

Dorota Martysiak-Żurowska¹, Kinga Żórska¹, Maciej Zagierski²,
Agnieszka Szlagatys-Sidorkiewicz²

SKŁAD I ZAWARTOŚĆ KWASÓW TŁUSZCZOWYCH W MLEKU KOBIET Z GDAŃSKA I OKOLIC W RÓŻNYCH OKRESACH LAKTACJI

FATTY ACID COMPOSITION IN BREAST MILK OF WOMEN FROM GDANSK AND THE SURROUNDING DISTRICT IN THE COURSE OF LACTATION

¹Katedra Chemii, Technologii i Biotechnologii Żywności, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska

Kierownik: prof. dr hab. I. Kołodziejska

²Katedra i Klinika Pediatrii, Gastroenterologii, Hepatologii i Żywienia Dzieci, Gdański Uniwersytet Medyczny

Kierownik: dr hab. n. med. B. Kamińska

Streszczenie

Karmienie naturalne jest najlepszym sposobem żywienia niemowląt. Dla noworodka ludzkiego jednym z najistotniejszych składników mleka są kwasy tłuszczowe (KT), w tym długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe (LC-PUFA), niezbędne do rozwoju układu nerwowego.

Celem niniejszej pracy była ocena składu i zawartości kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka kobiet w różnych okresach laktacji, z uwzględnieniem składu KT pokarmu spożywanego przez matki.

Materiał i metody: Do badań zakwalifikowano 80 położnic, hospitalizowanych w Oddziale Położniczym w Gdańsku, od których uzyskano próbki mleka w 2, 14, 30 i 90 dobie laktacji. Jednocześnie przeprowadzono badania ankietowe dotyczące stanu zdrowia i diety matek, na podstawie których oszacowano zawartość poszczególnych grup KT w dziennej racji pokarmowej matek. Skład i zawartość KT w tłuszczu mleka ludzkiego oznaczono techniką wysokosprawnej chromatografii gazowej HR-GC (High Resolution Gas Chromatography).

Wyniki: W tłuszczu mleka ludzkiego stwierdzono obecność około 60 różnych KT. Głównymi KT mleka ludzkiego są: kwas oleinowy, palmitynowy, linolowy, stearynowy, mirystynowy i laurynowy. PUFA stanowiły średnio 13,2% ogólnego składu KT. Średni poziom zawartości trans KT w badanych próbkach tłuszczu mleka kobiet wynosił 2,45% ogólnego składu KT. Udział procentowy poszczególnych grup KT w diecie badanej populacji kobiet wynosił średnio: 43,67, 41,74 i 14,59% odpowiednio KT nasyconych, jednonienasyconych i wielonienasyconych.

Wnioski: 1. Największe różnice w składzie KT mleka ludzkiego stwierdzono pomiędzy 2 a 14 dniem laktacji. 2. Stwierdzono dodatnią korelację i statystycznie istotny wpływ zawartości poszczególnych grup KT w diecie kobiet karmiących na ich udział w mleku ludzkim.

Słowa kluczowe: mleko kobiece, tłuszcze, kwasy tłuszczowe, nienasycone kwasy tłuszczowe, analiza pokarmu, niemowlę

Abstract

Breastfeeding is the optimal way of feeding infants and young children. For the human infant, very important ingredients of milk are fatty acids (FA), including long-chain polyunsaturated fatty acids LC-PUFA, which are necessary for the development of human nervous system.

The aim of this study was to determine the content and composition of FA in the fat of human milk in the course of lactation, taking into account the composition of FA in mothers' diet.

Material and methods: Milk samples were obtained from 80 puerperal women hospitalized in the Obstetrics Department in Gdansk, on the 2nd, 14th, 30th and 90th day of lactation. The mothers were questioned about the health state and diet. Based on food frequency questionnaires the content of in-

dividual groups of FA in the daily food portions were estimated. The composition and content of FA were determined by HR-GC technique.

Results: In the studied human milk fat about 60 different FA were found. Main FA detected were: oleic, palmitic, linoleic, stearic, myristic and lauric acids. PUFA accounted on average for 13.2% of total FAs. The mean levels of trans FA in the human milk fat was 2.45% of total FAs. Percentage of each group of FA in the diet of the studied population of women averaged to 43.67, 41.74 and 14.59%, for saturated, mono-unsaturated and polyunsaturated FA, respectively.

Conclusions: 1. Studies have shown that the biggest differences in fatty acid content in the human milk were observed between 2 and 14 day of lactation. 2. A positive correlation and statistically significant effect was observed between the composition of particular groups of FAs in human milk and the breastfeeding women's diet.

Key words: human milk, lipids, fatty acids, unsaturated fatty acids, food analysis, infant

MED. WIEKU ROZWOJ., 2011, XV, 2, 167-177

WSTĘP

Zgodnie ze współczesną wiedzą karmienie naturalne jest najlepszym sposobem żywienia niemowląt i małych dzieci zapewniającym im optymalny stan zdrowia i rozwój. Mleko matki stanowi doskonałą kompozycję prawie wszystkich niezbędnych składników odżywczych, substancji odpornościowych i enzymów (1, 2, 3, 4). Skład chemiczny mleka ludzkiego jest w pewnych granicach labilny. Zawartość niektórych składników chemicznych zmienia się w kolejnych fazach laktacji, pory dnia oraz pojedynczego karmienia. Skład mleka kobiecego maksymalnie dopasowuje się do wymagań żywieniowych niemowlęcia na każdym etapie jego życia. Dotyczy to m.in. frakcji tłuszczowej (1, 2). W początkowej fazie pojedynczego karmienia zawartość tłuszczu w mleku wynosi ok. 1%, w końcowej nawet 9% wagowych. W zależności od fazy laktacji średnia zawartość tłuszczu w mleku kobiecym wynosi 2,6-2,8 g/100 ml colostrum oraz 3,8-4,2 g/100 ml w mleku dojrzalym (1, 2, 4). Przyjmuje się, że średnio mleko ludzkie zawiera 3,8-3,9 g tłuszczu/100 ml (1). Niemowlę karmione piersią 40-55% dziennego zapotrzebowania na energię uzyskuje ze spożycia tłuszczu zawartego w mleku ludzkim. Tłuszcz mleka ludzkiego w 98% składa się z triacylogliceroli. Pozostałe 2% to fosfolipidy, cholesterol, diacyloglicerole, monoacyloglicerole oraz wolne kwasy tłuszczowe (1, 2, 3).

Zawartość tłuszczu w mleku ludzkim nie zależy od diety kobiet karmiących. Sposób odżywiania się ma jednak wpływ na skład kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka ludzkiego (1, 5, 9). W związku z tym, w składzie kwasów tłuszczowych (KT) mleka ludzkiego z różnych krajów i kontynentów występują istotne różnice. Jest to związane z różnorodnością zwyczajów żywieniowych a tym samym różnorodnością składników lipidowych diety (3, 6). I tak np. zawartość kwasów nasyconych w mleku Niemek wynosi około 43%, natomiast w mleku Nigeryjek 54%. W mleku Niemek kwasy 12:0 i 14:0 stanowią około 11% całkowitego składu KT, podczas gdy w mleku matek nigeryjskich prawie 18% (6).

Dla noworodka ludzkiego, jednym z najistotniejszych składników pokarmowych są długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe (LC-PUFA), stanowiące budulec niezbędny do rozwoju ewolucyjnie wysokorozwiniętego układu nerwowego: mózgu, nerwów i rdzenia kręgowego (3, 7, 8). Spośród LC-PUFA szczególne znaczenie ma kwas dokozaheksaenowy (DHA 22:6n-3), arachidonowy (AA 20:4n-6) i eikozapentaenowy (EPA 20:5n-3). Kwasy te stanowią ponad 50% kwasów tłuszczowych obecnych w substancji szarej mózgu, której głównym budulcem są fosfolipidy (1, 2, 5, 9).

