

## 수유 기간의 경과에 따른 인유 트리글리세리드의 지방산 조성, 아실 탄소수 및 종의 변화

윤 태 현 · 임 경 자

한림대학 부설 임상영양연구소  
(1984년 12월 29일 접수)

## Changes in Total Fatty Acids, Total Number of Fatty Acid Acyl Carbon Atoms and Species of Triglycerides from Human Milk Lipids during the Course of Lactation

Tai-Heon Yoon and Kyung-Ja Im

Clinical Nutrition Research Center, Hallym College, Seoul, Korea

(Received December 29, 1984)

### Abstract

The fatty acid composition, total number of fatty acid acyl carbon atoms and species of triglycerides from human milk samples obtained during 70 days of lactation from 39 mothers were determined by argentation thin-layer and gas chromatographic procedures. The medium- and long-chain saturated fatty acids(8:0, 10:0, 12:0 and 14:0) which are formed exclusively by synthesis within mammary gland increased significantly from colostrum to mature milk. Long-chain saturated fatty acids(16:0, 22:0 and 24:0) were significantly higher than the levels found in transitional and mature milk. The precursors of  $\omega$  6- and  $\omega$  3-series, 18:2  $\omega$  6 and 18:3  $\omega$  3, were increased slightly in progressing lactation. Colostrum contained significantly higher proportions of 18:1  $\omega$  9 and  $\omega$  6- and  $\omega$  3-derived long-chain polyunsaturated fatty acids than transitional milk, and these levels were further reduced in mature milk. The triglycerides of human milk lipids which were made up of 30-60 acyl carbon atoms showed a pattern with major contributions made by the glycerides with 44-52 acyl carbon atoms. The levels of triglycerides with less than 46 acyl carbon atoms increased significantly with the elapse of lactation period, whereas those with more than 50 acyl carbon atoms decreased significantly. The fully saturated triglycerides increased significantly as the lactation proceeded, but the dienoic triglycerides declined significantly.

### 서 론

인유의 지방질 성분 중에서 트리글리세리드는 수유 기간의 경과에 따라 증가하는데 초유에서는 93%,

성숙유 단계에서는 96%로서 지방질의 거의 대부분을 차지하고 있는 중요한 성분이다.<sup>1)</sup> 트리글리세리드는 인체 내에서 소화시 결합된 지방산이 분해되어 유리 지방산의 상태가 아닌 트리글리세리드의 상태

로 지방질 분해 효소의 작용을 받기 때문에 트리글리세리드의 구조는 이것의 소화 및 흡수 속도에 직접 영향을 미치는 중요한 인자이다. 트리글리세리드의 구조는 1, 2, 3 위치에 결합된 지방산의 종류와 그 합량에 의하여 결정된다. 그러므로 트리글리세리드의 지방산의 아실 탄소수와 위치별 지방산의 분포 상황, 트리글리세리드 한 분자당 결합된 지방산의 이중 결합수, 그리고 이중 결합수에 따른 아실 탄소수나 위치별 지방산의 종류 등을 조사하면 트리글리세리드의 구조를 파악할 수가 있다.<sup>2)</sup>

인유의 트리글리세리드에 대한 연구는 우유에 비하여 훨씬 적은데 박종 크로마토그래피, 가스 크로마토그래피, 효소에 의한 가수분해 등의 방법으로 전술한 항목들을 조사하여 트리글리세리드의 구조를 파악하고자 하였다.<sup>3,4)</sup> 성숙유의 트리글리세리드의 총지방산 조성을 23개월 동안 조사한 Lauber와 Reinhartd<sup>5)</sup>의 연구와 아실 탄소수를 초유, 이행유, 성숙유에 대하여 조사한 Watts와 Dils<sup>6)</sup>의 연구 등을 제외하면 기타의 연구 대부분은<sup>3,4,7)</sup> cross-sectional study로서 수유 시기가 성숙유에 제한되어 있고 대상자수가 적어 발표된 결과를 대표치로 이용하기에는 곤란한 점이 많다고 본다. 따라서 본 연구에서는 보다 많은 대상자들로부터 분만 후 70일 까지 longitudinal로 채취한 시료에 대하여 트리글리세리드의 총지방산 조성과 아실 탄소수, 트리글리세리드 한 분자당 결합된 이중 결합수 등을 조사하여 수유 기간의 경과에 따른 인유 트리글리세리드의 구조 변화를 살펴보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 연구 대상

한림대학 부속 한강성심병원 산부인과를 내방하여 만기에 정상아를 분만한 중류층 산모들을 대상으로 하였는데 본 연구에 참여 의사를 밝힌 39명을 선발하였다. 본 연구 대상자들은 본인의 식습관에 따라 자유 섭취하는 산모들로서 초산부가 21명, 경산부가 18명으로 평균 나이는 26.5세였다.

### 인유의 채취 시기 및 그 방법

분만 직후부터 5일 사이(초유), 분만 후 6일에서 10일 사이(이행유), 분만 후 28일에서 35일 사이(성숙유 I), 그리고 분만 후 57일에서 70일 사이(성숙유 II)에 오전 9시에서 12시경 착유기로 유방의

위치에 관계없이 유아에게 젖 먹이기 전 수유부 임의 대로 한쪽 유방의 유즙을 전량 채취하였다.

