

caution than has hitherto been the case, particularly when they are to be used to calculate other metabolic values.

### *Summary*

The effect of single amino acid deficiencies or excesses on urinary creatinine excretion was studied in rats fed an otherwise balanced amino-acid-containing diet. Omission of single amino acids generally decreased creatinine excretion significantly. Gelatin addition produced a relatively large increase in creatinine excretion, but additions of other amino acids in excess did not point to a consistent change in the excretion pattern; some led to an increased and some to a decreased excretion, and some had no effect. With the exception of the gelatin effect, none of the amino acid excesses led to changes in creatinine excretion of the magnitude or significance observed with the amino-acid-deficient diets.

### *References*

1. FISHER, H., J. Nutrition **85**, 181 (1965). — 2. TOLBERT, B. and J. H. WATTS, J. Nutrition **80**, 111 (1963). — 3. LEE, M. and S. P. LUCIA, J. Nutrition **81**, 117 (1963). — 4. KIRIYAMA, S. and K. ASHIDA, J. Nutrition **82**, 127 (1964). — 5. BEARD, H. H., Proc. Soc. Exper. Biol. & Med. **28**, 454 (1930). — 6. OWEN, J. A., B. IGOO, F. J. SCANDRETT and C. P. STEWART, Biochem. J. **58**, 426 (1954). — 7. NASSET, E. S., J. NUTRITION **61**, 555 (1957). — 8. SUMMERS, J. D. and H. FISHER, J. Nutrition **75**, 435 (1961). — 9. NAKAGAWA, I., T. TAKAHASHI and T. SUZUKI, J. Nutrition **73**, 186 (1961). — 10. NAKAGAWA, I., T. TAKAHASHI, T. SUZUKI and K. KOBAYASHI, J. Nutrition **83**, 115 (1964). — 11. BEARD, H. H. and B. O. BARNES, J. Biol. Chem. **94**, 49 (1931). — 12. YOKOTA, F. and H. HAYAMI, Annual Report of the National Institute of Nutrition, Toyamacho, Shinjuku-ku, Tokyo, p. 34 (1963). — 13. DILL, D. B. and S. M. HORVATH, Amer. J. Physiol. **133**, 520 (1941). — 14. BURROUGHS, E. W., Doctoral Thesis, University of Illinois, Urbana (1939).

#### *Author's address:*

Prof. Dr. H. FISHER, Thompson Hall, Room 134,  
Rutgers — The State University, New Brunswick (New Jersey/USA)

*Aus dem Institut für Ernährungswissenschaft, Budapest (Ungarn)*  
(*Direktor: Prof. Dr. R. Tárjan*)

## **Die Zusammensetzung der Lipide in menschlichen Organen und Geweben**

Von MAGDALENE KRÁMER, R. TARJÁN und KATALIN SZÖKE

Mit 4 Tabellen

(Eingegangen am 7. Mai 1968)

Um den Einfluß von Erkrankungen alimentärer oder anderer Herkunft, sowie die Wirkung eventuell andauernd zugeführter Medikamente, oder sonstiger Fremdstoffe z. B. Konservierungsmittel auf den Stoffwechsel des menschlichen Organismus feststellen und auswerten zu können, muß man die Zusammensetzung der gesunden Gewebe und Organe genau kennen. Außerdem können die Kenntnisse über die chemische Zusammensetzung der menschlichen Gewebe und Organe gemeinsam mit Untersuchungsresultaten anderen Charakters, auch über die Versorgung des Organismus mit einzelnen wichtigeren

Nährstoffen Aufschluß geben. Von dieser Überlegung ausgehend haben wir den Vitamin-A-, E- und C-Gehalt einiger menschlicher Gewebe und Organe schon früher untersucht (1).

In vorliegender Arbeit berichten wir über Resultate, die wir hinsichtlich der Zusammensetzung der Lipide erzielt haben. In der uns zur Verfügung stehenden Literatur waren Angaben nur über die Fettsäurezusammensetzung der menschlichen Fettgewebe vorzufinden. Untersuchungen, die sich damit befassen, die Fettsäurezusammensetzung der Organe festzustellen, die an dem Fettstoffwechsel aktiven Anteil nehmen, lagen kaum vor. Auf Grund von Tierexperimenten (2, 3) ist anzunehmen, daß die Fettsäurezusammensetzung der Lipide, ihrer Funktion entsprechend, auch in den verschiedenen Organen des Menschen, von der Fettsäurezusammensetzung der Fettgewebe abweicht.

