

수유기에 식이와 함께 섭취한 DHA가 산모의 혈액과 모유의 지질조성에 미치는 영향*

조여원 · 박현서 · 홍주영** · 정경숙

경희대학교 가정대학 식품영양학과, 경희 분당 차병원 영양 연구소**

The Influence of DHA Supplementation in Maternal Diets on Fatty Acid Compositions of Plasma Lipids and Human Milk

Choue, Ryowon · Park, Hyun Suh · Hong, Ju Young** · Chung, Kyung Sook

*Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University, Seoul, Korea
Kyung Hee Bundang Cha Hospital, Division of Nutrition Research,** Bundang, Korea*

ABSTRACT

The most abundant long-chain polyunsaturated fatty acid in brain lipids is docosahexaenoic acid(C22 : 6 N-3, DHA). It is incorporated into nerve tissues mostly in utero and during the first year of life. DHA in brain is derived from either pre-formed DHA in human milk or by infant hepatic synthesis from linolenic acid in milk. This study was designed to investigate the effects of DHA supplementation on fatty acid profiles in maternal plasma lipid and breast milk. Twenty lactating women participated in the study. Seven women took 3g of fish oil per day and vitamin E for 28 days starting from the day of giving birth. Five women consumed 1.5g of fish oil as well as vitamin E, and the rest took vitamin E supplements for the same period of time. Dietary questionnaires and 3 consecutive 24-h recalls were collected to evaluate their nutritional status and food habits. Finding that DHA intake from fish was not significantly different among three experimental groups, the participants were instructed to continue eating their usual home diets. Milk samples were taken on the day of giving birth, as well as the 7th, 14th and 28th days, the last day being the supplement phase, and finally 2 weeks after the cessation of DHA supplements. The amounts of the fish oil supplements produced significant dose-dependent increases in the DHA content of milk and plasma, but to a lesser degree. Base-line DHA level in milk were $0.59 \pm 0.05\%$ of total fatty acids. Three g/day of fish oil supplements for 28 days raised the level to $2.05 \pm 0.43\%$ and 1.5g/day supplements produced DHA levels of $1.02 \pm 0.19\%$. The results of this study indicated that relatively small amount of dietary DHA supplementation significantly elevates DHA content in milk. This would clearly elevate the infant's DHA intake which in turn may have implications for the infant's brain development. (*Korean J Nutrition* 29(2) : 213~222, 1996)

KEY WORDS : DHA supplementation · maternal diet · fatty acids · fish oil.

채택일 : 1995년 12월 27일

*본 연구는 풀무원 연구비 지원에 의해 수행된 연구의 일부임.

서 론

뇌의 구조적인 지질중 가장 많이 함유되어 있는 N-3계의 docosahexaenoic acid(C22 : 6 N-3, DHA)가 두뇌발달에 중요한 역할을 하는 식이요인으로 밝혀진 후 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다¹⁻³⁾. 두뇌 형성이 활발하게 이루어지는 시기는 태아기인 임신 제3기 동안으로 DHA가 3~5배가 증가하며, 이러한 추세는 출생후 18개월까지 지속된다⁴⁾⁵⁾. 그러므로 두뇌 형성에 식이 내의 N-3 지방산, 특히 DHA가 결핍될 경우, 뇌조직 내의 DHA 함량이 감소되고 이러한 DHA 함량의 감소는 두뇌발달에 영향을 미치게된다⁶⁾⁷⁾.

태아와 영아의 DHA 공급은 산모의 식이에 의해 영향을 받으며, 모유는 적은 양이지만 뇌 발달에 필요한 DHA를 함유하고 있다. 한편 두유를 포함한 조제분유에는 DHA가 거의 함유되어 있지 않으나, 체내에서 DHA로 전환이 가능한 N-3계의 linolenic acid(C18 : 3 N3)를 다량 포함하고 있다. 그러나 영아의 경우, linolenic acid로 부터 DHA로의 전환이 저조하여, 태아 혈장내의 DHA 수준을 높이는 데는 모유에 함유된 DHA가 linolenic acid보다 더 크게 영향을 미치게 된다⁸⁻¹⁰⁾. 한편 N-6계의 linoleic acid(C18 : 2 N6)는 간에서 linolenic acid가 DHA로 전환되는 것을 방해하는 것으로 알려져 있다¹¹⁾.

영아가 N-3계의 급원으로 linolenic acid를 함유하고 있는 조제분유를 계속 섭취하거나, 산모가 채식주의자인 경우, 영아 식이 내의 DHA 부족을 유발하여 적혈구 총 지질내의 DHA 수준이 감소되며, 모유를 섭취한 영아에 비해 뇌피질의 DHA 수준이 낮게 나타났다¹²⁾¹³⁾. 또한 산모의 식이내에 linolenic acid가 많이 함유되어 있더라도 모유의 DHA 함량에는 큰 영향을 미치지 못하므로 산모가 DHA를 식사를 통하여 섭취하여야 모유를 통해 영아에게 효과적으로 전달될 수 있다¹⁴⁾.

모유내 DHA 함량에 따라 영아의 학습능력에도 차이가 있음이 보고 되었는데, Neuringer⁴⁾에 따르면 N-3계 지방산을 식이로 사육한 쥐의 경우, N-6계 지방산이 풍부한 식이로 사육한 쥐의 경우보다 행동발달이 더 높았다. 또한 원숭이에 있어서도 임신기와 수유기 동안 N-3계 지방산이 충분히 공급되었을 때가 결핍된 경우보다 새끼들의 학습능력이 상승된 것으로 보고되고 있다¹⁵⁾¹⁶⁾. 그러나 사람을 대상으로 한 연구는 많지 않으며, 특히 산모를 대상으로 하여 수유부의 식이중 DHA 함량이나 어유보충이 모유 내의 DHA 함량이나 산모의 혈액중 DHA 수준 혹은 영아 발달에 미치는 영향에 관한 연구

는 아직 전무한 형편이다.

본 연구의 목적은 수유 기간에 DHA 함량이 풍부한 어유를 산모에게 식이와 함께 보충시킨 후, 산모의 혈액 및 모유중의 지방산 조성과 DHA 함량의 변화를 분석해 봄과 아울러, 음식을 통해 섭취할수있는 DHA 함량의 설정과 섭취기간 등을 살펴봄으로써 임신, 수유기에 있는 산모에게 바람직한 식이지침을 제공하고자 한다.