Największe zapotrzebowanie na kwas AA i DHA występuje w okresie wewnątrzmacicznym oraz po porodzie, do około drugiego roku życia dziecka. W tym okresie następuje najgwałtowniejszy rozwój układu nerwowego i największy przyrost masy mózgu (1, 7, 8, 9). Kwasy AA, DHA i EPA wytwarzane są na drodze endogennej syntezy z prekursorów: kwasu linolowego (LA) i α -linolenowego (ALA), w wyniku ich desaturacji i elongacji. W życiu płodowym oraz przez kilka pierwszych dni życia dziecko nie jest zdolne do syntezy tych kwasów, dlatego głównym źródłem LC-PUFA dla płodu i noworodków jest matka (1, 7, 8, 9). W okresie płodowym LC-PUFA są dostarczane do organizmu dziecka za pośrednictwem krwi pępowinowej, a po porodzie wraz z mlekiem matki. LC-PUFA zawarte w mleku ludzkim w 70% pochodzą z rezerw nagromadzonych w organizmie matki w czasie ciąży, a tylko 30% z jej bieżącej diety (10, 11). Mleko kobiece zawiera optymalne ilości zarówno prekursorów jak i LC PUFA.

Jednak oprócz KT niezbędnych dla prawidłowego rozwoju dziecka tłuszcz mleka ludzkiego może zawierać również KT negatywnie wpływające na rozwój dziecka – KT konfiguracji *trans*. Kwasy tłuszczowe konfiguracji *trans* powstające podczas procesu przemysłowego uwodornienia olejów roślinnych występują głównie w tłuszczach piekarskich stosowanych do produkcji wyrobów ciastkarskich i różnego rodzaju pieczywa (12). *Trans* KT mogą stanowić do 56% wszystkich KT tłuszczu piekarniczego. W codziennej diecie *trans* KT są więc przemycane w postaci tłuszczów ukrytych,

tłuszczów zawartych w pączkach, ciasteczkach czy drożdżówkach. Spożywanie *trans* KT zawartych w pożywieniu skutkuje obecnością tych KT w tłuszczu mleka ludzkiego (13). Niektóre *trans* KT mają negatywny wpływ na organizm ludzki. Zaburzają gospodarkę lipidową – podwyższają poziom LDL-cholesterolu i obniżają HDL-cholesterol, tym samym niekorzystnie zmieniają stosunek LDL/HDL w naszym organizmie (14, 15). Zaburzają desaturację i elongację niezbędnych nienasyconych KT (kwasu linolowego i linolenowego) do kwasów: AA, EPA i DHA w organizmach ludzkich i zwierzęcych (16). Zaburzenie endogennej syntezy tych KT ma niewątpliwie negatywny wpływ na rozwijający się organizm dziecka.

CEL PRACY

Celem niniejszej pracy była ocena składu i zawartości kwasów tłuszczowych w mleku kobiet z Gdańska i okolic w różnych okresach laktacji, z uwzględnieniem składu oraz wartości odżywczych pokarmu spożywanego przez matki karmiące.

MATERIAŁ I METODY

Mleko ludzkie

Do badania zakwalifikowano 80 zdrowych położnic, zamieszkałych w Gdańsku i okolicach, po porodzie naturalnym o czasie, hospitalizowanych w Oddziale Położniczym Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego w Gdańsku. Przebieg okołoporodowy był niepowikłany. Wszystkie noworodki urodzone były w dobrym stanie ogólnym z prawidłową urodzeniową masą ciała (2500-4000 g). Pierwsze próbki mleka zbierane były w trakcie hospitalizacji, kolejne w warunkach domowych. Zbierano cały pokarm z jednej piersi podczas pierwszego porannego karmienia. Z mleka, po dokładnym wymieszaniu odlewano próbkę (w przypadku siary – 2 ml, natomiast mleka przejściowego i dojrzałego – 5 ml), którą przechowywano początkowo w zamrażalniku (około – 20°C) aż do chwili dostarczenia do laboratorium, nie dłużej niż przez 24 godziny. Następnie próbkę zamrażano do – 80°C i przechowywano do wykonania analizy, jednak nie dłużej niż przez 7 dni. W okresie od stycznia do maja 2008 roku uzyskano 91 próbek mleka kobiecego (44 próbki mleka z 14±1 dnia od porodu, 36 próbek z 30±1 dnia po porodzie i 11 próbek z 90±1 dnia po porodzie); a od lutego do czerwca 2009 roku 97 próbek (15 próbek mleka z 2±1 dnia po porodzie, 36 próbek mleka z 14±1 dnia laktacji, 32 próbki z 30±1 dnia i 14 próbek z 90±1 dnia). Łącznie skład kwasów tłuszczowych oznaczono w 188 próbkach mleka ludzkiego pochodzącego od 80 kobiet.

Oszacowanie zawartości nasyconych, monoenoowych i polienoowych KT w diecie położnic

Wśród zakwalifikowanych położnic przeprowadzono ankietę zawierającą kilkanaście pytań dotyczących stanu zdrowia oraz sposobu żywienia matek. Część żywieniowa ankiety składała się z kwestionariusza żywieniowego i zapisu jadłospisów matek z ostatnich 72 godzin. Na podstawie jadłospisów, przy użyciu programu Meal 1.1.0 oszacowano wartość odżywczą średniej dziennej dawki pokarmowej kobiet biorących udział w badaniu. Określono zawartość poszczególnych składników odżywczych w dziennej dawce pokarmu, w tym ilość tłuszczu ogółem (g) oraz zawartość w nim poszczególnych grup KT (nasyconych, monoenoowych i polienoowych KT). Ankiety zostały prawidłowo wypełnione przez 132 położne: 67 z 14±1 dnia po porodzie, 48 z 30±1 dnia i 17 z 90±1 dnia po porodzie.

Procedura analityczna

Tłuszcz ogólny z mleka ludzkiego izolowano metodą Roese-Gottlieba (17). Na potrzeby analizy metodę zmodyfikowano: etap suszenia tłuszczu w 102°C zastąpiono odparowaniem rozpuszczalnika pod zmniejszonym ciśnieniem w 40°C. Pozostałości rozpuszczalnika usuwano za pomocą azotu. Kwasy tłuszczowe zawarte w wyizolowanym tłuszczu przeprowadzono w estry metylowe kwasów tłuszczowych (EMKT) zgodnie obowiązującą Normą Europejską (18). Rozdziału EMKT według długości łańcucha węglowodorowego oraz stopnia nienasycenia dokonano techniką wysokosprawnej chromatografii gazowej HR-GC (19). Rozdział EMKT przeprowadzono przy użyciu chromatografu gazowego Hewlett-Packard z dozownikiem splitt/splittless (podział strumienia 1:100) z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (FID) na kolumnie Rtx 2330 (100m x 0,25 mm) (Restek, Bellefonte, Pennsylvania, USA). Jakościową i ilościową analizę kwasów tłuszczowych wykonano w oparciu o standardowe roztwory wzorcowe FAME (Supelco Bellefonte, Pennsylvania, USA; Larodan Fine Chemicals, Malmö, Sweden) metodą wzorca zewnętrznego z zastosowaniem współczynników korekcyjnych (19). Wyniki przedstawiono jako procenty wagowe wszystkich oznaczonych KT o długości łańcucha od 6 do 24 atomów węgla, zawierających maksymalnie 6 wiązań podwójnych.