Obzwar die Untersuchung der Organe verstorbener Individuen lediglich über einen gegebenen, statischen Zustand Aufklärung gibt, können mit diesen Untersuchungen die einzelnen Probleme des menschlichen Fettstoffwechsels besser bereinigt werden, als mit Versuchen an verschiedenen Tieren. In Kenntnis der Ernährung der Bevölkerung im allgemeinen und des Individuums im besonderen, sowie des gegebenen biologischen Zustandes des Individuums, können bei Inbetrachtnahme der mit Tierexperimenten erzielten Ergebnisse, die erhaltenen analytischen Angaben zugleich auch auf die Vorgänge im menschlichen Fettstoffwechsel hinweisen.

### Untersuchungsmaterial und Untersuchungsmethoden

Das Untersuchungsmaterial wurde uns von dem Justizärztlichen Institut zugestellt. Es wurden die Organe von Personen untersucht, die infolge eines Unfalls plötzlich starben und deren Sektionsbefund keinen Hinweis auf irgendeine Krankheit enthielt. Die Organe von 16 jungen Personen (im Alter zwischen 20 und 40 Jahren) und 15 bejahrten Personen (im Alter zwischen 60 und 80 Jahren) wurden untersucht. Die Untersuchungen erstreckten sich auf die Bestimmung der Fettsäurezusammensetzung und des Cholesteringehaltes. Die Analysen wurden außer im Fettgewebe auch in Leber, Herz und Gehirn durchgeführt. Die Zusammensetzung der Fettsäuren wurde nicht nur in den Gesamtlipiden der Organe und Gewebe, sondern auch in den einzelnen Lipidfraktionen bestimmt.

Der Lipidgehalt der Organe wurde mit dem Verfahren von FOLCH (4) mit einem Gemisch von Chloroform-Methanol, 2:1, extrahiert. Die Lipidfraktion wurden mittels Dünnschichtchromatographie (2) getrennt. Die qualitative, bzw. quantitative Bestimmung der Fettsäuren erfolgte nach Umwandlung in Methylester (6) auf Grund gaschromatographischer Analyse und planimetrischer Auswertung. Das Cholesterin wurde mit der Methode nach LIEBERMANN-BURCHARD (7) bestimmt.

### Versuchsergebnisse

In Tab. 1 ist die von uns nachgewiesene Fettsäurezusammensetzung in Fettgewebe, Leber, Herz und Gehirn angegeben. Die Menge der einzelnen Fettsäuren ist in Prozenten der nachgewiesenen Gesamtfettsäuren ausgedrückt angegeben.

In dem Fettgewebe ist in größten Mengen die Ölsäure vertreten, sie macht die Hälfte der Fettsäuren aus, ihr folgt die Palmitinsäure mit 21,8% und die Linolsäure mit 12,0%. Die restlichen 16% verteilen sich auf Palmitölsäure, Stearinsäure und Myristinsäure in fallender Reihenfolge.

**Tabelle 1.** Die prozentuelle Fettsäurezusammensetzung der Gesamtlipide in Fettgewebe, Leber, Herz und Gehirn

Fettsäuren	Fettgewebe	Leber	Herz	Gehirn
14 <sup>1)</sup> : 0 <sup>2)</sup>	2,4 ± 0,8	1,2 ± 0,2	2,1 ± 1,0	0,9 ± 0,2
16 : 0	21,8 ± 3,2	26,2 ± 6,5	21,4 ± 6,3	16,2 ± 4,8
16 : 1	8,4 ± 2,8	6,3 ± 3,0	6,4 ± 1,1	5,6 ± 2,1
18 : 0	5,6 ± 3,9	10,6 ± 6,3	11,2 ± 4,0	11,4 ± 3,8
18 : 1	49,8 ± 3,8	31,8 ± 7,5	34,0 ± 7,2	39,5 ± 7,8
18 : 2	12,0 ± 4,6	17,8 ± 3,9	14,5 ± 5,8	9,0 ± 3,2
18 : 3				1,6 ± 0,3
20 : 4		6,1 ± 1,6	10,4 ± 3,5	6,4 ± 2,4
22 : 6				6,3 ± 2,2
nicht identifizierte				3,1

<sup>1)</sup> Zahl der Kohlenatome im Fettsäuremolekül.