연구 대상 및 방법

1. 연구 대상자

본 연구에 참여한 연구 대상자는 서울에 위치한 차 종합 병원 산부인과에서 산전관리를 받으며, 라마즈 분만 교실에 등록된 임신부중 본 연구의 취지에 동의한 20명의 산모들로 구성되었다. 실험군별 연구 대상자를 무작위로 세 군으로 분류하여 첫번째 군에게는 출산 당일부터 수유 28일간 어유 3g(c16 : 0 23.27%, c18 : 0 4.97%, c18 : 1 16.02%, c18 : 2 1.09%, c18 : 3 1.03%, c20 : 4 2.85%, c20 : 5 7.61%, c22 : 6 30.69%, total DHA 0.92g)과 비타민 E를 공급하고, 두번째 군에게는 같은 기간동안 어유를 처음군의 절반인 1.5g(DHA 0.46g)과 비타민 E를 공급하였으며, 세번째 군에게는 어유를 전혀 공급하지 않고 비타민 E만 공급하였다. 실험기간 중에는 평소의 식습관을 그대로 유지하도록 하였으며, 의사에 의해 처방된 철분 보충제를 제외하고는 어떤 약도 복용하지 않도록 하였다. 분만 후 건강 상태가 본 연구에 타당하지 않은 산모는 통계처리에서 제외시켜 최종연구 대상자는 14명이였다.

2. 식이 섭취 조사

본 연구 대상자들에게 면접법으로 일반사항, 식습관, 병리 등에 관한 질문을 하였으며, 식이 섭취에 대한 조사는 분만전 연속 3일을 24-시간 회상법으로 섭취한 모든 음식의 종류, 분량, 재료명을 파악하여 상세히 기록하였다. 피조사자의 회상을 돕기위해 계량스폰, 계량컵, 식품모델을 제시하며 실시하였다. 식이 섭취 조사결과는 이화 영양분석 프로그램을 이용하여 에너지와 기타 다른 영양소, 특히 각각의 지방산 섭취량을 산출하였다.

3. 혈액 및 모유 채취

산모의 혈액은 어유를 보충하기 전날인 출산 당일과 어유의 공급이 끝나는 수유 28일에 채취하여 헤파린(10 μ l/ml)으로 처리된 튜브에 넣은 후, 원심분리(1500 \times g, 30min, 4 $^{\circ}$ C) 하여 혈장층을 분리하고 분석 시까지 냉동 보관하였다. 모유의 채취는 출산후 7일,

14일, 28일 오전 9시~11시 사이에 행하여졌으며, 어유 섭취를 중단한 후 2주째인 수유 42일에도 시행되었다. 모유 채취 전일의 식이 섭취는 24-시간 회상법에 의해 위와 같은 방법으로 조사되었다.

4. 생화학적 분석

1) 지질 분석

산모의 혈액과 모유위 총 지질 함량은 Folch¹⁷⁾ 법에 의해 chloroform : metanol(2 : 1, v/v) 혼합액으로 추출하여 정량하였다. 중성지방의 함량은 Fletcher¹⁸⁾의 방법으로, 그리고 인지질은 Bligh와 Dyer¹⁹⁾의 방법을 이용하여 지질을 추출한후 Bartlet²⁰⁾의 방법에 의해 정량하였다. 콜레스테롤 함량은 McDougal²¹⁾의 방법으로 측정하였다.

2) 지방산 조성

산모의 혈액과 모유는 Folch¹⁷⁾ 방법으로 지질을 추출한후 Morrison과 Smith²²⁾ 방법으로 methylation 하여 gas chromatography(Hewlett Packard, Co., USA : model 5890 II)를 이용하여 지방산 조성을 분석하였다. 이때 SP 2330 fused silica capillary column(60m×0.25mm ID)을 사용하였으며, 가스 흐름 정도는 N₂ 25ml/min, air 300ml/min, 그리고 H₂ 30ml/min 이었다. 각 지방산의 retention time을 표준 지방산과 비교하여 확인한 후 총 지방산의 백분율로 표시하였다.

5. 통계처리

모든 분석 결과는 SAS(Stasticstical Analysis System) 통계 package를 이용하여 평균과 표준오차를 산출하였고, 실험군간의 평균값 차이는 Duncan의 general linear model과 Duncan's Multiple Range Test를 이용하여 P < 0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

Table 2. Average nutrient intakes of the subjects by groups

Nutrients	Control ¹⁾	1/2 DHA	DHA
Calorie(Kcal)	2344 ± 97 ²⁾	2408 ± 117	2204 ± 85
Protein(g)	92.4 ± 5.8	99.9 ± 7.7	93.9 ± 5.0
Fat(g)	45.9 ± 4.9	50.0 ± 6.2	44.7 ± 4.2
Carbohydrate(g)	405 ± 16	401 ± 14	370 ± 13
Vitamin A(RE)	902 ± 114	1012 ± 113	861 ± 84
Vitamin C(mg)	196 ± 22	158 ± 16	175 ± 20
Vitamin B ₁ (mg)	1.1 ± 0.1	1.3 ± 0.1	1.2 ± 0.1
Vitamin B ₂ (mg)	1.5 ± 0.1	1.3 ± 0.1	1.3 ± 0.1
Calcium(mg)	981 ± 70	941 ± 74	927 ± 49
Iron(mg)	14.7 ± 0.9	15.7 ± 1.3	14.5 ± 1.0

1) Control : Group without fish oil supplementation
 1/2 DHA : Group with 1.5g of fish oil supplementation
 DHA : Group with 3.0g of fish oil supplementation
 2) Values are mean ± standard error of mean

연구결과

1. 연구대상의 일반특성

본 연구 대상자의 평균 연령은 27.7 ± 3.3세였으며, 한사람을 제외하고는 모두 초산부였다. 임신전 평균 체중은 48.7 ± 4.7kg 이었으며, 출산시 평균 체중은 64.3 ± 6.0kg으로, 임신중 평균 체중 증가량은 15.6 ± 4.7kg 이었다(Table 1). 출산 6주 후 산모의 평균체중은 53.4 ± 5.4kg으로 recovery rate은 109%이었다. 열네명의 영아중 10명은 남아, 4명은 여아였으며, 신생아의 평균체중은 3.3 ± 0.3kg이었다. 한사람을 제외하고는 모두 정상분만을 하였으며 평균임신 기간은 39.2주였다.

