya- notica	1,6	22
7	F. L., 6/70, Tb.	61	175	70	Pneumonie	2290 g, 26 × 19 × 11 cm, Deg. parenchy- mat. maculosa	1,5	13
8	E. J., 51/70, Rb.	91	167	56	Cardiosclerose	1280 g, 20 × 17 × 8 cm, Hepar adiposo- moschatum	1,6	20
9	K. I., 52/70, Rb.	51	182	90	Erstickung durch Erhängen	2300 g, 28 × 13 × 10 cm, Deg. adiposa med. gr.	1,8	18
10	K. S., 53/70, Rb.	60	157	49	Lungenembolie	1700 g, 25 × 18 × 7 cm, Hepar adiposo- moschatum	2,4	34



*Lebersubstanz bei Kräfteinwirkung im Moment der Kapselruptur und mehrfachen Rupturen in gischen Veränderungen*

				Multiple Rupturen					
Druckfestigkeit				Druckfähigkeit		Druckfestigkeit			
$P_{(kp)}$ Druck- kraft	30% ige Organ- fläche	$p = \frac{P}{F(60\%)}$ Ober- flächen- druck (kp/cm <sup>2</sup> )	$P_{(k)}$ Rad- druck $\frac{G}{4}$ kp/cm <sup>2</sup>	$\Delta l$ Längen- änderung (Verkür- zung) (cm)	$\varepsilon$ % relative Längen- ände- rung	$P_{(kp)}$ Druck- kraft	60% ige Organ- fläche in cm <sup>2</sup>	$p = \frac{P}{F(60\%)}$ Ober- flächen- druck (kp/cm <sup>2</sup> )	$P_{(k)}$ Rad- druck $\frac{G}{4}$ kp/cm <sup>2</sup>
60	176	0,34	2,27	3,0	30	396	353	1,12	1,13
144	133	1,08	3,01	5,3	58	342	265	1,29	1,51
90	156	0,57	2,56	1,9	27	156	312	0,50	2,82
258	162	1,59	2,47	5,3	75	372	324	1,15	1,23
66	98	0,67	4,08	3,3	47	336	195	1,72	2,05
102	115	0,88	3,48	2,7	38	270	230	1,17	1,74
102	148	0,69	2,70	3,5	31	180	296	0,61	1,35
54	102	0,53	3,92	3,0	37	144	204	1,18	2,07
72	109	0,66	3,67	3,3	33	234	218	1,07	1,83
60	135	0,44	2,96	4,0	57	240	270	0,89	1,48

Tabelle 2

Fall Nr.	Name, Obduktionsprotokoll Nr.	Alter (Jahre)	Körperlänge (cm)	Körpergewicht (kg)	Todesursache	Organgröße, Organveränderung	Erste Ruptur	
							Druckfähigkeit	
							$\Delta l$ Längenänderung (Ver- kürzung) (cm)	$\varepsilon$ % relative Längen- änderung (Ver- änderung)
11	I. P., 54/70, Rb.	81	153	47	Pneumonie	1400 g, 22×16×7 cm, Cirrhosis sec. Laënnec	2,1	30
12	Sz. S., 55/70, Rb.	64	165	54	Pneumonie	1950 g, 27×20×8 cm, Deg. adiposo- parenchymatosa	1,6	20
13	H. J., 58/70, Rb.	76	167	59	Schädelbasis- fraktur, Gehirn- zerstörung	1400 g, 26×18×8 cm, Hepar adiposo- moschatum	1,4	17
14	V. S., 60/70, Rb.	72	159	43	Cardiosclerose	1470 g, 25×16×12 cm, Indur. brunea cyanotica	2,8	23
15	T. A., 65/70, Rb.	58	170	71	Okklusion der Koronarien	1870 g, 27×21×6 cm, Hepar moschatum	1,5	25
16	M. J., 66/70, Rb.	67	159	57	Hirnblutung	1600 g, 23×23×9 cm, Hepar moschatum	2,4	26
17	V. F., 77/70, Rb.	69	157	72	Myokardinfarkt	1800 g, 25×17×7,5 cm, Pseudocirrhosis cardiaca	2,0	26
18	P. F., 78/70, Rb.	76	174	64	Pneumonie	2100 g, 29×15×9 cm, Hepar moschatum	2,2	24
19	H. A. K., 79/70, Rb.	60	174	74	Pneumonie	1600 g, 23×17,5×12 cm, Hepar moschatum med. gr.	3,1	25
20	R. J., 86/70, Rb.	89	152	47	Pneumonie	1020 g, 21×14×6 cm, med. gr.	2,3	38
21	Cz. A., 16/70, Tb.	56	172	76	traumatische Kompression des Brust und des Bauches	1400 g, 24×18×9 cm, Hepar adiposo- moschatum	2,3	25

