

denkt, welche Bedeutung der Lipid-Zusammensetzung der Darmwand in Hinblick auf die Aufrechterhaltung bestimmter Permeabilitäts-Verhältnisse zukommt.

Experimentelles.

Wir verwendeten männliche weisse Ratten, die nach dem Versuche 297, 292, 262, 253, 365, 233, 211, 280, 276 und 275 g wogen. Fütterung und Aufarbeitung erfolgten wie in früheren Arbeiten¹⁾. Die Organe wurden in methanolischer Kalilauge gelöst. Wir trennten nach kurzem Erwärmen das Unverseifbare ab und gewannen nach Ansäuern die Fettsäuren.

Für diese Arbeit erfreuten wir uns einer finanziellen Zuwendung von seiten der Isotopen-Kommission der Schweizerischen Akademie der medizinischen Wissenschaften.

Zürich, Physiologisch-chemisches Institut der Universität.

220. Über menschliches Knochenmark- und Depotfett

von Karl Bernhard und Harry Korrodi.

(27. VIII. 47.)

Die bisher vorliegenden Angaben über die chemische Zusammensetzung des menschlichen Knochenmarkes (KM) sind älteren Datums und erwecken auf Grund der angeführten Phosphatidgehalte den Eindruck, KM-Fett sei eher ein Organfett, denn ein Depotfett. So fanden *Beumer* und *Bürger*²⁾ im KM eines gesunden Mannes 2,2% Lecithin, bei 44 bis 65 Jahre alten Patienten Gehalte von 0,8, 1,8, 2,6, 4,9, sogar 29,2%. Auch *Glikin*³⁾, ferner *Bolle*⁴⁾ teilen Lecithingehalte von 0,5–2,76% (berechnet auf Grund von P-Bestimmungen) des KM-Fettes zumeist älterer und alter Personen mit⁵⁾.

Bekanntlich enthalten bei Jugendlichen die Markräume gleichmässig rotes KM, das von einer Epiphyse zur anderen die Maschenräume der Spongiosa ausfüllt. Später wandelt sich das Markgewebe der Diaphysen zum gelben Fettmark um, wobei sich die Markhöhle mit zunehmendem Alter vergrössert.

Wir haben von einer Anzahl Leichen, die zur Sektion gelangten, gelbes KM und meist auch Proben des subcutanen, des mesenterialen und des Netz-Fettgewebes fettemisch untersucht. Damit wurde ein direkter Vergleich der Zusammensetzung des KM-Fettes und der allgemeinen Speicherfette des Körpers angestrebt. Neuere Angaben

¹⁾ K. Bernhard und R. Schoenheimer, loc. cit.

²⁾ *Beumer, H.*, und *Bürger, M.*, Z. exper. Pathol. **13**, 367 (1913).

³⁾ *Glikin, W.*, Bioch. Z. **4**, 235 (1907).

⁴⁾ *Bolle, A.*, Bioch. Z. **24**, 179 (1910).

⁵⁾ Ausführliche Literaturangaben bei *H. Korrodi*, Diss. med. Zürich 1943.

über letztere sind spärlich vorhanden, so dass weitere Untersuchungen über ihren chemischen Aufbau wünschenswert erschienen.

Unsere Analysen umfassen 31 KM-Proben menschlicher Leichen, wobei in 19 Fällen Todesursachen verschiedenster Art vorlagen (Gruppe I) und in 12 Fällen KM Krebskranker zur Verfügung stand (Gruppe II)¹). Da keine scharfe Grenze zwischen rotem und gelbem Mark besteht, haben wir immer den Diaphyseninhalte des Femurs ungefähr in den mittleren Dreifünfteln seiner Länge ausgelöffelt.

Das erhaltene Material wurde sorgfältig von eventuell vorhandenen Knochen splittern befreit, gewogen und in ein Gemisch von 2 Teilen Äther und 1 Teil Alkohol eingetragen. Es blieb unter öfterem Umschütteln 24 Stunden verschlossen stehen, wobei der grösste Teil des Fettes in Lösung ging. Den Rückstand extrahierten wir im Soxhlet-Apparat erschöpfend mit Äther. Die Auszüge wurden vereinigt und eingeeengt, die Lipide in Petroläther aufgenommen und nach Abdampfen des Lösungsmittels im Stickstoff-Strom auf dem Wasserbad zur Gewichtskonstanz gebracht. Nach dem Trocknen im Exsikkator über Phosphorpentoxyd wogen wir den in Äther-Alkohol unlöslichen Rückstand.