2. 식이섭취

분만후 4주 기간중 수유부의 식이섭취를 24-시간 회상법으로 조사 기록한후 분석한 결과를 살펴보면 열량을 포함한 모든 영양소 섭취에서 세 군간에 유의성있는 차이를 찾아볼 수 없었다(Table 2). 특히 총 지방 섭취량에서도 세군의 하루 평균 섭취량이 44.7~50.0g(총열량의 18%) 정도로 세 군 모두 유사한 섭취수준을 보였다. 각 군간의 지방산 섭취량에서도 총 지방 섭취량과 마찬가지로 세 군간의 유의성있는 차이는 없었으나, 개체 간의 변이가 매우 크게 나타났다(Table 3). DHA나 EPA 섭취량을 살펴보면 각 실험군 간에 유의적인 차이

Table 1. General characteristics of subjects(N=14)

Characteristics	Mean ± SD
Age(yrs)	27.7 ± 3.3
Pre-pregnancy wt(kg)	58.7 ± 4.7
Gestational length(wks)	39.2 ± 2.6
Pregnancy wt gain(kg)	15.6 ± 4.7
Birth weight(kg)	3.3 ± 0.3

Values are the mean ± standard deviation

Table 3. Average fatty acids intakes of the subjects by groups

Nutrients	Control ¹⁾	1/2 DHA	DHA
Lipid(g)	46.1 ± 6.0 ²⁾	49.4 ± 9.2	41.1 ± 5.2
TFA(g)	40.9 ± 5.3	42.9 ± 7.7	36.5 ± 4.7
SFA(g)	16.5 ± 2.1	16.5 ± 2.7	14.8 ± 1.9
MUFA(g)	15.7 ± 2.8	17.6 ± 4.8	13.7 ± 2.3
PUFA(g)	8.5 ± 0.8	9.7 ± 1.3	8.6 ± 0.9
LA(mg)	7562 ± 770	7694 ± 1073	7176 ± 758
LNA(mg)	454 ± 67	701 ± 170	566 ± 68
AA(mg)	76 ± 13	124 ± 19	84 ± 15
EPA(mg)	180 ± 29	274 ± 87	244 ± 60
DHA(mg)	227 ± 38	416 ± 120	372 ± 90
P/S	0.5/1.0	0.6/1.0	0.6/1.0
N6/N3	7.3/1.0	5.2/1.0	5.7/1.0

1) control : Group without fish oil supplementation
 1/2 DHA : Group with 1.5g of fish oil supplementation
 DHA : Group with 3.0g of fish oil supplementation
 2) Values are mean ± standard error of mean

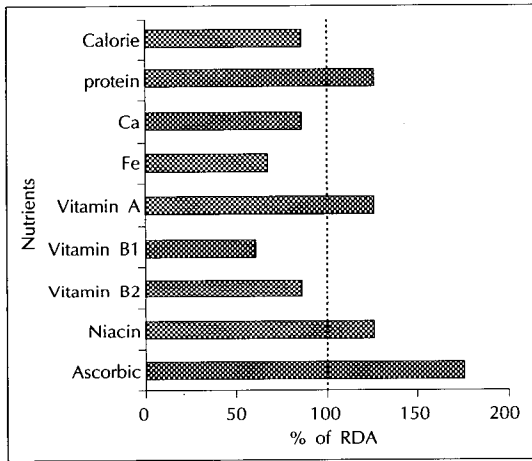


Fig. 1. Comparison of nutrient intakes during lactation with RDA¹⁾.

1) Recommended Dietary Allowances for Koreans 6th Ed, 1995

는 나타나지 않았으며, DHA 보충량이 식이 섭취량보다 훨씬 많아 어유를 보충한 후 실험군간의 유의적인 차이는 단지 어유 보충에 의한 것으로 생각할 수 있었다. P/S 비율과 N-6/N-3 비율은 각각 0.5~0.6/1.0과 5.2~7.3/1.0으로 세 실험군 간의 유의성있는 차이는 나타나지 않았다(p < 0.05).

연구 대상자가 수유기간중 섭취한 영양소를 한국 수유부의 영양권장량(6차 개정, 1995)과 비교한 결과, 9가지 영양소중 5가지 영양소의 섭취가 권장량에 훨씬 못미치는 것으로 나타났다(Fig. 1). 이중 비타민 B₁과 철분의 경우 권장량의 67%와 72%를 각각 차지하였으며, 에너지 평균 섭취량은 2319 kcal로 권장량의 82.8% 수준이었다.

3. 산모의 혈장 및 모유의 지질함량

산모의 혈장 지질함량은 Table 4에서 보는 바와 같이

Table 4. Content of lipids of maternal plasma and breast milk with and without fish oil supplementation for 28 days

	Control ¹⁾	DHA	1/2 DHA
Maternal Plasma			
Total lipid(mg/dl)	630.6 ± 34.1 ²⁾	642.1 ± 37.6	602.2 ± 15.4
Total cholesterol(mg/dl)	181.2 ± 10.9	202.9 ± 22.7	185.4 ± 8.3
Triglyceride(mg/dl)	213.2 ± 29.3	243.7 ± 18.8	188.9 ± 9.7
Phospholipid(mg/dl)	145.0 ± 7.1	130.3 ± 1.3	130.6 ± 2.6
Breast milk			
Total lipid(g/dl)	4.91 ± 0.50	3.85 ± 1.21	3.96 ± 0.78
Total cholesterol(mg/dl)	8.96 ± 0.39	9.19 ± 0.91	9.49 ± 1.18
Triglyceride(mg/dl)	4321 ± 520	3181 ± 1051	3197 ± 642
Phospholipid(mg/dl)	18.8 ± 1.41	16.3 ± 0.52	17.4 ± 1.32

1) Control : Group without fish oil supplementation
 1/2 DHA : Group with 1.5g of fish oil supplementation
 DHA : Group with 3.0g of fish oil supplementation
 2) Values are mean ± standard error of mean

Table 5. Plasma fatty acid profile in lactating women before and after fish oil supplementation

