

Aus dem Institut für Pathologie (Geheimrat v. Krehl) des Kaiser Wilhelm-Instituts für medizinische Forschung in Heidelberg.

Der Stoffwechsel des isolierten Fettgewebes.

II. Mitteilung; Abhängigkeit von Tiergewicht, Wachstum und Ernährungsform.

Von

Dr. H. Ruska und Dr. A. Quast.

Mit 3 Textabbildungen.

(Eingegangen am 26. VII. 1935.)

Klinische Betrachtungen über individuelle Verschiedenheiten im Bestand an Körperfett, sowie über die pathologischen Abweichungen ausgesprochener Magersucht und die zahlreichen Fettsuchtsformen versuchen in der Regel von der Bilanz des Gesamtstoffwechsels und seiner neurohumoralen Steuerung auszugehen. Lokale Selbständigkeit von Fettgewebepartien, die wesentlich nervös beeinflußt sein kann, ist daneben aus vielfacher Erfahrung in Physiologie und Pathologie bekannt. Den Spezialfall einer lokalen Neigung zur Fettanhäufung hat v. Bergmann als lipomatöse Tendenz bezeichnet. Dieser müssen unbekannte Veränderungen im Zusammenwirken der Zellfermente und der Innervation, vielleicht auch in der feineren Struktur zugrunde liegen. Nordmann¹ versuchte aus der Veränderlichkeit der durch Gefäßnerven gesteuerten Blutstrombahn die verschiedenen Funktionszustände (Fettaufnahme und Abgabe) der Fettgewebe abzuleiten. Jetzt sind durch Boeke² Nervenendigungen an den Fettzellen selbst nachgewiesen worden, so daß die anatomische Grundlage gegeben ist, an Hand derer wir an einen unmittelbaren Einfluß efferenter Nerven auf die Zellfunktion denken dürfen. Auch Hausberger³ hat in F. Wassermanns Institut feinste Nervenfasern gefunden, welche nicht mit den Gefäßen laufen, sondern frei zwischen den Fettzellen sich aufteilen. Er zeigt in vielen Versuchsreihen die Veränderungen, welche der Ausfall der Nervenfunktion hervorruft, und die wesentlich in einer vermehrten Aufnahme und erschwerten Abgabe des Fettes beruhen.

Wie weit bei verschiedenem Funktionszustand die chemische Leistung der Fettzelle selbst verändert ist, wissen wir für die menschliche Pathologie noch nicht. In der ersten Mitteilung⁴ wurde am Modellbeispiel der Ratte untersucht, welchen Einfluß der Hunger auf den Stoffwechsel (Gaswechsel) der Fettorgane ausübt. Dabei wissen wir, daß die absolute Höhe des Sauerstoffverbrauchs der isolierten Gewebeteile durch den Wegfall nervöser Hemmungen größer ist als im Gesamtverband des Organismus. Wir

¹ Z. exper. Med. 48, 84 (1926). — ² Z. mikr.-anat. Forsch. 33, 324 (1933). — ³ Ebenda 36, 231 (1934). — ⁴ Ruska, H. u. Th. Oestreicher: Arch. f. exper. Path. 177, 42 (1934).

nehmen aber an, daß die Änderungen im Sinne einer vergrößerten oder verminderten Sauerstoffaufnahme, sowie Änderungen des Verhältnisses von Säurebildung zu Atmung von Funktionsänderungen des Protoplasmas herrühren, die sich auch im intakten Organ auswirken. Bei der Festlegung einer Normalatmung für das Unterhautfettgewebe ergab sich im Gegensatz zu den parenchymatösen Organen eine auffallend starke Streuung. Wir haben nach Gründen hierfür gesucht, und teilen mit, wie der Fettgewebstoffwechsel der Ratte von anatomischen Besonderheiten, von Wachstum, Alter und Ernährung abhängig ist.

Methodik.

