

*Forschungsabteilung des A. K. St. Georg, Hamburg, und Hauptlaboratorium
der Chirurgischen Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf
(Leiter: Prof. Dr. V. Tilsner)*

Zum Fettsäuremuster der Serumlipide (Normwerte für Gebärende, Plazenten und Säuglinge)

Ch. Panteliadis und U. Troll

Mit 1 Abbildung und 3 Tabellen

(Eingegangen am 29. April 1976)

Bedingt durch die großen Fortschritte in der biochemischen Analytik ist es heutzutage möglich, mit relativ geringem Zeitaufwand detaillierte Angaben zur Verteilung der einzelnen Fettsäuren sowohl in den Serumgesamtlipiden der Körperflüssigkeiten und Organe als auch in den in ihnen enthaltenen einzelnen Fettfraktionen zu machen (1).

Von Bedeutung ist dies insofern, als die große Klasse der Fettsäuren biochemisch aufgeteilt wird in die der essentiellen und nichtessentiellen Säuren (1, 2, 3). Essentielle Fettsäuren können vom tierischen und menschlichen Organismus nicht de novo synthetisiert werden, sie müssen zur Vermeidung von Imbalancen mit der Nahrung aufgenommen werden. Die Gruppe der essentiellen Fettsäuren erlangte dann auch in den letzten 10 bis 15 Jahren in der oralen wie auch parenteralen Ernährung beim gesunden und kranken Menschen zunehmendes Interesse (4, 5, 6). Ihre Beteiligung als Vorstufe zur Bildung der Prostaglandine ist ebenfalls von großer Bedeutung (1, 3, 7).

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, Normwerte für die Verteilung der einzelnen Fettsäuren bei Gebärenden, in der Plazenta, bei Neugeborenen und bei Säuglingen in den Serumgesamtlipiden zu ermitteln. Darüber hinaus konnte im Nabelschnurmischblut eine Auftrennung der Gesamtlipide in die einzelnen Fettfraktionen (Neutralfette, Phosphatide und Cholesterinester) durchgeführt werden. Deren Fettsäuremuster wurde gleichfalls ermittelt und alle so gewonnenen Daten schließlich miteinander verglichen. Über entsprechende für den gesunden Erwachsenen gültige Daten wird an anderer Stelle berichtet (8).

Material und Methodik

Die Untersuchungen zur Ermittlung der Normwerte wurden an 24 Gebärenden, 20 Plazenten, im Nabelschnurmischblut von 24 Neugeborenen, an 30 Neugeborenen am 1. Lebenstag, an 14 Neugeborenen bis zu 2 Wochen alt und an 22 Säuglingen im Alter von 3 bis 10 Wochen sowie an 16 Säuglingen im Alter von 4 bis 12 Monaten durchgeführt. Das Alter der Gebärenden lag zwischen 16 und 34 Jahren. Sie waren Erst- bis Viertgebärende. Schwangerschaft und Geburt verliefen ohne Komplikationen. Alle Plazenten waren vollständig und normalgewichtig. Das Gewicht der Kinder des Nabelschnurkollektivs lag zwischen 2,2

Tab. 1. Fettsäuremuster der Serumgesamtlipide bei Gebärenden ($n = 24$), in der Plazenta ($n = 20$) und im Nabelschnurmischblut ($n = 24$). Die Anzahl der C-Atome steht für die Kettenlänge, der Index für die Zahl der vorhandenen Doppelbindungen (\bar{x} = Mittelwert, SD = Standardabweichung).

