母乳中のトランス酸および共役リノール酸含量

古賀 民穂^{*1}・月森 清己^{*2}・中野 仁雄^{*2}
野中美智子^{*3}・鎌田 千束^{*4}・菅野 道廣^{*4}

^{*1} 中村学園大短期大学部 (〒814-0198 福岡県福岡市城南区別府 5-7-1)

^{*2} 九州大学医学研究科生殖病態生理学 (〒812-8582 福岡県福岡市東区馬出 3-1-1)

^{*3} 九州大学大学院生物資源環境科学研究科 (〒812-8582 福岡県福岡市東区箱崎 6-10-1)

^{*4} 熊本県立大学環境共生学部 (〒862-8502 熊本県熊本市月出 3-1-100)

Trans Fatty Acid and Conjugated Linoleic Acid Content in Human Milk

Tamiho KOGA^{*1}, Kiyomi TSUKIMORI^{*2}, Hitoo NAKANO^{*2}, Michiko NONAKA^{*3},
Chizuka KAMATA^{*4} and Michihiro SUGANO^{*4}

^{*1} Nakamura Gakuen Junior College

(5-7-1, Befu, Jyonan-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka-ken 814-0198)

^{*2} Department of Obstetrics and Gynecology, Graduate School of Medical Science, Kyushu University
(3-1-1, Maedashi, Higashi-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka-ken 812-8582)

^{*3} Division of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Graduate School of Kyushu University
(6-10-1, Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka-ken 812-8582)

^{*4} Faculty of Environmental and Symbiotic Sciences, Prefectural University of Kumamoto
(3-1-100, Tsukide, Kumamoto-shi, Kumamoto-ken 862-8502)

Abstract : Matured human milk from healthy mothers was studied for *trans* and conjugated fatty acid (CLA) and prostaglandin E₂ content. Average fat content was 2.74 g/100 ml, somewhat less than that reported for milk in Japanese mothers. Cholesterol and phospholipids showed essentially average values. In total fatty acids, *trans* acid was 1.18% on the average (0.61 to 2.22%), which is slightly less than for Western countries. The content of *trans* acid was unrelated to that of PGE₂. CLA was approximately 0.3% of total fatty acids, but varied marked from 0.1 to 0.7%. Raw cows milk contained 0.3% total fatty acids as CLA (about 12 mg/g fat) and the particular strain of cow and time of milking appeared determining factors. Values for city milk was comparable to those of raw milk.

Key words : human milk, *trans*-fatty acid, conjugated linoleic acid, prostaglandin E₂

1 緒 言

母乳中のトランス型不飽和脂肪酸(トランス酸)含量については、トランス酸の多価不飽和脂肪酸代謝への影響を考慮して、諸外国でいくつかの報告がなされている^{1),2)}。わが国における母乳中のトランス酸量については、米久保らが赤外線吸収スペクトル法による測定で、脂質中4~6%含まれると報告している³⁾。また、炭原らは3人の母親の初乳、移行乳および成熟乳のトランス

酸をキャピラリーガスクロマトグラフィーで測定し、それぞれ1.7、1.4および1.6%と報告し、米久保らに比べて低値であったとしている⁴⁾。当然のことながら、母乳中のトランス酸含量は授乳婦のトランス酸摂取量に依存している^{1),2)}。日本人では欧米の値より低値を示す。なお、一般に赤外線スペクトル法ではトランス酸値は高値を与える傾向がある⁵⁾。

一方、トランス酸と同様に食事に由来する脂肪酸として共役リノール酸(CLA)がある。この脂肪酸は、反芻動物由来のものが主であるが、日本人の摂取量についてはこれまで知られていない。欧米では牛乳および人乳

中の CLA 含量については多くの報告がある^{6)~8)}。

著者らは母乳を取得する機会があったので、母乳のトランス酸および CLA 含量ならびにプロスタグランジン濃度について測定し、基礎情報を求めた。なお、いくつかの牛乳試料についても CLA 含量を測定した。