Alter, Geschlecht, Gewicht, Länge, Ernährungszustand der Leichen und Todesursache sind aus der Tabelle I ersichtlich, die Zusammensetzung der KM-Proben enthält die Tabelle II.

Von den gewonnenen Lipiden wurde die Jodzahl bestimmt. Zur Abtrennung der Phosphatide und der freien Fettsäuren hielten wir uns an die Angaben *Longenecker's*²). Die Gesamt-Fettsäuren und das Unverseifbare wurden in üblicher Weise isoliert (vgl. Tabelle III). Bei 18 Proben haben wir einen Teil des Fettsäuregemisches zum Nachweis stärker ungesättigter Fettsäuren bromiert (Tabelle IV). Schliesslich vereinigten wir die Fettsäuren aus dem KM von Leichen guten Ernährungszustandes (Nr. 1, 5, 10, 11, 12 = A) und diejenigen aus dem KM von Leichen schlechten Ernährungszustandes (Proben Nr. 3, 6, 7, 8, 16, 28 = B). Nach *Hilditch*³) trennten wir über die Bleisalze in feste und flüssige Säuren und bestimmten die Jodzahlen und Äquivalentgewichte der einzelnen Fraktionen:

Fettsäure- Gemisch	flüssige Säuren		feste Säuren		
	%	JZ	%	JZ	Äq.-Gew.
A	71	—	29	0,1	260
B	69	86,6	31	0,1	260

¹) Den Direktoren des pathologisch-anatomischen und des gerichtlich-medizinischen Institutes, den Herren Prof. Dr. *H. von Meyenburg* und Prof. Dr. *F. Schwarz*, danken wir für die Überlassung des Untersuchungsmaterials.

²) *Kelsey, F. E.*, und *Longenecker, H. E.*, J. Biol. Chem. **139**, 727 (1941).

³) *Hilditch, T. P.*, The Chemical Constitution of Natural Fats, London 1941.

Tabelle I.
Knochenmarkproben. Status und Diagnose.

Probe Nr.	Alter Jahre	Geschlecht	Gewicht kg	Länge cm	Ernährungszustand	Diagnose
1	15	M	60	170	gut	Hirn-Tumor, Exitus in oper.
2	18	M	59	172	gut	Schädelfraktur
3	22	W	69	167	mässig	Tubercul. pulmon. exsud. cavernosa
4	24	M	49	159	—	Poliomyelitis
5	27	M	79	170	sehr gut	Fract. cranii, accident. Verblutung
6	31	W	31	157	schlecht	Tubercul. pulmon. exsud. cavernosa
7	37	M	50	155	mässig	Fractura cranii
8	37	W	39	158	mässig	Tubercul. pulmon. exsud. cavernosa
9	39	M	50	165	schlecht	Multiple Hirnabszesse bei Bronchiektasen
10	46	M	46	163	sehr gut	Herztod, Mesaortitis luetica
11	49	M	60	175	ordentlich	Akute Verblutung, chron. Anämie
12	56	W	81	167	gut	Encephalomalacie, Tumor cerebri ?
13	59	M	—	—	gut	Eisenbahnunfall
14	64	M	60	164	ordentlich	Katatonie, Lungentuberkulose, Herzfehler
15	65	M	43	165	schlecht	Encephalomalacie, eitrige Bronchitis
16	66	W	53	146	—	Encephalorrhagie
17	70	M	51	157	mässig	Aorteninsuffizienz, chron. Alkoholismus
18	72	W	40	153	schlecht	Schädelfraktur, Neoplasma im Darmtrakt ?
19	76	W	—	—	gut	Suicid durch Sturz aus dem Fenster
20	41	M	37	164	kachektisch	Blasen-Carcinom, Anämie
21	47	M	52	169	schlecht	Pericarditis fibrinosa, Lungen-Metastasen
22	47	M	39	170	schlecht	Mundboden-Carcinom
23	47	M	39	165	schlecht	Oesophagus-Carcinom, Verblutungstod durch Gefässarrosion
24	55	M	52	175	ordentlich	Rectum-Carcinom (inop.)
25	61	W	56	153	mässig	Mamma-Carcinom mit diff. Metastasen
26	64	W	65	160	mässig	Magen-Carcinom
27	65	M	42	162	stark red.	Bronchus-Carcinom
28	67	M	50	165	kachektisch	Oesophagus-Carcinom, Arteriosclerose
29	68	W	54	155	schlecht	Metastas. Uterus-Carcinom, Anämie
30	71	M	55	172	schlecht	Blasen-Carcinom, Phlegmone
31	73	M	44	164	kachektisch	Metastas. Rectum-Carcinom, Anus praetern.