### 트리글리세리드의 분리

Jansson 등<sup>8)</sup>의 방법에 따라 추출한 총지방질 20 mg을 25 μl microsyringe로 실리카겔 60이 도포되어 있는 TLC판(20×20 cm, 두께 0.25mm; Merck 사 제품, 독일)에 폭 3 mm로 도포한 후 실온에서 풍건시켰다. 다음에 전개 용매로 석유 에테르/에틸 에테르/빙초산(82:18:1, v/v/v)을 사용하여 25°C에서 50분간 전개시킨 뒤 풍건시킨 다음 UV 램프(Black-Ray B-100 A; Ultra-violet products 사 제품, 미국)로 트리글리세리드의 위치를 확인한 후 트리글리세리드의 부분을 시험판에 긁어 모아 클로로포름으로 추출하였다.

### 트리글리세리드의 지방산 조성

트리글리세리드의 지방산의 transesterification은 Gibson과 Kneebone의 방법에<sup>9)</sup> 따라 행하였으며 분석 조건 중 판의 초기 온도 93°C에서 최종 온도 185°C 까지 1분당 2°C 상승시킨 것과 주입구 및 검출기의 온도를 240°C, 수소 유량을 분당 41 ml, 질소 유량을 분당 43 ml 그리고 공기 유량을 분당 560 ml로 한 것 이외의 기타 제조조건은 인유 총지방질의 지방산 분석 시에 설정한 것과<sup>1)</sup> 동일하다. 지방산의 동정 및 정량도 역시 전보와<sup>1)</sup> 동일하다.

### 트리글리세리드의 아실 탄소수

트리글리세리드의 아실 탄소수는 전술한 트리글리세리드의 추출액을 농축하여 석유 에테르 0.5 ml에 녹인 후 이액 1.5 μl를 가스 크로마토그래피에 주입하여 분석하였는데 이 때의 조건은 다음과 같다. 사용한 기기는 수소염 이온화 검출기가 부착된 Hitachi 163 가스 크로마토그래피이며, 판은 stainless steel 판(1 m×3 mm, id)으로서 충진제로 2% Silicone OV-17(담체: 60-80 메쉬의 Chromosorb WAW, DMCS)을 사용하였다. 판의 초기 온도는 220°C였으며 이 온도에서 2분간 기다린 후 판의 최종 온도 330°C까지는 분당 2°C 상승시켰다. 시료 주입구 및 검출기의 온도는 400°C, 질소 유량은 분당 66 ml, 수소 유량은 분당 55 ml, 공기 유량은 분당 560 ml, 감도는 10<sup>2</sup>×8 그리고 기록지 속도는 분당 5 mm였다.

아실 탄소수의 피아크 확인은 tricaprin(아실 탄소수 30개), trilaurin (36개), trimyristin(42개), trip-

almitin(48개), tristearin(54개) 등의 일부 트리글리세리드 표준품들(Sigma사 제품, 미국)의 머무름 시간을 근거로 하여 행하였다. 그리고 아실 탄소수의 피이크 면적과 각 피이크 면적의 백분율은 적분기(TR-2220A ; Takeda理研공업주식회사, 일본)로 계산하였다.

### 트리글리세리드의 종

트리글리세리드 한 분자당 결합된 2종 결합수에 따른 트리글리세리드의 종은 田中 등의<sup>10)</sup> 방법에 따라 12.5% 질산은 용액에 10분 동안 담근 후 120°C에서 2시간 가열하여 활성화시켜 놓은 chromarod-S II (Iatron주식회사 제품, 일본)에 25 μg의 트리글리세리드를 함유하고 있는 클로로포름 용액 1 μl를 microsyringe로 spot한 후 사이클로헥산/클로로포름(80:20, v/v)으로 실온에서 2시간 전개시켰다. 전개를 끝낸 뒤 100°C에서 10분 동안 전조하여 용매를 제거한 다음 TLC-FID법<sup>11)</sup>으로 분석하였다. 이 때 기록지 감도 중 크로마토그램에 대하여 50 mV full

scale로 한 것만 제외하고 기타 제조진은 총지방질 조성의 분석시에 이용하였던 것<sup>11)</sup>과 동일하다. Chromarod-S II에 분리된 트리글리세리드의 종은 tripalmitin(이중 결합수 0개), triolein(3개), trilinolein(6개) 등의 트리글리세리드 표준품들(Sigma사 제품, 미국)의 Rf치를 근거로 하여 확인하였다. 확인된 각 종의 함량은 이들 각 종의 피이크 적분 곡선의 총높이로부터 구한 백분율로 표시하였다.

### 통계 분석

인유의 각 수유 단계별의 평균 값들의 상호 비교 시 유의성 검정은 Student t-test로 행하였다.