Fortsetzung

				Multiple Rupturen					
Druckfestigkeit				Druckfähigkeit		Druckfestigkeit			
$P_{(kp)}$ Druck- kraft	30%ige Organ- ober- fläche ( $cm^2$ )	$p = \frac{P}{F(30\%)}$ Ober- flächen- druck ( $kp/cm^2$ )	$\frac{P_{(k)}}{G}$ Rad- druck $\frac{G}{4}$ $kp/cm^2$	$\Delta l$ Längen- änderung (Verkür- zung) ( $cm$ )	$\varepsilon$ % relative Längen- ände- rung	$P_{(kp)}$ Druck- kraft	60%ige Organ- ober- fläche ( $cm^2$ )	$p = \frac{P}{F(60\%)}$ Ober- flächen- druck ( $kp/cm^2$ )	$\frac{P_{(k)}}{G}$ Rad- druck $\frac{G}{4}$ $kp/cm^2$
100	106	0,94	3,77	2,7	38	130	211	0,62	1,89
126	162	0,78	2,47	2,5	31	240	324	0,74	1,23
96	140	0,68	2,86	3,1	38	274	281	0,97	1,42
84	120	0,70	3,33	4,0	33	198	240	0,83	1,67
144	170	0,85	2,35	3,5	58	324	340	0,95	1,18
48	159	0,30	2,52	3,3	36	146	317	0,46	1,26
228	128	1,78	3,13	2,7	36	288	255	1,13	1,57
174	131	1,33	3,05	3,2	35	330	260	1,27	1,54
138	121	1,14	3,31	4,9	40	228	242	0,94	1,65
96	88	1,09	4,54	3,2	53	150	176	0,85	2,27
44	130	0,34	3,08	3,5	38	58	259	0,22	1,54

Tabelle 2

Fall Nr.	Name, Obduktionsprotokoll Nr.	Alter (Jahre)	Körperlänge (cm)	Körpergewicht (kg)	Todesursache	Organgröße, Organveränderung	Erste Ruptur	
							Druckfähigkeit	
							$\Delta l$ Längen- änderung (Ver- kürzung) (cm)	$\varepsilon$ % relative Längen- ände- rung
22	T. M., 210/70, Rb.	58	156	69	Schlafmittel- vergiftung	1340 g, 24 × 17 × 9 cm, Deg. parenchy- matose	2,0	22
23	B. J., 211/70, Rb.	56	168	53	„Wofatox“- Vergiftung	1670 g, 23 × 14 × 9 cm, Deg. parenchy- matose, Hepar moschatum	2,9	32
24	H. P., 215/70, Rb.	65	176	64	akute Bronchi- tis und Broncho- pneumonie	1550 g, 27 × 21 × 7 cm, Putrido hep. incip.	2,6	37
25	N. E., 220/70, Rb.	78	154	60	Pneumonie	1100 g, 23 × 18 × 7 cm, Hepar moschatum	3,0	42
26	M. Gy., 219/70, Rb.	68	162	52	Lähmung des Herzmuskels	1270 g, 24 × 14 × 7 cm, Hepar moscha- tum med. gr.	2,4	34
27	M. S., 221/70, Rb.	77	160	63	Okklusion der Koronarien	1230 g, 23 × 15 × 7 cm, Deg. parenchy- matosen	1,5	21
28	Sz. L., 222/70, Rb.	76	178	77	Lungenembolie	1810 g, 24 × 20 × 9 cm, Hepar moschatum	2,7	30
29	G. I., 223/70, Rb.	29	167	58	„Neopol“- Vergiftung	1830 g, 22 × 16 × 9 cm, Induratio cya- notica, Deg. adiposa	1,8	20
30	K. B., 224/70, Rb.	48	164	71	Schlaf- und Beruhigungs- mittel- vergiftung	1500 g, 23,5 × 18 × 10,5 cm, Deg. par.	2,0	19
31	Sz. D., 226/70, Rb.	58	180	80	Schlafmittel- vergiftung	2800 g, 35 × 15 × 6 cm, Ind. cyanotica	1,9	31
Mittelwert		64,1	167	63		Organgewicht im Mittel: 1680 g	2,11	26
Streuung ±							0,72	9,5