Tabelle II.

Knochenmarkproben. Aussehen, Gehalt an Wasser, Rückstand und Lipiden.

Probe Nr.	Ge- wicht g	Aussehen	% Rück- stand	% Was- ser	Lipide	
					g	%
1	12,35	fast fest, hellgelb, viel Spongiosa	3,6	55,7	5,03	40,7
2	—	gelb, wenig blutig	—	—	3,69	—
3	25,33	grösstenteils flüssig, viel Spongiosa	7,3	61,7	7,87	31,0
4	—	stark blutig	—	—	2,41	—
5	19,51	grösstenteils flüssig, hellgelb	10,8	3,3	16,77	85,9
6	27,30	teilweise goldgelb, teilweise rot	10,6	59,7	8,12	29,7
7	4,42	viel Spongiosa	45,2	4,5	2,22	50,3
8	17,82	gelbrot, fast fest	5,2	35,6	10,56	59,2
9	30,98	blassgelb	11,9	14,5	22,76	73,6
10	14,07	teilweise flüssig, fettreich	3,9	13,5	11,60	82,6
11	16,89	rot mit gelben Partien	5,6	35,8	9,90	58,6
12	14,30	rötlich	7,4	20,0	11,38	72,6
13	17,00	stark blutig	—	—	9,76	55,5
14	29,73	rot, blutig	8,6	43,4	14,30	48,0
15	16,76	stark rot	14,9	46,5	6,47	38,6
16	34,70	rot, gallertig	5,7	30,7	22,08	63,6
17	10,38	gelb	—	—	7,79	75,0
18	26,72	gelb, wenig blutig	4,8	4,7	24,13	90,5
19	15,69	flüssig, rötlich	3,8	14,4	12,33	81,8
20	13,57	gelb, gelatinös	9,0	82,9	1,10	8,1
21	29,99	gelblich, wenig blutig	4,2	26,4	20,85	69,4
22	13,93	gelblich, wenig blutig	5,4	47,1	6,60	47,5
23	12,50	hellgelb	6,1	23,3	8,83	70,6
24	22,43	rötlich, blutig	8,2	51,9	8,95	39,9
25	5,71	blass gelb	6,6	23,0	4,02	70,4
26	18,58	gelblich, blutig	5,0	60,0	6,53	35,0
27	9,37	gelb	—	—	6,96	74,3
28	18,92	gelb rötlich	8,9	12,3	14,91	78,8
29	3,97	gelb	—	—	3,14	79,0
30	32,09	hellgelb, wenig blutig	4,9	22,8	23,18	72,3
31	14,55	gelb, wenig blutig	2,8	22,5	10,87	74,7

Tabelle III.

Zusammensetzung der Lipide aus den Knochenmarkproben.

Probe Nr.	JZ	% Neutralfett + Sterine	% freie Fettsäuren	% Unver- seifbares
1	68,1	95,4	4,6	0,2
2	70,9	99,7	0,3	0,3
3	68,0	98,2	1,5	0,1
4	60,4	98,9	1,1	0,8
5	70,5	98,7	0,7	0,1
6	69,5	97,2	2,6	0,5
7	63,1	99,8	0,2	0,2
8	65,6	98,2	0,9	0,7
9	74,5	99,8	0,2	0,1

Probe Nr.	JZ	% Neutralfett + Sterine	% freie Fettsäuren	% Unverseifbares
10	72,1	98,9	1,1	0,2
11	67,8	98,5	1,5	0,2
12	67,8	99,6	0,4	0,1
13	62,8	99,7	0,3	0,1
14	71,1	99,7	0,3	0,3
15	64,2	99,6	0,4	0,1
16	68,0	99,5	0,5	0,1
17	78,4	99,7	0,3	—
18	65,8	99,9	0,1	0,3
19	57,3	99,8	0,2	0,1
20	70,1	98,9	1,1	0,5
21	58,7	99,8	0,2	0,2
22	65,2	99,5	0,5	0,5
23	75,4	99,4	0,6	0,1
24	59,4	99,3	0,7	0,3
25	61,5	99,4	0,6	0,2
26	62,7	99,6	0,4	0,3
27	68,0	99,8	0,2	0,4
28	59,6	99,4	0,6	0,2
29	64,0	99,5	0,5	0,4
30	62,3	99,7	0,3	0,1
31	66,8	99,5	0,5	0,3

Tabelle IV.

