

모유영양아와 인공영양아의 지질 대사*

임 현 숙 · 허 영 란
전남대학교 식품영양학과

Lipid Metabolism of Korean Breast-Fed and Formula-Fed Infants

Lim, Hyeon Sook · Huh, Young Rahn

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju, Korea

ABSTRACT

The difference in lipid metabolism between breast-fed(BF) and formula-fed(FF) infants were studied in 31 Korean infants at 1, 2 and 3 months postpartum. The formulas had more total lipids(TL), triglycerides(TG) and phospholipids and less cholesterol(CHOL) and free fatty acids(FFA) than the breast milk. The milk consumption of the FF infants was significantly greater than that of the BF infants with a wide individual variation. As a result, the FF infants appeared to consume more TL, TG and PL and less CHOL and FFA than the BF infants during 3 months. The lipid contents of the breast milk tended to decrease in due course of lactation, therefore the intake of lipids of BF infants was reduced during the first three month of lactation. The plasma TG and CHOL levels of infants at 3 month were not significantly different between the BF and FF infants, but the PL level of the BF infants was higher than that of the FF infants. The plasma levels of TG and CHOL were not significantly correlated with the intakes of TL, TG, CHOL, PL and FFA, respectively. The PL level, however, was positively correlated with the intakes of CHOL and FFA, respectively and negatively correlated with PL intake as well as 18 : 2w6 fatty acid content of the breast milk or the formulas. The fecal weight and fecal loss of TL of the FF infants were greater than those of the BF infants during 3 months, however apparent lipids digestibility was not significantly different between the BF and FF infants. The fecal excretions of CHOL and bile acids of FF infants were substantially higher than those of BF infants during 3 months. Net sterol balance showed a particularly large difference between the BF and FF infants. The value of the net sterol balance of the BF infants was negative, but that of the FF infants was positive. This study shows that the consumption pattern of various lipid components of BF and FF infants were different as a result of different lipid compositions between breast milk and formula. The significantly lower sterol balance of the BF infants than the FF infants may have been derived from the unique dietary characteristic of breast milk.

KEY WORDS : infant · breast-fed · formula-fed · lipid · metabolism.

채택일 : 1994년 5월 20일

*본 연구는 파스퇴르 유업(주) 모유영양연구소의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

서 론

3개월령까지의 유아기는 성장율이 가장 높으며 이때는 성장과 유지에 요구되는 에너지를 유즙 섭취에 전적으로 의존하는 시기이다. 따라서 유즙에 함유된 에너지 발생 영양소의 함량은 이 시기의 성장율을 결정짓는 중요한 인자이다. 유즙에 함유된 에너지 발생 영양소 중 단백질과 유당 함량은 비교적 일정한 수준이 유지되나 지질 함량은 총 에너지의 약 50%를 점하며 또한 상당한 변이를 나타낸다는 점¹⁾²⁾에서 지질 함량은 유즙의 에너지를 결정짓는 중요한 변수라 할 수 있다. 또한 근래에 들어 지질대사 이상으로 인해 발생하는 여러 질병의 이환율이 높아지고 있으며, 이들 질병이 어린 시절부터 시작되어 수십년에 걸쳐 서서히 진행된다는 사실로 미루어 볼 때 유아기에 섭취하는 모유나 조제분유의 총지질 함량이나 그 조성 등 유아기의 지질영양의 차이는 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다. 이러한 이유로 유즙의 지질 함량뿐만 아니라 그 조성에 대하여도 많은 연구가 수행되었으며, 그 결과 모유와 우유의 지질 조성은 유사하나 지방산 조성은 큰 차이를 보인다는 점¹⁾⁶⁾과 모유는 우유에 비해 콜레스테롤 함량이 높다는 점¹⁾⁷⁾이 발견되었다. 모유에 콜레스테롤이 많은 잇점으로 중추신경계의 성장율이 빠른 유아기에 myelin 합성에 요구되는 콜레스테롤의 요구를 충족시킨다는 점과 콜레스테롤 분해효소가 일찍 발달될 수 있다는 점 등이 제안되어 있다¹⁾⁸⁾. 그러나 유아의 혈장 콜레스테롤 농도는 유즙의 콜레스테롤 함량에 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있으며⁹⁾, 유즙의 18:2w6 함량의 영향에 대하여는 이론이 있다. Picciano 등¹⁰⁾은 유즙의 18:2w6 함량이 높으면 혈장 콜레스테롤 농도가 낮다고 하였으나, Woodruff 등¹¹⁾은 2가 불포화지방산 섭취량과 혈장 콜레스테롤 농도와는 무관하다고 하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 모유, 우유 또는 조제분유의 지질 함량과 조성에 대한 내용은 상당히 밝혀져 있으나 이들의 생리적 이용 또는 대사에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구

에서는 모유 또는 유아용 조제분유만을 섭취하는 시기인 출생 후부터 3개월령까지의 모유영양아와 인공영양아의 지질대사의 차이를 규명하기 위하여 지질 섭취량, 혈장 지질 농도, 총지질, 콜레스테롤 및 담즙산 배설량과 정미 스테롤 평형을 조사하였다.

연구방법

1. 연구 대상자의 선정 및 실험군

연구 대상자의 선정 내용은 전보¹²⁾와 같으며, 출생시 체중이 정상 범위에 속하였고 소아과 의사의 소견으로 건강에 이상이 없는 남아를 연구 대상으로 하였다. 실험군별 연구 대상자는 모유영양군 9명, 인공영양군 22명(M제품군 8명 N제품군 7명, P제품군 7명)으로 총 31명이었다.

2. 모유 및 조제분유 섭취량 측정

모유영양군의 모유 섭취량 측정은 출생 후 1, 2 및 3개월령에 각각 72시간 동안의 섭취량을 체중 증가법(test weighing method)¹³⁾으로 측정하였고 무게 단위(gram)로 얻어진 섭취량을 모유의 비중을 측정하여 용량 단위(ml)로 환산하였다. 인공영양군의 조제분유 섭취량은 직접법(direct measurement method)¹⁵⁾으로 측정하였다. 기타 자세한 내용은 전보¹²⁾와 같다.

3. 모유 및 조제분유 시료의 채취 및 분석

모유 시료는 1, 2 및 3개월령에 섭취량 측정이 시작되는 날 약 50 ml의 유즙을 채취하였으며, 유아용 조제분유 시료는 시중에서 판매되는 3종(M, N 및 P)의 제품을 구입하였다. 모유와 조제분유 시료 모두 기체질소를 충전하여 -20°C에 보관하여 분석에 사용하였다. 이들 시료의 총지질 함량은 Folch 법¹⁴⁾에 의해 chloroform : methanol(2 : 1, v/v) 혼합용액으로 추출하여 중량에 의해 정량하였다. 중성지방, 인지질 및 콜레스테롤 함량은 효소법을 이용하여 발색시켜 분광광도계(HP spectrophotometer, Hewlett Packard Co., USA)로 흡광도를 측정하여 정량하였다. 유리지방산 함량은 Brunk와 Swanson 법¹⁵⁾에 따라 비색 정량하였다.

4. 총지질, 중성지방, 인지질, 콜레스테롤 및 유리지방산 섭취량 산출

연구 대상자의 1일 평균 총지질, 중성지방, 인지질, 콜레스테롤 및 유리지방산 섭취량은 출생 후 1, 2 및 3개월령에 조사된 72시간 동안의 모유 또는 조제분유 섭취량 성적과 모유 또는 조제분유에 함유된 해당 성분의 분석치로부터 산출하였다.

5. 혈액 시료 채취 및 분석

연구 대상자가 3개월령에 달했을 때 3시간 이상 공복 상태에서 손등에 있는 정맥으로부터 주사침을 이용하여 약 1 ml의 혈액을 헤파린(10 µ/ml)이 들어있는 원심관에 채취하였다. 채혈 즉시 4°C에서 1,000×g로 30분간 원침시켜 혈장을 분리하였으며 냉장 보관하여 분석에 사용하였다. 중성지방, 인지질 및 콜레스테롤 농도 모두 모유 및 조제분유 시료의 분석에서 서술한 동일한 방법으로 정량하였다.