Fortsetzung

				Multiple Rupturen					
Druckfestigkeit				Druckfähigkeit		Druckfestigkeit			
$P_{(kp)}$ Druck- kraft	30% ige Organ- ober- fläche ( $cm^2$ )	$p = \frac{P}{F(30\%)}$ Ober- flächen- druck ( $kp/cm^2$ )	$P_{(k)}$ Rad- druck $\frac{G}{4}$ $kp/cm^2$	$\Delta l$ Längen- änderung (Verkür- zung) ( $cm$ )	$\varepsilon$ % relative Längen- ände- rung	$P_{(kp)}$ Druck- kraft	60% ige Organ- ober- fläche ( $cm^2$ )	$p = \frac{P}{F(60\%)}$ Ober- flächen- druck ( $kp/cm^2$ )	$P_{(k)}$ Rad- druck $\frac{G}{4}$ $kp/cm^2$
136	122	1,11	3,28	2,6	28	234	245	0,96	1,63
150	97	1,54	4,12	3,6	40	228	193	1,18	2,07
96	170	0,56	2,35	3,1	44	168	340	0,49	1,18
12c	124	0,97	3,23	4,2	60	300	248	1,21	1,61
84	101	0,83	3,96	3,7	52	204	202	1,01	1,98
72	104	0,69	3,85	2,5	35	180	207	0,87	1,93
90	144	0,63	2,78	3,9	43	228	288	0,79	1,39
162	106	1,53	3,77	2,8	31	336	211	1,59	1,89
84	127	0,66	3,15	2,9	27	108	254	0,43	1,57
156	158	0,99	2,53	3,0	50	264	315	0,84	1,27
110,83	130,3	0,86	3,18	3,36	41	235,0	260,4	0,93	1,64
50,0	24,9	0,38	0,61	0,79	11,5	82,73	15,8	0,33	0,37

Tabelle 3. Die Druckfestigkeit und der elastische Widerstand (relative Längenänderung) der in Fällen ohne und mit

Durchschnittsalter	Durchschnittskörpergewicht, Organgewicht	Durchschnittskörperlänge	Erste Ruptur					
			Druckfähigkeit		Druckfestigkeit			
			$\Delta l$ Längenänderung (Verkürzung) (cm)	$\varepsilon$ % relative Längenänderung	$P_{(kp)}$ Druckkraft	30%ige Organoberfläche (cm <sup>2</sup> )	$\frac{P}{F}$ Oberflächen- druck (kp/cm <sup>2</sup> )	
Normale und pathologische Leber (28 Männer + 14 Frauen = 42 Fälle)								
58	58 1250	165	Durchschnitt Streuung $\pm$	2,18 0,65	27,50 8,51	139,68 56,94	122,37 24,96	1,21 0,55
Normale Leber (10 Männer + 1 Frau = 11 Fälle)								
53	53 1500	164	Durchschnitt Streuung $\pm$	2,26 0,59	29 7,50	168,54 63,80	114,36 25,02	1,57 0,73
Pathologische Leber (18 Männer + 13 Frauen = 31 Fälle)								
64	63 1680	167	Durchschnitt Streuung $\pm$	2,11 0,72	26 9,53	110,83 50,08	130,38 24,90	0,86 0,38
Durchschnittlicher Unterschied								
Normaler Organwert größer				0,15	3,0	57,71		0,71
Pathologischer Organwert größer							16,02	
Signifikanz „t“ nach Student				$P \varnothing$	$P \varnothing$	$t = 3,08$ $0,1 < P < 1\%$	$P \varnothing$	$t = 4,3$ $P < 0,1\%$
Degeneratio parenchymatosa adiposa hepatis/8 Fälle)			Durchschnitt Streuung $\pm$	1,96 0,78		101,0 31,81		0,74 0,25

die Organoberflächen berechneten, oberflächlichen Raddruckwerte, d.h. jene Druckkraft angegeben, die beim Überfahren zur Geltung kommt.