Fatty acid	Before(1-day) ¹⁾			After(28-dya)			P-value	
	Control ²⁾	1/2 DHA	DHA	Control	1/2 DHA	DHA	Time	Time x Group
	%	%	%	%	%	%		
c12 : 0	0.21 ± 0.03 ^b	0.52 ± 0.21 ^a	0.18 ± 0.02 ^b	0.30 ± 0.04	0.44 ± 0.06	0.35 ± 0.03	0.0255	NS
c14 : 0	1.65 ± 0.17	1.87 ± 0.32	1.34 ± 0.26	1.78 ± 0.05	1.93 ± 0.47	2.65 ± 0.89	NS	NS
c16 : 0	29.72 ± 0.71	29.91 ± 1.33	29.07 ± 0.77	27.50 ± 0.94	28.29 ± 1.99	26.15 ± 0.93	NS	NS
c16 : 1	3.75 ± 0.27	3.22 ± 0.05	2.77 ± 0.30	4.37 ± 0.52	3.17 ± 0.19	2.71 ± 0.37	NS	NS
c18 : 0	6.16 ± 0.23 ²	6.69 ± 0.91	5.88 ± 0.23 ²	8.72 ± 0.12 ¹	7.03 ± 0.37	8.07 ± 0.20 ¹	0.0003	NS
c18 : 1	18.80 ± 0.89	19.82 ± 1.05	17.77 ± 0.69	20.70 ± 1.10	19.69 ± 0.28	15.91 ± 0.62	NS	NS
c18 : 2	25.38 ± 0.95	25.62 ± 1.72	27.37 ± 0.83	21.63 ± 2.40	24.22 ± 0.33	24.99 ± 1.42	0.0132	NS
c18 : 3	0.91 ± 0.22	2.78 ± 1.71	0.68 ± 0.04	1.16 ± 0.50	0.84 ± 0.11	0.59 ± 0.18	NS	NS
c20 : 4	5.26 ± 0.58	4.71 ± 0.11	5.55 ± 0.42	6.16 ± 0.81	5.41 ± 0.03	6.84 ± 0.36	NS	NS
c20 : 5	0.86 ± 0.20	0.69 ± 0.25	0.72 ± 0.16	1.05 ± 0.17	0.95 ± 0.30	2.41 ± 0.71	NS	NS
c22 : 6	3.15 ± 0.25 ^{ab}	2.61 ± 0.10 ^b	3.67 ± 0.18 ^{a2}	2.72 ± 0.21 ^b	3.74 ± 0.40 ^{ab}	5.48 ± 0.53 ^{a1}	0.0270	0.0448

1) Before : before fish oil supplementation, After : after fish oil supplementation

2) Control : Group without fish oil supplementation, 1/2 DHA : Group with 1.5g of fish oil supplementation

DHA : Group with 3.0g of fish oil supplementation

Expressed as relative % of total fatty acids.

Values are Mean ± SE.

Mean with the different alphabets in the same row are significantly different between groups at p < 0.05.

Means with the different numbers in the same row are significantly different within group at p < 0.05.

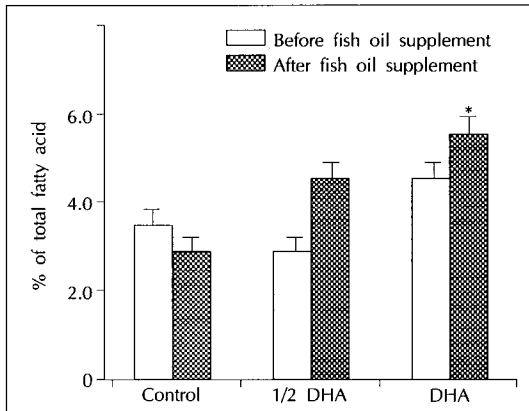


Fig. 2. Plasma DHA in lactation women supplemented with fish oil after childbirth.

1/2 DHA : Group with 1.5g of fish oil supplement

DHA : Group with 3.0g of fish oil supplement

세 군간에 유의적인 차이가 없었다. 어유를 28일간 보충하였을때 산모 혈장내 총 지질의 평균 함량은 602~642mg/dl로 어유보충에 의한 변화가 없었으며, 혈장 콜레스테롤, 중성지방 및 인지질의 함량도 어유 보충에 의해 영향을 받지 않은 것으로 나타났다.

또한 모유의 지질함량을 분석하여 본 결과, 혈장 지질의 함량과 마찬가지로 세 군간의 유의성있는 차이를 발견할수 없었으며, 어유 보충으로 인한 모유내 지질 함량의 차이도 나타나지 않았다(Table 4).

4. 혈장 및 모유의 지방산 조성

어유를 보충받기 전과 28일간 보충받은 후 산모의 혈

장 지방산 분포는 Table 5에서 보는 바와 같다. DHA 보충으로 인하여 다른 혈장지방산의 함량에는 큰 변화가 없었으나, DHA 수준에는 유의적인 증가가 있었다 (Fig. 2). 어유 섭취전 혈액중의 DHA 함량은 2.61~3.67% 범위에 있었으나, 어유를 보충 받은지 4주째 혈액 내의 DHA 함량은 2.72~5.48%로, 3.0g의 어유를 보충 받은 군에서 다른 두 군에 비해 유의성있게 높게 나타났다.

28일간 수유시 모유중 포화지방산의 함량은 43.8%를 차지하고 있으며 (Table 6), 이 포화지방산은 palmitic acid(21.4%), lauric acid(7.1%), capric acid(8.1%), stearic acid(4.3%)의 순으로 나타났다. 불포화지방산 중 monounsaturates가 33.0%를 차지하였으며, 이중 oleic acid(28.6%)가 주된 지방산으로 분석되었다. 다불포화지방산 중에서는 linoleic acid(28.6%)가 가장 많이 함유 되었고, linolenic acid(2.9%), arachidonic acid(0.7%) 순이었다. 또한, N-3계인 EPA와 DHA도 상당량 발견되었으며, 모유 지방산의 P/S 비율은 1.2 : 1.0으로 나타났다.

5. 어유보충의 양과 기간에 따른 DHA 함량의 변화

한편 모유의 DHA 함량을 어유 보충 기간과 양에 따라 살펴보면, 수유 7일째 함량은 0.99 ± 0.11%로서 세 군간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Fig. 3). 그러나 수유 14일째 모유내 DHA 함량은 대조군에서 0.74 ± 0.07%, 어유를 1.5g 보충받은 군에서 1.72 ± 0.47%, 그리고 어유를 3.0g 보충받은 군에서 1.89 ± 0.29%로,

Table 6. Fatty acid profile of breast milk in lactating women supplemented with or without fish oil