Die Arbeitsweise der ersten Mitteilung wurde im wesentlichen beibehalten. Die Messung der Atmung und des scheinbaren respiratorischen Quotienten⁵ erfolgte in Phosphatringelösung mit m/100 Glucose, außerdem wurde die anaerobe Glykolyse in der üblichen Weise⁶ bestimmt. Die Ratten für die Untersuchung über die Abhängigkeit des Fettstoffwechsels vom Gewicht der Tiere wurden mit gemischter Stallkost ernährt und, soweit es nicht extra hervorgehoben ist, wurden nur männliche Tiere verwendet. Die Zusammensetzung der einseitigen Ernährungsformen wird später angegeben und findet sich genauer bei Wetzels und Heids⁷, welche die Kohlehydrate in der Leber und den Fettgeweben der gleichen Tiere untersucht haben. Mit $T Q_{O_2}$ sind die mm³ Sauerstoff bezeichnet, welche von 1 mg Trockengewicht in 1 Stunde aufgenommen wurden, mit $E Q_{O_2}$ die entsprechende Sauerstoffaufnahme von 1 mg Eiweiß. $Q_M^{N_2}$ ist die anaerobe Glykolyse in Warburg-Einheiten.

Ergebnisse.

I. Über das braune Fettgewebe.

Den Anatomen ist „braunes“ Fettgewebe seit langem bekannt. Es unterscheidet sich vom weißen Fettgewebe außer durch seinen Pigmentgehalt durch die feinere Aufteilung der Fetttropfen. Ein wesentlicher Unterschied der Histogenese des kleinvakuoligen Gewebes gegenüber dem weißen Fettgewebe soll nach Wassermann und Hausberger (l. c.) nicht bestehen. Auch kommen Übergänge vor. Bei der Ratte findet man das braune Gewebe als größere oder kleinere Flecken eingesprengt im Unterhautfettgewebe der Bauchregion. Manchmal fehlt es oder ist nicht scharf gegen das weiße Gewebe abgesetzt. Mitunter ist es sehr deutlich und liegt rechts und links medial von der arteria mammaria externa und epigastrica superficialis, durch die es aus feinen Seitenzweigen versorgt wird, die oft größer erscheinen als die Seitenzweige für das übrige Gewebe. An manchen Stellen können undifferenzierte Zellnester, die kein Fett oder nur kleine Tropfen gespeichert haben, in das Gewebe eingesprengt sein. Neben dem Stickstoff- bzw. Eiweißgehalt des Fettgewebes spielt der Farbstoff zusammen mit dem anderen anatomischen Bau für den Stoffwechsel offenbar eine große Rolle. Die Tabelle 1 zeigt an Tieren verschiedenartigster Vor-

⁵ Ruska, H.: Arch. f. exper. Path. **177**, 38 (1934). — ⁶ Krebs, H. A.: Oppenheimers Methodik der Fermente, S. 665, G. Thieme-Verlag (1929). —

⁷ Wetzels, R. u. Th. Heids: Arch. f. exper. Path., erscheint demnächst.

behandlung, daß die Sauerstoffaufnahme des braunen Gewebes, sowohl auf Trockengewicht (TQ_{O_2}) als auch auf Eiweiß (EQ_{O_2}) gerechnet, stets die des weißen Gewebes übertrifft, auf Eiweiß berechnet in etwas geringerem Maße.

Tabelle 1. Abhängigkeit der Stoffwechselgrößen des Unterhautfettes von der Farbe*.

Ratte	TQ_{O_2}		EQ_{O_2}		R.-Q.		$TQ_M^{N_2}$		H_2O	
	weiß	braun	weiß	braun	weiß	braun	weiß	braun	weiß	braun
117	0,18	0,64	1,09	3,48	2,45	1,32	—	—	34,5	40,5
139	0,08	0,64	1,67	4,32	3,19	1,25	—	—	18,0	22,2
141	0,11	0,40	2,45	3,98	1,94	1,50	0,044	0,078	18,5	29,0
159	0,11	0,35	2,19	4,76	2,26	1,84	0,098	0,136	14,1	22,5
160	—	0,27	—	5,10	—	1,34	0,090	0,170	—	22,5
<i>E</i>	0,17	0,48	5,81	6,07	1,20	0,89	0,126	0,168	17,8	28,0
<i>F</i>	0,33	0,84	2,02	5,60	0,84	0,86	—	—	27,0	41,0

* Die Trennung nach der Farbe ist immer nur in begrenztem Maße durchführbar.