Anzahl der C-Atome	Gebärende		Plazenta		Nabelschnurmischblut	
	\bar{x} %	SD	\bar{x} %	SD	\bar{x} %	SD
14:0	1,3	0,3	1,2	0,1	1,7	0,5
16:0	27,6	1,7	26,9	1,8	29,0	2,4
16:1	3,9	0,6	2,9	0,8	6,1	1,0
18:0	6,3	1,0	13,1	1,3	11,0	1,9
18:1	25,9	3,8	15,6	1,9	23,5	2,3
18:2	26,8	4,8	13,9	1,9	12,2	2,1
20:0	0,5	0,2	0,6	0,3	1,2	0,9
18:3	1,3	0,3	0,8	0,3	1,1	1,0
20:3	1,6	0,4	5,5	1,0	3,0	0,8
20:4	4,9	0,8	19,1	1,7	11,2	2,4

und 4,3 kg, das der Neugeborenen am 1. Lebenstag zwischen 1,3 und 4,9 kg und das der Neugeborenen bis zum Alter von 2 Wochen bei 3,1 bis 4,2 kg. Die jungen Säuglinge wogen zwischen 2,7 und 5,5 kg, die älteren Säuglinge (4 bis 12 Monate) zwischen 5,2 und 10,5 kg. Ähnlichkeiten bei den Neugeborenen- und Säuglingskollektiven gab es keine.

Die verwendeten Blutproben wurden von gesunden Versuchspersonen unter normalen Ernährungsbedingungen entnommen. Die Neugeborenen und Säuglinge bekamen eine teiladaptierte Säuglingsmilchnahrung bzw. Vollmilch in altersentsprechender Dosierung sowie Obst- und Gemüsebeikost. Die Blutentnahmen bei den Gebärenden erfolgten eine halbe bis 4 Stunden vor der Geburt und bei den Kindern z. T. $1\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden nach der Nahrungsaufnahme bzw. im Nüchternzustand. Die Analytik wurde mit Hilfe der Gaschromatographie im Fractovap der Firma Carlo Erba, Mailand, wie an anderer Stelle ausführlich beschrieben, durchgeführt (6, 9). Die Plazenten wurden im Ganzen genommen, homogenisiert und wie das Serum bearbeitet.

Ergebnisse und Diskussion

In der Tab. 1 sind die Fettsäuremuster in Prozenten der Gesamtfettsäuren aufgeführt, die aus den Serumgesamtlipiden von Gebärenden, von 20 Plazenten und aus dem Nabelschnurmischblut erhalten wurden.

Während das Fettsäuremuster Gebärender (10) kaum Unterschiede zu dem gesunder Erwachsener beiderlei Geschlechts zeigt, findet sich in der Plazenta eine völlig andere und eigenständige Fettsäureverteilung. Dies betrifft vorwiegend die Stearin-, Öl- und Linolsäure sowie die drei- und vierfach-ungesättigten Säuren mit 20 C-Atomen. So beträgt der Stearinsäuregehalt (C_{18}) in der Plazenta ein Mehrfaches von dem der Serumlipide Gebärender, dagegen liegen die Öl- und Linolsäurespiegel (C_{18} , C_{18}) in der Plazenta um praktisch die Hälfte niedriger. Auffällig ist ferner der hohe Gehalt an C_{20} . Besondere Beachtung verdient allerdings der mit rund 19 % der Gesamtfettsäuren ungewöhnlich hohe Arachidonsäurespiegel (C_{20}). Diese Daten sprechen für einen in quantitativer Be-

Tab. 2. Fettsäuremuster der Serumgesamtlipide bei Neugeborenen am 1. Lebenstag ($n = 30$), im Neugeborenenalter ($n = 14$), bei Säuglingen 3–10 Wochen alt ($n = 22$) und Säuglingen im Alter von 4–12 Monaten ($n = 16$), \bar{x} = Mittelwert, SD = Standardabweichung.

Anzahl der C-Atome	1. Lebenstag		Neugeborene		Säuglinge (3–10 Wo.)		Säuglinge (4–12 Mo.)	
	\bar{x} %	SD	\bar{x} %	SD	\bar{x} %	SD	\bar{x} %	SD
14:0	1,7	0,5	1,9	0,5	3,0	0,9	2,7	1,1
16:0	30,9	2,3	30,8	1,8	27,0	2,4	27,6	2,3
16:1	7,5	1,3	5,6	1,6	4,3	1,0	4,0	1,0
18:0	10,1	1,2	8,0	1,0	9,0	1,3	8,1	1,0
18:1	26,5	2,5	29,1	3,1	24,7	3,9	25,4	2,7
18:2	9,3	2,4	14,1	3,3	23,9	4,4	24,6	3,9
20:0	1,2	0,6	0,5	0,1	1,0	0,3	0,8	0,2
18:3	0,7	0,2	0,8	0,2	1,0	0,2	1,1	0,2
20:3	2,4	0,7	1,5	0,5	2,0	0,4	1,7	0,4
20:4	9,7	1,7	7,7	1,7	4,8	1,3	4,2	0,8