<sup>2)</sup> Zahl der Doppelbindungen im Fettsäuremolekül.

In Leber und Herz ist in der prozentualen Zusammensetzung der Fettsäuren kein bewertbarer Unterschied. Verglichen mit dem Fettgewebe enthalten diese Organlipide bedeutend weniger von der einfach ungesättigten Ölsäure ( $p < 0,1\%$ ) und bedeutend mehr von den mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Linolsäure ist in viel größeren Mengen vertreten und von der im Fettgewebe höchstens in Spuren nachweisbaren Arachidonsäure enthalten sie auch bedeutend mehr. Erwähnenswert ist der Unterschied zwischen dem Stearinsäuregehalt dieser Organe und dem des Fettgewebes, der in Leber und Herz doppelt so groß ist, als im Fett ( $p = 5\%$ ).

In den Gehirnlipiden kommen bedeutend mehr verschiedener Fettsäuren vor als in den Fettgeweben oder in den untersuchten Organen. Von diesen, in anderen Organen nicht vorkommenden Fettsäuren, die 11% der gesamten Fettsäuren ausmachen, ist der größere Teil mehrfach ungesättigt, mit 18 oder noch mehr Kohlenatomen. Docosahexaensäure und Linolensäure kommen in nennenswerten Mengen vor (6,3 bzw. 1,3%). Während das Gehirn von höher ungesättigten Fettsäuren mehr enthält, als die Fettgewebe, oder die anderen untersuchten Organe, ist sein Gehalt an Linolsäure bedeutend geringer ( $p < 0,1\%$ ). Der Öl- und Stearinsäuregehalt der im Fettgewebe, von dem in Leber und Herz stark abweicht, ist in den Gehirnlipiden ähnlich wie in diesen untersuchten Organen und gleicht dem im Fettgewebe nicht.

Um zu entscheiden, in welcher Weise sich die in der Fettsäurezusammensetzung der Gesamtlipide der untersuchten Organe und Gewebe zeigenden Unterschiede in den einzelnen Fraktionen bemerkbar machen, untersuchten wir auch die Verteilung der Fettsäuren in den Triglyceriden, Phospholipiden und Cholesterinestern. Die Resultate sind in Tab. 2 zusammengefaßt.

Hieraus ist zu ersehen, daß die Triglyceridfraktionen im Depotfett und in den verschiedenen Organen praktisch dieselbe Fettsäurezusammensetzung aufweisen. Auch die Zusammensetzung der Cholesterinester ist sehr ähnlich. Der Unterschied der sich im Untersuchungsmaterial in der Fettsäurezusammensetzung der Gesamtlipide zeigt, ist in erster Linie der voneinander abweichen-

Tabelle 2. Prozentuelle Fettsäurezusammensetzung der Lipidfraktionen in menschlichen Organen und Fettgewebe