Analiza statystyczna

Powtarzalność oznaczenia zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych określono za pomocą wartości względnego odchylenia standardowego RSD dla 9 niezależnych pomiarów analitu występującego w 3 różnych matrycach. Do statystycznej oceny metod analitycznych posłużono się programem Statistica 8.0. Statystycznego oszacowania istotności różnic pomiędzy zawartościami poszczególnych KT w mleku ludzkim z różnych okresów laktacji dokonano przy użyciu analizy wariancji (ANOVA) dla klasyfikacji jednoczynnikowej oraz testu

Parametr Parameter	Wartość średnia \pm SD Mean \pm SD	Min.-max. Min.-max.
Wiek Age	28,25 \pm 5,18	16-41
Masa ciała przy porodzie Birth weight	75,55 \pm 9,54	59-114
Masa ciała w 15 dobie Body weight on 15 th day	66,76 \pm 8,83	48-100
Masa ciała w 30 dobie Body weight on 30 th day	64,94 \pm 8,93	48-98
Masa ciała w 90 dobie Body weight on 90 th day	63,17 \pm 7,57	50-75
Palące Smokers	9	
Palące biernie Passive smokers	14	
Niepalące Non-smokers	57	

Tabela I. Charakterystyka kobiet biorących udział w badaniach.
Table I. Characteristics of the subjects.

post-hoc Tukeya. Za wartość graniczną poziomu istotności przyjęto poziom $p \leq 0,05$. Do określenia siły korelacji pomiędzy zmiennymi, z uwagi na znaczącą liczbę wyników ($n > 130$), posłużono się współczynnikiem korelacji Pearsona.

WYNIKI

W lipidach mleka badanych kobiet stwierdzono obecność blisko 60 różnych KT, w tym izomery kwasów monoenoowych: C14:1, 15:1, 16:1, 17:1 i 18:1. Głównymi KT występującymi w lipidach mleka ludzkiego są: kwas oleinowy C18:1 9c (na poziomie 34% ogólnego składu KT), kwas palmitynowy C16:0 (na poziomie 25%), kwas linolowy C18:2 9c12c (około 10%), kwas stearynowy C18:0 (około 6%), kwas mirystynowy C14:0 (ponad 5%) i kwas laurynowy C12:0 (na poziomie 4% ogólnego składu KT). Pozostałe KT występują w mleku ludzkim w znacznie niższych stężeniach i stanowią łącznie około 16% ogólnego składu KT (tab. II, III i IV). Wśród nich występują jednak niezwykle istotne dla rozwoju niemowlęcia i małego dziecka LC-PUFA takie jak AA 20:4 (n-6), EPA 20:5 (n-3) czy DHA 22:6 (n-3).

Kwasy tłuszczowe nasycone

Tłuszcz mleka ludzkiego badanej populacji kobiet zawierał w swym składzie średnio 42,5% (ogólnego składu KT) nasyconych kwasów tłuszczowych, niezależnie od dnia laktacji (tab. II). Natomiast wraz z czasem trwania laktacji zmianie ulegał udział poszczególnych nasyconych KT w ich ogólnej zawartości. Głównym nasyconym KT występującym w tłuszczu mleka ludzkiego był kwas palmitynowy C16:0. W sianie i w mleku początkowym kwas palmitynowy występował na poziomie 27%. W dojrzalym mleku ludzkim zawartość C16:0 była niższa i wynosiła około 24%. Kolejny pod względem zawartości to kwas stearynowy C18:0, którego zawartość w sianie wynosiła około 6%. Zawartość kwasu ste-

arynowego nieznacznie wzrosła wraz z upływem czasu laktacji (w 90 dobie po porodzie występował na poziomie 6,8%) nie był to jednak wzrost statystycznie istotny ($p > 0,05$). Nie stwierdzono istotnych zmian zawartości kwasu mirystynowego C14:0 wraz z czasem laktacji. Statystycznie istotny wzrost zaobserwowano natomiast dla kwasu laurynowego C12:0, którego zawartość w sianie wynosiła 2,4% a w mleku przejściowym (14 doba po porodzie) już 4,8% ogólnego składu KT ($p < 0,05$).

Kwasy tłuszczowe monoenoowe

Z uzyskanych danych wynika, że zawartości sumy kwasów monoenoowych pomiędzy 2 a 14 dniem laktacji spada o średnio 1,3% ogólnego udziału KT a w kolejnych etapach laktacji ulega tylko niewielkim, statystycznie nieistotnym zmianom ilościowym (tab. III). W mleku przejściowym i dojrzalym badanej grupy kobiet zawartość monoenoowych KT wynosiła 42,6% ogólnej zawartości KT. Głównym monoenoowym KT tłuszczu mleka ludzkiego był kwas oleinowy stanowiący średnio 34,2% ogólnego składu KT, niezależnie od etapu laktacji. Jest to jednocześnie KT występujący w lipidach mleka ludzkiego w największym stężeniu. Wraz z czasem laktacji spadła natomiast zawartość KT C18:1 (n-7), z 2,87% w drugiej dobie po porodzie do 2,19% w mleku dojrzalym (90 doba). W lipidach mleka ludzkiego występują monoenoowe długołańcuchowe KT: 20:1, 22:1 i 24:1 należące do rodziny (n-9) KT. Suma zawartości tych KT w 2 dobie po porodzie wynosiła blisko 1,5% ogólnej zawartości KT a następnie spadła do około połowy tej zawartości (0,79% w 14 dobie, 0,76% w 30 dobie i średnio 0,68% w 90 dniu laktacji). W lipidach mleka ludzkiego stwierdzono również obecność monoenoowych KT zawierające wiązanie podwójne w konfiguracji *trans*.

Kwasy tłuszczowe konfiguracji *trans*

W lipidach mleka ludzkiego stwierdzono obecność kwasów tłuszczowych konfiguracji *trans* zawierających 14, 15, 16, 17 i 18 atomów węgla. Były to głównie monoenoowe KT: C14:1, C15:1, C16:1, C17:1 i C18:1. Wśród KT



Tabela II. Skład nasyconych kwasów tłuszczowych w badanych próbkach mleka ludzkiego w różnych okresach laktacji (% masowy ogólnego składu KT).

Table II. Composition of saturated fatty acids in analyzed samples of human milk in course of lactation (% by wt of total FAs).

Kwasy tłuszczowe Fatty Acids	Doba laktacji Day of lactation							
	2±1 (N=15)		14±1 (N=80)		30±1 (N=68)		90±1 (N=25)	
	Średnia ± SD Mean ± SD	min.-max. Min.-max.	Średnia ± SD Mean ± SD	min.-max. Min.-max.	Średnia ± SD Mean ± SD	min.-max. Min.-max.	Średnia ± SD Mean ± SD	min.-max. Min.-max.
6:0	0,01±0,02	0-0,06	0,03±0,02	0-0,07	0,02±0,02	0-0,09	0,02±0,02	0-0,07
8:0	0,04±0,03	0,01-0,10	0,17±0,06	0,06-0,29	0,15±0,07	0,02-0,34	0,11±0,09	0-0,30
10:0	0,37±0,22	0,11-0,98	1,32±0,35	0,60-2,27	1,24±0,40	0,08-2,47	0,96±0,40	0,43-1,86
11:0	0,01±0,02	0-0,06	0,03±0,03	0-0,09	0,02±0,03	0-0,16	0,01±0,01	0-0,06
12:0	2,38±0,43	1,72-3,02	4,75±1,47	1,35-7,26	4,69±1,42	2,13-8,31	4,22±1,60	2,18-8,36
13:0	0,01±0,03	0-0,11	0,03±0,02	0-0,05	0,02±0,02	0-0,09	0,01±0,02	0-0,05
14:0	5,12±0,85	3,85-6,49	5,54±1,73	2,93-9,02	5,39±1,36	3,12-8,75	5,50±1,46	2,33-8,14
15:0	0,34±0,06	0,21-0,44	0,36±0,12	0,18-0,75	0,32±0,12	0,13-0,67	0,31±0,11	0,11-0,59
16:0	27,10±1,75	22,97-30,04	27,10±1,75	14,72-29,81	23,87±2,18	18,85-29,75	24,20±2,55	19,29-30,58
17:0	0,30±0,07	0,09-0,36	0,31±0,07	0,09-0,49	0,29±0,07	0,11-0,47	0,30±0,06	0,17-0,44
18:0	5,97±0,70	5,20-7,33	6,06±1,06	3,48-8,82	6,14±1,13	4,49-9,37	6,78±0,90	4,82-9,22
20:0	0,23±0,05	0,15-0,31	0,19±0,05	0,02-0,39	0,19±0,04	0,04-0,27	0,19±0,03	0,13-0,26
22:0	0,10±0,06	0,01-0,26	0,06±0,03	0-0,15	0,06±0,02	0,01-0,15	0,06±0,02	0,02-0,10
24:0	0,17±0,07	0,09-0,34	0,06±0,04	0-0,20	0,05±0,04	0-0,21	0,05±0,02	0,01-0,11
Suma Sum	42,15±2,75	36,76-48,12	42,78±5,35	31,56 – 59,03	42,45±4,08	33,71-53,44	42,72±3,74	34,84-50,65