ziehung von der Norm abweichenden Fettstoffwechsel dieses Organs (11, 12). Im Nabelschnurmischblut liegen die Verhältnisse etwas anders. Mit 11 % liegt der Stearinsäuregehalt hier zwischen dem von Gebärenden und dem der Plazenta. Der Ölsäurespiegel gleicht dem des Erwachsenen. Die essentielle Linolsäure ist sowohl in der Plazenta als auch im Nabelschnurblut in etwa gleicher Menge zugegen und im Vergleich zum Wert des Erwachsenen um die Hälfte niedriger. Auffällig ist weiter der gegenüber der Plazenta im Nabelschnurmischblut auf die Hälfte erniedrigte Arachidonsäuregehalt. Aller Wahrscheinlichkeit nach findet hier ein schneller Metabolismus für diese Fettsäure statt.

Zusammenfassend zeigt sich in der Tab. 1 bezüglich der gesättigten und ungesättigten Fettsäuren folgendes Bild:

Gesättigte Fettsäuren: Gebärende 35,7 %, Plazenta 41,8 %, Nabelschnurmischblut 42,9 %.

Einfach-ungesättigte Fettsäuren: Gebärende 29,8 %, Plazenta 18,5 %, Nabelschnurblut 29,6 %.

Mehrfach-ungesättigte Fettsäuren: Gebärende 34,6 %, Plazenta 39,3 %, Nabelschnurmischblut 27,5 %.

Tab. 2 zeigt wesentliche Abweichungen in den einzelnen Kollektiven (1. Lebenstag, Neugeborene 1 bis 2 Wochen alt, junge Säuglinge 3 bis 10 Wochen alt und Säuglinge im Alter von 4 bis 12 Monaten) lediglich für die Spiegel der Linol- und Arachidonsäure. Gegenüber dem Wert im Nabelschnurblut ist der Linolsäuregehalt am 1. Lebenstag (9,3 %) noch geringfügig abgesunken und dann über das Neugeborenenstadium (14,1 %) zum Alter junger und älterer Säuglinge (23,9 % und 24,6 %) hin kontinuierlich angestiegen. Hier zeichnet sich bezüglich des Linolsäurespiegels der Trend zur Angleichung an den Wert des gesunden Erwachsenen. Der Einfluß teiladaptierter Säuglingsmilchnahrungen macht sich hier deutlich und rasch bemerkbar. Die Zusammensetzung des Fettes in Säuglingsnahrungen

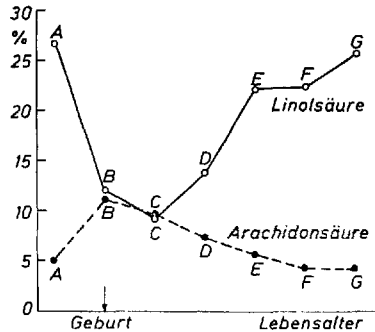


Abb. 1. Serumlinol- und Arachidonsäurespiegel in Prozent der Gesamtfettsäuren in Abhängigkeit vom Lebensalter. A Gebärende, B Nabelschnurmischblut, C 1. Lebenstag, D Alter 1-7 Tage, E Alter 1-4 Wochen, F Alter 6-10 Wochen, G Alter 4-9 Monate.