6. 대변 시료 채취 및 분석

대변 시료는 모유 및 조제분유 섭취량을 측정할 시기 즉 출생 후 1, 2 및 3개월령에 각각 72시간 동안 배설된 대변을 비닐 봉지가 깔린 뚜껑있는 폴리에틸렌 통에 수집하였다. 이때 기저귀와 엉덩이 부분에 묻은 대변까지 완전하게 수거하려고 노력하였다. 수거 즉시 정량하였고 손으로 주물러 균질화시킨 뒤 일정량을 취하여 분석 시까지 -20°C에 보관하였다.

총지질 함량은 Amenta 법¹⁶⁾에 따라 동결 건조시켜 마쇄한 시료 100 mg을 chloroform : methanol (1 : 1.2, v/v) 혼합 용액으로 지질을 추출하고 acid dichromate reagent로 발색시켜 430 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다. 외견상 지질 소화율은 모유 또는 조제분유로부터 섭취된 총지질량에서 대변중의 총지질량을 빼고 이를 총지질 섭취량으로 나눈 후 100을 곱하여 산출하였다. 콜레스테롤 함량은 De Hoff등¹⁷⁾의 방법에 따라 정량하였다. 즉 Folch법¹⁴⁾으로 지질을 추출하고 계면활성제(Triton X-100)로 유화시킨 후 효소법에 따른 시약을 이용하여 발색시켜 500 nm에서 흡광도를 읽어 정량

하였다. 담즙산 함량도 추출된 지질을 유화시킨 후 효소법¹⁸⁾에 따른 시약으로 발색시켜 530 nm에서 흡광도를 읽어 정량하였다. 정미 스테롤 평형은 스테롤(콜레스테롤 및 담즙산) 배설량에서 콜레스테롤 섭취량을 빼서 산출하였다.

7. 통계처리

연구 결과의 통계처리는 SAS(statistical analysis system)를 이용하여 수행하였다. 각 실험군 별로 각 항목의 평균과 표준편차를 구하였으며, 실험군 간 평균값의 차이는 Duncan's multiple range test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다. 연구 대상자의 지질 섭취량과 혈장 지질 농도 사이의 상관과 대변중 총지질, 콜레스테롤 및 담즙산 배설량과 외견상 지질소화율과의 상관은 Pearson's correlation coefficient로 검증하였다. 또한 월령별 각 항목의 변화추이는 linear regression equation을 구하여 검증하였다.

결 과

1. 모유 및 조제분유의 지질 함량

모유영양군이 섭취한 모유의 월령별 총지질, 중성지방, 인지질, 콜레스테롤 및 유리지방산 함량은 Table 1과 같았다. 총지질 함량은 1개월령에 높고 2 및 3개월령에 낮은 경향을 보였으나 개체간 변이가 커서 통계적 유의성은 보이지 않았다. 총지질 함량이 가장 높은 시료는 1, 2 및 3개월령에 각각 5,263 mg/dl, 4,535 mg/dl 및 4,220 mg/dl로 가장 낮은 함량을 보인 시료의 2.6~3.8배에 달하였다. 유리지방산을 제외한 중성지방, 인지질 및 콜레스테롤 함량도 모두 총지질 함량과 같은 경향을 보였다. 3개월령까지의 평균 총지질, 중성지방, 인지질, 콜레스테롤 및 유리 지방산 함량은 각각 2,671.2 mg/dl, 2,304.0 mg/dl, 24.6 mg/dl, 16.5 mg/dl 및 299.4 mg/dl이었다.

인공영양군이 섭취한 3종의 조제분유의 지질 함량은 Table 2와 같았다. 총지질 함량은 N, P 및 M제품 순으로 높았으며 중성지방, 인지질 및 콜레스테롤 함량 역시 N제품이 가장 높았고 P 및

모유영양아와 인공영양아의 지질대사

Table 1. Contents of total lipids, triglyceride, phospholipid, cholesterol and free fatty acid of the breast milk

Item	Stage of lactation(Months postpartum)			Overall
	1	2	3	
	mg/dl			
Total lipids	3155.2± 895.5 ^{a1)} (2000.0-5262.8)	2495.7± 974.6 ^a (1607.0-4535.3)	2362.7± 1072.6 ^a (1195.0-4219.7)	2671.2± 845.3 (1195.0-5262.8)
TG	2757.0± 884.5 ^a (1656.7-4823.9)	2183.2± 942.2 ^a (1175.2-4106.5)	1972.9± 983.4 ^a (846.7-3590.1)	2304.4± 806.0 (846.7-4823.9)
PL	29.1± 26.7 ^a (7.9- 97.0)	23.3± 24.5 ^a (9.5- 87.3)	21.5± 20.1 ^a (7.8- 66.8)	24.6± 19.5 (7.8- 97.0)
CHOL	20.4± 23.4 ^a (8.5- 80.7)	16.2± 14.8 ^a (7.1- 54.6)	12.8± 4.6 ^a (8.1- 21.8)	16.5± 12.4 (7.1- 80.7)
FFA	342.3± 70.6 ^a (237.0- 421.0)	264.2± 58.1 ^a (184.7- 337.9)	294.7± 112.9 ^a (174.7- 513.8)	299.4± 63.5 (174.7- 513.8)

1) Values are mean± standard deviation of mean. Ranges are given in parentheses. Values bearing the same superscripts a are not significantly different from those of 1, 2 and 3 months of postpartum, respectively(p<0.05).
Abbreviations. TG ; triglyceride, PL ; phospholipid, CHOL ; cholesterol, FFA ; free fatty acid

M제품은 근사하였다. 유리지방산 함량은 P제품이 가장 높았고 N 및 M제품은 근사하였다. 한편 조제분유를 규정 농도로 조제하여 총지질 함량을 분석한 결과 3종 모두 모유의 평균치보다 높았으나 이들은 모두 모유의 총지질 함량 범위 내의 값이었다. 중성지방과 인지질 함량은 총지질 함량과 마찬가지로 3종의 조제분유 모두 모유보다 높았다. 그러나 콜레스테롤과 유리지방산 함량은 3종의 조제분유 모두 모유보다 낮았다. 유리지방산을 제외하고는 중성지방, 인지질, 콜레스테롤 모두 모유의 각 성분 함량의 범위내 값이었다.

2. 유즙, 총지질, 중성지방, 인지질, 콜레스테롤 및 유리지방산 섭취량

월령별 각 실험군의 1일 평균 모유 또는 조제분유 섭취량과 이를 통한 총지질, 중성지방, 인지질, 콜레스테롤 및 유리지방산 섭취량은 Table 3과 같았으며 이를 단위체중당 섭취량으로 산출한 값은 Table 4와 같았다.