Fatty acids	Lactation day-7			Lactation day-14			Lactation day-28			Lactation day-42			P-value	
	Control ¹⁾	1/2 DHA	DHA	Control	1/2 DHA	DHA	Control	1/2 DHA	DHA	Control	1/2 DHA	DHA		
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
c10:0	1.20 ± 0.29 ²	0.88 ± 0.12 ²	0.35 ± 0.08 ³	2.21 ± 0.21 ¹	2.99 ± 0.27 ¹	3.34 ± 0.49 ¹	2.25 ± 0.36 ¹	2.40 ± 0.50 ¹	3.03 ± 0.41 ^{1,2}	1.97 ± 0.21 ^{1,2}	2.30 ± 0.43 ¹	2.09 ± 0.09 ²	0.0001	0.0234
c12:0	7.89 ± 1.25	9.99 ± 1.34 ²	7.34 ± 1.53 ²	10.11 ± 1.00 ⁰	15.85 ± 0.50 ^{1,1}	15.29 ± 1.51 ^{1,1}	8.09 ± 1.31 ⁰	14.17 ± 0.61 ^{1,1,2}	13.38 ± 1.48 ^{1,1}	7.00 ± 0.81 ⁰	11.03 ± 2.34 ^{1,2}	9.17 ± 0.64 ^{1,2}	0.0001	NS
c14:0	9.32 ± 1.53	11.71 ± 1.12 ^{1,2}	9.61 ± 2.11	8.71 ± 1.16 ⁰	14.23 ± 0.94 ^{1,1,2}	12.22 ± 1.32 ^{1,2}	7.07 ± 1.34 ⁰	17.11 ± 2.91 ^{1,2}	11.52 ± 1.34 ^{1,2}	5.90 ± 0.78	9.21 ± 1.76 ²	8.90 ± 1.09	0.0045	NS
c16:0	23.86 ± 0.49 ¹	22.85 ± 1.32 ¹	24.31 ± 0.28 ¹	21.35 ± 0.51 ^{1,2}	21.15 ± 0.17 ^{1,1,2}	18.96 ± 0.58 ^{1,2}	21.44 ± 0.43 ²	19.32 ± 0.71 ²	19.81 ± 0.93 ³	22.56 ± 1.23 ^{1,2}	20.34 ± 0.35 ^{1,2}	22.15 ± 0.81 ²	0.0001	NS
c16:1	3.85 ± 0.34	3.31 ± 0.26	3.17 ± 0.50	3.64 ± 0.36	3.32 ± 0.38	3.13 ± 0.24	4.22 ± 0.51	2.93 ± 0.54	3.23 ± 0.36	3.97 ± 0.39	3.57 ± 0.56	3.08 ± 0.41	NS	NS
c18:0	4.86 ± 0.26	5.33 ± 0.78	5.53 ± 0.18 ¹	4.43 ± 0.30	4.68 ± 0.36	4.51 ± 0.11 ²	4.33 ± 0.36	4.80 ± 0.62	4.55 ± 0.23 ²	4.85 ± 0.41	5.16 ± 0.52	5.29 ± 0.15 ¹	0.0002	NS
c18:1	27.62 ± 1.78	26.15 ± 1.29 ^{1,2}	27.42 ± 2.35	27.26 ± 1.65	21.91 ± 0.63 ²	23.13 ± 1.72	28.62 ± 1.28 ¹	23.29 ± 0.39 ^{1,2}	24.60 ± 1.71 ^{1,2}	30.05 ± 0.63	28.54 ± 2.09 ²	28.35 ± 1.35	0.0012	NS
c18:2	15.46 ± 1.65	13.47 ± 0.88 ^{1,2}	13.53 ± 1.17	16.11 ± 1.11 ²	10.24 ± 1.11 ²	13.58 ± 1.55	17.92 ± 2.04	14.06 ± 2.30 ^{1,2}	13.64 ± 1.53	18.55 ± 1.66	15.89 ± 1.68 ¹	16.41 ± 0.93	0.0022	NS
c18:3	1.68 ± 0.39	1.33 ± 0.46	0.75 ± 0.10	1.38 ± 0.41	1.07 ± 0.18	0.95 ± 0.19	2.91 ± 1.28	2.37 ± 0.91	1.38 ± 0.42	2.33 ± 0.44	1.40 ± 0.36	1.36 ± 0.16	0.0159	NS
c18:4	0.73 ± 0.13	0.91 ± 0.20 ¹	1.49 ± 0.77	1.55 ± 0.82	0.41 ± 0.08 ²	0.50 ± 0.04	0.48 ± 0.03	0.40 ± 0.01 ²	0.43 ± 0.04	0.54 ± 0.03	0.42 ± 0.02 ²	0.53 ± 0.02	NS	NS
c20:4	0.93 ± 0.10 ¹	1.13 ± 0.27 ¹	1.03 ± 0.11 ¹	0.83 ± 0.06 ^{1,2}	0.86 ± 0.10 ^{1,2}	0.90 ± 0.08 ^{1,2}	0.71 ± 0.04 ²	0.62 ± 0.06 ²	0.76 ± 0.04 ²	0.65 ± 0.02 ²	0.60 ± 0.05 ²	0.65 ± 0.06 ²	0.0001	NS
c20:5	0.17 ± 0.05	0.21 ± 0.05 ²	0.23 ± 0.03	0.17 ± 0.02	0.38 ± 0.09 ¹	0.37 ± 0.09	0.18 ± 0.03	0.11 ± 0.01 ²	0.45 ± 0.14	0.17 ± 0.04	0.09 ± 0.01 ²	0.26 ± 0.08	NS	NS
c22:6	0.99 ± 0.11 ^{1,1}	1.21 ± 0.27 ^{1,1,2}	1.22 ± 0.09 ^{1,2,3}	0.74 ± 0.07 ^{1,1,2}	1.72 ± 0.47 ^{1,1}	1.89 ± 0.29 ^{1,1}	0.59 ± 0.05 ^{1,2}	1.02 ± 0.19 ^{1,1,2}	2.05 ± 0.43 ^{1,1,2}	0.67 ± 0.08 ²	0.67 ± 0.11 ²	0.83 ± 0.04 ³	0.0105	0.0265

1) Control : Group without fish oil supplementation

1/2 DHA : Group with 1.5 g of fish oil supplementation

DHA : Group with 3.0 g of fish oil supplementation

Expressed as relative % of total fatty acids.