Umgekehrt verhalten sich die respiratorischen Quotienten, während die anaerobe Glykolyse beim braunen Fettgewebe wieder größer ist, ebenso wie der Stickstoff- und Wassergehalt. Das Verhältnis der Glykolyse ist aber maximal 1 : 2, während das der Trockengewichtsatmung im Mittel 1 : 3,7 beträgt, so daß die Glykolyse im braunen Gewebe nicht um so viel erhöht ist wie die Atmung. Die hohe Glykolyse steht deshalb mit dem niedrigeren R.-Q. nicht unbedingt im Widerspruch.

Im Mesenterialfett kommen braune Partien vor, die sich analog verhalten. Gewebsteile aus dem Milzmesenterium, in welchem das Pankreas liegt, dürfen natürlich nicht verwendet werden. Aus Bestimmungen an 10 Tieren können wir sagen, daß die für das Unterhautfett und den Hodenfettkörper geltenden Gesetzmäßigkeiten sich am Mesenterialfett ebenso zeigen lassen, sie finden sich aber nicht mit der gleichen Zuverlässigkeit. Offenbar wird das Fettgewebe, das an den die Resorptionsprodukte dem Körper zuführenden Blut- und Lymphgefäßen liegt, noch besonders beeinflusst, auch stört der wechselnde Gehalt an größeren Gefäßen die einwandfreie Bestimmung der Atmung und des Stickstoffs. Wir geben hier die Mittel- und Grenzwerte unserer Messungen: Wassergehalt 24,4% (10—30), $TQ_{O_2} = 0,27$ (0,10—0,45), $EQ_{O_2} = 5,9$ (3,8—10,2), scheinbarer R.-Q. oder $CO_2 + \text{Milchsäure}/O_2 = 1,32$ (0,89—1,56). Für das retroperitoneale Fett, auf dem regelmäßig braune Gewebspartien liegen, fehlen uns Versuchsdaten.

Beim Zusammentreffen von braunroter Farbe mit hohem Stoffwechsel liegt es nahe zu vermuten, daß die braune Farbe von Häminen herrührt. Es ist uns aber nicht gelungen, mit dem Mikronachweis von Feigl und Hamburg⁸ nach Veraschung mit Schwefelsäure im braunen Gewebe einen

⁸ Z. analyt. Chemie 86, 7 (1931).

größeren Eisengehalt zu finden. Es bleibt noch die Möglichkeit bestehen, daß die größere Oxydationsleistung mit der Wirkung eines eisenfreien Pigments ursächlich zusammenhängt.

II. Tiergewicht und Wachstum.

Der Kinderkliniker ist gewohnt, Ernährungszustand und Stoffwechselstörungen wie Dystrophie und Dekomposition weitgehend nach dem Zustand des Unterhautfettgewebes zu beurteilen. Auch beim Erwachsenen ist dieses Gewebe für den Eindruck, den uns ein gesunder oder kranker

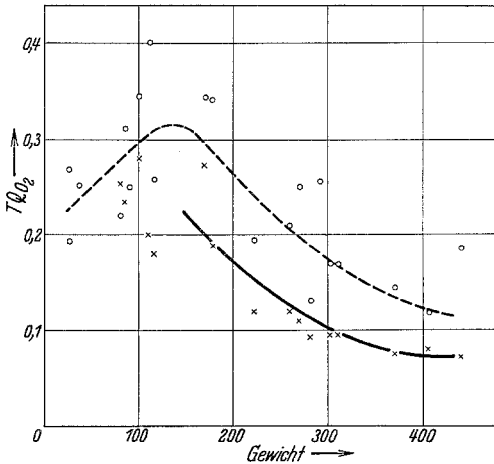


Abb. 1. Sauerstoffaufnahme in cmm für 1 mg Trockengewicht in 1 Stunde.

Für Abb. 1—3: o---o Unterhautfettgewebe; x—x Gewebe des Hodenfettkörpers.