### 결 과

본 연구 기간 중 사정상 일부 대상자들로부터 4회의 시료 채취를 전부 하지 못하였으며, 각 개체의 트리글리세리드의 시료를 혼합하지 않은 상태에서 지방산 조성, 아실 탄소수, 종 등의 분석에 부족한

**Table 1. Changes in saturated fatty acid composition (% of total fatty acids) of triglycerides from human milk lipids during the course of lactation**

Fatty acid <sup>a</sup>	Colostral (n=16)	Transitional (n=19)	Mature I <sup>b</sup> (n=17)	Mature II <sup>c</sup> (n=17)
8:0	0.08±0.02 <sup>d</sup>	0.14±0.06****	0.18±0.08****	0.17±0.05****
10:0	0.29±0.14	1.43±0.54****	2.16±0.64**** <sup>##</sup>	2.01±0.153**** <sup>##</sup>
11:0	trace	0.01±0.01**	0.01±0.00****	trace <sup>##</sup>
12:0	2.41±0.98	7.35±2.88****	9.87±3.76**** <sup>+</sup>	9.30±3.02****
13:0	0.01±0.01	0.02±0.01***	0.02±0.01***	0.02±0.03**
iso 14:0	0.04±0.03	0.04±0.05	0.03±0.02	0.03±0.02
14:0	5.74±2.04	8.76±3.42***	9.88±4.11***	9.37±3.50****
anteiso 15:0	trace	trace	trace	trace
15:0	0.20±0.05	0.22±0.06	0.19±0.07	0.21±0.10
iso 16:0	0.06±0.04	0.05±0.03	0.06±0.05	0.05±0.04
16:0	30.60±3.70	25.86±3.21****	25.02±3.33****	26.92±4.20*
anteiso 17:0	0.06±0.03	0.04±0.04	0.04±0.05	0.05±0.06
17:0	0.28±0.08	0.27±0.10	0.29±0.11	0.28±0.11
iso 18:0	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.03	0.01±0.01
18:0	5.76±1.19	5.15±1.53	5.68±2.24	5.71±1.05
20:0	0.20±0.09	0.15±0.12	0.17±0.10	0.17±0.15
22:0	0.03±0.02	0.02±0.02	0.01±0.01****	0.02±0.02
24:0	0.09±0.03	0.05±0.05***	0.02±0.03**** <sup>+</sup>	0.02±0.01**** <sup>+</sup>
Total	45.29±6.87	49.49±6.93	53.52±9.24***	55.08±7.00**** <sup>+</sup>

<sup>a</sup>The numbers to the left of the colon indicate the number of carbons in chain, and the number to the right of the colon indicates the number of double bonds. <sup>b</sup>From 28 to 35 days postpartum. <sup>c</sup>From 57 to 70 days postpartum. <sup>d</sup>Mean±SD. \*Less than 0.004%. Transitional, matures I and II compared to transitional: \*p<0.05, \*\*p<0.02, \*\*\*p<0.01, \*\*\*\*p<0.001. Matures I and II compared to transitional: +p<0.05, ++p<0.02, ##p<0.01, ###p<0.001.

Table 2. Comparison of caprylic, lauric and myristic acids in human milk triglycerides between primiparae and multiparae during the course of lactation

Fatty acid	Colostral		Transitional		Mature I <sup>a</sup>		Mature II <sup>b</sup>	
	Primiparae (n=9)	Multiparae (n=6)	Primiparae (n=11)	Multiparae (n=8)	Primiparae (n=8)	Multiparae (n=9)	Primiparae (n=10)	Multiparae (n=7)
8:0	0.07±0.02 <sup>c</sup>	0.10±0.02	0.14±0.05	0.14±0.07	0.18±0.06	0.18±0.06	0.16±0.04	0.19±0.06
10:0	0.27±0.08	0.32±0.21	1.41±0.49	1.45±0.64	2.16±0.71	2.15±0.61	1.98±0.58	2.04±0.50
12:0	2.31±0.77	2.62±1.36	6.74±2.30	8.19±3.51	9.28±3.69	10.41±3.95	9.67±3.62	8.78±2.05
14:0	5.75±1.66	6.02±2.69	7.70±2.68	10.21±3.95	8.81±3.51	10.83±4.56	9.99±4.30	8.47±1.84

<sup>a</sup>From 28 to 35 days postpartum. <sup>b</sup>From 57 to 70 days postpartum. <sup>c</sup>Mean±SD.

Table 3. Changes in unsaturated fatty acid composition (% of total fatty acids) of triglycerides from human milk lipids during the course of lactation