Der oberflächliche Raddruck ( $\sigma$ ) =  $\frac{P}{F} = \frac{G/4}{F}$  kp/cm<sup>2</sup>, beträgt also annähernd  $\frac{1}{4}$

des Fahrzeuges. Bei den in der Tabelle enthaltenen Raddruck-Werten wurde die Größe der Druckkraft (d.h. der Wert  $G$ ) geschätzt und als 400 kg betrachtet. Das Gesamtgewicht der Personenkraftwagen (Bruttogewicht mitsamt Insassen) bewegt sich zwischen 6 und 16 q (600—1 600 kp), das Gesamtgewicht von Lastkraftwagen zwischen 40 und 200 q (=4 000—20 000 kp) und das von Autobussen zwischen 80 und 200 q (8 000—20 000 kp). Nachdem die Belastung sich bei Personenkraftwagen auf vier und bei Lastkraftwagen und Autobussen auf sechs Räder verteilt, beträgt der auf ein Rad entfallende Druck  $\frac{1}{4}$  bzw.  $\frac{1}{6}$  des Bruttogewichtes des betreffenden Kraftfahrzeuges. Alle Kraftwagenkataloge enthalten übrigens die Achsendruckwerte der einzelnen Kraftfahrzeugtypen, von denen die Hälfte genommen werden muß, um die Raddruckwerte zu erhalten. Bei vier-

*Lebersubstanz bei Kraftereinwirkung im Moment der Kapselruptur und mehrfachen Rupturen pathologischen Veränderungen*

		Multiple Rupturen						
		Druckfähigkeit		Druckfestigkeit				
$p = \frac{400}{F(30\%)}$ wie- viel- er Rad- druck $\frac{G}{4}$ kp/cm <sup>2</sup>	wie- viel- er Teil des Rad- druckes	$\Delta l$ Längen- änderung (Ver- kürzung) (cm)	$\epsilon \%$ relative Längen- ände- rung	$P_{(kp)}$ Druck- kraft	60% ige Organ- ober- fläche (cm <sup>2</sup> )	$p = \frac{P}{F}$ Ober- flächen- druck (kp/cm <sup>2</sup> )	$p = \frac{400}{F(60\%)}$ wie- viel- er Rad- druck $\frac{G}{4}$ kp/cm <sup>2</sup>	wie- viel- er Teil des Druckes
3,42 0,47	34,90	3,37 0,78	42 12,85	277,42 86,77	244,51 32,73	1,24 0,43	1,80 0,47	67,95
3,67 0,87	42,77	3,38 0,78	43 14,20	319,81 90,81	228,54 49,66	1,56 0,54	1,97 0,57	72,19
3,18 0,61	27,04	3,36 0,70	41 11,50	235,03 82,73	260,48 15,80	0,93 0,33	1,64 0,37	56,71
0,49		0,02	2,0	84,78	31,94	0,63	0,33	
$t=2,03$ $2\% < P < 5\%$		$P \emptyset$	$P \emptyset$	$t=2,85$ $0,1 < P < 1\%$	$P \emptyset$	$t=4,52$ $P < 0,1\%$	$t=2,17$ $2\% < P < 5\%$	
		3,22 2,43		246,8 81,79		0,89 0,27		

rädriigen Fahrzeugen aber sind diese gleichbedeutend mit 1/4 des Bruttogewichtes des Kraftfahrzeuges.

Als Beispiel: Substituieren des auf ein Rad kommenden Druckes ( $P_{(Rad)} = G/4$  kp) in die Formel des Oberflächendruckes

$$= \frac{P}{F} = \frac{400 \text{ kp}}{200 \text{ cm}^2} = 2,0 \text{ kp/cm}^2$$

ergibt einen spezifischen oberflächlichen Raddruckwert.