유즙 섭취량은 1개월령의 경우 P제품군이 가장 많아 가장 적은 모유영양군과 유의한 차이를 보였으나 모유영양군과 인공영양군의 평균 사이에는 유의한 차이가 없었다. 그러나 2개월령에는 3개

Table 2. Contents of total lipids, triglyceride, phospholipid, cholesterol and free fatty acid of the 3 infant's formulas

Item	Kind of formula		
	M	N	P
	mg/dl ¹⁾		
Total lipids	226.7	252.6	233.0
TG	212.1	237.8	217.4
PL	3.0	2.9	2.8
CHOL	0.7	0.6	0.6
FFA	10.8	10.6	11.9
	mg/dl ²⁾		
Total lipids	3233.0	3602.0	3324.0
TG	3022.5	3388.5	3097.5
PL	42.0	41.3	39.9
CHOL	9.6	8.8	9.1
FFA	154.2	150.6	168.9

1) Values are based on the dry weight of formulas.
2) Values are based on the volume of formulas constituted with proper volume of water.
Abbreviations. TG ; triglyceride, PL ; phospholipid, CHOL ; cholesterol, FFA ; free fatty acid

인공영양군 모두 모유영양군에 비해 유즙 섭취량이 유의하게 많았고, 3개월령에는 P 및 N제품의 유즙

섭취량이 모유영양군보다 유의하게 많아 2 및 3개월령의 유즙 섭취량은 인공영양군의 평균이 모유영양군보다 유의하게 많았다. 이러한 결과 3개월령까지의 평균 유즙 섭취량은 모유영양군이 인공영양군의 평균보다 유의하게 적게 나타났다. 이는 모유영양군의 경우 월령이 증가되면서 유즙 섭취량이 유의하게($Y = -18.0X + 757.7, p < 0.05$) 감소된 반면 인공영양군은 유의하게($Y = 29.5X + 801.0, p < 0.001$) 증가되었기 때문이었다. 그러나 유즙

섭취량을 단위체중당 값으로 나타내 보면 월령에 따라 P제품군이 모유 또는 타 영양군에 비해 유의하게 많은 경우가 있어 3개월령까지의 평균 유즙 섭취량은 P제품군은 모유영양군에 비해 유의하게 많았으나 인공영양군의 평균은 모유영양군과 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 이유는 단위 체중당 유즙 섭취량은 모유영양군의 경우도 월령이 증가되면서 유의하게($Y = -27.9X + 191.0, p < 0.001$) 감소되었고 인공영양군의 경우도 유의하게

Table 3. Daily intakes of milk volume, total lipids, triglyceride, phospholipid, cholesterol and free fatty acid per infant

Item	Age (Months)	Breast-fed		Formula-fed							
				M		N		P		Sub-total	
Milk volume consumed (ml/day)	1	751.8±	123.2 ^{b1)}	825.6±	38.5 ^{ab}	768.1±	70.7 ^{ab}	835.0±	58.9 ^a	810.3±	63.8 ^a
	2	697.1±	112.4 ^b	863.5±	196.3 ^a	915.5±	147.3 ^a	933.6±	108.2 ^a	901.7±	160.4 ^a
	3	717.2±	142.6 ^b	798.3±	88.6 ^{ab}	897.2±	145.4 ^a	932.2±	114.6 ^a	867.6±	116.2 ^a
	Overall	720.1±	123.3 ^b	839.7±	103.4 ^a	851.4±	110.2 ^a	893.3±	70.4 ^a	860.5±	94.9 ^a
Total lipids (g/day)	1	24.8±	9.1 ^a	26.7±	1.2 ^a	27.7±	2.5 ^a	27.7±	2.0 ^a	27.3±	1.9 ^a
	2	17.4±	6.3 ^b	27.9±	6.3 ^a	33.0±	5.3 ^a	31.0±	3.6 ^a	30.4±	5.2 ^a
	3	18.5±	10.8 ^c	25.8±	2.9 ^b	32.3±	5.2 ^a	30.3±	2.4 ^{ab}	29.3±	3.6 ^{ab}
	Overall	20.0±	6.9 ^b	27.1±	3.1 ^a	30.9±	3.9 ^a	29.7±	2.2 ^a	29.0±	3.1 ^a
TG (g/day)	1	21.7±	8.8 ^b	25.0±	1.2 ^{ab}	26.0±	2.6 ^a	25.9±	2.0 ^{ab}	25.6±	1.9 ^{ab}
	2	15.2±	6.1 ^b	26.1±	6.4 ^a	31.0±	5.5 ^a	28.6±	3.6 ^a	28.5±	5.5 ^a
	3	15.5±	9.6 ^c	24.1±	2.9 ^b	30.4±	5.4 ^a	28.2±	2.4 ^{ab}	27.5±	4.4 ^{ab}
	Overall	17.3±	6.4 ^b	25.4±	3.1 ^a	29.1±	4.0 ^a	27.7±	2.2 ^a	27.2±	3.4 ^a
PL (mg/day)	1	235.2±	224.2 ^b	346.6±	17.3 ^a	317.3±	31.5 ^{ab}	333.2±	25.4 ^{ab}	333.0±	26.8 ^{ab}
	2	147.1±	108.3 ^b	362.4±	88.1 ^a	378.2±	66.7 ^a	372.5±	46.7 ^a	370.3±	67.3 ^a
	3	181.9±	195.5 ^b	335.1±	40.2 ^a	370.7±	65.8 ^a	363.7±	30.9 ^a	355.8±	46.9 ^a
	Overall	183.5±	134.5 ^b	352.4±	43.4 ^a	354.4±	49.3 ^a	356.5±	28.1 ^a	354.3±	38.8 ^a
CHOL (mg/day)	1	163.0±	190.2 ^a	79.3±	3.9 ^b	67.6±	6.7 ^b	76.0±	5.8 ^b	75.5±	7.3 ^b
	2	103.6±	63.5 ^a	82.9±	20.1 ^a	80.6±	14.2 ^a	85.0±	10.6 ^a	82.9±	15.2 ^a
	3	101.1±	52.2 ^a	76.7±	9.2 ^a	79.0±	14.0 ^a	82.9±	7.0 ^a	79.6±	10.1 ^a
	Overall	120.8±	83.5 ^a	80.6±	9.9 ^{ab}	75.5±	10.5 ^b	81.3±	6.4 ^{ab}	79.4±	9.0 ^{ab}
FFA (mg/day)	1	2631.1±	599.2 ^a	1273.2±	63.4 ^b	1156.7±	114.9 ^b	1410.4±	107.4 ^b	1279.8±	138.4 ^b
	2	1845.9±	475.0 ^a	1331.4±	323.6 ^b	1378.8±	243.0 ^b	1576.8±	280.9 ^{ab}	1426.8±	274.4 ^b
	3	2265.1±	1230.0 ^a	1231.1±	147.5 ^b	1351.3±	239.9 ^b	1539.4±	130.6 ^b	1375.0±	212.5 ^b
	Overall	2240.4±	606.5 ^a	1294.8±	159.4 ^b	1291.8±	179.6 ^b	1508.9±	118.9 ^b	1365.3±	178.9 ^b

1) Values are mean± standard deviation of mean.

Values bearing the same superscripts are not significantly different from those of breast-fed, M, N, P and formula-fed, respectively($p < 0.05$).

Abbreviations. TG ; triglyceride, PL ; phospholipid, CHL ; cholesterol, FFA ; free fatty acid

모유영양아와 인공영양아의 지질대사

($Y = -24.1X + 197.0$, $p < 0.001$) 감소되었기 때문이었다.

총지질 섭취량은 14개월령의 경우 실험군 간에 차이를 보이지 않았으나 2 및 3개월령에는 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 유의하게 많았으며, 3개월령에는 인공영양군 간에도 유의한 차이를 보였는 바 N제품군이 M제품군보다 유의하게 많았다. 따라서 3개월령까지의 평균 총지질 섭취량은 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 유의하게 많았다. 이러한 결과는 단위체중당 값으로 나타내어도 동일하였다. 월령에 따른 총지질 섭취량의 추이를 보면 양 군 모두 유의한 변화를 보이지 않았다. 그러나 단위체중당 값은 모유영양군($Y = -1.3X + 6.4$, $p < 0.01$)과 인공영양군($Y = -0.8X + 6.7$, $p < 0.01$) 모두 월령이 증가되면서 유의하게 감소된 것으로 나타났다.

001) 모두 월령이 증가되면서 유의하게 감소된 것으로 나타났다.