Tabela III. Skład monoenurowych kwasów tłuszczowych w badanych próbkach mleka ludzkiego w różnych okresach laktacji (% masowy ogólnego składu KT).

Table III. Composition of monounsaturated fatty acids in analyzed samples of human milk in course of lactation (% by wt of total FAs).

Kwasy tłuszczowe Fatty Acids	Doba laktacji Day of lactation							
	2±1 (N=15)		14±1 (N=80)		30±1 (N=68)		90±1 (N=25)	
	Średnia ± SD Mean ± SD	min.-max. Min.-max.	Średnia ± SD Mean ± SD	min.-max. Min.-max.	Średnia ± SD Mean ± SD	min.-max. Min.-max.	Średnia ± SD Mean ± SD	min.-max. Min.-max.
14:1 9c	0,15±0,04	0,11-0,28	0,23±0,09	0-0,51	0,21±0,09	0-0,50	0,18±0,08	0-0,32
Pozostałe izomery 14:1 Other isomers 14:1	0,13±0,04	0,07-0,21	0,15±0,09	0-0,39	0,13±0,09	0-0,40	0,14±0,07	0-0,28
Suma 15:1 (cis + trans) Sum 15:1 (cis + trans)	0,10±0,05	0-0,19	0,09±0,04	0-0,18	0,08±0,06	0-0,35	0,07±0,03	0-0,13
16:1 9c	2,18±0,60	1,19-3,58	2,68±0,76	0,84-4,35	2,45±0,58	1,20-3,89	2,13±0,54	1,14-3,15
Pozostałe izomery 16:1 Other isomers 16:1	1,04±0,16	0,81-1,49	0,92±0,22	0,40-1,72	0,81±0,18	0,40-1,26	0,79±0,19	0,49-1,23
Suma 17:1 (cis + trans) Sum 17:1 (cis + trans)	0,19±0,07	0,03-0,31	0,23±0,08	0,10-0,61	0,22±0,10	0,09-0,79	0,20±0,04	0,14-0,32
Suma 18:1 t Sum 18:1 t	1,44±0,83	0,72-4,20	1,30±0,77	0,43-4,88	1,24±0,63	0,49-3,17	1,54±0,90	0,48-3,42
18:1 (n-9)	34,37±2,25	29,44-38,75	34,02±3,63	23,71-42,56	34,50±2,90	27,22-39,97	34,67±2,82	30,20-40,36
18:1 (n-7)	2,87±0,43	2,17-3,95	2,28±0,36	1,49-3,42	2,23±0,30	1,56-2,95	2,19±0,41	1,61-3,18
20:1 (n-9)	0,92±0,17	0,49-1,14	0,59±0,16	0,41-1,49	0,57±0,13	0,33-1,02	0,53±0,10	0,39-0,71
22:1 (n-9)	0,25±0,08	0,17-0,44	0,12±0,05	0,01-0,31	0,13±0,08	0,02-0,47	0,10±0,03	0,05-0,14
24:1 (n-9)	0,31±0,15	0,08-0,78	0,08±0,04	0-0,20	0,06±0,03	0-0,12	0,05±0,02	0,02-0,09
Suma Sum	44,01±2,41	40,15-47,79	42,71±3,87	31,35-53,03	42,63±3,01	35,31-48,24	42,57±2,93	37,78-48,76

Tabela IV. Skład polienowych kwasów tłuszczowych w badanych próbkach mleka ludzkiego w różnych okresach laktacji (% masowy ogólnego składu KT).

Table IV. Composition of polyunsaturated fatty acids in analyzed samples of human milk in course of lactation (% by wt of total FAs).

Kwasy tłuszczowe Fatty Acids	Doba laktacji Day of lactation							
	2±1 (N=15)		14±1 (N=80)		30±1 (N=68)		90±1 (N=25)	
	Średnia ±SD Mean ±SD	min.-max. Min.-max.	Średnia ±SD Mean ±SD	min.-max. Min.-max.	Średnia ±SD Mean ±SD	min.-max. Min.-max.	Średnia ±SD Mean ±SD	min.-max. Min.-max.
18:2 (n-6) <i>tt</i>	0,08±0,04	0-0,16	0,08±0,03	0-0,17	0,08±0,03	0-0,17	0,08±0,03	0,03-0,16
CLA*	0,36±0,19	0,23-0,98	0,33±0,09	0,17-0,55	0,31±0,11	0,04-0,77	0,28±0,09	0,16-0,57
18:2 (n-6) LA	8,40±1,05	6,31-9,87	9,63±1,86	6,01-15,06	10,20±1,81	7,19-15,15	10,53±2,09	6,91-17,36
18:3 (n-6) GLA	0,06±0,05	0,01-0,18	0,08±0,04	0-0,23	0,09±0,04	0-0,19	0,09±0,03	0,04-0,17
20:2 (n-6)	0,59±0,12	0,37-0,92	0,30±0,08	0,06-0,54	0,27±0,06	0,07-0,45	0,24±0,04	0,18-0,31
20:3 (n-6) DGLA	0,51±0,05	0,33-0,87	0,37±0,09	0,20-0,64	0,36±0,10	0,01-0,55	0,29±0,08	0,15-0,43
20:4 (n-6) AA	0,69±0,17	0,46-1,02	0,50±0,12	0,26-1,01	0,46±0,17	0,08-1,25	0,38±0,10	0,21-0,53
22:2 (n-6)	0,12±0,07	0,05-0,28	0,08±0,07	0-0,60	0,07±0,05	0-0,24	0,09±0,06	0,03-0,30
22:4(n-6)	0,08±0,05	0,01-0,19	0,05±0,11	0-1,01	0,03±0,03	0-0,11	0,02±0,01	0-0,05
22:5 (n-6)	0,26±0,18	0,03-0,57	0,20±0,15	0-0,69	0,24±0,18	0,01-0,75	0,17±0,20	0,02-0,89
18:3 (n-3) ALA	0,87±0,33	0,59-1,91	1,16±0,52	0,43-3,41	1,22±0,39	0,71-2,14	1,17±0,43	0,62-2,40
20:3 (n-3)	0,11±0,05	0,06-0,27	0,07±0,06	0,02-0,40	0,07±0,07	0-0,53	0,05±0,02	0,01-0,10
20:5 (n-3) EPA	0,07±0,04	0,02-0,13	0,08±0,14	0-1,22	0,06±0,05	0-0,28	0,05±0,04	0-0,15
22:5 (n-3) DPA	0,30±0,08	0,21-0,48	0,17±0,07	0-0,69	0,20±0,16	0,01-1,32	0,15±0,05	0,01-0,27
22:6 (n-3) DHA	0,43±0,17	0,26-0,81	0,30±0,10	0,01-0,46	0,26±0,12	0,09-0,76	0,27±0,15	0,09-0,76
Suma Sum	12,92±1,28	10,52-14,89	13,41±2,31	8,35-20,18	13,93 ± 1,97	10,49-18,62	13,37±2,33	10,37-21,85

*CLA – izomery kwasu linolowego z układem sprzężonych wiązań podwójnych/conjugated linolenic acid

Tabela V. Zawartość poszczególnych izomerów *trans* KT w badanych próbkach mleka ludzkiego w różnych okresach laktacji (% masowy kwasów tłuszczowych ±SD).Table V. Composition of *trans* FA in analyzed samples of human milk in course of lactation (% by wt of total FAs ±SD).