Nach unseren Untersuchungen ist im Falle der *intakten Lebern* zur Hervor-  
rufung der ersten Ruptur (Kapselbersten) schon etwa die Hälfte (42,77%) und  
zur Herbeiführung der multiplen Rupturen rund 3/4 (72,19%) des kalkulierten und  
bei Verkehrsunfällen gewöhnlich in Frage kommenden Raddruckes ausreichend.  
Im Falle der *pathologischen Leberveränderungen* werden Verletzungen gleicher Art  
bereits auch durch kleinere Kraftereinwirkungen als die genannten ausgelöst. So  
wird der erste Riß im Falle pathologischer Lebern schon durch etwa 1/4 (27,04%)

und die mehrfachen Rupturen durch rund die Hälfte (56,71 %) des kalkulierten Raddruckes ausgelöst.

Der spezifische oberflächliche Raddruck wird aber beim Bremsen um rund 60 % höher, so daß dann der Raddruckwert mit dem Korrektionsfaktor 1,6 multipliziert werden muß.

Zu bemerken ist, daß die obigen experimentellen Daten bezüglich der Druckfestigkeit und der relativen Längenänderung (des elastischen Widerstandes des Lebergewebes) an isolierten Organen erhalten wurden.

Zweifellos entsprechen diese experimentellen Bedingungen nicht in jeder Hinsicht jenen Umständen, die bei Verkehrsunfällen in der Regel zur Geltung kommen. Es ist nämlich vorstellbar, daß im intakten menschlichen Körper die Druckverhältnisse sich anders gestalten als bei isolierten Organen; es muß nicht nur der Widerstand eines Organes, sondern der gemeinsame Widerstand der in einem bestimmten Querschnitt des menschlichen Körpers (Rumpfes) befindlichen Organe zusammen berücksichtigt werden. Dennoch dürfte das Ergebnis der geschilderten Untersuchungen in der ersten Annäherung zur Klärung der aufgeworfenen Frage wesentlich beitragen und bei der Beurteilung der Größenordnung der bei Überfahrungen in Frage kommenden Kräfteinwirkungen gut brauchbar sein.

### Literatur

1. Árvai, A., Takács, J., Verzár, F.: The effect of pregnancies on the aging of collagen. *Gerontologia* (Basel) **7**, 77 (1963).
2. Bahr, G. F.: Ergebnisse elektronenmikroskopischer Untersuchungen des kollagenen und elastischen Gewebes. *Arch. Derm. Syph.* (Berl.) **193**, 518 (1951).
3. Craik, J. E.: The mechanics of human skin. *New Scientist*. **31**, 88 (1966).
4. Dal Borgo, V., di Guardo, G.: Studio delle caratteristiche fisiche dalla cute. *Riv. Med. leg.* **3**, 273 (1961). *Ref. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **53**, 343 (1963).
5. Dick, J. C.: The tension and resistance to stretching of human skin and other membranes, with results from a series of normal and oedematous cases. *J. Physiol.* (Lond.) **112**, 102 (1951).
6. 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 (1967).
7. — — — Dehnungsgrad der Haut verschiedener Körperpartien (prozentuelle Verlängerung) im Moment des Zerreißens. *Zacchia* **42**, 62—83 (1967).
8. — — — Über die Reißfestigkeit der Haut verschiedener Körperregionen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **64**, 62—92 (1968).
9. — — — Über den Einfluß konstitutioneller Faktoren (Körperlänge) auf die Zerreißfestigkeit der menschlichen Haut. *Morph. Jb.* **113**, 295—302 (1969).
10. — — — Alkati tényezők befolyásoló szerepe az emberi bőr szakítására. *Morph. és Ig. Orv. Szemle* (im Druck).
11. Frey-Wyssling, A.: *Submikroskopische Morphologie des Protoplasmas und seiner Derivate*. Berlin: Gebr. Bornträger 1938.
12. Gibson, T., Kenedi, R. M., Craik, J. E.: The mobile micro-architecture of dermal collagen. *Brit. J. Surg.* **52**, 764 (1965).
13. Holzer, F. J.: Zur Erkennung des verletzenden Werkzeuges aus Wunden. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **39**, 35 (1948—1949).
14. Jansen, L. H.: The structure of connective tissue, an explanation of the symptoms of the Ehlers-Danlos syndrome. *Dermatologica* (Basel) **110**, 108 (1953).
15. — Rottier, P. B.: Elasticity of human skin related to age. *Dermatologica* (Basel) **115**, 106 (1957).