중성지방 섭취량은 1개월령의 경우 N제품군만이 모유영양군에 비해 유의하게 많았으나 2 및 3개월령에는 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 유의하게 많았으며, 3개월령에는 인공영양군 간에도 유의한 차이를 보였는 바 N제품군이 M제품군보다 많았다. 따라서 3개월령까지의 평균 중성지방 섭취량은 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 많았다. 이러한 결과를 단위체중당 값으로 나타내 보면 1개월령에서 N제품군이 아닌 P제품군의 섭취량이 모유영양군보다 유의하게 많은 결과를 보이긴 하였으나 2 및 3개월령의 경우와 3개월령까지의 평균값의 경우 모두 동일하였다. 월령에 따른 중성

Table 4. Daily intakes of milk volume, energy, protein, lipid and lactose per kg of body weight of infant

Item	Age (Months)	Breast-fed	Formula-fed			
			M	N	P	Sub-total
Milk volume consumed (ml/day)	1	169.1 ± 27.8 ^{b1)}	166.3 ± 14.8 ^b	161.7 ± 20.3 ^b	190.1 ± 14.3 ^a	172.4 ± 20.2 ^{ab}
	2	123.2 ± 22.0 ^b	139.6 ± 40.0 ^{ab}	153.0 ± 33.2 ^{ab}	158.9 ± 17.9 ^a	149.8 ± 31.7 ^{ab}
	3	114.1 ± 15.9 ^{ab}	110.7 ± 19.2 ^b	127.9 ± 26.6 ^{ab}	134.2 ± 9.6 ^a	124.1 ± 21.0 ^{ab}
	Overall	135.7 ± 17.2 ^b	141.8 ± 23.4 ^{ab}	148.0 ± 25.4 ^{ab}	161.0 ± 11.9 ^a	150.0 ± 21.7 ^{ab}
	Energy (kcal/kg/day)	1	113.7 ± 28.2 ^c	142.4 ± 10.2 ^{ab}	138.8 ± 13.3 ^b	156.5 ± 10.9 ^a
	2	72.1 ± 15.6 ^b	118.1 ± 31.7 ^a	127.0 ± 25.2 ^a	130.8 ± 13.7 ^a	124.9 ± 24.1 ^a
	3	65.5 ± 19.0 ^b	93.6 ± 15.1 ^a	106.2 ± 20.2 ^a	110.5 ± 7.4 ^a	103.3 ± 14.9 ^a
	Overall	83.8 ± 14.8 ^b	120.9 ± 20.6 ^a	124.6 ± 20.2 ^a	132.6 ± 10.6 ^a	125.8 ± 17.8 ^a
Protein (g/kg/day)	1	2.1 ± 0.5 ^c	3.0 ± 0.2 ^b	2.4 ± 0.3 ^c	3.5 ± 0.3 ^a	3.0 ± 0.3 ^b
	2	1.4 ± 0.3 ^c	2.5 ± 0.7 ^{ab}	2.3 ± 0.5 ^b	2.9 ± 0.3 ^a	2.6 ± 0.5 ^{ab}
	3	1.2 ± 0.2 ^c	2.0 ± 0.3 ^b	1.9 ± 0.4 ^b	2.5 ± 0.2 ^a	2.1 ± 0.3 ^b
	Overall	1.6 ± 0.2 ^c	2.6 ± 0.4 ^b	2.2 ± 0.4 ^b	3.0 ± 0.3 ^a	2.6 ± 0.4 ^b
	Lipid (g/kg/day)	1	5.4 ± 2.0 ^a	5.4 ± 0.4 ^a	5.8 ± 0.7 ^a	6.3 ± 0.4 ^a
2		3.0 ± 1.1 ^b	4.5 ± 1.2 ^a	5.5 ± 1.1 ^a	5.3 ± 0.6 ^a	5.1 ± 1.0 ^a
3		2.9 ± 1.6 ^c	3.6 ± 0.6 ^{bc}	4.6 ± 0.9 ^a	4.5 ± 0.3 ^{ab}	4.2 ± 0.7 ^{ab}
Overall		3.7 ± 1.2 ^b	4.6 ± 0.8 ^a	5.3 ± 1.0 ^a	5.4 ± 0.5 ^a	5.1 ± 0.8 ^a
Lactose (g/kg/day)		1	10.5 ± 1.7 ^a	8.0 ± 0.6 ^b	8.1 ± 0.9 ^b	8.8 ± 0.6 ^b
	2	8.0 ± 1.4 ^a	6.6 ± 1.8 ^a	7.7 ± 1.5 ^a	7.4 ± 0.8 ^a	7.2 ± 1.5 ^a
	3	7.2 ± 0.9 ^a	5.3 ± 0.9 ^c	6.4 ± 1.2 ^{ab}	6.2 ± 0.4 ^{ab}	6.0 ± 0.9 ^{bc}
	Overall	8.6 ± 1.1 ^a	6.8 ± 1.2 ^b	7.4 ± 1.3 ^b	7.5 ± 0.5 ^b	7.2 ± 1.0 ^b

1) Values are mean ± standard deviation of mean.

Values bearing the same superscripts are not significantly different from those of breast-fed, M, N, P and formula-fed, respectively ($p < 0.05$).

지방 섭취량의 추이를 보면 모유영양군은 유의하게 ($Y = -4.6X + 25.7, p < 0.05$) 감소된 반면 인공영양군은 유의한 변화를 보이지 않았다. 그러나 단위체중당 값은 모유영양군 ($Y = -1.2X + 5.6, p < 0.01$) 과 인공영양군 ($Y = -0.8X + 6.3, p < 0.001$) 모두 유의하게 감소되었다.

인지질 섭취량은 1개월령의 경우 M제품군만이 모유영양군에 비해 유의하게 많았으나 2 및 3개월령에는 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 유의하게 많았다. 따라서 3개월령까지의 평균 인지질 섭취량은 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 유의하게 많았다. 이러한 결과를 단위체중당 값으로 나타내 보면 1개월령에서 M제품군이 아닌 P제품군의 섭취량이 모유영양군보다 유의하게 많은 결과를 보이긴 하였으나 2 및 3개월령의 경우와 3개월령까지의 평균값의 경우 모두 동일하였다. 월령에 따른 인지질 섭취량의 추이를 보면 양 군 모두 유의한 변화를 보이지 않았는데 반하여 단위체중당 섭취량은 인공영양군에서 유의하게 ($Y = -10.1X + 81.4, p < 0.001$) 감소되었다. 모유영양군의 경우 감소폭은 더욱 컸으나 개체간 변이가 커서 통계적 유의성을 나타내지 않았다.

콜레스테롤 섭취량은 1개월령의 경우 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 유의하게 적었다. 2 및 3개월령에도 이와 같은 경향을 보였으나 모유영양군의 개체간 변이가 커서 통계적 유의성을 나타내지는 않았다. 이러한 이유로 3개월령까지의 평균 콜레스테롤 섭취량은 N제품군만이 모유영양군에 비해 유의하게 적었을 뿐 인공영양군의 평균과 모유영양군간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 이를 단위 체중당 값으로 나타내 보면 2개월령에는 실험군 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나 1 및 3개월령에는 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 적어, 3개월령까지의 평균 콜레스테롤 섭취량은 모유영양군이 3개 인공영양군보다 많았다. 월령에 따른 콜레스테롤 섭취량의 추이를 보면 양 군 모두 유의한 변화를 보이지 않았는데 반하여 단위체중당 섭취량은 인공영양군에서 유의하게 ($Y = -2.3X + 18.2, p < 0.001$) 감소되었다. 모유영양군의 경우 감소폭은 더욱 컸으나 개체간 변이가 커서 통계적

유의성을 나타내지 않았다.

유리지방산 섭취량은 1 및 3개월령의 경우 모유영양군이 3개 인공영양군보다 유의하게 많았고 2개월령에도 모유영양군이 M 및 N제품군보다 많았다. 따라서 3개월령까지의 평균 유리지방산 섭취량은 모유영양군이 3개 인공영양군에 비하여 많았다. 이를 단위체중당 값으로 나타내어도 동일하였다. 월령에 따른 유리지방산 섭취량의 추이를 보면 양 군 모두 유의한 변화를 보이지 않았는데 반하여 단위체중당 섭취량은 모유영양군 ($Y = -116.3X + 643.8, p < 0.01$)과 인공영양군 ($Y = -38.6X + 313.2, p < 0.001$) 모두 유의하게 감소되었다.