Kwasy tłuszczowe Fatty Acids	Doba laktacji Day of lactation							
	2±1 (N=15)		14±1 (N=80)		30±1 (N=68)		90±1 (N=25)	
	Średnia ±SD Mean ±SD	Mediana Median	Średnia ±SD Mean ±SD	Mediana Median	Średnia ±SD Mean ±SD	Mediana Median	Średnia ±SD Mean ±SD	Mediana Median
14:1t	0,13±0,04	0,13	0,12±0,07	0,11	0,11±0,08	0,09	0,12±0,06	0,11
15:1t	0,10±0,06	0,12	0,06±0,04	0,05	0,05±0,04	0,04	0,04±0,03	0,05
16:1 t	0,72±0,11	0,73	0,58±0,11	0,59	0,54±0,09	0,53	0,50±0,14	0,50
17:1t	0,01±0,01	0,01	0,04±0,04	0,02	0,03±0,02	0,03	0,02±0,02	0,01
18:1 t	1,44±0,83	1,26	1,29±0,78	1,09	1,25±0,62	1,11	1,54±0,90	1,22
18:2 t,t	0,08±0,04	0,09	0,08±0,03	0,08	0,08±0,03	0,08	0,08±0,03	0,08
CLA*	0,32±0,07	0,28	0,33±0,09	0,33	0,31±0,11	0,30	0,27±0,09	0,26
Suma Sum	2,80±0,90	2,61	2,44±0,80	2,29	2,37±0,72	2,36	2,49±1,01	2,22

*CLA – izomery kwasu linolowego z układem sprzężonych wiązań podwójnych/conjugated linolenic acid

dienowych stwierdzono obecność *trans* izomerów tylko kwasu linolowego (C18:2), w tym KT z układem sprzężonych wiązań podwójnych CLA (conjugated linolenic acid) (tab. V). W grupie *trans* KT przeważały zdecydowanie izomery osiemnastowęglowe (mono- i dienowe), które stanowiły około 70% wszystkich zidentyfikowanych *trans* KT. Zawartość KT konfiguracji *trans* nie ulega statystycznie istotnym zmianom podczas trwania laktacji. Średni poziom tych KT w mleku ludzkim w całym okresie karmienia wynosił około 2,45% ogólnego składu KT.

Kwasy tłuszczowe polienowe

Wśród kwasów wielonienasyconych w największych ilościach występował LA, prekursor rodziny (n-6), którego średnia zawartość wynosiła około 10% ogólnego składu KT (tab. IV). Zawartość ALA, prekursora rodziny n-3 KT, była blisko 10-krotnie niższa i wynosiła średnio około 1%. Średnia zawartość PUFA w mleku kobiecym była praktycznie stała podczas całego badanego okresu laktacji. Wzrost zawartości PUFA pomiędzy 2 a 14 dniem laktacji o ok. 0,5% nie stanowił

wielkości statystycznie istotnej dla badanej populacji. Znacząco zmieniły się natomiast proporcje poszczególnych KT. Poziom LA w siarze wynosił średnio 8,4% ogólnego składu KT i stopniowo narastał do poziomu 10,5% w 90 dniu laktacji (tab. VI). Podobnie zwiększyła się zawartość ALA, od poziomu 0,87% do 1,2% w 90 dniu laktacji. Pozostałe kwasy wielonienasycone z rodziny (n-6) i (n-3), ważne dla fizjologicznego rozwoju dziecka stanowiły 2-3% ogólnego składu KT.

Zawartość kwasów nasyconych, monoenowych i polienowych w diecie karmiących matek

Prawidłowy zapis jadłospisów z ostatnich 72 godzin uzyskano od 132 położnych. Do obliczenia zawartości poszczególnych składników odżywczych w dziennej dawce pokarmu, w tym ilości tłuszczu ogółem (g), zawartości kwasów tłuszczowych: nasyconych, monoenowych i polienowych w diecie kobiet karmiących użyto programu komputerowego Meal 1.0.0. Kobiety biorące udział w badaniach spożywały średnio $46,97 \pm 22,14$ g tłuszczu dziennie (od 12,2 do 115,65 g) co w przypadku badanej grupy kobiet stanowiło 28,04% energii dziennie z tłuszczów (16,2-57,6%). Udział procentowy poszczególnych grup KT w diecie kobiet karmiących był praktycznie stały przez cały badany okres laktacji i wynosił średnio 43,67:41,74:14,59 (odpowiednio % KT nasyconych : monoenowych : polienowych) (tab. VII). Zaobserwowano jedynie niewielki średni wzrost udziału nasyconych KT i spadek udziału polienowych KT w diecie kobiet pomiędzy 14 a 90 dniem po porodzie.

DYSKUSJA WYNIKÓW

W lipidach mleka ludzkiego wśród monoenowych KT stwierdzono obecność nieparzystowęglowych KT: kwas pentadekanowego 15:0 i heptadekanowego 17:0, na poziomie odpowiednio 0,33 i 0,30 % (tab. II). Wcześniejsze badania wskazują na występowanie ścisłej zależności pomiędzy zawartością kwasu C15:0 i C17:0 w mleku ludzkim a rodzajem diety matek a konkretnie ilością spożywanego tłuszczu mlekowego (20).

Obok naturalnych monoenowych KT lipidy mleka ludzkiego zawierają również monoenowe KT zawierające wiązanie podwójne w konfiguracji *trans*. Jak podaje *Mojska* i wsp. (21), na poziom *trans* KT w mleku ludzkim wpływ ma głównie dieta kobiet karmiących (wpływ krótkoterminowy) oraz spadek masy ciała (wpływ długoterminowy). Dla badanej grupy kobiet poziom występowania sumy *trans* KT wahał się w granicach od 1,01% do 5,72% ogólnego składu KT (średnio 2,45%). W porównaniu z zawartością izomerów *trans* KT w mleku kobiet z innych regionów świata, np. na poziomie około 7% u mieszkanki Arizony czy 4,2% w lipidach mleka kobiet z Republiki Czeskiej, lipidy mleka kobiet polskich zawierają ich stosunkowo niewiele (tab. VIII).