16. Jansen, L. H., Rottier, P. B.: Some mechanical properties of human abdominal skin measured on excised strips. *Dermatologica (Basel)* **117**, 65 (1958).
17. Comparison of the mechanical properties of human abdominal skin excised from below and from above the umbilic. *Dermatologica (Basel)* **117**, 252 (1958).
18. Janssen, W.: Experimentelle Untersuchungen zur Beziehung zwischen Tatwerkzeug und Platzwunde, unter besonderer Berücksichtigung von Kantenverletzungen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **54**, 240—248 (1963).
19. Jochims, J.: Untersuchungen des mechanischen Verhaltens der Hautgewebe (Cutis und Subcutis) mit einer neuen Methode. *Z. Kinderheilk.* **57**, 516 (1935).
20. — Grundzüge einer einfachen klinischen Prüfung der Hautdehnung. *Arch. Kinderheilk.* **133**, 97 (1947).
21. — Elastometrie an Kindern bei wechselnder Hautdehnung. *Arch. Kinderheilk.* **135**, 228 (1948).
22. — Hansen, G.: Über Veränderungen der Hautfalte bei der Exsikkation des Säuglings. *Z. Kinderheilk.* **57**, 85 (1935).
23. Kaus, H.: Genese und diagnostischer Wert von unter Saugglocken entstandenen Hautblutungen. *Z. ges. exp. Med.* **124**, 448 (1954).
24. Katerbau, G.: Zur Beurteilung des Tatwerkzeuges bei einem Abhieb der Kopfschwarte. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **21**, 252 (1933).
25. Keller, P. H.: Mechanische Eigenschaften der Haut. In: *Normale und pathologische Physiologie der Haut*, Bd. I. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1962.
26. Kenedi, R. M., Gibson, T.: Étude expérimentale des tensions de la peau dans le corps humain-system de mesure des forces et resultats. *Rev. franç. Mecan.* **4**, 121 (1962).
27. 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).
28. Küntzel, A.: In: *Handbuch der Gerbereichemie und Lederfabrikation* (Hrsg. W. Grassmann), Bd. I., Teil. 1., Die Haut. Wien: Springer 1944.
29. Mueller, B.: Zur Morphologie des Wundrandes bei Verletzungen durch stumpfe Gewalt. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **22**, 299 (1933).
30. — Gerichtliche Medizin — Verletzung und Tötung durch stumpfe und halbscharfe Gewalt, S. 291. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953.
31. Orsós, F.: Der Mechanismus der Epithelabschürfungen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **37**, 33 (1943).
32. — Zeichen der durch tangenitale Reibung verursachten Epithelabschürfungen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **34**, 359 (1941).
33. Ökrös, S.: A bőr ruganyos rostrendszerének törvénytörési orvostani jelentősége. *A Magyar Pathologusok Társasága 1937. évi füzetéből.*
34. — A ruganyos rostok viselkedése abórhegekben. *A Magyar Pathologusok Társasága 1938. évi füzetéből.*
35. — A sérült collagen kötőszövet és harántcsíkos izomszövet viselkedése sarkított fényben különböző sebekben. *A debreceni Tisza István Tudományos Társaság II. (orvos-termeztudományi) osztályának munkáiból.* 1940.
36. — Über 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).
37. — Gerichtlich-medizinische Bedeutung des elastischen Fasersystems der Haut. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **29**, 485—500 (1938).
38. — Über traumatische Veränderungen des elastischen Fasersystems der Lungen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **31**, 308—315 (1939).
39. Pietrusky, F., Neureiter, F., Schütt, E.: Verletzungen durch stumpfe Gewalt. In: *Handwörterbuch der gerichtlichen Medizin und naturwissenschaftlichen Kriminalistik*, S. 902. Berlin: Springer 1940.
40. Rollhäuser, H.: Die Festigkeit menschlicher Sehnen nach Quellung und Trocknung in Abhängigkeit vom Lebensalter. *Gegenbaurs morph. Jb.* **90**, 180 (1951).
41. — Die Zugfestigkeit der menschlichen Haut. *Gegenbaurs morph. Jb.* **90**, 249 (1951).
42. — Untersuchungen über den submikroskopischen Bau kollagener Fasern. *Gegenbaurs morph. Jb.* **92**, 1 (1952).