Körper macht, von ausschlaggebender Bedeutung. Neben dem Füllungsgrad der Fettdepots und seiner veränderlichen chemischen Zusammensetzung (Eiweiß, Phosphor, Art der Fettsäuren) wird dabei hauptsächlich an Störungen im Wasserhaushalt gedacht. Es läßt sich außerdem nachweisen, daß der Stoffwechsel des Fettgewebes auf Einflüsse, welchen der Organismus unterworfen wird, äußerst leicht anspricht. Für den Hunger wurde das bereits gezeigt.

Die Untersuchung der Altersabhängigkeit war für uns zur Klärung der früher ausgesprochenen Vermutungen, sowie als Ausgang für die Untersuchung der Einwirkung von Hormonen auf den Fettgewebsstoffwechsel, über die Th. Oestreicher später berichten wird, notwendig.

Trägt man auf der Ordinate die Stoffwechselgrößen, auf der Abszisse die Gewichte der Tiere auf, dann ergibt sich das in den Abbildungen dargestellte Bild. Alle Einzelmessungen sind als Punkte eingetragen, der wesentliche Verlauf ist durch eine Kurve verdeutlicht. Wasser- und Eiweißgehalt, die zu jeder Messung bestimmt wurden, schwanken beim Unterhautfett um Mittelwerte von 20 bzw. 4,4%, beim Hodenfettkörper um 10 bzw. 1,8%. Das Wasser ist in Prozent des Frischgewichts, das Eiweiß in Prozent des Trockengewichts angegeben. Die beträchtliche Streuung um diese Mittelwerte der Gewebszusammensetzung ist vom Tiergewicht ganz unabhängig. Dagegen sind die chemischen Umsetzungen der Gewebe bei nicht unerheblichen Abweichungen von den Kurven nach Größe und Art deutlich verschieden. Um das Tiergewicht von 100 g zeigen die Kurven

einen Wendepunkt. Trockengewichts- und Eiweißatmungsgrößen (TQ_{O_2} und EQ_{O_2}) haben Maxima, der respiratorische Quotient (R.-Q.) zeigt ein Minimum. Der Stoffwechsel ist ferner wohl abhängig von der Zellgröße, über deren Veränderlichkeit auch bei optimaler Ernährung M. Kuch und M. v. Czernucki⁹ aus unserem Institut berichtet haben. Vom Zwerchfell der Ratte ist es bekannt¹⁰, daß bei ausgewachsenen Tieren eine Atmung von etwa 6,0, bei jungen zwischen 55 und 80 g wiegenden von etwa 10,0 besteht. Hier kann außer dem Alter auch das Überschreiten der Grenzschnittdicke hineinspielen. Trotzdem bleibt die Größe des Unterschieds hinter der beim Fettgewebe beobachteten zurück, auch wenn wir von der gleichzeitigen qualitativen Änderung absehen. Die Atmung der Gewebe junger Tiere ($EQ_{O_2} = 10$ bzw. 8) beträgt über das $2\frac{1}{2}$ -fache der Atmung der alten ($EQ_{O_2} = 4$ bzw. 3).

Die anaerobe Glykolyse $Q_M^{N_2}$ ist bei kleinen Tieren unter 100 g am höchsten, wie es von rasch wachsenden Geweben bekannt ist. Sie beträgt für das Unterhautfettgewebe 0,2–0,1, sinkt mit steigendem Gewicht bis 0,05 und steigt bei alten Tieren wieder etwas an. Beim Hodenfett ergeben sich Werte von 0,05–0,10. Diese Werte sind kleiner, als wir erwartet haben, nahmen wir doch an, daß die hohen scheinbaren respiratorischen Quotienten durch große anaerobe Glykolyse zustande kommen. Zieht man aber von der aeroben Säurebildung ($CO_2 + \text{Milchsäure}$) die anaerobe

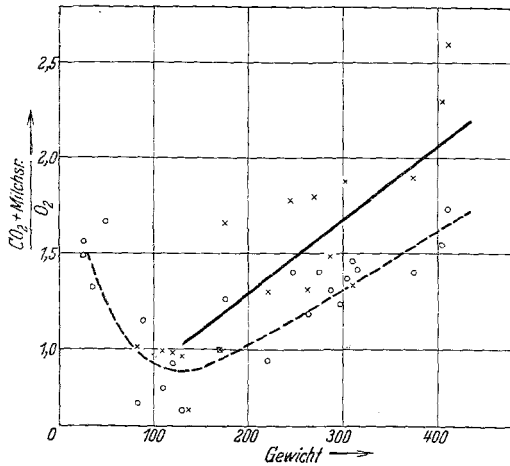


Abb. 2. Scheinbarer respiratorischer Quotient.