Untersuchungs- material	14 : 0	16 : 0	16 : 1	18 : 0	18 : 1	18 : 2	18 : 3	20 : 4	22 : 6	nicht identifi- zierte
<i>Triglyceridfraktion</i>										
Fettgewebe	2,6 ± 0,9	21,3 ± 4,6	8,7 ± 3,3	4,3 ± 2,9	47,8 ± 3,9	13,9 ± 5,7				
Leber	2,1 ± 0,9	26,5 ± 4,9	8,2 ± 3,4	6,3 ± 2,8	44,8 ± 5,2	12,1 ± 4,3				
Herz	1,9 ± 0,7	22,9 ± 3,3	7,8 ± 2,4	5,3 ± 2,3	48,2 ± 3,8	13,9 ± 4,6				
Gehirn	1,7	22,0	7,5	6,0	51,6	11,2				
<i>Cholesterinesterfraktion</i>										
Fettgewebe	2,5 ± 0,3	25,3 ± 7,5	6,0 ± 3,0	8,3 ± 5,8	47,6 ± 4,4	10,3 ± 2,4				
Leber	Spuren	22,5 ± 5,9	5,3 ± 3,0	8,3 ± 3,5	42,1 ± 6,1	21,8 ± 3,4				
Herz	0,9 ± 0,5	23,2 ± 6,4	5,9 ± 2,2	11,2 ± 3,4	42,2 ± 4,6	16,6 ± 3,6				
Gehirn	1,3	19,5	8,0	10,9	44,0	17,3				
<i>Phospholipidfraktion</i>										
Fettgewebe	1,1 ± 0,7	20,3 ± 4,5	7,4 ± 3,9	10,2 ± 6,6	39,4 ± 10,1	16,4 ± 7,4				
Leber	0,5 ± 0,3	26,7 ± 6,3	6,1 ± 3,6	22,7 ± 5,0	21,6 ± 7,0	16,2 ± 5,0				
Herz	2,0 ± 1,2	19,9 ± 4,0	3,7 ± 1,6	17,2 ± 5,5	22,3 ± 7,5	22,0 ± 6,6				
Gehirn	1,0	18,5	5,8	16,9	36,5	5,2				
							1,5	7,9	2,9	3,8

den Zusammensetzung der Phospholipidfraktionen zuzuschreiben. So wird der im Vergleich zu dem Fettgewebe und Gehirn signifikant geringere Ölsäuregehalt in den Leber- und Herzlipiden, von dem bedeutenden Unterschied in den Phospholipidfraktionen verursacht ( $p < 1\%$ , bzw.  $p < 0,1\%$ ). Ähnlicherweise unterscheidet sich der Linolsäuregehalt der Phospholipidfraktion im Gehirn bedeutend von dem der übrigen Organe ( $p < 0,1\%$ ), während in den Triglycerid- und Cholesterinesterfraktionen kaum eine Differenz zu beobachten ist. Der größere Linolsäuregehalt im Herz, im Vergleich zu dem im Fettgewebe, stammt vom Phospholipidgehalt ( $p < 1\%$ ), der in der Leber, von dem höheren Linolsäuregehalt des Cholesterinesters ( $p < 5\%$ ).

In der Fettsäurezusammensetzung der Lipide im Fettgewebe und in den untersuchten Organen konnte zwischen den beiden Altersgruppen (20 bis 40 und 60 bis 80 Jahre) kein Unterschied nachgewiesen werden.

*Tabelle 3. Der Cholesteringehalt in menschlichen Organen (mg%)*

Alter	Leber	Fettgewebe	Herz	Gehirn
20–40	339 $\pm$ 71	140 $\pm$ 30	138 $\pm$ 29	2350 $\pm$ 524
60–80	526 $\pm$ 115	233 $\pm$ 66	233 $\pm$ 38	2650 $\pm$ 516
nach KRITCHEVSKY	(180 – 400)	(175 – 250)		(3000)

In Tab. 3 ist der Cholesteringehalt der untersuchten Organe, dem Lebensalter nach gruppiert, angeführt. Bei beiden Altersgruppen war der größte Cholesteringehalt im Gehirn nachweisbar, dann folgte die Leber. Die niedrigsten und beinahe gleichen Werte zeigte das Fettgewebe und das Herz. Zwischen den Werten der beiden Altersgruppen war der Unterschied bedeutend.

### Besprechung der Ergebnisse

Gemäß der von HIRSCH (8) durchgeführten Untersuchungen wird – ähnlich wie bei unseren Tierexperimenten (9) – die Zusammensetzung der menschlichen Fettgewebe von dem Nahrungsfett gleichfalls beeinflußt, obwohl die Veränderungen beim Menschen nur langsam vor sich gehen. Die Ernährungsgewohnheiten der verschiedenen Volksgruppen können als konstant angesehen werden. Diese Feststellung bezieht sich besonders auf die Qualität des Nahrungsfettes. Auf dieser Grundlage könnte man erwarten, daß die Fettsäurezusammensetzung im Fett des erwachsenen Menschen, der verschiedene Sorten von Fett verzehrt, voneinander verschieden ist und diese Verschiedenheit der Zusammensetzung des Nahrungsfettes entspricht. Der Vergleich unserer Resultate mit Angaben, die sich auf das Fettgewebe von Menschen beziehen, die Nahrungsfette voneinander abweichender Zusammensetzung verzehrten und aus den Vereinigten Staaten (10), aus Süd-Afrika (11) und England (12) stammten, ließ diese Annahme unbestätigt.