2 試料および実験方法

2.1 供 試 乳

九州大学医学研究科生殖病態生理学において得られた、健康な母親 21 名 (21~35 歳, 平均年齢 29.1 歳) の成熟乳 (分娩 25~31 日後) を試料として用いた。また、九州東海大学農学部および熊本県畜産研究所から提供された生乳 (平成 9 年 12 月, ホルスタイン, ガンジーおよびジャージー種) ならびに普通牛乳についても分析した。

2.2 脂質の抽出および脂質成分の測定

母乳、牛乳とも Folch らの方法⁹⁾で抽出した脂質について、総脂質は重量法、トリグリセリドはアセチルアセトン法¹⁰⁾、リン脂質は Gomori 法¹¹⁾、コレステロールは Sperry & Webb 法¹²⁾で測定した。なお、牛乳についてはゲルペル法で脂肪率を測定した。

2.3 脂肪酸組成の測定

脂肪酸は母乳、牛乳からの抽出脂質を 3 フッ化ホウ素メタノール溶液でメチル化し、島津 GC-8 A 型ガスクロマトグラフを用い、CP-Sil 88 (0.25 mm × 50 m) カラムで、カラム温度は 180~220°C (昇温速度 10°C/分) の条件で分析した。CLA の分析には、島津 GC-17 A ガスクロマトグラフを用い、Supelcowax-10 (0.32 mm × 60 m) カラムで、カラム温度は 150°C で 2 分間保持後、4°C/分の条件で 220°C まで昇温して分析した。両ガスクロマトグラフィーの分析データに基づいて CLA 含量を算出した。すなわち、脂肪酸組成を CP-Sil 88 カラムで得られたチャートから求め、CLA 含量はこのカラムでのリノール酸 % 値と Supelcowax-10 カラムのリノール酸と CLA の合計 % 値を同じとして求めた。

2.4 プロスタグランジンの測定

母乳の PGE₂ 濃度は市販のキット (NEK-020, NEN Research Products, Boston, MA) を用い、ラジオイムノアッセイ法で測定した。

3 結果および考察

3.1 母乳の脂肪量および脂質組成について

分析結果は Table 1 にまとめている。母乳の脂肪含量は平均 2.74 (1.7~4.4) g/100 ml で、日本人の平均値である 3.5 g/100 ml¹³⁾ よりいくらか低かった。トリグリセリドは総脂質の約 98% を占めた。コレステロールは平均 14.9 mg/100 ml で、井戸田ら¹⁴⁾ の値と近似し、平均的な値であった。リン脂質は平均 17.8 mg/100 ml で、

Table 1 Lipids Contents of Human Milk.

No.	Chol (mg/100ml)	PL (mg/100ml)	TG (g/100ml)	TL (g/100ml)
1	12.9	13.3	2.25	2.3
2	16.2	17.6	3.03	3.1
3	18.6	18.0	3.62	3.7
4	13.2	19.1	1.85	1.9
5	12.2	18.0	1.96	2.0
6	13.4	16.1	2.94	3.0
7	13.1	13.2	2.63	2.7
8	15.6	18.0	2.15	2.2
9	16.0	13.6	3.63	3.7
10	16.0	17.1	2.84	2.9
11	16.2	19.6	3.14	3.2
12	15.6	16.9	1.65	1.7
13	13.3	14.6	1.85	1.9
14	15.6	17.8	3.23	3.3
15	14.1	18.6	2.55	2.6
16	14.5	19.6	2.16	2.2
17	13.0	18.7	2.94	3.0
18	15.7	21.1	4.30	4.4
19	15.5	21.2	2.94	3.0
20	15.2	21.2	2.16	2.2
21	17.9	21.4	2.55	2.6
Average	14.9	17.8	2.68	2.7
SD	1.70	2.50	0.68	0.7