Średnia zawartość PUFA w czasie trwania laktacji nie ulega statystycznie istotnym zmianom. Jednak wraz z dojrzewaniem mleka kobiecego zmniejszeniu ulega zawartość sumy metabolitów z rodziny (n-6) i (n-3) i jednocześnie wzrost zawartości prekursorów obu grup KT – kwasu linolowego LA i alfa-linolenowego ALA. Jest to zapewne związane z dojrzewaniem układów enzymatycznych u dziecka. W pełni sprawny układ enzymatyczny, wytwarzający odpowiednią ilość elongaz i desaturaz, enzymów odpowiedzialnych za syntezę LC PUFA, jest w stanie zapewnić dziecku optymalny poziom tych wielonienasyconych długołańcuchowych KT. Jednocześnie zaobserwowano, że spadek zawartości metabolitów KT jest analogiczny dla obu grup metabolitów KT. W efekcie stosunek ilości metabolitów względem siebie $\Sigma(n-6) / \Sigma(n-3)$ był przez cały czas laktacji praktycznie stały i wynosił około 2,5 (tab. VI).

Niezwykle istotne dla rozwoju dziecka wielonienasycone KT: AA i DHA w lipidach mleka badanej grupy kobiet występowały na poziomie odpowiednio: od 0,38 do 0,69% oraz od 0,26 do 0,43% ogólnego składu KT (tab. IV). Ilości te zawierały się w przedziale zawartości tych LC-PUFA w mleku kobiet europejskich określonych przez innych autorów (AA 0,2-1,2%; DHA 0,1-0,6%) (3).

Zalecane dzienne spożycie tłuszczu dla kobiet karmiących wynosi około 73 g i powinno zapewnić 25-33% energii dziennej racji pokarmowej (27). Kobiety z badanej grupy spożywały więc co najmniej o 20% za mało tłuszczu zachowując odpowiedni jego udział w ilości energii dostarczonej z pożywieniem (ok. 28% energii z tłuszczów, zalecane 25-33%). Z uzyskanych danych należy więc wnioskować, że kobiety po porodzie wykazują tendencje do spożywania mniejszych ilości pożywienia niż wynosi zapotrzebowanie ich organizmu.

Zawartość tłuszczu w mleku ludzkim wynosi średnio 2,6% wagowych w siarze, 3,7% w mleku przejściowym i około 4,1% w mleku dojrzalym (1, 2, 4). Są to wartości praktycznie stałe dla mleka ludzkiego, niezależne od dziennego poboru tłuszczu z dietą (2, 4). Natomiast skład KT mleka ludzkiego jest charakterystyczny dla kobiet zamieszkujących dany kraj/obszar świata. Tym samym w proporcjach między zawartością kwasów nasyconych, monoenowych i polienowych w mleku kobiet z różnych regionów świata występują istotne różnice (3, 6, 26, 28, 29). Tłuszcz mleka Europejki charakteryzuje się zbliżoną zawartością KT nasyconych i monoenowych (odpowiednio ok. 46,2% i 36,6%) oraz około 14% zawartością polienowych KT podczas gdy w mleku kobiet afrykańskich nasycone KT stanowią co najmniej 53% ogólnego składu KT a monoenowe KT poniżej 30% (tab. IX). W badanych próbkach mleka ludzkiego proporcje pomiędzy kwasami nasyconymi, monoenowymi i polienowymi wynoszą 1:1:0,32 i są zbliżone do proporcji tych KT w mleku kobiet z Niemiec – 1:0,89:0,34 (3) i Stanach Zjednoczonych – 1:1,04:0,42 (23). Na profil KT tłuszczu mleka ludzkiego wpływa niewątpliwie długoterminowa dieta kobiet. Uzyskane w niniejszej pracy wyni-

Tabela VI. Zawartość kwasów tłuszczowych z rodzin (n-6) i (n-3) w mleku kobiecym (% masowy ogólnego składu kwasów tłuszczowych \pm SD).Table VI. Content of (n-6) and (n-3) fatty acids in human milk (% by wt of fatty acids \pm SD).

Rodzina KT FA family	2 dzień 2 nd day	14 dzień 14 th day	30 dzień 30 th day	90 dzień 90 th day
	Średnia \pm SD Mean \pm SD	Średnia \pm SD Mean \pm SD	Średnia \pm SD Mean \pm SD	Średnia \pm SD Mean \pm SD
18:2 (n-6) LA	8,40 \pm 1,05	9,63 \pm 1,86	10,20 \pm 1,81	10,53 \pm 2,09
SM(n-6)*	2,31 \pm 0,46	1,58 \pm 0,30	1,52 \pm 0,33	1,28 \pm 0,33
18:3 (n-3) ALA	0,87 \pm 0,33	1,16 \pm 0,52	1,22 \pm 0,39	1,17 \pm 0,43
SM(n-3)**	0,91 \pm 0,25	0,62 \pm 0,22	0,59 \pm 0,26	0,52 \pm 0,20
LA/ALA	9,66	8,3	8,36	1.09.2000
SM(n-6)/ SM(n-3)	2,54	2,55	2,58	2,46

*SM(n-6) – suma metabolitów rodziny n-6 (bez LA)

SM(n-6) – Sum of metabolites of n-6 family (without LA);

**SM(n-3) – suma metabolitów rodziny n-3 (bez ALA)

SM(n-3) – Sum of metabolites of n-3 family (without ALA)

Tabela VII. Zawartość kwasów tłuszczowych w diecie kobiet karmiących. Dane uzyskane na podstawie wywiadu żywieniowego obejmującego 72 godziny przed 14, 30 i 90 dobą po porodzie (% ogólnej zawartości KT).

Table VII. Content of fatty acids in breastfeeding women diet. Data from nutritional questionnaires concerning last 72 hours before 14th, 30th and 90th day post partum (% of total FA).

Kwasy tłuszczowe Fatty Acids	14 dzień 14 th day	30 dzień 30 th day	90 dzień 90 th day
	Średnia \pm SD Mean \pm SD	Średnia \pm SD Mean \pm SD	Średnia \pm SD Mean \pm SD
Nasycone/Saturated	43,15 \pm 7,38	43,32 \pm 8,13	44,55 \pm 6,47
Monoenowe/Monounsaturated	41,42 \pm 4,87	42,38 \pm 4,92	41,41 \pm 6,76
Polienowe/Polyunsaturated	15,43 \pm 5,06	14,30 \pm 5,12	14,03 \pm 3,88

Tabela VIII. Zawartość sumy trans KT w dojrzłym mleku kobiet z różnych regionów świata, dane literaturowe (% masowy ogólnego składu KT \pm SD).Table VIII. Comparison of total trans fatty acids concentration in mature human milk fat in various countries (wt % of total FA \pm SD).