3. 혈장 지질 농도

3개월령에 달한 연구 대상자의 혈장 중성지방, 인지질 및 콜레스테롤 농도는 Table 5와 같았다. 중성지방과 콜레스테롤 농도는 실험군 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나, 인지질 농도는 모유영양군이 가장 높아 M 및 P제품군과 유의한 차이를 보였으며 이러한 결과 모유영양군의 인지질 농도가 인공영양군의 평균보다 유의하게 높았다.

4. 혈장 지질 농도와 지질 섭취량 및 유즙의 18 : 2w6 함량과 관계

3개월령에 달한 연구 대상자 혈장의 중성지방, 인지질 및 콜레스테롤 농도와 3개월령까지의 총지질, 중성지방, 인지질, 콜레스테롤 및 유리지방산 섭취량과의 관계는 Table 6과 같았다. 혈장 인지질 농도만이 유의한 상관을 보였는 바, 콜레스테롤 ($p < 0.05$) 및 유리지방산 섭취량 ($p < 0.05$)과는 정상관을 나타내었고 인지질 섭취량 ($p < 0.01$)과는 역상관을 나타내었으며 모유 또는 조계분유의 18 : 2w6 함량 ($p < 0.01$)과도 역상관을 나타내었다.

5. 대변량, 총지질 배설량 및 외견상 지질 소화율

월령별 각 실험군의 1일 평균 대변량 및 대변을 통한 총지질 배설량과 외견상 지질 소화율은 Table 7과 같았다.

대변량은 1개월령의 경우 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 유의하게 많았다. 2개월령에도 M

모유영양아와 인공영양아의 지질대사

Table 5. Plasma levels of triglyceride, phospholipid and cholesterol of the subjects aged 3 months

Item	Breast-fed	Formula-fed			Sub-total
		M	N	P	
mg/dl					
Triglyceride	115.6± 41.8 ^{a1)} (63.2-190.6)	118.6± 37.3 ^a (58.2-169.2)	95.4± 49.7 ^a (49.0-173.8)	107.0± 43.7 ^a (33.2-165.6)	107.0± 43.6 ^a (33.2-173.8)
Phospholipid	203.4± 29.4 ^a (158.0-242.1)	170.8± 20.4 ^{bc} (142.9-213.0)	187.2± 18.6 ^{ab} (150.8-206.2)	160.5± 10.0 ^c (137.0-169.4)	172.8± 16.3 ^{bc} (137.0-213.0)
Cholesterol	166.4± 35.8 ^a (120.9-242.8)	148.1± 24.0 ^a (102.1-186.3)	152.6± 22.4 ^a (122.5-182.5)	150.9± 16.5 ^a (129.3-180.1)	150.5± 21.0 ^a (102.1-186.3)

1) Values are mean± standard deviation of mean. Ranges are given in parentheses. Values bearing the same superscripts are not significantly different from those of breast-fed, M, N, P and formula-fed, respectively(p<0.05).

Table 6. Correlation coefficients between the intakes of lipids and the levels of plasma lipids of all subjects aged 3 months

	Intake					Milk
	TL	TG	PL	CHL	FFA	18 : 2 w6
Plasma TG	NS	NS	NS	NS	NS	NS
PL	NS	NS	-0.54115 ^{**}	0.36961 [*]	0.38947 [*]	-0.37070 [*]
CHOL	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS=not significant, *p<0.05, **p<0.01

Abbreviations. TL ; total lipids, TG ; triglyceride, PL ; phospholipid, CHOL ; cholesterol, FFA ; free fatty acid

및 P제품군이 모유영양군과 차이를 보여 인공영양군의 평균은 모유영양군보다 유의하게 많았다. 3개월령에는 실험군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 3개월령까지의 평균 대변량은 3개 인공영양군 모두 모유영양군에 비하여 유의하게 많았다.

총지질 배설량은 1 및 2개월령에는 3개 인공영양군 모두 모유영양군에 비해 유의하게 많았다. 2개월령에는 인공영양군 간에도 유의한 차이를 보였으나 M제품군이 N 및 P제품군에 비하여 많았다. 그러나 3개월령에는 실험군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 3개월령까지의 평균 총지질 배설량은 3개 인공영양군 모두 모유영양군에 비하여 유의하게 많았다. 한편 인공영양군 간에 유의성을 나타내지는 않았으나 M제품군의 배설량이 특히 많은 경향을 보였다.

외견상 지질 소화율은 1개월령에는 모유영양군이 가장 높아 M제품군 및 인공영양군의 평균과 유의한

차이를 나타내었다. 2개월령에도 모유영양군이 가장 높았으며 M제품군과는 유의한 차이를 나타내었으나 인공영양군의 평균과는 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 3개월령에는 오히려 모유영양군이 가장 낮아 3개 인공영양군과 유의한 차이를 나타내었다. 이러한 결과 3개월령까지의 평균 외견상 지질 소화율은 M제품군이 모유영양군보다 유의하게 낮았으나 모유영양군과 인공영양군의 평균과는 유의한 차이를 보이지 않았다.

6. 콜레스테롤 및 담즙산 배설량과 정미 스테롤 평형

월령별 각 실험군의 1일 콜레스테롤 및 담즙산 배설량과 정미 스테롤 평형은 Table 8과 같았다.

콜레스테롤 배설량은 1 및 2개월령의 경우 3개 인공영양군 모두 모유영양군에 비하여 유의하게 많았으며 3개월령에도 N제품군은 예외이었으나 같은 경향을 나타내었다. 따라서 3개월령까지의

평균 콜레스테롤 배설량은 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 유의하게 많았다.

담즙산 배설량은 1개월령의 경우 M제품군이 모유영양군보다 유의하게 많았으며 인공영양군의 평균도 모유영양군보다 유의하게 많았다. 2개월령에

는 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 유의하게 많았으며 인공영양군 간에도 유의한 차이를 보였는 바 M제품군이 N 및 P제품군보다 많았다. 그러나 3개월령에는 실험군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과 3개월령까지의 평균 담즙산

Table 7. Feces weight, total lipids excretion and apparent lipids digestibility

Item	Age (Months)	Breast-fed		Formula-fed							
				M		N		P		Sub-total	
Feces wt., dried (g/day)	1	1.9±	1.3 ^{b1)}	10.7±	5.7 ^a	6.6±	3.0 ^a	6.9±	4.2 ^a	8.3±	4.7 ^a
	2	1.5±	0.9 ^c	6.6±	2.0 ^a	3.8±	1.1 ^{bc}	4.5±	3.8 ^{ab}	5.0±	2.7 ^{ab}
	3	3.7±	3.4 ^a	4.2±	1.8 ^a	3.5±	1.3 ^a	4.2±	1.1 ^a	4.0±	1.4 ^a
	Overall	2.3±	1.0 ^b	6.8±	2.5 ^a	4.7±	1.4 ^a	5.7±	2.5 ^a	5.8±	2.3 ^a
Total lipids excretion (mg/day)	1	199.9±	107.8 ^b	927.8±	502.4 ^a	619.7±	283.5 ^a	587.3±	315.4 ^a	727.8±	399.5 ^a
	2	146.5±	87.7 ^c	632.8±	231.5 ^a	375.0±	125.3 ^b	357.2±	226.8 ^b	459.0±	233.4 ^{ab}
	3	317.7±	294.6 ^a	403.9±	167.8 ^a	336.0±	116.0 ^a	390.0±	106.5 ^a	377.4±	132.3 ^a
	Overall	222.1±	103.1 ^b	634.1±	263.3 ^a	446.8±	116.1 ^a	479.0±	183.8 ^a	526.0±	208.6 ^a
Apparent lipids digestibility (%)	1	99.0±	0.7 ^a	96.1±	1.8 ^c	97.7±	1.1 ^{ab}	97.9±	1.0 ^{ab}	97.2±	1.6 ^{bc}
	2	99.0±	0.7 ^a	97.5±	0.9 ^b	98.8±	0.5 ^a	98.9±	0.7 ^a	98.4±	0.9 ^a
	3	97.6±	1.6 ^b	98.4±	0.7 ^a	98.9±	0.5 ^a	98.7±	0.4 ^a	98.7±	0.6 ^a
	Overall	98.7±	0.6 ^a	97.4±	0.9 ^b	98.5±	0.6 ^a	98.4±	0.6 ^a	98.0±	0.8 ^{ab}

1) Values are mean± standard deviation of mean.