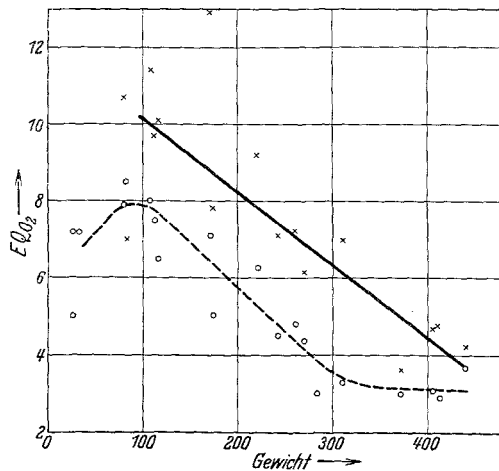


Abb. 3. Sauerstoffaufnahme in cmm für 1 mg Eiweiß in 1 Stunde.

⁹ Arch. f. exper. Path. **179**, 191 (1935). — ¹⁰ Meyerhof, Lohmann u. Meier: Biochem. Z. **157**, 478 (1925).

Säurebildung ab, eine Korrektur, die sicher zu groß ist, so ergeben sich vielfach noch respiratorische Quotienten über 1, also Quotienten, die für eine Fettsäuresynthese in vitro sprechen. Zur Klärung dieses Befundes ist es wichtig, aerobe Glykolyse und echten R.-Q. zu bestimmen und insbesondere den Einfluß der Ernährung zu untersuchen. Hierüber wird W. Henle noch berichten.

Vergleichen wir die anaerobe Glykolyse des Fettgewebes mit derjenigen anderer Organe, so müssen wir, wie früher (l. c.) für die Atmung gezeigt wurde, vom Trockengewicht $Q_M^{N_2}$, oder $TQ_M^{N_2}$ auf Eiweiß $EQ_M^{N_2}$ umrechnen. Es ergeben sich dabei am Unterhautfett nach Abzug des Bindegewebeisweißes $EQ_M^{N_2}$ Werte von 2,5–10, am Hodenfettkörper Werte um 2,8. Danach entspricht die glykolytische Fähigkeit des Fettgewebes größenordnungsmäßig derjenigen von Leber und Niere, deren $EQ_M^{N_2}$ -Werte sich nach den Angaben der Literatur¹¹ zu 5–5,5 berechnen. Nach dem Verhältnis von Atmung zu Glykolyse steht das Fettgewebe in der Mitte zwischen den Organen, deren anaerobe Glykolyse in Warburg-Einheiten wesentlich unter der Atmung liegt (Leber, Niere) und jenen, deren Glykolyse die Atmung erheblich übertrifft (Hirnrinde, Netzhaut, Tumoren).

Die beschriebenen Atmungsmaxima (Abb. 1 und 3) fallen zusammen mit der Zeit der raschesten absoluten Gewichtszunahme der Tiere¹². Wir wiesen schon darauf hin, daß der jugendliche rasch wachsende Organismus uns auch beim Menschen durch seine starke Reaktion des Unterhautzellgewebes auf Ernährungsstörungen, die besondere Bedeutung dieses Gewebes beim wachsenden Organismus nahelegt. Es ist auch bekannt, daß jugendliches Fettgewebe leicht in seinem Zuckerhaushalt¹³ zu beeinflussen ist. Wir haben einige im Wachstum gestörte Tiere untersucht, und zwar einseitig mit Ziegenmilch ernährte, sowie Vitamin A- und B₂-Mangeltiere¹⁴. Die untersuchten Tiere, welche 77–100 g wogen, zeigten die in Tabelle 2 zusammengestellten Werte. Trotz auffallend hoher Trockengewichtsatmungsgrößen bei den B₂-Mangeltieren, welche auf hohem Stickstoff- und Wassergehalt beruhen, liegen die EQ_{O_2} -Werte, die für nur wenig gefüllte Fettspeicher als maßgebend zu betrachten sind, durchweg tief.