やや低い傾向にあった。

3.2 母乳の脂肪酸組成およびトランス酸量

脂肪酸組成を Table 2 に示した。組成は多くの報告^{4), 13), 15)}と類似しており、量的に多いのはヘキサデカン酸 (16:0)、オクタデセン酸 (18:1) およびオクタデカジエン酸 (18:2) であった。トランス酸は *t*-18:1 が主で、平均 1.18% (0.61~2.22%) で、炭原ら⁴⁾の測定値 1.6% より低かった。母乳中のトランス酸は *t*-18:1 脂肪酸がほとんどであるが、母乳のこの脂肪酸について、Wolff ら¹⁶⁾はこれまで報告された値を検討し、多くは正確ではなく、極性キャピラリーカラムを用いたガスクロマトグラフィーで得られた値は 25~40% 低い値を与えたとし、銀イオン薄層クロマトグラフィーとキャピラリー GLC を組み合わせることによってより正確に *t*-18:1 を定量することが出来ると述べている。この方法を適用した分析で、Wolff¹⁷⁾および Chardigny¹⁸⁾はフランス人の母乳中の *t*-18:1 は総脂肪酸あたり平均 1.99% であるとしている。一方、Chen ら¹⁹⁾はカナダでは 6.6% であったと報告している。今回の *t*-18:1 の値はいままでのが国での報告値^{3), 4)}のなかで最も低いものであった。*t*-18:1 の分析がキャピラリーカラムのみ

Table 2 Fatty Acid Composition of Human Milk (%).

No Fatty acid	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Average	SD
C10:0		0.7			0.4	0.6	0.5	1.2				0.4				1.3			0.7		0.5	0.7	0.3
C12:0	5.4	9.6	2.1	3.0	5.2	6.6	7.5	6.9	2.6	2.8	2.4	2.4	5.5	2	2.9	9.4	3.5	3.5	3.8	2.3	6.0	4.5	2.4
C14:0	7.7	13.0	3.5	6.5	8.3	8.4	10.7	8.3	4.0	3.8	2.9	3.4	8.2	5.5	4.5	11.7	7.3	4.7	5.3	5.2	8.7	6.7	2.9
C16:0	24.7	24.6	19.5	28.7	22.7	23.7	23.3	27.1	23.9	23.5	23.0	23.2	24.2	28.6	25.3	23.8	24.3	18.7	23.1	25.4	30.2	24.4	2.7
C16:1	3.2	3.0	2.2	2.9	1.4	3.3	1.6	4.1	2.2	3.5	3.1	2.4	2.4	3.0	3.1	4.0	1.9	2.0	3.2	2.4	3.0	2.8	0.7
C18:0	5.1	6.3	5.0	6.5	7.5	5.8	4.5	6.6	4.9	5.7	5.7	6.0	5.9	5.8	5.9	3.8	7.2	5.0	6.0	6.2	5.2	5.7	0.9
t-C18:1	0.7	1.2	1.4	2.2	1.0	0.8	0.9	1.5	1.1	0.9	0.9	1.6	0.8	0.7	1.5	1.7	1.7	0.6	1.2	1.0	1.5	1.2	0.4
C18:1	35.7	29.8	41.5	33.9	34.3	34.1	31.3	31.1	43.6	42.3	43.2	44.6	36.3	35.2	40.7	31.8	35.5	41.8	38.1	40.4	28.7	36.8	4.9
C18:2	13.2	9.1	20.3	10.4	14.7	13.4	15.2	10.8	12.1	13.5	15.2	12.7	10.6	11.4	13.2	10.1	11.2	17.7	13.1	12.0	9.3	12.8	2.7
C18:3	1.4	1.1	2.7	1.1	2.1	1.2	1.7	1.0	1.9	1.5	1.5	1.7	1.5	1.4	1.5	1.0	1.7	4.6	2.2	1.5	1.3	1.7	0.8
C20:0	0.4			0.3	0.4	0.4	0.5		0.8	0.5	0.4	0.7	0.6	0.5			0.4			0.6	0.4	0.5	0.2
C20:4	0.4			0.6	0.3	0.4	0.5		0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.7			0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.1
C22:1	0.3			0.4	0.3				0.6				0.5	0.6			0.3		0.5	0.7	0.4	0.5	0.2
C22:6	0.9	1.0	0.5	1.1	0.8	1.0	1.1	0.9	1.1	0.9	0.7	0.8	1.2	2.0	1.4	0.8	1.1	1.5	1.5	1.3	1.3	1.1	0.3
CLA	0.2	0.1	ND	0.3	0.2	0.2	ND	ND	ND	0.8	ND	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.7	0.3	0.4	0.2	0.6	0.3	0.2