Fatty acid <sup>a</sup>	Colostral (n=16)	Transition al (n=19)	Mature I <sup>b</sup> (n=17)	Mature II <sup>c</sup> (n=17)
14:1ω5	0.12±0.06 <sup>d</sup>	0.15±0.05	0.16±0.12	0.09±0.06 <sup>##</sup>
15:1ω?	trace <sup>e</sup>	trace	trace	trace
16:1ω7	3.29±1.78	3.88±1.35	2.77±1.27	2.96±0.95
17:1ω7	0.19±0.03	0.22±0.05*	0.18±0.08	0.23±0.20
18:1ω9	32.98±4.09	30.00±4.55	26.29±5.83****+	25.68±4.19**** <sup>##</sup>
18:2ω6	10.73±2.48	10.22±2.16	11.18±4.30	12.86±4.17
18:3ω6	0.05±0.02	0.21±0.56	0.06±0.02	0.10±0.16
18:3ω3	0.76±0.31	0.71±0.44	0.91±0.69	1.11±0.54*+
20:1ω9	1.14±0.26	0.66±0.31****	0.67±1.09 <sup>##</sup>	0.39±0.14**** <sup>##</sup>
20:2ω6	0.86±0.22	0.49±0.21****	0.28±0.10**** <sup>##</sup>	0.30±0.09**** <sup>##</sup>
20:3ω6	0.51±0.19	0.40±0.10*	0.32±0.07**** <sup>##</sup>	0.38±0.13*
20:4ω6	0.55±0.21	0.47±0.13	0.31±0.10**** <sup>##</sup>	0.30±0.12**** <sup>##</sup>
22:1ω9	0.45±0.19	0.30±0.17**	0.22±0.19****	0.22±0.15****
20:5ω3	0.01±0.01	0.04±0.03****	0.04±0.03****	0.03±0.02**** <sup>##</sup>
22:4ω6	0.26±0.13	0.16±0.13*	0.10±0.10****	0.30±0.03**** <sup>##</sup>
24:1ω9	0.42±0.21	0.25±0.18**	0.18±0.25***	0.09±0.05**** <sup>##</sup>
22:5ω3	0.33±0.16	0.15±0.08****	0.08±0.06**** <sup>##</sup>	0.08±0.04**** <sup>##</sup>
22:6ω3	0.79±0.36	0.58±0.23	0.41±0.21****+	0.93±0.16**** <sup>##</sup>
Monounsaturates	38.59±5.13	35.50±5.67	30.42±6.36**** <sup>##</sup>	29.65±4.61**** <sup>##</sup>
Polyunsaturates	14.84±3.44	13.36±2.49	13.68±4.84	15.38±4.94
Total unsaturates	53.44±7.71	48.86±7.44	44.10±8.83***	45.58±7.52***
Total ω9 acids	34.99±4.06	31.26±4.74**	27.31±6.20****	26.36±4.26****
ω9 metabolites	2.01±0.50	1.26±0.68****	1.02±1.25****+	0.68±0.26****
Total ω6 acids	12.96±2.94	11.89±2.33	12.24±4.44	13.92±4.40
ω6 metabolites	2.23±0.64	1.67±0.53***	1.06±0.24**** <sup>##</sup>	1.07±0.31**** <sup>##</sup>
Total ω3 acids	1.88±0.69	1.47±0.53	1.44±0.63	1.58±0.65
ω3 metabolites	1.12±0.52	0.76±0.31**	0.53±0.24**** <sup>##</sup>	0.47±0.22**** <sup>##</sup>
20:4ω6/18:2ω6	0.05±0.02	0.05±0.02	0.03±0.01**** <sup>##</sup>	0.02±0.01**** <sup>##</sup>
D B If	0.75±0.13	0.68±0.10	0.62±0.13***	0.64±0.12**
P/S <sup>g</sup>	0.34±0.11	0.28±0.09	0.27±0.14	0.31±0.14

<sup>a</sup>Unsaturated fatty acids are designated ω notation, indicating the position of the first double bond relative to the terminal methyl end group. <sup>b</sup>From 28 to 35 days postpartum. <sup>c</sup>From 57 to 70 days postpartum. <sup>d</sup>Mean±SD. <sup>e</sup>Less than 0.004%. <sup>f</sup>The double bond index is the average number of double bonds per molecule of fatty acid. <sup>g</sup>Polyunsaturated/saturated fatty acid ratio. Transitional, matures I and II compared to colostral: \*p<0.05, \*\* p<0.02, \*\*\* p<0.01, \*\*\*\* p<0.001. Matures I and II compared to transitional: +p<0.05, ++p<0.02, +##p<0.01, +##p<0.001.

시료를 제외시킨 결과 총연구 대상자수보다 줄어 들게 되었다. 이를 시료로부터 트리글리세리드의 포화지방산 조성을 살펴 본 바 표 1과 같은 결과를 얻었다. 탄소수 8개 미만의 포화 지방산은 검출되지 않았다. 중쇄 포화 지방산(8:0과 10:0)의 총합량은 초유 단계에서 약 0.4%, 이행유 단계에서 1.6% 그리고 성숙유 단계에서 2.2~2.3%로서 아주 적었는데 이행유 이후의 단계에서는 모두 초유의 그것들에 비하여 유의하게 높은 수준들이었다. 장쇄 포화 지방산 중에서 특히 12:0은 성숙유 I 단계까지 계속 급격히 유의하게 증가하였으며, 14:0도 12:0과 같은 양상을 띠었으나 그 증가폭은 12:0 보다는 적었다. 그런데 8:0에서 14:0 까지의 지방산들은 수유 기간이 경과함에 따라 초산부에서보다 경산부에서 다소 높았지만 유의성 있는 차이는 아니었다(표 2). 장쇄 포화 지방산 중 적개는 총지방산의 27%에서 많개는 30%를 차지하고 있는 16:0과 0.1% 미만으로 함량이 적기는 하지만 22:0, 24:0 등의 지방산이 유의한 감소를 보여 주었는데도 불구하고 10:0, 12:0, 14:0 등의 지방산 증가폭이 커서 전체 포화 지방산의 함량은 수유 기간의 경과에 따라 점차 유의하게 증가하는 경향을 띠었다.