Bromierungen von KM-Fettsäuregemischen.

Probe Nr.	Fettsäuren g	In Petroläther unlösliche Bromide				
		mg	Smp. ⁰	nach Umkrystallisieren aus Ligroin		
				mg	Smp. ⁰	% Br.
2	3,020	16	167			
4	1,155	16	169			
9	18,886	190	190	71	140	
13	5,149	59	170	22	114	53,61
14	12,730	108	190	34	158	
15	3,710	19	138			
17	2,807	147	114			
18	20,238	364	182	224	113—114	53,91
20	0,773	12	152			53,24
21	17,909	170	176			
22	5,600	89	161			
23	7,700	110	168			
24	6,352	224	192			
25	1,689	25	156			
26	5,570	37	145			
27	2,338	40	190	{ 4	140	
29	2,534	26	158	{ 7	152	
31	9,434	129	149			

Den Stearinsäuregehalt ermittelten wir nach dem Verfahren der Isotopen-Verdünnung von *Rittenberg*¹⁾.

Vom Gemisch der festen Säuren aus A wurden 6,413 g zusammen mit 0,916 g einer Deuterio-Stearinsäure, enthaltend 5,08 Atom-% D, methyliert. Die anschließende fraktionierte Destillation führte zu Stearinsäure-methylester, aus dem sich nach Verseifen und Umkrystallisieren aus Aceton-Wasser reine Stearinsäure (Smp. 69–70°, Äq.-Gew. 284, ber. 284,3) ergab. Sie wies 2,12 bzw. 2,17, im Mittel 2,14 Atom-% D auf. Daraus berechnet sich ein Gehalt von 19,6% Stearinsäure. Von den festen Säuren B wurden 6,531 g mit 1,029 g der Deuterio-Stearinsäure verestert. In der entsprechenden Weise gelangten wir zu reiner Stearinsäure mit 2,32 bzw. 2,38, im Mittel 2,35 Atom-% D. Demnach waren in den festen Säuren B 18,3% Stearinsäure vorhanden.

Tabelle V.

Mesenterial-, Netz- und subcutanes Fettgewebe. Gehalt an Rückstand, Wasser und Lipiden.

	Probe Nr.	% Rückstand	% Wasser	% Lipide
A) Mesenterialfett	1	13,1	50,3	36,6
	3	11,7	70,8	17,5
	5	10,1	46,5	43,4
	7	11,1	57,9	31,0
	8	9,5	52,4	38,1
	10	4,0	30,0	66,0
	11	10,0	46,8	43,2
	12	3,2	20,9	75,9
	16	12,8	66,3	20,9
	28	8,6	49,1	42,3
B) Netzfett	1	7,2	31,2	61,2
	3	3,3	62,6	34,1
	5	6,5	40,4	53,1
	8	4,7	42,6	52,7
	10	5,3	33,2	61,5
	11	9,8	48,4	41,8
	12	3,2	18,9	77,9
	16	12,1	74,3	12,6
	28	3,3	62,6	34,1
C) Subcutanes Fett	1	8,6	24,8	66,6
	3	9,0	51,0	40,0
	5	13,9	44,2	41,9
	6	8,8	37,7	53,5
	7	9,9	60,2	29,9
	8	6,5	41,5	52,0
	10	5,7	20,5	73,8
	11	10,1	4,7	85,2
	12	2,5	13,3	84,2
	16	8,0	41,8	50,2
	28	8,5	26,2	65,3

¹⁾ *Rittenberg, D., und Foster, G. L., J. Biol. Chem. 133, 737 (1940).*

Tabelle VI.

Zusammensetzung der Lipide aus Mesenterial-, Netz- und subcutanem Fett.