によるものであったことが関連する可能性は否定できないかも知れないが、母乳中のトランス酸含量が摂取するトランス酸の量に左右されることから^{17), 20)~22)}、今回の母乳提供者はトランス酸摂取量が少なかったことが十分考えられる。事実、ナイジェリア、スペインおよびスーダンのキャピラリーカラムで測定した値より高いものであった¹⁶⁾。カナダ人での値に比べると大変低かったが、これはトランス酸摂取量を反映しているものであろう。日本人の1人1日当たりのトランス酸摂取量は1.8g程度でかなり少ない^{23), 24)}。Craig-Schmidtら²²⁾によるアメリカ人母乳中のトランス酸含量(%) (y) と泌乳前日のトランス酸摂取量(%) (x) との関係式、 $y=1.49+0.42x$ からみても、総脂肪酸中で1.49%以上のトランス酸を摂取していることが前提となっている。今回の分析でこの関係式が適用できる例は、21試料中6試料に過ぎず、最大値を示した例(2.22%)でもトランス酸摂取量の計算値は1.7gであった。

3.3 母乳プロスタグランジンE₂

プロスタグランジン類は母乳に見い出され、幼児の胃腸管の機能に関与する²⁵⁾、その産生異常は幼児に悪影響をもたらすと考えられる。Craig-Schmidtら²²⁾は、水素添加油脂摂取前後での母乳中のPGF₂、PGE₂濃度に差は認めていない。今回17名の母乳のPGE₂濃度を測定したところ、平均279pg/mlであった(Table 3)。乳幼児においてトランス酸の摂取は血清リン脂質中のアラキドン酸レベルを低下させる可能性が示唆されている^{1), 2)}、*t*-18:1とアラキドン酸およびプロスタグランジンE₂との相関を検討したが、有意な相関は認められなかった(Fig. 1)。

3.4 母乳および牛乳の共役リノール酸含量

Table 2に示すように、母乳の総脂肪酸中に占めるCLAの割合は平均で0.3%であったが、個人差(0.1~0.8%)が非常に大きかった。アメリカ人の母乳ではCLA含量は、3.5mg/脂肪gとの報告がある²⁶⁾。同じ単

Table 3 Prostaglandin E₂ Content of Human Milk.

No.	PGE ₂ (pg/ml)
1	296
2	278
3	316
4	302
5	313
6	365
7	382
8	266
9	324
10	204
11	202
12	234
13	365
14	346
15	121
16	186
17	244
Average	279
SD	72

位で表わすと、今回の結果は約7mg/脂肪gと計算され、ほぼ対比できる値であった。なお、CLAの主成分は9*c*/11*t*あるいは9*t*/11*c*異性体で、10*c*/12*t*あるいは10*t*/12*c*がこれに次いだ。母乳のCLA含量とトランス酸含量との間にも有意な相関は認められなかった。一方、牛乳(生乳)中の総脂肪酸あたりのCLA含量は乳牛種によりいくらか差はあるものの、ほぼ0.3~0.4%程度であった(Table 4)。普通牛乳では0.3%以下であり、この値は、脂肪当たりの量に換算すると10mg/脂肪g前後となり、諸外国での測定値^{8), 27)~29)}に比べいくらか高いレベルであった。牛乳中のCLA含量は飼料の種類に影響されることが知られている²⁹⁾。なお、ガンジー

Fig. 1 Correlation between *t*-18:1 and Arachidonic Acid Content (A) and between *t*-18:1 and Prostaglandin E₂ content (B).

Table 4 Conjugated Linoleic Acid Content of Cow's Milk.

Cow's milk	CLA (% of total fatty acids)
Holstein (4)	0.33 ± 0.05
Guernsey (4)	0.42 ± 0.10
Jersey (6)	0.33 ± 0.02
City milk (4)	0.29 ± 0.02

種だけではあるが、CLA 含量は朝集乳 (平均 0.47%) で夕集乳 (0.33%) よりいくらか高い傾向が見られた。普通牛乳については平均 0.29% であり、生乳と同じレベルであった。