Wie aus Tab. 4 zu ersehen, kann das prozentuelle Verhältnis der einzelnen Fettsäuren, unter verschiedenen Ernährungsverhältnissen, inbegriffen den Genuß verschiedenartiger Fette, als gleich betrachtet werden, da die Unterschiede in den Werten innerhalb der Fehlergrenze der Untersuchungsmethode liegen. Daß in den von uns untersuchten Fettgeweben die Menge der essentiellen

Linolsäure nicht kleiner als der in der Literatur angegebene Durchschnittswert war, ist von besonderer Bedeutung. Diese Erscheinung läßt darauf schließen, daß bei den ungarischen Ernährungsverhältnissen, wobei ein großer Teil des Fettverbrauches (etwa 90%) aus Schweineschmalz besteht, das bekanntlich bedeutend weniger Linolsäure enthält, als die meisten Pflanzenöle, dem Organismus die notwendige Linolsäuremenge zugeführt wird. Die Frage, ob die ganze Menge der im Fettgewebe deponierten Linolsäure exogenen Ursprungs ist oder ein Teil derselben infolge Biosynthese zustande kommt, muß noch geklärt werden.

Tabelle 4. Die Fettsäurezusammensetzung der Fettgewebe. Eigene und Literaturangaben

Fettsäuren	Eigene Angaben	nach KRUT (1964)	nach HIRSCH (1962)	nach KINGSBURY (1961)
14 : 0	2,4 ± 0,8	3,4	3,5	
16 : 0	21,8 ± 3,2	22,7	19,0	21—30
16 : 1	8,4 ± 2,8	8,4	5,1	5—8,5
18 : 0	5,6 ± 3,9	4,3	6,2	5—8,5
18 : 1	49,8 ± 3,8	45,4	43,1	42—51
18 : 2	12,0 ± 4,6	9,7	13,9	5—8

Die Fettsäurezusammensetzung der Organlipide, die von der Fettgewebe und teilweise auch untereinander abweicht, weist darauf hin, daß die Organlipide ihren Funktionen entsprechend, zur spezifischen Lipid-Synthese, oder Selektion geeignet sind. Die Lipide in Herz, Leber und Gehirn sind reicher an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, als die Lipide der Fettgewebe und trotz der qualitativen und quantitativen Verschiedenheit der Fettsäurekomponenten ist die Gesamtmenge der mehrfach ungesättigten Fettsäuren in den untersuchten Organen identisch. Bei Untersuchung der einzelnen Lipidfraktionen zeigte es sich, daß für den Unterschied in den Gesamtlipiden der Organe und Gewebe, in erster Linie die Phospholipide und nur in geringerem Ausmaß das Cholesterinester verantwortlich ist. Diese Erscheinung weist gleichfalls darauf hin, daß die Phospholipide, die die Spezifität der Organlipide gewährleisten, eine besondere physiologische Funktion ausüben.

Unsere Befunde über den Cholesteringehalt der Fettgewebe und der untersuchten Organe weichen von den in der Literatur angegebenen Durchschnittswerten (12) nur wenig ab. Es ist auffallend, daß in der Gruppe der 60- bis 80jährigen der Cholesteringehalt in Leber, Fettgewebe und Herz um 50% größer ist ( $p < 1\%$ ;  $p < 0,1\%$ ;  $p < 0,1\%$ ) als bei der jüngeren Altersklasse, während der Cholesterinspiegel im Gehirn bei beiden Gruppen als gleichgroß betrachtet werden kann.