불포화 지방산 조성(표 3)을 살펴 본 바 단쇄 및 중쇄의 불포화 지방산들은 검출되지 않았고, 모두 장쇄 불포화 지방산들로만 구성되어 있었다. 이행유 이하의 각 단계의  $\omega$ 9계 천구체 및 그 대사 산물들 그리고  $\omega$ 6계와  $\omega$ 3계의 대사 산물들은 모두 초유의 그것들에 비하여 유의한 감소를 보여 주었을 뿐만 아니라 일부 지방산들은 이행유의 그것들에 비하여도 유의하게 낮았다. 그렇지만  $\omega$ 6계의 천구체인 18:2  $\omega$ 6은 수유 기간이 경과함에 따라 증가하는 듯 하였으나 유의성은 없었으며,  $\omega$ 3 계의 천구체인 18:3  $\omega$ 3은 성숙유 II 단계에서만 낮은 유의성을 보였을 뿐 증가의 양상을 보였다. 불포화 지방산들에 대한 지수들도 대체로 유의한 감소의 경향을 보였는데 다만 고도 불포화 지방산의 총합량과  $\omega$ 6계 및  $\omega$ 3 계의 지방산 총합량 그리고 P/S의 비는 수유 단계별로 유의한 차이를 보여 주고 있지 않았다.

트리글리세리드 한 분자당 결합되어 있는 지방산의 아실 탄소수를 가스 크로마토그래피로 분석하여 본 바 그림 1과 같은 패턴을 나타내었으며, 30개(초유와 이행유에서는 32개)에서 60개까지 검출되었다. 그런데 모든 수유 단계에서 탄소수 54개까지의 우수 탄소수 피이크들 사이에 아주 미소한 피이크들을

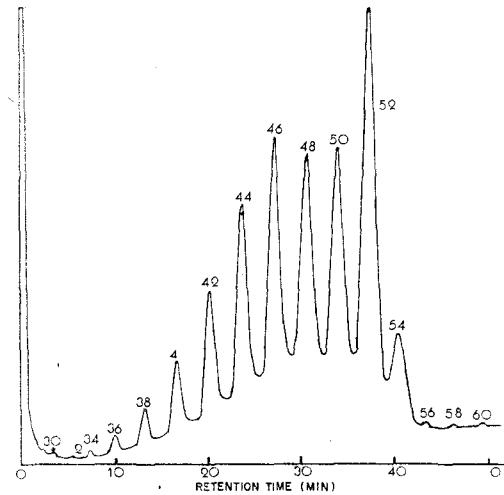


Fig. 1. Gas chromatogram of triglycerides from human mature milk. Peaks are identified by total number of acyl carbons in triglyceride molecules. The carbon numbers are written on the peaks. Chromatographic conditions as given in the text.

이 나타남을 미루어 보아 탄소수 31~53까지의 기수 탄소수를 가진 트리글리세리드가 존재함을 추정할 수 있겠는데 그 함량은 0.020~0.001%의 범위에 있었다. 검출된 우수의 아실 탄소수의 함량을 계산하였던 바 표 4와 같았으며 이를 중 52개의 탄소수를 가진 트리글리세리드들이 전 수유 단계에서 가장 많은 비율을 차지하고 있었다. 탄소수 48개를 갖고 있는 트리글리세리드들은 초유에서 성숙유 단계까지 거의 일정한 수준을 유지하고 있었는데 이 탄소수를 기준하여 볼 때 탄소수 30 개를 제외한 32 개에서 46 개까지의 모든 탄소수들은 초유의 그것들에 비하여 이행유 단계부터 모두 유의한 증가치를 보였다. 반면에 탄소수 50 개 이상 60 개까지는 오히려 초유의 그것들에 비하여 이행유 단계부터 모두 유의한 감소의 수준들이었는데 성숙유 단계의 탄소수 50, 56, 58, 60은 이행유 단계의 그것들에 비하여도 유의하게 낮은 수준들이었다.

트리글리세리드의 종(혹은 형태)의 변화에 대한 결과가 표 4에 표시되어 있다. 2종 결합을 하나도 갖고 있지 않은 트리글리세리드(saturates)의 함량은 이행유 단계에서 61% 가량이나 증가하였으며, 그

Table 4. Changes in triglyceride composition (%) of human milk lipids during the course of lactation