besteht aus über 50 % einfach- und mehrfach-ungesättigten Säuren unter teilweisem Austausch des MilCHFettes durch Pflanzenöle. Mit Hilfe geeigneter Säuglingsmilchnahrungen kann eine relativ rasche Anhebung des Linolsäurespiegels und eine Adaptation an das Fettsäuremuster des Erwachsenen erreicht werden (9). Der Arachidonsäurespiegel erfährt vom 1. Lebenstag an bis zum Alter des reiferen Säuglings hin einen stetigen Abfall, wobei der Erwachsenenwert hier schon nach 3 bis 10 Wochen erreicht ist. In der Abb. 1 wird dieser zeitliche Ablauf der Linol- und Arachidonsäure in Prozent der Gesamtfettsäuren des Serums in Abhängigkeit vom Lebensalter dargestellt (10). Insgesamt zeigt der Abschluß der Tab. 2, daß das Fettsäuremuster der Serumgesamtlipide des Erwachsenen schon in den ersten 4 bis 12 Lebensmonaten annähernd erreicht wird.

Unterschiede bezüglich der Verteilung der einzelnen Fettsäuren bei Gebärenden $\frac{1}{2}$ Stunde bzw. 18 Stunden vor der Entbindung fanden sich nicht. Auch bestanden keine signifikanten Unterschiede in der Verteilung der Fettsäuren bei Früh- und Neugeborenen sowie intrauterin-dystrophischen Kindern. Unterschiede bezüglich der Fettsäureverteilung zwischen nüchtern entnommenem Blut und Proben, die $1\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden nach der Nahrungsaufnahme gewonnen wurden, fanden sich gleichfalls nicht.

Tab. 3 enthält die Fettsäuremuster der einzelnen Fettfraktionen (Neutralfette, Phosphatide und Cholesterinester) für das Nabelschnurmischblut. Die Daten dieser Tabelle zeigen, daß generell deutliche Unterschiede in den Fettsäuremustern der einzelnen Fraktionen erkennbar sind (11). So ist die Palmitinsäure (C_{16}) in der Neutralfett- und Phosphatidfraktion in gleicher Menge anwesend, in den Cholesterinestern dagegen deutlich erniedrigt. Auffällig ist auch der hohe Stearinsäureanteil in der Phosphatidfraktion, wogegen der Ölsäurespiegel in den Cholesterinestern und Neutralfetten praktisch gleich, damit aber doppelt so hoch wie in der Phosphatidfraktion liegt. Die essentielle Linolsäure ist auch in den Cholesterinestern des Nabelschnurmischblutes mengenmäßig am stärksten vertreten (8, 11). Die Eikosatriensäure (C_{20}) ist vorwiegend an die Phosphatidfraktion gebunden (5,6 %) und in den Neutralfetten und Cholesterinestern kaum zugegen. Arachidonsäure findet sich dagegen sowohl in der Chole-

Tab. 3. Fettsäuremuster der Neutralfette, Gesamthosphatide und Cholesterinester im Nabelschnurmischblut ($n = 10$), \bar{x} = Mittelwert, SD = Standardabweichung.

Anzahl der C-Atome	Neutralfette		Phosphatide		Cholesterinester	
	\bar{x} %	SD	\bar{x} %	SD	\bar{x} %	SD
14:0	4,3	1,0	1,3	0,7	2,7	0,5
16:0	30,4	2,8	30,3	2,9	20,7	3,6
16:1	7,7	1,4	3,3	1,2	10,2	2,0
18:0	6,9	1,8	18,0	1,2	5,4	1,4
18:1	33,4	4,6	16,2	2,3	32,4	4,3
18:2	11,5	4,1	8,1	1,2	16,7	4,0
20:0	1,4	0,9	1,5	0,3	1,2	0,6
18:3	1,0	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6
20:3	1,0	0,7	5,6	1,0	1,0	0,6
20:4	2,3	1,1	15,2	1,9	9,4	2,7

sterinesterfraktion wie auch in den Phosphatiden. Erwartungsgemäß tritt sie jedoch in der Phosphatidfraktion mengenmäßig am stärksten auf.

Zusammenfassend zeigt die Tab. 3 folgende prozentuale Verteilung der gesättigten und ungesättigten Fettsäuren:

Gesättigte Fettsäuren: Neutralfett 43,0 %, Phosphatide 51,1 %, Cholesterinester 30,0 %.

Einfach-ungesättigte Fettsäuren: Neutralfett 41,1 %, Phosphatide 19,5 %, Cholesterinester 42,6 %.