	Probe Nr.	JZ	% Neutralfett + Sterine	% freie Fettsäuren	% Unverseifbares	Aceton-Unlösliches		
						%	% P	% N
A) Mesenterialfett	1	70,0	97,6	2,4	0,3	0	—	—
	3	63,9	96,2	3,8	0,1	0	—	—
	5	70,9	97,2	1,7	0,2	1,1	0,95	1,40
	7	70,6	98,9	0,8	0,1	0,3	—	0,35
	8	63,6	94,9	2,5	0,1	2,6	1,41	0,54
	10	68,6	98,0	2,0	0,0	0	—	—
	11	65,1	98,5	1,2	0,1	0,3	—	0,52
	12	70,4	99,0	0,9	0,0	0	—	—
	16	68,5	98,1	1,3	0,3	0,6	—	0,33
	28	63,9	98,2	1,5	0,1	0,3	—	0,87
B) Netzfett	1	62,0	98,3	1,7	0,1	0,0	—	—
	3	65,5	97,6	1,2	0,2	1,2	0,22	0,20
	5	70,8	99,1	0,9	0,1	0,0	—	—
	8	63,6	99,0	1,0	0,2	0,0	—	—
	10	67,9	96,4	3,5	0,3	0,1	—	1,43
	11	69,0	98,2	1,8	0,1	0,0	—	—
	12	67,9	98,4	0,6	0,1	1,0	—	0,14
	16	72,4	95,0	3,1	0,3	1,9	—	0,31
	28	65,5	99,0	0,5	0,1	0,5	—	0,96
C) Subcutanes Fett	1	67,7	96,7	3,2	0,1	0,1	—	1,61
	3	67,1	98,1	0,9	0,7	1,0	1,09	0,65
	5	73,4	98,3	1,6	0,1	0,1	—	0,27
	6	70,7	98,8	1,1	0,3	0,1	0,36	1,73
	7	64,2	98,7	0,6	0,4	0,7	—	0,33
	8	65,4	97,6	1,0	0,1	1,4	0,87	0,44
	10	66,6	98,3	1,7	0,5	0,0	—	—
	11	67,5	98,6	1,1	0,1	0,3	0,13	0,12
	12	71,8	98,6	0,7	0,1	0,7	0,27	0,45
	16	69,2	98,4	1,4	0,1	0,2	0,16	0,01
	28	66,0	99,7	0,2	0,1	0,1	2,22	1,24

Durch fraktionierte Destillation versuchten wir Laurin- und Myristinsäure zu isolieren.

Die Methylester aus 13,4 g festen Säuren ergaben in 2 Chargen destilliert 2,615 g Vorlauf, dessen Redestillation zu 74 mg einer bei 82–84°, zu 746 mg einer bei 88–90° und zu 350 mg einer bei 92–105° unter 0,03 mm Druck siedenden Fraktion führte. Zusammen erhielten wir demnach 1,170 g Ester. Die Verseifung dieser Ester-Fractionen ergab nach Umkrystallisieren aus Aceton-Wasser 34 mg eines bei 49–50° schmelzenden Gemisches von Laurin- und Myristinsäure (Äq.-Gew. 216), 654 mg reine Myristinsäure (Smp. 52–53°, Mischschmelzpunkt mit Myristinsäure 53°, Äq.-Gew. 229, ber. 228)

und 284 mg eines Gemisches vom Schmelzpunkt 59–61° und einem Äq.-Gew. von 250 (25% Myristin- + 75% Palmitinsäure).

Die Aufarbeitung der Proben des subcutanen, mesenterialen und Netz-Fettgewebes erfolgte im wesentlichen gleich wie beim KM. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den Tabellen V und VI dargestellt. Auch hier wurde die Trennung der Fettsäuregemische in flüssige und feste Säuren nach Vereinigung der Proben von Leichen mit gutem und mässigem bis schlechtem Ernährungszustand vorgenommen:

Fettsäuren aus	Flüssige Säuren		Feste Säuren		
	%	JZ	%	Äq.-Gew.	JZ
Mesenterialfett A	70	94,5	30	262	0
Mesenterialfett B	71	78,9	29	261	0,3
Netzfett A	69	96,3	31	263	0,1
Netzfett B	64	87,5	36	267	0,4
Subcutanes Fett A	71	79,3	29	260	0,3
Subcutanes Fett B	69	84,6	31	261	0,5

A: Proben 1, 5, 10, 11, 12 (guter Ernährungszustand).

B: Proben 3, (6), (7), 8, 16, 28 (mässiger bis schlechter Ernährungszustand).