Tabelle 2. Atmungsgrößen wachstumsgestörter Tiere.

Art der Störung	TQ_{O_2}	EQ_{O_2}	Art der Störung	TQ_{O_2}	EQ_{O_2}
Ziegenmilchernährung . .	0,24	5,2	Vitamin A-Mangel . . .	0,44	4,3
" " " . . .	0,22	4,4	" B ₂ - " . . .	0,86	5,7
Vitamin A-Mangel . . .	0,32	5,7	" " " . . .	0,95	5,9
" " " . . .	0,46	5,8			

¹¹ Krebs, H. A.: Oppenheimers Handb. d. Biochem. Ergänzungswerk Bd. I, 2, S. 863 (1933). — ¹² Vgl. Mendel, B.: *Ergebn. d. Physiol.* **15**, 162; Bomskow, Chr.: *Methodik d. Vitaminforsch.* G. Thieme-Verlag (1935). — ¹³ Wertheimer: *Pflügers Arch.* **219**, 191; Wetzels u. Heid: erscheint demnächst. — ¹⁴ Den Herren H. Brockmann u. Th. Wagner-Jauregg danken wir herzlich für die Überlassung der Tiere.

Es scheint uns danach berechtigt, in der hohen Atmung des Fettgewebes der um 100 g schweren Tiere den Ausdruck besonders starken Körperwachstums zu sehen.

Die wenigen weiblichen Tiere, die wir untersuchten, zeigten keine über die normale Streuung hinaus abweichenden Werte. Nur bei einigen Tieren, die trächtig waren, deren Unterhautfett, soweit es in der Nähe der Milchdrüsen liegt, schon gewisse Umbauvorgänge zeigt¹⁵, hatten für ihr Körpergewicht eine sehr hohe Atmung mit $T Q_{O_2} = 0,41; 1,16, 1,25, 1,49$ und $E Q_{O_2} = 5,4, 4,91, 9,81$ und $5,61$. Wie die Eiweißwerte zeigen, ist diese zum Teil Folge des höheren Plasmagehalts, zum Teil aber den Einflüssen der Gravität zuzuschreiben.

III. Ernährungseinflüsse.

Durch die vorstehenden Ergebnisse schienen uns einige Abhängigkeiten des Fettgewebstoffwechsels so weit geklärt, daß wir versuchen konnten, die Einflüsse verschiedenartiger Ernährung zu untersuchen. Nach kürzerer oder längerer Hungerzeit haben wir Ratten einseitig mit Cerealien, Fleisch oder Speck oder auch mit künstlichen Nahrungsgemischen ernährt, bei welchen stets einer der drei Nährstoffe (Kohlehydrat, Eiweiß, Fett) über 80% der Gesamtkalorien ausmachte: Das Eiweißminimum wurde dabei immer gewahrt, und auch Kohlehydrate waren, außer bei der Verfütterung von reinem Speck, bei der Fett- und Eiweißernährung mit 7 Kalorienprozenten vorhanden.

Überblickt man die Zusammenstellung der gemessenen Daten in Tabelle 3, so liegt ein völlig uneinheitliches Ergebnis vor. Die von Scoz¹⁶ zum größten Teil am Mesenterialfett beobachteten Atmungssteigerungen nach Wiederernährung, die sogar die Größe der Hungeratmung übertrafen, konnten wir nicht finden. Was auffällt ist lediglich, daß die Streuung aller Werte diejenige übertrifft, die wir vorher bei gleichmäßig ernährten Tieren gefunden haben. Zwischen den verschiedenen ernährten Tiergruppen besteht in keiner der bestimmten Größen eine signifikante Differenz. Weder zeigen die Eiweißtiere etwa im Sinne einer spezifisch dynamischen Wirkung besonders hohe Atmungsgrößen, noch besteht eine Abhängigkeit des scheinbaren respiratorischen Quotienten von der Vorernährung mit Kohlehydrat oder Fett. Auch der wechselnde Kohlehydratgehalt der Gewebe selbst ist ohne konstante Beziehung zu den Stoffwechselgrößen. Der R.-Q. erreicht vielfach Größen (über 4!), die wenig glaubhaft erscheinen und als Versuchsfehler gedeutet werden könnten, wenn ihr Vorkommen nicht sowohl durch die Doppelbestimmungen als auch durch Messung an verschiedenen Tieren erhärtet wäre. Beim Hodenfett ist die Übereinstimmung von Doppelbestimmungen besonders gut. Die Gründe für die hohen