43. Rollhäuser, H.: Konstitutions- und Altersunterschiede in der Festigkeit kollagener Fibrillen. Gegenbaurs morph. Jb. **90**, 157 (1951).
44. Schotterer, A.: Hautuntersuchungen bei Rindern. Z. Züchtg. **26**, 203 (1933).
45. Schwarzacher, W.: Eine Studie über Verletzungen durch Hammerschlag. Beitr. gerichtl. Med. **21**, 1 (1960).
46. 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).
47. Schnass, M.: Über die Richtungsabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften der menschlichen Leichenhaut. Inaug.-Diss. Erlangen. (Zit. nach Weinig und Zink.)
48. Somogyi, B., Undi, F., Kausz, M.: A hasfali bõnyék szakitási szilárdsága. Traumatologia **13**, 220 (1970).
49. Tronnier, J., Wagener, H. H.: Über die Frequenzleitfähigkeit der menschlichen Haut. Dermatologica (Basel) **104**, 135 (1952).
50. Verzár, F.: Veränderungen der thermoelastischen Kontraktion von Sehnenfasern im Alter. Helv. physiol. pharmacol. Acta **3**, 64 (1955).
51. — Das Altern des Kollagens. Helv. physiol. pharmacol. Acta **14**, 207 (1956).
52. — Termic-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).
53. — Bestimmung des biologischen Alters von Kollagen in Sehnen und in Corium. Helv. physiol. pharmacol. Acta **19**, 46 (1961).
54. — Wege der physiologischen Altersforschung. Schriftenreihe der Med. Pharmazent. Studiengesellschaft e.V. Nr 1. Frankfurt: Umschauverlag 1962.
55. — Liberation of mechanical tension by heating of collagen fibres. Experientia (Basel) **18**, 310 (1962).
56. Weinig, E., Zink, P.: Über die mechanischen Eigenschaften der menschlichen Leichenhaut. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **60**, 65—79 (1967).
57. Wenzel, H. G.: Untersuchungen über die Dehnbarkeit und Zerreißbarkeit der Haut. Zbl. allg. Path. path. Anat. **85**, 117 (1949).
58. Werkgartner, A.: Zur Bestimmung der stumpfen Hiebwerkzeuge aus dem Verletzungsbefunde. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **29**, 260 (1938).
59. — Zur Bestimmung der stumpfen Hiebwerkzeuge aus dem Wundbefund. Beitr. gerichtl. Med. **14**, 66 (1938).
60. Weyrich, G.: Zur Diagnose der verletzenden Werkzeuges aus Schädelwunden. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **21**, 380 (1933).
61. Wöhlisch, E., du Mesnil, R.: Die Thermodynamik der Wärmeumwandlung des Kollagens. Ein Beitrag zum Problem der thermischen Sehnenverkürzungen. Z. Biol. **85**, 406 (1926).
62. Wöhlisch, E.: Die Temperaturabhängigkeit der Dimensionen des elastischen Gewebes. Z. Biol. **85**, 379 (1926).
63. — du Mesnil, R., Gerschler, H.: Untersuchungen über die elastische Eigenschaften tierischer Gewebe. I. Z. Biol. **85**, 325 (1926).
64. — — Gerschler, H.: Untersuchungen über die elastischen Eigenschaften tierischer Gewebe. II. Z. Biol. **85**, 567 (1927).
65. Zink, P.: Methoden zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften der menschlichen Leichenhaut. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **56**, 349 (1965).

Professor Dr. I. Gy. Fazekas  
 Szeged  
 Kossuth Lajos sugárút 40