Die Bestimmungen des Stearinsäuregehaltes nach dem Isotopen-Verdünnungsverfahren sind umstehend angeführt:

Gemische der festen Fettsäuren aus	Methylester aus			Erhaltene Stearinsäure			% Stearinsäure im Fettsäuregemisch
	g festen Fettsäuren	D-Stearinsäure		Smp.	Äq.-Gew.	Atom-% D	
		g	Atom-% D				
Mesenterialfett A	6,056	1,054	2,22	67–68°	285	1,10	17,7
Mesenterialfett B	3,327	1,082	2,30	67–68°	282	1,47	18,4
Netzfett A	6,985	1,023	5,12	68–69°	283	2,22	18,7
Netzfett B	5,593	1,024	5,12	67–68°	284	2,30	22,3
Subcutanes Fett A	6,477	1,001	5,08	67–68°	281	2,27	19,1
Subcutanes Fett B	6,346	1,011	5,12	68–68,5°	284	2,30	19,3

Auch bei diesen Fetten interessierte uns die Anwesenheit von Fettsäuren mit weniger als 16 C-Atomen. Bekannte Mengen der Gemische fester Säuren wurden mit Methanol verestert und im Vakuum destilliert. Die Vorläufe haben wir vereinigt und redestilliert. Alle diesbezüglichen Angaben enthält die folgende Zusammenstellung:

20,842 g feste Säuren des mesent. Fettes A+B gaben 4,261 g Vorlauf I
 24,986 g „ „ „ Netz-Fettes A+B „ 3,673 g „ II
 22,755 g „ „ „ subc. Fettes A+B „ 3,703 g „ III

Redestillation der Vorläufe				
	Frakt. Nr.	mg	Siedepunkt	Druck mm Hg
I	1	516	88—91°	0,07
	2	192	98—103°	0,08
	3	882	108—120°	0,08
II	1	79	82—84°	0,03
	2	1350	88°	0,03
	3	549	90—98°	0,03
	4	909	100—108°	0,03
III	1	91	78—82°	0,15
	2	1535	94°	0,08
	3	455	100—115°	0,08

Durch Verseifung dieser Ester und anschliessendes Umkrystallisieren der Fettsäuren aus wässrigem Aceton konnte reine Myristinsäure erhalten werden. Die Isolierung der nur in geringeren Mengen vorhandenen Laurinsäure gelang nicht.

Fettsäuren aus den durch fraktionierte Destillation erhaltenen Methylestern:

	Frakt. Nr.	Fettsäuren			
		mg	Smp.	Äq.- Gew.	
Mesenterial- Fettsäuren A+B	1	370	52 —52,5°	227	Myristinsäure
	2	154	52 —53°	228	Myristinsäure
	3	764	44,5—46,5°	242	50% Myristin- + 50% Palmitin- säure
Netz-Fettsäuren A+B	1	1100	52 —53°	228	Myristinsäure
	2	440	44 —46°	232	85% Myristin- + 15% Palmitin- säure
	3	803	49 —57°	246	35% Myristin- + 65% Palmitin- säure
Fettsäuren aus sub. Fett A+B	1	65	37 —38°	—	
	2	1281	53 —53,5°	228	Myristinsäure
	3	426	53,5—55°	255	Palmitinsäure

Diskussion der Ergebnisse.

a) KM-Fett.

In der Tabelle I sind die von uns untersuchten Fälle nach dem Alter geordnet angeführt. Es ergibt sich für die erste Gruppe (Nr. 1

bis 19) eine ziemlich gleichmässige Beteiligung verschiedener Altersstufen (5 Fälle im Alter von 15—27, 4 im Alter von 31—39, 4 im Alter von 46—59 und 6 im Alter von 64—67 Jahren). Von männlichen Individuen stammen 12, von weiblichen 7, von gesunden Personen, die durch einen Unfall ums Leben kamen, 5 KM-Proben (die Nr. 2, 5, 7, 13 und 19).