¹⁵ Hass, E.: Z. f. mikr.-anat. Forsch. **34**, 201, 1933. — ¹⁶ Arch. di Sci. biolog. **17**, 262 (1932).

Tabelle 3. Einflüsse verschiedenartiger Ernährung. (Mittelwerte von Doppelbestimmungen.)

Ratte	Vorbehandlung			Unterhautfett (weiß)				Hodenfett							
	Hungerzeit in Std.	Wiederernährungszeit in Std.	Gewicht in g	Wasser in % Frischgewicht	Stickstoff in % Trockengewicht	T QO ₂	E QO ₂	R.-Q.	Q _M N ₂	Wasser in % Frischgewicht	Stickstoff in % Trockengewicht	T QO ₂	E QO ₂	R.-Q.	Q _M N ₂
66	36	12	301	19,6	1,12	0,30	4,29	1,20	—	11,8	0,20	0,07	5,60	2,26	—
130	36	12	316	20,0	0,95	0,23	3,86	1,14	—	6,9	0,29	0,07	3,85	2,55	—
132	36	12	303	36,5	1,32	0,25	3,03	1,53	—	9,2	0,35	0,04	3,20	2,64	—
88	36	24	305	20,0	0,52	0,15	4,61	2,37	—	8,2	0,24	0,07	4,66	1,54	—
C	2 × 24	12	161	37,5	2,18	0,54	3,93	2,20	—	11,0	0,31	0,43	21,9	2,28	—
B	2 × 24	24	163	13,5	0,71	0,24	5,37	1,71	0,089	7,2	0,31	0,16	8,25	1,72	0,065
125	2 × 24	24	312	22,0	1,22	0,20	2,62	1,51	—	9,0	0,23	0,08	5,57	2,46	—
126	4 × 24	12	269	25,0	1,92	0,15	1,24	1,93	—	14,2	0,45	0,14	5,00	1,72	—
161	5 × 24	24	240	21,5	0,84	0,25	4,76	2,23	0,130	8,0	0,27	0,11	6,55	1,78	0,085
118	2 × 24	9 × 24	310	23,5	0,78	0,15	3,08	2,64	0,085	5,7	0,23	0,09	6,27	3,55	0,162
127	2 × 24	12 × 24	310	46,2	1,02	0,22	3,44	2,14	0,148	8,5	0,23	0,09	6,27	4,55	0,097
133	2 × 24	16 × 24	298	27,0	0,50	0,13	4,18	1,79	0,079	7,9	0,25	0,09	5,75	2,29	0,115
Kohlehydrattiere:															
E	24	5 × 24	193	17,8	0,48	0,17	5,81	1,20	0,126	—	—	—	—	—	—
146	36	12	273	17,0	0,55	0,11	3,20	1,78	0,042	7,0	0,20	0,11	8,80	2,00	0,048
F	2 × 24	24	163	27,0	2,55	0,33	2,02	0,84	—	14,8	0,59	0,23	6,25	1,03	—
142	2 × 24	24	249	21,5	0,64	0,11	2,76	2,30	0,066	4,5	0,19	0,05	4,20	4,80	0,043
160*	2 × 24	12 × 24	276	22,5	0,86	0,27	5,10	1,34	0,170	6,1	0,20	0,05	4,00	4,15	0,030
155	2 × 24	19 × 24	298	37,0	1,16	0,54	7,57	0,96	0,095	7,5	0,34	0,16	7,54	1,59	0,133
159	2 × 24	8 × 24	259	14,1	0,79	0,11	2,19	2,26	0,098	6,0	0,29	0,12	6,64	2,00	0,173
Fettiere:															
135	36	12	290	21,0	1,06	0,12	1,80	2,02	—	11,0	0,35	0,10	4,57	2,13	—
139	36	12	308	18,0	0,73	0,08	1,67	3,19	0,093	7,7	0,23	0,09	6,25	1,65	0,073
117	36	36	346	34,5	2,64	0,18	1,18	2,45	—	15,5	0,58	0,18	4,97	2,04	—
119	36	36	335	20,5	0,67	0,13	3,11	1,74	—	7,5	0,26	0,08	4,92	2,34	—
D	2 × 24	24	166	15,3	0,73	0,13	2,86	1,10	0,060	8,5	0,18	0,09	8,00	1,94	0,037
143	4 × 24	12	293	22,5	0,99	0,32	5,18	1,46	0,072	6,2	0,19	0,09	7,58	1,81	0,050
141	4 × 24	6 × 24	233	18,5	0,74	0,11	2,35	1,94	0,044	8,2	0,19	0,09	7,58	3,30	0,048
13	—	15 × 24	219	37,5	1,80	0,69	6,12	0,77	—	9,5	0,21	0,13	9,90	1,80	—
14	—	15 × 24	246	23,0	1,10	0,29	4,22	1,00	—	9,0	0,19	0,07	5,90	2,19	—