4 総 括

健康な母親 21 名の成熟乳の脂質、トランス酸および共役リノール酸の含量、ならびにプロスタグランジン濃度を測定した。総脂質量は平均 2.74 (1.7~4.4) g/100 ml で、日本人母乳の平均値よりかなり低かったが、コレステロールおよびリン脂質含量は平均的であった。総脂肪酸中でのトランス酸の割合は 1.18% (0.64~2.22%) で、1985 年の報告値 (1.6%) より低く、かつ、欧米での測定値よりかなり低値であった。プロスタグランジン E_2 濃度とトランス酸含量との間に相関は認められなかった。共役リノール酸の含量は総脂肪酸中平均 0.3% であったが、個人差が大きかった (0.1~0.8%)。生乳の共役リノール酸含量は乳牛の種類、搾乳時間などにより影響されるようであったが、平均して 0.3% 前後であった (約 12 mg/g 脂肪)。普通牛乳でも同等であった。

謝 辞

母乳を提供された方々ならびに生乳を提供された東海大学農学部および熊本県畜産試験場に深謝する。

(受付: 1999 年 8 月 13 日, 受理: 1999 年 11 月 11 日)

文 献

- 1) B. Koletzko, *Acta Paediatr.* 81, 302 (1992).
- 2) B. Koletzko, *Eur. J. Med. Res.* 1, 123 (1995).
- 3) 米久保明得, 山本良郎, 飯田耕司, 高橋 新, 土屋文安, *小児保健研究*, 40, 547 (1981).
- 4) 炭原加代, 橋本 皓, *大阪府立看護短大紀要*, 7, 65 (1985).
- 5) 岡本隆久, 堤 崇史, 東海林 茂, 荏原 紘, 丸山武紀, 新谷 勲, 菅野道廣, *日本油化学会誌*, 投稿中
- 6) H. Lin, T.D. Boylston, M.J. Chang, L.D. Leudecke, T.D. Shulz, *J. Dairy Sci.*, 78, 2358 (1995).
- 7) A.C. Fogerty, G.L. Ford, D. Svoronos, *Nutr. Rep. Int.* 38, 937 (1988).
- 8) M.K. McGuire, Y. Park, R.A. Behre, R.N. Ibcic, Y.L. Harrison, T.D. Shultz, M.A. McGuire, *Nutr. Res.*, 17, 1277 (1997).
- 9) J. Folch, M. Lees, G.H. Sloane-Stanley, *J. Biol. Chem.*, 226, 497 (1957).
- 10) M.J.A. Fletcher, *Clin. Chim. Acta*, 22, 393 (1968).
- 11) G. Gomori, *J. Lab. Clin. Med.*, 27, 955 (1942).
- 12) W.M. Sperry, M. Webb, *J. Biol. Chem.*, 187, 97 (1950).
- 13) 科学技術庁資源調査会編, 四訂日本標準成分表, 医歯薬出版 (株), (1998).
- 14) 井戸田 正, 桜井稔夫, 菅原牧裕, 松岡康浩, 石山由美子, 村上雄二, 森口宏康, 竹内政弘, 下田幸三, 浅居良輝, *日本小児栄養消化器病学会雑誌*, 5, 159 (1991).
- 15) 八尋政利, 村上雄二, 皆川憲夫, 阿部建吉, *栄食誌*, 41, 263 (1988).
- 16) R.L. Wolff, D. Precht, J. Molkentin, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 75, 661 (1998).
- 17) R.L. Wolff, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 72, 259 (1995).
- 18) J.M. Chardigny, R.L. Wolff, E. Marger, J.L. Sebedio, L. Martine, P. Juaneda, *Eur. J. Clin. Nutr.*, 49, 523 (1995).
- 19) Z.-Y. Chen, G. Pelletier, R. Hollywood, W.M.N. Ratnayake, *Lipids*, 30, 15 (1995).
- 20) H.P. Kaufmann, E. Volbert, G. Mankel, *Fette Seifen Anstichm*, 63, 261 (1961).
- 21) J.M. Aitchison, W.L. Dunkley, N.L. Canolty, L.M. Smith, *Am. J. Clin. Nutr.*, 30, 2006 (1977).
- 22) M.C. Craig-Schmidt, J.D. Weete, S.A. Faircloth, M.A. Wickwire, E.J. Livant, *Am. J. Clin. Nutr.*, 39, 778 (1984).
- 23) 古賀民穂, 竹内知代, 菅野道廣, *栄食誌*, 50, 180 (1997).
- 24) 岡本隆久, 木下葉子, 兼松 弘, 新谷 勲, 菅野道廣, *油化学*, 42, 996 (1993).
- 25) B. Reid, H. Smith, Z. Friedman, *Pediatrics*, 66, 870 (1980).
- 26) S.F. Chin, W. Liu, J.M. Storkson, Y.L. Ha, M.W. Pariza, *J. Fd. Composition Anal.*, 5, 185 (1992).
- 27) J. Jiang, L. Bjorck, R. Fonden, *Int. Dairy J.*, 7, 863 (1997).
- 28) J. Fritsche, H. Steinhart, Z. Lebensm. Unters. Forsch. A., 206, 77 (1998).
- 29) J. Jiang, L. Bjoerck, R. Fonden, M.E. Emanuelson, *J. Dairy Sci.*, 79, 438 (1996).