Die Fettgehalte des KM schwanken innerhalb weiter Grenzen; sie betragen maximal 90,5, minimal 29,7, im Mittel 61,0%. Ein Zusammenhang zwischen KM-Fettgehalt und Ernährungszustand tritt nicht deutlich hervor, obgleich in einigen Fällen Proben von Leichen guten Ernährungszustandes höhere, sicher keine minimalen Fettwerte aufweisen. Beziehungen zum Alter sind nicht ersichtlich. Für die Jod-Zahlen der KM-Fette fanden wir 57,3—78,4, im Mittel 67,6; der Sättigungsgrad variiert also nicht stark. Der mittlere Gehalt an freien Fettsäuren beträgt 1,2%, an Unverseifbarem 0,3%. Geringe Mengen Aceton-unlöslicher Fraktionen haben wir nur im KM der Leichen jüngerer Personen angetroffen; auf Grund der P- und N-Werte des Aceton-Unlöslichen wies lediglich eine Probe etwa 0,3% Phosphatid auf. Das von uns untersuchte KM enthielt also, im Gegensatz zu den Angaben früherer Autoren, keine oder höchstens sehr geringe Phosphatid-Mengen.

Nicht wesentlich verschieden von den Proben 1—19 war das KM Krebskranker (Proben 20—31). Der mittlere Lipidgehalt dieser von kachektischen Leichen stammenden Markproben ist mit 60,0% praktisch identisch mit dem oben genannten von 61,0%. Indessen sind die Streuungen noch grösser (minimal 8,1, maximal 79,0%). Die höchste Jod-Zahl betrug 75,4, die niedrigste 59,4, das Mittel 64,5, der Gehalt an freien Fettsäuren im Mittel 0,5, an Unverseifbarem 0,3%. Der Phosphatidgehalt aller dieser Proben ist praktisch null.

Das Fettsäuregemisch beider Gruppen setzt sich aus 70% flüssigen und 30% festen Säuren zusammen. Der Stearinsäuregehalt der letzteren beträgt 19,6 bzw. 18,3, im Mittel 19%, der Gehalt an Myristinsäure 6, an Laurinsäure weniger als 0,5%. Daraus lässt sich berechnen, dass die festen Fettsäuren zu 74,5% aus Palmitinsäure bestanden. Die Gesamt-Fettsäuren des KM-Fettes haben demnach folgende Zusammensetzung, wobei vorausgesetzt wird, dass die Trennung über die Bleisalze eine befriedigende Separierung der Myristin- und Palmitinsäure von der Ölsäure ermöglicht:

flüssige Säuren (vornehmlich Ölsäure)	70 %
Laurinsäure	0,1%
Myristinsäure	1,8%
Palmitinsäure	22,4%
Stearinsäure	5,7%

Der Gehalt an stärker ungesättigten Säuren ist sehr gering; nur in drei Fällen gelang die Isolierung der bei 113—114° schmelzenden

Tetrabrom-stearinsäure und damit der Nachweis von Linolsäure. Wir haben dabei die Gesamt-Fettsäuren (ohne vorherige Trennung in feste und flüssige Anteile) in Petroläther der Bromierung unterworfen.

b) Depotfette.

Aus den mitgeteilten Analysen der Depotfett-Proben lassen sich für die prozentualen Gehalte an Rückstand, Lipiden, freien Fettsäuren und Unverseifbarem folgende Mittelwerte berechnen:

Fettgewebe	% Rückstand	Lipide		% Freie Fettsäuren	% Unverseifbares
		%	JZ		
Mesenterial	9,4	41,5	67,6	1,8	0,1
Netz	6,2	47,7	64,9	1,6	0,2
Subcutan	8,3	58,4	68,1	1,2	0,2

Der Phosphatidgehalt ist in der für Depotfette charakteristischen Weise gering.

Die Lipidmengen des mesenterialen, Netz- und subcutanen Fettgewebes sind stark schwankend. Die Fettsäuren bestehen etwa zu 30% aus festen und zu 70% aus flüssigen Säuren. Bezüglich der Anteile an freien Fettsäuren, Unverseifbarem usw. zeigt sich gegenüber dem KM-Fett kein Unterschied. Eine gewisse Übereinstimmung ergibt sich insbesondere hinsichtlich der Zusammensetzung des Fettsäuregemisches. (Vgl. untenstehende Aufstellung.)