Mehrfach-ungesättigte Fettsäuren: Neutralfett 15,8 %, Phosphatide 29,5 %, Cholesterinester 27,7 %.

Die Tatsache, daß das menschliche Plazentafett mit rund 19 % der Gesamtfettsäuren einen außergewöhnlich hohen Arachidonsäurespiegel besitzt (10, 12), bekräftigt die Vermutung, daß einerseits ein relativ rascher Umsatz von Linol- in Arachidonsäure in diesem Organ abläuft, andererseits, daß hoch-ungesättigte Fettsäuren zum Aufbau von Zellmembranstrukturen und zum Prozeß der Hirnreifung schon frühzeitig vom Fetus benötigt werden.

Zusammenfassung

Bei 24 Gebärenden, dem zugehörigen Nabelschnurmischblut der Neugeborenen und 20 Plazenten wurde die Normverteilung der Fettsäuren in den Gesamtlipiden des Serums gaschromatographisch bestimmt. Die gleichen Untersuchungen wurden an 30 Neugeborenen am 1. Lebenstag, 14 Kindern im Neugeborenenalter, 22 jungen Säuglingen zwischen 3 und 10 Wochen alt und 16 älteren Säuglingen zwischen 4 und 12 Monaten alt durchgeführt. Außerdem wurde im Nabelschnurmischblut eines anderen Kollektivs ($n = 10$) die Auftrennung der Serumgesamtlipide in die einzelnen Fettfraktionen (Neutralfett, Phosphatide, Cholesterinester) vorgenommen. Die gewonnenen Ergebnisse wurden miteinander verglichen und bestehende Unterschiede diskutiert. Es wurde außerdem festgestellt, daß eine Annäherung an das Fettsäuremuster des Erwachsenen schon im Alter von 4 bis 12 Monaten stattfindet.

Summary

The standard distribution of the fatty acids in the total lipids of serum was gaschromatographically defined in the respective umbilical cord blood of 24 mothers and their newborn babies, as well as in 20 placentas.

The same examinations were made with 30 newborn babies on the day of birth, 14 children in the newborn stage, 22 young babies between 3 and 10 weeks old and 16 older babies between 4 and 12 months old.

In the umbilical cord mixed blood of another collective ($n = 10$) the separation of the total serum lipids in the individual fatty fractions (neutral lipids, phospholipids, cholesterol esters) was also undertaken.

The results were compared and existing differences were discussed. It was further established that an advance towards the adult's fatty acid pattern already takes place at an age between 4 and 12 months.

Literatur

1. Kunau, W.-H., *Angew. Chem.* **88**, 97 (1976). – 2. Klenk, E., *Untersuchungen über die Chemie und den Stoffwechsel der Polyenfettsäuren* (Berlin 1967). – 3. Van Dorp, D. A., in: *Fettstoffwechselstörungen, ihre Erkennung und Behandlung*, p. 152 (Stuttgart 1971). – 4. Wiese, H. F., A. E. Hansen, D. J. D. Adam, *J. Nutr.* **66**, 345 (1958). – 5. Paulsrud, J. R., L. Pensler, C. F. Whitten, S. Stewart, R. T. Holman, *Amer. J. Clin. Nutr.* **25**, 897 (1972). – 6. Panteliadis, Ch., U. Troll, R. Hexel, *Infusionstherapie* **2**, 74 (1975). – 7. König, H., *Klin. Wschr.* **53**, 1041 (1975). – 8. Troll, U. (in Vorbereitung). – 9. Panteliadis, Ch., U. Troll, R. Hexel, *Z. Ernährungswiss.* **14**, 234 (1975). – 10. Troll, U., Ch. Panteliadis, R. Hexel, *M Schr. Kinderheilk.* **124**, (1976) im Druck. – 11. Robertson, A. F., H. Sprecher, *Acta pediat. scand. Suppl.* **183**, 1 (1968). – 12. Troll, U., Ch. Panteliadis (in Vorbereitung).

Anschrift der Verfasser:

Dr. med. Ch. Panteliadis, Oddernskamp 17, 2000 Hamburg 54