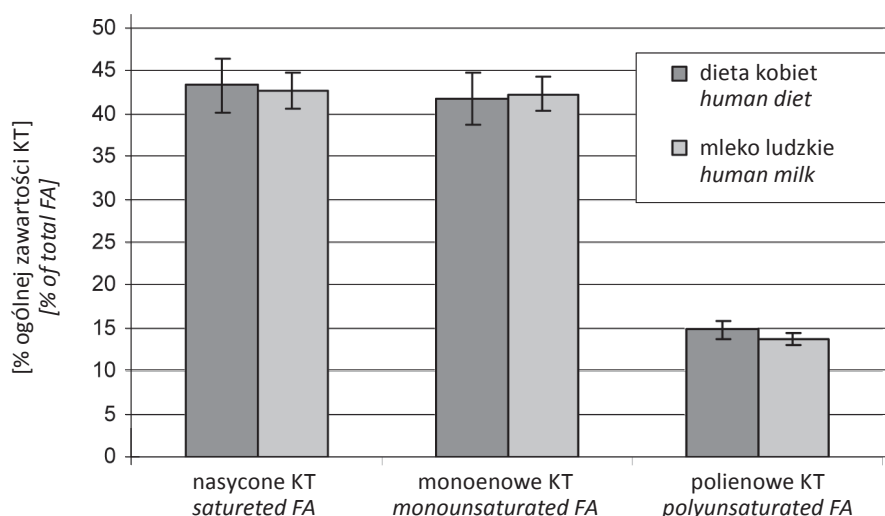
Kraj Country	Źródło danych Reference	Czas zbierania próbek mleka (N – liczba próbek) Time of human milk collection (N – number of samples)	Średnia \pm SD (Min.-max.) Mean \pm SD (Min.-max.)
Kanada Canada	Friesen and Innis (22)	Kwiecień 2005 – Sierpień 2005 (N=24) Apr 2005 – Aug 2005 (N=24)	5,3 \pm 0,49
		Wrzesień 2005 – Styczeń 2006 (N=39) Sep 2005 – Jan 2006 (N=39)	4,6 \pm 0,32
Stany Zjednoczone Arizona U.S.A Arisona	Mosley (23)	Listopad 1996 – Marzec 2002 (N=81) Nov 1996 – March 2002 (N=81)	7,0 \pm 2,3 (2,8-13,8)
Republika Czeska Czech Republic	Dlouhy (24)	2001 (N=35)	4,2 \pm 1,9 (1,8-9,8)
Niemcy Germany	Precht and Molquentin (25)	1998 (N=40)	3,8 \pm 1,0 (2,4-6,0)
Polska, Mazowsze Poland, Mazowsze	Mojska (21)	Wiosna 2001 (N=100) Spring 2001 (N=100) Jesień 2001(N=100) Autumn 2001 (N=100)	2,59 (1,49-3,34) 2,41 (1,79-4,31)
Nigeria Niger	Koletzko (6)	(N=10)	1,2 (0,8-10,2)
Polska północna Northern Poland	Wyniki własne This data	Wiosna 2008 i 2009 (N=188) Spring 2008 and 2009 (N=188)	2,45 \pm 0,77 (1,01-5,72)

Tabela IX. Średni udział procentowy poszczególnych grup KT w tłuszczu mleka kobiet z różnych regionów świata.
Table IX. Rate of individual groups of fatty acids in human milk in different regions of the World.

Źródło danych <i>References</i>	Kraj/obszar <i>Country/region</i>	Zawartość KT (% ogólnej zawartości KT) <i>Content of FA (% total fatty acids)</i>		
		Nasycone KT <i>Saturated FA</i>	Monoenowe KT <i>Monounsaturated FA</i>	Polienowe KT <i>Polyunsaturated FA</i>
Koletzko & Thiel (3)	Niemcy <i>Germany</i>	42,76	37,98	14,68
	Europa <i>Europe</i>	45,2	38,8	13,6
	Afryka <i>Africa</i>	53,5	28,2	16,6
Koletzko et al. (6)	Nigeria <i>Nigeria</i>	54,07	25,90	17,58
Mosley et al. (23)	Stany Zjednoczone USA <i>USA</i>	40,6	42,4	17,0
Smit et al. (28)	Holandia <i>Holland</i>	50,55	33,04	15,53
	Karaiby <i>Caribbean</i>	56,52	28,06	13,93
	Jeruzalem <i>Jerusalem</i>	45,51	33,18	19,90
	Tanzania <i>Tanzania</i>	60,53	22,37	15,57
	Pakistan <i>Pakistan</i>	57,52	30,93	9,96
Dane własne <i>Own data</i>	Polska północna <i>Northern Poland</i>	42,60	42,77	13,58

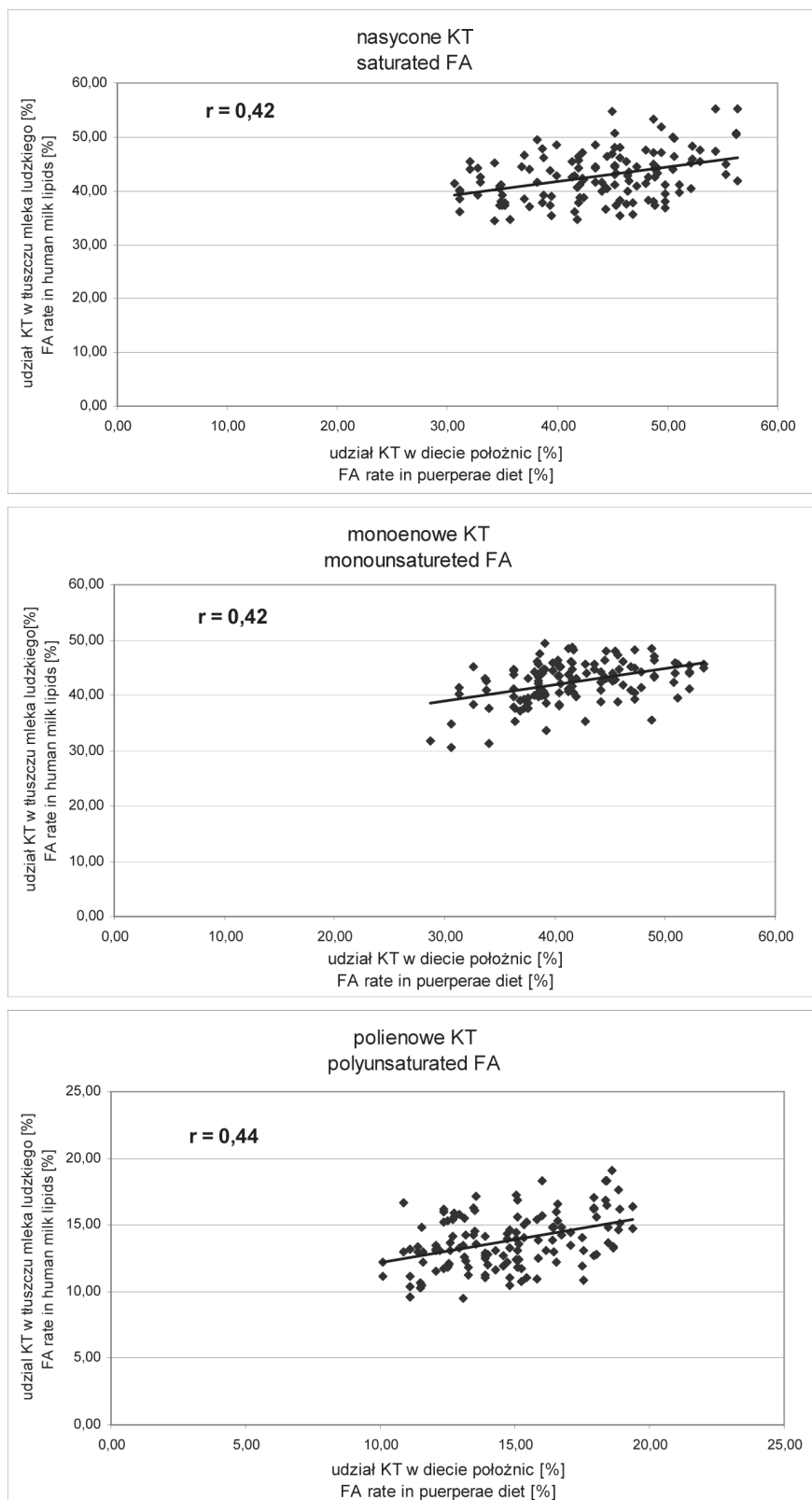
ki wskazują, że dla badanej populacji kobiet proporcje poszczególnych grup KT w tłuszczu w mleku ludzkim są analogiczne do proporcji tych kwasów w diecie matek karmiących (ryc. 1). Na diagramie przedstawiono średnie zawartości poszczególnych grup KT w mleku ludzkim oraz w diecie kobiet uzyskane na podstawie analizy wyników pochodzących od 132 kobiet, które prawidłowo wypełniły ankiety żywieniowe. Analizując zależności udziału poszczególnych grup KT w indywidualnych próbkach mleka ludzkiego od udziału tych KT w diecie położnic uży-

skano diagramy przedstawione na rycinie 2. Wartość krytyczna współczynnika Pearsona (tabelaryczna) dla liczby stopni swobody $df=130$ i założonym poziomie istotności równym $0,05$ wynosi $p=0,191$. We wszystkich przedstawionych poniżej przypadkach współczynnik korelacji Paersona r wynosi co najmniej $0,42$. Tym samym można stwierdzić, że dla wszystkich rozpatrywanych zbiorów istnieje statystycznie istotna zależność pomiędzy zawartością poszczególnych grup KT w tłuszczu diety położnic a ich udziałem w tłuszczu mleka ludzkiego.