### Zusammenfassung

- Bei 31 gesunden, tödlich verunglückten Individuen wurde das Fettgewebe, sowie die Zusammensetzung der Gesamtlipide in Gehirn, Leber und Herz untersucht. Die eine Hälfte der Untersuchten stand im Lebensalter von 20 bis 40 Jahren, die andere Hälfte im Alter von 60 bis 80 Jahren.

2. Die Lipidzusammensetzung der Fettgewebe stimmte mit den Literaturangaben überein, obwohl sich die Untersuchungen auf das Fettgewebe von Individuen erstreckten, die beinahe ausschließlich Schweinefett verzehrt hatten.

3. Die Fettsäurezusammensetzung der verschiedenen Organlipide unterschied sich signifikant von dem der Fettgewebe. Die Verschiedenheit zeigte sich in der Phospholipidfraktion. Die Fettsäurezusammensetzung der Triglyceride und der Cholesterinester war nahezu gleich.

4. Während in der Fettsäurezusammensetzung des Fettgewebes und der einzelnen Organe zwischen den beiden Altersgruppen kein Unterschied nachgewiesen werden konnte, war der Cholesterinspiegel bei der älteren Altersklasse, mit Ausnahme des Gehirns, bedeutend höher.

#### Literatur

1. TARJÁN, R., M. KRÁMER und K. SZÖKE, *Int. Z. Vitaminforsch.* **34**, 326 (1964); *Egészségtudomány* **8**, 379, 1964. — 2. SZÖKE, K., M. KRÁMER, R. TARJÁN und A. ABDEL HAY, im Druck. — 3. ABDEL HAY, A. R. TARJÁN, M. KRÁMER und K. SZÖKE, im Druck. — 4. FOLCH, J., J. ASCOLI, M. LEES, J. A. MEATH und F. N. LE BARON, *J. biol. Chem.* **191**, 833 (1951). — 5. CZEGLÉDI-JANKÓ, G., *Élelmiszervizsgálati Közlemények* **9**, 193 (1963). — 6. SZÖKE, K., M. KRÁMER und K. LINDNER, *Fette, Seifen, Anstrichmittel* **67**, 257 (1965). — 7. LIEBERMANN, C., *Chem. Ber.* **18**, 1803 (1885). BURCHARD, H., *Chem. Zentr.* **61**, 25 (1890). — 8. HIRSCH, J., J. W. FARQUHAR, E. H. AHRENS, M. L. PETERSON und W. STOFFEL, *Amer. J. clin. Nutr.* **8**, 499 (1960). — 9. KRÁMER, M., K. SZÖKE, A. ABDEL HAY und R. TARJÁN, im Druck. — 10. KRUT, L. H. und B. BRONTE-SREWART, *J. Lipid Res.* **5**, 343 (1964). — 11. KINGSBURY, J., S. PAUL, A. CROSSLEY und D. M. MORGAN, *Biochem. J.* **78**, 541 (1961). — 12. KRITCHEVSKY, D., *Cholesterol* (New York 1958).

Anschrift der Verfasser:

Dr. MAGDALENE KRÁMER u. Mitarb., Institut für Ernährungswissenschaft,  
Gyáli út 3/a, Budapest, IX (Ungarn)

*Aus dem Physiologisch-Chemischen Institut der Universität des Saarlandes, Homburg/Saar  
(Direktor: Prof. Dr. Dr. Ammon)*

### Untersuchungen über Nährwertverluste bei der Zubereitung von Speisen mit automatisch arbeitenden Großküchenmaschinen

#### III. Vitamin-B<sub>1</sub>-Verluste in Schweinefleisch\*)

Von W. KUNKEL

Mit 3 Tabellen

(Eingegangen am 20. März 1966)

RICE und BEUK (1) zeigten 1945 an Schweinefleischmischungen, daß der Thiamingehalt proportional der Erhitzungstemperatur und -zeit absinkt. Wird das Fleisch auf Temperaturen oberhalb 77° C erhitzt, erfüllen der Zeitwert und die Werte des Thiamingehaltes in dem rohen und erhitzten Fleisch die Bedingung einer Gleichung der Reaktion erster Ordnung.

\*) Für die finanzielle Hilfe sei dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten an dieser Stelle gebührend gedankt.