Values are Mean ± SE. Means with the different alphabets in the same row are significantly different between groups at p < 0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

Means with the different numbers in the same row are significantly different within group at p < 0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

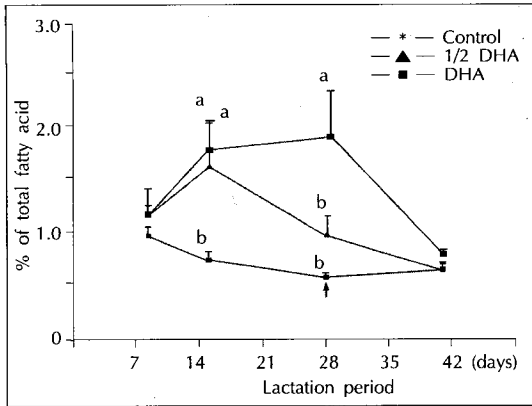


Fig. 3. Change of DHA content in breast milk of lactating women supplemented with fish oil.
 1/2 DHA : Group with 1.5g of fish oil supplement
 DHA : Group with 3.0g of fish oil supplement
 † : Discontinuance of fish oil supplement

어유를 보충 받은 군에서 보충받지 않은 군에 비해 그 함량이 유의성있게 높게 나타났으며, 수유 28일째에는 대조군에서 $0.59 \pm 0.05\%$, 어유 1.5g 보충군에서 $1.02 \pm 0.19\%$, 그리고 어유 3.0g 보충군에서 $2.05 \pm 0.43\%$ 로, 어유를 3.0g 섭취한 DHA군만이 다른 두 군에 비해 모유내 DHA 함량이 유의성있게 높게 나타났다.

한편 어유 섭취를 중단한 2주후인 수유 42일째의 모유내 DHA 함량은 대조군에서 $0.67 \pm 0.08\%$, 어유 1.5g 보충군에서 $0.67 \pm 0.11\%$, 그리고 어유 3.0g 보충군에서 $0.83 \pm 0.04\%$ 로써 세 군간에 유의적인 차이가 없었으며, 어유를 보충 받기 이전의 수준으로 되돌아갔다.

고찰 및 결론

수유부의 영양섭취 상태는 전반적으로 양호한 상태가 되지 못하는 것으로 본 연구 결과 나타났다. 수유기간중 섭취한 영양소를 영양권장량과 비교한 결과 9가지 영양소 중 5가지 영양소 섭취가 권장량에 미치지 못하고, 특히 비타민 B₁과 철분의 경우, 권장량의 67%와 72% 정도 밖에 섭취하지 못하고 있었다. 섭취 열량의 구성비는 평균적으로 단백질이 총 열량의 16%, 지질이 18%, 그리고 당질이 67%로 나타나 현재 우리나라에서 권장되고 있는 열량 구성비인 15 : 20 : 65와 비교하면 거의 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 농촌 수유부를 대상으로 한 연구 결과와 비교해 보면 에너지의 섭취량은 본 연구에서 낮았으나, 칼슘 섭취량은 높게 나타나, 지역간의 식이 섭취 차이를 보여주고 있다²⁹⁾. 한편 최근 도시 산모들을 대상으로 한 최문희²⁴⁾등의 연구결과와 비교해 보면 열량을 비롯하여 다른 영양소들의 섭취 상태가 매

우 유사하게 나타났다.

산모의 혈장 지질 농도는 중성지방, 인지질, 콜레스테롤 모두 전 실험군에서 정상 범위의 수준을 보였다. 그러나 임현숙²⁵⁾등의 연구와 비교해 보면, 콜레스테롤의 수준이 본 연구에서 다소 높고 중성지방의 수준이 다소 낮은 편이었다. 어유를 4주간 보충하였을 때, 어유 보충으로 인한 혈장 지질 농도의 저하 효과는 본 연구에서 나타나지 않았으나, 혈중 중성지방의 농도는 다소 감소되는 경향을 나타냈다. Harris²⁶⁾등의 연구에서는 혈장 지질 농도가 정상인 대상자들에게 총 열량의 40%가 지방인 식이를 한 후에 어유를 4주간 보충 시키고 혈장 지방 농도를 측정 한 결과, 혈장 중성지방 농도와 콜레스테롤 농도가 33%, 14% 각각 감소한 결과를 보고하였다. 또한 어유보충에 의한 혈장 지질농도 감소효과는 고지혈증 환자에서 더 커서, Phillipson²⁷⁾등의 연구에 의하면 고중성지방혈증 환자에게 어유를 보충시켰을때, 중성지방이 61.7%나 감소되었다. 본 연구 결과에서 혈중 지질의 감소효과가 나타나지 않은 이유는 실험대상자인 수유부의 혈장지질 농도가 정상수준이었고, 지방의 섭취가 총 열량의 20% 미만으로 지방의 섭취가 타연구에 비해 낮은 수준이었으며, 어유의 보충도 3g 미만으로 다른 연구에 비해 적은양의 어유를 보충한데서 온 결과인 것으로 사료된다.

모유의 지질 함량은 개체에 따라 상당한 변이를 나타내는데, 이는 이미 Michaelsen²⁸⁾등에 의해 지적된 바 있다. 본 연구에서도 모유 지질 함량에서 개체간에 큰 차이를 보였으며, 이는 모유 성분중 가장 변화가 크고, 여러 요인에 영향을 쉽게 받기 때문이다²⁹⁾.

산모의 식이 조성이 모유의 지방산 패턴을 결정한다는 Thiemich²⁹⁾의 최초 보고후 많은 연구에 의해 확인되었다. 즉 산모의 식습관에 영향을 주는 지역, 인종, 생활 풍속, 산모의 사회적 위치들이 모유의 성분에 영향을 미치고 있으나 유사한 지역에서 식습관이 비슷한 산모의 경우, 모유의 지방산 조성은 거의 일정한 것으로 나타났다³⁰⁾. 그러나 N3계 지방산인 DHA나 EPA는 바다 생선을 얼마나 섭취하느냐에 따라 크게 달라지며, 동물성 지방을 거의 섭취하지 않는 그룹의 모유에서는 이들 지방산 함량이 매우 낮게 나타났다¹³⁾.

산모 혈액의 DHA 함량 변화를 살펴보면, 어유를 섭취하기 전의 DHA 함량은 대조군과 어유 섭취군 사이에서 유의적인 차이가 없었으나, 어유를 섭취한 후 28일째 혈액내의 DHA 함량은 어유 3.0g을 섭취한 군이 대조군에 비해 유의적으로 높은 수준이었다. 이와 같이 수유부의 어유 섭취가 혈액 내의 DHA 함량에 영향을 미침은 이미 보고된바 있다²⁾. 모유에 함유된 지방산은 수유부

혈액의 지단백질로부터 유래되거나 유선에서 형성되는데, 유선에서 합성되는 지방산은 주로 중급 지방산으로 탄수화물로 부터 유도된 lauric acid(C12:0), myristic acid(C14:0)이며, palmitic acid(C16:0)보다 탄소수가 많은 다불포지방산은 혈액중의 지방산으로부터 유래된다. 즉 유선조직에 있는 lipoprotein lipase의 활성도는 매우 높아, chylomicron으로부터 지방산을 유리하여 모유 합성에 이용하기 때문에 수유부가 DHA 함량이 높은 어유를 식이와 함께 섭취할 경우, 모체 혈액내의 DHA 함량이 증가하게되며, 이로인해 모유 내의 DHA 함량이 증가된다³¹⁾³²⁾.