Values bearing the same superscripts are not significantly different from those of breast-fed, M, N, P and formula-fed, respectively($p < 0.05$).

Table 8. Daily fecal excretions of bile acids and cholesterol and net sterol balance

Item	Age (Months)	Breast-fed		Formula-fed							
				M		N		P		Sub-total	
Cholesterol excretion (mg/day)	1	7.2±	2.7 ^{b1)}	38.9±	22.5 ^a	36.8±	23.0 ^a	38.0±	29.3 ^a	37.9±	23.5 ^a
	2	6.0±	2.7 ^b	27.3±	10.0 ^a	21.4±	8.7 ^a	24.9±	25.0 ^a	24.7±	16.0 ^a
	3	10.7±	6.8 ^b	18.1±	6.3 ^a	17.2±	7.6 ^{ab}	21.1±	2.6 ^a	18.7±	5.9 ^a
	Overall	7.8±	2.0 ^b	27.2±	11.4 ^a	25.4±	11.0 ^a	31.0±	15.1 ^a	27.8±	12.1 ^a
Bile acids excretion (mg/day)	1	34.7±	21.8 ^c	240.1±	200.1 ^a	130.4±	71.5 ^{bc}	117.3±	54.8 ^{bc}	168.4±	140.1 ^{ab}
	2	27.5±	16.3 ^c	179.8±	26.5 ^a	108.9±	28.0 ^b	96.3±	90.2 ^b	129.3±	66.9 ^{ab}
	3	59.6±	61.1 ^a	105.8±	47.9 ^a	98.0±	34.2 ^a	86.8±	25.3 ^a	97.9±	37.0 ^a
	Overall	39.5±	18.2 ^c	163.0±	48.8 ^a	115.6±	39.9 ^b	105.7±	25.7 ^b	129.9±	45.9 ^{ab}
Net sterol balance	1	-121.1±	204.2 ^c	199.7±	179.0 ^a	99.6±	91.1 ^{ab}	17.4±	115.2 ^{bc}	114.2±	151.1 ^{ab}
	2	-64.2±	87.8 ^c	130.5±	34.7 ^a	49.7±	40.9 ^{ab}	33.3±	108.2 ^b	72.2±	80.5 ^{ab}
	3	-35.3±	109.7 ^b	47.2±	53.0 ^a	36.2±	47.3 ^a	25.3±	30.8 ^{ab}	37.5±	44.2 ^a
	Overall	-80.3±	86.7 ^b	98.0±	82.9 ^a	65.5±	51.2 ^a	25.1±	63.9 ^a	64.7±	71.5 ^a

1) Values are mean± standard deviation of mean.

Values bearing the same superscripts are not significantly different from those of breast-fed, M, N, P and formula-fed, respectively($p < 0.05$).

배설량은 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 유의하게 많았으며 M제품군은 N 및 P제품군보다 많았다.

정미 스테롤평형은 모유영양군은 전 월령에서 음성 평형을 나타내었고 반대로 인공영양군은 전 월령에서 양성 평형을 나타내었다. 1 및 2개월령에는 인공영양군 간에도 유의한 차이를 보였는 바 M제품군의 평형값이 P제품군보다 많았다. 이러한 결과 3개월령까지의 평균 정미 스테롤평형은 3개 인공영양군 모두 모유영양군보다 유의하게 많았다.

7. 지질 섭취와 대변 무게, 외견상 지질 소화율, 총지질, 콜레스테롤 배설량, 담즙산 배설량 및 정미 스테롤 평형과의 관계

대변량과 총지질, 콜레스테롤 및 담즙산 배설량은 중성지방 및 인지질 섭취량과 유의한 정상관을 보였으며 유리지방산 섭취량과는 유의한 역상관을 보였다. 외견상 지질 소화율은 유리지방산 섭취량과 유의한 정상관을 보였고 정미 스테롤 평형은 인지질 및 유리지방산 섭취량과 유의한 역상관을 보였다.

고 찰

본 연구대상자 모유의 총지질 함량은 1개월령의 경우는 기 보고된 한국인 모유⁶⁾¹⁹⁻²¹⁾ 또는 외국인 모유²²⁻²⁴⁾와 근사하거나 약간 낮은 수준이었으나 2 및 3개월령의 경우는 크게 낮은 수준이었다. 조제분유의 총지질 함량은 모유의 평균 총지질 함량에 비해 높으나 모유의 총지질 함량은 개체 간 변이가 상당히 커서 3종의 조제분유 모두 모유의 총지질 함량 범위 내에 드는 값이었다. 따라서 조제분유의 총지질 함량이 모유보다 높은 점은 생리적으로 문제되지 않는다고 생각된다. 모유의 지질 함량이 개체에 따라 상당한 변이를 나타낸다는 점은 Michaelsen등²⁵⁾ 및 Underwood등²⁶⁾에 의해 밝혀진 바 있으며 본 연구 결과도 이를 확인하였다.

지질의 조성을 보면 중성지방과 인지질 함량은 조제분유가 모유보다 높았던 반면 콜레스테롤과 유리지방산 함량은 모유가 조제분유보다 높았으나 총지질 함량과 마찬가지로 모유의 개체 간 변이가

커서 조제분유의 중성지방, 인지질, 콜레스테롤 함량 모두 모유의 각 성분의 함량 범위 내의 값이었다. 다만 조제분유의 유리지방산 함량은 모유의 최저 함량보다 낮았는데 이 점은 본 모유 시료의 보관 중 가수분해 작용에 의해 유리지방산이 생성되었기 때문이 아닌가 생각된다. 따라서 조제분유의 지질 조성도 생리적으로 문제되지 않는다고 판단된다. 본 모유 시료의 콜레스테롤 함량은 최문희등¹⁹⁾의 국내 성적 또는 Mellies등²⁷⁾의 외국 성적과 근사하였다. Picciano등¹⁰⁾은 6~12주 모유의 콜레스테롤 함량이 11.8 mg/dl이었으며 이전에 보고된 성적에 비하여 낮아졌음을 지적하였다. 상동 연구자들¹⁰⁾²⁷⁾은 조제분유의 콜레스테롤 함량이 모유의 8~30% 수준으로 낮다는 점도 밝힌 바 있다. 본 연구에서 조사된 조제분유의 콜레스테롤 함량은 모유의 50% 수준이었다.