Prozentuale Zusammensetzung der Fettsäuren aus	Feste Säuren				Gesamt-Säuren				
	C ₁₂	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₈	flüssige Säuren (Ölsäure)	C ₁₂	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₈
Mesenterialfett . . .	0	5,2	76,8	18,0	70,5	0	1,5	22,7	5,3
Netzfett	0	8,1	71,4	20,5	66,5	0	2,7	23,9	6,9
Subcutanes Fett . .	0,2	6,2	74,4	19,2	70	0,1	1,9	22,3	5,8

Wertvolle Angaben über die Fettsäuren des menschlichen Depotfettes veröffentlichten kürzlich *Cramer* und *Brown*¹⁾. Die bei der Destillation grösserer Chargen anfallenden verschiedenen Fraktionen, die Methylester der Säuren mit 14, 16, 18 oder 20 C-Atomen enthalten, wurden durch Auskrystallisieren bei tiefer Temperatur getrennt. Für fünf verschiedene Fett-Proben resultierten Myristinsäuregehalte von 2,7, 5,9, 2,6, 2,6 und 3,9%, Palmitinsäuregehalte von 24,0, 25,0, 24,7, 25,4 und 25,7% und Stearinsäuregehalten von 8,4, 5,8, 7,7, 7,7 und 5,2%. Für die Ölsäure ergaben sich Werte von 44,8 bis 46,9%. Bemerkenswert ist ein verhältnismässig hoher Gehalt an Octadecadiensäure (8,2–11,0%) und von Hexadecensäure von 5,0 bis 7,6%.

¹⁾ *Cramer, D. L., und Brown, J. B., J. Biol. Chem. 151, 427 (1943).*

Hilditch und *Murti*¹⁾ fanden im KM-Fett des Rindes 47% feste und 53% flüssige Säuren, im einzelnen 0,1% Laurin-, 2,6% Myristin-, 32,2% Palmitin-, 15,5% Stearin-, 43,3% Öl- und 2,5% Octadecadiensäure. Ein Vergleich mit den von *Hilditch* und *Longenecker*²⁾ mitgeteilten Analysen des peripheren Fettes beim Rinde lässt weitgehende Übereinstimmung erkennen.

Unsere Untersuchungen ergaben in der Zusammensetzung des KM-Fettes und der Depotfette keine wesentlichen Unterschiede. Das menschliche KM-Fett ist ein Depotfett.

Wir danken Hrn. *Walter Traber* für geschickte experimentelle Hilfe.

Zusammenfassung.

Um festzustellen, ob sich menschliches KM-Fett in seiner chemischen Zusammensetzung von den Depotfetten des Organismus unterscheidet, haben wir Knochenmark, subcutanes, mesenteriales und Netz-Fettgewebe von zahlreichen Leichen gesammelt und durch Extraktion die Lipide gewonnen.

Diese wurden nach fetthemischen Methoden auf ihren Gehalt an Neutralfett, freien Fettsäuren, Phosphatiden und Unverseifbarem untersucht. Das durch Verseifung gewonnene Fettsäuregemisch trennten wir über die Bleisalze in feste und flüssige Säuren. In zahlreichen Fällen versuchten wir durch Bromierung die Isolierung stärker ungesättigter Fettsäuren. Im Gemische der festen Säuren bestimmten wir nach der Isotopen-Verdünnungsmethode mit Deuterium als Indikator den Gehalt an Stearinsäure und durch Destillation der Methyl-ester die Anteile an Laurin- und Myristinsäure.

Wir untersuchten 31 Proben von Knochenmark aus der Diaphyse des Femurs und je 9—11 Proben von mesenterialem, subcutanem und Netz-Fettgewebe. Es waren Fälle verschiedensten Alters und Todesursache vertreten; insbesondere lagen auch Markproben Krebskranker vor.

Im Gegensatz zu den Angaben der Literatur enthält Fettmark Erwachsener nur sehr geringe Phosphatidmengen. Seine Fettsäure-Zusammensetzung entspricht weitgehend derjenigen, die für die Lipide der Fettgewebe (Mesenterium, subcutanes und Netzfettgewebe) festgestellt wurde. Menschliches KM-Fett ist auf Grund seines chemischen Aufbaues ein Depotfett und von den übrigen Depotfetten nicht unterschieden.

Für finanzielle Unterstützung dieser Arbeit danken wir der „Astra“ Fett- und Ölwerke AG., in Steffisburg verbindlichst.

Zürich, Physiologisch-chemisches Institut der Universität.

¹⁾ *Hilditch, T. P., und Murti, K. S., Biochem. J. 34, 1299 (1940).*

²⁾ *Hilditch, T. P., und Longenecker, H. E., Biochem. J. 31, 1805 (1937).*