Triglyceride <sup>a</sup>	Colostral (n=17)	Transitional (n=19)	Mature I <sup>b</sup> (n=17)	Mature II <sup>c</sup> (n=17)
30	ND <sup>d</sup>	ND	0.002±0.004 <sup>e</sup>	0.001±0.001
32	0.003±0.008	0.029±0.034**	0.059±0.053***	0.051±0.039***
34	0.007±0.008	0.219±0.188***	0.375±0.281***	0.336±0.207***
36	0.020±0.025	0.734±0.647***	1.116±0.821***	0.960±0.622***
38	0.099±0.148	1.872±1.524***	2.546±1.711***	2.234±1.257***
40	0.498±0.471	3.834±2.455***	5.070±2.689***	4.559±2.016***
42	1.300±1.148	6.425±3.085***	8.488±3.437***	8.054±2.744***
44	3.518±2.298	9.994±3.392***	12.570±3.519***+	12.412±2.843***+
46	8.485±3.587	13.800±3.091***	15.625±2.852***	15.825±2.295***+
48	14.605±3.220	13.756±1.189	13.460±1.382	13.440±1.271
50	25.853±2.454	18.108±3.790***	14.237±3.033***+	15.209±3.124***+
52	38.143±7.787	27.457±9.134***	22.969±10.289***	24.312±9.069***
54	7.101±3.114	3.818±2.066***	3.037±2.503***	2.589±2.046***
56	0.263±0.262	0.048±0.080**	0.013±0.009***	0.003±0.001***+
58	0.045±0.060	0.010±0.008*	0.006±0.041*	0.004±0.002**+
60	0.011±0.008	0.009±0.008	0.004±0.003**+	0.004±0.002**+

<sup>a</sup>Total number of fatty acid acyl carbons per glyceride molecule. <sup>b</sup>From 28 to 35 days postpartum.<sup>c</sup>From 57 to 70 days postpartum. <sup>d</sup>Not detected. <sup>e</sup>Mean±SD. Transitional, matures I and II compared to colostral: \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001. Matures I and II compared to transitional: +p<0.05, ++p<0.02, +++p<0.01.

Table 5. Changes in triglyceride species (% of total triglyceride molecules) of human milk lipids during lactation

Species <sup>a</sup>	Colostral (n=16)	Transitional (n=18)	Mature I <sup>b</sup> (n=17)	Mature II <sup>c</sup> (n=17)
Saturates	16.0±7.4 <sup>d</sup>	25.7±14.4**	27.3±14.7***	29.6±13.3****
Monoenes	35.0±10.9	33.1±10.0	39.4±10.5	33.2±10.0
Dienes	33.5±10.2	26.3±9.1*	21.9±7.1***	24.6±9.6**
Trienes	10.1±7.3	8.7±8.9	6.9±5.5	8.1±5.7
Tetraenes	1.6±2.0	2.5±3.1	1.4±1.9	1.9±1.5
Polyenes	3.9±4.3	4.6±2.8	3.3±3.6	3.4±2.7

<sup>a</sup>Saturates, monoenes, dienes, trienes, tetraenes, and polyenes are triglycerides containing 0, 1, 2, 3, 4, and more than 4 double bonds per triglyceride molecule. <sup>b</sup>From 28 to 35 days postpartum. <sup>c</sup>From 57 to 70 days postpartum. <sup>d</sup>Mean±SD. Transitional, matures I and II compared to colostral: \*p<0.05, \*\*p<0.02, \*\*\*p<0.01, \*\*\*\*p<0.001.

이후도 계속 증가하는 경향을 보여 주었다. 반면에 2종 결합을 2개 갖고 있는 트리글리세리드(dienes)의 함량은 이행유 단계에서 22% 감소하였는데 그 이후도 다소 유의한 감소의 수준을 보였다. 기타의 종은 별다른 변동이 보이지 않았는데 평균 값에 비하여 표준 편차가 큰 편이었다.

## 고 찰

중쇄 포화 지방산인 8:0과 10:0 그리고 장쇄 포화

지방산인 12:0, 14:0 등의 지방산 수준들은 성숙유 I 단계까지 계속 유의하게 증가하였는데 캐나다인 수유부들에 대하여 이행유까지만 cross-sectional로 3명으로부터 채취한 시료에 대하여 분석한 Breckridge 등<sup>4)</sup>의 결과와 잘 부합하고 있다. 성숙유 단계에서의 이들 지방산 수준도 탄수화물 75%, 단백질 15%, 지방질 10%인 식이를 섭취하는 Ivory Coast 수유부들<sup>5)</sup>의 그 값들과 거의 일치하였다. 포유류 중에서 특히 반죽 동물의 유선에서 합성되는 지방산은 탄소수 14개까지인 것으로 받아 들여지고 있