[報文] ホスホリパーゼ A₂ による大豆ホスファチジルコリンの加水分解

山下政統・足立秀哉・徳力尚美
太陽化学(株)総合研究所(〒510-0844 三重県四日市市宝町1-3)

ホスホリパーゼ A₂ を用いた大豆ホスファチジルコリン (S-PC) のリゾホスファチジルコリンへの静置加水分解反応を、種々の条件下で検討した。加水分解率は、高速液体クロマトグラフ法 (HPLC) で、ホスファチジルコリン (PC) とリゾホスファチジルコリン (LPC) を分析して求めた。この HPLC 法は、S-PC の加水分解において PC と LPC を分析するのに簡単に迅速に行える再現性のある方法であった。S-PC の加水分解率は、反応温度、反応時間、CaCl₂ 濃度、緩衝液の種類に依存した。S-PC は、Tris- 塩酸緩衝液の方が H₃BO₃-KCl-NaOH 緩衝液、NaH₂PO₄-Na₂HPO₄ 緩衝液、Na₂HPO₄-クエン酸緩衝液よりも簡単に加水分解を受けた。ホスホリパーゼ A₂ による S-PC の最適加水分解条件は、Tris- 塩酸緩衝液；pH8, CaCl₂；0.3wt% /S-PC, 60℃, S-PC / 水溶液；1/2 (g/mL), ホスファリパーゼ A₂；101U であった。

(連絡者：山下政統) Vol.49, No.2, 151 (2000)

[報文] 母乳中のトランス酸および共役リノール酸含量

古賀民穂^{*1}・月森清己^{*2}・中野仁雄^{*2}
野中美智子^{*3}・鎌田千束^{*4}・菅野道廣^{*4}

*1 中村学園大短期大学部 (〒814-0198 福岡県福岡市城南区別府5-7-1)

*2 九州大学医学研究科生殖病態生理学 (〒812-8582 福岡県福岡市東区馬出3-1-1)

*3 九州大学大学院生物資源環境科学研究科 (〒812-8582 福岡県福岡市東区箱崎6-10-1)

*4 熊本県立大学環境共生学部 (〒862-8502 熊本県熊本市月出3-1-100)

健康な母親21名の成熟乳の脂質、トランス酸含量および共役リノール酸ならびにプロスタグランジン濃度を測定した。総脂肪量は平均2.74 (1.7～4.4) g/100mlで、日本人母乳の平均値よりかなり低かったが、コレステロールおよびリン脂質含量は平均的であった。総脂肪酸中でのトランス酸の割合は1.18% (0.61～2.22%)で、1985年の報告値(1.6%)より低かった。この値は欧米での測定値よりかなり低値であった。プロスタグランジン E₂ 濃度とトランス酸含量との間に相関は認められなかった。共役リノール酸の含量は総脂肪酸中平均0.3%であったが、個人差が大きかった (0.1～0.8%)。生乳の共役リノール酸含量は乳牛の種類、搾乳時間などにより影響されるようであったが、平均して0.3%前後であった (約12mg/g 脂肪)。普通牛乳でも同等であった。

(連絡者：古賀民穂) Vol.49, No.2, 157 (2000)