출산 후 4주 동안의 모유내 DHA 평균 함량은 약 0.75%로서 국내에서 보고된 0.55%보다 다소 높은 수준이었으며, 미국 및 서독에서 보고된 함량인 0.1~0.2%보다 훨씬 높은 수준이었다²⁴⁾³⁴⁻³⁵⁾. 이는 식이 섭취의 차이에서 온 것으로, 본 연구에서 식이로 섭취한 DHA 양이 다소 많았고, 우리나라 사람들은 서구 여러나라의 사람들보다 DHA 함량이 비교적 높은 등푸른 생선을 많이 섭취하는 것과 연관하다고 볼수있겠다.

한편 출산 직후부터 어유를 보충받았을 때, 수유 7일째는 모유내의 DHA 함량에 변화가 없는 것으로 나타났는데, 이는 어유를 섭취한지 얼마되지 않아 그 영향이 충분히 반영되지 못한 때문이거나, 식이와 함께 섭취한 어유의 양이 적어 나타난 lag-time으로 사료된다. 그러나 어유 보충 14일째에는 모유의 DHA 함량이 유의성있게 증가되어 계속 높은 수준으로 유지됨으로써, 어유 섭취를 시작하지 7일 이상이 경과해야 그 영향이 나타남을 시사한다. 이는 Harris²⁾와 Jensen³⁶⁾등의 연구에서 어유를 보충시켰을때, 2주까지 모유 내의 DHA 함량이 dose-dependent로 증가한 결과와 일치한다. 그러나 같은 연구에서 어유의 양을 10g이상으로 증가시켰을때, 모유 내의 DHA 함량이 일주일 후에 최고에 달한 것을 볼때 어유 섭취량에 따라 최고의 DHA 함량에 도달하는 기간에는 영향이 있는 것을 알수있다.

수유 28일째에는, 어유 1.5g을 섭취한 경우 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 어유 3.0g을 섭취한 경우에는 유의성있게 증가되어 어유가 보충된 양에 따라 모유에 포함된 양의 차이가 나타났다. 이와같은 결과로 보면, 어유 1.5g 섭취는 모유 내의 DHA 함량을 유의성있게 높이기에는 충분하지 않은 양이라고 사료되며, 어유 3.0g을 섭취할 경우는 섭취한 날로부터 약 2주 후 모유 내의 DHA 함량을 유의성있게 높일 수 있는 양이라고 볼 수 있다.

한편 어유를 2주간 보충한 후, 모유 내에 함유된 DHA 함량은 plateau를 이루어 더 이상 증가하지 않아

서 3.0g의 어유를 매일 섭취할 경우, 어느 수준까지는 증가하지만 그 후에는 더 이상 증가하지 않는 것으로 나타났다. 이 최고 함량이 하루 3g의 어유보충으로 모유내의 DHA 수준을 최대로 증가시킬수 있는 양으로 사려된다. 그러나 어유 섭취를 중단한지 2주 후에는 모유의 DHA 함량이 대조군과 유의적인 차이를 나타내지 않으므로써, 계속적인 섭취를 통해서만 모유 내의 DHA 함량을 높일 수 있는 것으로 나타났다. Harris²⁾ 연구에 의하면 10g 이상의 어유를 보충시킨 경우, 섭취를 중단한지 2주 후에 최고의 DHA 수준보다는 낮았으나 baseline보다는 유의성있게 높아 많은 양을 보충시켰을 경우에는 washout 하는데 소요되는 시간이 보다 많이 요구되는 것을 알수 있다.

본 연구에서 사용된 어유 3g중의 DHA 함량은 0.92g이며, 이 양은 하루에 350~700g의 흰살 생선, 혹은 75~150g의 등푸른 생선인 고등어 혹은 연어에 들어있는 양이다. 이 정도 양의 섭취는 우리가 식생활을 통해 섭취할 수 있는 양이며, 특히 생선 내에는 DHA의 전구체인 eicosapentaenoic acid(C20:5 N3, EPA)도 다량 함유되어 있어 모유중의 DHA 수준을 증가시키기에 좋은 급원으로 사료된다.

결론으로 모유 내의 DHA 함량은 어유를 보충한 후 수유기간의 경과에 따라 유의적으로 증가하며, 그 양상은 하루에 3.0g 이상의 어유 보충과 1주 이상의 기간을 필요로 하며, 최고의 수준에 이르기까지는 2주 이상 걸리는 것으로 나타났다. 그러나 어유의 보충을 중단하면 다시 보충 이전의 상태로 돌아감으로 계속적인 보충이 요구된다. 두뇌 발달이 왕성하게 일어나는 시기에 구조적 지방으로 필수적인 DHA의 보충은 산모의 혈액 내의 DHA 수준을 증가시키고 모유 내의 함량을 증가시킴으로, 영아에게 전달되는 DHA 함량을 증가시키는 것으로 사료된다. 한편 유아에게 어유를 보충시켰을 때 조제분유를 먹인 영아보다 성장이 지연되었으며, 돼지에게 DHA를 보충시켰을 때 간에는 arachidonic acid 함량이 줄어들었다는 연구 결과 등을 고려하여 보면 좀 더 이에 대한 심도있고, 포괄적인 연구가 요구된다.