으며,<sup>12)</sup> 사람에서도 확실히 밝혀져 있지는 않지만 탄소수 14개까지가 합성되는 것으로 보고 있다. 생합성 기구를 보면 중쇄 지방산까지는 *de novo* 합성에 의하고 강쇄 지방산은 chain elongation에 의하는 것으로 보고되고 있다.<sup>12,13)</sup> 유선에서 생합성되는 이들 지방산의 중쇄 및 장쇄의 비율은 초유 단계에서는 4:96인 반면 이행유 단계부터는 10:90의 비율을 유지하고 있었으며, 생합성된 총비율은 초유 단계에서 약 9%였으나 이행유 단계에서는 18%로 2배 증가하여 성숙유 단계의 수준(21~22%)에 접근하고 있는 점 등을 미루어 보아 유선의 alveolar cell에서 지방산 합성능은 이행유 단계에서 거의 갖추어지는 것으로 사료된다. 그런데 수유는 보통의 경우 분만 후 1주일경부터 알맞게 잘 진행이 되며, 급속한 수유 개시의 시기는 분만후 2~3주로 보고있기 때문에<sup>14)</sup> 상기의 포화 지방산들의 수준은 alveolar cell의 생합성 활성뿐만 아니라 수유 진행 정도의 지표로도 사용할 수 있을 것 같다. 유선에서 합성되는 이들 지방산은 모두 전 수유 단계에서 초산부와 경산부간에 유의한 차이가 없었으므로 분만 회수는 이들 지방산의 수준 즉 유선의 alveolar cell의 지방산 합성능에 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. 초식 동물에서는 16:0의 약 50%가 acetate와  $\beta$ -hydroxybutyrate로부터 합성되고 18:0 이상의 지방산은 혈액의 지방질로부터 유래한다.<sup>15)</sup> 사람에서는 16:0이 어디에서 유래하는지 자세히 밝혀져 있지는 않지만 혈액에서 유래하지 않거나 하는 점에 주목하고 있다.<sup>16,17)</sup> 본 연구에서도 16:0은 alveolar cell의 합성능이 낮은 시기에 높다가 생합성능이 왕성한 시기에는 오히려 낮았다는 점으로 보아 유선에서 생합성되지 않는 것으로 추정된다. 기타 혈중으로부터 유래하는 포화 지방산들 중에서 22:0과 24:0은 초유 단계에서 유의하게 높은 경향을 띠고 있었다. 대체로 보아 트리글리세리드의 포화 지방산 조성은 총지방질의 그것<sup>1)</sup>과 거의 비슷함을 볼 수 있었다.

불포화 지방산 중에서 18:1 $\omega$ 9는 수유 기간이 경과함에 따라 점차적인 감소의 경향을 보여 주어 Lauber와 Reinhardt<sup>5)</sup>의 결과와 일치하였다. 18:2 $\omega$ 6도 역시 수유가 진행되어 나감에 따라 증가하는 듯 하였으나 유의한 차이는 나타나지 않았는데 초유, 이행유에서보다 성숙유의 단계에서 심한 개체 간의 차이(4.0~19.3%)가 나타났는데 유럽 및 탄자니아 수유부들의 유즙을 6개월 동안 조사하여 본 바 개체간에도 차이가 있었다는 보고<sup>18)</sup>가 본 연구 결과를 뒷받침

하고 있다. 성숙유에서 이 수준은 Ivory Coast 수유부들<sup>5)</sup>의 값보다는 2배 정도 많으나 탄자니아 수유부들<sup>7)</sup>의 10.2%와는 큰 차이를 보여 주고 있지 않다.

유아는 세포막과 프로스타글란딘의 합성에 중요한 탄소수 20개 이상의 장쇄 고도 불포화 지방산을 합성하기 위하여 18:2 $\omega$ 6과 18:3 $\omega$ 3에 대한 긴급한 요구를 갖고 있다.<sup>19,20)</sup> 그런데 신생아가 이들 장쇄 고도 불포화 지방산을 충분량 합성할 수 있는지는 아직 의문점이 많다.<sup>21,22)</sup> 본 연구의 결과에 따르면 신생아의 장쇄 고도 불포화 지방산의 요구량은 어느 정도까지 식이에 의하여 충족되어야만 한다는 것을 시사한다. 이 사실은 총고도 불포화 지방산의 일부로서 신생아 조직으로 incorporation에 필요한 장쇄 고도 불포화 지방산인  $\omega$ 6계 및  $\omega$ 3계의 대사 산물들의 비율이 초유에서 높던 것이 수유 기간의 경과에 따라 점차 유의하게 감소하여 간다는 결과로 뒷받침 된다. 비록 이들 장쇄 고도 불포화 지방산의 수준들이 수유 기간이 경과함에 따라 감소하지만 18:2 $\omega$ 6과 18:3 $\omega$ 3의 함량 증가에 의하여 유아의 정상적인 영양 유지에 필요한 생물학적으로 필수인 지방산 영양소의 적당한 원천을 확보하게 된다.

인유 트리글리세리드의 조성에서 지금까지 아실 탄소수의 범위가 38~60까지만 보고되어 있는데<sup>4)</sup> 본 연구에서 탄소수 38미만에서 피이크 4개가 더 검출되었으므로 탄소수의 범위는 30~60까지가 된다. 인유에도 아주 미량이지만 트리뷰티린이 존재한다고 알려져 있다.<sup>23)</sup> 이것이 존재한다면 아실 탄소수는 12인데 본 연구에서는 이 탄소수의 존재를 확인 할 수 없었다. 아실 탄소수 중에서 전 수유 단계에서 영향을 받지 않았던 탄소수 48을 기준하였을 때 32~46까지는 수유 기간의 경과에 따라 유의한 증가를 계속하였는데 이것은 트리글리세리드의 지방산 중에서 주로 3위치에 결합되어 있는 탄소수 14개 이하의 지방산<sup>13)</sup>들의 증가에 기인한 것이고 반면에 50~60까지의 탄소수에서 유의한 수준 저하는 주로 1, 2 위치에 결합되어 있는 탄소수 20개 이상의 장쇄 고도 불포화 지방산과 18:1 $\omega$ 9의 감소에 의한 것으로 보여 진다. 트리글리세리드의 종종 saturates의 주요 글리세리드는 18:0~16:0~14:0~18:0<sup>4)</sup>으로서 수유 기간의 경과에 따른 이종의 증가는 유선의 alveolar cell에서 생합성되는 포화 지방산들의 증가에 의한 것이다. Dienes계(18:0~18:1~18:1 혹은 18:1~16:0~18:1의 형태가 많음)<sup>4)</sup>에서는 주요

구성 지방산인 18:1 $\omega$ 9의 감소에 의하여 그 함량이 줄어 들게 된 것이다. 기타의 종에서는 유의한 차이가 나오지 않았는데 전반적으로 개체 간의 차이가 심함을 볼 수 있었다.