유즙 섭취량은 1개월령의 경우 양 군 간에 차이를 보이지 않았으나, 2 및 3개월령에는 인공영양군이 모유영양군보다 많았는데 이는 모유영양군은 월령이 증가되면서 유즙 섭취량이 감소된 반면 인공영양군은 증가되었기 때문이었다. 그러나 단위 체중당 유즙 섭취량은 양 군 간에 차이가 없었다. 이는 모유영양군의 체중 증가가 인공영양군보다 적었기 때문이었다. 한편 단위체중당 유즙 섭취량은 월령이 증가됨에 따라 양 군 모두 감소되었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 모유와 조제분유 간의 지질 함량 및 조성의 차이와 유즙 섭취량의 차이는 모유영양군과 인공영양군 사이에 지질 섭취량의 차이를 결과하였다. 즉, 총지질 섭취량은 1개월령에는 실험군 간에 차이가 없었으나 수유기간이 경과되면서 모유의 총지질 함량이 감소되었기 때문에 2 및 3개월령에는 인공영양군의 총지질 섭취량이 모유영양군보다 많았다. 3개월령에는 인공영양군 중에서도 유의한 차이를 보였는 바 N제품군의 총지질 섭취량이 M제품군보다 많았다. 이는 N제품의 총지질 함량이 제일 높았던 점 및 3개월령의 유즙 섭취량이 N군이 M군에 비해 많았던 점 때문이라 생각된다. 이러한 차이는 단위체중당 섭취량으로 표현한 경우도 동일하였다. 중성지방과 인지질 섭취량은 월령에 따라 실험군 사이에 약간의

차이는 있었으나 총지질 섭취량과 마찬가지로 1개월령에는 양 군 간에 차이를 보이지 않았고 2 및 3개월령에는 인공영양군의 섭취량이 모유영양군에 비하여 많았다. 이러한 차이는 단위체중당 섭취량으로 표현한 경우도 유사하였다. 콜레스테롤과 유리지방산 섭취량은 월령에 따라 실험군 간에 약간의 차이는 있었으나 총지질 섭취량과는 달리 전 월령에서 모유영양군의 섭취량이 인공영양군보다 많았다. 이러한 차이는 단위체중당 섭취량으로 표현한 경우도 유사하였다.

혈장 지질 농도는 중성지방, 인지질, 콜레스테롤 모두 전 실험군에서 정상 범위²⁸⁾ 내의 값을 보였다. 중성지방과 콜레스테롤 농도는 모유영양군이 인공영양군보다 높은 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었으며, 지질 섭취량 및 유즙의 18:2w6 함량은 상관관계를 보이지 않았다. 모유영양아의 혈장 콜레스테롤 농도가 인공영양아보다 높다는 점은 Friedman과 Goldberg²⁹⁾ 및 Hahn³⁰⁾의 보고에 의해 일반적으로 인정되고 있다. 그러나 Woodruff등¹¹⁾은 3개월령 유아에서는 오히려 인공영양아의 혈장 콜레스테롤 농도가 높았고 6개월령에서는 모유영양아가 높아지는 등 유아기 혈장 콜레스테롤 농도의 불안정성을 보고한 바 있다. 그러나 이러한 차이를 나타내는 원인은 분명하지 않으나 조제분유에 비해 모유의 콜레스테롤 함량이 높은 점⁷⁾이나 지방산 조성의 차이¹⁰⁾¹¹⁾에 의한 영향은 아니라고 밝혀져 있다. Woodruff등¹¹⁾은 유즙의 2가불포화지방산 섭취량과 무관하다고 하였고 Picciano등¹⁰⁾은 유즙의 18:2w6 함량이 증가되면 오히려 유아 혈장의 콜레스테롤 농도가 저하된다고 하였다. 본 연구 결과도 콜레스테롤 섭취량이나 유즙의 18:2w6 함량이 혈장 콜레스테롤 농도에 영향을 끼치지 않는다는 점을 뒷받침하여 주었다. 모유영양아의 혈장 콜레스테롤 농도가 높은 점은 모유가 갖고 있는 다른 특성 때문인 것으로 생각된다. 유아기에 콜레스테롤 섭취를 제한하는 것은 성인기에 혈장 콜레스테롤 농도의 조절력을 저하시킨다는 가설⁸⁾³¹⁾이 제안되어 있으므로 보다 장기적인 연구가 요망된다.

대변량은 1 및 2개월령에는 인공영양군이 모유영양군보다 많았으며 그 차이는 유즙 섭취량의

차이를 크게 벗어나는 수준이었다. 2개월령 이에는 유의한 차이를 보이지 않았으나 M제품군은 대변량이 특히 많은 경향을 보였으며 차이의 정도는 1개월령에서 가장 컸고 월령이 증가되면서 점차 적어져 3개월령에는 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 조제분유의 소화흡수율이 월령이 낮은 유아에서 특히 낮은 것이 아닌가 하는 점과 아울러 장내 미생물의 대사 또는 소화관벽의 전변을 등에 큰 차이가 있는 것이 아닌가 하는 점을 시사하여 준다. 대변량은 중성지질과 인지질 섭취량이 많을수록 많아 지질의 소화흡수율과 관련이 있음을 보여주었다. 총지질 배설량도 대변량과 같은 경향을 나타내었으며 따라서 외견상 지질 소화율은 1개월령에는 모유영양군이 인공영양군보다 높았고, 2개월령에는 양 군 간에 차이가 없었으나 M제품군은 모유영양군보다 낮았으며, 3개월령에는 오히려 인공영양군이 높았다. 유아는 모유 지방을 우유 지방보다 더욱 효과적으로 흡수한다³²⁻³⁴⁾고 알려져 있는 바 본 연구 결과 이러한 현상은 2개월령까지만 나타났고 3개월령에서는 보이지 않았다. 전체적으로 유아의 외견상 지질 소화율은 성인의 정상 수준에 근사한 값을 나타내었다.

콜레스테롤과 담즙산 배설량도 대변량 또는 총지질 배설량과 대체로 유사한 경향을 보였다. 콜레스테롤 배설량은 3개월령에서 N군을 제외하고는 인공영양군이 모유영양군에 비하여 많았다. 담즙산 배설량은 월령에 따라 실험군별로 약간 상이한 점은 있으나 1 및 2개월령에는 인공영양군이 모유영양군에 비해 많았고, 3개월령에도 같은 경향을 보였으나 차이는 없었다. M제품군의 담즙산 배설량이 특히 많았던 점은 대변량 및 총지질 배설량의 경우와 같았다. 콜레스테롤과 담즙산 배설량은 총지질, 중성지방 및 인지질 섭취량이 많을수록 많았다. 정미 스테롤 평형은 모유영양군은 음성 평형을 나타낸 반면 인공영양군은 양성 평형을 나타내 양군 간에 현저한 차이를 보였다. 이러한 결과는 인공영양군의 콜레스테롤 섭취량이 모유영양군보다 적었던 점을 생각할 때 예상 밖의 결과이었다. 그러나 본 연구에서 정미 스테롤 평형값이 콜레스테롤 섭취량과 역상관을 보인 점은 Nestle등⁹⁾이 유아에

서 콜레스테롤의 섭취는 정미 스테롤 평형을 오히려 저하시킨다고 한 내용과 일치된다. 평형의 차이는 1개월령에서 가장 컸고 월령이 증가함에 따라 감소되는 경향을 보였다. 본 연구에서 사용한 분석 방법은 중성 스테로이드중에서 콜레스테롤과 콜레스테롤 유도체 중 3 α -sterols만이 정량되었고 담즙산 중에서는 3 β -hydroxy bile acids만이 정량되었기 때문에 정미 스테롤 평형값이 정확한 상태는 아니나, 위와 같은 결과는 모유영양군에서는 외인성 콜레스테롤이 체내에 보유되었으며 인공영양군에서는 상당량의 내인성 콜레스테롤이 합성되었음을 시사하여 준다. 조제분유의 섭취시 지질의 소화흡수에 보다 많은 담즙산이 요구되는 것인지, 담즙산의 장간순환율이 낮아지는 것인지, 내인성 콜레스테롤의 합성이 촉진되는 것인지, 그 결과 체내 콜레스테롤의 항상성을 유지하기 위해 담즙을 통한 콜레스테롤 과 담즙산의 분비량이 증가되는 것인지, 이때 조직의 콜레스테롤 함량에는 어떤 변화가 있는 것인지 등등 유아의 지질대사에 관한 여러가지 추론과 흥미가 제기된다. 앞으로 이 부분에 대한 보다 깊은 연구가 요망된다.