* Braunes Unterhautfett.

Quotienten können einmal rein methodisch darin bestehen, daß beim Kohlensäuredruck Null, den wir verwenden, während der Versuchszeit gelöste Kohlensäure aus dem Gewebe austritt oder das Gewebe geschädigt wird. Wir müssen aber außerdem an die bereits erwähnte Möglichkeit einer Fettsynthese aus Zucker denken, daß also nicht eine vermehrte CO_2 -Abscheidung vorliegt, sondern ein verminderter Sauerstoffverbrauch durch Übergang stark sauerstoffhaltiger Verbindungen in sauerstoffarme. Auf diesen Umstand könnten die niedrigen Q_{O_2} -Werte deuten, die häufig (Ratte 139, 142, 160) zu den hohen Quotienten gehören. Daß wir auch bei fetternährten Tieren hohe Quotienten finden, kann dahin gedeutet werden, daß die Synthese des Fettes aus dem Zucker der Suspensionsflüssigkeit leichter vor sich geht, als der umgekehrte Mechanismus, der vielleicht beim fetternährten oder hungernden Tier abläuft, solange das Gewebe im Gesamtverband des Organismus ist. Diese Hypothese würde die Befunde verständlich machen, daß entnervtes Fettgewebe zur Fettanhäufung neigt. Es wird auf diese Fragen mit besserer Methode (physiologischer Kohlensäuredruck) noch zurückzukommen sein.

Zusammenfassung.

Es wird versucht, in der großen Variabilität der Fettgewebsatmung gewisse Gesetzmäßigkeiten zu finden. Dabei zeigt sich, daß das „braune“ Fettgewebe vom weißen Gewebe erheblich abweicht, der Sauerstoffverbrauch und die anaerobe Glykolyse ist höher, der respiratorische Quotient tiefer. Stärker als andere Gewebe zeigt das Fettgewebe eine Abhängigkeit seiner Stoffwechselgrößen vom Tiergewicht und vom Wachstum. Die glykolytische Fähigkeit des Fettgewebes ist im Vergleich zur Atmung größer als bei Leber und Niere, aber kleiner als bei Netzhaut, Hirnrinde und Tumoren. Sie ist ferner nicht so groß, daß sie in jedem Fall die oft erstaunlich hohen respiratorischen Quotienten des Fettgewebes völlig erklären könnte. Die Möglichkeit der Fettsäuresynthese durch isoliertes Fettgewebe *in vitro* wird an Hand von Stoffwechselfmessungen am Fettgewebe einseitig ernährter Tiere vorläufig erörtert.

Herrn Geh. Rat v. Krehl danken wir für die Förderung dieser Arbeit, der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und der Firma A. Knoll A.-G. für die Überlassung von Geldmitteln.