Ryc. 1. Średnia zawartość poszczególnych grup kwasów tłuszczowych (nasycone, monoenowe, polienowe) w badanych próbkach mleka ludzkiego oraz w tłuszczu spożywanym przez badaną grupę kobiet.

Fig. 1. Average content of individual groups of fatty acids (saturated, monounsaturated, polyunsaturated) in analyzed samples of human milk and fat consumed by the test group of women.



Ryc. 2. Zależności pomiędzy udziałem procentowym poszczególnych grup kwasów tłuszczowych KT (nasycone, monoenuowe, polienowe) w diecie położnic a udziałem procentowym tych KT w próbkach mleka kobiet (% ogólnej zawartości KT).

Fig. 2. Correlations between the percentage of individual groups of fatty acids FA (saturated, monounsaturated and polyunsaturated) in puerpal diet and the percentage of these FA in human milk samples (% of the total content of KT).

WNIOSKI

1. Największe różnice w składzie KT tłuszczu mleka ludzkiego występują pomiędzy 2 a 14 dniem laktacji.
2. Analiza korelacji uzyskanych wyników od ankietowanych kobiet wskazuje na dodatnią korelację i statystycznie istotny wpływ proporcji grup KT w diecie matek na proporcje KT w tłuszczu mleka ludzkiego.

PIŚMIENNICTWO

1. Koletzko B., Rodriguez-Palmero M., Demmelmailr H.: Physiological aspects of human milk lipids. *Early Hum. Dev.*, 2001, 65, 3-18.
2. Emmett PM, Rogers I.S.: Properties of human milk and their relationship with maternal nutrition. *Early Hum. Dev.*, 1997, 49, S7-S28.
3. Koletzko B., Thiel I.: Lipids in human milk: a model for

- infant formulae? Eur. J. Clin. Nutr., 1992, 4, 45-55.
4. Jensen R.G., Jensen G.L.: Specialty Lipids for Infant Nutrition. I. Milks and Formulas. J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr., 1992, 15, 232-245.
 5. Francois C.A., Connor S.L., Wander R.C., Connor W.E.: Acute effects of dietary fatty acids on the fatty acids of human milk. Am. J. Clin. Nutr., 1998, 67, 301-308.
 6. Koletzko B., Thiel I., Ablodun P.O.: Fatty acid composition of mature human milk in Nigeria. Z Ernährungswiss 1991, 30, 289-297.
 7. Dudzisz-Śledź M., Śledź A., Jażdżewski P.: Nienasycone kwasy tłuszczowe a zdrowie człowieka, Medycyna Rodzinna, 2006, 4.
 8. Krawczyński M.: Rozwój dziecka. Propedeutyka pediatrii. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2002.
 9. Stolarczyk A., Socha P.: Tłuszcze w żywieniu niemowląt. Nowa Pediatria, 2002, 3, 200-203.
 10. Łoś-Rycharska E.: Kontrowersje na temat suplementacji długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (LC-PUFA) w mieszankach dla niemowląt. Przegląd Gastroenterologiczny, 2007, 2/1, 13-16.
 11. Koletzko B., Socha P.: Nutritional support of infants and children. Supply and metabolism of lipids, Pediatria Współczesna, 1999, 1,2/3, 85-92.
 12. Żbikowska A., Rutkowska J.: Skład kwasów tłuszczowych a jakość i przydatność technologiczna tłuszczów do pieczenia. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2008, 4(59), 90-95.
 13. Chappell J.E., Clandinin M.T., Kearney-Volpe C.: Trans fatty acids in human milk lipids : influence of maternal diet and weight loss. Am. J. Clin. Nutr., 1985, 42, 49-56.
 14. Katan M.B., Zock P.L., Mensink R.P.: Trans fatty acids and their effects on lipoprotein in human. Annu. Rev. Nutr., 1995, 15, 73-93.
 15. Genest J.: Lipoprotein disorders and cardiovascular risk. J. Inherit. Metab. Dis., 2003, 26, 267-287.
 16. Koletzko B.: Trans fatty acids may impair biosynthesis of long-chain polyunsaturates and growth in man. Acta Paediatr., 1992, 81, 302-306.
 17. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Official Methods of Analysis, 19th Ed., Washington, USA 1990, Method No 905.02, p. 811.
 18. EN:ISO 5509:2000 Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Przygotowanie estrów metyloowych kwasów tłuszczowych. 2000.
 19. PN-EN ISO 5508. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metyloowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej. 1996.
 20. Martysiak-Żurowska D.: Content of odd-numbered carbon fatty acids in the milk of lactating women and in infant formula and follow-on formula. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 2008, 7(2), 75-84.
 21. Mojska H., Socha P., Socha J., Sopińska E., Jaroszevska-Balicka W., Szponar L.: Trans fatty acid in human milk in Poland and their association with breastfeeding mothers' diets. Acta Paediatr., 2003, 92, 1381-1387.
 22. Friesen R., Innis S.M.: Trans fatty acids in human milk in Canada declined with the introduction of trans fat food labelling. J. Nutr., 2009, 2558-2561.
 23. Mosley E.E., Wright A.L., McGuire M.K., McGuire M.A.: Trans fatty acids in milk produced by women in the United States. Am. J. Clin. Nutr., 2005, 82, 1292-1297.
 24. Dlouhy P., Tvrzicka E., Stankova B., Buchtikova M., Pokorny R., Wiererova O., Bilkova D., Rambuskova j., Anđel M.: Trans fatty acids in subcutaneous fat of pregnant women and in human milk in the Czech Republic. Ann. N Y Acad. Sci., 2002, 967, 544-547.
 25. Precht D., Molzentin J.: C18:1, C18:2 and C18:3 trans and cis fatty acid isomers including conjugated cis D9,trans D11 linoleic acid (CLA) as well as total fat composition of German human milk lipids. Nahrung 1999, 43, 233-244.
 26. Chen Z.Y., Kwan K.Y., Tong K.K., Ratnayake W.M., Li H.Q.: Brest milk fatty acids composition: a comparative study between Hong Kong and Chongqing Chinese. Lipids, 1997, 32, 1061-1067.
 27. Ziemiański Ś., Socha P.: Normy i zalecenia dotyczące spożycia tłuszczów ze szczególnym uwzględnieniem dzieci oraz kobiet ciężarnych i karmiących. Pediatria współczesna. Gastroenterologia, Hepatologia i Żywnienie Dziecka 1999, 1,2/3, 139-148.
 28. Smit E.N., Martini I.A., Mulder H., Boersma E.R., Muskiet F.A.: Estimated biological variation of the mature human milk fatty acid composition. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids, 2002, 66(5-6), 549-555.
 29. Sauerwald T.U., Demmelmair H., Koletzko B.: Polyunsaturated fatty acid supply with human milk. Lipids, 2001, 36(9), 991-996.

Adres do korespondencji:

Dorota Martysiak-Żurowska

Katedra Chemii, Technologii i Biotechnologii Żywności

Wydział Chemiczny PG

ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

tel. (58) 347-13-06

dorota.martysiak-zurowska@pg.gda.pl