결 론

이상의 연구 결과는 모유와 조제분유의 지질 함량이 다르며 따라서 모유영양군과 인공영양군의 지질 섭취 상태가 다를 수 있음을 나타내 주었다. 그러나 조제분유의 지질함량 또는 인공영양아의 지질 섭취량이 모유의 지질 함량 또는 모유영양아의 지질 섭취량의 범위를 벗어나지는 않았으며, 혈장 지질 농도도 양 군 모두 정상 범위를 보였고, 지질 섭취량과도 상관을 보이지 않아 지질 섭취의 차이가 생리적으로 문제되지 않음을 나타내었다. 그러나 모유영양군의 인지질 농도가 인공영양군보다 높았던 점과 양 군 간에 대변량과 대변을 통한 총지질, 콜레스테롤 및 담즙산 배설량이 크게 달라 정미 스테롤 평형값에 현저한 차이를 보인 점은 모유영양아와 인공영양아의 지질대사가 상이하다는 점을 시사하여 준다. 이러한 차이는 아마도 지질성분이 아닌 다른 식이 인자의 영향일 것으로 생각

된다.

Literature cited

- 1) Worthington-Roberts BS, Vermeersch J, Williams SR. Nutrition in Pregnancy and Lactation. 3rd ed. pp263-265, Times Mirror/Mosby College Publishing, St. Louis, 1985
- 2) 이부웅·김정수. 한국인의 모유 조성. *한국낙농학회지* 12 : 213-218, 1990
- 3) 차광중·황주환·유제현. 모유와 우유의 지질에 관한 연구 I. 중성지질 함량 및 지방산 조성. *한국낙농학회지* 7 : 21-27, 1985
- 4) 차광중·황주환·유제현. 모유와 우유의 지질에 관한 연구 II. 인지질과 당지질의 함량 및 지방산 조성. *한국낙농학회지* 7 : 28-35, 1985
- 5) Sanders TAB, Ellis FR, Dickerson JWT. Studies of vegans : The fatty acid composition of plasma choline-phosphoglycerides, erythrocytes, adipose tissue and breast milk and some indicators of susceptibility to ischemic heart disease in vegans and omnivore controls. *Am J Clin Nutr* 31 : 805-813, 1978
- 6) 유제현·유대일·홍사민. 모유와 조제분유의 지질 및 지방산 조성에 관한 비교 연구. *한국낙농학회지* 4 : 109-118, 1982
- 7) Pipes PL. Nutrition in Infancy and Childhood. 3rd ed. pp89-92, Times Mirror/Mosby College Publishing, St. Louis, 1985
- 8) Reiser R, Sidelman Z. Control of serum cholesterol homeostasis in the milk of the suckling rat. *J Nutr* 102 : 1009-1016, 1972
- 9) Nestel PJ, Poyser A, Boulton TJC. Changes in cholesterol metabolism in infants in response to dietary cholesterol and fat. *Am J Clin Nutr* 32 : 2177-2182, 1979
- 10) Picciano MF, Guthrie HA, Sheehe DM. The cholesterol content of human milk. *Clin Pediatr* 17 : 359-362, 1978
- 11) Woodruff CW, Bailey MC, Davis JT, Rogers N, Coniglio JG. Serum lipids in breast-fed infants and infants fed evaporated milk. *Am J Clin Nutr* 14 : 83-90, 1964
- 12) 임현숙·이정아·허영란·이종임. 모유영양아와

- 인공영양아의 에너지, 단백질, 지방 및 유당 섭취. *한국영양학회지* 26 : 325-337, 1993
- 13) Nommson LA, Lovelady CA, Heinig MJ, Loennerdal B, Dewey KG. Determinants of energy, protein, lipid, and lactose concentrations in human milk during the first 12 mo of lactation : The DARLING study. *Am J Clin Nutr* 53 : 276-278, 1970
 - 14) Folch J, Lees M, Stanley GHS. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226 : 497-509, 1957
 - 15) Brunk SD, Swanson JR. Coloirimetric method for free fatty acids in serum validated by comparison with gas chromatography. *Clin Chem* 27 : 924-926, 1981
 - 16) Amenta JS. A rapid extraction and quantification of total lipids and lipid fractions in blood and feces. *Clin Chem* 16 : 339-346, 1970
 - 17) De Hoff JL, Davidson LM, Krifchevsky D. An enzymatic assay for determining free and total cholesterol in tissue. *Clin Chem* 24 : 433-435, 1978
 - 18) Mashige F, Tanaka N, Maki A, Kamei S, Yamanaka M. Direct spectrophotometry of total bile acids in serum. *Clin Chem* 27 : 1352-1353, 1981
 - 19) 최문희 · 문수재 · 안홍석. 수유기간에 따른 모유의 성분 함량 변화와 수유부의 섭식태도 및 영아의 성장 발육에 관한 생태학적 연구. *한국영양학회지* 24 : 77-86, 1991
 - 20) 이상길 · 정태호. 한국인 모유의 수유기간별 각종 지질 분획과 지방산 조성. *소아과학회지* 28 : 977-987, 1985
 - 21) 윤태현. 수유기간의 경과에 따른 인유 총지방질 및 총지방산 조성의 변화. *인간과학* 8 : 537-554, 1984
 - 22) Fineley DA, Loennerdal B, Dewey KG, Grivetti LE. Breast milk composition : Fat content and fatty acid composition in vegetarians and non-vegetarians. *Am J Clin Nutr* 41 : 787-800, 1985
 - 23) Clark RM, Ferris AM, Fey M, Brown PB, Hundrieser KE, Jansen RG. Changes in the lipids of human milk from 2 to 16 weeks postpartum. *Pediatr Gastroenterol Nutr* 3 : 311-315, 1982
 - 24) Anderson GH, Atkinson SA, Bryan MH. Energy and macronutrient content of human milk during early lactation from mothers giving birth prematurely and at term. *Am J Clin Nutr* 34 : 258-265, 1981
 - 25) Michalson KF, Skafta L, Badsberg JH, Jorgensen M. Variations in macronutrients in human bank milk : Influencing factors and implications for human milk banking. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 11 : 229-239, 1990
 - 26) Underwood BA, Heoner R, Abdullah H. Protein, lipid and fatty acids of human milk from Pakistani women during prolonged periods of lactation. *Am J Clin Nutr* 23 : 400-407, 1970
 - 27) Mellies MJ, Ishikawa TT, Gartside PS, Burton K, MacGee J, Allen K, Steiner PM, Brady D, Glueck CJ. Effects of varying maternal dietary fatty acids in lactating women and their infants. *Am J Clin Nutr* 32 : 299-303, 1979
 - 28) Mitruka BM, Rawnsley HM. Clinical Biological and Hematological Reference Values in Normal Experimental Animals and Normal Humans. 2nd ed. p127, p253, Masson Publishing Inc. New York, 1981
 - 29) Friedman G, Goldberg SJ. Concurrent and subsequent serum cholesterols of breast - and formula - fed infants. *Am J Clin Nutr* 28 : 42-45, 1975
 - 30) Hahn P. Development of Lipid Metabolism. In : Olson DB, eds, Annual Review of Nutrition. Vol 2, pp96-100, Annual Reviews Inc, New York, 1982
 - 31) Hahn R, Kirby L. Immediate and late effects of premature weaning and of feeding a high fat or a high carbohydrate diet to weaning rats. *J Nutr* 103 : 690-694, 1973
 - 32) Breckenridge WC, Marai L, Kuksis A. Triglyceride structure of human milk fat. *Can J Biochem* 47 : 761-769, 1969
 - 33) Tomarelli RM, Meyer BJ, Weaver JR, Bernhart FW. Effect of positional distribution on the absorption of the fatty acids of human milk and infant formulas. *J Nutr* 95 : 583-590, 1968
 - 34) Filer LJ, Mattson FH, Fomon SJ. Triglyceride configuration and fat absorption by the human infant. *J Nutr* 99 : 293-298, 1969