Literature cited

- 1) Crawford MA, Hassam AG, Stevens PA. Essential fatty acid requirements in pregnancy and lactation with special reference to brain development. *Prog Lipid Res* 20: 31-40, 1981
- 2) Harris WS, Connor WE, Lindsey S. Will dietary N3 fatty acids changes the composition of human milk. *Am J Clin*

- Nutr* 40 : 780-785, 1984
- 3) Artemis P, Simopoulos MD. N-3 fatty acids in growth and development and in health and disease. *Nutrition Today* May/June, 12-18, 1988
 - 4) Neuringer M, Anderson GJ, Connor WE. The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain. *Ann Rev Nutr* 8 : 517-541, 1988
 - 5) Dobbing J. Vulnerable periods of brain growth. In : Elliott K, Knight J, Eds. Lipids, malnutrition and the developing brain. North Holland : Elsevier, 9-29, 1972
 - 6) Conner WE, Neuringer M, Reibick S. Essential fatty acids : The importance of n-3 fatty acids in the retina and brain. *Nutr Rev* 50 : 21-29, 1992
 - 7) Bourre JM, Durand G, Pascal G, Yougou A. Brain cell and tissue recovery in rats made deficient in n-3 fatty acids by alteration of dietary fat. *Nutr* 119 : 15-22, 1989
 - 8) 김미경 · 지규만 · 이양자. 어미쥐의 N-3계 및 N-6계 지방산 식이가 제 2 세대 쥐의 뇌조직 지방산 성분에 미치는 영향. *한국영양학회지* 26(6) : 661-671, 1993
 - 9) Nettleton JA. Are n-3 fatty acids essential nutrients for fetal and infant development? *J Am Diet Assoc* 93 : 58-64, 1993
 - 10) Bourre, J-M, Bonneil M, Chaudier J, Clement M, Dumont O, Durand G, Lafont H, Nalbone G, Pascal G, Piciotti M. Structural and functional importance of dietary polyunsaturated fatty acids in the nervous system. In Bazan NG, Murphy M, Toffano G. Eds. Neurobiology of essential fatty acids. *Advances in Experimental Biology and Medicine* Vol 318. New York, Plenum Press
 - 11) Innis SM. Plasma and red blood cell fatty acid values as indexes of essential fatty acids in the developing organs of infants fed with milk or formulas. *J Pediatr* 120 : s78-s86, 1992
 - 12) Innis SM. Essential fatty acids in growth and development. *Prog Lipid Res* 30 : 39-103, 1991
 - 13) Sanders TAB, Reddy S. The influence of a vegetarian diet on the fatty acid composition of human milk and the essential fatty acid status of the infant. *J Pediatr* 120 : 71-77, 19
 - 14) Liu CF, Carlson SE, Rhodes PG, Rao Vs, Meydrech EF. Increase in plasma phospholipid docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids as a reflection of their intake and mode of administration. *Pediatr Res* 22 : 292-296, 1987
 - 15) Neuringer M, Connor WE, Barstad L. Dietary fatty acid deficiency and visual loss in infant rhesus monkey. *J Clin Invest* 73 : 272-276, 1984
 - 16) Reibick S, Neuringer M, Hasnain R, Connor WE. Home cage behavior of rhesus monkeys with long-term deficiency of omega-3 fatty acids. *Physio Behav* 55 : 231-239, 1994
 - 17) Folch J, Lees M, and Sloane-Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J Biol Chem* 226 : 497-509, 1957
 - 18) Fletcher MJ. A colorimetric method for estimating serum triglycerides. *Clin Chem Acta* 22 : 393-397, 1968
 - 19) Bligh EG and Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purifications. *Can J Biochem Physiol* 37 : 911-917, 1959
 - 20) Bartlett GR. Phosphorous assay in column chromatography. *J Biol Chem* 234 : 466-468, 1959
 - 21) McDougal DB and Farmer HS. A fluorometric method for total serum cholesterol. *J Lab and Clin Med* 50 : 485-488, 1987
 - 22) Morrison WR, Smith LM. Precipitation fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J Lipid Res* 5 : 600-608, 1964
 - 23) 김상기 · 나창수. 한국 산모의 모유 지방에 관한 연구. *소아과* 28(7) : 765-771, 1986
 - 24) 최문희 · 문수재 · 안홍석. 수유기간에 따른 모유의 성분함량 변화와 수유부의 섭식 태도 및 영아의 성장 발육에 관한 생태학적 연구. II 모유의 지질 함량에 관한 연구. *한국영양학회지* 24(2) : 77-86, 1991
 - 25) 임현숙 · 허영란. 모유영양아와 인공영양아의 지질대사. *한국영양학회지* 27(5) : 429-441, 1994
 - 26) Harris WS, Connor WE, McMurry MP. The comparative reduction of the plasma lipids and lipoproteins by dietary polyunsaturated fats : salmon oil versus vegetable oils. *Metabolism* 32 : 179-183, 1983
 - 27) Phillipson BE, Rothrock DW, Connor WE, Harris WS, Illingworth DR. The reduction of plasma lipids lipoproteins, and apoproteins in hypertriglyceridemic patients by dietary fish oils. *N Engl J Med* 312 : 1210-1218, 1985
 - 28) Michaelsen KF, Skafte L, Badsberg JG, Jorgensen M. Variations in macronutrients in human bank milk : Influencing factors and implications for human milk banking. *J Pdeiatr Gastroenterol Nutr* 11 : 229-239, 1990
 - 29) Thiernich M. Über den Einflub der Ernährung und Lebensweise auf die Zusammensetzung der Frauenmilch. *Monatsshr Geburtshilf. Gynakologie* 9 : 504-521, 1899
 - 30) Hall B. Uniformity of human milk. *Am J Clin Nutr* 32 : 304-312, 1979
 - 31) Insull W, Jr, Hirsch J, James T, Ahrens EH, Jr. The fatty acids of huan milk. II. Alterations produced by manipulation of caloric balance and exchange of dietary fats. *J Clin Invest* 38 : 443-450, 1959
 - 32) Hamosh M, Clary TR, Chernick S, Scew Ro. Lipoprotein lipase activity of adipose tissue and mammary tissue and plasma triglycerides in pregnant and lactating rats. *Biochem Biophys Acta* 473-482, 1970
 - 33) Sas M, Gellen JJ, Dusitsin N. Comparison of the fatty a-

- cids in human milk from Hungary and Thailand. Task Force on Oral Contraceptives, WHO Special Program of Research, Development and Research Training in Human Reproduction. *Prog Lipid Res* 25 : 235-238, 1986
- 34) de Lucchi, Pita M, Faus MJ, Periage JL, Gil A. Influences of diet and postnatal age on the lipid composition of red blood cell membrane in newborn infants. *Ann Nutr Metab* 32 : 954-959, 1988
- 35) Koletzke B, Mrotzek M, Bremer HJ. Fatty acid composition of mature human milk in Germany. *Am J Clin Nutr* 47 : 954-959, 1988
- 36) Jensen RG. The lipids of human milk. Boca Raton CRC Press, 1989