### 요 약

수유 기간의 경과에 따른 인유의 트리글리세리드 조성의 변화를 자유 섭취하는 수유부들로부터 분만 후 70 일까지 채취한 인유 69 시료에 대하여 가스 크로마토그래피와 TLC-FID법 등을 사용하여 살펴 보았다. 트리글리세리드의 포화 지방산 중에서 유선의 alveolar cell에서 합성되는 지방산들 (8:0, 10:0, 12:0, 14:0)은 수유 기간이 경과함에 따라 점차 유의하게 증가하였다. 혈액으로부터 유래되는 포화 지방산들 중 16:0, 22:0, 24:0 등의 지방산들은 초유에서 유의하게 높았다. 18:2 $\omega$ 6과 18:3 $\omega$ 3은 수유 기간이 경과함에 따라 증가한 반면 18:1 $\omega$ 9와  $\omega$ 6 및  $\omega$ 3 계의 장쇄 고도 불포화 지방산의 대사 산물들은 유의하게 감소하여 갔다. 트리글리세리드의 아실 탄소 수의 범위는 30—60으로서 주요 글리세리드는 아실 탄소수 44—52개를 가진 것이었는데 수유 기간의 경과에 따라 탄소수 46이 하일 때는 유의한 증가의 경향을 띠었고, 50 이상일 때는 감소의 경향을 나타내었다. 트리글리세리드의 종 중에서 saturates는 수유 기간이 경과함에 따라 유의한 증가치를 보인 반면 dienes는 감소의 양상을 띠었다.

### 문 헌

1. 윤태현 : 人間科學, 8, 537(1984)
2. Jensen, R.G., Hagerty, M.M. and McMahon, K.E. : Am. J. Clin. Nutr., 31, 990(1978)
3. Breckenridge, W.C. and Kuksis, A. : J. Lipid Res., 8, 473(1967)
4. Breckenridge, W.C., Marai, L. and Kuksis, A. : Can. J. Biochem., 47, 761(1969)
5. Lauber, E. and Reinhardt, M. : Am. J. Clin. Nutr., 32, 1159(1979)
6. Watts, R. and Dils, R. : Lipids, 3, 471(1968)
7. Crawford, M. A., Sinclair, A. J., Msuya, P.

- M. and Munhambo, A. : In "Dietary Lipids and Postnatal Development", Galli, C., Jacini, G. and Pecile, A., eds., Raven Press, New York, NY, p. 41-56(1973)
8. Jansson, L., Akesson, B. and Holmberg, L. : Am. J. Clin. Nutr., 34, 8(1981)
9. Gibson, R. A. and Kneebone, G. M. : Am. J. Clin. Nutr., 34, 252(1981)
10. 田中正康, 伊藤俊洋, 金子弘 : 油化學, 28, 96 (1977)
11. ヤトロン株式會社 : イアトロスキャն分析法, No. 6, p. 1-6(1982)
12. Carey, E. M. and Dils, R. : Biochem. J., 126, 1005(1972)
13. Smith, S. and Abraham, S. : Adv. in Lipid Res., 13, 195(1975)
14. Worthington-Roberts, B. S., Vermeersch, J. and Williams, S. R. : In "Nutrition in Pregnancy and Lactation", 2nd ed., The C. V. Mosby Company, ST. Louis, p. 160-177(1981)
15. Linzell, J. L. and Peaker, M. : Physiol. Rev., 51, 564(1971)
16. Insull, W., Jr., Hirsch, J., James, T. and Ahrens, E. H., Jr. : J. Clin. Invest., 38, 443 (1959)
17. Underwood, B. A., Hepner, R. and Abdullah, H. : Am. J. Clin. Nutr., 23, 400(1970)
18. Crawford, M. A. and Stevens, P. : Proc. Nutr. Soc., 33, 50A(1974)
19. Van Dorp, D. A., Beerthuis, R. K., Nugteren, D. H. and Vonkermann, H. : Biochim. Biophys. Acta, 90, 204(1964)
20. Crawford, M. A., Denton, J. P. and Hassam, A. G. : Proc. BPS, 63, 363(1978)
21. Hall, B. : Am. J. Clin. Nutr., 32, 304(1979)
22. Clandinin, M. T., Chapell, J. E. and Heim, T. : Early Hum. Dev., 5, 7(1981)
23. Vorherr, H. : In "Lactation", Vol. IV, Larson, B. L., ed., Academic Press, New York, NY, p. 222(1978)